

¹ТИМОЧКО Олександр Іванович (доктор технічних наук, професор)

²КРАВЧЕНКО Юрій Васильович (доктор технічних наук, професор)

¹АФНАСЬЄВ Володимир Володимирович (кандидат технічних наук, доцент)

³АФНАСЬЄВ Юрій Володимирович (магістрант)

¹Харківський Національний університет імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

²Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

³Харківський Національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

БАГАТОПОЗИЦІЙНА СЕНСОРНА СИСТЕМА НАВІГАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА МОНІТОРИНГУ ОБСТАНОВКИ

Спільне використання повітряного простору пілотованими та безпілотними літальними апаратами розширює перелік завдань, які можуть бути вирішені під час ведення бойових дій та при виконанні спеціальних завдань. Одночасно з цим підвищуються вимоги щодо забезпечення безпеки руху повітряних суден, особливо у неконтрольованому повітряному просторі. Одним з основних напрямків вирішення питань безпеки польотів та ефективного вирішення завдань є питання навігаційного забезпечення польотів. Вони вирішуються шляхом розвитку наземних, бортових та супутникових навігаційних систем. Дані системи мають обмеження як за умовами застосування, так і за точністю і надійністю, особливо в умовах складної радіоелектронної обстановки. У роботі досліджується вирішення зазначених питань за рахунок створення багатопозиційної сенсорної системи навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки.

Аналіз досвіду виконання бойових і спеціальних завдань авіацією свідчить про обмежені умови використання радіотехнічних систем навігації, в тому числі супутникових [1]. Це обумовлює суттєве зменшення інтенсивності польотів пілотованої та безпілотної авіації, особливо в умовах постановки завдань системами радіоелектронної боротьби, а також при відключеннях сигналів супутників або введенням штучних похибок у структуру сигналів.

Таким чином, спостерігається протиріччя між необхідністю забезпечення точної навігації та безпеки руху літальних апаратів при виконанні завдань, особливо в умовах сучасних бойових дій, та відсутністю комплексного навігаційного забезпечення району спільного використання повітряного простору.

У роботі досліджені питання оцінки можливості використання сенсорних мереж у завданнях моніторингу обстановки та навігаційного забезпечення польотів пілотованої і безпілотної авіації.

Актуальність досліджень також обумовлена роботами, які ведуться з питань стандартизації за програмою співробітництва з НАТО в таких сферах як: аеронавігаційні системи та технології; керовані та безпілотні літальні апарати (БпЛА); управління повітряним рухом; висотні та середньовисотні БпЛА з великою тривалістю польоту; лінії передачі даних управління та контролю (C2) для БпЛА; морські безпілотні авіаційні системи тактичного рівня; системи передачі даних літальних апаратів.

В сучасних умовах ведення бойових дій важливим є створення єдиного інформаційного простору (ЄІП), в основу функціонування якого можуть бути покладені сучасні інформаційно-мережеві технології. Так, ЄІП поєднує в собі

інформаційну, сенсорну (розвідувальну) та бойову підсистеми [2].

Забезпечення стійкого управління і постійної взаємдії здійснюється за рахунок зв'язків між елементами системи. В окремих випадках ЄІП може бути представлений у вигляді окремих локальних просторово-розподілених систем. У цьому випадку цілісність всієї системи може бути забезпечена шляхом застосування БпЛА в якості ретрансляторів або засобів “перенесення” інформації, використовуючи власні засоби її зберігання на борту. Як свідчить аналіз розробок електронних засобів протидії БпЛА, функціонування ЄІП може бути забезпечено за рахунок створення розгалуженої мережі сенсорів. Така система буде мати вигляд нейронної мережі. Постійна зміна обстановки в районі виконання завдань обумовлює зміну можливостей вузлів системи щодо завдань моніторингу та функціонування в умовах зовнішнього впливу. Забезпечення функціональної стійкості системи можливе за рахунок надання властивості автономної реконфігурації, тобто зміни ліній зв'язку між вузлами мережі [3].

У роботі наведені результати дослідження щодо можливості створення ЄІП на основі MESH-мережі. Така система може бути покладена в основу створення багатопозиційної сенсорної системи навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки.

