

отримала дозвіл на людські випробування своїх імплантів, Synchron створює пристрої, що дають змогу людям із паралічем контролювати навколишнє середовище думками, а Paradromics розробила платформу Connexus, здатну реєструвати активність окремих нейронів. PrecisionNeuroscience має бездротовий імплант, схвалений FDA, а EmotivSystems випускає доступні гарнітури для ігор і взаємодії з комп'ютером.

Перспективи розвитку нейроінтерфейсів надзвичайно великі. У майбутньому вони можуть допомагати не лише у відновленні функцій мозку, а й у покращенні пам'яті, концентрації, швидкості навчання. Очікується, що поєднання нейротехнологій зі штучним інтелектом дозволить створити гібридну систему «мозок–AI», яка зможе обробляти інформацію швидше та точніше. Такі пристрої можуть стати частиною нашого повсякденного життя — від управління «розумним» будинком до використання у віртуальній реальності. Водночас розвиток ВСІ супроводжується етичними викликами: питаннями безпеки, приватності думок та контролю над даними мозкової активності. Саме тому важливо поєднувати технологічний прогрес із відповідальністю за його наслідки для людини.

Література

1. Review on brain-computer interface technologies in healthcare. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37974976/>
2. Evaluating the clinical benefit of brain-computer interfaces for control of a personal computer. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35325875/>
3. 2020 International brain-computer interface competition: A review. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2022.898300/full>
4. Brain machine interfaces: powerful tools for clinical treatment and rehabilitation. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6611552/>
5. A Comprehensive Survey of Brain-Computer Interface Technology. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12180781/>

УДК 681.51:629.735

Якобчук Р.А., здобувач вищої освіти

Лещин Ю.З., канд. техн. наук, доц

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Yakobchuk R.A., higher education applicant

Leshchyn Y.Z. PhD., Associate Prof.

METHODS AND MEANS OF RELATIVE LOCALIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Забезпечення автономного функціонування груп безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у складних умовах, таких як закриті приміщення або зони з перешкодами для супутникового сигналу, вимагає впровадження високоточних систем взаємного позиціонування. Побудова надійної навігаційної структури, незалежної від глобальних систем GNSS, реалізується на базі технології надширококутного зв'язку (UWB). Вибір цієї технології зумовлений її здатністю забезпечувати сантиметрову точність

вимірювання дистанції та високу стійкість до ефекту багатопроменевого поширення радіосигналу, що є критичним для стабільної роботи БПЛА в умовах щільної забудови [1].

Визначення відстані між окремими БПЛА здійснюється за алгоритмом двостороннього вимірювання дальності Two-Way Ranging. Застосування модифікації Double-Sided TWR, що передбачає обмін трьома послідовними повідомленнями, дозволяє компенсувати похибки, викликані дрейфом тактових частот мікроконтролерів, та усуває необхідність у складній дротовій синхронізації часу між рухомими об'єктами [2].

Розрахунок відносних координат БПЛА у просторі виконується методом трилатерації на основі отриманих даних про відстань. Для підвищення точності позиціонування та мінімізації впливу стохастичних шумів вимірювання у систему інтегрується алгоритм оптимальної фільтрації. Використання Розширеного фільтра Калмана забезпечує комплексування низькочастотних даних UWB-дальнометрії з високочастотними показниками бортової інерціальної системи, що дозволяє отримати плавну оцінку траєкторії руху БПЛА та зберегти стабільність керування навіть при короткочасних втратах зв'язку [3].

Організація інформаційної взаємодії в групі БПЛА та передача телеметричних даних на наземну станцію реалізується з використанням протоколу прикладного рівня MQTT. Архітектура "видавець-підписник" забезпечує асинхронний обмін даними та дозволяє динамічно масштабувати систему шляхом додавання нових БПЛА без зміни логіки роботи мережі [4].

Програмно-апаратна реалізація системи передбачає використання мікроконтролерів сімейства STM32 для первинної обробки навігаційних даних та формування керуючих впливів у реальному часі [5].

Реалізація запропонованих методів та засобів дозволяє створити енергоефективну навігаційну систему, здатну забезпечити сантиметрову точність позиціонування до 10–15 см в умовах повної відсутності сигналів GNSS. Практичне впровадження розробленого апаратно-програмного комплексу підвищує рівень автономності та безпеки функціонування груп БПЛА при виконанні спільних місій у складних середовищах. Окремого дослідження потребують питання оптимізації протоколів часового поділу доступу до радіоканалу для запобігання колізіям даних при масштабуванні рою до значної кількості агентів.

Література

1. Al-Kaff A. A Survey of UWB-Based Localization Systems for UAVs in GNSS-Denied Environments / A. Al-Kaff, F. García, D. Martín // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 76948–76964.
2. Decawave Ltd. DW1000 User Manual [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.decawave.com> (дата звернення: 20.11.2025).
3. Guo K. Ultra-wideband and odometry-based cooperative relative localization with application to multi-UAV formation control / K. Guo, X. Li, L. Xie // IEEE Transactions on Cybernetics. – 2019. – Vol. 50, No. 6. – P. 2590–2603.
4. Ribeiro M. An MQTT-Based Platform for UAV Control and Data Acquisition in DoS Attack Scenarios / M. Ribeiro et al. // Drones. – 2022. – Vol. 6, No. 9. – P. 256.
5. Cai G. Design of STM32-based quadrotor UAV control system / G. Cai, J. M. Dias, L. Seneviratne // Proc. of 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. – Takamatsu, Japan, 2017. – P. 1492–1497.