

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АВІОНІКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

_____Юрій ГРИЩЕНКО

«_____» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 173 «АВІОНІКА»

Тема: Система супутникового зв'язку на сучасному літаку

Виконавець: Полтавець Сергій Максимович

(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: доцент к.т.н., доцент Краснов Володимир Миколайович

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу

«Охорона праці» асистент Кічата Наталія Миколаївна

Консультант розділу «Охорона

навуолишнього середовища» доцент, к.т.н., доцент Черняк Лариса Миколаївна

Нормоконтролер: _____ Василь ЛЕВКІВСЬКИЙ

(підпис)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіоніки

Напря́м (спеці́альність) 173 «Авіоніка»
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

_____Юрій ГРИЩЕНКО

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

ПОЛТАВЕЦЬ Сергія Максимовича

1. Тема роботи «Система супутникового зв'язку на сучасному літаку» затверджена наказом ректора від «03» жовтня 2023 № 2024/ст.
2. Термін виконання роботи: з 02 жовтня 2023 року по 31 грудня 2023 року.
3. Вихідні дані роботи: дані про особливості роботи системи забезпечення зв'язку сучасного літака з мережею Інтернет з використанням супутникової системи.
4. Зміст пояснювальної записки: розгляд бортових систем забезпечення зв'язку сучасного літака, оцінка їх характеристик та можливостей подальшого впровадження.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, графіки.

6. Календарний план графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Збір та аналіз літературних даних. Проведення огляду літератури	02.10.2023- 14.10.2023	
2.	Підготовка та написання 1 розділу	15.10.2023- 21.10.2023	
3.	Підготовка та написання 2 розділу	22.10.2023- 30.10.2023	
4.	Підготовка та написання 3 розділу	31.10.2023- 14.11.2023	
5.	Підготовка та написання 4 розділу	15.11.2023- 23.11.2023	
6.	Підготовка та написання 5 розділу	24.11.2023- 30.11.2023	
7.	Написання висновків	01.12.2023- 05.12.2023	
6.	Оформлення роботи, перевірка на плагіат	06.12.2023- 20.12.2023	

7. Консультанти з окремих розділів

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	асистент Кічата Наталія Миколаївна		
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доцент Черняк Лариса Миколаївна		

8. Дата видачі завдання: «_____» _____ 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Краснов В.М.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Система супутникового зв'язку на сучасному літаку».

Сторінок 106, рисунків 35, використані джерела 15.

Об'єкт дослідження: Система супутникового зв'язку.

Мета роботи: Дослідження бортового інтернету на борту літака за допомогою повітряного супутникового зв'язку, їх характеристики та особливості. Оцінка ефективності використання супутникової системи для користування інтернетом на борту літака. Призначення, склад, технічні характеристики, принципи побудови та експлуатації супутникових систем зв'язку.

Методи дослідження: перевірка та аналіз пропускну здатності з використанням супутникової системи. Дослідження природи супутникових технологій навігації та зв'язку.

ІНТЕРНЕТ, СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ, SATCOM, СТРУКТУРА МЕРЕЖ, АВІОНІКА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	9
1.1. Загальні відомості.....	9
1.2. Супутникові орбіти.....	14
1.3. Методи навігаційних вимірювань.....	16
РОЗДІЛ 2 БОРТОВІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ЛІТАКА З МЕРЕЖЕЮ ІНТЕРНЕТ	18
2.1. Спільні відомості про доступ в Інтернет.....	20
2.2. Бортова мережа ETHERNET.....	28
2.3. Сузір'я супутника ПРИДІУМ.....	32
2.4. Супутникове сузір'я ІНМАРСАТ.....	38
2.5. Послуги споживача та перевізника SATCOM.....	41
2.6. Повітряна структура Інтернету.....	44
2.7. Бортові системи та виробництво SATCOM.....	
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	56
3.1 Типова конфігурація системи SATCOM у сучасному / перспективному літаку.....	56
3.2. Впровадження SATCOM для управління повітряним рухом (АТМ). 58	
3.3. Впровадження бортових систем SATCOM.....	64
3.4. Ключове обладнання.....	66
3.5. Перевірка та результати тестування пропускної здатності.....	67
3.6. Підвищення якості послуг за допомогою сумісності та адаптивності.....	70
3.7. Мережева безпека літака.....	70
3.8. LTE як засіб модернізації мережі.....	73
3.9. Забезпечення стабільної і надійної роботи.....	75
3.10. Антена опис і робота.....	77
3.11. Постачальники супутникових послуг.....	82
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	83
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	93
ВИСНОВКИ.....	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

- ADS-B** – Automatic dependent surveillance-broadcast(автоматичне залежне спостереження - радіомовне)
- AES** – Aircraft Earth Station (аеронавігаційна земля станція)
- AMSS** – Aeronautical Mobile Satellite Service (авіаційна рухома супутникова служба)
- ATC** – Air traffic control (керування повітряним рухом)
- ATM** – Asynchronous Transfer Mode (асинхронний режим передавання)
- BGAN** – Broadband Global Area Network (Широкосмугова глобальна мережа)
- BSS (Broadcast Satellite Service)** – супутникова служба мовлення
- CAN** – Controller Area Network (мережа контролерів)
- DBS (Direct Broadcast Service)** – прямої трансляції
- DGPS (Differential GPS)** – диференціальний метод
- FDMA** – Frequency Division Multiple Access (множинний доступ з поділом каналів за частотою)
- FMS** – Fleet Management System (система керування флотом)
- FSS (Fixed Satellite Service)** – фіксована супутникова служба зв'язку
- GES** – Ground Earth Station(наземна станція радіозв'язку)
- GMDSS** – Global Maritime Distress and Safety System (глобальна морська система повідомлень про лихо та безпеки)
- GPS** – Global Positioning System (система глобального позиціонування)
- HF** – High frequency (висока частота)
- HTS (High Throughput Satellites)** – каналу прийому-передачі
- ISDN** – Integrated Services Digital Network (цифрова мережа інтегрованих послуг)
- LOS** – Line-of-Sight (в межах прямої видимості)
- ILS** – International Launch Services
- LTE** – Long Term Evolution (довготерміновий розвиток)
- MMSS (Maritime Mobile Satellite Service)** – супутникова служба морського мобільного зв'язку
- MSS (Mobile Satellite Service)** – супутникова служба мобільного зв'язку
- QPSK** – Quadrature phase-shift keying (квадратурна фазова маніпуляція)

RF – Radio frequency (радіочастота)

SATCOM – Satellite communication (супутниковий зв'язок)

TDMA – Time Division Multiple Access (множинний доступ з розділом по часу)

VHF – Very high frequency (дуже висока частота)

VSWR – Voltage standing wave ratio (коефіцієнт стоячої хвилі згідно напруги)

ВЧ – високочастотний зв'язок

ДВЧ – дуже високих частот

ДС – діаграми спрямованості

ПС – повітряне судне

РЧ – радіочастота

ССЗ – супутникові системи зв'язку

ШСЗ – штучний супутник Землі

ВСТУП

Бурхливий розвиток засобів зв'язку останнім часом привів до корінної зміни як елементної бази, так і принципів передавання, приймання та обробки інформації. Особливо це стосується систем передавання даних. Нині розробляються дедалі нові й нові високоефективні телекомунікаційні системи різного призначення. Найбільш бурхливо розвивається галузь авіаційного електрозв'язку, яка охоплює системи зв'язку та передавання даних дуже високих частот (ДВЧ), супутникові канали зв'язку та інші системи.

Особливе місце займають супутникові радіонавігаційні системи, які призначені для визначення місцеположення літального апарата або морського судна в межах зони дії штучного супутника землі (ШСЗ).

Супутникові системи зв'язку, охоплюють своїми послугами дистанційне зондування Землі, комерційну та військову сфери. Забезпечують важливі глобальні можливості підключення та спостереження, підтримку мобільного зв'язку у вигляді доступу до Інтернету і телеметрії в режимі реального часу з літаків та кораблів.

Швидкі темпи розвитку супутникових систем зв'язку обумовлені перевагами якими вони наділені. До них, зокрема, відноситься висока якість та надійність каналів зв'язку, велика пропускна здатність, необмежені площини покриття та конфіденційність зв'язку. Дані переваги, які визначають їхні широкі можливості, роблять їх унікальними і ефективними засобами зв'язку. Супутниковий зв'язок нині є одним з основних видів міжнародного і військового зв'язку на великі та середні відстані. Використання супутників Землі в організації зв'язку продовжує розширюватися з розвитком існуючих телекомунікаційних мереж. Багато країн створюють власні національні мережі супутникового зв'язку. Сьогодні на орбіті Землі знаходиться більше 900 супутників.

Відповідно до Регламенту радіозв'язку залежно від призначення супутникової системи зв'язку і типу використовуваних наземних станцій розрізняють чотири основні служби супутникового зв'язку: фіксований супутниковий зв'язок; супутникове мовлення; супутникова служба мобільного зв'язку; супутникова служба морського мобільного зв'язку.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Супутникові системи зв'язку (ССЗ) відомі давно, і використовуються для передачі різних сигналів на протяжні відстані. З моменту свого появи супутниковий зв'язок стрімко розвивалася, і в міру накопичення досвіду, вдосконалення апаратури, розвитку методів передачі сигналів відбувся перехід від окремих ліній супутникового зв'язку до локальних і глобальним системам. Такі темпи розвитку ССЗ пояснюються рядом достоїнств якими вони володіють. До них, зокрема, відносяться велика пропускна здатність, необмежені перекриваються простору, високу якість і надійність каналів зв'язку. Ці переваги, які визначають широкі можливості супутникового зв'язку, роблять її унікальним і ефективним засобом зв'язку.

На данному етапі розвитку сучасні супутникові технології є пріоритетними при створенні мереж відомчого та ділового зв'язку, для створення закритої мережі військового зв'язку з доступом в будь-якій точці України, що якраз надає супутникова система, також в інтересах державних та комерційних структур, при організації не комутованих каналів для побудови комп'ютерних мереж на великих територіях (технології VSAT), забезпечують можливість надавати водночас кілька видів послуг за допомогою однієї станції супутникового зв'язку/

Супутниковий зв'язок базується на системі односторонньої або двохсторонньої передачі радіочастотних сигналів по лінії прямої видимості LOS (Line-of-Sight), яка складається з передавальної станції, що використовує канал лінії зв'язку «вгору», супутникової системи, яка знаходиться у космосі та працює в якості вузла відновлення сигналу, а також однієї або декількох приймальних станцій, які зайняті моніторингом каналу зв'язку «вниз» з метою прийому інформації. У випадку двохстороннього зв'язку, обидві кінцеві станції наділені функціями передачі та прийому сигналів (рис. 1.1).

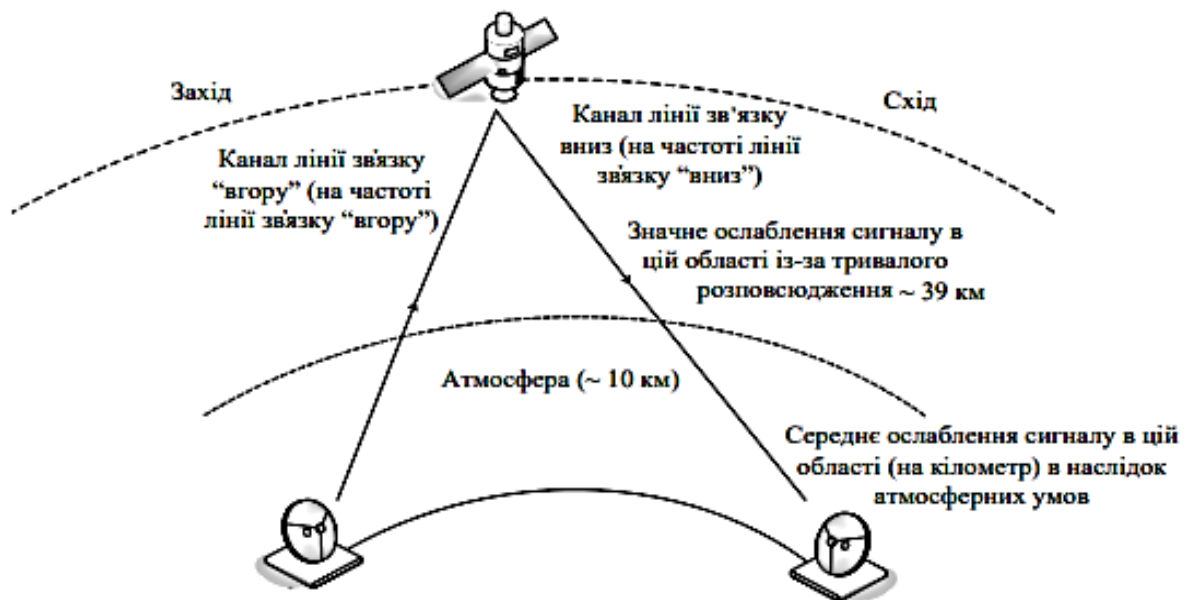


Рис. 1.1. Типова структура системи супутникового зв'язку

Супутники можуть знаходитися на різних навколосеземних орбітах. *Геостаціонарна орбіта* є круговою орбітою в площині Землі на висоті 35786 км від поверхні Землі (42164 км від центра Землі, радіус Землі складає 6378 км). Супутники обертаються на геостаціонарній орбіті навколо Землі з її кутовою швидкістю і в однаковому напрямку. Коли супутник знаходиться на цій орбіті в площині екватора, при спостереженні за ним із земної поверхні складається уявлення, що він залишається нерухомим, тому не має необхідності відслідковувати цей супутник антеною, що направлена на нього або позиційним коректуванням з періодичними інтервалами часу.

Традиційно, супутникові послуги офіційно класифікують за наступними категоріями:

Фіксована супутникова служба зв'язку FSS (Fixed Satellite Service) – це супутникова служба, що здійснює зв'язок між супутниковими терміналами, які розташовані в певних фіксованих точках, за допомогою одного або декількох супутників. Як правило, FSS задіяна для передачі відео, голосу та даних протоколу IP на великі відстані з фіксованих точок. Вона використовує геостаціонарні супутники з фіксованими наземними станціями. Сигнали передаються від однієї точки на земній кулі до іншої (точка-точка), так і від одного передавача до декількох приймачів (точка-багато точкове з'єднання). FSS може включати в себе зв'язок типу супутник-супутник (рідко розповсюджена в комерційній сфері) або у вигляді фідерних з'єднань для інших

супутникових послуг, таких як супутникова служба мобільного зв'язку або супутникова служба мовлення.

Супутникова служба мовлення BSS (Broadcast Satellite Service) – супутникова служба, яка підтримує передачу та прийом сигналів, що призначені для безпосереднього прийому споживачами. Найкращим прикладом є послуга прямої трансляції DBS (Direct Broadcast Service), яка підтримує пряму трансляцію теле- і аудіо каналів в будинках або бізнес- офісах безпосередньо із супутників в певній смузі частот. BSS/DBS використовують геостаціонарні супутники.

Супутникова служба мобільного зв'язку MSS (Mobile Satellite Service) – супутникова служба, що забезпечує безпроводовий зв'язок у будь-якій точці земної кулі. Завдяки широкому розповсюдженню мобільних телефонів, користувачі почали сприймати можливість використання мобільного телефону у будь-якій точці світу, в тому числі в сільській місцевості. MSS є супутниковою службою, яка розширює цю можливість.

Супутникова служба морського мобільного зв'язку MMSS (Maritime Mobile Satellite Service) – супутникова служба, яка здійснює зв'язок між мобільними наземними станціями супутникового зв'язку і одним або декількома супутниками.

Глобальна система визначення місця знаходження GPS (Global Positioning System) – служба, що використовує сузір'я супутників для забезпечення належним чином обладнаних терміналів інформацією про глобальне позиціонування.

Провайдери супутникового зв'язку постійно прагнуть до забезпечення більш високої загальної пропускної здатності супутникового каналу і системи (в цілому). На даний час впроваджують ряд розширень для давно затвердженого стандарту супутникового цифрового телебачення DVB-S2 (Digital Video Broadcasting-Standard 2). Висока пропускна здатність також досягається:

- за рахунок використання вузькоспрямованих головних пелюстків діаграми спрямованості (ДС) антен на супутниках з високою пропускною здатністю каналу прийому-передачі HTS (High Throughput Satellites), як правило, працюючих в Кадіапазоні (17,7–18,8 ГГц та 19,7–20,2 ГГц для частот ліній зв'язку «вниз» і 27,5–28,6 ГГц та 29,5–30 ГГц для частот ліній зв'язку «вгору»);

- за рахунок скорочення часу очікування передачі (завдяки використанню супутників на середній навколоземній орбіті). HTS здатні підтримувати вихідну сумарну пропускну здатність на рівні більше 100 Гбіт і, таким чином, значно знизити загальні витрати з розрахунку на біт, шляхом використання направлених вузькоспрямованих головних пелюстків ДС антени супутника високої потужності. Системи і можливості HTS можуть бути використані провайдерами, щоб розширити спектр своїх послуг супутникового зв'язку. HTS відрізняються від традиційних супутників у різних аспектах, а саме: за рахунок використання ретрансляторів високої пропускну здатності до 100 МГц або більше; за рахунок використання наземних станцій-ретрансляторів, які підтримують один або два десятка промінів (з вимогою до пропускну здатності 5 Гбіт/с); за рахунок високої пропускну здатності кожної віддаленої станції та застосуванням передових методів вирішення проблеми ослаблення сигналу під час опадів, особливо для систем, що працюють в Ка-діапазоні.

Надання послуг зв'язку людям, що знаходяться в дорозі, наприклад, що подорожують по морю або в повітрі, там де відсутнє наземне підключення, в даний час є технічно можливим і фінансово вигідним для провайдерів послуг супутникового зв'язку. Коли ця послуга необхідна на швидкісних літаках, необхідно брати до уваги конструктивні особливості спеціальних антен (наприклад, слідкуючих антен).

Підключення М2М (машина-машина) для вантажних автомобілів під час трансконтинентальних рейсів, збір телеметричної інформації літаків в режимі реального часу або відстеження даних про пересування торгових кораблів відкриває нові можливості для розширення інтернету речей IoT (Internet of Things) для широко розподілених об'єктів. Вимоги до морського зв'язку можуть бути різними в залежності від типу корабля, компанії-оператора, об'єму даних, потреб екіпажу і пасажирів та прикладних програм, що використовуються (в тому числі Глобальної морської системи зв'язку при аварії і для забезпечення безпеки GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System)).

Гібридні мережі, що об'єднують супутникові та наземні підключення (особливо IP-мережі), будуть відігравати важливу роль в найближчому майбутньому. Широке впровадження IP-послуг, в тому числі IPTV (Internet Protocol TV) і відео в Інтернеті

OTT video (Over-The-Top Video), обумовлено впершу чергу розгортанням оптоволоконних ліній зв'язку, в кінцевому рахунку, змінить дану індустрію. Наприклад, IP-протокол версії (IPv6) представляє собою технологію, яка в даний час розгорнута в різних частинах світу та дозволяє здійснювати пряму адресацію між кінцевими пристроями. Інтеграція супутникового зв'язку та можливостей IPv6 дозволить забезпечити основу створення мереж гібридної інфраструктури, яка зможе обслуговувати зростаючі потреби в уряді, серед військових, IPTV й агентів мобільного відео, і це далеко не всі зацікавлені сторони.

На рівні базової технології вивчаються і, по суті, розробляються електричні двигуни для космічних апаратів; такі підходи до конструкції двигунів можуть зменшити масу космічних апаратів (а також і вартість запуску) і, можливо, продовжити термін експлуатації космічного апарату. Згідно думки прихильників цієї концепції, використання електричного ракетного двигуна для утримання супутника в заданій точці орбіти вже змінило глобальну супутникову індустрію та дозволяє здійснювати дозаправку супутника паливом на орбіті та збільшити висоту його орбіти. Крім того, на ринок виходять нові пускові платформи, знову ж таки з метою зниження вартості запуску за рахунок збільшення конкуренції.

Таким чином, очевидно, що супутниковий зв'язок відіграє та буде продовжувати відігравати ключову роль в комерційних, TV/ЗМІ, урядових і військових комунікаціях із-за своїх власних можливостей багато адресної/ ширококомовної передачі, аспектів мобільного зв'язку, глобального охоплення, надійності та здатності швидко підтримувати зв'язок у відкритому просторі та агресивних середовищах.

1.2. СУПУТНИКОВІ ОРБИТИ

Супутники зв'язку здійснюють обертання навколо Землі по чітко визначеним орбітам. На рис. 1.2 зображено різні супутникові орбіти, які знаходяться в загальному користуванні. Більшість комерційних супутників постійно знаходяться на геостаціонарній орбіті. З практичної точки зору, геостаціонарна орбіта має невеликий ненульовий нахил та ексцентриситет, що дозволяє супутнику рухатися по невеликій, проте керованій траєкторії у вигляді «вісімки».

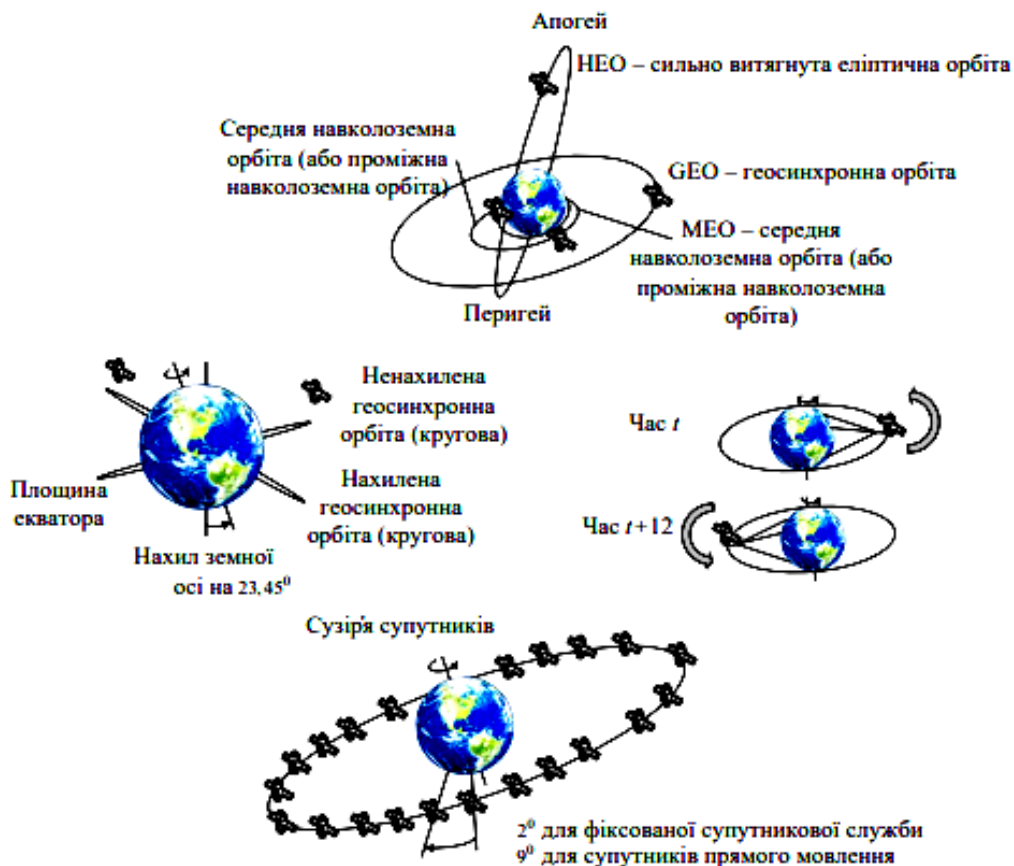


Рис. 1.2. Супутникові орбіти, що знаходяться в загальному користуванні

На рис. 1.3 зображена хронологія запуску спареного набору супутників, що складена на основі матеріалів ILS (International Launch Services).

При штатній роботі супутники «зберігають стаціонарне положення» в межах певного «поля» навколо наземної орбітальної позиції; з часом (при наближенні строку експлуатації супутника – зазвичай через 15–18 років після запуску) супутнику «дозволяється» ввійти на похилу орбіту в безпосередню близькість від визначеної орбітальної позиції (якщо його не переміщують на іншу позицію на геостаціонарній орбіті для обслуговування). Маневрування північ-південь для утримання супутника в центральному полі не виконується (для економії палива), проте виконують маневрування схід-захід, щоб зберегти орбітальну позицію.