У даному напрямку досліджень розглядається побудова бездротової мережі, основою якої є застосування мікроконтролерів (ESP8266). Такий підхід дозволяє реалізовувати і вивчати особливості застосування однотипних апаратних елементів при застосуванні MESH-мережі в різних проектах. При розробці MESH-мережі різного ступеня складності запропоновано варіанти

однорівневого та багаторівневого рівнів взаємодії елементів (рис. 1). В якості первинного елемента мережі розглянуто варіант взаємодії «ESP8266 + WIFI ROUTER + SERVER MQTT». Дана компоновка є основною структурою мережі. Управління здійснюється через SERVER MQTT.

Другим етапом нарощування MESH-мережі є розширення попереднього варіанту шляхом

додавання ще одного ES8266. Таке рішення забезпечує формування вузла мережі, який дозволяє забезпечити не тільки з'єднання з іншими пристроями, а й самостійний обмін даними між окремими пристроями. Така властивість характеризує бездротову мережу як MESH-мережу.

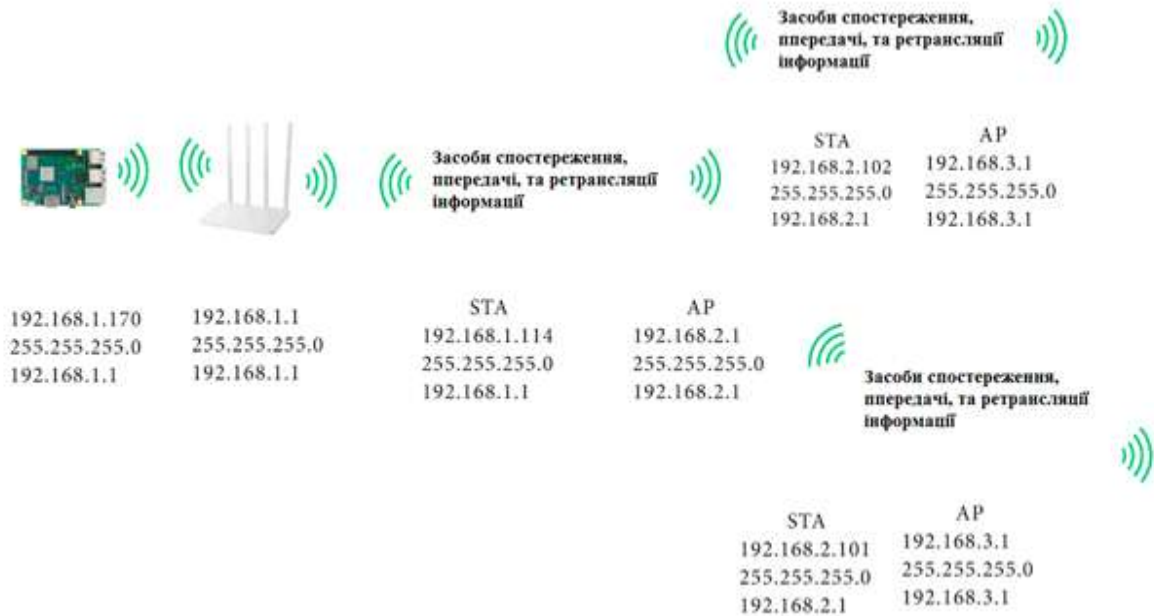


Рис. 1 Мікроконтролер ESP8266, як елементів MESH-мережі

З огляду на те, що підбір всіх апаратних елементів виконувався за наявності в них мікроконтролерів серії ESP, то розроблений варіант

ускладнення функцій мережі шляхом вирішення завдання управління іншими пристроями, які виступають в ролі елементів MESH-мережі (рис. 2).



Рис. 2 Розташування вузлів MESH-мережі на місцевості з урахуванням моделювання зони покриття радіосигналами

Проведені польові дослідження щодо реалізації системи, що запропонована, підтверджують можливість створення MESH-мережі. Така система має властивості автономної реконфігурації залежно від стану її елементів, що було перевірено на основі

використання п'ятнадцяти вузлів, до яких можуть бути приєднані сенсори. Система являє собою завершену структуру, як елемент загальної системи навігації та моніторингу (рис. 3).

