

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ Одарченко Р.С.
“ _____ ” _____ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Канал ADS-B для авіаційної безпеки на базі системи IRIDIUM»

Виконавець: _____ Макаров І. С.
(підпис)

Керівник: _____ Голубничий О. Г.
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Бахтіяров Д. І.
(підпис)

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Одарченко Р.С.

“ ” 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Макарова Івана Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи: «Канал ADS-B для авіаційної безпеки на базі системи IRIDIUM»
затверджена наказом ректора від « 06 » квітня 2021 р. №559/ст.
2. Термін виконання роботи: з 17.05.2021 р. по 20.06.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: безпека, управління повітряним рухом, зв'язок, супутник, орбіта, ADS-B, навігація, пристрій PiAware.
4. Зміст пояснювальної записки: спостереження за повітряним рухом; супутникова система IRIDIUM-NEXT, створення власної наземної станції FlightAware Piaware ADS-B.
5. перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: рисунок системи IRIDIUM-NEXT; рисунок параметрів супутника; рисунок обладнання супутника; рисунок системи Aireon; рисунок технології Aireon; корисний вантаж Aireon; рисунок встановлення PiAware; рисунок налаштування PiAware.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів диплому	17.05.2021-19.05.2021	Виконано
2	Вступ	20.05.2021-23.05.2021	Виконано
3	Спостереження за повітряним рухом	24.05.2021-29.05.2021	Виконано
4	Супутникова система IRIDIUM-NEXT	30.05.2021-05.06.2021	Виконано
5	Створення власної наземної станції Flightaware Piaware ADS-B	06.06.2021-12.06.2021	Виконано
6	Усунення недоліків дипломної роботи	13.06.2021-20.06.2021	Виконано

8. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ Голубничий О.Г.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Макаров І.С.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота «Канал ADS-B для авіаційної безпеки на базі системи IRIDIUM» містить 75 сторінок, 27 рисунків, 11 використаних джерел.

ADS-B, AIREON, УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ, СУЗІР'Я IRIDIUM, PIAWARE, АВІАЦІЙНА БЕЗПЕКА, GLOBALBEACON.

Актуальність теми: характер сучасного повітряного простору кардинально змінився за останні десятиліття, із введенням нових користувачів повітряного простору, такі як, дуже легкі літаки, безпілотні літальні апарати (БПЛА) і навіть комерційні космічні машини. Цей зростаючий попит вимагатиме постійного та узгодженого оновлення глобальної систем повітряного простору.

Розгортання глобальних навігаційних супутникових систем дозволило зробити квантовий стрибок в авіаційній навігації, забезпечивши автономне, глобальне, геопросторове позиціонування та навігаційні можливості. З огляду на це, безпека повітряних суден становиться вкрай пріоритетним завданням. Тож тема роботи актуальна на сьогодні.

Мета дипломної роботи – спостереження за повітряним рухом повітряних суден, забезпечення безпеки перельотів завдяки системі ADS-B використаної в складі супутникової системи IRIDIUM-NEXT.

Завдання дипломної роботи:

- 1) спостереження за повітряним рухом;
- 2) супутникова система IRIDIUM-NEXT;
- 3) створення власної наземної станції FlightAware Piaware ADS-B;

Об'єкт дослідження – забезпечення авіаційної безпеки, за допомогою супутникової системи.

Предмет дослідження – канал зв'язку ADS-B.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.....	9
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ РУХОМ.....	9
1.1. Питання які вирішує використання ADS-B.....	10
1.2. Огляд систем Aireon.....	12
1.3. Співпраця з EUROCONTROL.....	16
1.4. Система ADS-B.....	20
1.5. Огляд технологій AIREON.....	22
1.6. Набір даних ADS-B.....	27
1.7. Переваги космічної системи ADS-B.....	29
1.8. Перспективи спостереження за повітряним транспортом.....	32
1.9. Інноваційний підхід до ATM.....	36
РОЗДІЛ 2.....	40
СУПУТНИКОВА СИСТЕМА IRIDIUM-NEXT.....	40
2.1. Сузір'я IRIDIUM.....	40
2.2. Огляд космічного корабля.....	45
2.3. Конструкція орбіти.....	50
2.4. Розміщення корисного вантажу.....	52
2.5. Глобальний ADS-B.....	53
2.6. Глобальна AIS.....	55
РОЗДІЛ 3.....	62
СТВОРЕННЯ ВЛАСНОЇ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ FLIGHTAWARE ADS-B.....	62
3.1. Перелік обладнання для PiAware.....	62
3.2. Встановлення PiAware на SD-карту.....	65
3.3. Запустимо пристрій PiAware.....	67
3.4. Зареєструємо свій клієнт PiAware на FlightAware.com.....	69
3.5. Будемо дивитись свою статистику ADS-B.....	70
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

Прогнозується, що повітряний рух подвоїться протягом найближчих 20 років, згідно з недавньою щорічною доповіддю PricewaterhouseCoopers про стан світової авіації. Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA) очікує, що авіація зможе підтримати понад 105 мільйонів робочих місць та 6 трильйонів доларів валового внутрішнього продукту (ВВП) до 2035 року (Рис. 1.).

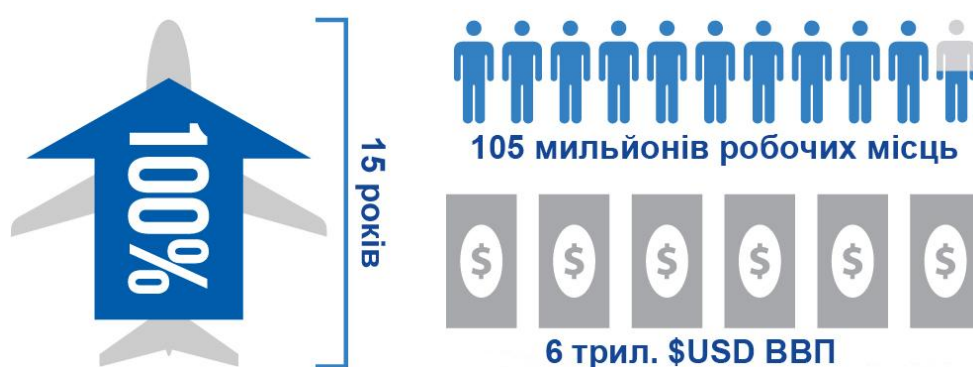


Рис. 1. Динаміка зростання авіації

Починаючи з частих заторів в аеропортах та постійних затримок, до зростання викидів та витрат на паливо, тому авіаційна промисловість стикається з постійними проблемами у своїх зусиллях щодо збільшення пропускної спроможності та зменшення впливу на навколишнє середовище, одночасно роблячи авіаперевезення безпечнішими та надійнішими у всьому світі. Щоб не відставати від прогнозованого зростання на 100 відсотків, постачальники аеронавігаційних послуг (ANSP), авіакомпанії та аеропорти, щоб задовольнити попит, роблять значні інвестиції в інфраструктуру навігаційного спостереження (CNS) та управління повітряним рухом (ATM). [6]

Характер сучасного повітряного простору також кардинально зміниться протягом наступного десятиліття, із введенням нових користувачів повітряного простору, такі як, дуже легкі літаки, безпілотні літальні апарати (БПЛА) і навіть

комерційні космічні машини. Цей зростаючий попит вимагатиме постійного та узгодженого оновлення глобальної систем повітряного простору.

З моменту зародження авіації в 1903 р. можливості АТМ досягли повільного та стабільного прогресу у підтримці використання повітряного простору. Після Першої світової війни Поштова служба США почала впроваджувати трансконтинентальну авіапоштову службу, допомагаючи пілотам орієнтуватися на маршрутах з Нью-Йорка в Сан-Франциско, розпалюючи багаття вночі, і врешті встановила на землі обертові маяки. З впровадженням авіаційних радіостанцій в 30-х роках пілоти змогли повідомити своє положення щодо відомих навігаційних орієнтирів диспетчерам повітряного руху на землі, які, в свою чергу, відстежували кожен літак на карті позицій, щоб тримати літаки в безпеці, чіткий час для зльоту та посадки, а також передавати пілоту погодні умови. Поява радіолокаційних технологій під час Другої світової війни революціонізувала спостереження за літаками. [6]

З кінця Другої світової війни в 1945 р. системи управління повітряним рухом продовжували еволюціонувати завдяки вдосконаленню радіолокаторів, наземних радіонавігаційних та комунікаційних системам воєнного часу, головна мета яких - забезпечити безпечне спостереження літаків від воріт до воріт.

Сьогодні диспетчери повітряного руху використовують комбінацію наземних радарів, радіонавігації та системи супутникового глобального позиціонування для відстеження літаків як значків, створених комп'ютером на екрані радіолокаційного дисплея. Ці системи надають інформацію про положення, висоту та швидкість руху повітряного судна, що оновлюються кожні кілька секунд.

До широкого використання радарів для управління повітряним рухом пілоти обчислювали положення літака вручну за допомогою бортових приладів та навігаційних засобів, перш ніж передавати цю інформацію про польот по радіо диспетчерам повітряного руху.

З розвитком Первинного радіолокаційного спостереження (PSR) під час Другої світової війни великі, дорогі, обертові передавачі використовувались для розсилання потужних радіохвиль, які роблять повний азимут на 360 градусів. Ці

сигнали відбиваються від повітряного судна і використовуються для обчислення його напрямку чи відстані, або дальності, та визначається шляхом обчислення часу, протягом якого радіохвилі досягають літака і повертаються до передавача. Поєднуючи дальність з азимутом цілі, літальний апарат визначається у двовимірному просторі і відображається у вигляді крапки на екрані радіолокаційного дисплея.

Вторинний радар спостереження (SSR) використовується для передачі другого високочастотного сигналу від окремої антени, разом з кожною первинною радіолокацією. Коли літак, обладнаний транспондером, отримує цей сигнал, він автоматично реагує, посылаючи власний сигнал назад на наземну станцію. Спочатку призначався для запиту та отримання відповіді ідентифікації, друга чи ворога від повітряного судна у військових цілях, тепер вторинний радар зазвичай використовується для доповнення первинної радіолокаційної інформації шляхом присвоєння коду кожному конкретному літаку, та ідентифікації конкретних точок на екрані радара.

Розгортання глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) дозволило зробити квантовий стрибок в авіаційній навігації, забезпечивши автономне, глобальне, геопросторове позиціонування та навігаційні можливості. В даний час Глобальна система позиціонування США (GPS) є найбільш уживаною у світі супутниковою навігаційною системою. Система GPS використовує триангуляцію для визначення точного положення повітряного судна над Землею для надання точних даних про місцезнаходження для диспетчерів та пілотів повітряного руху, такі як: положення, напрямок і швидкість повітряного судна, що потребує дані принаймні з трьох супутників для точного 2D-позиціонування, та чотирьох супутників 3D позиціонування. Кілька інших систем ГНСС знаходяться на різних стадіях розробки та розгортання, включаючи систему позиціонування ЄС (Galileo), регіональну систему наступного покоління Індії (IRNSS), японську регіональну систему (QZSS) та глобальну супутникову систему Китаю (Beidou), а також російська система ГНСС (ГЛОНАСС), яка застосовується, але не широко використовується.

РОЗДІЛ 1

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Все почалося з того, що на початку 2000-х невелика група американських розробників спроектувала унікальний прилад. У нього була проста, але дуже важлива місія - відстежувати літаки під час польоту і запобігати їхньому зникненню. Кілька років по тому американська компанія Aireon поставила виготовлення пристрою на комерційні рейки. Відтепер, масове застосування передавача дозволило мінімізувати ймовірність зникнення літака з радарів до небаченого досі рівня. Специфічний приймач встановлювався на борт літака і дозволяв тримати літак в поле зору земних радарів, де б він не знаходився. Пристрій одержав назву ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast - автоматичне залежне ефірне спостереження) і це спровокувало справжню революцію в світі авіаперельотів. [1]

Трохи пізніше Aireon об'єднала зусилля з FlightAware (міжнародною компанією, що спеціалізується на розробці програмного забезпечення для відстеження авіапольотів) і вже разом взяли за поширення технології по всьому світу. Зараз оснащення літаків системою ADS-B внесено в офіційні міжнародні програми з техніки безпеки польотів. Сьогодні застосування ADS-B лягло в основу AireonSM — глобальною мережею спостереження за повітряними судами. Вона дозволяє в реальному часі визначати місце розташування літаків, здійснює передачу інформації про стан всіх систем, забезпечити передачу сигналів лиха і зберігання інформації.

Більш того, на кардинально новий рівень систему AireonSM вдалося вивести завдяки співпраці Aireon з Iridium Satellite LLC, компанією, яка володіє 141 активних супутником Землі (охоплюють майже всю планету, включаючи полюса і океани). Наприклад, 11 січня 2019 ракета-носій Falcon-9 успішно вивела на орбіту останні 10 супутників системи зв'язку Iridium Next, на борту яких

встановлені приймачі ADS-B. Тим самим супутниковий оператор Iridium завершив проект по формуванню супутникового угруповання Iridium Next, який складається з 75 космічних апаратів. Однак ця космічна система не вирішує питання відстеження літаків, які ще не оснащені обладнанням ADS-B.

Спільний проект FlightAware, Aireon і Iridium Satellite LLC об'єднав "космічний" ADS-B з даними наземних станцій, дозволив забезпечити глобальне охоплення з безпрецедентною можливістю відслідковувати літаки на всьому маршруті польоту. А це, без перебільшення, прорив у сфері моніторингу польотів.

Так, перехід на технологію відстеження повітряних суден за технологією ADS-B є першим великим досягненням в області догляду за літаками, з часів винаходу радіолокаторів в 30-х роках. Наземні станції ADS-B покращують якість і точність стеження за польотами, але, як і радары, ще недавно вони були обмежені в своїй здатності контролювати повітряні судна над поверхнею Землі, покритою водою. Саме співпраця з Iridium NEXT дозволило вирішити цю проблему. Завдяки зв'язку з супутниками тепер є можливість стежити за літаками, які знаходяться над океаном.

1.1. Питання які вирішує використання ADS-B

Здавалося, очевидна причина - спостереження за літаками, попередження сотень випадків безслідного зникнення літаків (як це було раніше), для уникання зіткнення і невірно побудованих повітряних маршрутів.

Технологія ADS-B набула широкого поширення, дозволивши диспетчерам і пілотам обійтися без звичайних традиційних радарів. Будь-яке повітряне судно може відправляти точні дані про своє місцезнаходження в будь-який момент протягом усього польоту. Крім цього, літак з передавачем ADS-B постійно отримує оновлену інформацію про погодні умови.

При необхідності, за запитом, диспетчерські служби передають такі дані, як:

- Курс
- Висота
- Показник вертикальної швидкості

Іншими словами, принцип роботи системи звучить як "кожен повинен спостерігати за кожним". Це дає можливість уникнути дуже багато конфліктних моментів, які виникають з причин збою в передачі даних. Так, як технологія ADS-B розроблена на застосуванні системи GPS, то з її допомогою можна встановити точні координати літака, і які передаються кожен секунду чи за запитом.

Літаки та наземні пункти обладнуються пристроями ADS-B. Що дозволяє приймати і отримувати інформацію, наступним кроком відбувається об'єднання даних, включаючи ті дані, які отримують з літаків, що не укомплектовані системою ADS-B. Загалом інформація стає доступною для всіх учасників польоту, що забезпечує безпеку в повітряному просторі. [1]

Обладнання ADS-B від Aireon включає високочутливий приймач у поєднанні з безліччю керованих пучків, здатний виявляти літаки з бортовою електронною системою, сумісною з ADS-B. Орбітальні приймачі, котрі перекривають супутникові промені, забезпечують можливість виявлення літака з високою швидкістю оновлення. Далі в режимі реального часу дані передаються наземним приймачам, за допомогою лінії передачі даних з низькою затримкою, це дозволяє ANSP отримувати дані через центр обробки даних.

Таким чином, систему ADS-B можливо назвати бездротовими мережами. Всі наземні станції охарактеризувати як точка доступу, ну а сам літак - як користувач мережі. Сам обмін даними проходить автоматично, без участі людини, та, вся інформація, яка проходить в «мережі» об'єднується і стає доступною для всіх ланок, будь-то диспетчери чи пілоти, які виконують рейс.

1.2. Огляд систем Aireon

З 2011 року компанія Aireon співпрацює з інвесторами та регуляторами з усього світу для розробки унікальної послуги. До запуску лише 30 відсотків повітряного простору Землі контролювалося в режимі реального часу. Це спричинило очевидні ризики безпеки та неефективність на світовому ринку польотів.