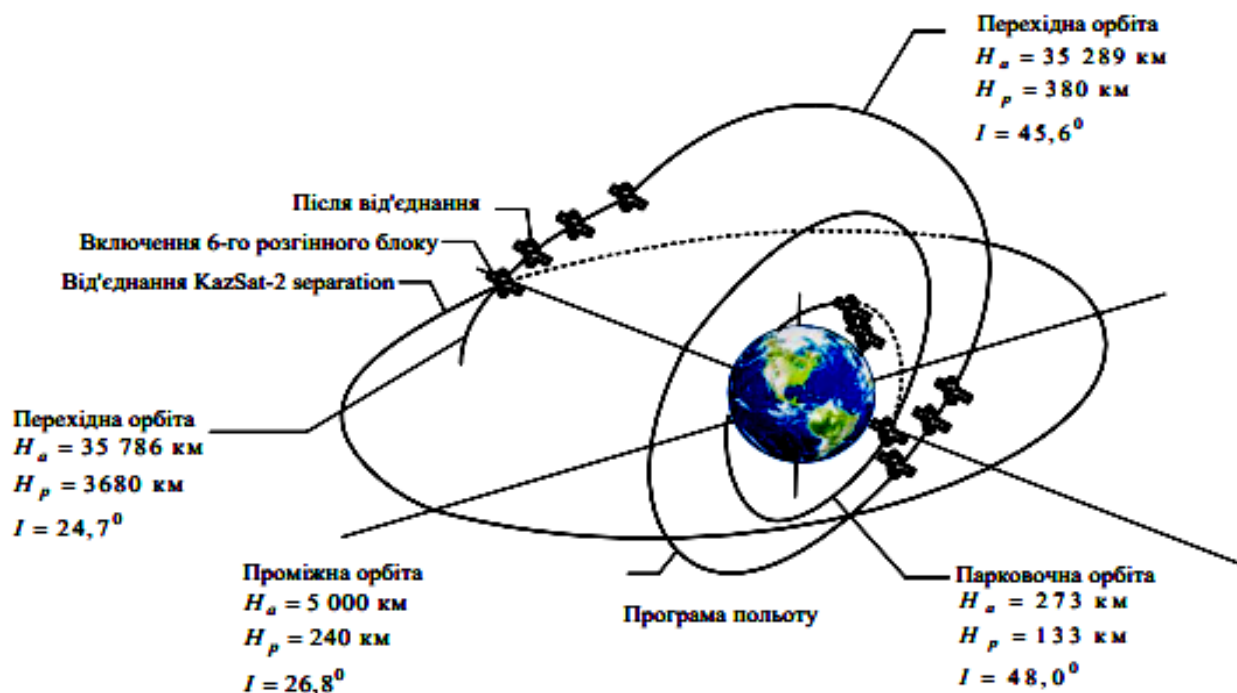


Рис. 1.3. Запуск космічного апарату (на основі матеріалів ILS)

Основним наслідком руху супутника по геостаціонарній орбіті є затримка розповсюдження сигналів, що становить не менше 119 мс в лінії зв'язку «вгору» (більше для наземних станцій в північних широтах або для наземних станцій, які знаходяться на лінії видимості супутника), і не менше 238 мс в лінії зв'язку «вгору» та «вниз» або для односторонньої передачі. В залежності від місця знаходження земної станції і цільового супутника, довжина шляху розповсюдження (і, відповідно, затримка розповсюдження сигналу) може змінюватися на декілька тисяч кілометрів (наприклад, для супутника на 0 101 з.д. і антени Denver Co. «похила» дальність складає 37 571,99 км; для антени Van Buren та ME дальність складає 38 959,54 км). Двохсторонній інтерактивний сеанс з типовим протоколом зв'язку, таким як протокол керування передачею TCP (Transmission Control Protocol) буде мати затримку двічі більшу на протязі кожного періоду (не менше ніж 476 мс), так як інформація проходить двічі на супутник і назад. Односторонні чи мовні (передача відео або даних) прикладні програми легко вирішують дану проблему, оскільки затримка непомітна для глядача відео контенту або користувача мережі Інтернет. Проте, інтерактивні прикладні програми передачі даних і транзитні з'єднання передачі голосу, зазвичай повинні приймати і підлаштовуватися до цього складного становища. Супутникові вузли компенсації затримки і технології імітації з'єднання були вдало використані для

компенсації цих затримок в схемах передачі даних. Передача голосу через супутник в даний час складає лише невелику частину від загальної потужності транспондера, а користувачам необхідно боротися з затримкою сигналу супутника індивідуально в кожному окремому випадку.

1.3. МЕТОДИ НАВІГАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Кутомірний метод. За допомогою бортової апаратури вимірюється кутове положення штучного супутника землі (ШСЗ) (висота h і азимут). Ці кутові навігаційні параметри формуються за напрямом надходження радіохвилі від навколоземними ШСЗ (НШСЗ) і характеризують його положення відносно спостерігача. За даними кутових величин НШСЗ, ефемеридної інформації та часу визначаються координати споживача у геоцентричній системі координат.

Далекомірний метод. Вимірюються похилі дальності від літального апарата до декількох НШСЗ в один і той же момент часу або до одного ШСЗ у різні моменти часу. Кожній вимірній дальності Двим у просторі відповідає поверхня положення спостерігача – сфера, у центрі якої перебуває НШСЗ. Псевдодалекомірний метод. Від далекомірного методу відрізняється тим, що разом з трьома дальностями до трьох ШСЗ вимірюється дальність до четвертого ШСЗ і поправка до бортових годинників на літаку.

Різницево-далекомірний метод. Вимірюються різниці дальностей до двох ШСЗ в один і той же момент часу. При цьому формується поверхня положення, яка є гіперболоїдом обертання з ШСЗ у фокусі. Доплерівський метод.

Доплерівським методом вимірюють доплерівський зсув частоти. Доплерівська частота пропорційна відносній швидкості ШСЗ і літака. Випромінювання коливання частотою f_0 з ШСЗ у точки приймання надходить з доплерівським зсувом.

Диференціально-доплерівський метод. Суть його полягає у визначенні максимальної зміни доплерівської частоти, тобто похідної від виразу для дальності між ШСЗ та ПК. Максимальною зміна буде на траверзі відносно ШСЗ.

Інтегрально-доплерівський метод. За фіксований проміжок часу Δt відбувається інтегрування доплерівської частоти, яка пропорційна швидкості ПК. Цей метод аналогічний різницеводалекомірному методу.

Диференціальний метод. Супутникові навігаційні системи дозволяють отримати координати з точністю 10...15 м. Але для багатьох задач, особливо для навігації у містах, потрібна більш висока точність. Один з основних методів збільшення точності визначення місцеперебування об'єкта ґрунтується на застосуванні відомого у радіонавігації методу диференціальних вимірювань. Диференціальний метод DGPS (Differential GPS) дозволяє встановити координати з точністю до трьох метрів у динамічній навігаційній ситуації і до одного метра у стаціонарних умовах. Диференціальний метод реалізується за допомогою контрольного GPS-приймача, який називається опорною станцією. Вона розташовується у пункті з відомими координатами у тому ж районі, що й головний GPS-приймач. Порівнюючи відомі координати (отримані в результаті прецизійної геодезичної зйомки) з вимірними, опорна станція обчислює поправки, які передаються споживачам по радіоканалу у чітко обумовленому форматі. Апаратура споживача приймає від опорної станції диференціальні поправки і враховує їх під час визначення місцеперебування споживача.

Результати, отримані за допомогою диференціального методу, значною мірою залежать від відстані між об'єктом і опорною станцією. Застосування цього методу найбільш ефективно тоді, коли домінують систематичні помилки, зумовлені зовнішніми (щодо приймача) причинами. За експериментальними даними опорну станцію рекомендується розміщувати не далі 500 км від об'єкта.

РОЗДІЛ 2

БОРТОВІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ЛІТАКА З МЕРЕЖЕЮ ІНТЕРНЕТ

2.1. СПІЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДОСТУП В ІНТЕРНЕТ

Оснащення повітряного судна (ПС) обладнанням для доступу в Інтернет – це не просто додатковий сервіс для пасажирів, але і додаткові технічні можливості для отримання даних про політ в режимі реального часу, що в кінцевому рахунку, робить перебування на борту більш комфортним. З розвитком технології «Інтернету речей» (IoT – Internet of Things) з'являється можливість відстежувати критичні дані за допомогою нових програмних рішень. В результаті такого нововведення авіаперевізники зможуть підвищити якість обслуговування, скоротити витрати за рахунок економії часу і оптимізувати процес прийняття рішень при аналізі великих обсягів даних.

Для пасажирів з'являються нові послуги на борту – починаючи від Інтернет-магазинів і систем онлайн-бронювання, закінчуючи інформацією про пункт призначення, інформацією про політ в режимі реального часу і зручною можливістю вести переписку з іншими пасажирами в салоні. Все це дає авіакомпаніям нові способи отримання доходу і розширює спектр пропонованих пасажирам послуг. Впровадження бездротових технологій веде до зниження експлуатаційних витрат – в кабіні відсутні зайві дроти, в результаті значно знижується маса повітряного судна та спрощується розгортання і техобслуговування.

Доступ в Інтернет на борту дозволяє авіакомпанії підвищити якість обслуговування клієнтів. З реалізацією цієї ідеї на борту літака з'являється бездротова мережа зв'язку, доступна для кожного пасажирів і членів екіпажу: можна підключатися до бортового сервера за допомогою своїх ноутбуків, смартфонів або планшетних ПК.

Існують прикладні програми супутникового зв'язку:

- передача відео SD-, HD-, 3D- та UHD-канали;
- платне супутникове телебачення – SD-, HD-, 3D- та UHD-канали;
- доставка відеосигналу та періодичне використання OU (Occasional Use) – аналогові та цифрові канали;
- послуги традиційної телефонії, в тому числі мобільні мережі;

- корпоративні мережі передачі даних (Enterprise Data);
- широкосмуговий доступ;
- мобільний доступ (на морських та повітряних засобах);
- урядові служби та військові підрозділи;
- M2M- послуги.

Багато з цих прикладних програм повинні мати підтримку IP-протоколу (наприклад, IPv4):

- Двохсторонній корпоративний супутниковий зв'язок підприємств (термінал супутникового зв'язку з досить маленькою апертурою антени – VSAT (Very Small Aperture Terminal) для підключення до мереж Інтранет/Інтернет. Сьогодні IPv4 є широко розповсюдженим протоколом, проте корпоративні клієнти або державні установи в майбутньому можуть використовувати протокол IPv6. Деякі системи VSAT налаштовані в мережі таким чином, що дозволяє віддаленим вузлам взаємодіяти один з одним без необхідності зв'язку через центральний вузол зв'язку, проте для цього зазвичай необхідні великі антени у віддалених місцях.

- Передача відео через кабельні головні станції. В майбутньому кабельні телевізійні компанії можуть бути зацікавленими в протоколі IPv6.

- Платна супутникова телевізійна трансляція відео користувачам. Деякі додаткові прикладні програми можуть бути в стані забезпечити ефективне використання інфраструктури протоколу IPv6.

- Прикладна програма для доступу в Інтернет пасажирів літаків/ абонентам мобільного зв'язку (див. рис. 2.1, а) і прикладна програма M2M (див. рис. 2.2, б). Протокол IPv6 є ідеальною базовою інфраструктурою для всеохоплюючого Інтернету речей IoT (Internet of Things) і мобільних прикладних програм.

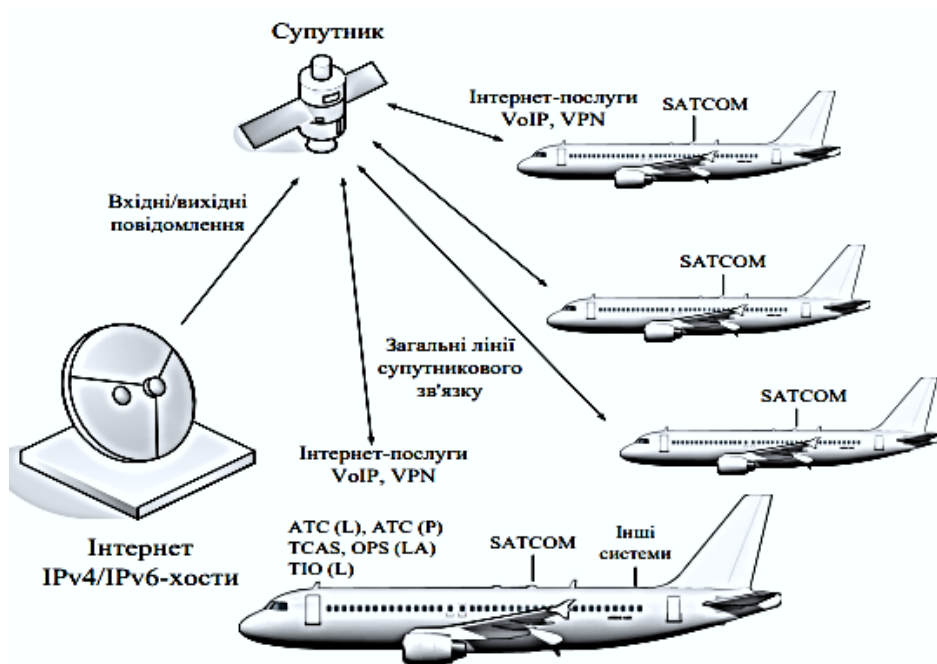


Рис. 2.1 а. Типові прикладні програми для пасажирів літаків і абонентів мобільного зв'язку

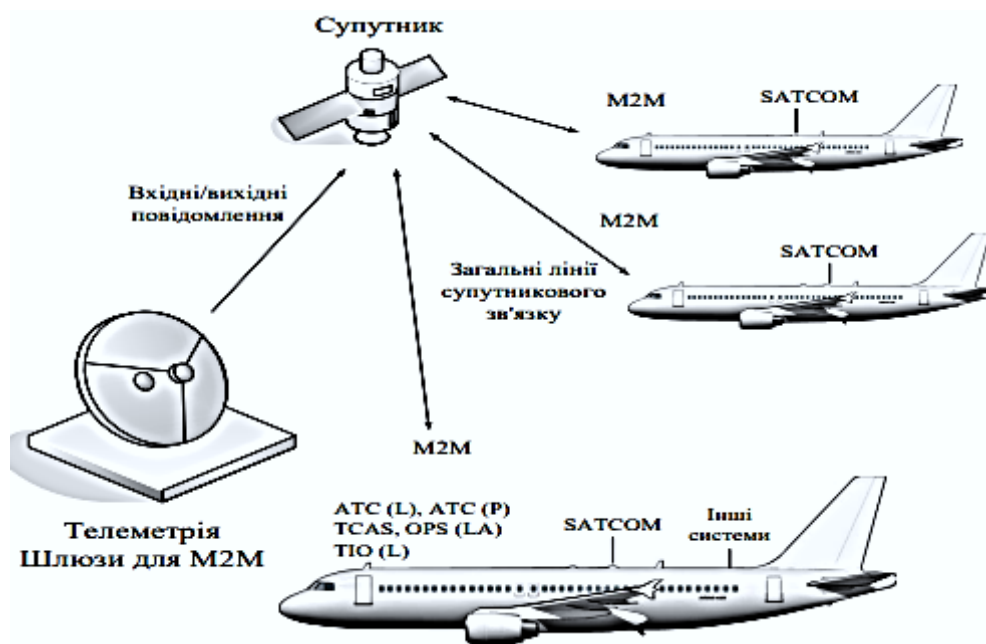


Рис. 2.1 б. Прикладна програма M2M для пасажирів літаків і абонентів

2.2. БОРТОВА МЕРЕЖА ETHERNET

Бортова мережа Ethernet є найпопулярнішою мережевою технологією. Мережа Ethernet описується стандартами IEEE 802.3 (10 Мбіт / с) і 802.12 (100 Мбіт/с). За її допомогою створено єдину комунікаційну бортову інфраструктуру. Використання Ethernet у бортові системи дозволяє системам передавати інформацію на рівень бортової системи збору польотної інформації для використання в різних додатках.

Мережа Ethernet з'явилася в 1975 р і в даний час це найпопулярніша мережева структура. Класична мережу Ethernet використовує:

- топологію «шина», «зірка» або «зірка-шина»; швидкість передачі 10 Мбіт / с або 100 Мбіт / с; немодульованих передачу;
- множинний доступ з контролем несучої і виявленням колізій (CSMA / CD).

Дані передаються кадрами. Кадр може мати довжину від 64 до 1518 байт, його зміст представлено на рис. 2.2.

пауза (12)	преамбулу (7)	SOF (1)	приймач (6)	джерело (6)	довжина (2)	дані (Максимум 1500)	CRC (4)
---------------	------------------	---------	----------------	----------------	----------------	-------------------------	------------

Рис.2.2. Кадр Ethernet

Нового кадру передують обов'язкова пауза тривалістю 12 байт. Передача кадру починається з преамбули (7 байт), яка служить для досягнення стійкої синхронізації, за нею йдуть ознака початку кадру SOF (Start Of Frame) – зумовлена комбінація біт (1 байт), адреса приймача (6 байт), адреса джерела (6 байт), довжина кадру (2 байта) і, нарешті, дані. Завершується кадр кодом CRC (4 байта) для перевірки помилок передачі.

На групу пристроїв вказує адреса приймача. Для цієї мети зарезервовані перші біт адреси.

Ділянка довжини кадру може використовуватися і для іншої мети: якщо значення в цієї ділянці більше або дорівнює 1536, значить ділянка використовується для вказівки використовуваного протоколу мережевого рівня (IP / IPX).

Вузли мережі, які здійснюють сеанс зв'язку, проводять автопереговори. Вони визначаються у загальних для обох режимів роботи і виключення з їх взаємодії режимів, які хоча б один з них не підтримує. Із загальних режимів за певним пріоритетом вибирається один і потім вже починається власне передача інформації.

Технологія Ethernet дуже поширена, доступна великій кількості комерційних компонентів, які можуть бути застосовані на ЛА, якщо їх як слід захистити і сертифікувати. Підприємці підтримують Ethernet пристроїв і компонентів, масове виробництво подібних продуктів гарантує їх досить низьку вартість.

Ethernet розроблялася для комерційного застосування, тому в ній не приділяється уваги тому, чи дійшли дані до місця призначення. Передавач буде продовжувати передачу незалежно від того, чує його хто-небудь чи ні. При такому підході дані можуть пропасти. У військових і авіаційних додатках, де це неприйнятно, мережа Ethernet застосовується після незначних змін в протоколі передачі, що підвищують його детермінізм.

В авіації вперше мережу Ethernet зі швидкістю передачі 10 Мбіт/с була застосована на літаку Boeing 777. Тоді вона використовувалася тільки для передачі некритичних даних – в системі розваг пасажирів, на стоянці і т. ін. На таку мережу згодом був випущений стандарт ARINC 646 Ethernet Local Area Network. До теперішнього часу роль Ethernet змінилася: мережа повинна стати головним інтерфейсом, що з'єднує всі компоненти, і комерційні, і авіаційні – від переносних комп'ютерів пасажирів до автопілота. На літаку Boeing 767-400ER фірма Rockwell Collins вперше застосувала Ethernet зі швидкістю передачі 10 Мбіт / с у відповідальній системі, яка працює в режимі реального часу – в системі індикації. Ця система була успішно сертифікована як в США, так і в Європі. А на літаку A380 мережу Ethernet обрана в якості основного бортового інтерфейсу, вона з'єднує систему літаководіння, засоби індикації та сигналізації і інші компоненти бортового обладнання (БО). Створюваний для A380 різновид Ethernet відомий як AFDX (avionics full duplex switched network). У порівнянні зі стандартами IEEE він матиме деякі відмінності, викликані вимогами безпеки і надійності, а також необхідністю гарантовано надати вузлам мережі можливість передавати інформацію в режимі реального часу. В основному береться робота перемикача (switch), який переправляє дані від блоку до блоку. Бортова мережа крім власної передачі буде:

- а) гарантувати передбачуваний, детермінований потік даних;
- б) обмежувати смугу пропускання для кожного конкретного передавача (тобто контролювати тривалість передачі);
- в) контролювати цілісність переданої інформації.

Інша відмінність AFDX від традиційної мережі Ethernet полягає в тому, що вона дубльована. Дубльовані і перемикачі. Також висувуються додаткові електричні вимоги

до кабелю. Використовується повнодуплексний Ethernet і топологія «зірка», що дозволяє уникнути невизначеності, властивих методу доступу CSMA / CD. У протоколі IP велика частина функцій підтримуватися не буде, на транспортному рівні використовується протокол UDP, для контролю мережі – протокол SNMP, для завантаження файлів – TFTP.

Ethernet на A380 це основа для структури інтегрованої модульної авіоніки. Деякі процесорні блоки будуть служити в якості обчислювальних ресурсів і оброблятимуть дані багатьох додатків.

Зміна ролі Ethernet на борту ЛА викликало необхідність розробки нового стандарту – ARINC 664. Цей стандарт адаптує мережу Ethernet, відповідну специфікації IEEE 802.3, для застосування в бортових мережах передачі даних. Згодом ARINC 664 повинен замінити ARINC 646.

У порівнянні з існуючими зв'язками ARINC 429 застосування Ethernet дає наступні переваги: збільшується пропускна здатність; підвищується гнучкість в структурі авіоніки; зменшується кількість проводів.

Збільшення пропускної спроможності дозволить задовольнити всі зростаючі вимоги з боку бортових систем. Дані, якими обмінюються системи, більше не обмежуються окремими параметрами, такі як швидкість і висота. Тепер це може бути рельєф на ділянці місцевості, або схема аеродрому, або карта погоди. Авіація рухається від передачі даних, що вимагають низької пропускної здатності системи зв'язку, до передачі інформації, обсяги якої вимірюються гігабайтами і вимагають високої пропускної здатності.

На існуючих ЛА, навіть у разі кабіної конструкції авіоніки на Boeing 777, обчислювальні модулі тісно пов'язані спеціальною шиною передачі даних і тому повинні бути розміщені в одній оболонці або принаймні в обмеженому просторі. Це обмежує можливість розміщення обчислювальних ресурсів. З Ethernet такої проблеми немає: обчислювальні модулі, розташовані в різних кінцях літака, можуть спілкуватися точно так же, як якщо б вони перебували поруч. Крім того, з Ethernet дані можна направляти туди, де вони потрібні і при цьому не потрібно вносити великих змін в конструкцію літака.

Незалежність від фізичної оболонки має і ще одна перевага – це дозволяє доскональніше вибрати постачальників обладнання для літака. Коли обладнання укладено в один корпус, то і постачальник повинен бути один, а це не завжди зручно.

З безлічі різновидів Ethernet в якості бортової мережі передачі застосовуються тільки чотири: 10Base-T, 10Base-2, 100Base-TX, 100Base-FX. Інформація передається кодом «Манчестер II».

10Base-T використовує в якості середовища передачі кручену пару, швидкість передачі інформації 10 Мбіт/с, топологію «зірка-шина». Концентратор мережі виступає як багатопортовий повторювач. Кожен комп'ютер підключений до концентратора окремим кабелем, довжина кабелю може бути від 2,5 до 100 м (без використання повторювача), причому в кабелі дві пари проводів: одна на прийом, інша на передачу. Концентратори зазвичай з'єднуються між собою коаксіальним або оптоволоконним кабелем. Можливе об'єднання без концентратора – радіальні зв'язку за типом «кожен з кожним».

Мережа може бути дуплексною або напівдуплексною, може обслуговувати до 1024 комп'ютерів. Оцінка цілісності зв'язків і середовища передачі виробляється посилюючими спеціальними імпульсами.

10Base-2 використовує в якості середовища передачі тонкий коаксіальний кабель. Швидкість передачі інформації 10 Мбіт/с. Має топологію «шина» або «кільце», використовуються Т-образні BNC-конектори. Довжина сегмента кабелю від 0,5 до 185 м. На одному сегменті кабелю може бути до 30 вузлів – комп'ютерів і повторювачів. Всього може бути 5 сегментів (925 м), з них тільки до трьох передбачається підключення комп'ютерів, два інших служать для збільшення загальної довжини.

Засоби ізоляції несправних вузлів відсутні, за винятком таймера, вбудованого в передавач, який примусово відключає передачу через певний час.

100Base-TX використовує в якості середовища передачі екрановані вити пари з двома парами проводів – окремо на прийом і на передачу. Швидкість передачі інформації 100 Мбіт / с. Має топологію «зірка-шина».

