УДК 621.396.967.2

В. О. Кащенко[1]
І. В. Свид[1,2]

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ MLAT ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ

[1] Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;
[2] Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Анотація

Запропоновано використання технології MLAT для модернізації радіотехнічного забезпечення польотів. Також проаналізовано перспективи використання у технології MLAT широкосмугових сигналів, що дозволить підвищити надійність, завадостійкість і скритність системи радіотехнічного забезпечення польотів.

Ключові слова: MLAT, аналіз, система, завадостійкість, надійність, скритність, широко-смуговий сигнал.

Abstract

The use of MLAT technology for the modernization of radio support of flights is proposed. The prospects for the use of broadband signals in MLAT technology are also analyzed, which will allow increasing the reliability, noise immunity and stealth of the radio-technical support system of flights.

Keywords: MLAT, analysis, system, noise immunity, reliability, stealth, wideband signal.

Вступ

MLAT – це система визначення місцеположення об’єкту (літака чи наземного транспортного засобу) шляхом вимірювання різниці часу приходу (TDOA) радіосигналу, випромінюваного об’єктом, на декілька (мінімум 3 для 2D, мінімум 4 для 3D [1, 2]) наземних приймальних станцій з точно синхронізованим часом [3-5]. MLAT використовується для вирішення складних радіотехнічних та обчислювальних проблем [6-7], і є однією із перспективних технологій для модернізації системи радіотехнічного забезпечення польотів[8-10]. Метою роботи є аналіз параметрів технології MLAT та розробки методу підвищення скритності системи радіотехнічного забезпечення польотів.

Результати дослідження

Технологія MLAT використовує визначення місцеположення повітряних об’єктів на основі вимірювання відстаней від нього до точок, координати яких відомі. На відміну від тріангуляційних методів, такий підхід не передбачає вимірювання кутових величин. Тому реалізація MLAT не потребує вузькоспрямованих антен. Оскільки точок, відносно яких виконуються вимірювання, завжди декілька, тобто реалізується наземна багатопозиційна навігація.

Основні технічні аспекти MLAT:

- різниця часу приходу сигналу між двома приймачами відповідає гіперболоїду (у 3D), на якому лежить об’єкт. Перетин множини таких гіперболоїдів (створених парами приймачів) дозволяє точно визначити координати (x,y,z);

- використовує наявні імпульсні передачі літака, відповіді або автоматичні передачі від транспондерів SSR Mode A/C, Mode S та ADS-B (1090 МГц) [1, 2]. Ці сигнали є кодованими імпульсами, що мають відносно широку смугу (порядку 1 МГц) порівняно з вузькосмуговими навігаційними системами;

- для досягнення точності позиціонування на рівні одиниць метрів, необхідна синхронізація між наземними станціями з точністю до наносекунд (для 1 метра похибки потрібна точність 1 м/(3×108 м/с)≈3.3 нс). Зазвичай, використовується високоточна синхронізація за допомогою GNSS-приймачів на кожній станції [1, 2];

- точність позиціонування залежить від трьох ключових факторів: 1) точність вимірювань (TDOA); 2) геометрія системи (Dilution of Precision, DOP); 3) алгоритм локалізації.

Декілька частотних діапазонів можуть використовуватися для застосування технології MLAT на

аеродромах для виявлення рухомих об’єктів, які можуть стати перешкодами для руху літаків по території аеропорту. З цією метою на кожному аеродромному транспортному засобі встановлюється прийомопередавач за аналогією з тим, як це зроблено на літаках. Інформація про місцеположення транспортного засобу має два незалежні джерела: приймач GPS, інтегрований у транспондер, і дані, отримані за допомогою технології MLAT.

Можливі варіанти застосування широко-смугових сигналів (ШСС) у технології MLAT:

- у біляаеродромних зонах відбиття від будівель створюють хибні часові затримки, що є головним джерелом помилок. Використання ШСС дозволило б підвищити роздільну здатність за часом, і застосовувати складні алгоритми подавлення багатопроменевості (наприклад, на основі узгодженої фільтрації тощо);
- обмеження геометрії розміщення приймачів через особливості поширення сигналів. Використання ШСС дозволило б розширити території розміщення приймачів, враховуючи особливості передавання ШСС;
- нелінійні спотворення сигналів. Використання ШСС дозволило б розробка та впровадження адаптивних алгоритмів оцінювання позицій об’єктів, стійких спотворень, перекручувань тощо.

Висновки

Показано, що застосування широко-смугових сигналів у технології MLAT дозволить: підвищити роздільну здатність за часом, розширити території розміщення приймачів, впровадження адаптивних алгоритмів оцінювання позицій об’єктів тощо. Загальне використання широко-смугових сигналів у MLAT підвищує надійність, завадостійкість і скритність системи радіотехнічного забезпечення польотів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ICAO: Airport Ground Vehicle Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) Out Squitter Equipment. 11/14/2011.
2. Державна авіаційна служба України. Авіаційні правила України. Нормативні документи щодо аеронавігаційного забезпечення польотів. Київ: ДАСУ, 2023.
3. Оцінка якості радіолокаційної інформації систем залежного кооперативного спостереження / І. В. Свид, та інші // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – Харьків, 2024. – Вип. 216. – С. 131–136. - DOI: 10.30837/rt.2024.1.216.14.
4. Свид І. В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. / І. В. Свид. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
5. І. В. Свид, А. І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.
6. Свид І. В., Обод І. І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
7. Svyd I. and at. Assessment of information support quality by "friend or foe" identification systems. Przegląd Elektrotechniczny. 2019. Vol. 1, no. 4. P. 129–133. URL: https://doi.org/10.15199/48.2019.04.22.
8. Svyd I. V., Tkach M. G., Obod I. I. Comparative analysis of interference protection of "Friend-Foe" radar identification systems. Radiotekhnika. 2022. No. 211. P. 101–113. URL: https://doi.org/10.30837/rt.2022.4.211.08
9. Andrusevych V., Obod I. Assessment of the quality of information support by air radar surveillance systems. Advanced Information Systems. 2021. Vol. 5, no. 2. P. 78–82. URL: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.10.
10. Обод І.І., Стрельницький О.О., Андрусевич В.А. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору. Харків : ХНУРЕ, 2015. 270 с.

Кащенко Віталій Олександрович — слухач групи 463С, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: kasenkovitalik70@gmail.com.

Свид Ірина Вікторівна — к.т.н., доцент, доцент кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків; професор кафедри комп’ютерної інженерії та електроніки, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ.

Kaschenko Vitalii — student of group 463C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: kasenkovitalik70@gmail.com.

Svyd Iryna — PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv; Professor of the Department of Computer Engineering and Electronics, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ivano-frankivsk.