У партнерстві з провідними постачальниками послуг аеронавігаційного обслуговування (ANSP) з усього світу, такими як NAV CANADA, Ірландська авіаційна служба (IAA), Enav, NATS та Naviair, а також Iridium, зв'язок Aireon забезпечує глобальну систему спостереження за повітряним рухом у реальному часі, доступну для всіх зацікавлених сторін авіації. Інвестори Aireon інвестували понад 350 мільйонів доларів США в акціонерне фінансування. [3]

Після багатьох років досліджень та розробок система запрацювала в квітні 2019 року і відразу запропонувала найвищі дані про достовірність повітряного руху, доступні для галузі. Aireon отримав офіційне схвалення Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA), що робить його першим в історії сертифікованим постачальником повітряного спостереження, як послуги. Оскільки Aireon продовжує публікувати стандарти та показники ефективності, сервіс Aireon постійно перевершує встановлені показники в деяких найбільших і найбільш завантажених повітряних просторах світу.

Запуск Aireon сигналізував про те, що авіаційна промисловість приєднується до решти XXI століття, де для ведення бізнесу покладається на зв'язок у режимі реального часу. [3]

Aireon розгорнув першу глобальну систему спостереження за повітряним рухом за допомогою космічної мережі автоматичного залежного ефірного спостереження (ADS-B), яка відповідає суворим вимогам нагляду Служби повітряного руху (ATS) у режимі реального часу для служб сепарації в будь-якій точці світу.

ADS-B - це технологія спостереження за повітряним рухом, яка базується на повідомленні літака про свою особу, точному положенні системи глобального позиціонування (GPS) та іншій інформації, отриманій із бортових систем. Дані транслюються кожні півсекунди з літака і використовуються диспетчерами повітряного руху (ATC) для ідентифікації та відокремлення літаків майже в реальному часі.

Спостереження за ATS чітко визначене ICAO, але, простіше кажучи, це здатність надійно і практично в реальному часі визначати такі ключові атрибути польоту, як положення, рівень та цілі.

Космічна система ADS-B забезпечує повне, постійне глобальне спостереження за повітряним рухом, тоді як раніше 70 відсотків країн світу не мали доступу до інформації про спостереження за ATS (тобто океани, полярні регіони, гірські райони, джунглі, пустелі). Це значно покращує безпеку, ефективність, передбачуваність та пропускну спроможність управління повітряним рухом (ATM), одночасно зменшуючи загальні витрати на інфраструктуру. [3]

Компанія Aireon LLC (Aireon) 28 жовтня 2020 р. оголосила про запуск трьох нових комерційних продуктів для передачі даних: AireonFLOW™, AireonINSIGHTS™ та AireonSTREAM™. Ці продукти спрямовані на забезпечення унікальних рішень для зацікавлених сторін в авіаційній галузі та за її межами – значно розширюючи випадки використання високоточних даних спостереження служб повітряного руху (ATS) Aireon для світової аудиторії.

AireonFLOW

AireonFLOW надає постачальникам послуг ANSP та управління потоком повітряного руху (ATFM) єдине єдине джерело даних нагляді ATS з високою точністю. У поєднанні з контекстною інформацією про польоти та повітряний простір AireonFLOW може запропонувати користувачам розширені можливості прогнозування як в межах, так і поза межами регіону польотної інформації (FIR).

AireonSTREAM

AireonSTREAM надає дані спостереження ATS від воріт до воріт, поєднуючись із контекстною інформацією про польоти та повітряний простір, включаючи інформацію про інфраструктуру, погоду, авіаційну техніку, реєстр літаків та графік польотів для покращення відстеження, ситуаційної обізнаності та аналітичних інструментів. Ця комбінація забезпечує єдине доступне джерело спостереження ATS і повноцінне джерело польотної інформації. Інтерфейс AireonSTREAM дозволяє клієнтам у галузі АТМ отримувати доступ як до похідних, так і до контекстних даних, а також гнучко інтегрувати їх у власну платформу.

AireonINSIGHTS

AireonINSIGHTS надає користувачам інформацію про події та попередження про польоти з одного джерела, включаючи події в аеропорту та повітряному просторі, поточні дані про польоти, заходи безпеки та попередження про місцезнаходження, щоб забезпечити ключові показники ефективності, пов'язані з експлуатаційною безпекою та ефективністю польоту. Замість того, щоб ці дані надходили з різних, різнорідних джерел даних, AireonINSIGHTS пропонує користувачеві єдине джерело високоточної інформації про польоти, яке може попереджати користувачів у режимі реального часу. [7]

Кожен продукт, використовуючи дані високої точності даних Aireon, має власні випадки використання для клієнтів, таких як постачальники аеронавігаційних послуг (ANSP), диспетчера повітряних суден, системи відстеження, фінансові установи, страхові компанії та промисловість в цілому.

"Розвиток надійної комерційної платформи передачі даних представляє природну еволюцію для Aireon", - сказав Пітер Кабутер, віце-президент з обслуговування клієнтів, Aireon. "На сьогоднішній день Aireon надає єдині незалежно сертифіковані дані про положення повітряного судна з глобальним покриттям. З випуском цих нових продуктів клієнти отримають не тільки повну прозорість цих даних, але й зможуть використовувати їх для своїх унікальних

потреб на одній платформі - усуваючи необхідність керувати кількома різними джерелами даних. Це справді буде революційною пропозицією для авіаційної галузі та за її межами". [7]

"Це наступний захоплюючий крок для Aireon у нашій місії щодо розширення впровадження даних із високою точністю до одного джерела для глобальної аудиторії", - говорить Дон Тома, генеральний директор Aireon. "З моменту запуску системи Aireon у 2018 році наші космічні дані спостереження за повітряним рухом ADS-B забезпечили перше в історії рішення для спостереження за літаками в режимі реального часу, де завгодно на землі. Завдяки новим комерційним продуктам ми можемо використовувати ці дані, щоб допомогти запропонувати інноваційні рішення для авіаційних випробувань, включаючи управління потоком повітряного руху, експлуатацію літаків тощо.

Aireon продовжує швидко нарощувати клієнтську базу та розширювати можливості використання своїх даних. Це зростання зумовлене тим, що Aireon надає перший у світі набір історичних даних реального часу та даних АТС-рейтингу руху літаків. Ця технологія може трансформувати спосіб їхнього підходу до безпеки, ефективності, служб відділення та загального досвіду споживачів.

Послуги Aireon розширюють можливості організацій-партнерів в авіаційній галузі в зрозумілому і читабельному форматі, а також надають похідну інформацію з даних. Ця можливість надає партнерам єдині незалежні, сертифіковані дані про положення повітряного судна з якістю спостереження з глобальним покриттям. Партнери отримують повну прозорість системи ADS-B, що належить Aireon, щоб гарантувати простежуваність високоточної та високонадійної інформації про місце польоту, що зменшує необхідність керувати кількома різними джерелами даних.

Зараз ці дані виходять за межі нагляду АТС, і партнери Aireon можуть використовувати цю безпрецедентну та інформацію для підтримки свого бізнесу та процесів безпеки. Завдяки вдосконаленим методологіям злиття даних та інтеграції даних Aireon з іншими контекстними даними, Aireon представляє

єдине доступне джерело спостереження ATS і повноцінне джерело даних про польот.

1.3. Співпраця з EUROCONTROL

Aireron експлуатує першу в історії космічну систему спостереження за повітряним рухом для літаків, обладнаних ADS-B, по всій земній кулі. Aireron використовує технології авіаційного спостереження наступного покоління, які раніше були наземними, і розширює свої можливості у всьому світі, щоб суттєво підвищити ефективність, підвищити безпеку, зменшити викиди та забезпечити вигреш для всіх зацікавлених сторін. Дані спостереження Aireron з високою точністю та низькою затримкою доступні для різних застосувань, що дозволяє партнерам аерокосмічної галузі отримати доступ до революційних можливостей передачі даних, які покращують відстеження активів, обізнаність про ситуацію в літаку та аналітичні засоби підтримки прийняття рішень.

У 2019 році Європейське агентство з авіаційної безпеки (EASA) сертифікувало Aireron як першого в історії постачальника засобів спостереження за повітряними суднами. Крім того, Aireron має єдиний глобальний набір даних з одним джерелом, доступний для галузі. Для EUROCONTROL це означає, що як тільки служба буде інтегрована до своїх систем, вона отримає безпрецедентну видимість у повній картині літаків, що прибувають, вилітають та перетинають Європу на ділянці шести годин польоту та 3000 морських миль навколо держав-членів EUROCONTROL.

28 лютого 2020 року - Aireron та EUROCONTROL оголосили, що підписали 10-річну угоду про надання даних космічного ADS-B. Це покращить можливості управління потоками в 41 європейській державі-члені EUROCONTROL та двох Державах, що мають всебічну угоду, сприяючи покращенню передбачуваності, спроможності та впливу на навколишнє середовище, підтримуючи стале зростання у всьому європейському регіоні. Він також підтримуватиме інші програми, такі як: врегулювання криз, надзвичайні ситуації, моніторинг

навколишнього середовища, моніторинг ефективності, розширені масиви даних для пост-аналізу, статистики повітряного руху та оцінки безпеки. [5]

Дані Aireon будуть інтегровані до розширеної тактичної системи управління потоком (ETFMS) EUROCONTROL, яка надає дані зацікавленим сторонам європейської авіації, незалежно від оперативних кордонів, у режимі реального часу. Космічні дані ADS-B збагатять складний попит на трафік та розрахунки розподілу слотів, які в даний час покладаються на наземні дані спостереження та системи обробки плану польоту. Як результат, дані Aireon будуть підтримувати первинну європейську систему управління потоками, щоб вона була точнішою у своїх прогнозах траєкторії та розблокувала недоступну в іншому випадку операційну потужність.

"Завдяки високоякісним та високоякісним даним Aireon менеджер мережі EUROCONTROL матиме можливість працювати з інформацією, що виходить за межі європейського повітряного простору", - сказав Іамон Бреннан, генеральний директор EUROCONTROL. "Повна інтеграція космічних даних ADS-B, що базуються на космосі, дозволить нам бути більш точними в наших прогнозах траєкторії польоту та забезпечити більш високий рівень безпеки, передбачуваності та ефективності в наших операціях з управління потоками. Це партнерство є останньою подією в наших зусиллях забезпечити європейський повітряний простір одним з найдинамічніших та найефективніших у світі". [5]

Охоплюючи 43 країни від Туреччини до Ірландії, Фінляндії до Португалії, держави-члени EUROCONTROL та держави Каліфорнії охоплюють понад 11,5 мільйонів квадратних кілометрів наземного повітряного простору, а також частину повітряного простору над Північною Атлантикою, Середземним морем та Балтією. До кінця 2029 року Європейська Комісія була призначена Network Manager (NM), керуючись скоординованим та технологічно вдосконаленим підходом до викликів, з якими стикається європейська мережа повітряного руху. Допмагаючи вирішити питання, необхідні для покращення операцій, кібербезпеки, надання послуг, управління кризисними ситуаціями, проектування, використання повітряного простору та іншого, EUROCONTROL надає підтримку

та знання постачальникам аеронавігаційних послуг (ANSP), авіакомпаніям, аеропортам та військовим партнерам у регіоні, щоб допомогти зробити європейську авіацію безпечною, синхронізованою, ефективною та екологічно чистою.

Основним оперативним вдосконаленням операційних систем EUROCONTROL Network Manager (NM), дані спостереження за повітряним рухом у режимі реального часу, отримані з космічної системи ADS-B Aireon, тепер інтегровані в розширену систему управління потоком руху (ETFMS) від NM. Нові дані значно підвищують передбачуваність повітряного руху до 20%, покращуючи експлуатаційну ефективність та стійкість, одночасно розблокуючи потужність на майбутнє, що допоможе зменшити вплив на навколишнє середовище.

Нові дані високої точності, що оновлюються кожні 60 секунд, охоплюватимуть не лише повітряний рух у всіх 41 державі-члені EUROCONTROL, а також Ізраїль та Марокко, дві країни всебічної угоди EUROCONTROL, а також периферійні зони, що тягнуться аж до Близького Сходу та Півночі Америка. Після обробки даних EUROCONTROL співпрацюватиме з постачальниками послуг аеронавігаційного обслуговування, аеропортами та авіакомпаніями з метою використання даних для оптимізації управління потоком, що зіграє свою роль у покращенні точності прибуття та вильоту в європейських аеропортах, приносячи користь пасажиром, персоналу та навколишньому середовищу.

“Після того, як пандемія буде стримана і повітряний рух відновиться, буде вкрай важливо, щоб у нас була система управління повітряним рухом, яка може швидко адаптуватися до різного попиту на перевезення найбільш безпечним, найбільш стійким та ефективним способом. Інтеграція космічного ADS-B є важливою віхою для побудови системи ATM у майбутньому, яка принесе користь усім зацікавленим сторонам авіації” – сказав Імон Бреннан, генеральний директор EUROCONTROL. [2]

“EUROCONTROL продемонстрував зразкове лідерство у впровадженні та експлуатації інноваційних технологій та послуг. Вони є першим постачальником, який використовує космічну систему ADS-B для управління потоками”, - сказав Дон Тома, генеральний директор Aireon. “Ми впевнені, що космічні дані ADS-B, що надходять далеко за межі ЄС та передаються державам-членам, сприятимуть загальносвітовому зростанню ефективності та екологічної стійкості, одночасно зменшуючи затримки для клієнтів. Глобальна гармонізація повітряного простору стає на крок ближче до того, щоб стати реальністю”. [2]

Космічна система ADS-B Aireon була інтегрована в ETFMS EUROCONTROL NM і зараз підтримує активні операції. Це збагатить складний попит на трафік та розрахунки розподілу слотів, які в даний час покладаються на наземні дані спостереження, та системи обробки плану польоту. Як результат, європейська система управління первинним потоком буде точнішою у своїх прогнозах траєкторії та розблокує подальші потужності. Інформація про перевезення на великі відстані, такі як рейси, що перетинають Атлантику, тепер отримуватиметься за шість годин до входу рейсу в європейський повітряний простір, що значно покращує передбачуваність в'їзного руху в районі NM.

“EUROCONTROL є лідером в галузі управління повітряного руху. Вони є першими клієнтами, які використовують дані Aireon далеко за межами власної відповідальності. Це дозволить їм максимально підвищити ефективність своїх процесів та процедур.....”, - сказав Дон Тома, генеральний директор Aireon. “ЄВРОКОНТРОЛЬ визнає глобальну цінність підключення ANSP через загальне, високоточне, глобальне джерело даних, яке забезпечує ситуативну обізнаність щодо фактичної інформації про місце розташування ПС. Ми з нетерпінням чекаємо переваг, які побачать усі клієнти EUROCONTROL найближчим, середнім та довгостроковим періодом”. [2]

Розгортання космічного ADS-B є ключовим етапом цифрової трансформації EUROCONTROL, створюючи наступне покоління операційних систем із інтегрованою програмою управління мережею (iNM). iNM забезпечить,

щоб майбутня операційна система NM була масштабована у найбезпечніший, найбільш стійкий та ефективний спосіб.

1.4. Система ADS-B

Оскільки авіаційна промисловість переходить від старої системи радіолокаційного спостереження до сучасної інфраструктури, яка базується на супутниках, ADS-B може забезпечити багато переваг: від покращеної безпеки та ситуаційної обізнаності до зменшеного спалення палива та затримок.

Оскільки 70 відсотків світового повітряного простору не мають спостереження за літаками в режимі реального часу, переваги ADS-B можуть бути обмежені, якщо не буде вирішено проблеми значних витрат, розгортання інфраструктури, поширення.

Наприклад, щорічні витрати на експлуатацію та обслуговування ADS-B складають в середньому близько 130 000 доларів США. Системи вторинного радіолокаційного спостереження (SSR) ще більше обмежують витрати, на придбання обладнання становлять 3 мільйони доларів США, а щорічні витрати на технічне обслуговування складають близько 1 мільйона доларів США, залежно від місця розташування.

Враховуючи ці витрати, не всі ANSPs вкладали однаково в необхідну інфраструктуру наземних станцій. Меншим ANSPs у різних регіонах польотної інформації (FIRs) не вистачає бюджету та фінансових ресурсів, щоб зробити необхідні інвестиції, для виходу за межі радіолокації, які призводить до певних обмежень спостереження.

Навіть якщо наземні системи спостереження були більш доступними, вторинний радар має суворі обмеження прямої видимості на гірській місцевості, а наземні станції ADS-B не придатні для використання у віддаленому повітряному просторі, наприклад, в океанічних і полярних районах, де літаки не видно для спостереження (Рис. 1.1.).

На додаток до цих обмежень кожне ANSPs модернізує свої системи спостереження за власним графіком відповідно до своїх індивідуальних потреб, пріоритетів та фінансових ресурсів. Ця суворя реальність створила проблеми взаємодії та неефективність використання повітряного простору у всьому світі, а також відсутність гармонізації між різними наземними станціями, можливостями авіаційної техніки та супутниковими системами.



Рис. 1.1. Спостереження за повітряним рухом

Космос може бути останньою межею у спостереженні ADS-B, оскільки ANSPs, авіакомпанії, аеропорти та промисловість продовжують спільно працювати над вирішенням цих проблем, знаходити альтернативи доступної інфраструктури, усувати сліпі зони спостереження та повністю усвідомлювати переваги дешевшої супутникової системи спостереження, щоб нарешті, забезпечити глобальне охоплення наглядом.

