

Карта відображення повітряної обстановки розподіленої акустичної системи виявлення та супроводження літальних апаратів

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.057>

Антон Кіцера

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Національного університету «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна
antonkitsera@gmail.com

Олексій Сечко

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Національного університету «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна
sechko.a@gmail.com

Роман Кочан

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Національного університету «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна
roman.v.kochan@lpnu.ua

Анотація—У сучасному світі важливість виявлення та супроводження літальних апаратів зростає, особливо з урахуванням швидкого розвитку безпілотних літальних апаратів. У дослідженні розглядається проблема виявлення цих апаратів та можливість інтеграції системи виявлення з іншими системами спостереження для підвищення її ефективності. Проаналізовано та описано існуючі аналогічні рішення. Основна частина дослідження присвячена розробці та тестуванню програмного забезпечення, яке використовує сучасний стек технологій для відображення та аналізу геоданих.

Ключові слова—акустичні сенсори; повітряні цілі; літальні апарати; геоінформаційна система.

I. ВСТУП

1.1. Актуальність теми

Захист громадян є однією з основних функцій держави. Особливо гостро ця проблема постає під час військових дій. Після початку широкомасштабного вторгнення Росії в Україну особливо гостро постала проблема захисту населення та інфраструктури від засобів повітряного нападу типу безпілотні літальні апарати, крилаті та балістичні ракети по всій території України. Вирішення цієї проблеми має два аспекти:

1. Виявлення та супроводження засобів повітряного нападу;
2. Їх знищення.

Проблему виявлення та супроводження засобів повітряного нападу в Україні забезпечується радіотехнічними військами, що мають на озброєнні ансамбль радіолокаційних станцій, спільним недоліком яких є відносно мала дальність виявлення маловисотних цілей, яка в найкращому випадку не перевищує 40 км. [1]. Тому наявними на озброєнні засобами неможливо забезпечити суцільне покриття території України, а збільшення

їхньої кількості до необхідної, зважаючи на складність виробництва та експлуатації радіолокаційних станцій, є малоімовірним.

Дослідну експлуатацію проходить розподілена система «Звук», що складається з множини мікрофонів розподілених по території України, що моніторять акустичний стан навколишнього середовища, розпізнають сигнали, що генеруються двигунами крилатих ракет та безпілотних літальних апаратів і передають інформацію про їх наявність в спеціалізовану комп'ютерну мережу [2]. Заявлена дальність виявлення цілей типу крилата ракета складає 7 км., безпілотний літальний апарат – 3 км. Недоліком цієї системи є те, що мікрофони цієї системи фактично є детекторами наявності цілі, тобто похибка вимірювання координат цілей рівна дальності дії мікрофонів, яка є надто великою для цілевказання вогневим групам озброєними зенітними кулеметами.

Отже, актуальною є проблема розробки та впровадження точніших засобів виявлення і супроводження засобів повітряного нападу, особливо безпілотних літальних апаратів.

1.2. Завдання дослідження

Основною метою дослідження є розробка програмного забезпечення, що дозволить використовувати інтерактивну карту для відображення даних від акустичних сенсорів, які виявляють повітряні цілі. Дослідження також передбачає аналіз існуючих підходів до вирішення даної проблеми та розробку нового підходу на основі програмного забезпечення.

II. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ

2.1. Принципи роботи розподілених акустичних систем виявлення

Повітряна обстановка є ключовим елементом у контексті національної безпеки та обороноздатності. З розвитком технологій

літальних апаратів, включаючи безпілотні літальні апарати (БПЛА), з'являється потреба в їх ефективному виявленні та супроводженні.