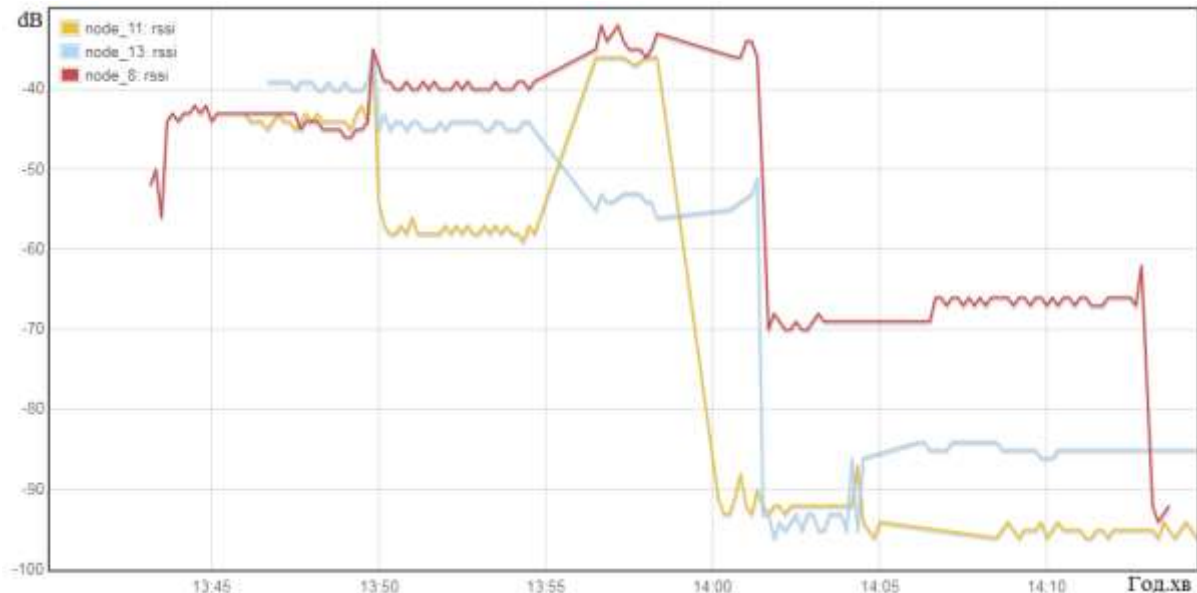


Рис. 3 Графіки зміни рівня сигналів вузлів 8, 11, 13 при реконфігурації MESH-мережі

Таким чином, показано, що всі розглянуті варіанти реалізації окремих проектів у комплексі являють собою модель бездротової MESH-мережі з ієрархічною структурою. Кожен окремий рівень ієрархії моделі дозволяє проводити дослідження функціонування проектів певного рівня складності. Розгалужена мережа вузлів з урахуванням дальності дії та налаштованого варіанту взаємодії між ними дозволяє прийняти варіант удосконалення системи взаємодії.

Висновки

Аналіз сучасних воєнних конфліктів свідчить про збільшення частки завдань, які виконуються з використанням БПЛА. Розвиток військово-технічних програм, направлений на розробку БПЛА різних класів, створення на їх основі підрозділів і частин у різних видах збройних сил та засобів протидії БПЛА. Доведено, що актуальним питанням є створення єдиного інфокомунікаційного простору, який забезпечить ефективне вирішення завдань. Показано, що основою для вирішення даного завдання може бути використана концепція MESH-мережі. В умовах спільного використання повітряного простору пілотованими та безпілотними літальними апаратами актуальними стають питання ефективного та безпечного

виконання завдань. Проведені експериментальні дослідження щодо реалізації даної концепції обумовлюють доцільність її застосування при розробці багатопозиційної сенсорної системи навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки.