Вимоги безпеки польотів, міжнародної організації ICAO, з кожним роком стають все більш жорсткими. При врахуванні постійно зростаючого трафіку, авіація вимагає контролю кожного літака, які рухаються в повітряному просторі.

Тому усі міжнародні авіакомпанії, будуть змушені пришвидшити з встановленням на свої літаки апаратуру системи ADS-B та отриманням експлуатаційного схвалення по ADS-B (згідно з документом EASA AMC20-24 (європейське агентство авіаційної безпеки), вимоги, які були повинні виконати яког всі авіакомпанії до червня 2020 року).

Але, на теперішній час, дуже багато авіакомпаній досі не встановили приймачі відповідно за новими стандартами. Крім того, далеко не всі власники авіакомпаній прагнуть щось змінювати в цьому напрямку. Відтак, відсоток зареєстрованих у США літальних апаратів, які обладнані ADS-B, відносно низький. Більша частина військових баз США також виступають проти від цієї програми, так як вона доступ цивільним до їх звітів про позицію ADS-B.

Що стосується України, ситуація має спільні риси зі світовою. Зараз ми так само, як і всі європейські країни зобов'язані виконувати програму EASA по обов'язковому укомплектування повітряних суден пристроями ADS-B. Так, на сьогоднішній день, більшість пасажирських літаків комерційного сектора вже оснащені ADS-B. Несуттєва різниця українського ринку тільки в тому, що наші співвітчизники облюбували для відстеження літаків сервіс Flightradar, тоді як в світі лідирує схожий по функціоналу FlightAware. Тим не менш, це не впливає на якість спостереження за літаками. Головна запорука максимально ефективного контролю над повітряними судами - це, безумовно, більше "залізних птахів" з ADS-B на борту. [1]

1.5. Огляд технологій AIREON

Інфраструктура спостереження Aireon надає ANSP інформацію, отриману від бортового обладнання літака, датчиків та транспондера ADS-B, включаючи горизонтальне положення, висоту, швидкість, ідентифікацію літака та позивний. Ці дані часто поєднуються ANSP з наземним спостереженням та інформацією про план польоту для інтеграції з системами АТС для забезпечення єдиного представлення даного повітряного судна.

Система Aireon розроблена з урахуванням вимог безпеки, ефективності, доступності та експлуатаційних характеристик, які передбачені багатьма організаціями повітряного руху у всьому світі.

Система ADS-B Aireon складається з двох сегментів: космічного сегмента Aireon та наземного сегмента Aireon.

Космічний сегмент Aireon.

Iridium розміщує систему Aireon і є єдиним сузір'ям, яке має можливості та охоплення для забезпечення глобального нагляду за повітряним рухом завдяки своїй орбітальній конфігурації. Ця конфігурація забезпечує повне глобальне покриття, включаючи океанічні та полярні регіони, без необхідності наземних станцій. Жодна інша система, існуюча чи запланована, не дає такої можливості зацікавленим сторонам авіації.

Космічний сегмент Aireon складається з приймача Aireon, відомого як корисний вантаж Aireon (АНР-Aireon Hosted Payload), який розташований на кожному з 66 супутників Iridium, розподілених на шести полярних орбітальних площинах. АНР приймає, демодулює та передає отримані повідомлення ADS-B через основний корисний набір місії Iridium, який направляється через зшивки між супутниками Iridium і спрямовується до мережі телепорту Iridium до досягнення наземного сегмента Aireon. [9]

Наземний сегмент Aireon.

Наземний сегмент Aireon складається з операційного центру корисного вантажу (НРОС) та системи обробки та розподілу Aireon (APD). НРОС забезпечує всі функції, необхідні для моніторингу та управління АНР, включаючи моніторинг телеметрії, відновлення несправностей та віддалену конфігурацію. НРОС обробляє дані до/з мережі між супутникового каналу зв'язку Iridium та управляє пропускнуою здатністю каналу.

APD обробляє всі дані системи ADS-B, забезпечує функції планування місії та функції завдання корисного вантажу (наприклад, антени) і доставляє дані про місію та стан ANSP. APD отримує цілі ADS-B та перевіряє наявність дублікатів, формує звіти ANSP, обчислює та зберігає технічні показники

ефективності та архіває системні дані. APD також забезпечує інтерфейс оператора для моніторингу, контролю та аналізу системи.

Космічна система ADS-B, забезпечує безпрецедентне 100-відсоткове глобальне охоплення всіма зацікавленими сторонами авіації. Система приймає та обробляє сигнали ADS-B, які транслюються з літаків, обладнаних транспондерами ADS-B 1090 МГц, що працюють на тій же частоті, що і традиційні транспондери працюють у режимах A/C/S, включаючи DO-260, DO-260A та DO-260B, а також чинного стандарту DO-260B /ED-102A.

Інформація ADS-B, що транслюється з літака, буде отримуватись, розміщеним на супутнику, обладнанням Aireon Hosted Payload (AHP), яке передає дані літака від супутника до супутника до наземної мережі Aireon (TPN) та системи обробки та розподілу Aireon (APD). За сприяння партнера L3Harris APD декодує та перевіряє дані, а також доставляє дані до відповідних зацікавлених сторін, які підписалися на послугу Aireon (Рис. 1.2.). [6]

Для визначення місця розташування пілоти використовують GPS або подібні технології, а для визначення висоти використовується барометричний висотомір. Літаки з ADS-B-транспондером передають свої ідентифікаційні дані, а також свої тривимірні координати (висоту, довготу і широту). Цей сигнал можна приймати, якщо літак знаходиться в полі видимості (максимальна відстань 300 миль / 480км на крейсерській швидкості). Приймачі, встановлені в різних точках земної кулі, відправляють ці дані через Інтернет в режимі реального часу на сервер FlightAware, де вони обробляються, щоб на їх основі користувачі могли відслідковувати рейси через відповідний інтерфейс.

Для забезпечення надійного супутникового прийому необхідний передавач класу A1 та антена літака з верхнім кріпленням (зазвичай зустрічається на більшості комерційних літаків та приватних літаків) через космічний напрямок приймачів Aireon, параметри наведені в Таблиці 1.1. Літаки з системою попередження про рух та системою запобігання зіткненням (TCAS), як правило, оснащені антенами як для верхнього, так і для нижнього кріплення, щоб запобігти зіткненню в повітрі.

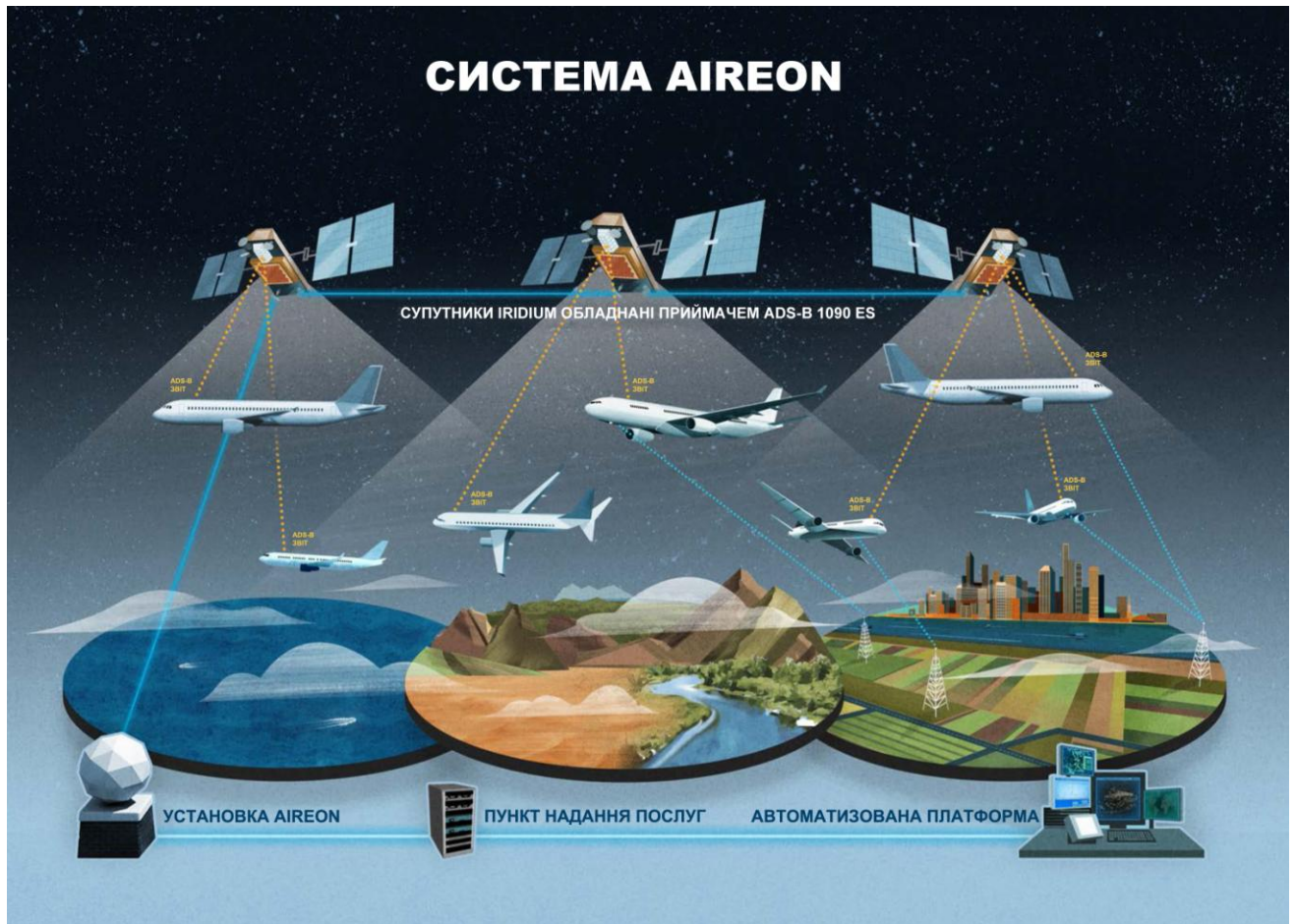


Рис. 1.2. Система Aireon

Будучи рішенням для нагляду під ключ, Космічна система ADS-B забезпечує економічно ефективно, безперебійне та швидке впровадження, щоб задовольнити майбутні потреби в потужностях та підтримувати відповідність нормативним вимогам. Крім того, забезпечуючи нагляд у віддалених регіонах, Aireon може забезпечити нові маршрути та безліч переваг для всіх зацікавлених сторін авіації.

На відміну від наземного радара, ADS-B використовує супутникову технологію GPS для обчислення точного місцезнаходження, швидкості та напрямку літака і передає цю інформацію двічі в секунду наземним приймачам ADS-B.

КЛЮЧОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ЕФЕКТИВНІ ПАРАМЕТРИ

Канал передачі даних спостереження	1090ES ADS-B (DO-260 версії 0,1,2
Підтримка класів літальних передавачів	A1 / B1 або вище із антеною, що кріпиться зверху
Формат даних для ANSP	ASTERIX CAT021, CAT023, CAT025, CAT238 та FAA CAT033 та CAT023
Покриття системи	Постійно глобальне
Доступність	$\geq 99,9\%$ (стандарт ICAO GOLD для нагляду)
Затримка	≤ 2 с до пункту надання послуг (SDP)
Інтервал оновлення	96% звітів ≤ 8 с у більшості областей
Незалежна перевірка положення	підтримує радіус перевірки 1,9 НМ та 5 НМ для маршруту та океанічний повітряний простір
Сертифікація безпеки	Агенція авіаційної безпеки Європейського Союзу (EASA) сертифікована для надання послуг з нагляду за АТМ / АНС для підтримки сепарації повітряних суден

Поєднання надзвичайно точної інформації про місцезнаходження та швидкість, що передається в режимі реального часу, дозволяє ADS-B значно покращити ситуаційну обізнаність та забезпечити підвищення ефективності, потужності та безпеки як у національному, так і в міжнародному повітряному просторі.

Хоча оригінальна концепція ADS-B датується спонсорованим FAA дослідженням у 1973 році, стандарти були запропоновані лише на початку 1990-х років, а перші наземні станції ADS-B були успішно продемонстровані на Алясці в 2001 році.

У 2009 році Канада доручила оперативно використовувати ADS-B для забезпечення покриття свого північного повітряного простору навколо Гудзонової затоки, де радіолокаційного покриття не було. Пізніше того ж року Австралія стала першою країною, яка ввела в експлуатацію загальнодержавну систему спостереження ADS-B. У 2013 році Австралія почала вимагати

обладнання ADS-B для літаків, що працюють на висоті або більше 29000 футів, разом із Гонконгом, Сінгапуром та Індонезією. [6]

У Європі обладнання ADS-B стало необхідним для всіх нових літаків у 2016 році, а існуючі літаки повинні бути модернізовані, причому ADS-B виступає центральною частиною ініціативи Єдиного європейського неба щодо досліджень ATM.

Сьогодні ADS-B є основою системи повітряного транспорту наступного покоління США (NextGen), де приблизно 650 трансиверів наземних станцій розгорнуто по всій території Сполучених Штатів для забезпечення покриття ADS-B майже по всій країні. До 2020 року FAA призначила обладнання ADS-B для всіх літаків, які летять на висоті понад 10 000 футів, в радіусі 30 NM від аеропортів класу B на будь-якій висоті або в повітряному просторі класу C.

Незважаючи на те, що ADS-B приймається на озброєнні ANSP у світі, оскільки багато країн запроваджують модернізацію обладнання протягом найближчих 3-5 років, авіаційній промисловості необхідно повністю розкрити потенціал ADS-B.

1.6. Набір даних ADS-B

Aireron отримує дані ADS-B із бортових датчиків та обладнання літака, включаючи таку інформацію, як горизонтальне положення та висоту, швидкість, показники якості навігації, ідентифікацію літака та позивний, а також вибраний напрямок.

Традиційне радіолокаційне обладнання забезпечує інформацію про положення літака кожні п'ять - 12 секунд з точністю, що визначається типом радіолокатора та дальністю дії літака до радіолокатора. Системи ADS-B забезпечують більш часте оновлення положення зі швидкістю до двох разів на секунду, а супутниковий GPS набагато точніший, ніж традиційне радіолокаційне спостереження.

Застосовуючи технологію різниці в часі прибуття (TDOA), систему Aircon можна налаштувати для забезпечення незалежної перевірки положення в більшості областей. Ця функція використовується для виявлення повідомлень про недійсні позиції, забезпечуючи вирівнювання положення GPS/GNSS, яке повідомляється літаком, з розрахунковим положенням передавача. [9]

Система ADS-B Out забезпечує наступний мінімальний набір параметрів даних:

- (1) Ідентифікація ПС;
- (2) Код режиму А;
- (3) 24-розрядна адреса літака ICAO;
- (4a) Горизонтальне положення в повітрі - широта та довгота;
- (4b) Категорія цілісності бортовий навігації;
- (4c) Категорія точності навігації розташування в повітрі;
- (4d) Рівень цілісності бортових джерел;
- (4e) Забезпечення проектування бортової системи;
- (5) Висота тиску (включаючи NISbaro);
- (6) Ідентифікація спеціальної посадки;
- (7a) Надзвичайний стан;
- (7b) Індикація надзвичайних ситуацій;
- (8) Номер версії 1090 ES;
- (9a) Повітряна швидкість над землею (Схід/Захід і Північ/Південь);
- (9b) Категорія точності навігації в повітрі при швидкості;
- (10) Категорія випромінювача;
- (11) Вертикальна швидкість;
- (12a) Горизонтальне положення поверхні - широта та довгота;
- (12b) Категорія цілісності наземної навігації;
- (13) Поверхневий наземний шлях;
- (14) Рух (поверхнева швидкість наземного руху);
- (15) Довжина/ширина літака;
- (16) Поздовжнє зміщення антени GPS;

(17a) Геометрична висота;

(17b) Якість геометричної висоти.

Система Aireon, Iridium та наземна система обробки даних Aireon розроблені та побудовані з надлишковою, відмовостійкою архітектурою системи, щоб забезпечити високу доступність та стійкість. Завдяки полярній орбіті супутникового сузір'я Iridium, система ADS-B Aireon забезпечує постійне покриття зони спостереження у всьому глобальному повітряному просторі в міру збільшення широти. Крім того, оскільки супутники низької орбіти Землі рухаються по колу Землі приблизно за 100 хвилин (рухаючись зі швидкістю приблизно 3 NM), вплив будь-якого відключення окремого супутника буде значно мінімізовано.

Повідомлення про місце розташування ADS-B можна виявляти настільки часто, наскільки вони передаються літаком. Система розроблена відповідно до специфікацій EUROCAE ED-129B та EUROCONTROL GEN SUR SPR, щоб забезпечити ймовірність оновлення характеристик, що перевищує або дорівнює 95 відсоткам протягом 8-секундного часового вікна.

Ця ефективність спостереження перевищує 12-секундний період обертання нині працюючих радарів на маршруті та потенційно відповідає застосуванню (5 NM) розділення маршрутів із відповідними навігаційними та комунікаційними можливостями.