Мережа може бути дуплексною або напівдуплексною. У напівдуплексній мережі довжина кабелю обмежується часовими характеристиками і може бути до 100 м без повторювача. У дуплексній мережі цього обмеження немає.

Коли передачі немає, цілісність зв'язку перевіряється посилкою спеціального символу.

100Base-FX має ті ж характеристики, що й *100Base-TX*, за винятком:

- використовує в якості середовища передачі двожилийний оптоволоконний кабель;
- мережу дуплексну;
- обмежень по довжині кабелю, можна вважати, немає (50 км без повторювача).

Може бути 2 типу бортових мереж передачі даних: звичайні (*Compliant network*) і профільовані (*profiled network*).

Звичайна мережа повністю відповідає комерційної специфікації IEEE 802.3, використовує для передачі протоколи TCP/IP або UDP/IP, з наземними мережами зв'язується через звичайні канали зв'язку. За рівнем критичності програмного забезпечення, встановленого в DO-178B, звичайні мережі відповідають вимогам для рівня D і нижче, тобто можуть використовуватися тільки для некритичних функцій, таких, як розвага пасажирів. Профільовані мережі, яких на ЛА може бути декілька, мають деякі відхилення від комерційної специфікації, що викликано їх авіаційним застосуванням. У середині однієї профільованої мережі забезпечується повна взаємодія між пристроями.

Профільовані мережі призначені для виконання критичних або суттєвих польотних функцій, тому вони підпорядковані жорстким авіаційним правилам і обов'язково повинні бути повністю контрольовані. Прикладом такої мережі може бути система індикації, системи управління польотом і т. ін.

Звичайні і профільовані мережі, хоча вони і сертифікуються на різних рівнях, проте можуть з'єднуватися між собою. Однак, взаємодія між звичайною і профільованою мережею, а також між профільованими мережами з різними характеристиками не гарантовано без використання маршрутизаторів або шлюзів. При з'єднанні звичайної і профільованої мережі безпека забезпечується шляхом

використання брандмауера, припиняють нерегламентований доступ до профільованої мережі (рис.2.3).

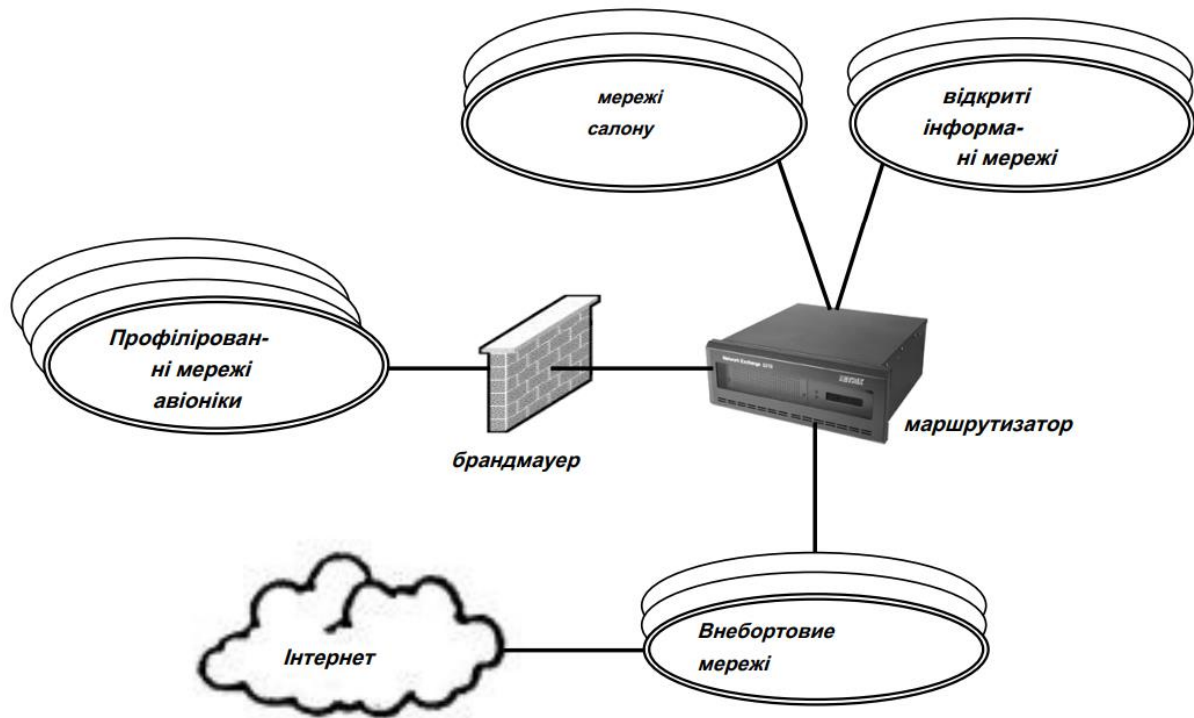


Рис.2.3. Зв'язок бортових і внебортових мереж

Брандмауер фільтрує проходить потік даних, керуючись такими правилами:

- всередині профільованих мереж дозволяється проходження будь-яких пакетів;
- між профільованими мережами дозволяється проходження будь-яких пакетів, але для поділу мереж з метою безпеки може застосовуватися фільтрація;
- вхідні пакети від звичайних бортових мереж пропускаються тільки якщо адреса джерела топологічно коректний, а адресою призначення є проксі-сервер всередині брандмауера;
- вихідні пакети в звичайні бортові мережі пропускаються тільки якщо адреса приймача топологічно коректний, а адресою джерела є проксі-сервер всередині брандмауера;
- вхідні / вихідні пакети від не бортових джерел пропускаються тільки якщо вони відповідають встановленим правилам безпеки і відповідають зазначеним вище вимогам до вхідних / вихідних пакетів.

Центральними пристроями в бортових мережах є маршрутизатори. На борту повинно бути, як мінімум, один такий пристрій. Через нього забезпечується

з'єднання бортових мереж з внебортовими, в тому числі з бездротовою локальною мережею по ARINC 763 (через радіотелефонний, супутниковий або СВЧ канали зв'язку). Маршрутизатор взаємодіє з льотним екіпажем, наземним екіпажем, бортовими мережами і наземними мережами. Його головним завданням є забезпечення Internet-сервісів для екіпажу та пасажирів, включаючи електронну пошту, доступ до WWW, інформацію про погоду протягом польоту, розвага пасажирів. З бортовим обладнанням маршрутизатор здатний взаємодіяти з бортовим інтерфейсів – ARINC 429, 629, 717, 746, MIL-STD-1553 і т. ін.). Для трафіку повітря/земля маршрутизатор використовує який-небудь спосіб шифрування даних. Він здатний розрізняти адресу свого літака. Маршрутизатор може бути комерційним пристроєм (COTS), його програмне забезпечення може мати низький рівень критичності (рівень E по DO-178B).

Терміналами в кабіні пілотів можуть бути: вузли бортових мереж, термінал техобслуговування, мережеві принтери, блоки бездротових локальних мереж, супутникові приймачі, звичайні телефонні апарати.

Для льотного персоналу бортова мережа забезпечує:

- бази даних;
- графічне представлення погоди;
- доступ до польотної документації;
- електронний бортжурнал;
- інструкції при виникненні небезпек;
- карти контрольних перевірок;
- навігаційні карти;
- обчислення льотних характеристик;
- польотні звіти, звіти по обслуговуванню;
- список необхідного обладнання на борту.

Для обслуговуючого персоналу (Бортпровідників) бортова мережа забезпечує:

- бортжурнал;
- електронну пошту;
- звіти та інвентарні списки;

- Інтранет / Інтернет;
- карти передполітних / Передпосадкових операцій;
- контроль якості обслуговування;
- підтвердження кредитних карток;
- специфічні бази даних, в т.ч. по пасажирах.

Для наземного обслуговуючого персоналу бортова мережа забезпечує:

- електронний бортжурнал;
- електронні посібники з техобслуговування;
- завантаження даних в бортові блоки (замість завантажувача ARINC 615);
- запис даних;
- засоби пошуку та локалізації несправностей;
- зберігання завантаженого в бортові блоки програмного забезпечення;
- контроль стану системи;
- обробку даних від бортових систем;
- обробку даних про відмови, статистику техобслуговування;
- підтримку портативних пристроїв техобслуговування.

2.3. СУЗІР'Я СУПУТНИКА ІРИДІУМ

Сузір'я супутника Іридідум забезпечує покриття голосової інформації та даних L-діапазону (від 1 до 2 ГГц, ІЕЕЕ) для супутникових телефонів та інтегрованих трансиверів по всій поверхні Землі. Компанія Iridium Communications володіє і управляє сузір'ям, додатково продаючи обладнання та доступ до своїх послуг. Він був задуманий наприкінці 1987 року, а потім розроблений компанією Motorola за контрактом із фіксованою ціною з 1993 по 1998 рік, коли система стала функціонувати та комерційно доступна. В наш час є всесвітнім оператором супутникового телефонного зв'язку. Зона покриття становить 100% поверхні Землі, включаючи обидва полюси. Однойменне орбітальне угруповання налічує 66 супутників, розташованих на низьких орбітах з нахилом $86,5^\circ$ і висотою 780 км.

У 2019 році було 82 оперативні супутники (76 в діючій службі, 6 запасних). При орбітальному періоді близько 100 хвилин супутник може знаходитись у полі зору телефону або трансивера лише протягом 7 хвилин, тому дзвінок автоматично

«передається» іншому супутнику, коли той переходить за локальний горизонт. Для цього потрібна велика кількість супутників, ретельно розташованих на полярних орбітах, щоб забезпечити постійний огляд принаймні одного супутника з кожної точки на поверхні Землі. Для безшовного покриття потрібно щонайменше 66 сателітів на 6 полярних орбітах, що містять по 11 супутників кожен.

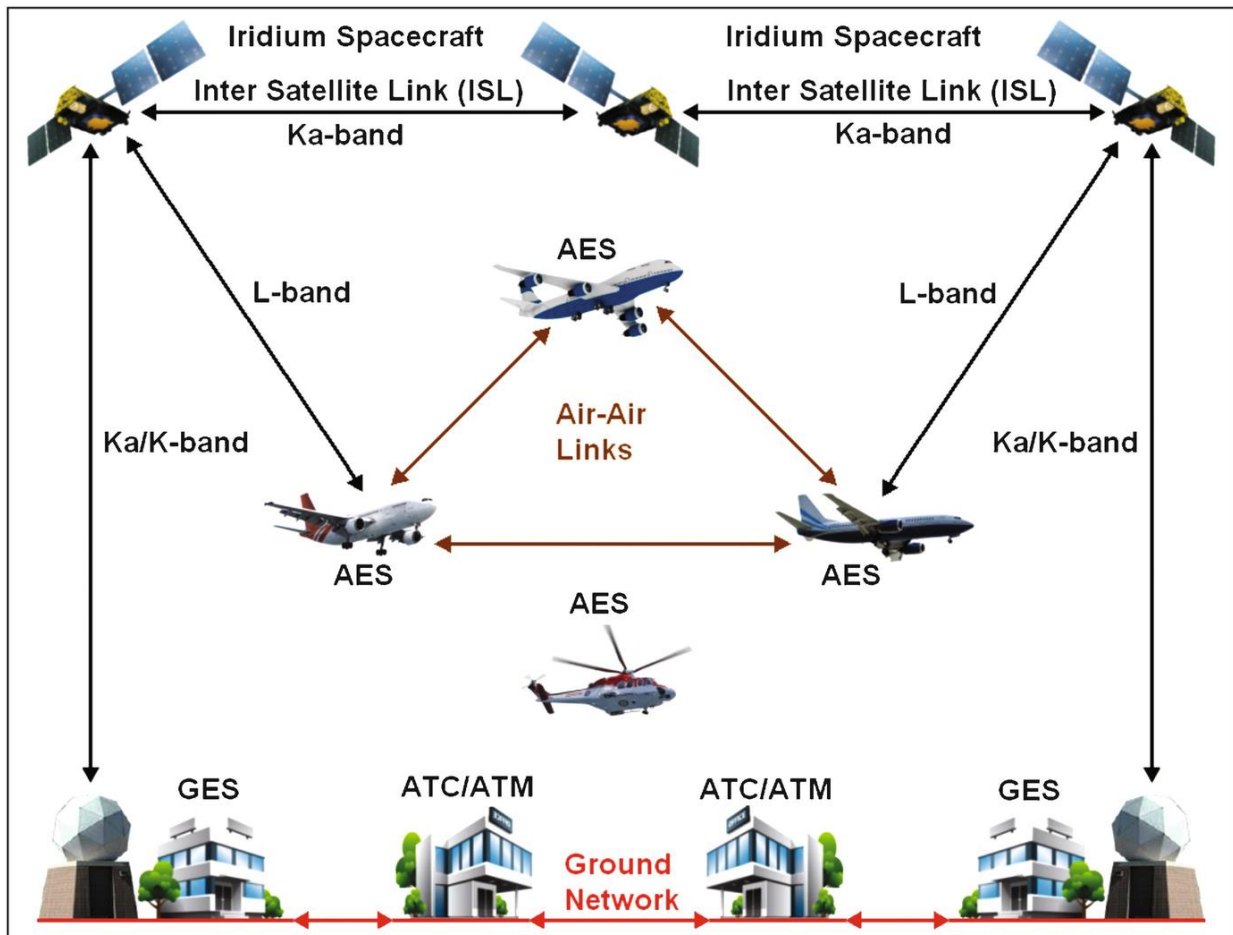


Рис. 2.4. Мережа Iridium авіаційних супутників

У 2017 році Iridium розпочав запуск Iridium NEXT, всесвітньої мережі телекомунікаційних супутників другого покоління, що складається з 66 активних супутників, з дев'ятьма іншими орбітальними запасними частинами та шістьма наземними запасними частинами. Ці супутники включають такі особливості, як передача даних, які не були підкреслені в оригінальному дизайні. Термінали та сервіси наступного покоління стали комерційно доступними в 2018 році. Супутники NEXT включають вторинну корисну навантаження для Aireon, приймача даних ADS-B, що відповідає космосу, для використання системою управління повітряним рухом та, через FlightAware, авіакомпаніями. Iridium NEXT також забезпечує передачу даних до

інших супутників у космосі, дозволяючи керувати та керувати іншими космічними активами незалежно від положення наземних станцій та шлюзів.

Зв'язок між супутниками та слухавками здійснюється за допомогою системи на основі TDMA та FDMA із використанням L-діапазону спектру між 1616 та 1626,5 МГц. Іридій ексклюзивно контролює 7,775 МГц цього і надає ще 0,95 МГц.

Зовнішні антени типу «хокейна шайба», що використовуються з портативними телефонами Iridium, модемами передачі даних та терміналами SBD, зазвичай визначаються як коефіцієнт підсилення 3 дБ, імпеданс 50 Ом з RHCP (права кругова поляризація) та 1,5: 1 VSWR. Оскільки іридіві антени функціонують на частотах, дуже близьких до частот GPS, одна антена може бути використана через прохідну передачу як для прийому іридівію, так і для прийому GPS.

Система Iridium використовує три різні типи передачі обслуговування. Під час подорожі супутника над землею дзвінки надходять на сусідні точкові промені; це відбувається приблизно кожні п'ятдесят секунд. Супутник залишається в поле зору лише сім хвилин на екваторі. Коли супутник зникає з поля зору, робиться спроба передати дзвінок іншому супутнику. Якщо жодного іншого супутника не видно, з'єднання розривається. Це може статися, коли сигнал від будь-якого супутника заблокований перешкодою. У разі успіху передача даних між супутниками може бути помітною через перерву на чверть секунди.

Супутникові літери також можуть передавати мобільні пристрої на різні канали та часові інтервали в межах одного і того ж променя.

Iridium направляє телефонні дзвінки через космос. На додаток до зв'язку із супутниковими телефонами, що знаходяться в його сліді, кожен супутник у сузір'ї також підтримує контакт з двома-чотирма сусідніми супутниками та передає дані між ними, щоб ефективно створити велику мережеву мережу. Є кілька наземних станцій, які зв'язуються з мережею через видимі для них супутники. Космічний переключальник маршрутизує пакети вихідних телефонних дзвінків через простір до однієї з наземних станцій низхідних посилянь («фідерні посилення»). Наземні станції Іридівію з'єднують супутникову мережу з наземною фіксованою або бездротовою інфраструктурою у всьому світі для покращення доступності. Виклики від станції до станції з одного

супутникового телефону на інший можна перенаправляти безпосередньо через космос, не проходячи через наземну станцію.

Коли супутники залишають зону наземної станції, таблиці маршрутів оновлюються, а пакети, що прямують до наземної станції, перенаправляються на наступний супутник, який щойно потрапляє в поле зору наземної станції. Комунікація між супутниками та наземними станціями знаходиться на частотах 20 і 30 ГГц (діапазон К/Ка).

Вплив супутників Iridium на глобальні комунікації дуже великий. Вони дозволили людям у віддалених і сільських районах отримати доступ до послуг високошвидкісного зв'язку, до яких вони інакше не мали б доступу. Вони також увімкнули глобальні послуги навігації та зв'язку для кораблів, літаків та інших транспортних засобів. Це забезпечило ефективніші подорожі та зв'язок, а також покращило безпеку для мандрівників і тих, хто працює у віддалених районах.

Крім того, супутники Iridium дозволили покращити зв'язок між екстреними службами, такими як поліція, пожежна служба та служба швидкої допомоги, забезпечуючи швидший час реагування в надзвичайних ситуаціях. Вони також дозволили покращити зв'язок між військовослужбовцями у віддалених місцях, підвищивши їх безпеку та ефективність.

Супутники дозволяють людям у віддалених і сільських районах отримувати доступ до послуг мобільного телефону та широкосмугового Інтернету, які інакше були б недоступні. Вони також забезпечують глобальну навігацію та послуги зв'язку для кораблів, літаків та інших транспортних засобів.

Пропускна здатність системи «Iridium» складає 56000 дуплексних телефонних каналів. Система є низькоорбітальною. Розташування орбіт представлено рисунком 2.5.



Рис. 2.5. Розташування орбіт навколо Землі

2.4. СУПУТНИКОВЕ СУЗІР'Я ІНМАРСАТ

Інмарсат став першопрохідником у розробці та створенні глобальної системи супутникового зв'язку. Маючи за спиною більш ніж 20-річний досвід роботи, Інмарсат зараз експлуатує власні геостационарні супутники чотирьох поколінь.

Технічно система Інмарсат складається з орбітального угруповання супутників, що розташовані на геостационарній орбіті, мережі БЗС (берегових земних станцій) та абонентських терміналів. Виклик від абонентського терміналу через супутник надходить на БЗС, яка потім маршрутизує його до відповідної наземної мережі. У зворотному напрямку зв'язок від абонента надходить на БЗС, яка маршрутизує його на термінал. Таким чином, всі функції встановлення з'єднання виконуються БЗС, супутники використовуються лише для ретрансляції сигналу.

Структура схема системи стандарту Inmarsat представлена рисунком 2.6. Супутникова система Інмарсат включає чотири основні частини: 1) Космічний сегмент: діючі та запасні супутники з ретрансляторами 2) Мережа наземних станцій - ЗС (Land Earth Station -LES). Абонентські рухливі наземні станції, або термінали, (Mobile Earth Station -MES) 3) Засоби управління системою: Центр експлуатації мережі (Network Operation Centre-NOC) 4) Центр управління супутниками (Satellite Control Centre- SCC)

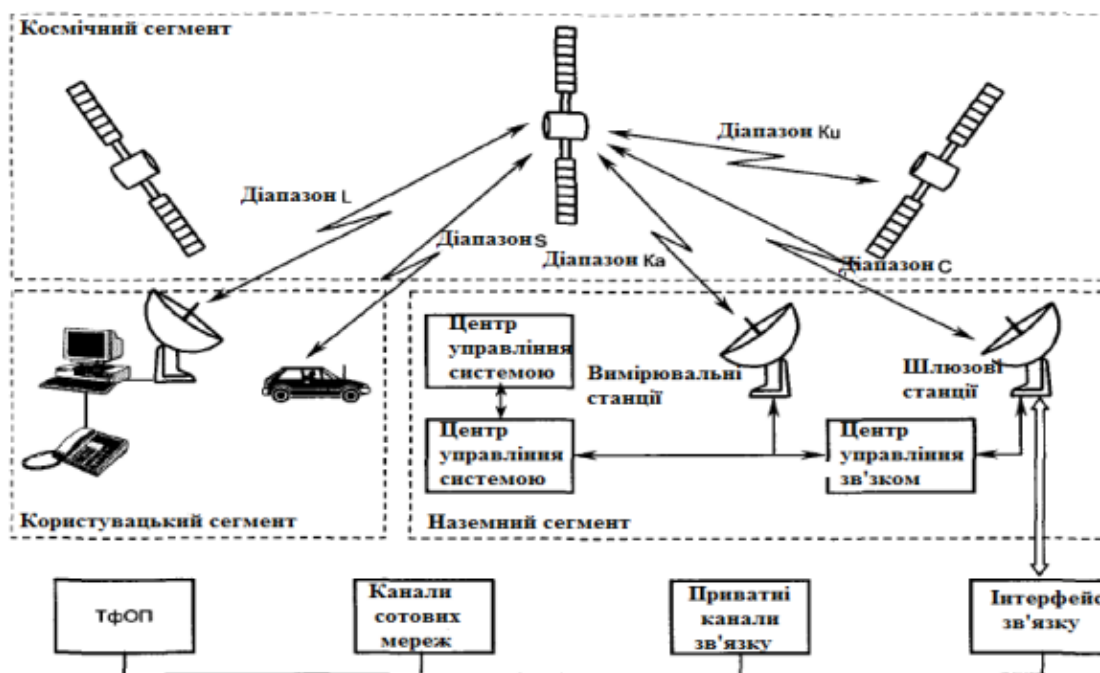


Рис. 2.6. Структура схема системи стандарту Inmarsat

Космічний сегмент включає в себе супутники, запуснені на геостаціонарну орбіту, висота якої становить близько 35 700 км над екватором. Супутники розташовуються в певних точках над Атлантичним, Індійським і Тихим океанами і забезпечують майже глобальне охоплення поверхні Землі (за винятком приполярних шапок – вище 70° північної широти і нижче 70° південної широти). В даний час функціонують чотири супутники, зони охоплення яких відповідають чотирьом океанським районам: Атлантичний океан/ захід, Атлантичний океан/схід, Індійський океан та Тихий океан. Кожен супутник має свою визначену зону покриття чи зону охоплення, у котру входить водяна поверхня і суша, і усередині цієї зони антена рухливої чи фіксованої станції супутникового зв'язку може досить упевнено приймати сигнал від супутника. Супутники запускаються ракетою-носієм на геостаціонарну орбіту над екватором, на якій швидкість обертання супутника збігається зі швидкістю обертання Землі, і такий супутник здається нерухомим з боку земного спостерігача. Сонячні батареї супутника забезпечують його електроенергією. У системі працюють також запасні супутники, що забезпечують зв'язок у випадку виходу з ладу основного супутника [3,4]. Наземний сегмент містить у собі глобальну мережу берегових земних станцій (БЗС), станції, що координують роботу БЗС та СЗС мережі у кожному океанському районі (КСС), і центра експлуатації мережі. БЗС забезпечують лінію зв'язку між супутником і

наземними мережами зв'язку й одночасно можуть надавати кілька каналів для зв'язку зі СЗС. Зв'язок БЗС із супутником здійснюється через велику параболічну антену з вузькою діаграмою спрямованості. Земні станції зв'язані з береговими комунікаційними мережами, такими, як: міжнародна мережа телекс, телефонні мережі загального користування, мережа цифрових телефонних станцій, Internet. Через БЗС здійснюється зв'язок з рятувально-координаційним центром, а також зі спеціальними службами за допомогою двозначних кодів. БЗС забезпечують облік часу заняття каналів і оформлення рахунків на оплату послуг зв'язку. У кожному океанському районі розгорнута координуюча станція мережі, що виконує ряд додаткових функцій, до яких відносяться: – спостереження за зайнятістю каналів і оперативний їх розподіл по запитах абонентів; – облік усіх терміналів, що знаходяться на зв'язку в будь-який момент часу; – дублюючий прийом та ретрансляція викликів тривоги. Берегові земні станції забезпечують зв'язок між супутниками і наземними мережами зв'язку, використовуючи діапазон (6425-6443) МГц для передачі сигналів на супутник і діапазон (3600-3623) МГц для прийому сигналів від супутника. Перелік берегових станцій ІНМАРСАТ приведений у додатку. Суднові земні станції (Ship Earth Station - SES) - це термінали зв'язку, які установлені на борту судна і призначені для зв'язку з береговими абонентами через супутник і БЗС. Для роботи в ГМЗЛБ схвалені наступні стандарти супутникових станцій: ІНМАРСАТ-А, В, С. Аварійний радіобуй ІНМАРСАТ-Е може використовуватися замість АРБ КОСПАС-САРСАТ у районі АЗ. Станції інших стандартів можуть установлюватися додатково для розширення можливостей комерційного зв'язку

Окрім своїх комерційних послуг, Inmarsat безкоштовно надає глобальну службу морської катастрофи та безпеки (GMDSS) кораблям та літакам як державну службу.

