

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра авіоніки

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ Павлова С.В.
“ _____ ” _____ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
“МАГІСТР”**

Тема: Бортова система передачі та обміну даними на літаку

Виконавець: Лисенко Богдан Олегович

Керівник: Слободян Олександр Петрович

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

Охорона праці - Козлітін Олексій Олександрович

Охорона навколишнього середовища - Фролов Валерій Федорович

Нормоконтролер: Левківський Василь Васильович

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіоніки

Напрямок (спеціальність) 173 «Авіоніка»
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Павлова С.В.

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Лисенка Богдана Олеговича

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

1. Тема дипломної роботи: Бортова система передачі та обміну даними на літаку затверджена наказом ректора від _____ 2020 р. № ___ / ___
2. Термін виконання роботи : з 06.10.2020 р. по 25.12.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи: Архітектура бортового обладнання на базі інтегрованої модульної авіоніки. Використання мережі стандарту AFDX для технічного обслуговування комплексів бортового обладнання.
4. Зміст пояснювальної записки: 1) Аналіз принципів побудови та перспективи розвитку бортових систем інформаційного обміну. 2) Принципи побудови бортових мереж, комплексів бортового обладнання перспективного літака.
3) Архітектура сучасної бортової повнодуплексної мережі AFDX. 4) Теоретико-аналітична оцінка ефективності використання мережі afdx для технічного обслуговування БРЕО.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: принципи, структурні, функціональні та електричні схеми, блок схеми, діаграми.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Провести аналіз характеристик та будови бортових систем	з 09.10 по 17.10	
2.	Провести дослідження схем та вузлів інтегрованої модульної авіоніки	з 17.10 по 26.10	
3.	Провести дослідження побудови авіаційної повно-дуплексної мережі	з 26.10 по 03.11	
4.	Сформувати теоретико-аналітичну оцінку ефективності використання мережі AFDX	з 03.11 по 01.12	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4. Охорона праці	Козлітін Олексій Олександрович		
5. Охорона навколишнього середовища	Фролов Валерій Федорович		

8. Дата видачі завдання: «06» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) _____ Слободян О.П.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Лисенко Б.О.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи “Бортова система передачі та обміну даними на літаку” ___сторінки, ___рисуноків, ___таблиць, ___використаних джерел.

ЛІТАК, СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ, ІНТЕГРОВАНА МОДУЛЬНА АВІОНІКА, ІНТЕРФЕЙС, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ.

Об’єкт дослідження – архітектура бортової системи інформаційного обміну перспективного літака, предмет дослідження – Avionics Full-Duplex Switched Ethernet – AFDX.

Мета дипломного проекту – дослідження ефективності використання мережі AFDX для технічного обслуговування комплексів бортового обладнання сучасного літака.

Метод дослідження – синтез структурних схем бортових систем інформаційного обміну, теоретико-аналітична оцінка експлуатації та подальшого використання бортової мережі обміну даними.

Матеріали дипломної роботи рекомендуються використовувати при проведенні наукових досліджень, навчальному процесі та в практичній діяльності авіаційних фахівців.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – розробка та удосконалення апаратно-програмних засобів комплексів БРЕО з урахуванням вимог концепції ІМА та високошвидкісних мереж, стандартів, наприклад, стандарту AFDX.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1. Аналіз принципів побудови та перспективи розвитку бортових систем інформаційного обміну.....	7
1.1. Бортові системи інформаційного обміну.....	8
1.2. Архітектура систем інформаційного обміну.....	18
1.3. Інтегровані БОС перспективних літальних апаратів.....	24
Розділ 2. Принципи побудови бортових мереж комплексів бортового обладнання перспективного літака.....	30
2.1. Інформаційно-обчислювальне середовище на основі концепції інтегрованої модульної авіоніки.....	31
2.2. Архітектура сучасних бортових мереж.....	38
2.3. Аналіз безпеки.....	39
2.4. Склад і структура модульної авіоніки.....	42
Розділ 3. Архітектура сучасної бортової повнодуплексної мережі AFDX.....	50
3.1. Структурна організація побудови авіаційної повно-дуплексної мережі.....	51
3.2. Повно-дуплексна мережа в сучасній ІМА.....	64
Розділ 4. Теоретико-аналітична оцінка ефективності використання мережі AFDX для технічного обслуговування БРЕО.....	72
4.1. Системи зберігання даних на борту літака.....	73
4.2. Організація взаємодії БСД з бортовими системами літака.....	77
4.3. Розробка архітектури бортового сервера даних.....	78
4.5. Конструктивне виконання БСД.....	79
Розділ 5. Охорона праці.....	82
5.1. Аналіз умов праці інженера-дослідника.....	83
5.2. Пожежна безпека.....	86
5.3. Розрахунок звукоізоляції.....	87
Розділ 6. Охорона навколишнього середовища.....	90
6.1 Вплив авіації на довкілля.....	91
6.2 Характеристика основних джерел впливу на природне середовище.....	92
6.3 Забезпечення безпеки навколишнього середовища.....	96
Висновки.....	98
Список використаних джерел.....	99

ВСТУП

Широке впровадження систем автоматичного керування, підкріплене розвитком архітектури й елементної бази мікропроцесорів і мікросхем, веде до організації комплексних систем автоматизації, що мають розподілену структуру. До класу таких систем можуть бути віднесені великі робото технічні комплекси, автоматизовані технологічні лінії й ділянки, цехи-автомати, гнучкі автоматизовані виробництва. Всі названі класи САК характеризуються твердими вимогами по надійності й високій інтенсивності міжмодульного обміну інформацією. В якості модулів при цьому можуть виступати мікроеом, а також їх блоки (обробки, відображення, зберігання даних), виконавчі механізми, системи збору інформації і так далі.

У якості мережі обміну інформацією знаходить усе більш широке застосування інтерфейс AFDX (Avionics Full-Duplex Switched Ethernet). Завдяки високій швидкості передачі інформації, надійності, можливості мережного доступу, даний інтерфейс із успіхом використовуються в бортовій авіоніці.

Передача таких даних, як пілотажно-навігаційна інформація, команди управління, параметри бортових підсистем і комплексів, дійсно вимагає реального часу, вимірюваного мікросекундами. Однак у сучасній бортовій авіоніці з'являються й інші інформаційні потоки, що вимагають ще більш високих швидкостей і гігантських обсягів переданих даних. Це потоки відеоінформації, передані між підсистемами відеоспостереження, прицілювання, системою відображення інформації й системою відеореєстрації.

Для виконання дипломного проекту мною була обрана новітня системобудівна технологія AFDX саме тому, що вона є найбільш перспективною у створенні бортових систем обміну інформації і у подальшому зможе стати однією з основоположних технологій для майбутніх комплексів бортового обладнання (КБО).

Одна з основних тенденцій в області авіаційної техніки - уніфікація й стандартизація встаткування й інтерфейсів комплексів бортового обладнання. Найважливіший елемент будь-якого сучасного КБО - система передачі інформації. Роботи в області створення й впровадження уніфікованих бортових систем

передачі даних нараховують більш ніж тридцятирічну історію – досить згадати використовувану дотепер специфікацію MIL Std – 1553B, перший стандарт бортових локальних мереж, затверджений у 1973 році.

У міру розширення й ускладнення завдань, реалізованих перспективними космічними й літальними апаратами, зростали й вимоги до комплексів бортового обладнання. Існуючої архітектури КБО з низькошвидкісними каналами передачі інформації перестають відповідати сучасним вимогам. Стали необхідні нові технології комплексування високоінтелектуальних підсистем КБО в інтегровані масштабовані комплекси з відкритою архітектурою.

Технологія AFDX дозволяє будувати високошвидкісну комунікаційну інфраструктуру для всіх видів бортових комунікацій, таких як передача високошвидкісних цифрових сигналів між джерелами/приймачами сигналів, процесорами цифрової обробки й обладнаннями відображення; обмін даними між обчислювальними модулями паралельних обчислювальних систем або розподілених обчислювальних комплексів; передача команд на підсистеми комплектів бортового встаткування; збір інформації із сенсорних полів і з інших первинних джерел інформації в КБО (для джерел з низько- і середньошвидкісними інформаційними потоками); розподіл міток часу в КБО, сигналів реального часу й переривань. Широкий спектр застосування технології Spacewire і поза аерокосмічною тематикою - у різних завданнях, зв'язаних із збором і обробкою інформації, управлінням у комплексах з розподіленою архітектурою, у системах паралельної обробки сигналів і даних.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БОРТОВИХ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ

Вступ до розділу

Останнім часом на перспективних літальних апаратах (ЛА) все більш застосовують мультиплексні канали (МК) міжмодульного обміну (МО). Для вирішення поставлених завдань перед бортовими системами інформаційного обміну проектується спеціальна елементна база.

Як послідовні канали міжмодульного інформаційного обміну найбільш поширені ARINC – 429 та MIL – SID-1553B. Розробка систем на основі цих інтерфейсів регламентується ГОСТ 26765.51 – 86, ОСТ 25.968–82, ГОСТ 18.977–79 та ГОСТ 26765.52–87 відповідно.

Застосування мультиплексних каналів міжмодульного обміну дає можливість гнучко комплектувати електронне обладнання літака, що значно зменшує масу і загальну довжину дротів систем зв'язку.

Для підвищення живучості та скорочення фізичної довжини застосовуються мультиплексні канали для правого і лівого бортів ЛА.

При цьому для підвищення надійності та достовірності передачі даних, а також забезпечення безвідмовної роботи обладнання літака кожний з каналів повинен резервуватись.

Отже, в даному розділі дипломної роботи проаналізуємо принципи побудови бортових систем інформаційного обміну та сучасні технології, що застосовуються для перспективних комплексів бортового обладнання (КБО).

Кафедра авіоніки					НАУ 20 04 02 000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Лисенко Б.О.			АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БОРТОВИХ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник.		Слободян О.П.					7	
Консульт.		Слободян О.П.				173 Авіоніка		
Н. Контр.		Левківський						
Заф.каф..		Павлова С.В.						

1.1. Бортові системи інформаційного обміну

Сучасні авіаційні комплекси є територіально розподіленими в межах об'єкта, які реалізують у реальному масштабі часу сукупність різних за призначенням функціональних завдань, які ієрархічно взаємопов'язані між собою на рівні відповідних бортових алгоритмів і протоколів взаємодії.

У результаті територіальної розподіленості та неоднорідності використовуваних різними розробниками обчислювальних засобів з'являється необхідність у вирішенні важливої системної завдання їх функціонального об'єднання в єдиний комплекс апаратури за допомогою створення відповідної системи бортового інформаційного обміну.

Бортова система інформаційного обміну представляє собою сукупність апаратних, програмних та алгоритмічних засобів, необхідних для організації обміну даними між різними функціональними елементами комплексу.

Більшість існуючих сьогодні на борту ЛА систем інформаційного обміну можна умовно розділити рис.1.1.1.:

- за функціональним призначенням каналів обміну;
- за типом зв'язків і типу переданих даних;
- дисципліні організації управління передачею даних;
- дисципліні доступу до каналу обміну;
- режиму обміну;
- типу фізичного середовища розповсюдження інформації і т.д.