1.7. Переваги космічної системи ADS-B

Aireon продовжує швидко нарощувати клієнтську базу та розширювати можливості використання своїх даних. Це зростання зумовлене тим, що Aireon надає перший у світі набір історичних даних і даних реального часу про спостереження за повітряним рухом про рух повітряних суден. Ця технологія може трансформувати спосіб їхнього підходу до безпеки, ефективності, служб відділення та загального досвіду споживачів.

Послуги Aireon надають можливість організаціям-партнерам в авіаційній галузі в зрозумілому і читабельному форматі, а також надавати похідну інформацію з даних. Ця можливість надає партнерам єдині незалежні, сертифіковані та забезпечені якістю спостереження дані про положення повітряного судна з глобальним покриттям (Рис. 1.3.).

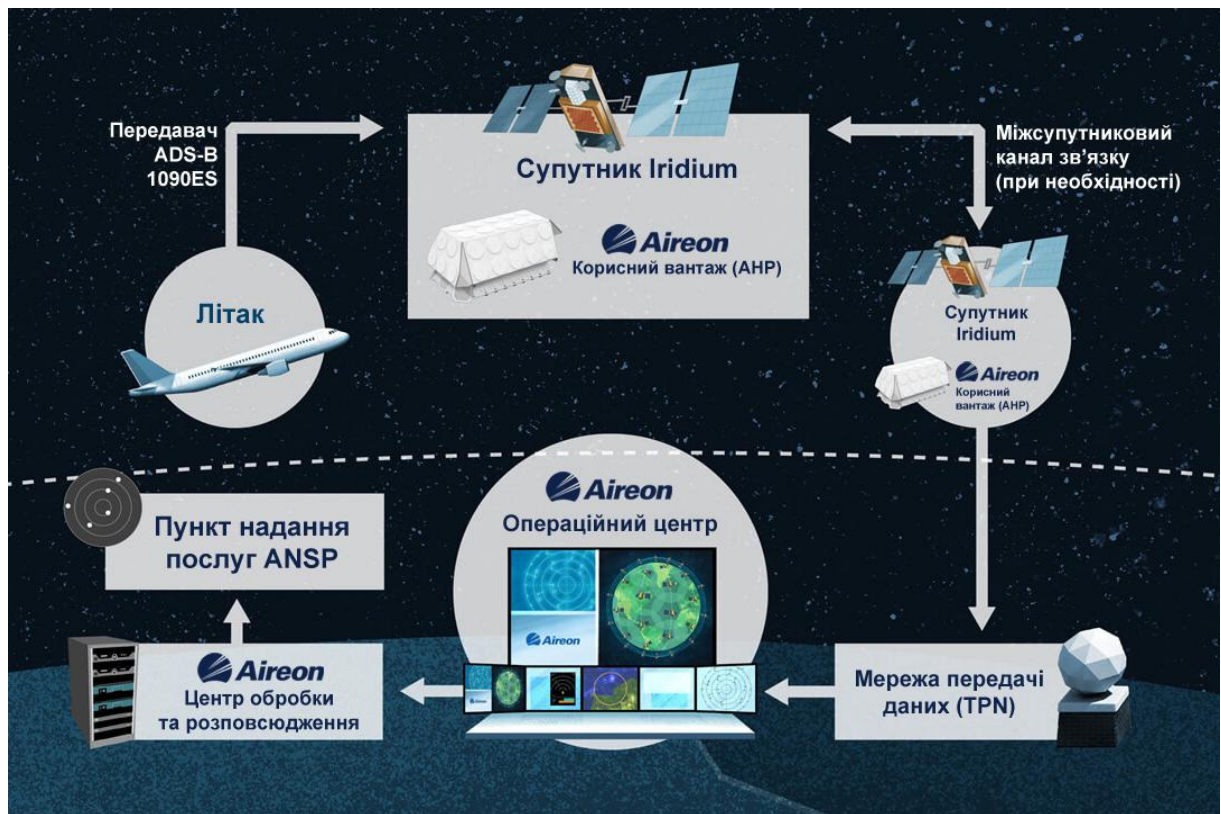


Рис. 1.3. Космічна система Aireon

На відміну від традиційних технологій спостереження за повітряним рухом, система ADS-B Aireon розширює спостереження за повітряним рухом над океанами, горами, віддаленими районами та полярними регіонами. Це обходить обмеження наземного нагляду за повітряним рухом, яке часто обмежується місцем розташування, вартістю та вимогами до енергії.

Наземні системи мають, за оцінками, 70 відсотків світового повітряного простору без будь-якого охоплення повітряного руху в режимі реального часу. Усуваючи ці глобальні сліпі зони, Космічна система ADS-B забезпечує

підвищену безпеку, точне розташування літаків, покращену реакцію пошуку та порятунку, зменшення грубих помилок навігації, покращення транскордонної безпеки та швидший зв'язок пілота/диспетчера. [8]

Космічна безпека ADS-B включає:

Покращена безпека повітряного простору шляхом забезпечення 100-відсоткового охоплення повітряним рухом у всіх секторах та за кордоном:

- Знижений ризик втрати даних/плану польоту завдяки постійному нагляду
- Підвищена ситуаційна обізнаність усередині/поза сектором
- Зменшене порушення сусідніх кордонів у неправильному місці/часі
- Усунення сліпих зон та радіолокаційного зшивання через межі сектору
- Раннє виявлення кодів аварійного транспондера
- Зменшена складність завдяки гармонізації робочого середовища

Скорочений час відгуку диспетчера на ненормальні ситуації

- Раннє виявлення потенційних грубих помилок навігації, що дозволяє диспетчеру втрутитися швидше та зменшує ризик інцидентів та можливу втрату поділу

- Збільшена здатність диспетчера допускати відхилення для складної погоди та турбулентності

- Увімкнення попередніх швидких декомпресійних спусків

Покращена реакція пошуку та порятунку над океанами, віддаленими районами та полярними областями

- Точне спостереження за повітряним рухом на основі GPS покращує здатність виконувати пошуково-рятувальні завдання з безпекою життя. Контролери мають більш точну інформацію про останню позицію літака, зменшуючи тим самим критичний проміжок часу, який займає пошук та порятунок.

Звіти про положення в реальному часі всіх літаків, обладнаних ADS-B, у будь-якій точці світу

- Розширити традиційне спостереження для оптимального покриття на менших висотах, океанічній та віддаленій місцевості

- Джерело надзвичайних ситуацій застарілого обладнання, що призводить до зменшення нагляду через технічне обслуговування, погоду та незаплановані випадки

Покращена відповідність нормативним актам

- Дострокове виконання вимог модернізації авіаційної системи ICAO та Глобального аеронавігаційного плану (GANP)

- Дотримання глобальних пропозицій ICAO щодо відстеження польотів, таких як Глобальна аеронавігаційна система лиха та безпеки (GADSS) для авіакомпаній

- Сприяння дотриманню вимогами ANSP надання послуг, що відповідають регуляторним правилам повітряного простору.

1.8. Перспективи спостереження за повітряним транспортом

Космічна система ADS-B, оминає обмежений діапазон традиційних радіолокаційних і наземних станцій ADS-B, забезпечуючи рішення для спостереження, необмежене місцем розташування та вартістю (Рис. 1.4.).

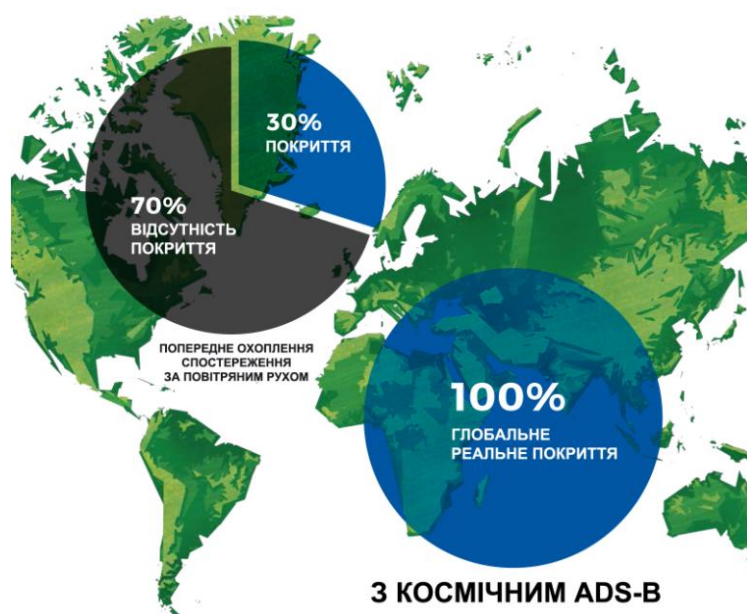


Рис. 1.4. Покриття космічного ADS-B

Трансформаційні досягнення у глобальному покритті ADS-B забезпечують ANSP, авіакомпаніям та зацікавленим сторонам аеропортів, переваги дешевого спостереження за повітряним рухом, а також порівнянню та навіть вищу точність, ніж традиційні наземні рішення.

Додавання нагляду за океанами та віддаленою місцевістю.

Космічне спостереження ADS-B за океанами та віддаленою місцевістю може призвести до суттєвої економії пального авіакомпанії, зменшивши поділ до 15 NM і забезпечивши підйом на оптимальну висоту, при цьому використовуючи існуючу авіаційну техніку, яка, за прогнозами, може заощадити авіакомпаніям понад 100 мільйонів доларів США на паливі в перший рік експлуатації лише в Північній Атлантиці.

Повне охоплення полярних регіонів призводить до більш ефективного використання повітряного простору та значно підвищує безпеку, усуваючи сліпі плями над значними частинами повітряного простору світу, які все частіше використовуються сучасними літаками великої дальності. Космічна система ADS-B, забезпечує авіакомпаніям гнучкість для оптимізації висот, подання більш прямих маршрутів, уникнення несприятливих погодних умов та відхилення від заявлених маршрутів.

Доповнення наземних систем спостереження.

Завдяки злиттю або збільшенню радіолокаційних станцій WAM або ADS-B з космічною системою ADS-B платформа ADS-B Aircon може підтримувати поділ 5 NM, дозволяючи використовувати більш ефективно поєднання технологій спостереження, одночасно позбавляючи потреби в довгостроковому проектуванні та монтажі у районах, де наземний ADS-B не є прийнятним.

Забезпечення нагляду за надзвичайними ситуаціями.

Космічна система ADS-B на базі Aircon служить як резервний рівень спостереження, щоб забезпечити надмірність, підвищити надійність, підвищити передбачуваність та зменшити загальний ефект від технічного обслуговування застарілої системи спостереження, перебої від відключення радіолокаційних станцій.

Покращення часу реагування на пошук та порятунок у всьому світі.

Космічна система ADS-B, забезпечує 100-відсоткове покриття при спостереженні за повітряним рухом літаків, обладнаних ADS-B, дозволяючи центрам координації аварійно-рятувальних служб отримувати точне місцезнаходження по GPS та дані відстеження в реальному часі для будь-якого літака, обладнаного ADS-B, сповіщенні при лиху або надзвичайної ситуації, коли судно летить за межами видимого діапазону існуючого нагляду.

Ставлення Aireon щодо безпеки.

Aireon сертифікований Агентством авіаційної безпеки Європейського Союзу (EASA) на надання послуг з нагляду за повітряним рухом (ATS) для підтримки розподілу рухів літаків. Це дає повноваження Aireon, на послуги, як першого в історії сертифікованого постачальника спостереження за повітряними суднами.

- Відповідність Регламенту ЄС 482/2008 - Впровадження програмного забезпечення системи безпеки з боку ATC, ATFM, ASM, CNS провайдери

- Процеси управління Aireon

- Операції Центр управління супутниковою мережею (SNOC)

- Операції обробки та розподілу Aireon (APD)

- Непередбачені ситуації та операції на місцях аварійного відновлення.

Усі переваги сертифікації EASA передаються клієнтам Aireon. Важливість захисту даних безпосередньо пов'язана з твердою прихильністю Aireon до забезпечення безпеки.

Aireon контролюється і управляється відповідно до найсуворіших політик і процесів, щоб гарантувати, що наші послуги і системи працюють максимально безпечним чином. Це включає відповідність вимогам Національного інституту стандартів та технологій (NIST) 800-53 / ISO 27000.

Від літака до клієнта і за його межами, дані Aireon зосереджені на управлінні якістю. Компанія Aireon впровадила процедури управління якістю у всій системі управління послугами та керується прагненням до постійного вдосконалення послуг, що надаються клієнтам. Це включає в себе відповідність

вимогам ED109/ISO 9000 Європейської організації по обладнанню цивільної авіації (EUROCAE). Ключовою відмінністю є те, що дані Aireon відповідають найжорсткішим стандартам АТС, використовуваним для служб розподілу, завдяки суворим вимогам до продуктивності, кібербезпеки та стійкості. Aireon - єдиний постачальник даних такого типу з повним джерелом даних.

Простіше кажучи, послуга Aireon забезпечує підвищену експлуатаційну безпеку для 100 відсотків літаків, обладнаних ADS-B, у режимі реального часу. Aireon помітив різке збільшення переваг безпеки завдяки операційним удосконаленням клієнтів, продемонстрованим за допомогою ключових показників, отриманих за допомогою даних, що підтримуються глобальними тестами.

Aireon дозволяє клієнтам планувати та літати більш оптимальними маршрутами, що зменшує споживання палива та створює споживчу вартість у вигляді нижчих цін. Завдяки Aireon процедурні маршрути - які вже давно стали вирішенням галузі для польоту через нерегульовані регіони - стануть минулим. В даний час операторам Північноатлантичного регіону, що використовують платформу Aireon, все частіше дозволяється літати по більш гнучким маршрутами для оптимізації траєкторії польоту.

Aireon приносить користь своїм клієнтам в глобальному масштабі. Aireon вже дозволив партнерам, таким як Airbus і FlightAware, доставляти дані диспетчерам повітряних суден і продовжує активно розширюватися. Крім того, галузь вже почала використовувати переваги глобальних комерційних продуктів Aireon - Global Beacon, Aireon ALERT - для створення більш прозорого, ефективного та безпечного глобального повітряного простору. У міру того, як росте і різширюється коло клієнтів, продовжує доводити, що система Aireon застосовна для вирішення безлічі завдань, у деяких з найбільших авіаційних компаній світу з'являється новий попит на впровадження інновацій за допомогою космічної платформи ADS-B.

1.9. Інноваційний підхід до АТМ

Міжнародна організація цивільної авіації, створило Глобальну систему аеронавігаційної безпеки (GADSS) в основному у відповідь на втрату рейсів AF447 і MH370. GADSS містить стандарти та рекомендовану практику (SARPs), які встановлюють, що очікують від авіакомпаній та диспетчерів повітряних суден для відстеження повітряних суден у звичайних умовах, а також у випадку, коли повітряне судно зазнає лиха.

Звичайні SARPs для відстеження повітряних суден застосовуються станом на листопад 2018 року та встановлює відповідальність авіаперевізника відстежувати його повітряні судна на всій території його роботи. Очікується, що оператори отримуватимуть позиції принаймні раз на 15 хвилин, коли служби повітряного руху не можуть цього зробити. [4]

GlobalBeacon - перший в своєму роді продукт від Aireon і FlightAware. GlobalBeacon - це готове рішення для відповідності вимогам Глобальної системи безпеки польотів під час лих (GADSS) Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO).

GlobalBeacon перевищує стандарти GADSS та рекомендовану практику та полегшує зв'язок між літаками та диспетчером із постійним моніторингом парку авіатранспорту, автоматизованими сигналами про лихо та інструментами, що полегшують обмін інформацією.

З листопада 2018 року, авіакомпанії та авіаційні оператори відстежують свій флот у будь-якій точці світу з частотою однієї позиції кожні 15 хвилин під час звичайних ситуацій. До 2023 року їм потрібно буде автоматично отримувати позиції раз на хвилину для літаків, які зазнають лиха.

Поєднуючи платформу обробки даних і веб-інтерфейс FlightAware з космічною мережею ADS-B Aireon, GlobalBeacon виходить за межі кордонів і зон польотної інформації (FIRs) і забезпечує 100% глобальне покриття, включаючи пустелі, полярний повітряний простір та океанічні регіони. Завдяки GlobalBeacon авіакомпанії і експлуатанти повітряних суден можуть перевершувати стандарти

GADSS і рекомендовані методи відстеження польотів. Літаки, обладнані транспондерами ADS-B OUT, відстежуються автоматично, їх місце розташування транслюється в режимі реального часу. Оскільки вихід ADS-B OUT 1090 МГц є обов'язковим у всьому світі, більшості літаків не потрібне додаткове обладнання для використання переваг GlobalBeacon.

Як працює GlobalBeacon?

GlobalBeacon - це веб-панель сповіщень, яка забезпечує 100-відсоткове глобальне відстеження літаків у реальному часі із щохвилинними оновленнями позицій як стандартною швидкістю звітування. GlobalBeacon поєднує космічні дані про місцезнаходження ADS-B на базі Aireon з веб-інтерфейсом FlightAware та загальною інформацією про рейс - включаючи походження, пункт призначення та передбачуваний час прибуття (ETA).