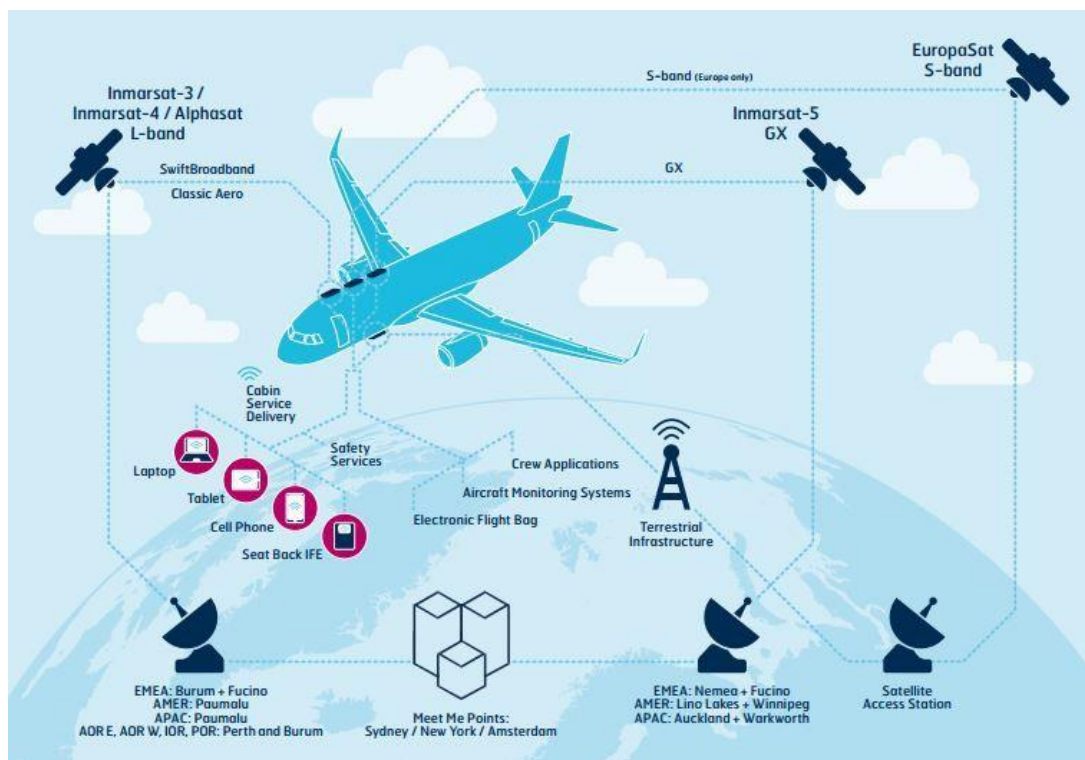


Рис. 2.7. Авіаційна супутникова мережа Інмарсат

Цікавий факт. У березні 2014 року рейс 370 авіакомпанії Malaysia Airlines зник з 239 пасажирами та екіпажем на шляху з Куала-Лумпура до Пекіна. Відвернувшись від запланованого шляху та зникнувши з радіолокаційного покриття, супутниковий блок даних літака залишався у зв'язку з наземною станцією Inmarsat у Перті через супутник IOR (Регіон Індійського океану, 64° на схід). Літак використовував послугу супутникового зв'язку Inmarsat Classic Aero. Аналіз цих повідомлень Інмарсатом та незалежно від інших відомств встановив, що літак влетів у південь Індійського океану і використовувався для керівництва пошуком літака.

Inmarsat розробив низку мереж, що надають певні набори послуг (більшість мереж підтримують кілька служб). Вони згруповані у два набори –існуючі та еволюціоновані послуги та розширені послуги. Існуючі та розвинуті послуги пропонуються через наземні земні станції, які не є власністю та не експлуатуються Inmarsat, а через компанії, які мають комерційний договір з Inmarsat. Розширені послуги надаються через партнерів з розподілу, але супутникові шлюзи належать і експлуатуються безпосередньо Inmarsat.

Послуги з високою пропускнуою здатністю:

- Global Xpress: З 2015 року Inmarsat пропонує високопродуктивні послуги через мережу Global Xpress. Ця послуга забезпечує глобальну послугу на основі IP із швидкістю до 50 Мбіт / с і висхідною лінією 5 Мбіт / с із затримкою 700 мс. Послуги надаються на морському, авіаційному, державному та підприємницькому ринках. Global Xpress підтримується існуючою мережею діапазонів BGAN L, а послуги пропонуються за допомогою комбінації двох мереж для підвищення доступності та надійності. У березні 2018 року Inmarsat співпрацює з Isotropic Systems для розробки сучасної повністю електронної скануючої антени, призначеної для використання з мережею Global Xpress.

- Європейська авіаційна мережа: Inmarsat пропонує авіаційні послуги через Європейську авіаційну мережу, розроблену у партнерстві з Deutsche Telekom. Європейська авіаційна мережа використовує наземну мережу LTE та супутник S-діапазону Inmarsat для забезпечення пропускної спроможності 50 Гбіт / с для літаків у європейському повітряному просторі. Проект зіткнувся з низкою правових та нормативних проблем. На початок 2021 року послуга використовувалася на 200 000 рейсах по всій Європі на рейсах на 250 літаках, що експлуатуються British Airways, Iberia та Vueling.

«Сімейство BGAN» – це набір послуг спільного носія на основі IP, а саме:

- BGAN: Глобальна широкопasmово мережа для використання на суші. BGAN використовує супутники I-4, щоб запропонувати спільну IP-послугу з комутацією пакетів IP до 800 кбіт / с (швидкість висхідної та низхідної лінії зв'язку можуть відрізнитися і залежить від моделі терміналу) та послугу потокового IP від 32 кбіт / с вгору до швидкості передачі даних X-Stream (послуги залежать від моделі терміналу). Більшість терміналів також пропонують комутовані комутаційні послуги ISDN зі швидкістю 64 кбіт / с і навіть низькою швидкістю (4,8 кбіт / с) тощо. Послуга BGAN доступна у всьому світі на всіх супутниках I4.

- FleetBroadband (FB): морська послуга, FleetBroadband базується на технології BGAN, пропонуючи подібні послуги та використовуючи ту саму інфраструктуру, що і BGAN. Доступний широкий спектр користувацьких терміналів, призначених для встановлення на судах.

- SwiftBroadband (SB): Авіаційна служба, SwiftBroadband базується на технології BGAN і пропонує подібні послуги. Термінали SB спеціально розроблені для використання на борту комерційних, приватних та військових літаків.

«Сімейство BGAN M2M» – це набір послуг на базі IP, призначених для довгострокового управління машинним механізмом основних фондів, а саме:

- BGAN M2M: запущений на початку січня 2012 року, надаватиме глобальну послугу з низькою швидкістю передачі даних на базі IP для користувачів, які потребують високого рівня доступності даних та продуктивності в постійно безпілотних середовищах. BGAN M2M, який ідеально підходить для звітності даних про високочастотні дані з дуже низькою затримкою, виявиться надзвичайно привабливим для моніторингу основних фондів, таких як трубопроводи та витіки нафтових свердловин, або для проведення реконструкції даних про споживання електроенергії в межах комунального підприємства.

- IsatM2M: IsatM2M – це глобальна служба коротких пакетних даних, зберігання та пересилання, яка надаватиме повідомлення розміром 10,5 або 25,5 байт у напрямку відправки до 100 байт у напрямку прийому. Послуга поставляється на ринок через двох партнерів - SkyWave Mobile Communications та Honeywell Global Tracking.

- IsatData Pro: IsatData Pro – це глобальна служба супутникових даних, призначена для двостороннього обміну текстом і даними з віддаленими ресурсами і має можливість швидкого обміну великими обсягами даних (До мобільного: 10 кБайт / З мобільного: 6,4 КБ з типовим часом доставки 15 секунд.) Ця послуга використовується в критично важливих додатках і використовується у всьому, починаючи з управління вантажними автомобілями, риболовними суднами, нафтогазовим та важким обладнанням, закінчуючи текстовими повідомленнями віддалених працівників та додатків безпеки. Її надає SkyWave Mobile Communications Inc, яка зараз є частиною Orbcomm.

Компанія пропонує портативні та фіксовані глобальні телефонні послуги наступним чином:

- IsatPhone 2: IsatPhone 2 – це власний розроблений та виготовлений надійний мобільний супутниковий телефон компанії Inmarsat, що забезпечує чітку голосову телефонію. Він також постачається з різноманітними можливостями передачі даних,

включаючи SMS, надсилання коротких повідомлень електронною поштою та пошук і відправлення GPS, а також підтримує службу передачі даних до 20 кбіт / с.

- IsatPhone Link: IsatPhone Link – це недорога фіксована послуга глобального супутникового зв'язку. Він забезпечує необхідне голосове підключення для тих, хто працює або живе в районах без стільникового покриття, а також має безліч можливостей передачі даних.

- FleetPhone: Послуга FleetPhone від Inmarsat – це фіксована телефонна послуга, ідеальна для використання на менших суднах, де голосовий зв'язок є головною вимогою, або на суднах, де потрібні додаткові голосові лінії. Він пропонує недорогий, глобальний варіант супутникової телефонної служби для тих, хто працює або плаває поза межами стільникового покриття.

2.5. ПОСЛУГИ СПОЖИВАЧАМ ТА ПЕРЕВІЗНИКАМ SATCOM

Можливість зв'язку до літаків через SATCOM стає все більш важливою. Аеронавігаційні системи SATCOM у своїй базовій конструкції здатні передавати голос та дані, включаючи передачу даних, дозволяючи користувачеві здійснювати комунікацію протягом усього польоту, за винятком зльоту та посадки; це пов'язано з орієнтацією антени щодо прямої видимості (LOS). У найпростішій формі, лінія SATCOM, що несе дуплексну (двосторонню) схему зв'язку: AES передає на супутник несучу хвилю висхідної лінії зв'язку на радіочастоті (RF), що містить безпечні та небезпечні аеронавічні послуги супутникового мобільного зв'язку (AMSS). Супутникова антена та система транспондерів отримують цю несучу і після перетворення частоти посилюють та повторно випромінюють її як хвилю низхідного каналу, яка приймається наземною земною станцією. Для встановлення зворотного каналу наземна станція передає несучу висхідну лінію зв'язку на інший ВЧ, який приймається авіаційним судном на перетвореному РЧ низхідного зв'язку. Загальніше, супутник оснащений декількома транспондерами. У найбільш просунутих типах супутників сигнал не просто перетворює частоту на транспондер, але він піддається більш складним операціям, включаючи демодуляцію / перемодуляцію, обробку базової смуги тощо.

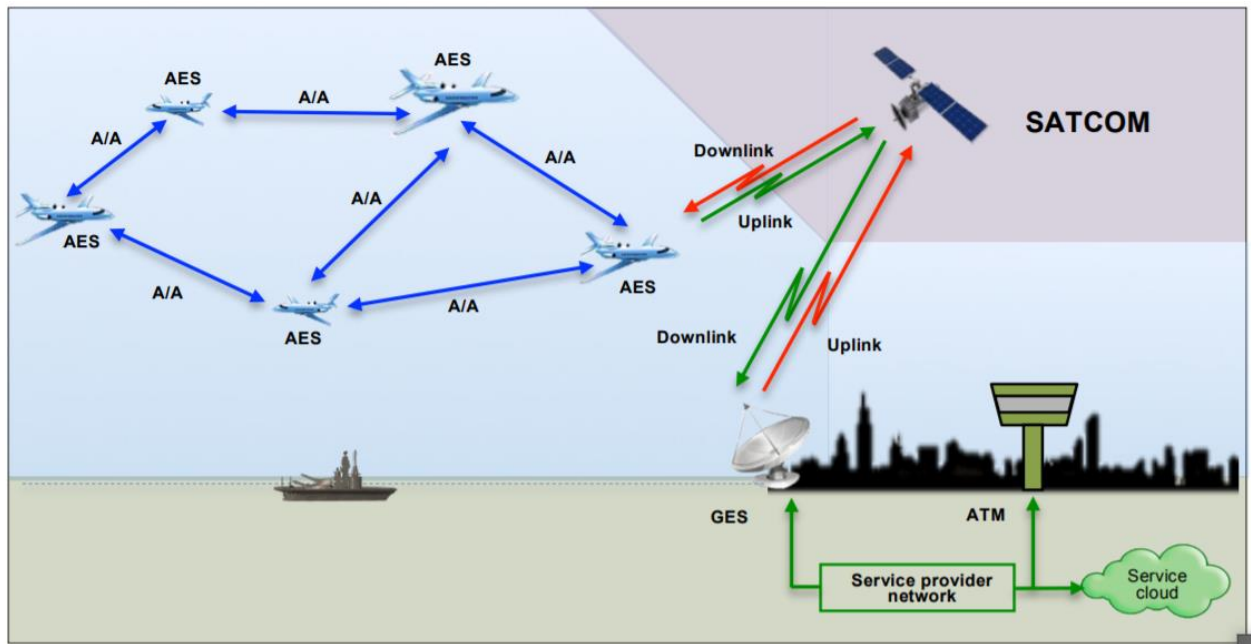


Рис. 2.8. Поточна загальна наскрізна структура системи супутникового зв'язку SATCOM

Саме в цей момент ми зацікавлені скористатися максимальною потужністю каналів зв'язку, яку пропонує SATCOM, щоб приєднатися до так званої спільної мережі авіаційних мереж (CAN), забезпечуючи безпеку та безпеку AMSS, щоб забезпечується зв'язок між хмарою послуг (або банкоматом) з найдальшим AES, що надсилає та отримує свої пакети даних сусідніми AES за допомогою посилення SATCOM (див. рисунок 1.9). Іншими словами, CAN стає повітряно-десантною мережею для застосувань цивільної авіації, літаки мають призначений і запрограмований маршрут (FMS); це дозволяє прогнозувати положення мобільних вузлів на їх шляху і, в свою чергу, максимізувати пропускну здатність доступних сусідніх літаків під час польоту.

В даний час покриття послуг пасажирського зв'язку здійснюється через SATCOM в L, S, Ku та Ka-діапазоні. Послугами пасажирського зв'язку на AES (Aircraft Earth Station) є, серед іншого: послуги телефонії (такі як SMS, електронні листи, мобільний Інтернет, доступ до програм, голос тощо), послуги Wi-Fi (Інтернет, доступ до додатків, Доступ до VPN тощо), аутентифікація кредитної картки або телемедицина. Вони також мають доступ до будь-яких інших послуг, що пропонуються певними авіакомпаніями та постачальниками послуг.

Для потенційного повітряного судна, що бере участь, витрати на участь у бортовому постачальнику мережевих мереж включають придбання дорогого

обладнання, витрати на встановлення, витрати на сертифікацію та потенційні простої літаків.

Авіакомпанія складається з комерційних авіакомпаній, авіаперевізників та менших літаків загальної авіації. Першочерговим інтересом комерційних авіакомпаній є збільшення внеску в їх бізнес. Що стосується доходів, їх, швидше за все, зацікавляють послуги, що приносять додаткові джерела доходу та/або підвищують лояльність клієнтів. Що стосується витрат, їх цікавить будь-яка технологія, яка може знизити їх експлуатаційні витрати. Крім того, їх, швидше за все, приверне ідея послуги, яка допоможе їм відрізнитись від конкурентів. Постачальники авіаційних вантажів цікавляться послугами, які можуть принести їм оперативні вдосконалення. Сегмент бізнес-джетів унікальний тим, що він, ймовірно, матиме більшу готовність платити за підключення через зацікавленість у використанні більш досконалих програм (таких як відеоконференції та VoIP). Нарешті, загальний авіаційний сегмент, що складається з менших літаків і підтримується незалежними власниками, швидше за все, буде зацікавлений у послугах зв'язку, проте з меншим акцентом на розкішних додатках та більшою чутливістю до ціни.

Також варто зазначити, що телефонний (голосовий) зв'язок у системі SATCOM підтримує як аналоговий голосовий канал, так і дані, передані через Інтернет-протокол (VoIP). VoIP, який також називають IP-телефонією, є методом і групою технологій для забезпечення голосового зв'язку та мультимедійних сеансів через мережі Інтернет-протоколу (IP), такі як Інтернет.

2.6. ПОВІТРЯНА СТРУКТУРА ІНТЕРНЕТУ

Повітряна структура Інтернету використовує ті ж принципи, що і традиційна мережа. У базових комп'ютерних локальних мережах кожен комп'ютер використовує мережевий пристрій, такий як мережева карта інтерфейсу (NIC), як свій фізичний інтерфейс до мережевого дроту або локальної мережі (LAN). Це частина першого рівня (фізичного рівня) із семи рівнів OSI (Open Systems Interconnection). Мережевий кабель підключається безпосередньо до мережевої карти на задній панелі ПК. На наступному рівні вище (рівень даних) мережеві

протоколи застосовуються і додаються до NIC. Найчастіше використовується TCP / IP. Протокол Інтернету (IP) – це протокол мережевого рівня, який містить адресуючу інформацію та деяку керуючу інформацію, що дозволяє маршрутизувати пакети. За допомогою IP-адрес пакет направляється до адреси призначення. Пакет також пересилається до наступного стрибка за допомогою адрес Мас. IP-компонент забезпечує маршрутизацію з однієї мережі в іншу мережу і, нарешті, до глобальної мережі Інтернет. TCP відповідає за перевірку правильної доставки даних від клієнта до сервера призначення.

Кожна мережева карта інтерфейсу має виняткову MAC-адресу, яка застосовується в процесі виробництва, перші дві шістнадцяткові цифри вказують на ім'я виробника. TCP/IP присвоює унікальний номер кожній робочій станції (насправді її NIC) у світі. Існує два способи призначення IP-адреси, один – статичний, а другий – динамічний і використовує сервер DHCP. Тоді адресація мережі залежить від конфігурації мережі. IP-адреса та MAC одружені. Ми можемо отримати інформацію про MAC-адресу через IP за допомогою протоколу ARP. Це схоже на спосіб отримання інформації про IP-адресу за допомогою протоколу RARP. Цей «номер IP» має чотири байти і виражається перетворенням кожного байта в десяткове число (від 0 до 255) та розділенням байтів крапкою (наприклад, сервер веб-сайту www.yahoo.com дорівнює 66.94.234.13).

Вся мережа побудована з використанням комерційних коробів маршрутизаторів TCP/IP. Ці скриньки знаходяться в різних місцях, включаючи Інтернет-провайдерів. Кожен маршрутизатор підтримує свої таблиці маршрутизації, яка містить інформацію про всі різні маршрути. Таблиця перекладає ім'я в IP-адресу призначення. Ця система дуже схожа на механізм доставки на пошту. Принцип роботи маршрутизатора дуже схожий на спосіб, яким поштове відділення використовує поштові індекси (так звані поштові індекси) коди для маршрутизації, сортування та доставки пошти за адресою призначення. Маршрутизатори використовують IP-адресу для пошуку адреси призначення. Маршрутизатор також повинен визначити, куди його відправити далі, або який «маршрут» використовувати, щоб переконатися, що він прибуває до місця призначення.

Щоразу, коли пакет надходить на IP-маршрутизатор, маршрутизатор використовує таблицю маршрутизації для прийняття індивідуального рішення про те, куди слід відправити пакет далі.

Принцип повітряного Інтернету полягає у створенні високошвидкісної магістралі мережі в небі з дуже надійною та надійною мережею. Літаки – це мобільні пристрої, і тому інформація про маршрутизацію до них сильно відрізняється, ніж у порівнянні з традиційними локальними та глобальними мережами. Підключення важко підтримувати, оскільки літаки не стаціонарні. Для підтримки зв'язку потрібна мобільна маршрутизація. Модель бортового Інтернету побудована за тією ж концепцією, що і комп'ютерні мережі.

Літаки, що використовують бортову мережу, повинні мати IP-з'єднання з іншим літаком або наземною IP-мережею. Системою супутникового зв'язку можуть користуватися літаки, які здійснюють польоти у віддалених районах, що перебувають за межами охоплення УКХ існуючої інфраструктури національної системи повітряного простору. Система супутникового зв'язку вперше широко використовувалася для тривалих польотів (трансокеанічних польотів), які виходили за межі діапазону УКВ-радіосистеми. Для використання бортового Інтернету потрібно правильне розташування літака. Сучасна технологія GPS може надійно та точно передавати цю інформацію.

Повітряна структура Інтернету користується перевагами відкритих кодів, відкритих стандартів та протоколів, таких як TCP/IP. Протоколи TCP/IP забезпечують взаємодію мереж різної структури тощо. Основним протоколом мережного рівня технології TCP/IP є міжмережевий протокол IP та його допоміжні протоколи: адресний протокол ARP; реверсний адресний протокол RARP (Reverse ARP); протокол діагностичних повідомлень ICMP (Internet Control Message Protocol), який надсилає повідомлення вузлам мережі про помилки на маршруті, які виникають при передачі пакетів тощо. В структурі бортового Інтернету кожен літак підключається до наступного літака, утворюючи мережу, подібну до однорангової мережі, яку ми маємо в мережі IT/телекомунікацій. Однорангові мережі (P2P) не потребують центрального сервера. Комп'ютерна мережа P2P – це мережа, яка в

першу чергу покладається на обчислювальну потужність та пропускну здатність учасників мережі, а не концентрує її на відносно невеликій кількості серверів. Мережа P2P не працює як модель клієнт / сервер, але в цій мережі кожен вузол працює як клієнт і сервер з однаковими правами. Цей тип мережі сильно відрізняється від моделі клієнт-сервер. У моделі клієнт-сервер інформація передається від сервера до клієнта. Сервер має всю інформацію та ресурси, за необхідності клієнт отримує доступ до цих даних із сервера. Сервер протоколу передачі файлів (FTP) є дуже хорошим прикладом моделі клієнт-сервер. У бортовому Інтернеті (рис. 2.9) кожна робоча станція літака виконує роль маршрутизатора, який також запускає автоматичне залежне спостереження – трансляція (ADS-B) та служби польової інформації, такі як трансляція погоди та програми електронної пошти.

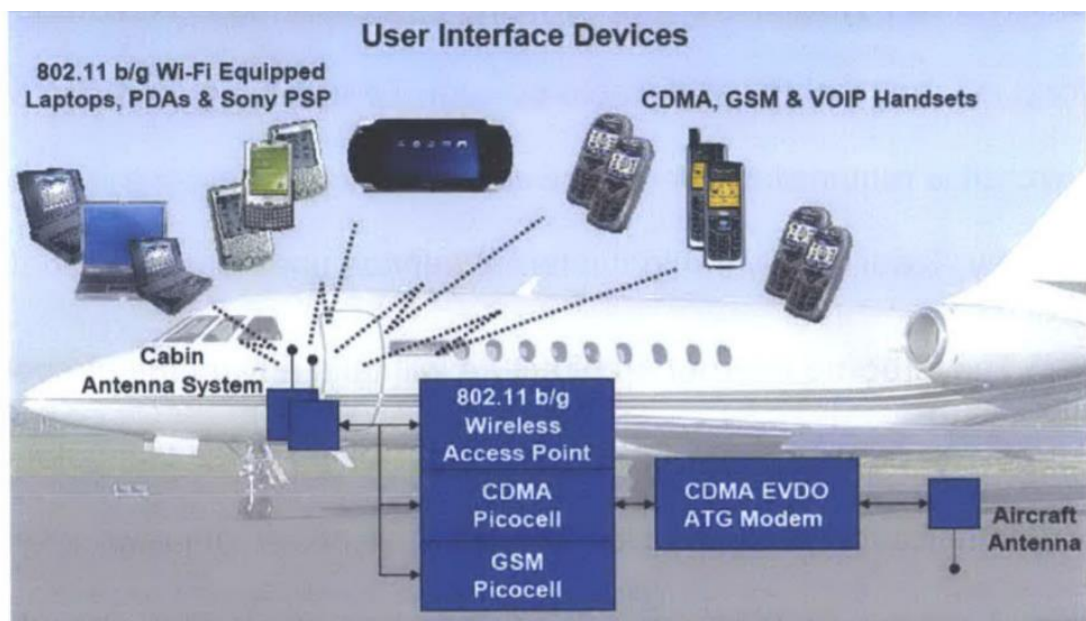


Рис 2.9. Типова архітектура системи SATCOM літака

Бортовий Інтернет-маршрутизатор підключений до радіостанції VDL SATS та наземної локальної мережі. Контролер наземного зв'язку передавача даних (CPDLC) і робочі станції P2P підключені до наземної локальної мережі. Після підключення до локальної мережі можна отримати доступ до таких послуг, як умови з підтримкою Інтернету (віддалено контролює стан маршрутизаторів та радіостанцій).