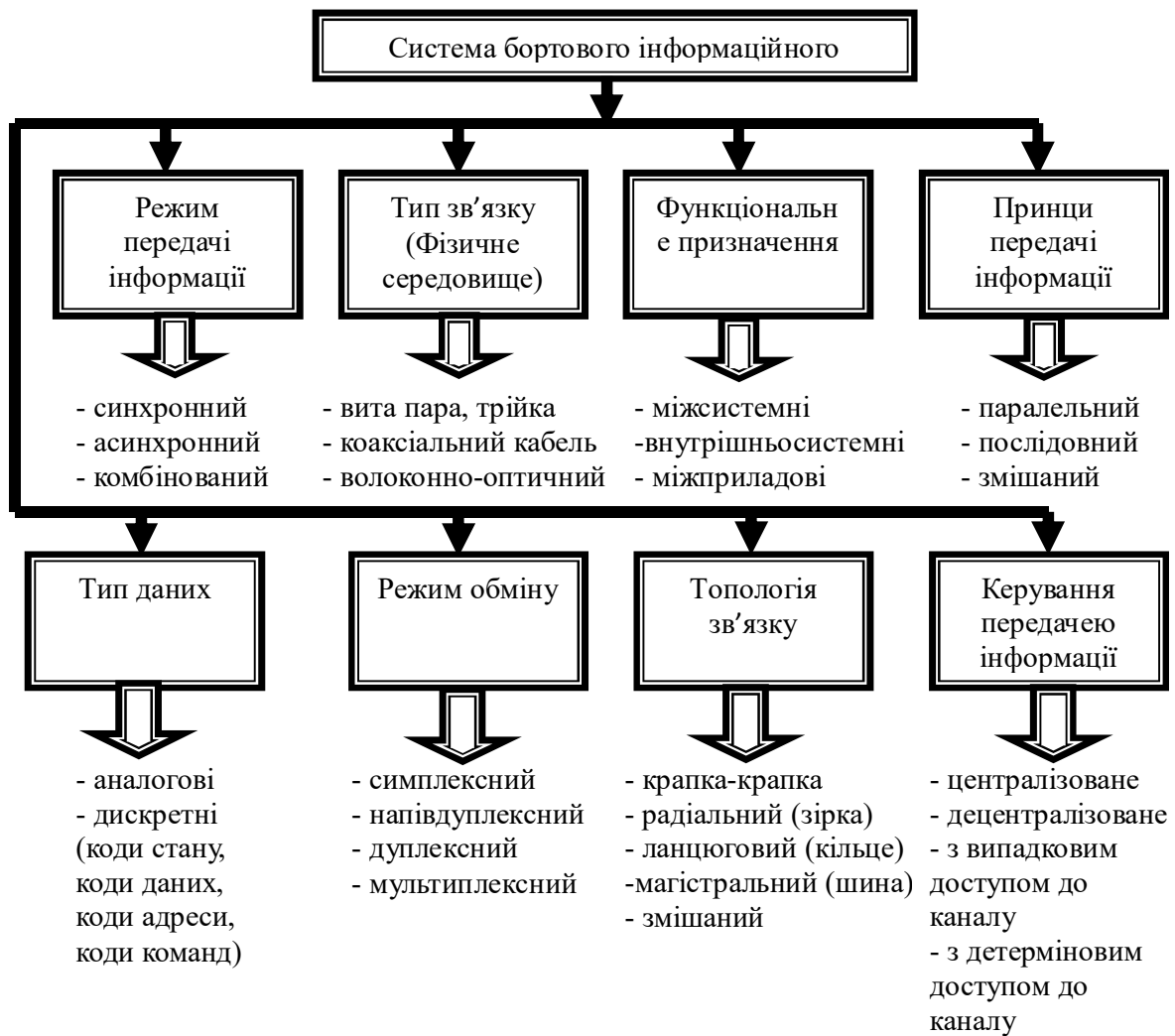


Рис. 1.1.1. Класифікація систем бортового інформаційного обміну

Обмін даними в бортових системах відбувається на умовах інформаційної, електричної і конструктивної сумісності апаратури БСІО відповідно до вимог державних та галузевих стандартів бортових інтерфейсів.

Вибір типу бортового інтерфейсу каналу обміну визначається вимогами до:

- систем обміну по забезпеченню необхідної функціональної зв'язності апаратури БСІО;

- високої надійності передачі даних;

- довговічності і зносостійкості обладнання, його ремонтпридатності;

- урахування можливості подальшого розширення комплексу;

- простоти схемних і конструктивних рішень;

- мінімізації вартості, масо-габаритних показників апаратури, обсягом переданих даних і т.п.

В даний час прийнято розрізняти чотири класи бортових джерел, що істотно відрізняються за обсягом і швидкістю формованої польотної інформації.

До першого класу відносять квазістаціонарні джерела, які характеризуються формуванням малого обсягу рідко змінюваної інформації (контактні датчики, реле, тумблери разових команд і т.п.), інформаційна ємність яких вимірюється величинами 1-16 біт, а період опитування становить 0,1-1,0 с з темпом 1 кбіт/с.

Другий клас динамічних джерел характеризується формуванням малого об'єму часто змінюваної інформації (датчики кутового положення ЛА, датчики лінійного прискорення і т.д.), період опитування яких знаходиться в межах 0,001-0,1 с, а інформаційна ємність становить 8-20 біт з темпом до 100 кбіт/с.

Третій клас локаційних джерел (радіолокаційні РЛС, лазерні РЛС і тощо.) характеризується отриманням і цифровою обробкою значного обсягу і постійно змінюваної інформації (з темпом 1-1000 Мбіт / с), але з відносно невеликою частотою видачі даних після обробки (з темпом до 1 Мбіт/с).

Четвертий клас джерел зображень утворюють оптичні та радіолокаційні бортові системи, що характеризуються отриманням і цифровою обробкою значного обсягу часто змінюваної інформації (з темпом 100 ... 1000 Мбіт/с), і з темпом, що зберігається для видачі після обробки.

При проектуванні сучасних КБО і складових його систем сьогодні можна розглядати наступні види інтерфейсів бортового інформаційного обміну:

1. Інтерфейси, впроваджені в авіаційну промисловість вітчизняними і мають закордонні аналоги:

- ГОСТ 18977-79 (аналог ARINC 429): Комплекси бортового устаткування літаків і вертольотів. Типи функціональних зв'язків. Види та рівні електричних сигналів і РТМ 1495-75: Обмін інформацією двополярним кодом в обладнанні літальних апаратів;

- ГОСТ 26765.51-86 (аналог Q-bus): Інтерфейс магістральних, паралельних систем електронних модулів. Загальні вимоги до сукупності правил обміну інформацією;

- ГОСТ 26765.52-87 (аналог MIL STD 1553 B): Інтерфейс магістральних, послідовних систем електронних модулів;

- ГОСТ 7845-92 (аналог STANAG 3350 B): Система мовного телебачення.
Основні параметри. Методи вимірювань;

- ГОСТ Р 50832-95 (аналог STANAG 3910): Інтерфейс магістральних, послідовних волоконно-оптичних систем електронних модулів;

- ГОСТ Р 52070-2003: Інтерфейс магістральних, послідовних систем електронних модулів. Загальні вимоги:

- ГОСТ (аналог RS-232 (TIA / EIA 232)):

- РД 134-0121-2000 (аналог RS-485 (TIA / EIA 485)): Інтерфейс магістральний для бортової апаратури космічних апаратів. Методичні рекомендації.

2. Закордонні інтерфейси, що не мають вітчизняних аналогів, але які використовуються в вітчизняній авіаційній промисловості:

- ARINC 664: Aircraft Data Network;

- ARINC 708A;

3. Бортові інтерфейси, що мають закордонні аналоги і знаходяться в даний час на стадії промислового проектування та стандартизації у профільюючих організаціях:

- ГОСТ: Високошвидкісна, лінійна (магістральна) шина з маркерним методом доступу (для розробки стандарту використовується базова технологія AS 4074);

- ГОСТ: Високошвидкісна кільцева шина з маркерним методом доступу (для розробки стандарту використовується базова технологія AS 4075);

- ГОСТ: Розширений зв'язковий інтерфейс багатопроцесорних систем (для розробки стандарту використовується базова технологія SCI - ANSI / IEEE Std 1596-1992);

- ГОСТ: Високопродуктивна мережева волоконно-оптична технологія передачі інформації бортового застосування (для розробки стандарту використовується сімейство протоколів Fibre Channel - ANSI X3T11);

4. Інтерфейси, позитивно зарекомендували себе в різних галузях закордонної промисловості та визнаються як потенційні кандидати для впровадження або апробації в авіаційній промисловості:

- Міжсистемні інтерфейси Fibre Channel (ANSI X3T11); Scaleable Coherent Interface - SCI (ANSI / IEEE Std 1596-1992); Myrinet; Serial Express; Gigabit Ethernet; Asynchronous Transfer Mode; FireWire (IEEE 1394) та ін;

- Внутрішньосистемні інтерфейси Scaleable Coherent Interface - SCI (ANSI / IEEE Std 1596-1992); Fibre Channel - ANSI X3T11; VME; PCI Compact; SKY Channel Packet Bus; LVDS (TIA / EIA 644) та ін.

Впровадження перспективних технологій в бортових системи інформаційного обміну в КБО ЛА нового покоління доцільно тільки при значному вдосконаленні інформаційних характеристик функціонального обладнання (датчиків, засобів відображення і т.п.) та апаратно-програмного забезпечення, що безпосередньо обґрунтовує необхідність застосування інформаційних технологій з підвищеними функціональними характеристиками.

Попередній аналіз потоків функціональних параметрів, які передбачається передавати в перспективних ЛА, показує різке збільшення величини інформаційного трафіку відповідно до нових тактичних задач, що вирішують перспективні КБО.

На даний час при реалізації бортових інформаційних систем в переважній більшості випадків ставиться питання щодо вибору характеру адаптації ряду конкретних інформаційних COTS-технологій, а не питання генерації якої-небудь нової технології. Час, коли інформаційні технології визначали як з фінансовою, так і з технологічної точки зору.

Порівняльний аналіз різних перспективних мережних технологій, таких як SCI, Fibre Channel, ATM, Myrinet, Serial Express і Gigabit Ethernet показав, що найраціональнішою для застосування в системах реального часу є технологія Fibre Channel (FC), адаптація якої до систем реального часу здійснюється в даний час технічною групою FC-AE, що розробляється (Fibre Channel Avionic Environment).

Адаптація і можливість застосування як уніфіковану мережу передачі даних в системах реального часу, зокрема для комплексування авіоніки ЛА майбутнього покоління, технології FC обумовлюються наступними основними характеристиками:

- логічною гнучкістю FC-технології в цілому, яка є набором взаємозв'язаних і злагоджених логічних інструментів;

- достатньою пропускнуою спроможністю і малим часом затримки;
- застосуванням як електропровідних, так і оптичних фізичних з'єднань;
- "інваріантністю" до довжини фізичних з'єднань;
- високим ступенем надійності передачі інформації;
- можливістю масштабування обчислювальних систем при інтеграції КБО;
- ізохронною гарантованою передачею інформації;
- виправленням помилок і відновленням після відмов;
- можливістю управління потоками даних;
- розподілом ресурсів пропускнуої спроможності (смуги частот);
- реалізацією режимів групової/циркулярної передачі даних;
- забезпеченням різних пріоритетів для передачі інформаційних потоків;
- розділенням часу і можливістю захисту інформації;
- універсальною організацією протоколів верхнього транспортного рівня (ULPs), яка допускає відображення ряду протоколів, у тому числі здійснює відображення логіки інформаційного обміну по MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87) в ряд специфікованих пакетів і обмінів, регламентованих FC-технологією.