Він розроблений для роботи в поєднанні з існуючими процесами і інструментами, зазвичай використовуваними експлуатантами повітряних суден, що спрощує розгортання в авіакомпаніях будь-якого розміру. Використовуючи існуючу технологію ADS-B OUT, GlobalBeacon також має унікальну перевагу перед іншими потенційними рішеннями, оскільки не потребує будь-якого нового обладнання. [4]

GlobalBeacon - це готове рішення, яке дає авіакомпаніям і операторам повітряних суден впевненість в тому, що їх парк відстежується в будь-якій точці світу, і надає в режимі реального часу 4D-координати літаків та настроюють повідомлення для негайного сповіщення, коли літак терпить лихо.

- Інформація про 4D-положення розміщується зі стандартним інтервалом не менше одного разу на хвилину.

- 100% глобальне покриття для моніторингу літаків у будь-якій точці світу.

- Автоматично генерує журнали з 4D положеннями для літаків, які зазнали лиха або потенційного лиха.

- Не вимагає додаткової авіоніки або обладнання для літаків, обладнаних 1090 МГц ADS-B OUT та антеною, встановленою зверху.

- Працює разом із існуючими процесами та інструментами, які зазвичай використовуються операторами.

- Спрощує зв'язок між оператором та АТС за допомогою постійного моніторингу парку, автоматизованих сповіщень про лихо та інструментів, що полегшують обмін інформацією за потреби.

- Виходить за межі та зони польотної інформації (FIR), включаючи полярний повітряний простір.

- Простота розгортання та/або надання будь-якій третій стороні від імені диспетчера.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

Характер сучасного повітряного простору постійно змінюється, із введенням нових користувачів повітряного простору, такі як, дуже легкі літаки, безпілотні літальні апарати (БПЛА) і навіть комерційні космічні машини. Цей зростаючий попит вимагає постійного та узгодженого оновлення глобальної систем контролю за повітряним простором.

У 2000-х роках група розробників спроектувала унікальний прилад. У пристроя була проста, але важлива місія — він повинен відстежувати літаки під час польоту і запобігати їхньому зникненню. Специфічний прилад встановлювався на борт літака і дозволяв тримати літак в поле зору земних радарів, де б він не знаходився. Пристрій одержав назву ADS-B і це спровокувало справжню революцію в світі авіаперельотів.

Перехід на технологію відстеження повітряних суден за технологією ADS-B є першим великим досягненням в області догляду за літаками, з часів винаходу радіолокаторів в 30-х роках. Наземні станції ADS-B покращують якість і точність стеження за польотами, але, як і радари, ще недавно вони були обмежені в своїй здатності контролювати повітряні судна над поверхнею Землі, покритою водою. Завдяки зв'язку з супутниками тепер є можливість стежити за літаками, які знаходяться над океаном. На відміну від наземного радара, ADS-B використовує супутникову технологію GPS для обчислення точного місцезнаходження, швидкості та напрямку літака і передає цю інформацію наземним приймачам ADS-B.

Поєднання надзвичайно точної інформації про місцезнаходження та швидкість, що передається в режимі реального часу, дозволяє ADS-B значно покращити ситуаційну обізнаність та забезпечити підвищення ефективності, потужності та безпеки як у національному, так і в міжнародному повітряному просторі.

РОЗДІЛ 2

СУПУТНИКОВА СИСТЕМА IRIDIUM-NEXT

Iridium-NEXT - це низькоорбітальна супутникова система зв'язку, яка управляється компанією Iridium Communications Inc., в якості глобальної системи зв'язку другого покоління для супутникових викликів і передачі даних. Складається з 66 активних супутників на орбіті, Iridium-NEXT забезпечує повне глобальне покриття цілодобово та без вихідних, а також, завдяки унікальному державно-приватному партнерству - пропонує безпрецедентний доступ до даних спостереження Землі за допомогою розміщених на кожному з космічних апаратів угруповання корисного вантажу (АНР).

Iridium, являє собою, постачальника послуг мобільного супутникового зв'язку, що пропонує в усьому світі передачу голосу та даних через супутникові телефони та інші трансиверні пристрої із справді глобальним покриттям, включаючи полярні області та величезні океани.

Сузір'я Iridium було задумано наприкінці 1980-х для поліпшення зв'язку у високих широтах Землі, де послуги від геостаціонарних супутників можуть бути недоступні через їх низьке розташування на небі. Ранні розрахунки показали, що для досягнення повного глобального покриття буде потрібно 77 супутників, і проект був названий Iridium через метал з атомним номером 77 (з 77 електронами, що кружляють навколо ядра, який є представником сузір'я навколо Землі). [10]

2.1. Сузір'я IRIDIUM

Основою технології Aireon є сузір'я супутників Iridium, що забезпечує нові захоплюючі інновації та можливості, забезпечуючи при цьому високу продуктивність та надійність у майбутньому. Iridium розміщує спеціально розроблені приймачі ADS-B на кожному зі своїх 66 супутників низької

навколоземної орбіти (Iridium Low-Earth Orbit (LEO)) з малою затримкою, що робить його унікальним рішенням для задоволення технічних вимог глобального спостереження та відстеження повітряного руху.

Низька затримка передачі від супутника Iridium, відбувається завдяки об'єднанню 66 поперечно-зв'язаних LEO супутників – плюс дев'ять орбітальних запасних супутників і додаткові шість наземних запасних супутників – обертаються по орбіті приблизно в 485 милях над землею, при цьому кожен супутник пов'язаний з чотирма іншими супутниками, створюючи динамічну сітчасту мережу.

Супутники LEO обертаються на орбіті над землею, на висоті, яка дозволяє приймати сигнали літака в космосі без будь-якого додаткового обладнання або змін до існуючої авіаційної авіації. Кожен супутник Iridium пов'язаний з чотирма іншими - двома в одній орбітальній площині і по одному в кожній сусідній площині, створюючи динамічну сітчасту мережу, яка спрямовує трафік між супутниками для забезпечення безперервного з'єднання в будь-якій точці планети. Ця унікальна конфігурація дозволить службам, які використовують мережу Iridium, як і раніше не постраждати від стихійних лих, включаючи урагани, цунамі і землетрусу, які можуть завдати шкоди наземної інфраструктури.

Завдяки своїй орбітальній поперечно-зв'язаній конфігурації Iridium - єдине сузір'я із супутником, що має можливість і охоплення на 100 відсотків глобального спостереження за повітряним рухом, включаючи океанічні та полярні регіони, без необхідності наземних станцій. Міжсупутникові лінії зв'язку дозволяють отримувати інформацію в режимі реального часу до АТС для підтримки служб роботи літаків. Жодна інша система, існуюча чи запланована, не дає такої можливості зацікавленим сторонам авіації (Рис. 2.1.). [3]

У партнерстві з NAV CANADA, Enav, NATS, Авіаційним управлінням Ірландії, Naviair, а також Iridium Communications, Aireon забезпечує передачу даних ADS-B у реальному часі на платформи автоматизації управління

повітряним рухом (ATM) та диспетчерам повітряного руху в кожному Flight Information Region (FIR) на планеті.

Космічна мережа приймачів ADS-B, передає сигнали від усіх літаків, обладнаних системою ADS-B, диспетчерам у всьому світі, дозволяючи здійснювати глобальний нагляд за повітряним рухом незалежно від місця розташування, не вимагаючи додаткової інфраструктури ANSP або обладнання авіакомпанії.

Глобальне космічне спостереження за повітряним рухом ADS-B, поширює в космосі, ту саму технологію ADS-B, яку зараз отримують на наземних приймачах. Високопродуктивний корисний вантаж Aireon (АНР), розміщений в сузір'ї Iridium LEO, приймає повідомлення ADS-B літака з точним рівнем точності та безпеки, далі передають їх АТС в режимі реального часу. Завдяки значному перекриттю і надмірності, створеним в сузір'ї Iridium, система Aireon забезпечує безпеку життєдіяльності для авіаційної галузі.



Рис. 2.1. Глобальне покриття Iridium-NEXT

Розвитком космічної системи Iridium, і терміналів клієнтів, займалася Motorola, а компанія Lockheed Martin підняла будівництво супутників. Перші п'ять супутників "Iridium", запущені в травні 1997 року, а повне сузір'я з 66 діючих космічних апаратів та шести запасних супутників були створені в середині травня 1998 року, служби почали діяти 1 листопада 1998 року.

Менш ніж через рік після того, як послуги компанії були запуснені, Iridium SSC довелося подати заяву про банкрутство через поєднання початкових витрат на розгортання системи і труднощів із залученням клієнтів через вартість послуг, проблем з прийомом і безгосподарного управління. Після того, як компанія збанкрутувала, цінний актив - 66 активних супутників, які оберталися навколо Землі, був виставлений на продаж, і приватна група інвесторів придбала сузір'я менш ніж за 50 мільйонів доларів, і в 2001 році послуги були відновлені під керуванням Iridium Satellite LLC.

До червня 2002 року було запуснено сім нових запасних супутників, і бізнес почав зростати з залученням користувачів з різних секторів, включаючи морський транспорт, авіацію, уряд, різні галузі, мандрівників навколо світу та дослідників. Також існували космічні програми для Iridium у формі експериментів по міжсупутниковому з'єднанню з використанням невеликих супутників, реєстратор розриву повторного входу, встановлений на різних космічних апаратах, які повертаються, також використовує Iridium для відправки даних своїм операторам (Рис.2.2.).

У вересні 2009 року компанія об'єдналася з GHQ, компанією спеціального призначення, і утворила Iridium Communications, Inc. На той момент сузір'я супутників було без запасних супутників на деяких своїх орбітах, а супутники були переміщені між площинами для максимального покриття. Станом на середину 2016 року в робочому стані знаходилося тільки 64 супутника, що призводило до перебоїв в обслуговуванні в екваторіальному регіоні, де зони покриття супутників найбільш розподілені з дуже невеликим перекриттям між супутниками. [10]

План поповнення сузір'я Iridium був оголошений в 2007 році, щоб забезпечити безперервність існуючої архітектури, але збільшити пропускну спроможність, підтримувати більш високі швидкості передачі даних та запровадити нові послуги, водночас будучи більш економічно ефективним, коли справа стосується технічного обслуговування та стандартних операцій. Iridium-NEXT також є першим комерційним сузір'ям, що доступне для розміщення

корисних вантажів, щоб забезпечити унікальні можливості щоб задовольнити вимоги спостереження Землі, які не можуть бути реалізовані в рамках окремого проекту.

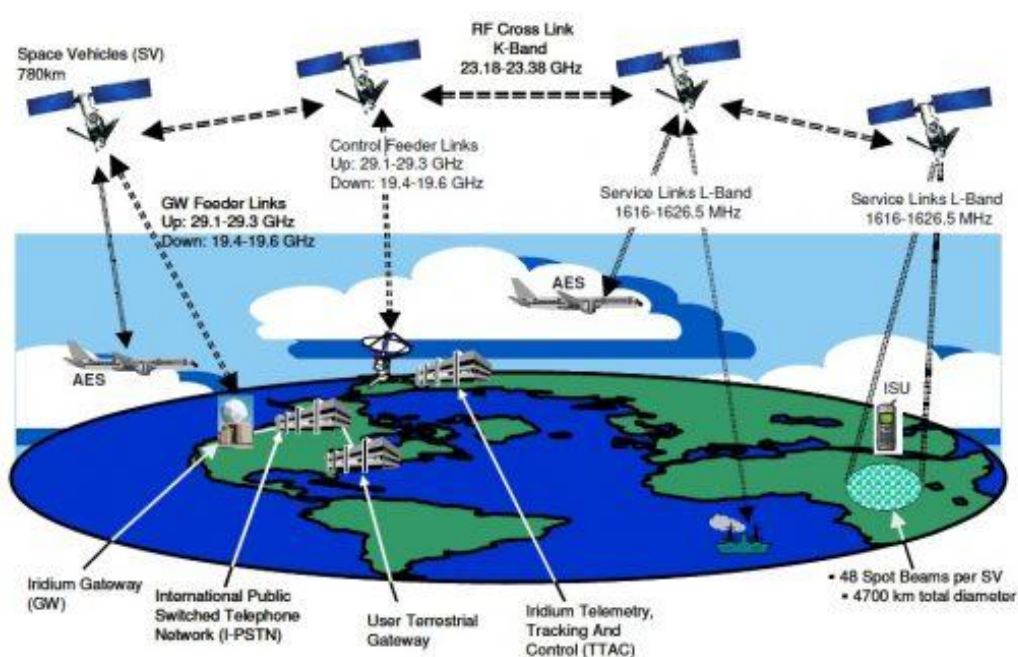


Рис. 2.2. Сузір'я супутників Iridium

Прогнозований термін експлуатації супутників Iridium-NEXT становить щонайменше 15 років, гарантуючи, що служби будуть продовжені до 2030 року та пізніше із зменшенням ризику відмови сузір'я, шляхом розміщення шести запасних супутників на орбіті, крім 66 активних супутників сузір'я, та підтримання дев'яти запасних супутників на землі, щоб запускати, коли потрібні нові.

Космічним апарат побудований Thales Alenia та зібраний Orbital ATK, первинні супутники сузір'я Iridium-NEXT запустили на верхівці семи ракет SpaceX Falcon 9, піднявшись з стартового комплексу 4E на авіабазі Ванденберг, щоб досягти бажаної орбіти 86,4 градуса, де буде створено шість орбіт, кожна з яких має 11 супутників. Thales Alenia була обрана замість Lockheed Martin в ході останнього етапу оглядів закупівель і отримала контракт на 2,1 мільярда доларів

в 2010 році з додатковими 800 мільйонами доларів, виділеними на послуги із запуску і модернізацію наземної системи. [10]

Супутники Iridium-NEXT підключаються до мобільних терміналів та терміналів Iridium OpenPort через L-діапазон зі швидкістю передачі даних до 128 Кбіт/с та 1,5 Мбіт/с відповідно, тоді як високошвидкісна послуга Ka-Band до 8 Мбіт/с буде доступні для великих стаціонарних та транспортабельних терміналів. Потім кожен супутник підключається до чотирьох членів сузір'я за допомогою міжсупутникового зв'язку Ka-Band - два сусідні супутники спереду і ззаду в межах однієї орбітальної площини та по два супутники в сусідніх площинах з обох сторін для комутації інформації до місця призначення.

Програма по розміщенню корисного вантажу на супутниках Iridium-NEXT забезпечує неперевершену можливість для місій спостереження за Землею, спрямованих на глобальне покриття та швидкий час перегляду.

Розміщення на супутнику корисного вантажу обходиться в кілька разів менше витрат на проектування, будівництво і запуск спеціальних космічних платформ, які в багатьох випадках відповідають за проекти, що не виходять за рамки креслень.

2.2. Огляд космічного корабля

Супутники Iridium-NEXT базуються на супутниковій платформі ELiTeBus-1000 (Extended LifeTime Bus) компанії Thales Alenia, кожен із яких важить 860 кілограмів при розмірі 3,1 на 2,4 на 1,5 метра у своїй робочій конфігурації. ELiTeBus використовується для супутників зв'язку другого покоління Globalstar та Інтернет-супутників O3b, які обслуговують, з екваторіальної орбіти, країни, що розвиваються.

Супутники Iridium-NEXT були розроблені на термін експлуатації 12,5 років з метою розтягування на 15 років, маючи достатньо палива, для підтримки розширеної місії (Рис. 2.3.).

ELiTeBus пропонує перевірене в польотах рішення з великим досвідом польоту в усіх основних компонентах системи. Маса платформи становить близько 450 кілограмів і може витримати корисне навантаження 300 кг і більше. Супутникова шина має трапецієподібну форму та складається з жорстких алюмінієвих стільникових панелей, які створюють структурну основу супутника і підтримують усі компоненти підсистеми .



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд супутника Iridium

Шина космічного корабля забезпечує всі необхідні ресурси для корисного вантажу, включаючи стабільність наведення, рухову здатність, стабільне електроживлення і з'єднання для передачі даних. Системи корисного навантаження розміщуються на спрямованій на Землю панелі розміром 3 на 1,5 метра, як правило, в орієнтації на надир під час номінальних фаз польоту.

Супутник має дві розгорнуті двосегментні сонячні решітки, для виробництва електроенергії за допомогою сонячних елементів з арсеніду галію, спеціальна електроніка використовується для розподілу енергії на Li-Ion акумулятори для накопичення енергії. Сонячні решітки здатні до автоматичного відстеження сонця щоб збільшити експозицію і оптимізувати вироблення електроенергії під час освітленої сонцем ділянки орбіти. Електрична система

забезпечує середню потужність 2200 Вт, використовуючи 28-вольтову силову шину для розподілу між різними навантаженнями на супутнику (Рис. 2.4., 2.5.).