2.7. БОРТОВІ СИСТЕМИ ТА ВИРОБНИЦТВО SATCOM

Сьогодні на авіаційному ринку представлено багато виробів цивільних систем SATCOM. Серед тих, на які варто звернути увагу, є:

- Cobham з його серією Aviator;
- Collins Aerospace (він же Rockwell Collins) з IRT-NX, SAT-6100B / HST-2110B та Tailwind;
- Honeywell із серіями Aspire та JetWave (MCS-8000 / -8100);
- SkyTRAC із системами SDL-350 та ISAT-200A;
- Бендікс / Кінг з AeroWave 100.

Давайте детальніше розглянемо перелічені вище системи, що надають послуги супутникового зв'язку для авіаційної промисловості.

2.7.1 Aspire 400 від Honeywell.

Система Aspire 400 SATCOM забезпечує:

- високошвидкісне передавання голосу та даних для кабін;
- електронні листи під час польоту,
- потокове передавання даних в режимі реального часу про стан / стан компонентів та обладнання літака;
- фільми та публікації в соціальних мережах.



Рис. 2.10. Система Aspire 400 SATCOM

Використовуючи надійну глобальну супутникову мережу Inmarsat I-4, Aspire 400 забезпечує одно- або двоканальне з'єднання SwiftBroadband. Блок супутникових даних (SDU) містить два незалежних канали SwiftBroadband для окремого обслуговування кабіни та кабіни. Для кабіни пілотів виділений канал задовольняє вимогам майбутньої системи навігаційної системи (FANS), тоді як пасажирів використовують другий канал SwiftBroadband для передачі голосу та даних у салоні.

Типова система Aspire 400 включає:

- антену з проміжним посиленням (одно- або багатоканальна, швидкість до 330 кбіт/с), або розширену антену з низьким коефіцієнтом посилення (одноканальна, швидкість до 200 кбіт / с), або антену високого коефіцієнта посилення (одно- або багатоканальна, прискорення до 432 кбіт / с).

- блок супутникових даних (SDU),
- дуплексер / підсилювач з низьким рівнем шуму типу F,
- модуль конфігурації Satcom (SCM),
- підсилювач високої потужності (HPA),

2.7.2. SkyTRAC із системами SDL-350 та ISAT-200A

Термінал SDL-350 забезпечує:

- VoIP-комунікації;
- автоматизацію EFB;
- відстеження літаків;
- ГАДСС;
- графічну погоду;
- EO / ІЧ-зображення;
- журнали подорожей;
- збір даних польоту;
- обробку кредитних карток;
- передачу зображень та великих файлів;
- потокове передавання Black Box;
- своєчасне відновлення польотних даних;
- телемедицину;



Рис. 2.11. Термінал SkyTRAC SDL-350

Блок супутникових даних SKYTRAC'S 2-MCU, SDL350, має нові можливості та помножувач пропускної здатності в 150 разів, що забезпечує наступне підключення полюсів до полюсів. SDL-350 забезпечує всі вимоги GADSS, автоматизацію EFB та вдосконалену графічну погоду до кабіни. Відстежується діяльність флоту по всьому світу, автоматично визначаються події під час польоту та збір даних, щоб забезпечити ваші FOQA, MOQA, SMS та інші операційні системи.

Також ця система порівнює такі аксесуари, як:

- MULTI TOUCH CONTROL (MTC-100) 0 – інтерфейс кабіни або кабіни для підключення повітряних та наземних екіпажів за допомогою супутникового голосу та тексту. Система включає заздалегідь програмовані номери швидкого набору, настроювані екрани для операторів та критично важливих програм, відповідність NVIS для використання в нічних умовах тощо.

- КАМЕРИ INFLIGHT (CRU-200), які дискретно фіксують години аудіо-візуальних зображень кабіни з високою роздільною здатністю для покращення програми моніторингу польотних даних.

Анени, розроблені SKYTRAC, пропонують різноманітні швидкості передачі даних, інтерфейси та розміри, залежно від вашого робочого профілю.

2.7.3. SKYTRAC ISAT-200A

SKYTRAC ISAT-200A – це повнофункціональний трансивер GPS та Iridium®, який звітує про 4D-положення та двосторонній обмін повідомленнями з глобальним покриттям майже у реальному часі. ISAT-200A повністю інтегрований з хмарним порталом управління даними SkyWeb фірми SKYTRAC, який включає модулі для відстеження польоту в режимі реального часу, голосових або текстових повідомлень, автоматизованих аварійних сповіщень та системних тенденцій та аналізу ефективності роботи. ISAT-200A також сумісний з додатковим голосовим інтерфейсом кабіни, повнодуплексним сатфоном та іншими бортовими апаратними аксесуарами. Це основний компонент в системі, яка розширює безпрецедентне розуміння діяльності флоту в усі часи.

ISAT-200A включає приймач GPS (Глобальна система позиціонування), приймач L-діапазону, спеціально розроблений для зв'язку із супутниковою системою Iridium®, літій-іонний акумулятор для забезпечення зв'язку з супутниковою системою після відключення живлення планера, а також акумулятор система зарядки. Керування та взаємодія забезпечуються одноплатним комп'ютером малої потужності. Дані можуть надсилатися між літаком та будь-якою точкою світу за допомогою доступу до Інтернету через супутники Iridium® Low Earth Orbit (LEO).



Рис. 2.12. ISAT 200-A та аксесуари

Базове програмне забезпечення відображає дані про поточне положення, включаючи широту, довготу, час GPS, відносне положення (до відомої точки шляху), швидкість наземного руху, висоту та напрямок, у табличному форматі та на карті, ефірний час, час польоту, ETA, відстань у дорозі, минулий час та інші дані польоту. Звіти про польоти можуть також створюватися підрозділом, а в оперативному порядку ISAT-200A може доповнювати польоти, дотримуючись вимог комерційних операторів, та надавати життєво важливі дані про положення та послуги обміну повідомленнями тим операторам, які виконують перельоти у віддалених районах. Пристрій підтримує до двох послідовних портів RS-232, до двох портів RS-485, Ethernet, три аналогові входи, ARINC429, ARINC717, частотні входи, дискретні входи / виходи, аудіоканали, аудіозапис тощо.

2.7.4. Серія Cobham Aviator

Спеціальне призначення Aviator компанії Cobham SATCOM – це набір виробів для спеціальних застосувань, де існують підвищені вимоги до екологічних специфікацій або багатоканальних конфігурацій каналів SwiftBroadband. Спеціальна цільова лінія AVIATOR складається з SDU-7315, SDU-7320, SDU-7330 і, залежно від конфігурації системи, розгортається разом з HLD-7260 (одноканальними системами) або HPA-7450 та DAU-7070 (багатоканальні системи).



Рис. 2.13. Блоки супутникових даних Aviator

SwiftBroadband – це пакетна комутаційна послуга Inmarsat, яка пропонує доступ під час польоту до Інтернету, електронної пошти, голосових дзвінків та будь-якої іншої програми, що використовується вдома або в офісі. Він також може підтримувати потокове відео, відеоконференції та повітряний нагляд. Швидкість фонових даних становить до 432 кбіт/с на канал, залежно від класу обслуговування, який, у свою чергу, визначається класом антени – LGA, IGA або HGA.

Блок супутникових даних (SDU) забезпечує функцію управління радіомодемом та системою системи SwiftBroadband і має один або декілька таких унікальних диференціаторів:

- багатоканального SwiftBroadband;
- доступних до конфігурації з фланцем;
- доступних з інтерфейсами роз'єму ARINC 600;
- щодо температури та вібрації.

З SDU-7315 навіть літаки з обмеженим простором можуть мати L-діапазон SATCOM. Для фланцевого кріплення SDU не потрібні лотки ARINC 600 і використовуються круглі роз'єми, що економить на просторі, вазі та витратах на встановлення. Форм-фактор для кріплення на фланці доступний як в одно-, так і в

двоканальній версії, і його можна встановлювати в будь-якій орієнтації, пропонуючи неперевершену гнучкість установки. Він ідеально підходить для встановлення на будь-якому літаку, але його віддають перевагу невеликі літаки, вертольоти та БПЛА.

SDU-7320 – це одно- або двоканальний SDU, упакований у корпус 2 MCU ARINC 600. Цей пристрій вміщується в лоток ARINC 600 і ідеально підходить для встановлення у відсіку авіаційної авіації.

SDU-7330 доступний у одно-, дво- або чотирьоканальних конфігураціях, упакованих у корпус 3 MCU ARINC 600. 4-канальний SDU ідеально підходить для діапазону з голодними та гнучкими вимогами до застосування.

Особливості SDU-7315:

- 1 або 2 канали;
- вбудований SIP-сервер;
- доступ до Інтернету PPPoE;
- комплект кріплення на фланці зменшує витрати на встановлення та збільшує гнучкість;
- конфігурації системи класу 6, 7 та 15;
- маршрутизація внутрішніх дзвінків між слухавками;
- підходить для встановлення поза посудиною під тиском літака;
- power over Ethernet на всіх портах (конфігурується).

Особливості SDU-7320:

- 2 пакети MCU;
- вбудований SIP-сервер;
- одно- та двоканальна конфігурація;
- різні варіанти інтерфейсу, що підходять для встановлення вашої програми в середовищах без тиску та без регулювання температури.

Особливості SDU-7330:

- вбудований SIP-сервер;
- задовольняє вимоги користувачів з високою пропускнуою здатністю;
- кваліфікований для установки в середовищах без тиску та без регулювання температури;

- пакет 3 MCU дозволяє оновити plug and play від Swift64;
- різні варіанти інтерфейсу відповідно до ваших додатків;
- чотири канали забезпечують максимальну пропускну здатність у гнучкій топології системи.

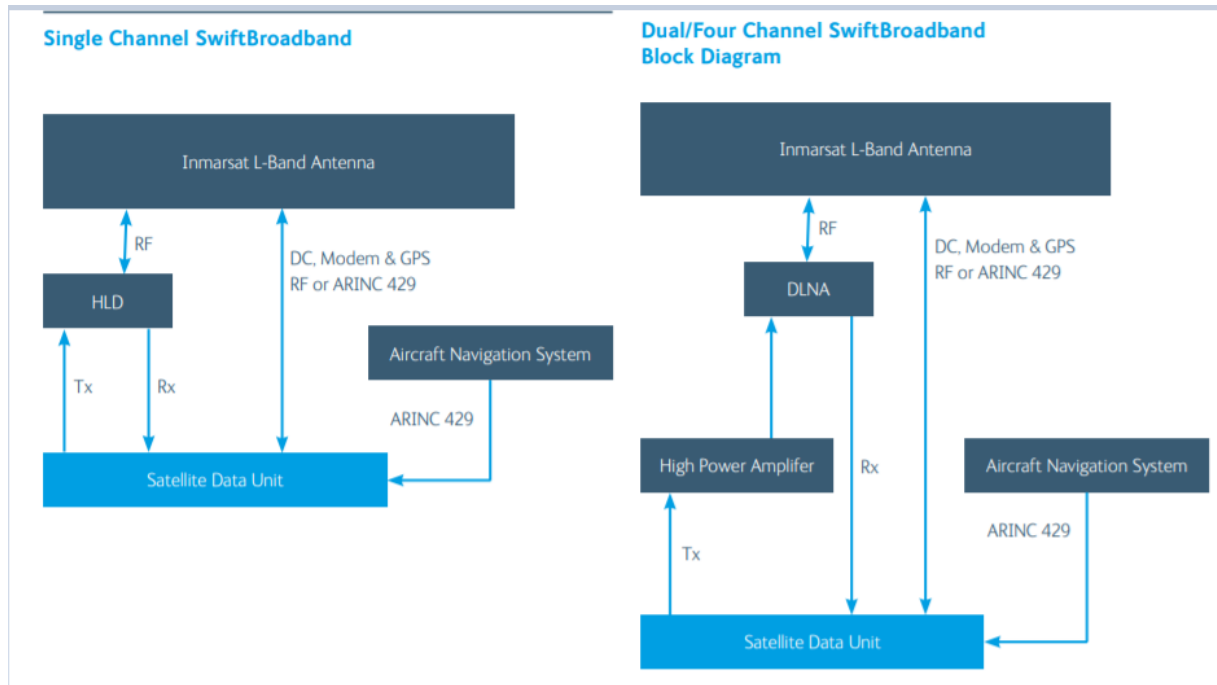


Рис. 2.14. Блок-схеми SwiftBroadband

2.7.5. JetWave (MCS-8000/-8100) від Honeywell

Високошвидкісні супутникові термінали JetWave від Honeywell забезпечують постійне глобальне з'єднання через мережу Ка-діапазону Global Xpress (GX) Inmarsat Aviation з чотирма супутниками, що охоплюють всю земну кулю (за винятком полярних регіонів). Розроблення для забезпечення широкосмугового підключення даних, апаратне забезпечення та мережа оптимізовані для мобільності, щоб забезпечити незмінно чудовий досвід пасажирів у всьому світі. Пасажири можуть відчувати те саме з'єднання Wi-Fi на висоті 40000 футів, що й на землі. У цих двох конфігураціях MCS (багатоканальний Satcom) використовуються ідентичні радіочастотні та антенні контролери, модем та компоненти маршрутизатора, з тією лише різницею, що MCS-8000 використовує антену, встановлену на хвості, здатну розвивати швидкість до 30 Мбіт / с, а MCS- 8100 використовує антену, встановлену на фюзеляжі, здатну розвивати швидкість до 50 Мбіт / с. Системи JetWave MCS-8000 / -

8100 включають: антену (на хвості або на фюзеляжі), радіочастотний та антенний контролер KRFU, маршрутизатор KANDU та модем ModMan.

COMPONENTS

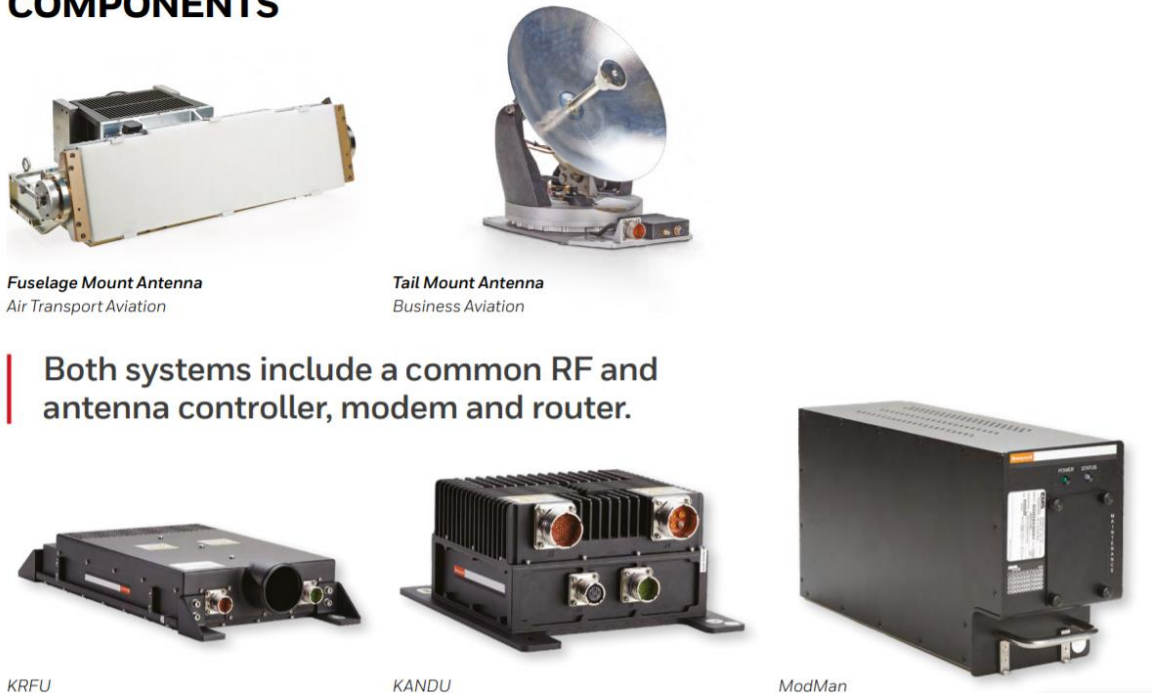


Рис. 2.15. Компоненти системи JetWave SATCOM



Рис. 2.16. Монтаж фюзеляжної антени та обтічника

Встановлення системи JetWave SATCOM, сертифікованої для наступного переліку літаків включає:

- Airbus A318, A319, A320, A330, A340;
- Boeing B737, B747, B757, B767, B777, B787, C-17 Globemaster III;
- Dassault F900, F2000, F7X, F8X;
- Gulfstream GIII, GIV, GV / SP, G450, G5000, G550, G600, G650;
- Серія Bombardier CL600, Global 5000/6000/7000/8000.

2.7.6. IRT-NX від Collins Aerospace

Систему IRT-NX SATCOM забезпечує:

- антена LGA-4000 з низьким коефіцієнтом підсилення або HGA-4000 з високим підсиленням;
- генерація ключових ключів безпеки;
- голосові канали (до 2 х аналогових та 1 х VoIP);
- масштабована структура супутникового блоку даних (SDU) для модернізації.

Система IRT-NX включає:

- модуль конфігурації супутника ICM-4000;,
- одиницю супутникових даних IRT-4100 (низька) або IRT-4200 (середня) або IRT-4300 (висока);
- послуги Iridium Certus SATCOM зі швидкістю передачі даних 88-352 кбіт/с;
- сегреговані канали безпеки / не безпечні;
- служби безпеки (Alert Global Emergency Tracking Service, два голосу ОВД + FANS / CPDLC).



Рис. 2.17. Компоненти системи IRT-NX SATCOM

2.7.7. SAT-6100B від Collins Aerospace

Систему супутникового зв'язку SAT-6100В забезпечує / підтримує:

- графічна інформація про погоду;
- до двох одночасних каналів Inmarsat Swift64 для послуг ISDN та MPDS та / або до двох каналів SwiftBroadband (до 432 кбіт/с), сумісних з найновішими потоковими та фоновими IP-ставками;
- до трьох каналів Inmarsat Aero H, H + або I,;
- електронна льотна сумка;
- Інтернет, електронна пошта, Інтернет, миттєві повідомлення,;
- Інтерфейси з ARINC 739 MCDU;
- корпоративний веб-доступ;
- моніторинг двигуна та повідомлення про несправності;
- недорога телефонія (VoIP);
- оновлення розваг під час польоту;
- передача відео / фото / аудіо даних;
- служби безпеки ІКАО, що відповідають стандартам зв'язку АТС;
- сумісність з протоколом Data 2 (ACARS);
- чотири інтегровані аналогові порти DTMF та багатоканальна цифрова телефонна шина.

Система SAT-6100В включає:

- HGA-2100В SATCOM антену високого підсилення (підтримує одночасну роботу служб In-marsat Aero-H / H + та SwiftBroadband);
- високошвидкісний модуль налаштування даних HCM-2100В;
- високошвидкісний трансивер HST-2110В;
- спліттер 2-смуговий спліттер / комбайн (LNA / DPX);
- супутниковий приймач / передавач SRT-2100В.

Встановлення системи SAT-6100В SATCOM, сертифікованої для наступного переліку літаків:

- Airbus A320, A330;
- Boeing B737, B747, B757, B767;
- серія Bombardier CL600;

- Dassault F900, F2000, F7X;
- Gulfstream GIII, GIV, G450, G550, G600, G650.



Рис. 2.18. Компоненти системи SAT-6100B SATCOM (зліва SRT-2100B, HST-2110B, HGA-2100B)

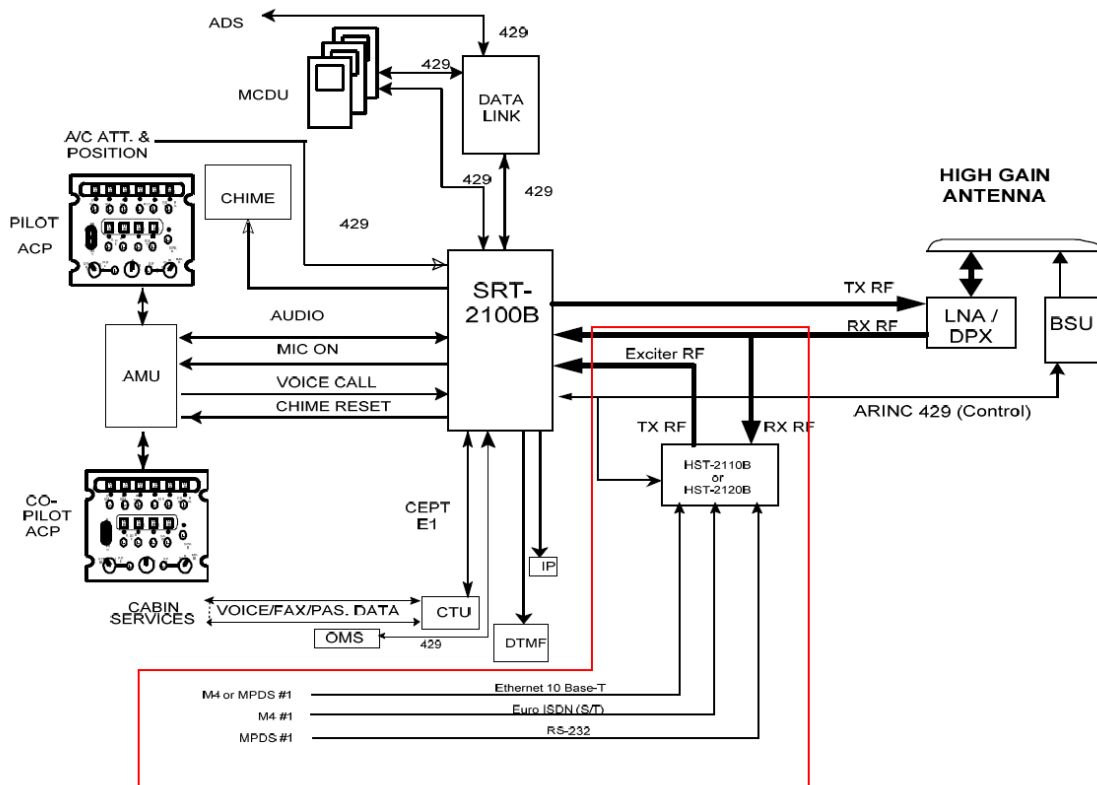


Рис. 2.19. Блок-схема системи SAT-6100B

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 ТИПОВА КОНФІГУРАЦІЯ СИСТЕМИ SATCOM У СУЧАСНОМУ / ПЕРСПЕКТИВНОМУ ЛІТАКУ

Загальні конфігурації системи SATCOM сучасних / перспективних літаків наведені на рисунках 3.1 та 3.2. Насправді типова система SATCOM складається з ARINC 781/791 SDU, який зазвичай містить радіочастотну одиницю (RFU) та інтегровану (HPA), пов'язану з нею кокпіт голосу та даних SATCOM, а також підсилювач Diplex-er / Low Noise (DLNA) та антену ARINC 781/791, яка містить вбудований блок керування променем (BSU).