Мультиплексні канали мають ряд переваг – значно більша пропускна здатність передачі, з можливістю адресації абонентів і блоків даних, більш гнучкою структурою зв'язку. Радіальні канали мають побудову системи на більш простій елементній базі, а у ряді випадків їх застосування може виявитися більш доцільним для організації локальних зв'язків. Розвиток бортових радіоелектронних систем базується на гнучкому підході, що передбачає застосування радіальних каналів для організації локальних або відособлених систем передачі типу «точка-точка», а розвиток мультиплексних систем – для побудови глобальних каналів міжмодульного обміну інформацією.

Необхідність побудови САУ, які містять велике число модулів з різними вимогами до зв'язків між ними, зумовило створення багаторівневих (ієрархічних) систем збору, обробки і передачі інформації.

Суть магістрально-модульного принципу побудови систем – можливість комплектувати засоби систем автоматичного управління (САУ) із стандартних і конструктивно закінчених модулів, сумісних по інтерфейсу обміну.

Характерною особливістю створення сучасних САУ є широка уніфікація технічних рішень модулів всіх трьох конструктивних рівнів і, в першу чергу, уніфікація внутрішньоприладних і зовнішніх інтерфейсів приладів і модулів. Цей підхід повинен враховувати як специфіку приладів і модулів, що накладає ряд обмежень на інтерфейси, так і проблему скорочення обладнання каналів обміну і підвищення надійності та живучості систем.

Стандартизації в інтерфейсі звичайно підлягають: формати передачі інформації; команди і стан засобів каналу; склад і типи ліній зв'язку; алгоритм функціонування; електронні схеми прийому і передачі; параметри сигналів і вимоги до них; конструктивні рішення (включаючи нумерацію контактів в роз'ємах). Вибір інтерфейсу каналу обміну визначається вимогами до системи обміну для забезпечення: необхідної функціональної зв'язаності модулів із заданою швидкістю; високої надійності передачі даних; довговічності обладнання; ремонтпридатності; можливості розширення і модернізації систем; простоти схемних і конструктивних рішень; мінімізації вартості, маси і габаритних розмірів.

В залежності від структури системи обміну, конструктивного розміщення і взаємодії модулів, можна виділити три рівні приладових інтерфейсів:

- внутрішньоплатні;
- внутрішньокасетні;
- внутрішньоприладові.

Зовнішній інтерфейс приладів і модулів ділиться на групи:

- спеціальні інтерфейси каналів зв'язку з датчиками і виконавчими пристроями;
- уніфіковані інтерфейси з локальними периферійними пристроями;
- уніфіковані інтерфейси міжприладового зв'язку зосереджених систем;
- уніфіковані інтерфейси міжмодульного зв'язку розподільчих систем;
- уніфіковані для всієї АСУ інтерфейси міжсистемного зв'язку.

Уніфіковані інтерфейси зв'язку з периферійними пристроями часто надають розробникам САУ можливість застосовувати стандартне периферійне обладнання. Розроблений цілий ряд стандартних сполучень плат цих інтерфейсів з внутрішньоприладовим інтерфейсом. Незрівнянно складнішу проблему

представляє уніфікація каналів обміну між приладами і функціональними модулями.

Розділення зовнішніх інтерфейсів приладів на інтерфейси зосереджених обчислювальних систем (ЗОС) і розподілених обчислювальних систем (РОС) відображає співвідношення часу передачі даних між приладами і часу обробки цих даних. РОС мають модулі, що територіально рознесені. В даному класі систем виділяють два підкласи: глобальні РОС і локальні РОС. В глобальних РОС довжина каналів зв'язку вимірюється сотнями і тисячами кілометрів. Глобальні РОС (наприклад, засоби управління космічними об'єктами) представляють незначний об'єм серед інших систем і застосовують специфічне середовище – радіоканали. Локальні РОС займають проміжне положення між ЗОС і глобальними РОС, довжина каналів зв'язку яких вимірюється сотнями метрів.

В розподілених системах управління застосовуються, як правило, послідовні канали з однією лінією зв'язку, а в зосереджених – канали з групою ліній зв'язку – шинним інтерфейсом.

Класифікація інтерфейсів враховує наступні характеристики каналу:

- функціональне призначення;
- тип зв'язку системи обміну;
- організацію управління передачею інформації;
- принцип передачі інформації;
- режим організації передачі;
- спосіб представлення і розподілення сигналів;
- тип фізичного середовища і досяжну пропускну здатність.

По функціональному призначенню канали міжмодульного обміну підрозділяються на міжприладові канали ЗОС, внутрішньосистемні канали ЗОС і РОС та канали міжсистемних зв'язків.

Можна виділити дві групи характеристик, що стосуються безпосередньо каналів міжмодульного обміну, фізичного і каналного рівнів.

Характеристики фізичного рівня є сукупністю параметрів безпосередньо фізичного середовища передачі даних і перетворювачів, які забезпечують роботу середовища передачі інформації. До них відносяться:

- число підключення модулів приймачів-передавачів до каналу;

- тип носія середовища передачі даних (кабель з витотою парою, коаксіальний кабель, світловод);
- швидкість передачі сигналів в каналі;
- параметри сигналів на входах і виходах прийомопередаючих перетворювачів, вході і виході каналу передачі даних;
- максимальна довжина передаючого середовища (сегментів, шлейфових та радіальних відгалужувачів і т. д.), з'єднувальних модулів;
- допустиме число ретрансляторів в каналі;
- максимальний час затримки розповсюдження сигналів через канал;
- габаритні розміри і конструктивно-технологічні характеристики прийомопередаючих вузлів і елементів стикування складових частин середовища передачі.

Слід розрізняти два поняття швидкості передачі: перша з них – фізична швидкість передачі по каналу, яка визначається числом бітів, що передаються в секунду по конкретному каналу; друга – швидкість, яка характеризується числом бітів, переданих за секунду між парою точок інтерфейсу системи.

Характеристики каналного рівня представляють інформаційні параметри каналу і включають:

- структуру інформаційного повідомлення;
- спосіб адресації до модулів і число сформованих адрес повідомлень;
- спосіб управління обміном і порядок встановлення логічних зв'язків між модулями;
- спосіб виявлення помилок і їх нейтралізація.

Оцінка (чисельна або якісна) кожного з більшості приведених вище параметрів залежить від організації конкретного каналу.

Тип зв'язків системи обміну визначається топологією зв'язків і режимом обміну по лініях зв'язку. Під топологією зв'язків розрізняють чотири основні структури інтерфейсів каналів: радіальну, ланцюгову, магістральну і змішану, комбінацію перших трьох структур. Радіальний інтерфейс відповідає топології зв'язку «зірка», ланцюгової топології «кільце», магістральної-топології «шина» (рис. 1.1.2.).

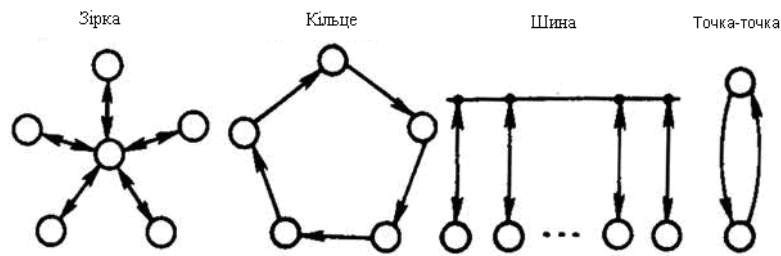


Рис. 1.1.2. Топологія зв'язків

Режими обміну інформацією розділяють на: сімплексний, напівдуплексний, дуплексний і мультиплексний. В сімплексному режимі можлива передача лише від одного модуля (наприклад, в топології «кільце»). В напівдуплексному будь-який з модулів може почати передачу, якщо лінія зв'язку при цьому виявляється вільною (наприклад, в топології «зірка»). Для випадку зв'язку двох модулів в дуплексному режимі кожний модуль може передавати інформацію у будь-який момент часу (наприклад, в топології «точка-точка»). При зв'язку декількох модулів в мультиплексному режимі («шина») в кожний момент часу зв'язок може бути здійснений між одним модулем – джерелом інформації і одним або декількома модулями – приймачами по загальному каналу передачі із структурою зв'язку «багато-точка». Канали сімплексного, напівдуплексного і дуплексного режиму передачі мають структуру «точка-точка».

Централізоване управління ведеться від одного контролера, а децентралізоване – від декількох. Децентралізація може бути повною (всі модулі є потенційними контролерами) або частковою. При децентралізованому керуванні з випадковим доступом всі модулі – потенційні контролери і можуть виходити на передачу в канал у будь-який час. Це приводить до появи конфліктів в загальному каналі і можливість накладання двох і більш передач.

Детермінований метод доступу виключає зіткнення за рахунок централізації управління в одному контролері в даний момент. Відсутність зіткнень і розміщення засобів управління в одному модулі робить переважним детермінований метод доступу для організації передач в САУ. Проте застосування одного центрального контролера обмежує надійність, живучість і життєстійкість систем. Для подолання цього недоліку організація управління передачею інформації здійснюється по методу детермінованого доступу на розподільчих контролерах, а самі потенційні контролери отримують управління по методу

випадкового доступу з прослуховуванням передачі за наявності тривалості паузи в передачі по шині порогового значення.

Централізоване або частково децентралізоване управління з детермінованим доступом в залежності від джерела ініціалізації передачі повідомлень розрізняють:

- по часових мітках опорного таймера;
- за ініціативою контролера в режимі «команда-відповідь»;
- за запитом від вторинних модулів.

За принципом передачі інформації інтерфейси розділяють на паралельні, послідовні і паралельно-послідовні. Паралельна передача застосовується в ЗОС. В РОС переважно застосовується послідовна, інколи паралельно-послідовна передача.

По режиму організації передачі розрізняють інтерфейси:

- з синхронною передачею даних;
- з асинхронною передачею;
- з комбінованою передачею з двома режимами.

В каналах міжмодульного обміну застосовується переважно передача з асинхронною організацією, при якій автоматично підтримується оптимальне співвідношення між швидкістю передачі даних і часом проходження (затримкою) сигналу.

1.2. Архітектура систем інформаційного обміну

Розвиток комплексного бортового обладнання (КБО) характеризується постійним збільшенням числа задач, яких необхідно вирішувати, підвищенням їх складності, розширенням інтелектуальних і адаптивних можливостей комплексу. Основні відмічені якості КБО літаків нового покоління це, перш за все, розвинута архітектура і інтелект, що забезпечує високу інформаційну підтримку виконання польотного завдання і високий рівень автоматизації управління ЛА на всіх етапах польоту. Комплекс бортового обладнання нового покоління повинен функціонувати в умовах ускладнення обстановки і підвищення динаміки її зміни. Функціональна організація КБО перспективних ЛА наступного покоління повинна забезпечувати такі параметри, як:

- висока інформаційна підтримка при виконанні польотного завдання, при одночасному зниженні психологічного навантаження на екіпаж;
- працездатність в умовах ускладнення тактичної обстановки і підвищення динаміки її зміни;
- зменшення часу ухвалення рішень при багатокритеріальному виборі оптимального варіанту рішення;
- еволюційність і адаптованість функціонального потенціалу до різних типів ЛА, можливість проведення архітектурної модернізації;
- висока експлуатаційна придатність і надійність виконання польотного завдання.