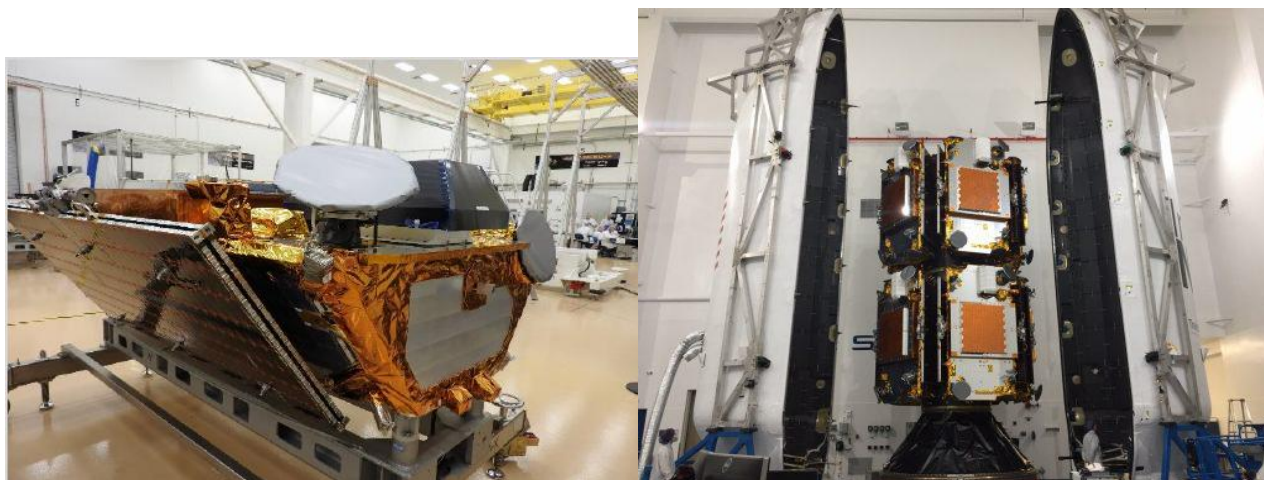


Рис. 2.4. Зібраний стек корисного вантажу Iridium-NEXT



Рис. 2.5. Зібраний стек корисного вантажу Iridium-NEXT

Супутникова платформа стабілізована по трьох осях з можливістю точного наведення з використанням даних про місцезнаходження, що надаються Star

Trackers, датчиками Землі та Сонця і інерціальним вимірювальним блоком. Пристрій GPS надає інформацію про положення на орбіті, щоб можна було розрахувати геометрію польоту над різними наземними терміналами.

Основною системою визначення положення супутників Iridium-NEXT є система відстеження зірок AA-STR Star Tracker, надана Selex Galileo. Star Tracker працює, збираючи зображення зоряного неба і обробляючи їх за допомогою каталогу відомих зіркових сузір'їв, щоб обчислити точну тривісну орієнтацію в просторі. AA-STR - це автономна система стеження за зірками, яка означає, що вся обробка завершується в збірці зоряного трекера, і система доставляє повні кватерніони орієнтації на комп'ютер космічного корабля, щоб потім обробити їх, як частину алгоритму визначення орієнтації.

Кожен AA-STR Star Tracker важить 2,6 Кг і має розмір 16x16x35 сантиметрів з полем зору 20x20 градусів. Зоряний трекер може відстежувати до 15 зірок одночасно і може витримувати швидкість тіла до двох градусів в секунду - для цього потрібно, щоб супутник був перекинутий за допомогою блоку інерційних вимірювань і виконавчих механізмів орієнтації, перш ніж STR зможе отримати дані. [10]

Стабілізація і приведення в дію положення досягається за допомогою комбінації опорних коліс та тяги крутного моменту для управління імпульсом.

Базова комплектація ELiTeBus містить гідравлічну силову установку на гідразині з паливним навантаженням 141 кілограм, що живить вісім двигунів потужністю 1 Ньютон для коригування орбіти і підтримки сузір'я, а також допомоги в управлінні орієнтацією в безпечних режимах.

Шина ELiTeBus обладнана бортовим комп'ютером на базі мікропроцесора LEON3, який широко використовується в космічних програмах. Система ОВС забезпечує управління всіма підсистемами супутникової платформи і командує операціями з корисним вантажем. На борту супутника використовується шина даних 1553В, яка з'єднує всі системи з комп'ютером, а також взаємодіє з системою зв'язку платформи.

Серцем терміналу зв'язку Iridium-NEXT є антена з фазовою решіткою L-діапазону, яка встановлена на оберненої до Землі панелі супутника і генерує 48 передавальних/приймальних променів для зв'язку з користувацькими терміналами. Зв'язок з користувачами здійснюється в дуплексному режимі з часовим поділом (TDD), яка відокремлює висхідний канал від низхідного, шляхом виділення різних часових інтервалів в одній і тій же смузі частот - корисна функція, оскільки вона дозволяє динамічно регулювати часові інтервали в залежності від поточного попиту на висхідну/низхідну лінію зв'язку (Рис. 2.6).



Рис. 2.6. Розміщення елементів на супутнику

Фазова решітчаста антена створює на Землі зону охоплення 4700 кілометрів з діаграмою стільникового зв'язку, звідки можливий зв'язок з конкретним супутником. Кожна антена складається з спеціального блоку управління антеною всередині корпусу космічного корабля, мережі формування діаграми спрямованості і 168 модулів передачі та прийому. Корисне навантаження на комунікації значною мірою базується на програмі, яка

визначається технологією, щоб забезпечити максимальну гнучкість при реагуванні на мінливі потреби і підтримки різних послуг. [10]

Канал між супутником Iridium і користувачем зазвичай працює зі швидкістю передачі даних 2,4 кбіт/с для голосового зв'язку, до 64 кбіт/с для послуг передачі даних з телефону в L-діапазоні і даних коротких пакетів і від 512 кбіт/с до 1,5 Мбіт/с при використанні Iridium OpenPort. Термінал обслуговує клієнтів, яким потрібно більше даних. Канали висхідній і низхідній лінії L-діапазону працюють в діапазоні від 1616 до 1626,5 МГц.

На додаток до цих сервісів L-діапазону, супутники NEXТ покоління підтримують портативні і мобільні сервіси Ka-діапазону, що досягають швидкості передачі даних до 8 Мбіт/с.

Кожен супутник Iridium-NEXТ оснащений двома керованими фідерними лініями 20/30 ГГц (висхідна/низхідна лінія зв'язку), що з'єднують супутник з наземним шлюзом, і чотири перехресними лініями від 23,18 до 23,38 ГГц для з'єднання кожного супутника з сусідніми космічними апаратами спереду і ззаду в одній орбітальній площині, і два супутника в сусідніх площинах для маршрутизації даних у відповідні пункти призначення. Перехресний зв'язок здійснюється зі швидкістю передачі даних 12,5 Мбіт/с, напівдуплексний і реалізується через дві фіксовані антени для ретрансляції в площині і керовані антени, щоб залишатися заблокованими на супутниках в сусідніх площинах. Телеметрія і управління супутниками відбувається по каналам зв'язку 20/30 ГГц за допомогою універсальних антен на супутнику, які працюють у всіх орієнтаціях космічних апаратів.

2.3. Конструкція орбіти

Сузір'я Iridium-NEXТ за своєю архітектурою ідентичне оригінальній системі з 66 активними супутниками в шести орбітальних площинах, що обертаються по кругових орбітах на висоті 780 кілометрів і з нахилом 86,4

градуса, що дозволяє забезпечити глобальне покриття. Орбітальний період становить 100,5 хвилин.

Сузір'я створене для забезпечення достатнього перекриття між окремими супутниками для забезпечення повного глобального покриття в будь-який час доби (Рис. 2.7.). Природно, найбільше перекриття спостерігається в полярних регіонах, і при проходженні через екватор супутники знаходяться надалі один від одного. За винятком площин 1 і 6, орбітальні площині обертаються разом з інтервалом 31,6 градуса. Перший і останній рознесені на 22° і утворюють шов, в якому супутники обертаються в протилежних напрямках. Всі сузір'я здатні підтримувати 3168 точкових променів зв'язку, однак для глобального покриття потрібно тільки 2150 одночасних променів .

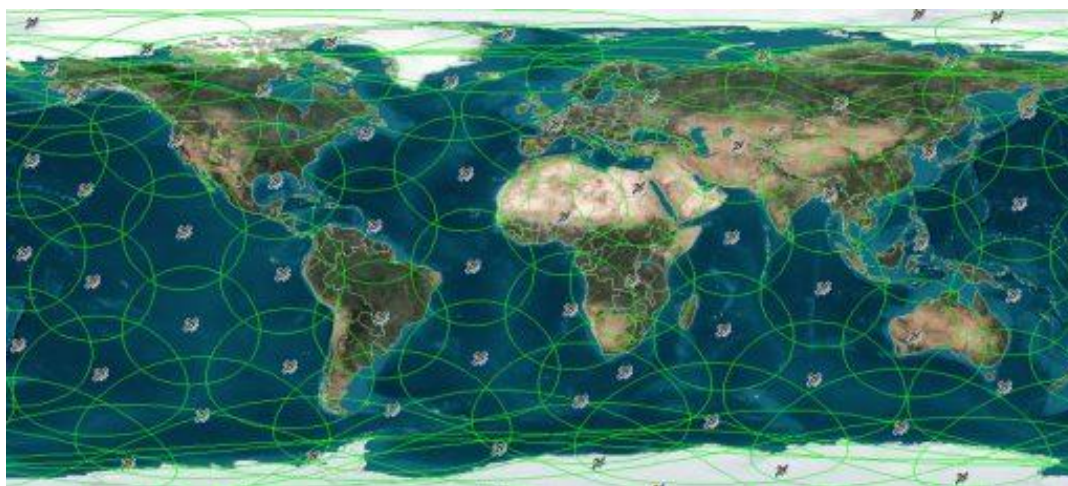


Рис. 2.7. Покриття супутників

Зазвичай супутники контролюють свою орбітальну висоту з точністю до десяти метрів, щоб зберегти своє точне положення в сузір'ї. Похибки визначення місця розташування не можуть перевищувати 15 кілометрів, а типові знання місця положення для кожного супутника перевищують 2,2 кілометра.

2.4. Розміщення корисного вантажу

Сузір'я Iridium-NEXT є першою комерційною супутниковою системою, що пропонує місця для кожного члена сузір'я для розміщення корисного вантажу в рамках угоди про державно-приватне партнерство, це дозволяє створити велику інфраструктуру для моніторингу Землі з мінімальними витратами. Кожен супутник може вмістити розміщений корисний вантаж в 54 кілограми, пропонуючи габарити розміром 30x40x70 сантиметрів і середнім джерелом живлення 90 Вт (пікова потужність 200 Вт), а також можливість передачі даних через основний космічний корабель зі швидкістю до 1 Мбіт/с).

Програма "корисного вантажу", що розміщується в Iridium, була розроблена для різноманітних датчиків, таких як атмосферні монітори, висотоміри для моніторингу морської поверхні, хвиль та льоду, радіометри для глобального вимірювання радіаційного балансу Землі, мультиспектральні формувачі зображень для моніторингу навколишнього середовища, системи виявлення пожежі, датчики для спостереження за векторами руху полярних льодів або хмар (Рис. 2.8.).

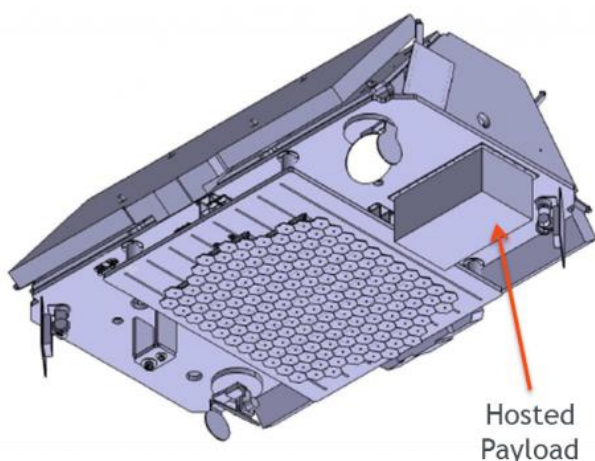


Рис. 2.8. Розміщення корисні вантажу Airleon

Дані з розміщених корисних вантажів стають доступні операторам майже в реальному часі, переміщаючись по глобальній мережі міжспутникових каналів зв'язку, перш ніж надійти до наземного шлюзу, звідки дані передаються операторам приладів через наземні мережі, такі як Інтернет. [10]

Щоб реалізувати максимум можливостей для операторів розміщеного корисного навантаження, Iridium розробив концепцію SensorPOD - виділення віртуальних контейнерів з певними розмірами, щоб зробити доступним простір для невеликих корисних вантажів та наборів корисного вантажу. Обсяги корисного вантажу на супутниках доступні в напрямку, спрямованому на Землю.

2.5. Глобальний ADS-B

Через своє спільне підприємство Aireon LLC Iridium розміщує приймачі ADS-B на всіх супутниках сузір'я Iridium-NEXT, щоб створити глобальну можливість спостереження за повітряними судами в режимі реального часу для ANSP за допомогою сигналів автоматичного залежного спостереження і ширококомовної передачі, що відправляються через кожен комерційний літак.

ADS-B представляє періодичні передачі даних за допомогою транспондера літака в режимі S на частоті 1090 МГц, що містить ідентифікатор повітряного судна, його місце розташування, висоту та напрямок. Ці сигнали використовуються органами управління повітряним рухом для районів, в яких присутня наземна приймальня апаратура, але, з огляду на малий діапазон сигналів ADS-B, вони не корисні для наземних районів з поганою інфраструктурою, а океанічний покрив дуже обмежений.

Тим не менш, ADS-B став важливою частиною управління повітряним рухом, оскільки він використовується так само, як інформація, що надається радаром. ADS-B стане найближчим часом обов'язковим для всіх літаків, і існує велике бажання остаточно відмовитись від традиційних радарів і повністю поклатися на ADS-B, оскільки приймачі набагато простіші в обслуговуванні.

Попередні приймачі ADS-B, що перебувають у космосі, показали, що сигнали можуть без проблем прийматися на низькоорбітальні космічні апарати, відкриваючи шлях для оперативного застосування системи для реалізації можливостей глобального авіаційного моніторингу, усуваючи прогалини в наземних радарх і радіопокритті, що вважається надзвичайно важливим після таких інцидентів, як рейс MH370 (Рис. 2.9.).

Компанія Aireon LLC, штаб-квартира якої знаходиться в місті Маклін, штат Вірджинія, є спільним підприємством між операторами супутникової мережі Iridium та NAV CANADA за підтримки Американської федеральної авіаційної адміністрації (FAA) та компанії Harris Corporation як постачальника обладнання. Основна мета Aireon - скористатися перевагами глобальної системи сузір'я Iridium-NEXT для збору даних аеронавігаційного спостереження по всьому світу, та доставки їх у режимі реального часу постачальникам аеронавігаційних служб по всьому світу, а також клієнтам комерційних авіакомпаній, які бажають обладнати судна системою ADS-B. [10]

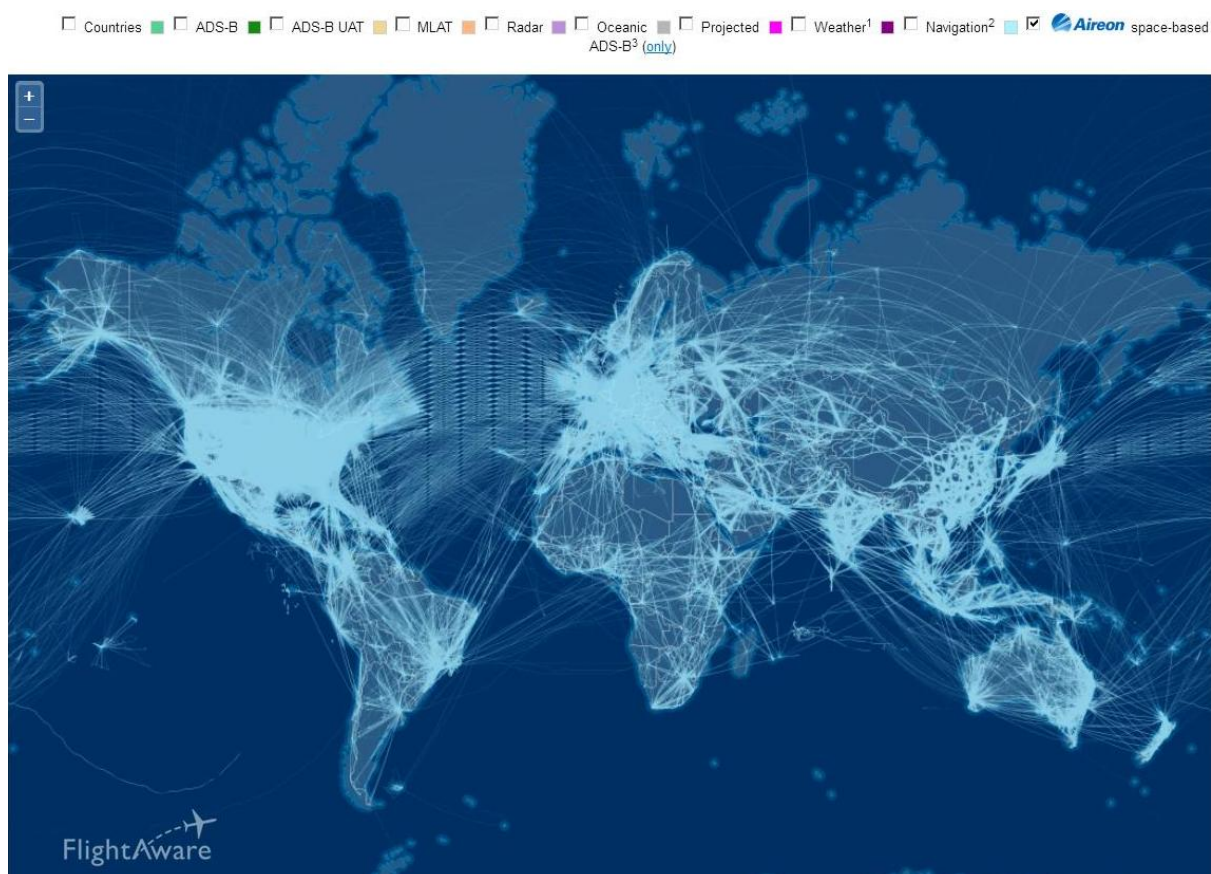


Рис. 2.9. Спостереження космічного ADS-B

ADS-B, після повної інтеграції в операційну систему управління повітряним рухом, внесе ряд поліпшень в повітряний рух для підвищення ефективності, пропонуючи повітряним судам більш гнучкі маршрути через повітряний простір і економлячи паливо, що можливо, зменшить вимоги до проміжків для контролю руху. ADS-B щомиті забезпечує точні записи місцеположення для органів управління повітряним рухом, дозволяючи зменшити до мінімуму ешелонування, що в свою чергу дозволяє більшій кількості літаків слідувати по найбільш ефективній траєкторії польоту.