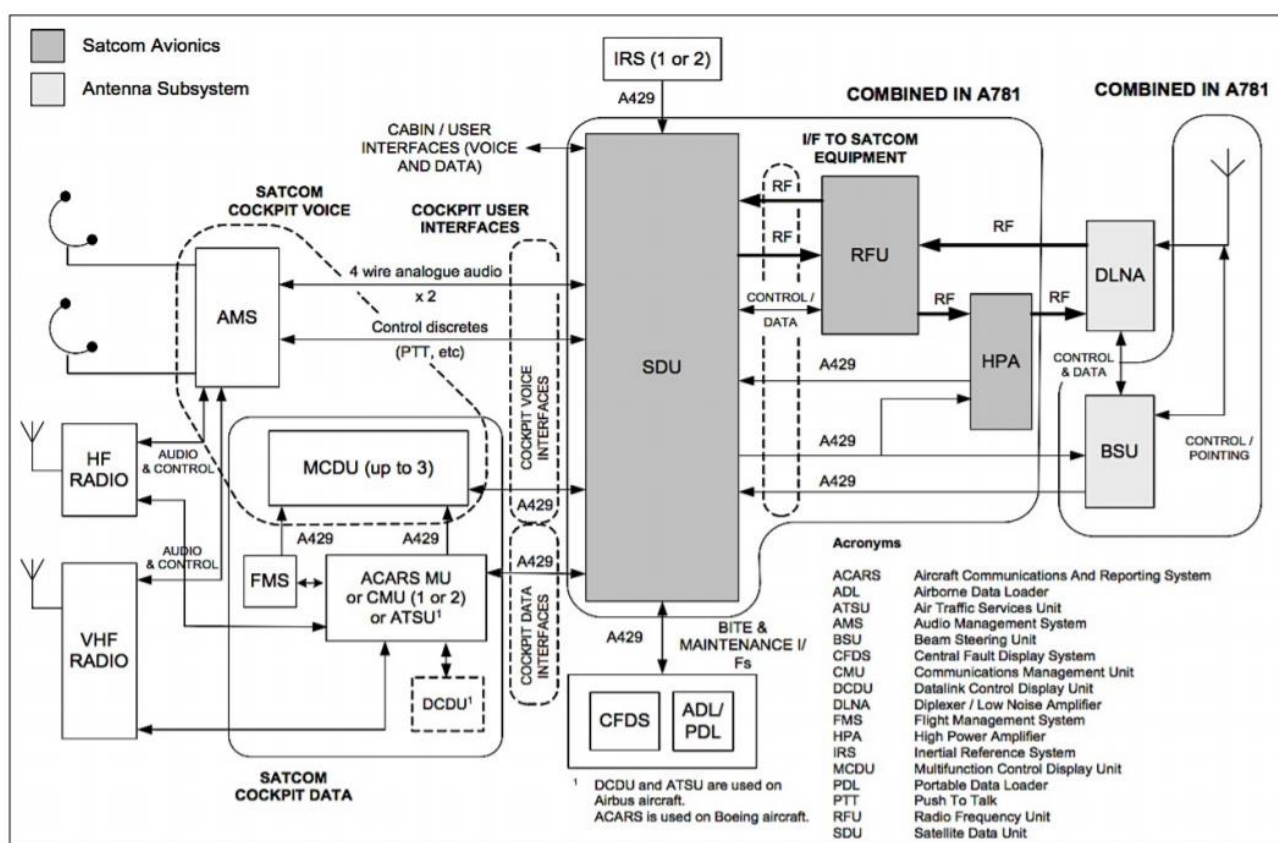


Рис. 3.1. Загальна конфігурація системи SATCOM сучасного/перспективного літака

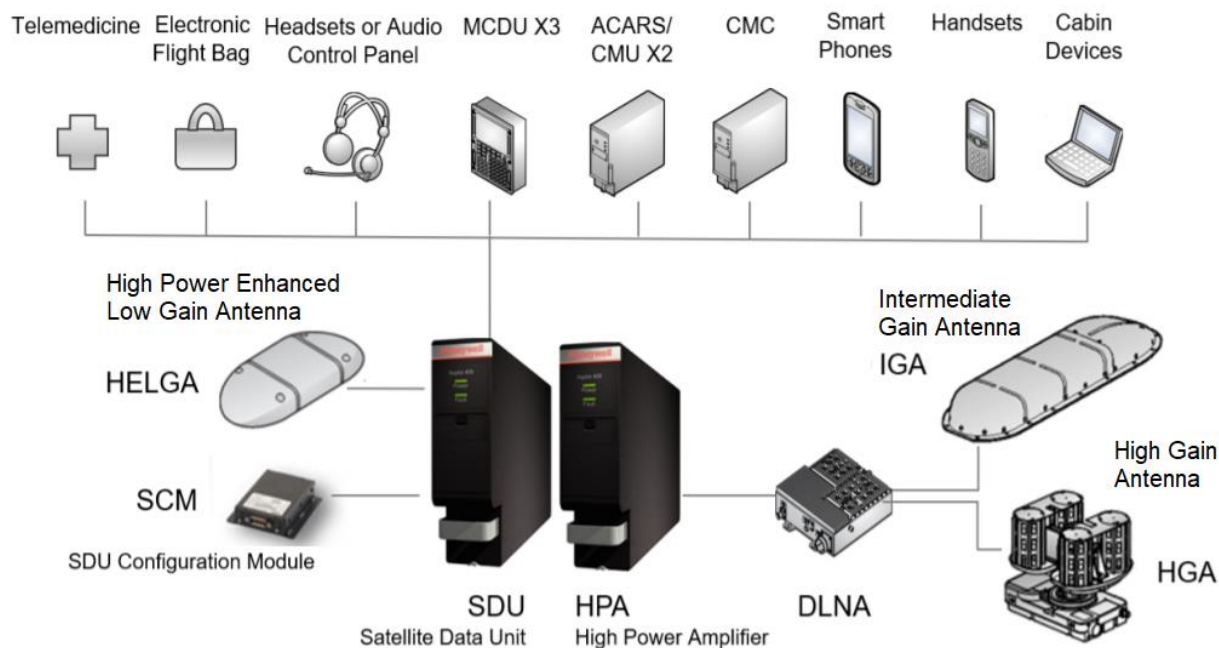


Рис. 3.2. Загальна конфігурація системи SATCOM сучасного/перспективного літака

Блок супутникових даних (SDU) призначений для взаємодії із зовнішнім HPA, коли, наприклад, прокладка кабелю і, отже, втрата кабелю від SDU до DLNA є надмірною. SDU також розроблений для взаємодії зі старими підсистемами антен ARINC 741/781, встановленими зверху та збоку, щоб забезпечити простий шлях оновлення до нових послуг SATCOM для літаків, які вже оснащені обладнанням ARINC 741/781. SDU здатний надсилати та отримувати різні швидкості передачі даних. Порядок динамічно обирається окремими додатками та прагматичною оцінкою поточних умов експлуатації. Сигнали передаються за допомогою геостационарних супутникових транспондерів до / з призначених підтримуючих наземних станцій.

Блок супутникових даних (SDU) є невід'ємною частиною системи літака SATCOM. SDU – це пристрій електроніки, встановлене в літаку, що дозволяє здійснювати комунікацію повітря / земля через супутникову мережу. Цей пристрій підключається до супутника за допомогою звичайного радіочастотного (RF) зв'язку, а потім супутник підключається до наземної станції або навпаки. Весь супутниковий зв'язок, будь то аудіо чи дані, обробляються SDU. SDU взаємодіє з бортовим MDDU (багатоцільовим блоком дисководів), який підтримує оновлювану таблицю наземних станцій в поточній зоні літака та порядок вибору, яку наземну станцію використовувати, що, таким чином, керує вибором супутника. Поряд з аналізом даних,

які безперервно надсилаються з усіх наземних станцій (таких як станція станції та частота помилок сигналів від кожної станції), SDU отримує інформацію про положення та орієнтацію літака від іншої бортової системи (наприклад, IRS, GPS, AHRS тощо), він переходить до БСУ (блок рульового управління), щоб направити сигнальний промінь від літака на обраний супутник.

З появою стільникових телефонів та Інтернету окремих або інтегрованих SDU можна використовувати для пропонування телефонних та Інтернет-послуг пасажиром.

Параметри сигналу в просторі визначаються SDU щодо модуляції/ демодуляції, виправлення помилок, кодування, чергування та швидкості передачі даних, пов'язаних з каналами зв'язку. SDU забезпечує безліч користувальницьких інтерфейсів, включаючи: аналоговий голос / аудіо в кабіні, голос і дані в кабіні SATCOM, Ethernet тощо.

3.2. ВПРОВАДЖЕННЯ SATCOM ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ (ATM)

Навіть при використанні не-АТС, голосовий зв'язок SATCOM все ще вимагає стандартних процедур дисципліни ra-dio. Будь-яка спроба використовувати посилення SATCOM, як звичайний телефон, може легко призвести до непорозумінь. Літак, оснащений супутниковим голосом, може здійснювати дзвінки, використовуючи або INMARSAT, або IRIDIUM, призначені телефонні номери охорони (короткі коди ICAO), або може здійснювати прямий набір, використовуючи комерційні телефонні номери та коди країн. Наземні станції Землі можуть здійснювати дзвінки на літаки, обладнані голосом SATCOM, використовуючи їх унікальну 8-значну аеронавігаційну земну станцію (AES), код ідентифікатора літака (OCTAL) або номер телефону.

Впровадження супутникових служб передачі даних для маршрутного банкомату, як для комунікаційного зв'язку контролера-пілота (CPDLC), так і для спостереження, дозволило обладнаним відповідним обладнанням ANSP випробувати зменшені океанічні стандарти процедурного розділення, такі як поздовжні 30 нм поздовжній (бічний).

Більшість агентств вважають, що можливості SATCOM з часом стануть більш значущою частиною елемента АТС системи АТН, оскільки це, мабуть, єдиний спосіб

забезпечити надійне покриття ліній передачі даних океанічного та віддаленого континентального середовища на необхідних рівнях потужності, і може в кінцевому підсумку також вимагатиметься через обмеження пропускної спроможності передачі голосу та даних у частинах Європи та США. Поточний АТМ SATCOM для маршрутних банкоматів використовує супутники та радіочастотний спектр, який використовується спільно з ACARS та іншими каналами зв'язку, а не виділеними, що було б можливо, якби система в кінцевому підсумку застосовувалася ширше. Наприклад, в Додатку 10 ІКАО в даний час зазначається, що Правила радіозв'язку МСЕ дозволяють системам, які користуються послугами мобільного супутника, можуть використовувати той самий спектр, що і Служба аеронавігаційного супутника (маршруту), не вимагаючи, щоб такі системи пропонували послуги з безпеки, і що ця ситуація має потенціал зменшити доступний спектр використання банкоматів. Державам рекомендується розглянути це питання при плануванні радіочастот та встановленні національних або регіональних вимог до спектру.

У той час як FAA у 2012 р. Видав довідковий циркуляр (AC) № 20-150B, який надає вказівки щодо затвердження льотної придатності для дизайнерів, виробників та монтажників обладнання Satel-lite Voice (SATVOICE), що підтримує обслуговування повітряного руху (ATS).

У будь-якому випадку, SATCOM вже сьогодні є важливою складовою повітряного зв'язку, зокрема для океанічного повітряного простору (див. рис. 3.3). Очікується, що в майбутньому SATCOM буде не менш важливим також для континентального повітряного простору і стане невід'ємною частиною майбутньої комунікаційної інфраструктури (FCI). Крім того, супутникові сузір'я, що розвиваються, забезпечують нові системи SATCOM, що пропонують нові можливості для задоволення поточних та майбутніх потреб авіаційного зв'язку.

Системи SATCOM можна класифікувати за трьома категоріями, визначеними ІКАО, що представляють різні покоління та з дедалі жорсткішими вимогами до продуктивності:

- ефективність системи SATCOM класу С – вже працюють і відповідають сучасним SATCOM SARP, таким як INMARSAT Classic Aero та SB Safety, та Iridium;

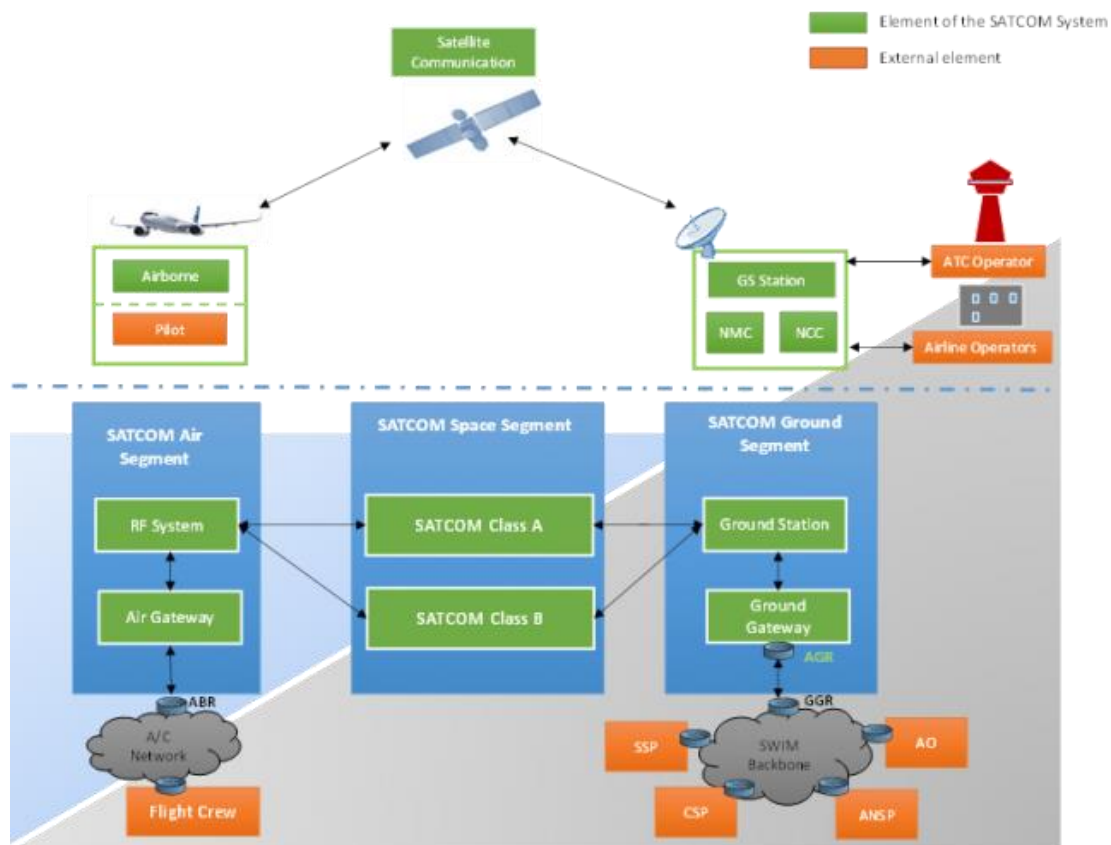


Рис. 3.3. Блок-схема впровадження SATCOM в авіаційний зв'язок

- ефективність систем SATCOM класу В – наступне покоління систем класу С, які підтримуватимуть вимоги ATS базової лінії 2, такі як INMAR-SAT SwiftBroadband / Iris та сузір'я Iridium NEXT (послуга Iridium Certus), які, як очікується, пропонують послуги AMS

- продуктивність систем класу А SATCOM – майбутні системи SATCOM, які будуть вдосконалювати поточні системи класу В. Вони будуть відповідати майбутнім вимогам до авіаційної діяльності (іменовані як базові вимоги 3, В3, АТS). ІКАО враховує тривалий часовий проміжок, необхідний для розгортання та розгортання нових систем.

У контексті FCI, SATCOM, разом із наземними системами зв'язку, надасть можливість майбутнім концепціям SATCOM, що підтримують IPS-комунікації та клас ефективності А, які розробляються в контексті програм модернізації банкоматів, таких як АТМ Єдиного європейського неба Дослідження (SESAR) EURO-CONTROL в ЄС та Система повітряного транспорту наступного покоління (NextGen) Федеральної авіаційної адміністрації (FAA) у США. Основна увага в SESAR приділяється комунікаціям безпеки життєдіяльності, а також комунікаціям SATCOM оперативного

контролю авіакомпаній (АОС), оскільки обом дозволено працювати в однакових смугах частот згідно з розподілом частот MCE AMS (R) S.

Супутниковий зв'язок забезпечує ідеальне підключення для незмінного глобального досвіду для всього літака, починаючи від комунікацій безпеки і закінчуючи високошвидкісним широкосмуговим доступом та прямим телебаченням у салоні. Авіаційна безпека забезпечується завдяки передачі даних з центрами управління на місцях із використанням діапазону С (4 - 8 ГГц, IEEE). Зв'язок із самим літаком забезпечується за допомогою діапазону L (від 1 до 2 ГГц, IEEE). Вони забезпечують широкий спектр використання в кабіні та кабіні. Сюди входять комунікації щодо безпеки, погода та оновлення плану польоту, а також підключення пасажирів до електронної пошти, доступу до Інтернету, телефонних дзвінків через VoIP, обміну повідомленнями через GSM та SMS.

SATCOM забезпечує безпечний та ефективний переліт літака до місця призначення за допомогою сучасної інформації, включаючи інформацію про маршрут, повітряний рух та експлуатаційну інформацію авіакомпанії, підтримуючи всі ключові програми в кабіні літаків такими різноманітними засобами:

- УВД з супутниковою підтримкою – коли літак знаходиться поза зоною дії УКВ/УВЧ-радіостанцій, наприклад, в океанічному повітряному просторі, супутникові служби дозволяють здійснювати супутникове управління повітряним рухом (УВД).

- автоматичним залежним спостереженням (ADS) – важливим елементом безпеки є можливість постійно мати надійну комунікацію з наземними контролерами на всіх основних океанічних маршрутах. Супутниковий зв'язок полегшує автоматичне перенесення (автоматичне залежне спостереження або ADS) положення літака в режимі реального часу, включаючи висоту, швидкість і напрямок руху, через супутник до центрів управління повітряним рухом, допомагаючи контролерам дізнатися, де знаходиться літак.

- зв'язком з датою зв'язку контролера-пілота (CPDLC) – супутниковим зв'язком, який дозволяє вказівки про маршрутизацію, дозвіл та інші повідомлення, що надсилаються системою адресації та звітності літальних апаратів (ACARS), які необхідно надсилати безпосередньо до кабіни у вигляді електронних повідомлень

даних. Перевагами є підвищення безпеки та ефективності польотів завдяки більш ефективному зв'язку.

- голосові послуги – супутникові служби також підтримують управління повітряним рухом та критичні голосові комунікації повітряних ліній, коли літак знаходиться поза зоною дії УКВ-радіо. Повітряно-суднові системи створені таким чином, що комунікаційні кабіни мають пріоритет над будь-яким пасажирським сполученням, таким чином максимізуючи безпеку та надійність.

Супутникові мережі (рис. 3.4) відіграють незамінну роль в ефективному управлінні повітряним рухом.

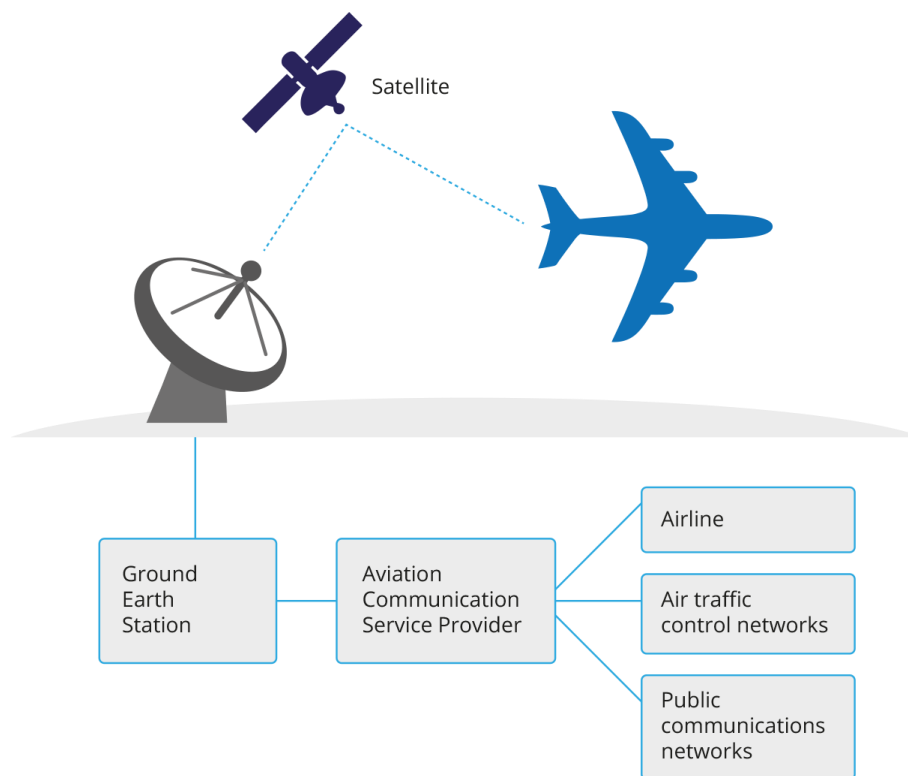


Рис. 3.4. Супутникова мережа

Супутники діапазону Ка (від 27 до 40 ГГц) можуть досягати користувацьких терміналів у більшості населеного світу. Як результат, супутникові мережі на базі банкоматів можуть ефективно використовуватися для надання послуг віддалених районів як у режимі реального часу, так і в режимі реального часу.

Супутники пропонують широке географічне охоплення, включаючи взаємозв'язок «земель банкоматів», багатоточковий до багатоточковий зв'язок, що сприяє властивій супутниковій передавальній здатності та альтернативі волоконно-оптичним мережам для реагування на аварії.

У відповідь на катастрофу рейсу Air France AF447 у 2009 році та втрату рейсу MH370 від Malaysia Airlines у 2014 році ІКАО подала рекомендації щодо відстеження всіх польотів авіакомпанії. На даний момент ІКАО розробила стандарти відстеження польотів, що містяться у Циркулярі 347 (Керівні принципи реалізації відстеження літаків), тому авіаційні органи кожної країни можуть потенційно висувати власні вимоги. Європейська комісія видала Регламент Комісії (ЄС) 2015/2338 11 грудня 2015 року, тому EASA, у свою чергу, розробила прийнятні засоби відповідності (АМС) та керівні матеріали (GM) до Part-CAT (Випуск 2, поправка 13) щодо вимог до систем відстеження літаків.

ІКАО рекомендує до 8 листопада 2018 року, тоді як Європейська Комісія встановила, що до 16 грудня 2018 року всі оператори повинні відстежувати положення своїх літаків за допомогою автоматизованої звітності з інтервалами часу, які не перевищують 15 хвилин. Це стосується лише літаків з максимальною сертифікованою злітною масою понад 27 000 кг та місткістю більше 19 осіб, і де ОПР отримує повідомлення про звіт про положення літака з інтервалом більше 15 хвилин. Передумова полягає в тому, що автоматичний збір даних про місце розташування літаків, як ОВД, так і оператор, може бути використаний для виконання вимог відстеження літаків. Іншими словами, оператор може призупинити власне відстеження 4D / 15 в районах, де ОПР отримує інформацію про місцезнаходження.

Для того, щоб відповідати вимогам відстеження ПС, ПС повинен бути обладнаний системою відстеження, що базується або на системі SATCOM, або на трансформаторі ADS-B OUT, або на ВЧ / УКВ-АКАР.

3.3. ВПРОВАДЖЕННЯ БОРТОВИХ СИСТЕМ SATCOM

Встановлення бортових систем SATCOM на борту літака трактується як будь-яке інше чергування (модифікація / модернізація) літака. Внесення змін до літаків, систем авіоніки та інших частин є критичним засобом для підтримання сучасного та працездатного флоту. Впровадження бортових систем SATCOM, як правило, здійснюється сертифікованими організаціями з технічного обслуговування відповідно до набору документів, виданих або авіавиробниками (власники сертифікатів типу), або

проектними організаціями (власники додаткових сертифікатів типу) за допомогою процесу STC.

Орган цивільної авіації (CAA), такий як Федеральна авіаційна адміністрація (FAA) або Агентство авіаційної безпеки Європейського Союзу (EASA) або Державна авіаційна адміністрація України (SAAU), видає STC заявнику, який змінює літак з його оригінальний дизайн типу. Влада цивільної авіації зазвичай вимагає НТР для серйозних змін у конструкції сертифікованого типу повітряного судна, коли модифікація недостатньо значна для того, щоб вимагати отримання нового сертифікату типу.