Основна концепція авіоніки в перспективних ЛА основана на інтеграції інформаційних датчиків всіх бортових підсистем з метою формування об'єктивної реальної картини зовнішньої обстановки для забезпечення ситуаційної впевненості поведінки, а також для виводу інформації на індикатори. Екіпаж стежить за бортовою інформацією, а система сама проводить підключення необхідних датчиків, щоб відповісти на запит льотчика. На відміну від попередніх КБО електронна апаратура перспективних ЛА відображає комплексний підхід більш високого рівня, завдяки якому авіоніка автоматично керує датчиками, звільняючи від цієї задачі льотчика. Інтегрована авіоніка перспективних ЛА забезпечує льотчику ситуаційну впевненість виконання польотного завдання з урахуванням можливості автоматичного відновлення працездатності бортової апаратури при виникненні в ній збоїв.

Аналіз вимог до апаратних засобів інтерфейсу, кабіни та індикаторів на приладній панелі літаків нового покоління показує, що формують зображення на матричних плоских індикаторах (моніторах).

Під архітектурою БОС слід розуміти принципи організації, що визначають склад апаратних і програмних засобів, їх функції і порядок взаємодії, тобто сукупність характеристик і властивостей системи, що забезпечують задане функціонування КБО. Структура БОС розглядається як апаратна реалізація її архітектури, зорієнтована на конкретне застосування. Таким чином, однією з обов'язкових властивостей інформаційно-обчислювальних систем повинна бути здатність до динамічної реконфігурації структури.

Науково-технічний базис, що забезпечує розробку технології створення БОС з функціональною орієнтацією архітектури, структура яких може динамічно змінюватися відповідно до вимог вирішення задачі, знаходиться у стадії формування.

Концепція відвертості архітектури бортових СВТ базується на основі використання обмеженого набору уніфікованих функціональних модулів засобів обробки і передачі інформації, що дозволяє створювати масштабні БОС з широким спектром функціональних характеристик. Принцип відвертості повинен наділяти проектовану систему здібностями до розвитку, вдосконалення і модернізації. Він повинен забезпечити побудову БОС, характеристики яких можуть змінюватися в широких межах залежно від вимог конкретного застосування. Проектування систем військового застосування на основі використання відкритої архітектури і стандартних інтерфейсів визначає економічне значення даного підходу в сучасній обстановці швидкого розвитку технологій і зниження масштабів бюджетного фінансування. Можливість нарощувати обчислювальні характеристики систем при використуванні модульної архітектури ефективний спосіб, який в даний час актуальний як ніколи раніше.

Концепція глибокої уніфікації і стандартизації забезпечує зниження витрат і скорочення термінів як розробки, так і подальших модернізацій КБО. Стандартизація розповсюджується на всі функціональні компоненти, створювані на основі комерційних технологій.

Концепція апаратної інтеграції дає можливість побудувати єдину інформаційно-обчислювальну систему (ІОС), яка забезпечить глибоку функціональну інтеграцію і незалежність програм відповідних апаратних засобів, забезпечить розширення функціональних можливостей КБО на основі комплексної обробки інформації, можливість концентрації ресурсів обчислювального середовища для виконання найважливіших функцій і підвищення надійності та живучості комплексу за рахунок реконфігурації структури ІОС.

Концепція високої технологічності, що підтримується новітніми технологіями, забезпечить впровадження автоматизації в процеси проектування і розробки БОС і програмного забезпечення (ПЗ), зниження технічного ризику при

створенні БОС і КБО, а також скорочення витрат на технічне обслуговування та експлуатацію.

Особлива увага в забезпеченні вищезгаданих концепцій необхідна уділити перспективним системам відображення інформації (СВІ), які при здійсненні їх уніфікації забезпечать необхідні характеристики і необхідну динамічну модифікацію архітектури БОС в цілому. Для передачі, зберігання і обробки більшої кількості потоків передачі інформації, архітектурна організація засобів інформаційного обміну постійно розвиватися. Наприклад, сигнали від аналогових датчиків перетворюють в цифрові потоки вже на стадії їх обробки, при цьому, завдяки підвищенню частоти квантування вдається підвищити об'єм вибірки інформації (більш 100Мвибірок/с). Також все частіше потрібне перетворення аналогового відеосигналу в цифрову форму.

Висока пропускна здатність необхідна для забезпечення міжпроцесорних з'єднань. Наприклад, системи з розподіленою пам'яттю вимагають забезпечення взаємодії і організації зв'язків з надзвичайно малими тимчасовими затримками.

Всі ці зміни в характеристиках зовнішньої інформаційної обстановки впливають на вибір мережних засобів передачі інформації для КБО перспективних ЛА. При виборі організації перспективної мережної магістралі, розрахованої на експлуатацію в "жорстких умовах" реального часу, необхідно брати до уваги наступні вимоги до її функціональних характеристик, які повинні забезпечувати:

- відповідність сучасним комерційним стандартам загального застосування;
- підтримку послідовних і паралельних фізичних систем зв'язків з малим числом фізичних контактних з'єднань;
- підтримку різних топологій фізичного середовища на основі розподілених і централізованих модулів перемикачів, електричних і оптичних реалізації фізичного середовища;
- підтримку спеціалізованих ("жорстких") умов експлуатації системи;
- підтримку високої технічної швидкості передачі даних і малим часом затримки;
- масштабованість і нарощування обчислювальних характеристик в системах;
- підтримку функціонування в режимі реального часу;
- формування ізохронних відеозображень;

– низьку вартість та ефективність обчислювальних засобів.

Організація послідовних або паралельних зв'язків, які мають невелике число контактів об'єднувальної панелі, необхідна для того, щоб зменшити насиченість (ступінь інтеграції) і, тим самим, вразливість системи по відношенню до відмов контактів в з'єднаннях. Одночасне застосування електричних і оптичних фізичних зв'язків необхідно для підтримки всього діапазону вимог, яким повинні відповідати зв'язки уніфікованих систем передачі даних. Електричні реалізації є найдешевші та підходять для міжмодульних зв'язків всередині крейта. Оптичні зв'язки стійкі до електромагнітного випромінювання і можуть реалізувати "довгі зв'язки" (порядку декількох км). Довгі з'єднання типу "крейт-крейт" і "датчик-крейт" реалізують у вигляді оптичних послідовних з'єднань.

Підвищення швидкості передачі даних обумовлює необхідність відмовитись від єдиного фізичного моноканалу і перехід до застосування локальних фізичних зв'язків типу "крапка-крапка", а також синхронних принципів передачі даних для забезпечення мінімальних тимчасових затримок і оптимальних параметрів передачі сигналів в фізичному середовищі (рис.1.2.1.).

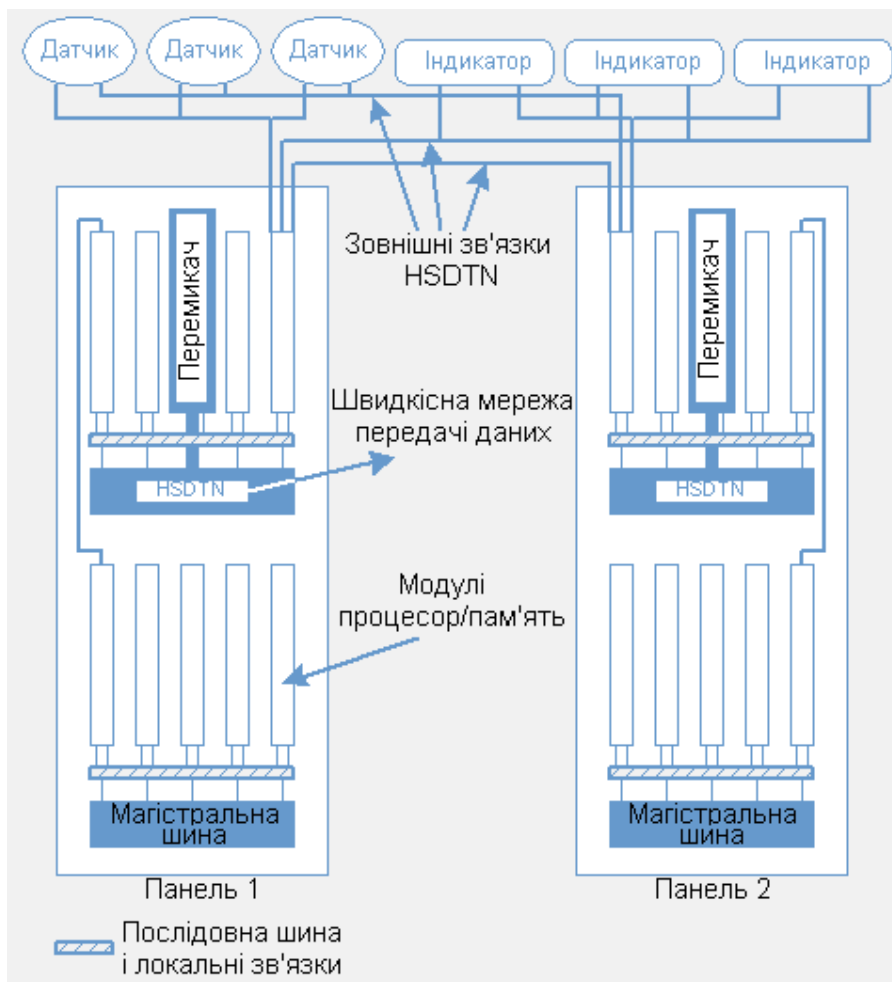


Рис. 1.2.1. Реалізація модульної відкритої архітектури відповідно до програми NGCR на міжмодульному і міжпанельному рівнях

Загальні вимоги до відмовостійкості зв'язків полягає в тому, що відмови з'єднань повинні мати високу ймовірність виявлення і локалізацію, при цьому ні одна одинична відмова не повинна відключати ціле з'єднання (в деяких випадках може бути неприпустимо втратити цілу секцію з'єднань).

Мережна магістраль з перспективною організацією передачі даних повинна підтримувати прості процедури зміни складу об'єднувальних функціональних вузлів за допомогою їх підключення або відключення. Враховуючи умови експлуатації авіаційних, мережна магістраль повинна надійно працювати в необхідних діапазонах робочих температур і механічних навантажень.

Мережна магістраль також повинна передавати дані з мінімальними затримками для забезпечення передбаченості відгуків, які необхідні в режимі реального часу. Для формування зображень в реальному масштабі часу перспективна магістраль повинна забезпечувати малі затримки і при "жорстких

обмеженнях" на максимально допустимий час передачі даних. Малі затримки необхідні як в системах з розподіленою пам'яттю, так і в системах передачі повідомлень, які використовують одну і ту ж мережу для потоків інформації контролю і управління, а також потоку даних, який вимагає уніфікований протокол зв'язків. В системах передачі повідомлень великий час затримки в зв'язках часто призводить до дуже низької ефективності функціонування паралельних процесорів.