1. Акустичне виявлення - акустичні системи виявлення базуються на реєстрації звукових хвиль, які випромінюються літальними апаратами. Вони можуть виявляти джерела звуку на відстанях, де інші методи (наприклад, радіолокаційні) можуть бути неефективними або заблокованими.
2. Розподілені системи - розподілені системи складаються з множини сенсорів, розташованих на великій території. Ці сенсори можуть працювати в єдному інформаційному просторі, що дозволяє отримувати більш точну інформацію про об'єкти в повітрі.
3. Відображення на карті - інтеграція даних з розподілених сенсорів на інтерактивній карті дозволяє оперативно визначати місцезнаходження, траєкторію руху та інші параметри літальних апаратів. Це сприяє швидкому прийняттю рішень на оперативному рівні.
4. Виклики та обмеження - одним з основних викликів для акустичних систем є шумові завади. Навколишнє середовище, такі як вітер, трафік або інші джерела звуку, можуть впливати на ефективність системи. Тому важливо розробляти алгоритми, які можуть відрізнити корисний сигнал від шуму.
5. Інтеграція з іншими системами - для підвищення ефективності системи виявлення можлива її інтеграція з радіолокаційними, оптичними та іншими системами спостереження. Такий комплексний підхід може забезпечити більш повне та точне відображення повітряної обстановки.

2.2. Аналіз існуючих рішень

Для вирішення виявленої проблеми, в Національному університеті «Львівська політехніка» розробляється розподілена система виявлення та супроводження літальних апаратів, яка складається з множини акустичних сенсорів та сервера [3]. Сенсори призначені для виявлення цілей за аналізом акустичних сигналів, що генеруються їхніми двигунами та вимірювання азимуту та кута місця цілей. Сервер забезпечує агрегацію результатів вимірювання сенсорів, представлення в режимі реального часу на карті оперативної обстановки та доступ до неї уповноважених користувачів. Результати вимірювання передаються між сенсорами та сервером з допомогою безпроводних каналів зв'язку.

Норвезькою компанією Squarehead Technology було створено акустичний сенсор для виявлення БПЛА - Discovair G2. З публічної інформації відомо, що Discovair G2 використовує запатентовані масиви мікрофонів. Завдяки 128 взаємопов'язаним мікрофонним елементам сенсорні блоки Discovair здатні встановлювати азимут і висоту цілі в режимі

реального часу за допомогою вдосконаленої цифрової обробки сигналу [4].

III. РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Опис програмного забезпечення

Для реалізації розробленого програмного забезпечення було використано сучасний стек технологій, зокрема Javascript бібліотеку React в комбінації з фреймворком Next.js.

Для обробки та відображення геоданих у веб-додатку було використано бібліотеку Mapbox GL. Mapbox GL надає гнучкі інструменти для інтеграції інтерактивних карт у веб-застосунки, дозволяючи користувачам взаємодіяти з географічною інформацією в реальному часі.

Бібліотека Turf.js, яка також була інтегрована у проект, дозволяє виконувати розширений аналіз геоданих на стороні клієнта. З її допомогою можна обчислювати різноманітні геометричні операції, такі як об'єднання, перетин або вирахування площі об'єктів.

Для оптимізації відображення великої кількості точок на карті було використано бібліотеку Supercluster. Ця бібліотека дозволяє групувати точки на карті в кластери, що спрощує візуалізацію даних та покращує продуктивність веб-додатку при роботі з великими наборами даних.

На рис. 1 зображено інтерфейс головної сторінки, де розміщена карта та корисні віджети.

В лівій частині розміщена навігація та інформація по статусу сенсорів та їх модулів, погодних умов, швидкості та напрямку вітру

В правій частині розміщена інтерактивна карта з можливістю зміни відображення сенсорів та шляху цілей. Сенсори відображаються за принципом кластеризації і при зміні масштабу проводиться обрахунок і відображається або сенсор або кластер з кількістю сенсорів у ньому.