Корпорація Harris побудувала 81 приймач ADS-B 1090 з розширеним сквіттером для супутників Iridium NEXT - компактну та малопотужну прийомну електроніку, що займає лише невеликий обсяг у розміщених на супутнику приміщеннях для корисного вантажу. Система відстежує більше 10000 літаків в будь-який момент часу і доставляє дані в центри управління повітряним рухом з затримкою менше 1,5 секунд і частотою оновлення менш восьми секунд.

2.6. Глобальна AIS

На додаток до глобального стеження за літаками, сузір'я Iridium-NEXT також чудово підходить для відстеження кораблів у глобальному масштабі за допомогою системи автоматичної ідентифікації, яка впродовж останніх років також була впроваджена в космічних місіях.

Система автоматичної ідентифікації використовується морськими суднами, які відправляють і отримують повідомлення в діапазоні УКХ-хвиль, які містять інформацію про ідентифікацію, місцезнаходження, курс та швидкість, що дозволяє відстежувати рух суден та запобігати зіткненням, а також попереджати про раптові зміни швидкості (Рис. 2.10.).

Ці сигнали можуть передаватися від судна до судна та від судна до берега, щоб забезпечити моніторинг локальної зони, але розгортання космічних терміналів AIS дозволяє забезпечити широке охоплення і ретрансляцію даних на наземні станції для моніторингу великих морських територій. Однак, через велику площу супутників, перекриття та колізії сигналів стають проблемою, особливо для часто використовуваних маршрутів руху, що вимагає складної приймальної електроніки, щоб відокремити сигнали, які потенційно перекриваються.



Рис. 2.10. Відстеження суден за допомогою Iridium-NEXT

Системою AIS, розгорнутою на сузір'ї Iridium-NEXT, керують Harris Corp. та exactEarth Ltd., які увійшли до стратегічного альянсу, скориставшись знаннями про розміщення корисного вантажу та радіосистем від Harris, та запатентованою технологією виявлення зіткнень сигналів для глобального відстеження AIS від компанії exactEarth.

Термінали AIS, розгорнуті на Iridium-NEXT, вперше забезпечать постійне покриття в режимі реального часу, та в глобальному масштабі, що дозволить клієнтам надійно відстежувати розташування суден. Термінал AIS заснований на

технології реконфігуруваного корисного вантажу AppSTAR компанії Harris, і доставляє дані AIS клієнтам із затримкою менше однієї хвилини, використовуючи перевагами міжсупутникової мережі Iridium для маршрутизації даних до центрального шлюзу, звідки наземні мережі використовуються для розподілу передачі даних.

GEOScan - науковий фонд GEO з космосу.

GEOScan - це невеликий набір датчиків, встановлений на сузір'ї Iridium-NEXT для отримання даних для моніторингу навколишнього середовища та кліматичних досліджень за допомогою різноманітних датчиків (Рис. 2.11.). У цьому проекті використовується унікальна можливість, яка надається Iridium один раз у покоління, і використовує глобальне сузір'я датчиків, які збирають дані, щоб отримати користь великому колу наукової спільноти, що працює в галузі науки про Землю та космос.

Розміщені корисні вантажі на сузір'ї Iridium-NEXT можуть скористатися перевагами цього сузір'я, щоб отримати революційні, масові, щільні глобальні геологічні спостереження та вирішити проблеми, які вимагають одночасних багатоточкових спостережень по всій земній кулі.

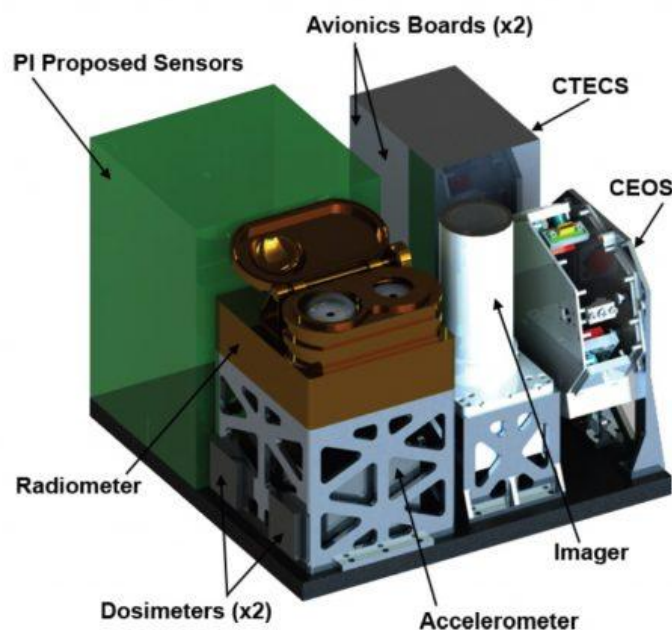


Рис. 2.11. Датчики проекту GEOScan

GEOScan був запропонований консорціумом з більш ніж 100 вчених та науковців-добровольців на чолі з Університетом Джона Хопкінса/Лабораторією прикладної фізики. Наукові можливості, відкриті Iridium, були унікальні тим, що можна було досягти справді глобального охоплення, а витрати можна було зменшити, оскільки датчики могли базуватися на готових компонентах, а величезні зусилля зі збирання інформації з датчиків могли бути усунені за допомогою використання існуючої інфраструктури Iridium.

Майбутнє геології, згідно нинішнього консенсусу серед вчених, полягає у глобальному та постійному висвітленні ключових вимірювань - дивлячись на Землю як цілісну інтерактивну систему, замість збору окремих спостережень за природними явищами.

Конкретними цілями GEOScan є вимірювання вихідного інфрачервоного випромінювання Землі в глобальному масштабі з часовою та просторовою роздільною здатністю, необхідною для вивчення взаємозв'язку між випромінюванням Землі, та явищами, які швидко розвиваються, такими як хмари, пилові бурі та вулканічна активність, а також, їх ефектом на довгостроковий клімат. GEOScan вимірює глобальні зміни, для виявлення тенденцій водного кругообігу, кріосфери та клімату Землі. Космічний датчик відповідає за вимірювання радіаційних поясів Землі з безпрецедентним покриттям, щоб надати нові уявлення про масштабні глобальні процеси, які керують явищами космічної погоди. [10]

Пакет приладів GEOScan складається з шести приладів:

- 1) компактний радіометр для вимірювання загальної вихідної радіації Землі
- 2) компактний датчик загального вмісту електронів GPS для моніторингу плазмового середовища Землі та гравітаційних явищ
- 3) мультиспектральний знімач MicroCam для отримання миттєвих зображень Землі, моніторингу хмарного покриву, рослинності, землекористування та полярних явищ

4) радіаційна система дозиметра для вимірювання розподілу енергійних електронів і протонів

5) компактний спостережний спектрометр для вимірювання атмосферних властивостей та моніторингу рослинності

6) Акселерометри MEMS для виведення неконсервативних сил, що сприяють вимірюванню сили тяжіння та оцінці нейтральних систем опору.

Система GEOScan була розроблена таким чином, щоб мінімізувати витрати і бути простий в масовому виробництві, оскільки в угрупованні Iridium розгорнуто понад 60 пристроїв. Пристрій GEOScan порівняно компактний, його розміри складають всього 20 x 20 x 14 сантиметрів, а вага - 5 кілограмів. Він вимагає середньої потужності 5 Вт (пікова 10 Вт) і генерує дані зі швидкістю від 10 кбіт / с (в середньому) до 100 кбіт / с (в піку).

Компактні датчики заряджених частинок (СТЕCS) використовують вимірювання затемнення GPS, для отримання даних про стан плазмосфери і іоносфери Землі, у вигляді заряджених частинок, профілів електронної щільності та вимірювання іоносферних мерехтінь. 66 детекторних систем GEOScan забезпечують безпрецедентну, безперервну глобальну зйомку, вперше виявляючи часовий та просторовий розвиток іоносфери/плазмасфери з висоти від 80 до 20 000 кілометрів. Загалом, система забезпечує тимчасовий дозвіл в п'ять хвилин на висоті 10 кілометрів.

Як правило, СТЕCS контролює від 10 до 15 сигналів із сузір'я GPS протягом 15 одночасних вимірювань заряджених частинок. Отримання даних з усіх супутників дозволяє отримувати повне томографічне зображення плазмосфери у будь-який час доби, відкриваючи абсолютно новий спосіб прогнозування явищ космічної погоди. Всі сузір'я бачить близько 1000 затемнень GPS за 5-хвилинний період, що в поєднанні з понад 4000 наземними ділянками можуть дати іоносферні карти з горизонтальною роздільною здатністю, що перевищує 100 кілометрів.

Крім того, STECS може сприяти науці про гравітацію, коли його дані поєднуються з допоміжними даними, такими як інформація про траєкторії супутника, та дані акселерометра, що показують негравітаційні впливи. По суті, положення та швидкості, виміряні за допомогою GPS, можна диференціювати, щоб виявити прискорення, спричинені гравітаційними особливостями на Землі, які при належному калібруванні можуть виявити динамічні процеси масового переміщення, які відбуваються на поверхні Землі та в атмосфері.

Датчик STECS - це GPS-приймач, оптимізований для вимірювання заряджених частинок, визначення висотних профілів електронної щільності та вимірювання затемнення іоносфери. STECS відстежує сигнали GPS L1 та L2, коли Земля рухається між лінією зору між датчиком та супутником GPS, щоб отримати вертикальні профілі. Система складається з антенної системи, виготовленої за індивідуальним замовленням, підсилюючої електроніки з низьким рівнем шуму та GPS-приймача NovAtel OEMV-2. Загалом STECS важить менше 200 грамів і передає максимум 62 МБ даних на день.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

Системи супутникового зв'язку (ССЗ) розроблені для задоволення потреб у зв'язку і супутникового доступу в Інтернет в будь-якій точці земної кулі.

Проект низькоорбітальної супутникової системи зв'язку Iridium-NEXT заснований на широкому міжнародному співробітництві.

Сузір'я Iridium-NEXT є першою комерційною супутниковою системою, що пропонує простір на кожному супутнику сузір'я для розміщення корисного вантажу, в рамках угоди про державно-приватне партнерство, це дозволяє створити велику інфраструктуру для моніторингу та контролю процесів на Землі з мінімальними витратами.

Сузір'я супутникової системи Iridium-NEXT створене для забезпечення достатнього перекриття між окремими супутниками, та повного глобального покриття в будь-який час доби. Низькоорбітальні супутники дають змогу

забезпечити безперебійний зв'язок з терміналами, розміщеними в будь-якій точці Землі, що робить його унікальним рішенням для задоволення технічних вимог глобального спостереження та відстеження повітряного руху.

РОЗДІЛ 3

СТВОРЕННЯ ВЛАСНОЇ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ FLIGHTAWARE ADS-B

Тепер ми можемо зібрати і запустити власну наземну станцію ADS-B, яку можна буде встановити практично скрізь і отримувати дані в реальному часі на свій комп'ютер безпосередньо з літаків.

Для роботи нашої наземної станції буде використовуватися програмне забезпечення PiAware від FlightAware, яке дозволить відстежувати рейси в радіусі 100-300 миль (в межах прямої видимості, діапазон залежить від місця установки антени), і автоматично передавати дані на сайт FlightAware. Ми можемо відстежувати рейси безпосередньо з PiAware, або через сайт FlightAware.com [11]

Користувачам, які відправляють дані ADS-B на сайт FlightAware, доступні такі опції:

- Доступ в реальному часі до даних на сайті flightaware.com (допускається затримка до двох хвилин, пов'язана зі стандартною обробкою даних)
- Доступ в реальному часі до даних, отриманих локальним пристроєм (доступно зі сторінки статистики при наявності підключення до мережі)
- Дані, отримані від ваших пристроїв, будуть виділені в журналах відстеження FlightAware
 - Детальна статистика про роботу сайту
 - Безкоштовний Enterprise Account

Якщо використовувати наведені нижче інструкції, то весь процес створення обійдеться в 100 дол, або 80 Євро.

3.1. Перелік обладнання для PiAware

Для створення станції PiAware нам будуть потрібні наступні компоненти:

1. Raspberry Pi 3

- Може бути використаний Raspberry Pi 2, але для бездротового підключення до інтернету буде потрібно Wi-Fi USB-адаптер.

- Також може бути використано Raspberry Pi Zero W

2. Блок живлення для Raspberry Pi

- Рекомендовано використовувати блок живлення з напругою 5,1 вольт і силою струму 2,5 ампер.

3. Карта пам'яті Micro SD (розмір: 8 Гб або вище)

4. Пристрій для читання карт пам'яті Micro SD

- Якщо комп'ютер не обладнано вбудованим пристроєм для зчитування/запису даних на карту пам'яті, нам буде потрібен додатковий USB-пристрій для зчитування/запису даних на карту пам'яті.

5. RTL-SDR USB-приймач (рекомендується FlightAware Pro Stick або Pro Stick Plus).

- USB-приймач SDR (програмно-обумовлена радіосистема) ADS-B трансформує радіосигнал 1090 МГц в дані, які можуть бути оброблені комп'ютером.

- Порада: Якщо ми вибираєте між FlightAware Pro Stick і Pro Stick Plus, то в останньому встановлено фільтр, який забезпечує усунення непотрібних сигналів в районах з великою кількістю перешкод, наприклад міські райони.

6. Антена, 1090 МГц

- Спочатку можна придбати кімнатну антену. Якщо ми використовуємо USB перехідник FlightAware, переконаймося, що антена оснащена роз'ємом SMA

- Якщо ми використовуємо телескопічну антену, рекомендується скоротити її довжину до чверті довжини хвилі 1090 МГц (6,9 см) для забезпечення максимальної якості прийому.

За бажанням ми також можемо придбати такі товари.

- Карта пам'яті Micro SD до встановленої PiAware
- Корпус для Raspberry Pi
- Ethernet-кабель

- Фільтр сигналу 1090 МГц
 - Якщо будь-хто мешкає в районі з великою кількістю перешкод або в міській місцевості, цей фільтр допоможе усунути непотрібні сигнали
- Стабілізатор напруги на 200 Дж.
 - Raspberry Pi чутливий до стрибків напруги, тому ми рекомендуємо використовувати стабілізатор напруги, щоб уникнути пошкодження устаткування.
 - Якщо у нашому регіоні спостерігаються великі перепади напруги, рекомендуємо використовувати стабілізатор напруги на 800 Дж.