Забезпечення режиму реального часу необхідне для того, щоб забезпечити своєчасну доставку високопріоритетних команд і даних управління у разі їх змішування в єдиному потоці з великими трафіками низькопріоритетних повідомлень. Це виконується за допомогою наступних підходів:

- застосування унікальних топологій зв'язків (наприклад, застосування централізованих або розподілених перемикачів);
- вибору фізичної топології і характеристик, що забезпечують малу сумарну інформаційну завантаженість СВІ;
- різних способів планування передачі даних.

1.3. Інтегровані БОС перспективних літальних апаратів

Розвиток КБО характеризується постійним збільшенням вирішення числа задач і підвищенням їх складності, розширенням інтелектуальних і адаптивних можливостей комплексу. При цьому велика частина задач реалізації (60-70%) доводиться на традиційні, які зазнають еволюційну зміну алгоритмів обробки інформації на користь задач навігації, зв'язку, управління обладнанням контролю, відображення інформації і т.п. Таким чином, задачі даної групи не пред'являють специфічні вимоги щодо швидкодії і пам'яті бортових ЦОМ з універсальною архітектурою загального призначення (БЦОМ-ЗП).

В загальному випадку структуру БОС утворюють чотири обчислювальні системи (ОС), що відрізняються своїми ресурсами, комплексної обробки, забезпечення рішення основних задач КБО, обробки сигналів, інтелектуальної обробки, накопичення знань і ухвалення рішень для задач загальнолітакових систем (рис.1.3.1.). Задачі комплексної обробки реалізуються на БЦОМ-ЗП, які

об'єднуються в обчислювальне середовище. Для обробки сигналів необхідні БЦОМ-ОС, які також можуть бути з'єднані в обчислювальне середовище. Рішення задач обробки, накопичення знань і ухвалення оптимальних рішень може як БЦОМ загального призначення так і спеціалізованого. Для вирішення задач загальнолітакових систем необхідні БЦОМ з високим ступенем надійності. Конфігурацією структури БОС керує ОС інтелектуальної обробки, яка об'єднує ресурси всіх інтегрованих обчислювальних середовищ (ІОС) в єдиний ресурс. Одночасно вона формує і загальну стратегію функціонування середовища.

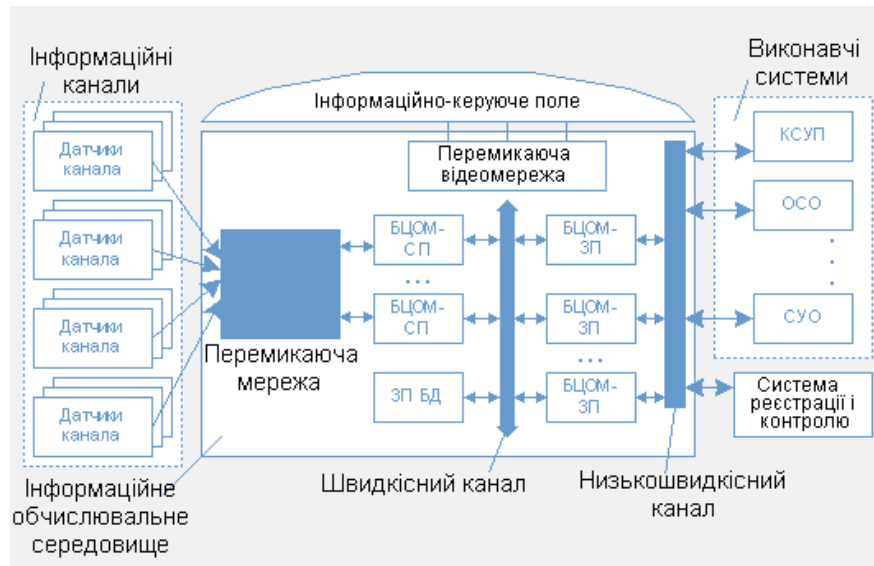


Рис. 1.3.1. Структура КБО

Інтегральний аналіз вимог до характеристик показує, що швидкодія перспективних ЕОМ-ЗП повинна складати близько 20-25 млн. опер./с, а місткість запам'ятовуючого пристрою (ЗП) відповідно 16-32 Мбайта. Спеціалізовані пристрої (СП) первинної обробки інформації повинні мати швидкодію, величина якої не менше 1000 млн. опер./с. Необхідно також відзначити зростання вимог до характеристик перспективних СВІ. На системному рівні величина трафіку може складати близько 5-10 Мбіт/с, а на рівні первинної обробки інформації 1-2 Гбіт/с. Орієнтовні вимоги до характеристик засобів обробки інформації, а також СВІ перспективних БОС, представлені на рис. 1.5.

У складі перспективних БОС застосовуватися засоби зберігання великих об'ємів інформації, які є основою реалізації функціональних пристроїв банків програм і даних, баз знань для здійснення підказок екіпажу у складі експертних систем, а також різноманітної архівної інформації. Найперспективнішим є

застосування ЗП великої місткості у вигляді дискових ЗП типу Winchester бортового застосування, які в даний час вже реалізовані. ЗП подібного типу забезпечує високу швидкість обміну інформацією і необхідні великі об'єми пам'яті, місткістю до 1 Тбайта . Розвиток характеристик дискових ЗП може здійснюватися за допомогою оптичних або магнітооптичних дисків.

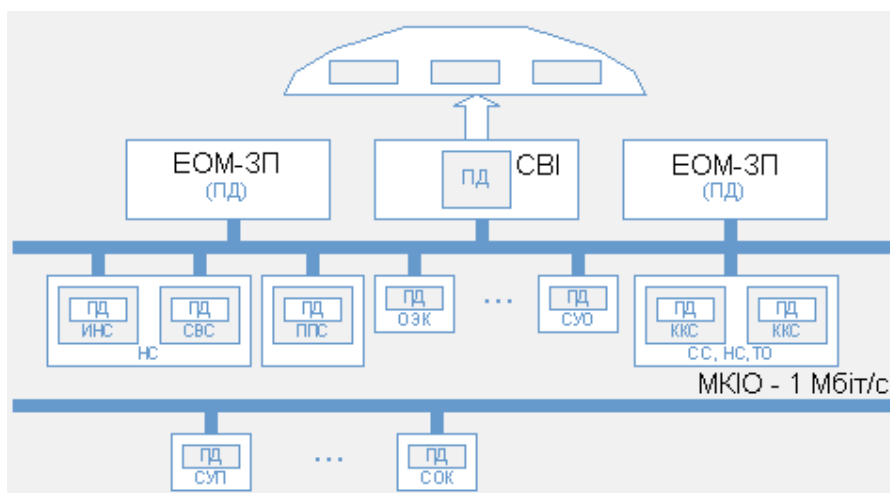


Рис. 1.3.2. Федеративна архітектура БОС ЛА

Високонадійні (толерантні) системи обчислювальної техніки (СОТ) забезпечують стійкість до відмов і збоїв при функціонуванні. Структурно толерантні СОТ звичайно є однорідною мультипроцесорною мережею з резервуванням апаратних засобів обробки і зберігання обробки, а також міжпроцесорних локальних зв'язків.

Для побудови подібної БОС необхідно вирішити ряд проблем в області аналізу і агрегування задач КБО, побудови комутаційних мереж, що забезпечують передачі сигналів і формування потрібних структур, розробки високопродуктивних БЦОМ нового покоління, створення операційних систем, які забезпечують формування необхідних віртуальних обчислювальних систем і функціонування обчислювального середовища. Для зменшення ступеню технічного ризику і забезпечення відповідності розробок, є доцільним поетапний перехід до БОС на основі інтегрованого обчислювального середовища.

Побудову ІОС доцільно проводити на основі різних мультипроцесорних засобів, які в майбутньому можуть представляти єдину (структуру). На першому етапі ІОС створюються тільки для вирішення задач верхнього рівня. Підсистеми нижнього рівня в інформаційних каналах КБО, які містять БЦОМ сигнальної

обробки і БЦОМ загального призначення, зберігаються. Для взаємодії ІОС з підсистемами нижнього рівня рекомендується застосовувати низькошвидкісний мультиплексний канал по ГОСТ 26765.52 87 або ГОСТ Р 50832-95. Компоненти, які забезпечують побудову цього каналу вже розроблені.

До складу БОС вводиться мережа перемикачів, які забезпечують зв'язок датчиків із засобами обробки сигналів. Для управління датчиками і для зв'язку із загальнолітаковими системами (рис. 1.3.3.). Для моделювання подібної структури БОС можна буде приступити в найближчому майбутньому. І лише після цього, можна буде з мінімальним технічним ризиком побудувати ІБОС в повному об'ємі на основі єдиного високошвидкісного інтерфейсу (рис. 1.3.4).

Для побудови інтегрованої обчислювальної системи, функціональні і надійні характеристики якої відповідатимуть вимогам перспективних КБО, необхідна розробка бортових СОТ наступного покоління високоінтегрованих модульних бортових засобів обробки інформації на основі високошвидкісних мережних інтерфейсів, що в свою чергу забезпечать абсолютно нові якості і характеристики (масштабованість, реконфігурацію, підвищену продуктивність і пропускну здатність).