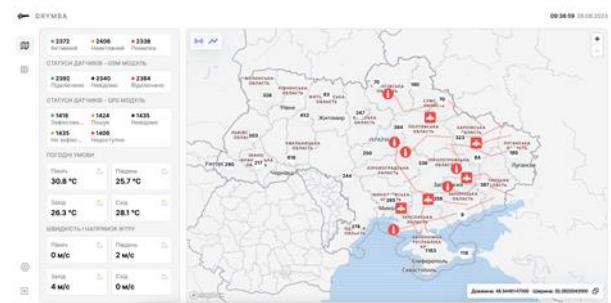


Рисунок 1. Інтерфейс інтерактивної карти

3.2. Тестування програмного забезпечення

Програмне забезпечення було піддано ретельному тестуванню з метою перевірки його продуктивності та стабільності при великих обсягах даних. Основна увага була приділена перевірці роботи системи при великій кількості сенсорів та цілей. Конкретно, були створені тестові сценарії для ситуацій, де кількість сенсорів варіювалася від 1000 до 10000, а кількість цілей - від 10 до 100. Це допомогло оцінити здатність програмного

забезпечення ефективно обробляти великі датасети, а також його відповідність функціональним вимогам та вимогам до інтерфейсу користувача.

3.3. Результати тестування

Програмне забезпечення продемонструвало високу ефективність відображення даних від сенсорів на інтерактивній карті. Користувачам надано зручний інтерфейс для взаємодії з даними та отримання актуальної інформації щодо повітряних цілей.

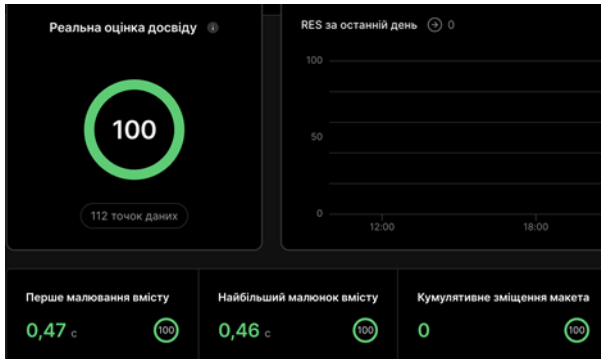


Рисунок 2. Аналітика швидкості роботи ПЗ

IV. ВИСНОВКИ

Сучасні системи виявлення літальних апаратів стикаються з численними викликами, які вимагають комплексного підходу до їх розробки та впровадження. Інтеграція різних технологій та методів спостереження виявляється ключовим фактором успіху в цій області.

Використання сучасних технологій, таких як React та Next.js, забезпечує гнучкість системи, її адаптивність до змінних умов та можливість швидкої модифікації. Ці технології також сприяють створенню інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для користувачів, що є важливим для ефективної взаємодії з системою.

Акустичне виявлення літальних апаратів стає все більш актуальним у контексті зростання їх використання в різних сферах.

Загалом, розвиток та вдосконалення систем виявлення літальних апаратів є актуальним завданням, яке вимагає поєднання наукових досліджень, інноваційних технологій та практичного досвіду для забезпечення ефективності та надійності таких систем.

Майбутні дослідження та розробки будуть спрямовані на:

1. Вдосконалення алгоритмів обробки даних, зокрема, для виявлення слабозумних або далеких об'єктів.
2. Розробку нових модулів для аналізу акустичних сигналів, які можуть виявляти специфічні особливості різних типів двигунів.
3. Проведення більш детальних тестувань системи в реальних умовах, зокрема, в умовах погіршеної видимості або високого рівня шуму.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Климченко В.Й., Дончак Д.А., Донченко М.М., Тютюнюк В.О. Проблеми набуття спроможностей радіотехнічних військ з розвідки перспективних засобів повітряного нападу. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2021. Вип. 3(44). С. 108–115.
- [2] “Айтишники, які нині служать у ЗСУ, створили систему «Звук» для виявлення російських дронів і ракет. Як це працює.” [Online]. Available: <https://dev.ua/news/antydrone-1674209666>. [Accessed: October 16, 2023].
- [3] Р. В. Кочан, Н. С. Гоц, Л. Д. Озірковський та ін. Концепція акустичної системи виявлення дронів. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 17 – 18 травня 2023 р.). Львів: НАСВ, 2023. С. 77–78.
- [4] “SquareHead Discovair G2 – Siphon.” [Online]. Available: <https://www.siphon.no/squarehead-discovair-g2/>. [Accessed: October 16, 2023].