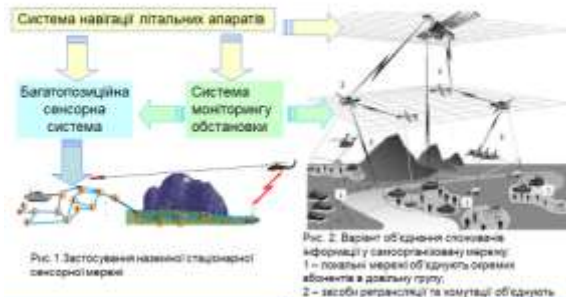
Список використаних джерел

1. Ostroumov I. Accuracy estimation of alternative positioning in navigation / I. Ostroumov, N. Kuzmenko // 2016 IEEE 4th Int. Conf. «Methods and Systems of Navigation and Motion Control», October 18-20, 2016. – Kyiv. – P. 291-294.
2. A. Sobchuk, Y. Kravchenko, M. Tyshchenko, P. Gawliczek, O. Afanasyeva “Analytical Aspects of Providing a Feature of the Functional Stability According to the Choice of Technology for Construction of Wireless Sensor Networks”, 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2019) – Proceedings. – pp. 102-106.
3. V. Afanasiev, O. Sitkov, Y. Afanasiev. (2020, June). “The use of unmanned aerial vehicles as a mobile gateway in the IoT concept” in “Scientific bases of solving of the modern tasks. Abstracts of XIX International Scientific and Practical Conference,” Frankfurt am Main, Germany, [Online]. Available: <https://isgkonf.com/scientific-bases-of-solving-of-the-modern-tasks-en/>.

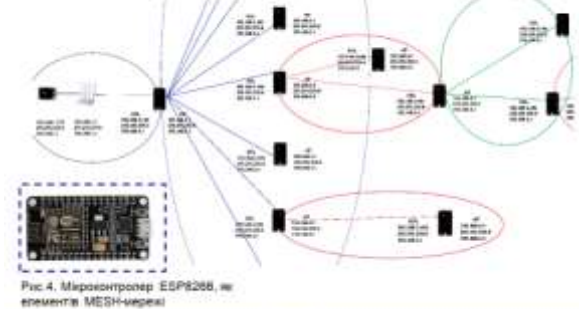
Багатопозиційна сенсорна система навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки

д.т.н., професор Тимочко О.І. (ХНУ ІС ім.Кожудуба)
д.т.н., професор Кравченко Ю.В. (ХНУ ім. Тараса Шевченка)
Доповідач - к.т.н., доцент Афанасьєв В.В. (ХНУ ІС ім.Кожудуба)
магістрант Афанасьєв Ю.В. (ХНУРЕ)

Елементи багатопозиційної сенсорної системи навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки



MESH-мережа – основа системи моніторингу



Приклад застосування MESH-мережі

Варіант відображення інформації в інтегрованій системі моніторингу

Вогняне ураження за даними моніторингу та цілевказання

Демаскуюча заміна за каду

Обмежені умови при моніторингу обстановки та цілевказанні на бойове застосування ЛА

2021

Концепція „мережецентричних військових дій” - NCW

Передбачає:
- створення розгалуженої мережі добре лонформованих, але географічно розподілених сил;
- створення єдиного інтегрованого інформаційно-комунікаційного простору, що забезпечує доведення до учасників операцій достовірної та повної інформації про обстановку практично в реальному масштабі часу



Перспективи - створення української системи С4 ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance)

Передумови створення багатопозиційної сенсорної системи навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки

Напрямки стандартизації за програмою співробітництва з НАТО

Висоти та середьвисотні БПЛА з великою тривалістю польоту;
Ліній передачі даних управління та контролю для БПЛА;
Морські безпілотні авіаційні системи тактичного рівня;
Морські та безпілотні літальні апарати (БПЛА);
Системи передачі даних літальних апаратів;
Аеронавігаційні системи та технології;
Управління повітряним рухом

Протирічна завдання забезпечення точної навігації в умовах обмеженого функціонування РНС

Рис. 3 Зона обмеженого застосування БПЛА

Дослідження функціонування mesh-мережі в польових умовах

Рис. 5. Підключення вузла MESH мережі на територію

Рис. 6. Статус вузла mesh-мережі

Рис. 7. Виведення IP-адрес вузла 7.5

Рис. 8. Конфігурація мережі 15

Рис. 9. Конфігурація мережі 17

Рис. 10. Передача пакетів вузла MESH мережі 8, 11, 13

Висновки

1. Збільшена частка завдань, які виконуються з використанням БПЛА.
2. Розвиток військово-технічних програм, направлених на розробку БПЛА різних класів, створення на їх основі підрозділів і частин у різних видах збройних сил та засобів протидії БПЛА.
3. Актуальним питанням є створення єдиного інфокомунікаційного простору для забезпечення спільного використання повітряного простору пілотованою і безпіотною авіацією
4. В умовах обмеженого функціонування радіонавігаційних систем вирішення даного завдання можливе на основі реалізації концепції MESH-мережі в багатопозиційній сенсорній системі навігації літальних апаратів та моніторингу обстановки.
5. Результати експериментальних досліджень щодо реалізації даної концепції обумовлюють доцільність її подальшого дослідження