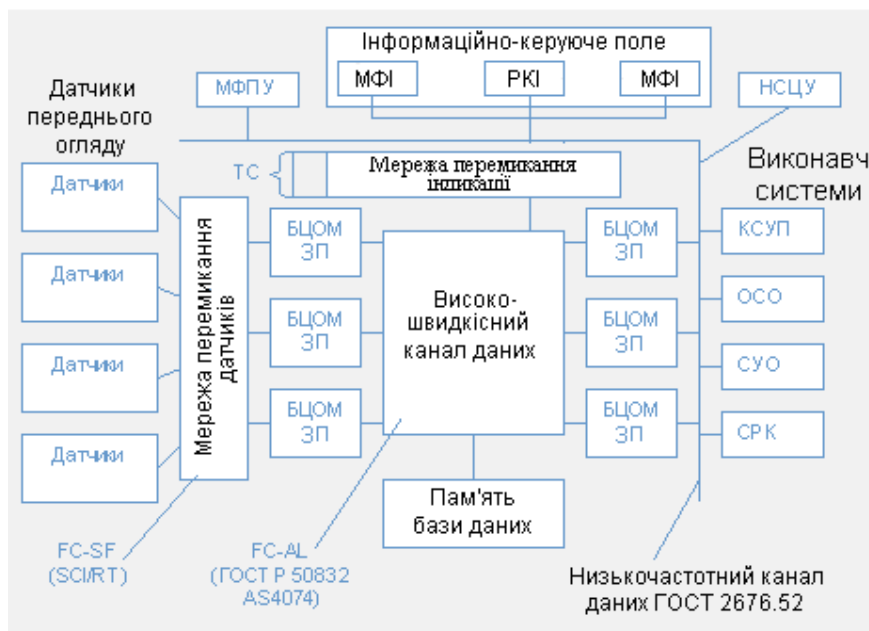


Рис. 1.3.3. Структурна організація багатомашинної БЦОМ

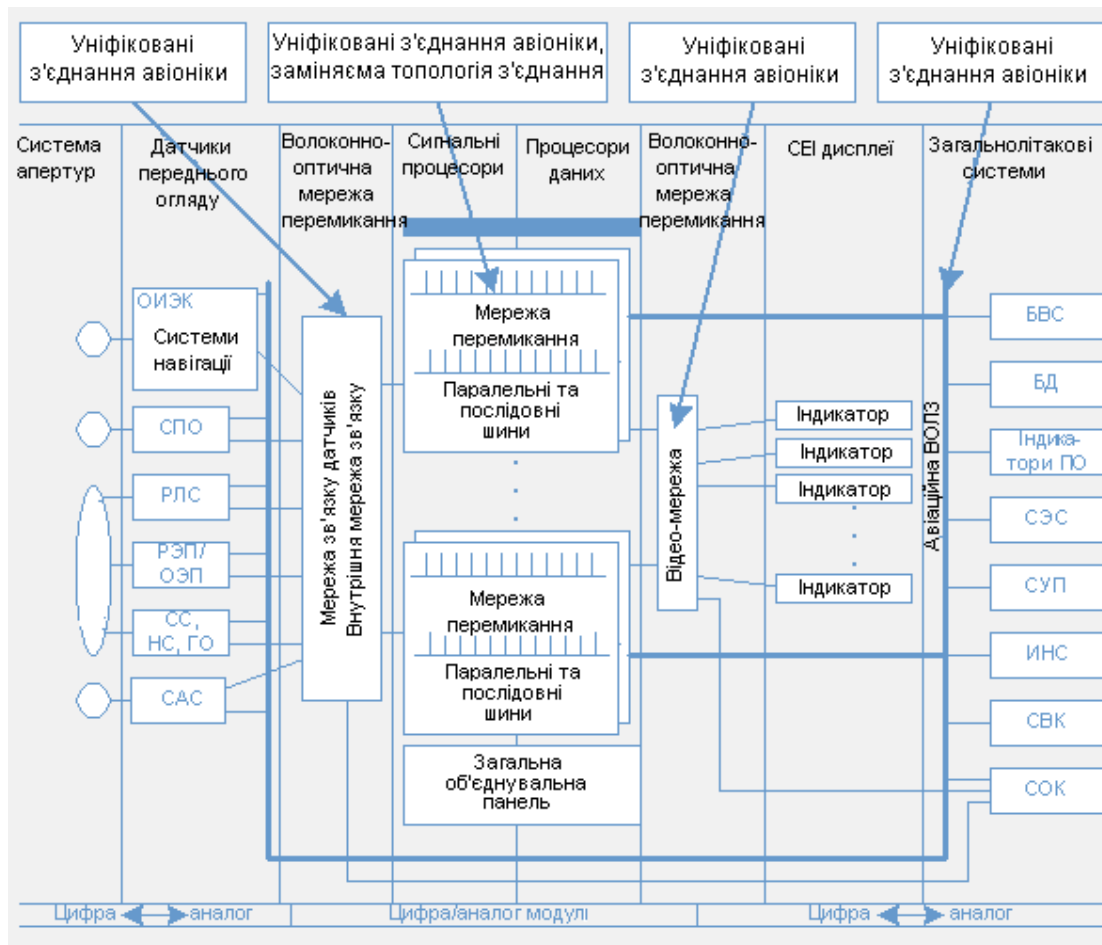


Рис. 1.3.4. Інтегрована БОС перспективних ЛА

Бортові ЕОМ з відкритою архітектурою створюються також на основі застосування концепції глибокої уніфікації, в даному випадку на базі уніфікованих модулів обробки, стандартних інтерфейсів обміну (СІО) і стандартного конструктиву. З використанням уніфікованих модулів можуть бути створені і БЦОМ загального призначення (БЦОМ-ЗП), і спецобчислювачі для обробки великих інформаційних масивів обробки сигналів (БЦОМ-ОС), які необхідні у кожному конкретному випадку.

Наявність в базовому наборі відповідних інтерфейсних модулів дає можливість побудови БОС з різною організацією і складом, від простих розподілених федеративно-централізованих систем до ІОС, в залежності від вимог конкретного застосування. При цьому внутрішньосистемні і міжсистемні інтерфейси практично повністю визначають організацію БОС.

Висновок до розділу

У першому розділі дипломного проекту було розглянуто розвиток бортових систем відображення інформації. Наведені вимоги та принципи побудови сучасних інтегрованих комплексів систем відображення інформації, що застасуються при побудові перспективних сучасних літаків цивільної авіації. Також наведена оцінка з точки зору інженерної психології та викладені умови щодо створення комплексів бортового обладнання на баз інтегрованої модульної авіоніки. Дана оцінка стандартів обміну інформації, які розроблені у відповідності до вимог нової авіоніки та їх застосування на різних рівнях ієрархічної структури. У наступному розділі буде більш детально розглянуто принцип побудови та структурна організація інтегрованого модульного комплексу системи передачі відображення інформації.

РОЗДІЛ 2

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ БОРТОВИХ МЕРЕЖ КОМПЛЕКСІВ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЛІТАКА

Вступ до розділу

Сьогодні провідні світові виробники авіоніки завершили перехід до виробництва покоління КБО відкритої архітектури на базі ІМА, які характеризуються вищою мірою інтеграції та узагальнення ресурсів. У їх основі лежить єдина обчислювальна платформа. Функції систем комплексу в цьому випадку виконують програмні додатки, що розділяють загальні обчислювальні ресурси.

Подальший розвиток авіоніки буде пов'язаний як з оптимізацією вказаних характеристик КБО, так й з переходом до директивних методів управління, коли екіпаж вибирає та задає режими роботи інтегрованого КБО. Реалізація цих режимів, оцінка стану систем ЛА та підтримка на необхідному рівні безпеки польоту, покладається на бортову обчислювальну мережу. Реалізації директивних методів управління планується шляхом розширення можливостей ІМА.

Отже, в цьому розділі дипломної роботи розглянемо розвиток та принципи побудови, структуру бортових систем відображення інформації на базі ІМА.

Кафедра авіоніки					НАУ 20 04 02 000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Виконав		Лисенко Б.О.					
Керівник.		Слободян О.П.				30	
Консульт.		Слободян О.П.					
Н. Контр.		Левківський В.В.					
Заф.каф..		Павлова С.В.					
					173 Авіоніка		

2.1. Інформаційно-обчислювальне середовище на основі концепції інтегрованої модульної авіоніки

Перспективним напрямом розвитку комплексів бортового обладнання (КБО) повітряних суден є концепція інтегрованої модульної авіоніки (ІМА). На цьому принципі побудовані бортові комплекси сучасних літаків.

Перспективний КБО повинен мати відкриту мережеву відмовостійку функціонально-орієнтовану архітектуру на базі масштабованої ІМА з використанням єдиного обчислювального середовища .

У складі КБО ПС можуть одночасно функціонувати кілька платформ ІМА, тим самим забезпечуючи можливість реалізації розподіленої архітектури КБО. Функції систем комплексу в цьому випадку виконують програмні додатки, які поділяють загальні обчислювальні й інформаційні ресурси. Важливою особливістю такої архітектури є відсутність "жорстких" раз і назавжди встановлених зв'язків між датчиками бортового обладнання (інформаційними каналами) і обчислювальними засобами. Це дозволяє реалізувати динамічну реконфігурацію структури КБО з відповідним перерозподілом ресурсів. У середині обчислювального середовища формуються (з підключенням до необхідних інформаційних каналів комплексу) структури для оптимального виконання кожної функції КБО. Кожна виникаюча при цьому структура формується тільки на час виконання заданої функції. Таким чином, загальна конфігурація обчислювального середовища динамічно перебудовується в процесі функціонування комплексу.

У дану структуру мають впроваджуватися високоінтегровані багатофункціональні системи основних функцій, наприклад, єдина програмно керована радіосистема зв'язку, навігації та спостереження (рис. 2.1.1).

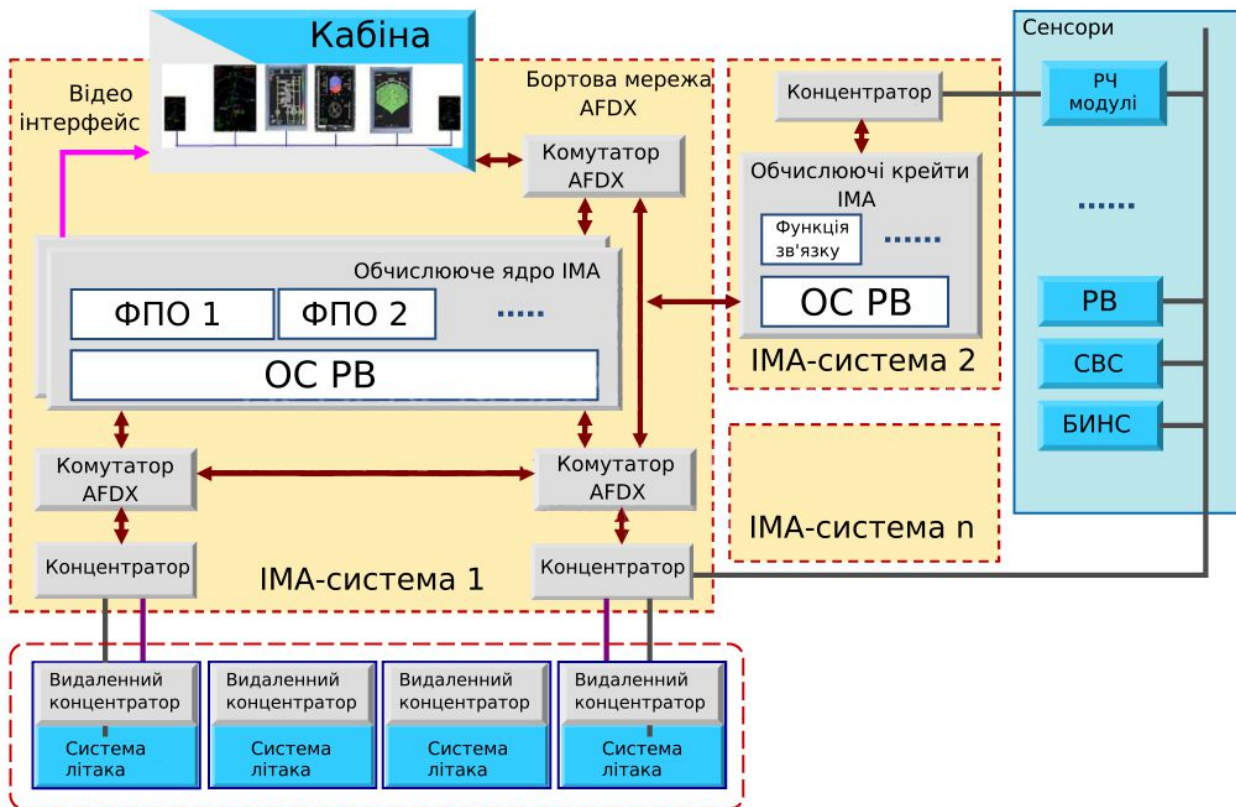


Рис. 2.1.1. Мережева відмовостійка архітектура КБО

В даний час проводяться роботи з удосконалення платформи IMA 2-го покоління, вдосконалення функціональності кабіни, включенню до складу IMA загальнолітакового обладнання, що підключається через віддалені концентратори, а також використанню декількох розподілених IMA-систем. При цьому самі системи будуть загальним інформаційним ресурсом бортової обчислювальної мережі. Це дозволить оптимізувати структуру бортового комплексу по наступним важливим параметрам:

- Поліпшити масогабаритні характеристики за рахунок зменшення кількості сполучних проводів;
- Підвищити надійність за рахунок зменшення переліку зовнішніх впливів, що впливають на бортове обладнання;
- Мінімізувати кількість датчиків первинної інформації, необхідних для реалізації функцій КБО.