Заявник STC подає до САА план сертифікації, який деталізує запропоновану зміну сертифікованого типу продукту та те, як ця зміна відповідатиме чинним нормам та інструкціям. САА переглядає план сертифікації та видає номер проекту STC, якщо план приймається.

Далі заявник розробляє необхідні інженерні проекти, аналіз та постійні дані льотної придатності, а також наземні та льотні випробувальні плани. Після розгляду та прийняття даних, САА видає установку прототипу та, при необхідності, тестування дозволу на запропоновану модифікацію.

Заявник завершить модифікацію прототипу літака та проведе необхідні випробування (наземні та польотні). Модифікація прототипу та тестування зазвичай спостерігається делегатом САА. Після успішного встановлення та тестування САА видасть STC (для проектної організації, яка не є власником ТК) або внесе зміни до поточного ТК (для власника ТК).

Деякі з найпоширеніших викликів процесу STC – це доступ до літака для встановлення та випробування прототипів, доступ до технічних даних літаків, завдання планування програми та управління САА.

Авіакомпаніям (операторам) слід шукати партнерів із значним досвідом роботи в процесі STC у поєднанні з детальним знанням регламентів САА (таких як Частина 21 Сертифікація льотної придатності та екології, Прийнятні засоби згоди (AMC) та Керівні матеріали (GM), CS-25 Технічні умови сертифікації для великих літаків), авіаційні системи та конструкції.

Досвідчені партнери з міцними робочими стосунками з САА та широкими інженерними можливостями, необхідними інструментами та обладнанням, наборами випробувань та вміннями виготовляти деталі, вузли та комплекти, що виготовляються на замовлення (Частина 145 Власник схвалення Організації технічного обслуговування) прискорити терміни сертифікації за рахунок зменшення кількості повторень проекту та усунення деталей або конструкцій, які не відповідають чинним нормам.

Перелік документів, що складають пакет STC, зазвичай складається з:

- додатка до льотної інструкції;
- інструкції щодо постійної льотної придатності;
- додатка до технічного обслуговування;
- додатка до ілюстрованого каталогу деталей (IPC);
- списку документів із посиланнями на креслення, схеми підключення тощо;
- сервісний бюлетень та/або технічне замовлення з детальними інструкціями щодо виконання установки;
- креслення, схеми підключення тощо;
- сертифікація та обґрунтування даних (програма сертифікації, аналіз та оцінки (наприклад, структурний аналіз, аналіз безпеки системи, аналіз електричного навантаження, аналіз ваги та ваги, програми та звіти про льотні та наземні випробування тощо).

У будь-якому випадку, для того, щоб змінити (модернізувати) повітряне судно, постачальник установки (організація технічного обслуговування) повинна використовувати лише відповідні дані, затверджені САА, відповідальним за нагляд за повітряним судном.

3.4. КЛЮЧОВЕ ОБЛАДНАННЯ

СЕРВЕР KONTRON ACE FLIGHT

Вбудований сервер, який виступає комутатором між бездротовою мережею кабіни та переміщеннями і вимикаються літаком через антену.

ОБТІЧНИК

Аеродинамічний корпус, який охоплює і захищає Satcom антена.

АНТЕНА

Встановлений на зовнішню площину для передачі і прийому даних.

КАБИНА МЕРЕЖА

Внутрішнє обладнання (наприклад, точки бездротового доступу, перетворювачі частоти радіо і т.д.), що створює мережу Wi-Fi в салоні.

4G АНТЕНА LTE

Підключення по LTE – ще один варіант модифікації мережі, який авіакомпанії можуть використовувати, щоб підвищити якість інтернет зв'язку підчас зльоту.

ПЕРЕДАВАЧ ВИСОКОЇ ПОТУЖНОСТІ

Збуджувач сигналів та приймач сигналів з антени

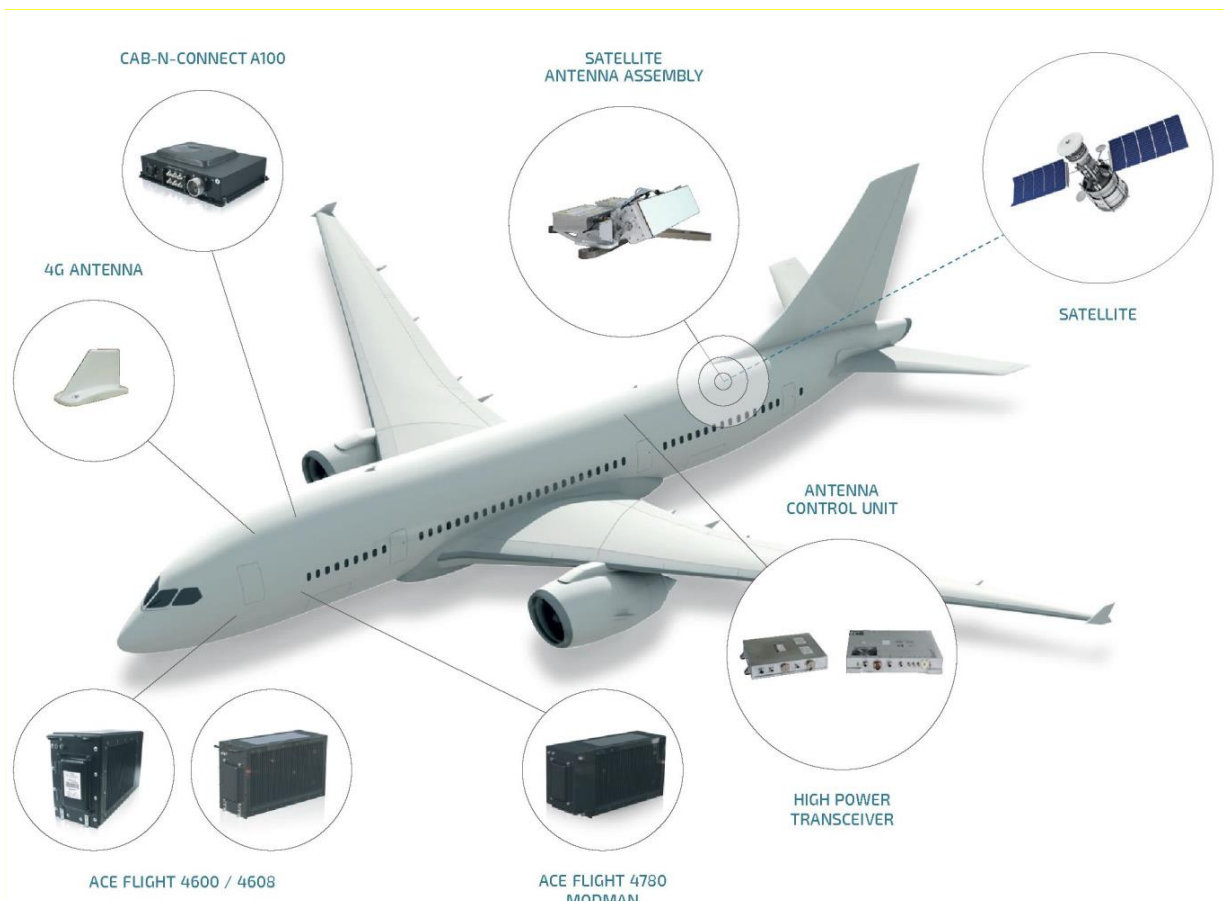


Рис. 3.5.

3.5. ПЕРЕВІРКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

Для отримання достовірних результатів тестування компанія Kontron створила лабораторію System Integration Lab (SIL), призначену для моделювання середовища на борту повітряного судна. Ця лабораторія дозволяє створювати контрольовану середу для отримання відтворюваних результатів, і з її допомогою можна відстежувати поліпшення продукту після кожного оновлення. Лабораторія також прекрасно підходить для клієнтів, дозволяючи їм тестувати свої програмні додатки і налаштування системи перед її установкою на борт повітряного судна. Kontron регулярно тестує нові гаджети, планшетні ПК, смартфони, поновлення їх ПО. Це додає впевненості клієнтам Kontron в сучасному якості IFE-систем, настільки затребуване в динамічно мінливому світі авіоніки.

Результати тестування пропускної здатності з використанням 802.11ac SWAP представлені на рис. 3.6.

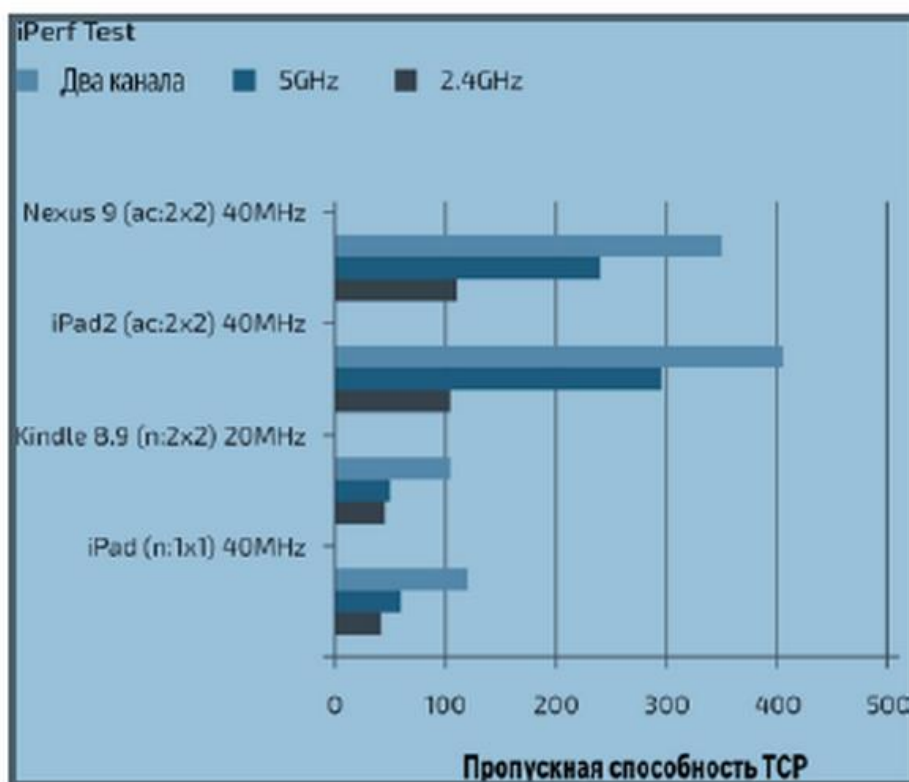


Рис. 3.6. Результати тестування пропускної здатності гаджетів з використанням 802.11ac SWAP

Даний тест виконувався за допомогою програми iPerf, використовуваної для визначення пропускної здатності по протоколу TCP. Kontron протестував кілька планшетів 802.11n і 802.11ac. Результати показують, що SWAP 802.11ac забезпечують

в 4-5 разів більш високу пропускну здатність на частоті 5 ГГц при використанні планшета 802.11ac порівняно з 802.11n. Результати наведені для 20 МГц і 40 МГц; кращі результати можуть бути досягнуті на частоті 80 МГц при роботі з клієнтським пристроєм 3x3 (ноутбуком), проте є обмеження на кількість встановлюваних точок доступу на борт повітряного судна.

Перевірка відеотрансляції з клієнтами 802.11n

Kontron провів тест з пристроєм 802.11n, використовуючи Cab-n-Connect A100 для трансляції відео в форматі HD на швидкості 1 Мбіт / с (рис. 3.7)

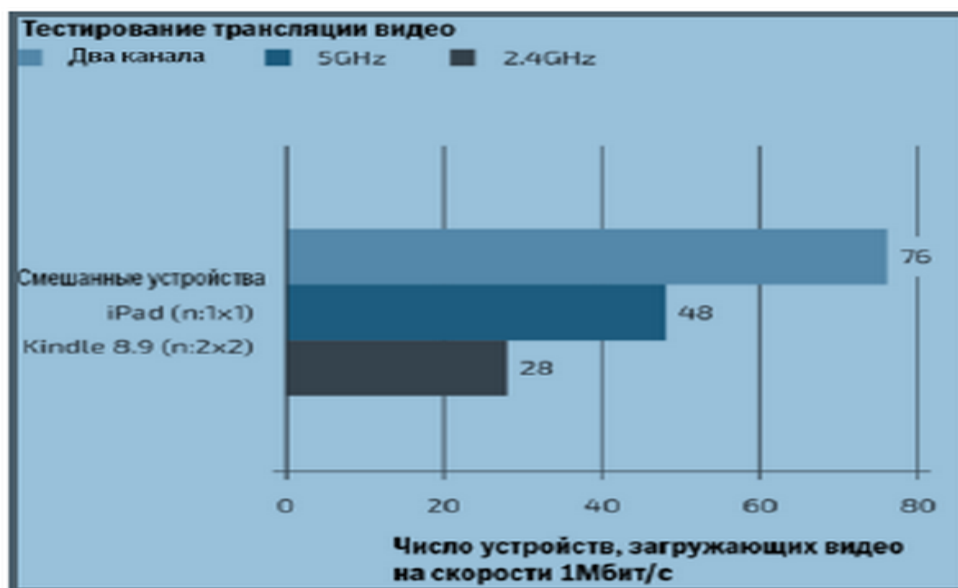


Рис. 3.7. Тестування трансляції відео на суміш клієнтських пристроїв стандарту 802.11n

Цей тест допоміг визначити максимальну кількість трансляцій відео, яке може підтримуватися однією точкою доступу Cab-n-Connect A100. Слід зазначити, що фактична швидкість передачі даних кожного потоку дорівнює 1,2 Мбіт / с, так як в передачу входять файли H.264.

Результати показують, що система може підтримувати більше 75 клієнтських пристроїв стандарту 802.11n. Однак результати тестів сильно залежать від продуктивності клієнтського пристрою. Більш продуктивні пристрої дозволяють досягти кращих результатів (наприклад, пристрої 802.11n або ноутбуки 3x3). Щоб результати були максимально наближені до реальності, Kontron відібрав найбільш часто використовувані планшетні ПК.

Перевірка відеотрансляції з клієнтами 802.11ac

Тест пристроїв 802.11ac проводився в лабораторії SIL з використанням Cab-n-Connect A100 і трансляцією відео в форматі HD зі швидкістю 1 Мбіт / с. Як і в тесті пристроїв 802.11n, метою було визначити максимальну кількість трансляцій відео, яке може підтримуватися однією точкою доступу Cab-n-Connect A100. Слід зазначити, що фактична швидкість передачі даних кожного потоку дорівнює 1,2 Мбіт / с, так як в передачу входять також файли H.264.

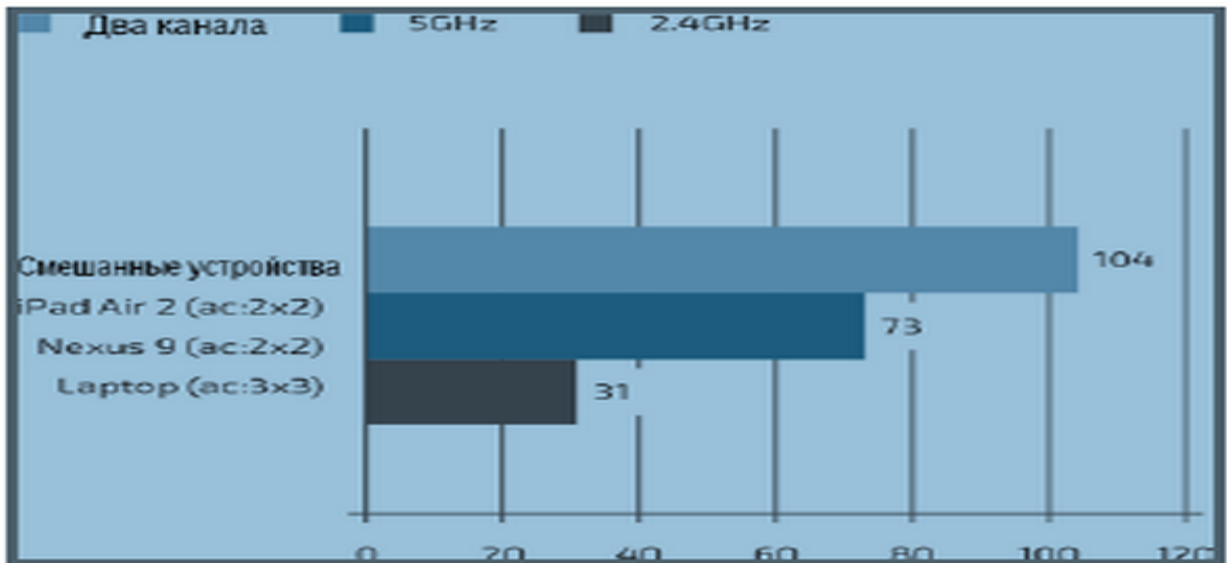


Рис. 3.8. Тестування трансляції відео на суміш клієнтських пристроїв стандарту 802.11ac.

Результати даного тесту (рис. 6) показують, що Cab-n-Connect A100 підтримує більше 100 пристроїв стандарту 802.11ac. Однак результати тестів сильно залежать від продуктивності клієнтського пристрою. Більш продуктивні пристрої дозволяють досягти кращих результатів.

3.6. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЗА ДОПОМОГОЮ СУМІСНОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ

Слід зазначити, що Cab-n-Connect A100 має зворотну сумісність з більш ранніми стандартами 802.11 за рахунок використання двох радіоканалів. Точка доступу Cab-n-Connect A100 підтримує частоти 2,4 і 5,0 ГГц і сумісна зі стандартами 802.11a/b/g/n, тим самим дозволяючи авіакомпаніям модернізувати вже існуючі рішення IFE. Версія 802.11ac забезпечує гнучкість, необхідну для роботи: може працювати як блок бездротової локальної мережі в кабіні повітряного судна (CWLU) або як термінальний блок бездротової локальної мережі (TWLU).

3.7. МЕРЕЖЕВА БЕЗПЕКА ЛІТАКА

Для систем «Інтернету речей» безпека – одна з найважливіших проблем, і особливо це стосується мережі на борту повітряного судна. Є два основних аспекти безпеки, що вимагають уваги: безпека на борту повітряного судна та безпеку самої системи IFE, захист обладнання, програмного забезпечення даних і персоналу.

Безпека на борту повітряного судна

Розгортається на борту повітряного судна система IFE зазвичай отримує сертифікат безпеки (Design Assurance Level - DAL) рівня E або D по посібникам FAA DO-254 (апаратне забезпечення) і DO-178 (програмне забезпечення). Рівень E присвоюється, коли несправності не впливають на безпеку повітряного судна, а рівень D присвоюється при наявності незначного впливу на безпеку. Таким чином, система IFE встановлюється і сертифікується так, що не контактує з іншими підсистемами повітряного судна. Це виключає будь-яку можливість шкоди обладнанню повітряного судна, до якого підключена система IFE. Наприклад, фізичне підключення до шини даних ARINC 429 може бути налаштоване в режим «тільки читання» для приймача, підключеного до сервера IFE. Це дозволяє отримувати дані про висоту і розташування повітряного судна і складати карту польоту в режимі реального часу. В цьому випадку система IFE може тільки зчитувати дані і не може передавати команди або замінювати дані в підсистемі.

Безпека бездротової точки доступу IFE

Інший аспект безпеки стосується самої системи IFE, так як будь-яка бездротова мережа може піддаватися мережевим атакам. Щоб захиститися від цього, Sab-n-Connect A100 CWP має новітні засоби безпеки корпоративного рівня і побудована на базі операційної системи WiNG 5. Ця операційна система має надійну розподілену структуру, яка дозволяє поліпшити якість послуг, безпеку роботи точок доступу на повітряному судні. Система працює надійніше, і маршрутизація виконується ефективніше.

Система має інтелектуальний віртуальний контролер, який оптимізує роботу мережі для збереження якості потокового відео, одночасно забезпечуючи безпеку бездротової мережі літака і захищаючи її від несанкціонованого доступу. Брандмауер

другого рівня на точках доступу являє собою додатковий рівень захисту даних при їх передачі. Точка доступу Cab-n-Connect A100 автоматично виявляє будь-які загрози мережі, починаючи від спроб злому і закінчуючи уразливими мережі.

Наприклад, вбудований засіб AirDefense Wireless Intrusion Detection and Protection (Виявлення та захист від мережевих проникнень) (WIPS) захищає мережу від атак. WIPS визначає MAC-адреса спуфинга, коли зломщик під час атаки прикидається авторизованим пристроєм. AirDefense WIPS виявляє повторні атаки і реагує, якщо кількість проникнень перевищує заданий поріг в межах деякого діапазону часу. Система також може генерувати сигнали тривоги або відправляти SNMP-пастки, попереджаючи системи управління про порушення безпеки.

Крім того, система може бути налаштована таким чином, щоб атакуючий пристрій заносилося в чорний список, і все що надходять від нього дані будуть фільтрувати, доки пристрій не буде видалено зі списку. Також Cab-n-Connect A100 має функцію IP-фільтрації, перетворення мережевих адрес (NAT), управління доступом по порту, IPSec (шифрування пакетів точка точка по Ethernet), протокол безпеки AAA (RADIUS).

Kontron наділив Cab-n-Connect A100 неймовірними інтелектуальними можливостями. Кожна точка доступу має розподілену структуру і за рахунок цього автоматично вибирає оптимальний маршрут для всього трафіку. Функція SMART-RF інтегрована в ОС WiNG 5 і дозволяє точці доступу автоматично оптимально адаптуватися до змін в радіочастотній середовищі, підтримуючи продуктивність і усуваючи прогалини в мережевому покритті. Вона відчуває потенційні перешкоди від Wi-Fi і не-Wi-Fi джерел (наприклад, несправні антени або неполадки сусідніх точок доступу) і в міру необхідності автоматично регулює канали та їх потужності. Крім того, ОС WiNG 5 зміщує площину управління до країв. Це рішення зменшує перешкоди точок, регулює канали та їх потужності в залежності від поточних умов і вибирає оптимальні маршрути. В результаті передача відео і даних працює без збоїв, покриття стабільно, а перешкоди гасяться. SWAP рівномірно розподіляє клієнтів по точках доступу і смугах частот для досягнення максимальної загальної продуктивності мережі для всіх користувачів.

Такий підхід дозволяє піти від прив'язки клієнта до точок доступу і підвищує загальну продуктивність мережі. Функція Roaming Assistance забезпечує безшовне з'єднання клієнтів і покращує загальну продуктивність мережі. Функція 802.11 Fast Roaming дозволяє швидше переключати клієнтів між точками доступу. Крім цих удосконалень, для оптимізації каналу використовуються модифіковані способи формування діаграми спрямованості передачі даних між точкою доступу і клієнтським пристроєм, що підвищує швидкість передачі даних. Клієнтські пристрої працюють швидше і економлять заряд батареї, що, безсумнівно, підвищує якість обслуговування. Всі перераховані особливості дозволяють збільшити повноту використання смуги пропускання, транслювати відео в форматі HD і передавати інші дані пасажиром повітряного судна.