Компоненти, необхідні для створення власної станції PiAware, можна придбати у різних постачальників по всьому світу, але їх наявність і доступність залежать від країни, в яку буде здійснюватися доставка. Нижче наведено список посилань на обладнання, яке може бути доставлено в Україну. [11]

- Перелік обов'язкового обладнання:

Raspberry Pi 3 Computer (DX) \$45.00

5V 2.5A Micro USB Power Supply for Raspberry Pi (DX) \$18.00

32 GB MicroSD Memory Card Class 10 (DX) \$11.00

FlightAware Pro Stick USB ADS-B Receiver (eBay) \$25.00

Indoor Antenna MCX plug with a SMA adapter (eBay) \$5.00

- Перелік допоміжного необов'язкового обладнання:

FlightAware Pro Stick Plus USB ADS-B Receiver (eBay) \$21.00

Case for Raspberry Pi 3 with Fan (DX) \$9.00

ADS-B 1090MHz Band-pass SMA RF Filter (eBay) \$25.00

USB 2.0 Flash Memory Card Reader MicroSD (DX) \$3.00

Standard USB Keyboard (Amazon) \$14.00

1090MHz filter + preamp (Nevis Computers) £40.00

Adapter for Outdoor Cable to Dongle (MCX Right Angle Male to N Female Straight) (eBay) \$7.00

LMR240 Outdoor Cable: Connector A: N Plug/Male - Straight to Connector B: SMA/Male - Straight (AIR802) \$21.00

FlightAware Pro Stick USB ADS-B Receiver + Cable + Filter + Antenna (eBay) \$120.00

8GB PiAware pre-loaded MicroSD Card (eBay) \$16.00

Pre-built complete PiAware kit (pre-loaded Pi, Pro Stick, filter, and power/cables) with indoor antenna (eBay) \$150.00

Pre-built complete PiAware kit (pre-loaded Pi, Pro Stick, filter, and power/cables) with outdoor antenna (eBay) \$200.00

Raspberry Pi Starter kit (Amazon) \$80.00

Indoor/Outdoor 978 MHz UAT Antenna with mounting bracket (Amazon) \$40.00.

3.2. Встановлення PiAware на SD-карту

1. Завантажуємо PiAware on Raspbian Linux 5.0 ZIP (531MB) та збережемо його на своєму комп'ютері.

2. Перейдемо по посиланню <https://etcher.io/>, щоб завантажити програму установника (близько 80MB), дотримуючись інструкцій на екрані, запустимо встановлення програми.

- Для того щоб переглянути відомості про операційну систему Windows перейдіть в Панель управління\Всі елементи панелі управління\Система (Рис. 3.1.).

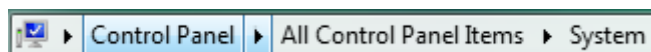


Рис. 3.1. Перевірка відомостей про операційну систему

3. Відкриємо Etcher.

- Може знадобитися запуснути Etcher від імені адміністратора (клацнемо правою кнопкою миші, \ "Запуск від імені адміністратора \").

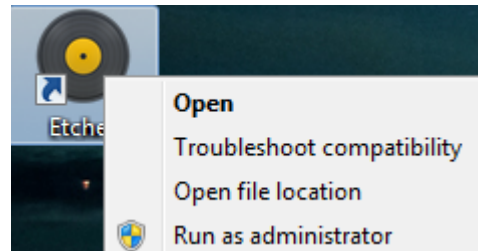


Рис. 3.2. Запуск Etcher від імені адміністратора

4. Виберемо zip-файл PiAware.

5. Потрібно бути уважним, коли вибераймо карту пам'яті, оскільки в процесі установки всі дані на ній будуть видалені. Через невірний вибір карти пам'яті, можна втратити інформацію, яка накопичувалася роками. Щоб уникнути помилкового вибору рекомендуємо витягти зовнішні накопичувачі та інші карти пам'яті.

- Виберіть карту пам'яті у вікні Мій комп'ютер.

6. Після того як буде обрана карта пам'яті, натиснемо Flash!

7. Etcher автоматично видалить карту пам'яті, після установки PiAware, якщо цього не станеться, витягнемо карту пам'яті вручну (Рис. 3.3.).



Рис. 3.3. Завершення вдалого запису на карту

3.3. Запустимо пристрій PiAware

1. Вставимо карту пам'яті (з встановленим PiAware) в Raspberry Pi (Рис. 3.4.).



Рис. 3.4. Встановлення карти пам'яті в Raspberry Pi

2. Додатково розмістимо Raspberry Pi в корпусі.

3. Підключимо USB-приймач SDR ADS-B до Raspberry Pi (Рис. 3.5.).



Рис. 3.5. Підключення USB-приймача SDR ADS-B до Raspberry Pi

4. Вставимо кабель антени у антенний USB-приймач RTL-SDR до упору (Рис. 3.6.).



Рис. 3.6. Кабель антени у антенному USB-приймачі RTL-SDR

5. Підключимо інтернет-кабель. (Якщо будемо використовувати WiFi, пропустимо цей пункт)
6. Підключимо живлення до нашого пристрою Raspberry Pi (Рис. 3.7.).



Рис. 3.7. Підключення живлення до Raspberry Pi

7. При цьому на Raspberry Pi повинен горіти червоний і блимати зелений світлодіод, а біля мережевого роз'єму Ethernet - зелений і жовтий (Рис. 3.8.).

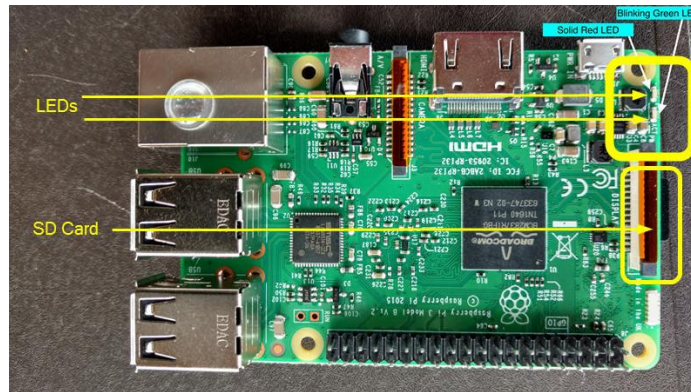


Рис. 3.8. Розміщення світлодіодів на Raspberry Pi

3.4. Зареєструємо свій клієнт PiAware на FlightAware.com

На запуск PiAware піде близько 5 хвилин, після цього ми зможемо синхронізувати наш PiAware-пристрій і наш обліковий запис FlightAware, щоб скористатися додатковими перевагами при роботі з сайтом (Рис. 3.9.). [11]

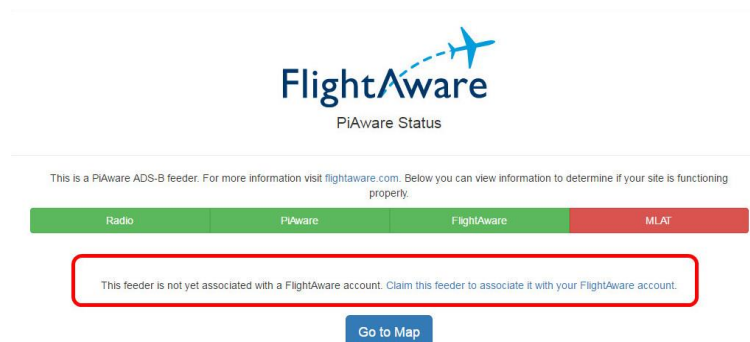


Рис. 3.9. Обліковий запис FlightAware

Після того як пристрій почав працювати, визначимо IP-адресу на сторінці адміністрування нашого роутера, і за допомогою браузера з нашої мережі перейдемо на призначену роутером адресу. Якщо доступ до пристрою був відсутній, буде відображено посилання для отримання доступу до пристрою PiAware.

Якщо через 5 хвилин наш пристрій не зареєструвалася в мережі, спробуємо перезапустити його. Якщо це не допомогло, перевіримо налаштування Wi-Fi (якщо ми використовуєте Wi-Fi). Якщо, нічого не запрацювало, треба звернутися на ADSBsupport@FlightAware.com. Далі зайдіть на нашу сторінку статистики, щоб переконатися, що наш пристрій синхронізовано з нашим обліковим записом.

3.5. Будемо дивитись свою статистику ADS-B

1. Подивитись нашу ADS-B статистику можна за посиланням: <https://ru.flightaware.com/adsb/stats>

- FlightAware обробить ваші дані і вже через 30 хвилин вони з'являться на сайті.

- або виберемо "Мій ADS-B", коли увійдемо до системи. Вони з'являться тільки після того, як сайт відправить дані протягом 30 хвилин (Рис. 3.10.).

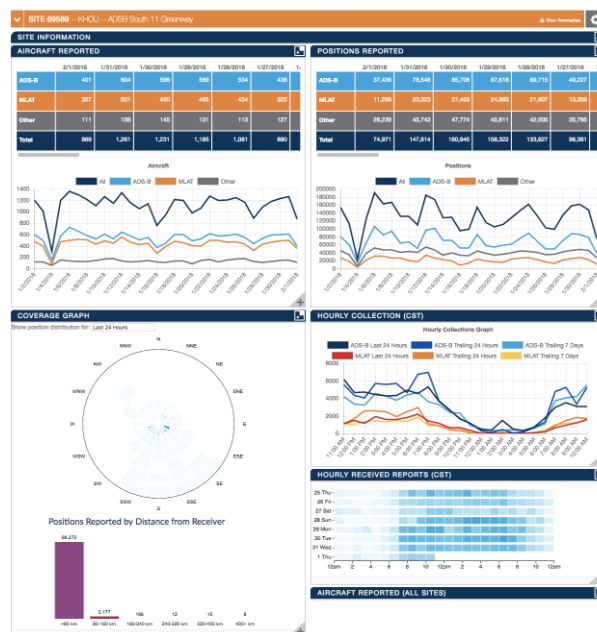


Рис. 3.10. Перегляд статистики

2. На своїй сторінці статистики вкажемо наше місце розташування і висоту антени. Для цього натиснемо на іконку "шестерні", яка знаходиться праворуч від назви сайту (Рис. 3.11.).

- Мультилатерація або MLAT використовує сигнали від літака, отримані наземними станціями для визначення його подальшого місцезнаходження.

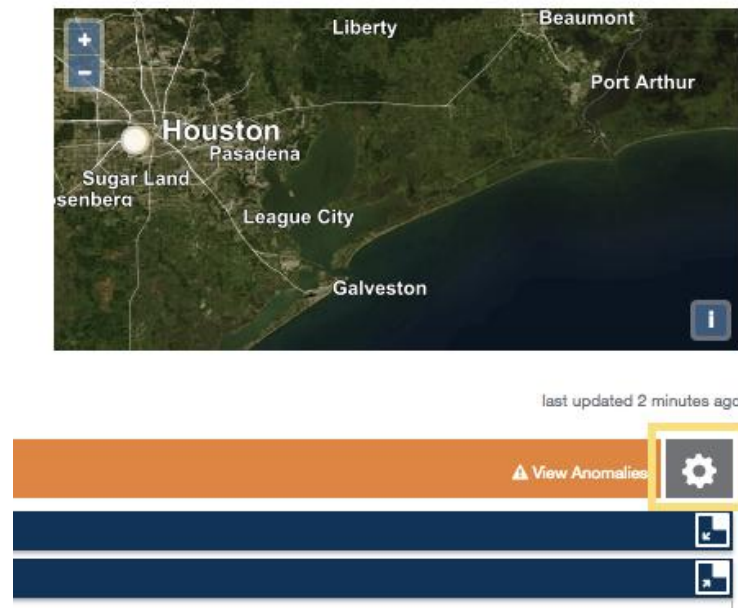


Рис. 3.11. Наше місце розташування і висоту антени

3. Сторінка статистики FlightAware також буде містити інформацію про нашу IP-адресу та посилання для прямого підключення, а також посилання на портал SkyAware, на якому можна переглядати на карті рейси, від яких приймач отримує повідомлення (Рис. 3.12.).

Не будемо забувати, що сигнали, які надходять від літаків, не можуть проходити крізь об'єкти, тому антену потрібно встановлювати "під відкритим" небом, при цьому на шляху проходження сигналу до антени не повинно знаходитися жодних перешкод. Коли антена встановлена на даху, що є оптимальним варіантом, досягається діапазон близько 250 миль, або 400 км.

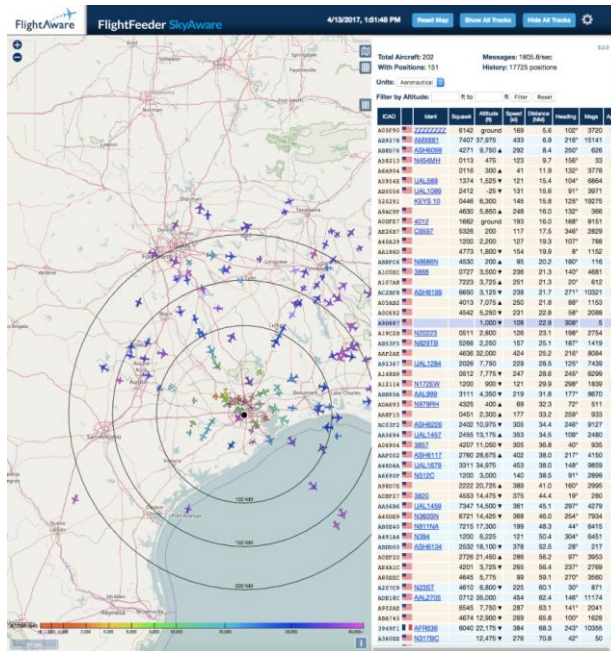


Рис. 3.12. Рейси на карті, від яких приймач отримує повідомлення

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

В цьому розділі було розглянуто побудову наземної станції спостереження ADS- власними силами. Для роботи нашої наземної станції спостереження, було використане програмне забезпечення PiAware від FlightAware, яке дозволяє відстежувати рейси в радіусі 150-500 кілометрів (в межах прямої видимості, і автоматично передавати отримані дані на сайт FlightAware.

Створення системи спостереження було реалізовано на базі комп'ютера Raspberry Pi 3. Було описано які компоненти потрібно мати для створення станції, надано детальний опис процесу створення системи спостереження, та якими додатковими компонентами може бути обладнана створена система спостереження, та які переваги це може дати для спостереження. Наприклад, на свою статистику, яка формується за даними, що передає станція спостереження, та відстеження повітряних суден, які потрапляють в поле зору побудованої станції спостереження.

ВИСНОВКИ

Оскільки, при організації повітряного руху, постає проблема забезпечення надійного зв'язку над водними та малозаселеними поверхнями.

Системи супутникового зв'язку дозволяють задовольнити нагальні потреби в каналах зв'язку, забезпечити швидке перемикання каналів на інші напрямки у залежності від зміни трафіку організувати оперативний зв'язок в умовах стихійних лих та катастроф, а також вони широко застосовуються для резервування наземних каналів.

В даній дипломній роботі було розглянуто авіаційну безпеку з використанням системи спостереження за повітряним рухом ADS-B компанії Aireon на базі сузір'я супутників Iridium. Приймач ADS-B встановлюється на борт літака і дозволяє тримати літак в поле зору земних радарів, де б він не знаходився. Зараз оснащення літаків системою ADS-B внесено в офіційні міжнародні програми з техніки безпеки польотів. Принцип роботи системи звучить як "кожен повинен спостерігати за кожним". Це дозволяє уникнути конфліктних моментів, що виникають при збої в передачі даних. ADS-B заснована на застосуванні системи GPS.

Застосування ADS-B було взято за основу AireonSM — глобальною мережею спостереження за повітряними судами. Вона дозволяє в реальному часі визначати місце розташування літаків, здійснює передачу інформації про стан всіх систем.

Наземні станції ADS-B покращують якість і точність стеження за польотами, але, як і радари, ще недавно вони були обмежені в своїй здатності контролювати повітряні судна над поверхнею Землі, покритою водою. Співпраця з Iridium-NEXT дозволило вирішити цю проблему. Завдяки інтеграції з супутниками, та побудові глобального навколосемного спостереження, стала можливість стежити за літаками, які знаходяться над океаном, в пустелі та на обох полюсах, вкритих льодом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Все, что вы хотели знать об ADS-B, но боялись погуглить [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tovsoty.com/publication/vse-chto-vy-hoteli-znat-ob-ads-b-no-boyalis-poguglit>
2. Integrating Aireon’s space-based ADS-B into EUROCONTROL’s network operations system brings major predictability gains and will unlock future capacity [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/2021/05/06/integrating-aireons-space-based-ads-b-into-eurocontrols-network-operations-system-brings-major-predictability-gains-and-will-unlock-future-capacity/>
3. Corporate Overview [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/resources/brochures-guides/corporate-overview/>
4. GlobalBeacon: 100% Global, Up-to-the-Minute Aircraft Tracking for ICAO GADSS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/resources/brochures-guides/globalbeacon/>
5. Aireon and EUROCONTROL Sign Agreement to Enhance Air Traffic Flow Management in Europe [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/2020/02/28/aireon-eurocontrol-sign-agreement-enhance-air-traffic-flow-management-europe/>
6. The Executive Reference Guide to Space-Based ADS-B [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/resources/brochures-guides/executive-reference-guide-space-based-ads-b/>
7. Aireon Expands Global Aviation Data Services [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/2020/10/28/aireon-expands-global-aviation-data-services/>
8. Space-Based ADS-B Benefits [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/resources/brochures-guides/space-based-ads-b-benefits/>

9. ADS-B Technical Overview [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aireon.com/resources/brochures-guides/ads-b-technical-overview/>

10. Iridium-NEXT [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://spaceflight101.com/spacecraft/iridium-next/>

11. Вы хотите создать собственную наземную станцию FlightAware PiAware ADS-B? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.flightaware.com/adsb/piaware/build>