Платформа IMA 2-го покоління реалізує нові схемотехнічні та конструктивні рішення функціональних модулів, крейтів і блоків IMA.

Для реалізації змінних модулів і крейтів використовуються легкі композитні матеріали. У перспективну структуру мають впроваджуватися високоінтегровані

мультифункціональні системи, наприклад, єдина програмно-керована радіосистема зв'язку, навігації та спостереження.

Концептуальними напрямками розвитку авіоніки нового покоління є:

- Створення уніфікованого ряду відкритих відмовостійких адаптуємих мережевих архітектур КБО на базі масштабованої ІМА з метою збільшення продуктивності, надійності передачі інформації, стійкості до перешкод і зниження вагових характеристик ліній зв'язку та пристроїв введення-виведення;

- Застосування перспективних інтерфейсів (авіаційної Ethernet, Fibre Channel, RapidIO, Wi-Fi) і протоколів зв'язку (ТТП) в Іма-платформі, між функціями, датчиками і виконавчими елементами, що забезпечують ефективне побудова динамічних структур з мережевою організацією;

- Подальша уніфікація модулів і компонентів з метою зниження номенклатури і термінів розробки КБО, масогабаритних характеристик, підвищення продуктивності елементної бази, надійності та відмовостійкості;

- Впровадження перспективних схемотехнічних і конструктивних рішень для функціональних модулів: багатоядерних процесорів, графічних модулів з формуванням 3D-зображень високої роздільної здатності, модулів електроживлення з компенсацією перерв електропостачання, високонадійних мережевих комутаторів і т.д.;

- Широке застосування комерційних апаратних і програмних компонентів для зниження вартості авіоніки;

- Забезпечення незалежності програмного забезпечення від використовуваних апаратних засобів;

- Створення інтегрованого автоматизованого середовища забезпечення процесів розробки КБО на основі інтелектуальних систем, моделювання та віртуального прототипування;

Структура комплексу бортового обладнання реалізується з використанням мінімальної номенклатури уніфікованих взаємозамінних відкритих стандартних виробів (модулів, систем) з високою продуктивністю і енергетичною ефективністю. Схемотехнічні рішення функціональних модулів платформи припускають розробку:

- Процесорних модулів на базі мультіядерних мікропроцесорів з високою продуктивністю і зниженим енергоспоживанням;

- Графічних модулів, що забезпечують формування 3D-графічних зображень;
- Мережевих комутаторів з високою надійністю і зниженим енергоспоживанням;
- Модулів електроживлення з компенсацією перерв електроживлення.

До основних уніфікованим комплектуючим КБО слід віднести: базову несучу конструкцію крейта, процесорний модуль загального призначення, модуль мережевого комутатора, модуль концентратора сигналів, модуль оптичного/електричного конвертора, модуль електроживлення, індикатори з графічними процесорами і індикаційні панелі.

До складу комплектуючих обчислювального ядра в якості апаратних компонентів входять: базова несуча конструкція змінного модуля, мезоніни: графічного контролера, масової пам'яті і введення/виводу.

В даний час розроблені макетні зразки зазначених комплектуючих в формфакторах 3U і 6U.

Структура комплексу бортового обладнання реалізується з використанням мінімальної номенклатури уніфікованих взаємозамінних відкритих стандартних виробів (модулів, систем) з високою продуктивністю і енергетичною ефективністю.

Створення КБО розбито на сім етапів. Призначенням кожного етапу є просування розробки КБО вперед від одного контрольного рубежу до іншого після успішного завершення певних робіт. Розподіл проекту КБО на етапи є основним внеском у загальне управління ризиками. Етапи розробки КБО з контрольними точками показані на рис. 2.1.2.

У ході етапів розробки, здебільшого в їх кінці, планується проведення перевірок проекту КБО у вигляді технічних експертиз. Кожна експертиза - це критичний розгляд, проведене інспекційною групою, що не несе пряму відповідальність за дії в рамках перевірки. Технічні експертизи покликані надати допомогу в оцінці елементів вихідних даних з точки зору вимог і питання про прийняття рішення про початок нового етапу.

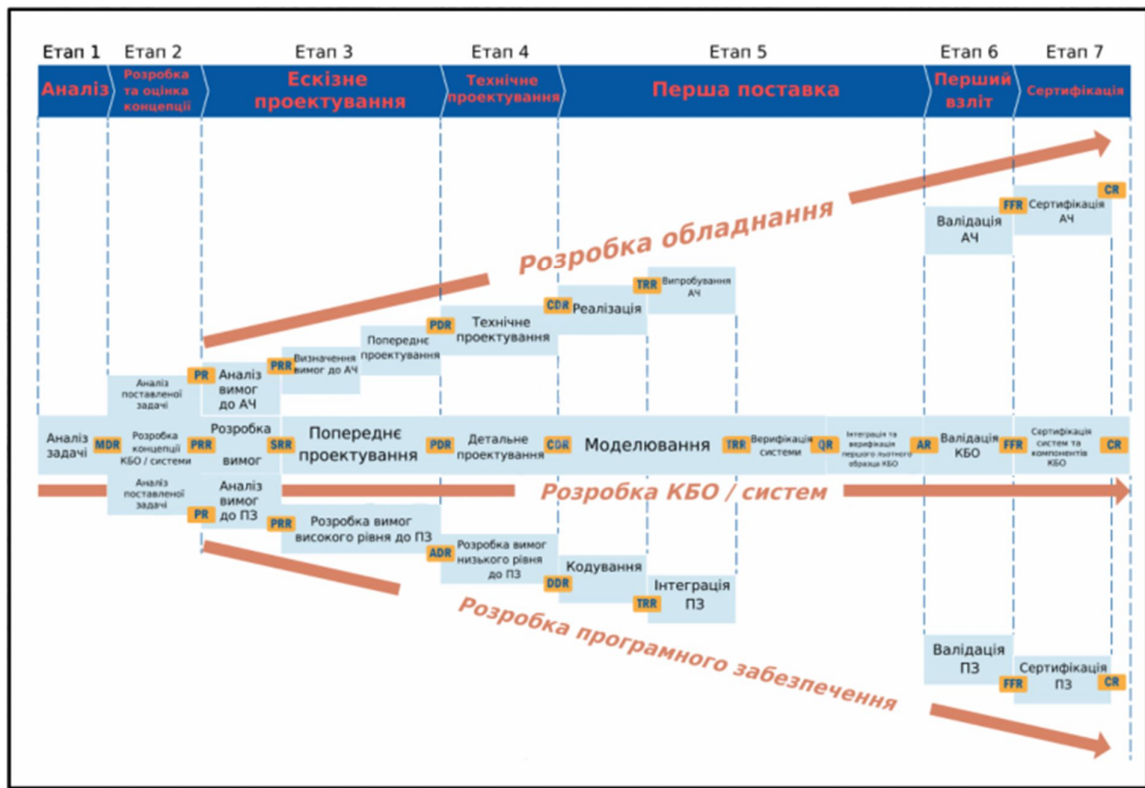


Рис.2.1.2. Етапи розробки КБО.

1. Сертифікаційний базис літака, що складається з:

- сукупності вимог до льотної придатності (включаючи вимоги до систем та обладнанню літака) і охорони навколишнього середовища, що відносяться до даного типу літака (наприклад, АП-25);

- спеціальних технічних умов (СТУ), розроблених з урахуванням зарубіжних норм льотної придатності (CS-25, FAR-25, CAR 525 і т.д.), вимоги яких відсутні в АП-25, або встановлюють більш високий рівень льотної придатності, а також з урахуванням вимог ICAO, RTCA, ARINC, SAE до функцій CNS / ATM систем КБО.

2. Загальну Технічну Специфікацію (приклад, ТЗ на комплекс), визначальну вихідні, базові вимоги до КБО. Ці вимоги складаються Розробником літака таким чином, щоб описати мінімальні обов'язкові вимоги до КБО.

3. Специфікацію на КБО (функціональні вимоги на КБО), які розробляються на підставі аналізу ТЗ і нормативних документів на комплекс обладнання. Вона повинна визначати наступні вимоги до розробляється комплексу обладнання:

- функціональні вимоги;
- вимоги щодо безпеки;
- вимоги до надійності;
- вимоги до установки і умов навколишнього середовища;
- інші вимоги.

4. Специфікацію дизайну та архітектури комплексу обладнання, яка повинна містити опис архітектури комплексу обладнання і включати наступні розділи:

- опис розподілу (сегментації) всіх вимог, викладених у специфікації на комплекс устаткування і специфікаціях на функції повітряного судна по окремих комплектуючих - функціям прикладного ПО і / або окремим системам;

- опис інформаційних потоків між системами та / або функцій прикладного ПО в інтегрованому КБО;

- попередню оцінку наслідків функціональних відмов функцій КБО, визначення рівня критичності систем;

- опис взаємодії всіх входів / виходів для кожної окремої системи, аж до змінного блоку, всіх каналів передачі даних, що з'єднують змінні блоки.

5. Специфікацію інтерфейсів, яка передбачає опис протоколів інформаційної взаємодії та включає специфікації дизайну та архітектури комплексу обладнання, опис потоку даних для кожного комплектуючого виробу (блоку) і функцій прикладного ПЗ. У специфікації повинні бути представлені всі описи взаємодій між змінними блоками та / або функцій прикладного ПЗ.

6. Оцінку функціональних небезпек функцій КБО, що включає в себе наступну інформацію:

- опис функцій КБО;
- відмовні стану;
- фази експлуатації;
- ступінь впливу відмовного стану на літак, екіпаж і пасажирів;
- класифікація відмовного стану;
- перерахування допоміжних матеріалів;
- метод верифікації реалізації (в архітектурі КБО) вимог безпеки.

7. Попередню оцінку безпеки КБО, проводящуся Розробником літака в рамках попередньої оцінки безпеки літака. Результати попередньої оцінки відмовобезпечної архітектури комплексу устаткування включають:

- ідентифікацію резервування, необхідного для виконання вимог безпеки;
 - оцінку наслідків виходу з ладу змінних елементів будь-якої системи зі складу комплексу авіоніки;
 - оцінку наслідків збою або відмови будь-якої функції прикладного ПЗ;
- рівні гарантії розробки функцій / систем КБО

8. Специфікації вимог системного рівня на функції ПС і / або окремі системи, які повинні більш докладно визначати функціональні вимоги, перераховані в специфікації на комплекс обладнання, і доповнювати ці вимоги з погляду експлуатаційних аспектів конкретної функції НД Ці вимоги включають:

- детальні функціональні вимоги;
- вимоги щодо безпеки архітектури та конструкції;
- вимоги до взаємодії функцій ПС і / або окремої системи з оператором (льотним екіпажем, технічним персоналом);
- вимоги до взаємодії функцій ПС і / або окремої системи із зовнішніми по відношенню до КБО системами або службами (управління повітряним рухом, інші диспетчерські служби);
- інші вимоги.

Технічні специфікації на обладнання та його компоненти, що розробляються Розробником літака спільно з постачальниками, включають такі види специфікацій на обладнання та / або його компоненти:

- технічні специфікації на серійно випускається устаткування;
- технічні специфікації на нове / модернізоване обладнання або його компоненти (наприклад, прикладне ПЗ, апаратні швидкозмінні модулі ІМА).