3.8. LTE ЯК ЗАСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ

Підключення по LTE – ще один варіант модифікації мережі, який авіакомпанії можуть використовувати, щоб порадувати пасажирів і підвищити якість послуг. Пристрій ACE Flight 4600 сімейства Kontron ACE Flight Server оптимізовано для роботи з носіями і має 4G / LTE-модем для підключення до мережі, коли повітряне судно знаходиться на землі. Крім того, в лінійці ACE Flight Server є компактні системи для роботи в якості багатофункціонального завантажувача даних через 4G/LTE, включаючи засоби управління збереженим контентом і контролер IFE. Така система, опціонально обладнана Wi-Fi, може забезпечити максимальну кількість сценаріїв завантаження даних. В результаті авіакомпанії отримують широкий вибір безпечних варіантів завантаження таких даних, як фільми, музика, електронні книги, ігри та багато іншого. Екіпаж і обслуговуючий персонал на землі може отримувати дані про політ. Система підтримує до чотирьох наземних модемів 4G/LTE, які можуть бути об'єднані для забезпечення високої пропускну здатності. У цій конфігурації стає можливим швидко здійснювати оновлення, коли повітряне судно знаходиться в ангарі. В середньому (плюс-мінус відхилення, пов'язані з завантаженням мережі і підключенням), менш ніж за 30 хвилин можна завантажити близько 10 Гбайт даних, якщо на все 4 модему буде встановлена швидкість 40 Мбіт/с. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через

GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. Система підтримує до чотирьох наземних модемів 4G/LTE, які можуть бути об'єднані для забезпечення високої пропускної здатності. У цій конфігурації стає можливим швидко здійснювати оновлення, коли повітряне судно знаходиться в ангарі. В середньому (плюс-мінус відхилення, пов'язані з завантаженням мережі і підключенням), менш ніж за 30 хвилин можна завантажити близько 10 Гбайт даних, якщо на все 4 модему буде встановлена швидкість 40 Мбіт / с. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. Система підтримує до чотирьох наземних модемів 4G / LTE, які можуть бути об'єднані для забезпечення високої пропускної здатності. У цій конфігурації стає можливим швидко здійснювати оновлення, коли повітряне судно знаходиться в ангарі. В середньому (більш-менш відхилення, пов'язані з завантаженням мережі і підключенням), менш ніж за 30 хвилин можна завантажити близько 10 Гбайт даних, якщо на все 4 модему буде встановлена швидкість 40 Мбіт / с. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. У цій конфігурації стає можливим швидко здійснювати оновлення, коли повітряне судно знаходиться в ангарі. В середньому (плюс-мінус відхилення, пов'язані з завантаженням мережі і підключенням), менш ніж за 30 хвилин можна завантажити близько 10 Гбайт даних, якщо на все 4 модему буде встановлена швидкість 40 Мбіт/с. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. У цій конфігурації стає можливим швидко здійснювати оновлення, коли повітряне судно знаходиться в ангарі. В середньому (плюс-мінус відхилення, пов'язані з завантаженням мережі і підключенням), менш ніж

за 30 хвилин можна завантажити близько 10 Гбайт даних, якщо на все 4 модему буде встановлена швидкість 40 Мбіт / с. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями. Після підключення до мережі система автоматично координує завантаження даних на бортовий сервер через GbE. Ця гнучка система має опціональну можливість роботи через Wi-Fi для завантаження даних в якості терміналу (TDL) або бездротового з'єднання з іншими пристроями.

3.9. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОЇ І НАДІЙНОЇ РОБОТИ

Розробка оптимальної бездротової системи IFE – завдання непросте, що вимагає всебічного розуміння роботи бездротових мереж, радіопередачі, конструкції обладнання і роботи повітряних суден. Сімейство пристроїв ACE Flight – це готові рішення для організації високошвидкісних мереж за рахунок інтеграції технологій і функціональності, що забезпечують надійну продуктивність. Завдяки герметичній конструкції з природним охолодженням система сертифікована за стандартом DO-160G і виконана у формфакторі ARINC 600 для авіаційного радіоелектронного обладнання (рис. 3.9).

Сервер ACE Flight 4600 також вдосконалено завдяки зберіганню даних на SSD-носії об'ємом кілька терабайт, новітнім процесорам Intel, а також засобам для розробки програмного забезпечення (SDK – Software Development Kits), які відповідають сучасним зростаючим вимогам і допомагають прискорити процес розробки. Платформа може керувати веб-серверами для екіпажу та пасажирів, працювати з додатками для авіоніки, такими як додатки для льотного техобслуговування, сервери з'єднань, сервери бездротового контенту і IFE-сервери.



Рис. 3.9. Сервер Kontron ACE Flight 4600 має двоярусний процесор Intel Core 17 1,5 ГГц, 16 Байт DDR3 і до 1,8 Тбайт SSD. Система відповідає сучасним вимогам до продуктивності, програмного забезпечення і доступу до даних. Створена спеціально для роботи в літаку, формфактор ARINC 600 4MCU, 6 RX-каналів ARINC 429 і вбудований модем. Система енергоефективна, легка, герметична і має природне охолодження.

Будь то IFE-системи в нових або в модернізованих літаках, сервер ACE Flight 4600 фірми Kontron прекрасно ілюструє, як авіаційні сервери загального призначення перетворилися в один з основних компонентів сучасних систем IFE. ACE Flight Server вбудовується в системи безпечного зв'язку для організації мереж Ethernet з високою швидкістю передачі даних для завантаження відео або інших типів потокових даних. Масштабна відкрита структура системи забезпечує чудову гнучкість і оптимізацію послуг, що надаються. Сервер має вбудований керований комутатор Ethernet Gigabit L2/L3, а в поєднанні з бездротовою точкою доступу розробники системи IFE можуть створити мережу корпоративного класу, перевірену і схвалену FAA (PMA) (рис. 3.10).

Стандартизовані системи Kontron довели свою ефективність в створенні надійних бездротових мереж і кращу в своєму класі продуктивність під час роботи з мультимедійним контентом. Ці системи дозволяють знизити витрати і спростити процедуру розгортання, відповідають жорстким вимогам даної галузі за габаритами, вагою і енергоспоживанням. Як провідний розробник інноваційних технологій для аерокосмічної промисловості Kontron використовує свій досвід для виведення економічно ефективних систем розваги і зв'язку на якісно новий рівень з метою їх застосування в комерційній та бізнес-авіації для вирішення завдань з управління безпекою польотів та забезпечення комфорту екіпажу та пасажирів.



Рис. 3.10. Високий рівень інтеграції від Kontron (керований комутатор і розширюване сховище) дозволяє розробляти потужні системи IFE, орієнтовані на сервіси. Бездротові рішення Kontron для цивільної авіації - це економічно вигідний інструмент, що дозволяє авіакомпаніям розширити спектр пропонованих послуг і отримувати додаткові доходи.

3.10. АНТЕНА ОПИС І РОБОТА

Загальна структура системи Jetwave™

Система постачання Jetwave™ SATCOM лінія зв'язку широкосмугового доступу, які можуть бути використані для надання даних, відео та голосового зв'язку для пасажирів комунікацій і розваг. Система AES взаємодіє з SAS через супутник, як показано на рис. 3.11.

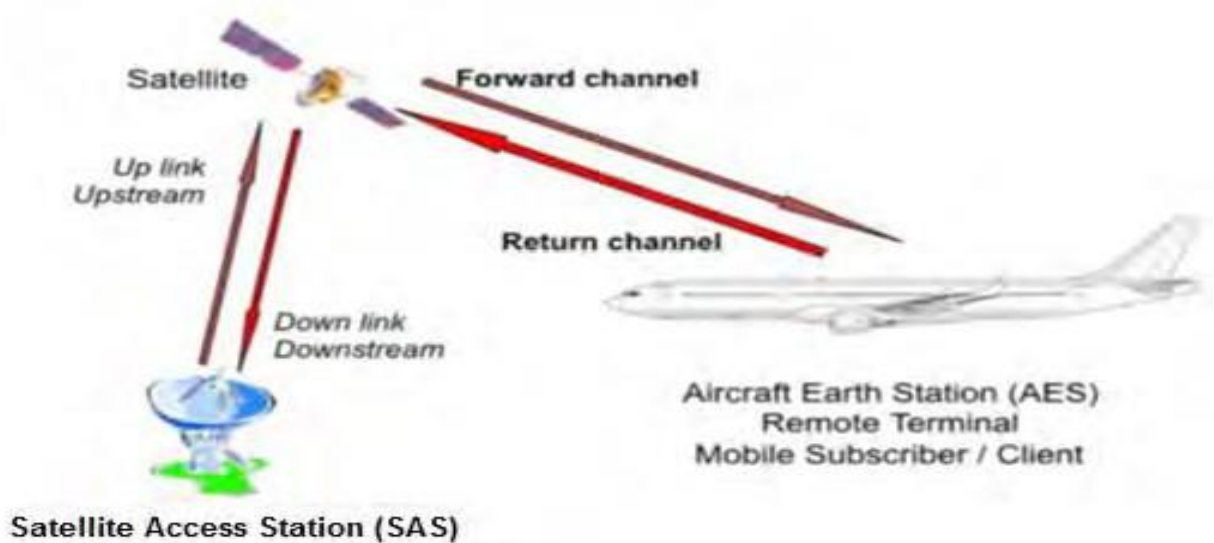


Рис. 3.11. Ка-діапазон система

Система надається в межах AES, щоб включити двосторонній зв'язок. Прямий канал забезпечує комунікаційний канал від SAS до AES. Зворотний канал забезпечує комунікаційний канал з AES в SAS. AES приймає в прямому каналі в Ка-діапазоні, і передає в Ка-діапазоні. Система AES забезпечує зв'язок даних між RF літака і обслуговування супутника. Система AES включає в себе антену, яка управляється в напрямку обслуговуючого супутника за допомогою механічних засобів.

Частотний діапазон роботи системи Jetwave становить від 29 до 30 ГГц (TX, Ка-діапазону) і 19,2 до 20,2 ГГц (RX, К-діапазону) (рис. 3.12).

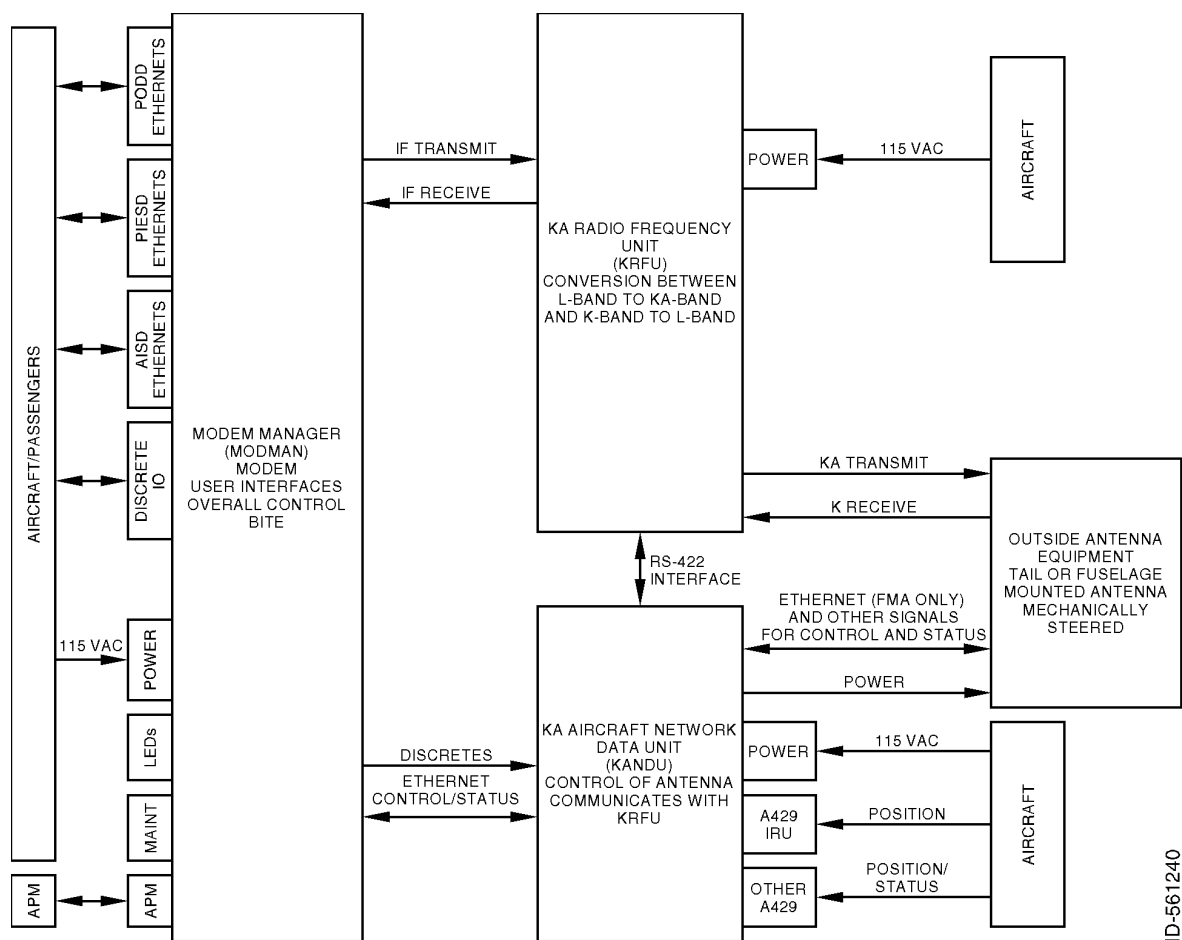


Рис. 3.12. Jetwave™ Блок-схема системи

Режим Power On

Кожен LRU переходить в режим При включенні харчування при подачі живлення. передачі РЧ відключена в цьому режимі. В цьому режимі Modman робить POST і інші інвазивні тести. Якщо ніяких збоїв не виявлено, то система переходить в режим ініціалізації системи.

ПРИМІТКА: SNMP і безперервне ВІТЕ не доступні в будь-який час в цьому режимі.

Режим ініціалізації системи

У режимі ініціалізації системи, то Modman починає безперервний доступ до системи, а також послуги SNMP. Modman намагається встановити зв'язок з Kandu і ОАЕ. Передачі РЧ відключена в цьому режимі. У той час як в режимі ініціалізації системи, то RS422, Сигнал та інтерфейси Ethernet доступні і активні на всіх Jetwave™ LRUs які харчування. У Modman, при включенні харчування, блок живлення для АРМ є на роз'ємі Modman P23В. При подачі живлення на Kandu LRU, потужність антени доступна на розеточной J2 Kandu. Зверніться до діючих схем приєднання до електричних специфікаціям цих інтерфейсів. Там немає очікування для ініціалізації системи з моменту Modman, в KRFU, і Kandu LRUs (якої влада ОПЕ) харчується незалежно від джерела живлення літака. Після того, як зв'язок з іншим LRUs встановлена, параметри укусу інших LRUs витягуються і більш широка система тестування виконуються. Тестування широкої системи включає в себе перевірку сумісності обладнання,

Режим роботи Нормальний

У робочому режимі Normal, передача РЧ включена і встановлення супутникового зв'язку ініціюється за умови дотримання системи, що відповідає наступні умови – ПС знаходиться в повітрі, не існує географічне обмеження, а антена має пряму видимість супутника. Наземна операція можлива, якщо GTE затверджується і нормативні умови не обмежують його. користувач Трафік може бути запущений після того, як антена правильно наведена на супутник і кінцеві замки на супутнику для забезпечення зв'язку. Система дозволяє використовувати всі підтримувані сервіси, такі як безперервний ВІТЕ, SNMP, системи доступу, призначені для користувача сервіси і т.д. в цьому режимі. Система переходить в режим Normal Operating приблизно через 5 хвилин після безперервної подачі живлення до останнього LRU.

Режим Critical Fault

Система переходить в режим критичної несправності, коли будь-який LRU повідомляє критичну помилку, яка не може бути залучена і буде впливати на супутниковий зв'язок. Радіопередача приглушена і призначені для користувача послуги відключені. Система може підтримувати мінімальні послуги, такі як SNMP, безперервний ВІТЕ, системи доступу тощо в цьому режимі.

Режим завантаження даних

Система переходить в режим навантаження даних, коли повітряне судно знаходиться на землі і місцевої дискретної завантаження даних на Modman затверджується. SNMP, системи доступу та безперервні послуги ВІТЕ можуть не підтримуватися в режимі завантаження даних. Передачі РЧ відключений в режимі завантаження даних. Modman забезпечує завантаження даних ARINC 615A Ethernet до себе і інших LRUs через свій власний інтерфейс в режимі завантаження даних. Крім того, окремо LRUs забезпечує Арінком 615A завантаження даних за допомогою своїх налаштованих портів. ААЯ і KRFU не підтримують Арінком 615A завантаження даних окремо і даних, завантажених через Modman і Kandu, відповідно. Система може вийти з режиму навантаження даних, коли локальна навантаження дискретних даних затверджуються.

Режим заданий

Система також забезпечує заданий режим роботи, який може бути ініційований через SNMP, коли повітряне судно знаходиться на землі. Цей режим забезпечує доступ до призначених для користувача ініційованим тестів для системи тестування, наприклад, ручного налаштування антени, ініціюючи автоматичну юстировку антени, калібрування кабелю передачі, ручне наведення антени на певне місце і т. ін.

Про Inmarsat послуги

Система Jetwave TM складається з парку Ka-діапазону широкосмугової супутникової мережі від Inmarsat. За допомогою керованих послуг Inmarsat компанії можуть підключатися до своїх глобальних мереж за допомогою цілого ряду супутникових технологій, включаючи мережу Inmarsat Global Xpress, BGAN і Fleet Xpress. Це надає організаціям доступ до надійних, безпечних і економічно ефективних супутникових з'єднань. Використовуються і більш високі частоти, але підвищення їх

ускладнене високим поглинанням радіохвиль цих частот атмосферою. Ku-діапазон дозволяє здійснювати прийом відносно невеликими антенами, і тому використовується в супутниковому телебаченні (DVB), незважаючи на те, що в цьому діапазоні погодні умови чинять істотний вплив на якість передачі.

Ku-діапазон – діапазон частот сантиметрових довжин хвиль, що використовуються в супутниковому телебаченні. За визначенням IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), цей діапазон простягається від 12 до 18 ГГц електромагнітного спектра (довжини хвиль від 2,5 до 1,67 см). У супутниковому зв'язку до цього діапазону також відносять частину X-діапазону: у цьому випадку діапазон Ku- лежить між 10,7 та 18 ГГц. Його назва походить від виразу Kurzunten – буквально «короткий-нижній», що позначає смугу нижче K-діапазону (з нім. Kurz – «короткого»). Ka-діапазон – діапазон частот сантиметрових та міліметрових довжин хвиль, що використовуються в основному для супутникового радіозв'язку та радіолокації. За визначенням IEEE цей діапазон простягається від 26,5 до 40 ГГц електромагнітного спектра (що відповідає довжинам хвиль від 1,13 до 0,75 см). Назва діапазону походить від суміші англійського та німецького слів: «короткий» (нім. kurz) і «над» (англ. above), що вказує на положення Ka-діапазону: «над» K-діапазоном (18-26,5 ГГц).

Jetwave™ AES забезпечує Ka-діапазону зв'язку з використанням бортової VSAT. AES здійснює зв'язок через супутник до SAS. Інтерфейс передавача і приймача за умови, всередині AES забезпечує двосторонній зв'язок. Прямий канал забезпечує комунікаційний канал від SAS до AES. Зворотний канал забезпечує комунікаційний канал з AES в SAS.

У Jetwave™ система не може бути розміщена на землі або в повітрі в певних географічних районах. Деякі країни не дозволяють доступ до цієї служби в своєму повітряному просторі. Наявність послуг може буде залежати від країни, в якій повітряне судно зареєстровано. Оператори повітряних суден можуть підійти відповідні реселлери / Distribution Partners для отримання більш докладної інформації, де Jetwave™ послуги не доступні.

3.11. ПОСТАЧАЛЬНИКИ СУПУТНИКОВИХ ПОСЛУГ

Поточні ринкові пропозиції повітряного зв'язку включають такі компанії, як Iridium, Inmarsat, Globalstar, Telenor та SES, Global Eagle Acquisition (вона ж рядок 44) * та OneWeb * / Airbus (* збанкрутував у 2020 році під час пандемії коронавірусу та ринкової кризи) . Пропозиції цих програвачів відрізняються за продуктивністю, як завдяки технології, так і за спектром, який вони використовують.

Постачальники супутникових послуг є головними учасниками галузі. Ці гравці, як правило, мають міцну опору на сухопутному та морському ринках. Їх основними клієнтами є люди, яким потрібна можливість підключення до Інтернету у віддалених районах або в екстремальних умовах, таких як морський транспорт. Хоча провайдери мають можливість забезпечити доступ в будь-якій точці світу, враховуючи їх велику кількість орбітальних супутників, витрати на підтримку та розгортання цієї інфраструктури також є їх слабкістю. Ці оператори мають ціни значно вищі за стандартні тарифи на телекомунікації, враховуючи високі вимоги до капітальних витрат на придбання, запуск та обслуговування супутників. Крім того, деякі рішення є повільними, що робить програми, що увімкнені через широкосмугові послуги, майже неможливими.

Давайте детальніше розглянемо двох основних гравців, які надають послуги супутникового зв'язку для авіаційної промисловості, IRIDIUM та INMARSAT.

ВИСНОВКИ

Що стосується методів комунікації, традиційні методи комунікації за даними посилянь включають HF, VHF і SATCOM. Однак HF і VHF системи не охоплюють трансокеанських польотів або віддалених районів і дуже обмежені в обсягах переданих даних, тоді як зв'язок через системи SATCOM доступна майже в будь-якій частині земної кулі і забезпечує передачу значно більших обсягів даних. Отже, здатність зв'язку до літаків через SATCOM стає життєво важливою для задоволення зростаючих потреб у передачі даних та голосу.

За допомогою різних типів повітряно-наземних мереж повітряна система SATCOM встановлює двонаправлені зв'язки та здійснює передачу та прийом даних між літаком та землею. Завдяки швидкому збільшенню кількості ПС у повітряному просторі, системи передачі даних ефективно зменшують робоче навантаження пілота та диспетчера, збільшують можливості повітряного простору та згладжують рух літаків протягом останніх років. Крім того, деякі додатки, що базуються на даних, такі як моніторинг двигуна та літака, відстеження польоту, погода та оновлення плану польоту, CPDLC тощо, економить багато витрат та часу для авіаційних операторів, покращують безпеку літаків та ефективність завдань. Таким чином, повітряна система SATCOM стала необхідною частиною системи авіоніки в авіаційному транспорті, бізнесі, регіональній та загальній авіації.

SATCOM відрізняється високою швидкістю та надійністю передачі даних у складних умовах. Система збільшує можливості зв'язку завдяки додатковій смузі пропускання. В американській армії ця система застосовується для розвідки, спостереження, керування вогнем, при спеціальних операціях. За її допомогою передають дані між різними військовими об'єктами, навіть між підводними човнами. Цей зв'язок має підвищений рівень захисту.

Супутниковий зв'язок та інтернет, зокрема Інтернет речей (Internet of Things, IoT), DTH (Direct-to-Home) телебачення та високошвидкісна передача даних бездротовими оптичними каналами зв'язку – все це стає частиною нашого життя завдяки роботі SATCOM (Satellite Communication) компаній.

Практичне застосування SATCOM очевидно. В умовах, коли мобільний зв'язок по тим чи іншим причинам обмежений або повністю недоступний, а до найближчих радіостанцій далеко, використання супутникових репітерів — найбільш дешевий і доступний спосіб зв'язку із зовнішнім світом. Тому цілком можна використовувати такі протоколи, як APRS, щоб транслювати GPS-координати та текстові повідомлення, HF-FAX або SSTV для передачі зображень.

SATCOM характеризується високою швидкістю та надійністю передачі даних при здійсненні військових місій у складних умовах. Система збільшує комунікаційні можливості, забезпечуючи додаткову смугу пропускання.

У новому пакеті військової допомоги США надасть Україні термінали SATCOM та послуги супутникового зв'язку. Це обладнання забезпечить надійну комунікацію у найскладніших військових умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ніколаєнко Б.А., Пелешок Є.В. Сучасні супутникові системи зв'язку. – К.: Національний технічний університет України «КПІ». – 144 с.
2. Satellite Voice Guidance Material (SVGM), First Edition — 24 July 2012, International Civil Aviation Organization.
3. ICAO Doc 9869, Performance-based Communication and Surveillance (PBCS) Manual), Second Edition, 2017, International Civil Aviation Organization.
4. Aeronautical Radio, Incorporated, ARINC 781-6 'Mark 3 Aviation Satellite Communication Systems', December, 2012.
5. Simulation/Optimization Modeling for Robust Satellite Data Unit for Airborne Network, Joe Zambrano, Laboratory of Space Technologies, Embedded Systems, Navigation and Avionic, Montreal, Quebec, Canada, June 2015
6. <https://www.eurocontrol.int/system/satellite-communications-datalink>(16May 2021).
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Iridium_satellite_constellation (16 May 2021).
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Inmarsat#Networks> (16 May 2021).
9. <https://aerospace.honeywell.com/en/learn/products/satellite-communications>(16May 2021).
10. <https://satellitephonestore.com/iridium-certus> (16 May 2021).
11. <https://www.iridium.com/products/avionica-satlink-max> (16 May 2021).
12. <https://www.ustronics.net/aviation-products> (16 May 2021).
13. <https://www.collinsaerospace.com/what-we-do/Military-And-Defense/Communications/Airborne-Communications/Satcom> (16 May 2021).
14. Business and Regional Systems Marketing Bulletin, Upgrade of Existing SAT-906, SAT-6000 and SAT-6100 for SwiftBroadband, Ref. No. BRS-110079.4M, 01/2013.
15. A Review of Satellite Communications and Complementary Approaches to Support Distributed Disaster Response, Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory, December 2013.