2.2. Архітектура сучасних бортових мереж

Архітектура сучасних бортових мереж авіоніки включає мережу CAN (Controller Area Network – мережа контролерів) - стандарт промислової мережі, зорієнтований передусім на об'єднання у єдину мережу різних виконавчих пристроїв і датчиків (режим передачі - послідовний, ширококомовний, пакетний) в якості додаткової шинної підсистеми до мережі AFDX (ARINC Specification 664, Part 7 – частина 7 Технічних Умов ARINC Specification 664) і мережевої архітектури Інтегрованої Модульної Авіоніки (ІМА). Для цих літаків мережа CAN використовується для з'єднання датчиків, силових приводів та інших типів пристроїв авіоніки, які потребують об'єм даних від низького до середнього рівня під час їх роботи. Таким чином, мережа CAN доповнює високошвидкісні мережі передачі даних, які забезпечують роботу систем, що контролюють потік інформації.

Новітні комерційні транспортні літаки, такі як Airbus A380 або Boeing 787 вже мають від 50 до 250 мереж CAN для всіх видів функцій включаючи системи кабіни екіпажу, системами керування двигунами і польотом.

Слід зазначити, що мережі CAN стає одною із головних шин систем авіоніки, або навіть основною мережею цих систем. У цій ролі вказана мережа повинна виконувати всі критичні вимоги до авіаційної мережі з точки зору забезпечення безпеки польотів. Згідно з Технічними умовами ARINC Specification 825 мережа CAN може використовуватися в якості основної або додаткової мережі систем авіоніки для задоволення наступних вимог:

- простота з'єднання локальних мереж CAN до інших мереж літаків;
- мінімальна ціна при впровадженні і заміні протягом часу;
- максимально можлива функціональна сумісність і взаємозамінність лінійних блоків, що підлягають заміні (line replaceable units – LRU), які підключені до мережі CAN;
- гнучкість конфігурації: легка процедура доповнення, виключення і модифікації вузлів шини без надмірного впливу на інші лінійні блоки, що підлягають заміні;

- спрощена система перетинання меж системами і мережами як для передачі параметричних, так і блочних даних;
- інтегральна процедура виявлення помилок та її сигналізація;
- підтримка функцій системного рівня, таких як зміст бортових даних і даних щодо стану літака.

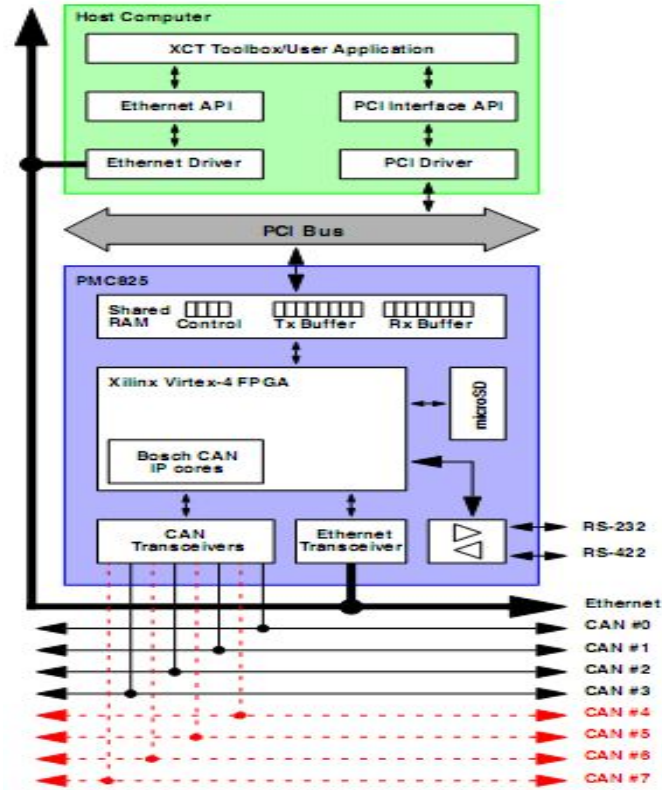


Рис.2.2.1. Зв'язок між мережами CAN і Ethernet

2.3. Аналіз безпеки

Для забезпечення відповідності нового літака цивільної авіації вимогами надійності і відмовобезпеки (АП25, НЛГС і зарубіжним аналогам) необхідно проводити аналіз безпеки систем і устаткування повітряного судна (ПС) на всіх етапах життєвого циклу. Процес аналізу і методи оцінки безпеки систем і устаткування НД визначаються керівництвом Р4761 (ARP4761). Процес оцінки безпеки починається на етапі ескізного проекту ПС, для якого формуються вимоги з безпеки як до ПС в цілому, так і до його складових компонентів (комплектуючих виробів), і завершується перевіркою того, що комплекс бортового обладнання (КБО) у складі НД відповідає вимогам з безпеки.

Платформа ІМА, проектування якої здійснюється відповідно до Р-297 (проект), включає до свого складу наступні частини (Рис.2.3.1):

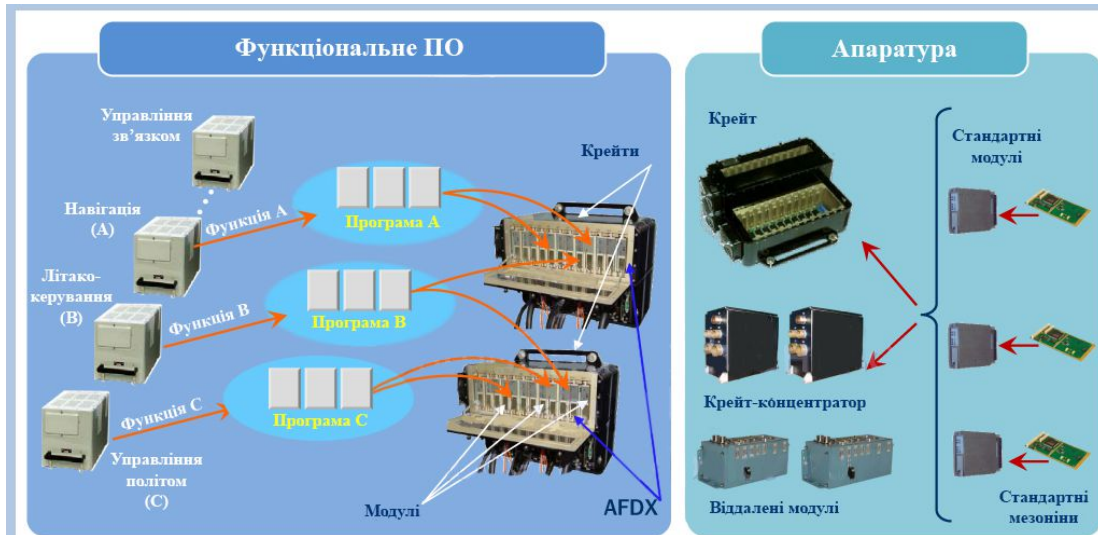


Рис. 2.3.1. Концепція ІМА на базі стандартних комплектуючих.

1. Платформа ІМА для центральних крейтів, забезпечує рішення обчислювальних завдань усіх основних функцій КБО. (рис.2.3.2.)

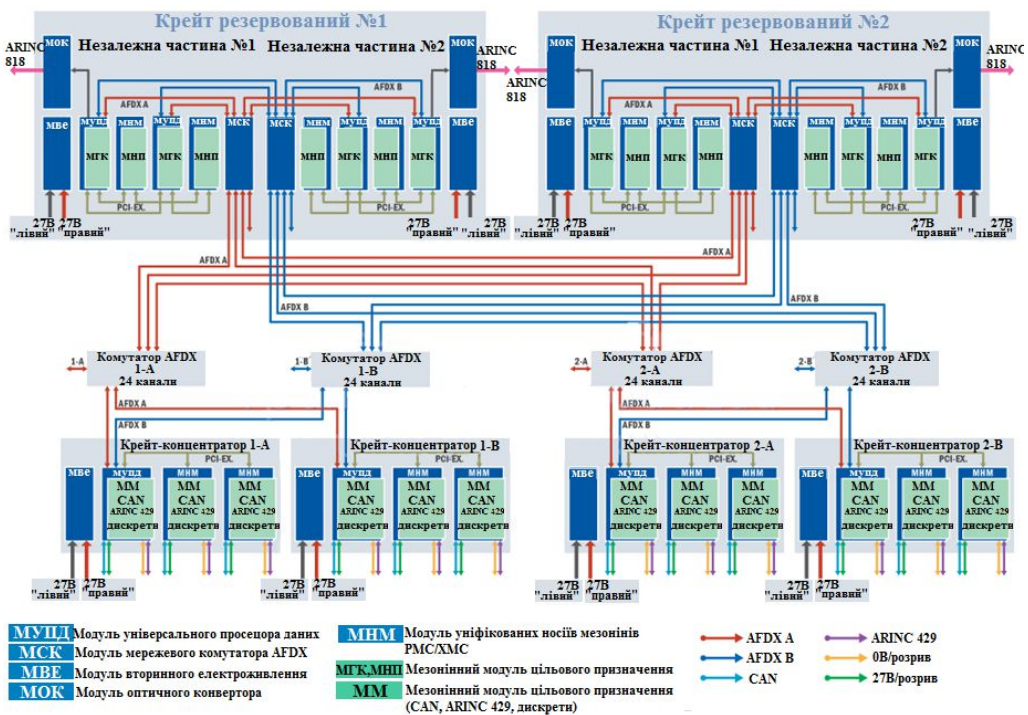


Рис. 2.3.2. Концепція ІМА на базі стандартних комплектуючих.

Крейт складається з наступних основних комплектуючих:

- базової несучої конструкції крейта з типорозмірами змінних модулів 3U;
- чотирьох модулів універсального процесора даних (МУПД);

- двох модулів мережевого комутатора AFDX (МСК);
- чотирьох модулів уніфікованих носіїв мезонінів РМС / ХМС (МНМ);
- двох модулів оптичного конвертора (МОК);
- двох модулів вторинного електроживлення (МВЕ) ;
- восьми мезонінних модулів цільового призначення (МГК, МНП).

Модулі носіїв мезонінів в центральних крейти передбачають установку наступних мезонінних модулів у форматі РМС / ХМС:

- мезонінних модулів інтерфейсів і пам'яті;
- мезонінних модулів графічного контролера.

2. Платформу ІМА для крейт-концентраторів інформації, що забезпечує функції прийому, передачі і перетворення даних від периферійних систем, датчиків і агрегатів літака.

Крейт-концентратор складається з наступних основних комплектуючих:

- базової несучої конструкції крейта з типорозмірами змінних модулів 3U;
- модуля універсального процесора даних (МУПД);
- двох модулів уніфікованих носіїв мезонінів РМС / ХМС (МНМ);
- модуля вторинного електроживлення (МВЕ);
- трьох мезонінних модулів цільового призначення (CAN, ARINC-429, Дискрета).

Комплект мережевих комутаторів AFDX, що забезпечують високошвидкісну взаємодію між основними елементами і функціональними блоками за внутрішньо-модульними інтерфейсами центральних крейтів, а також комутацію інтерфейсу AFDX для високошвидкісного обміну інформацією з крейтами концентраторів і іншими підсистемами літака відповідно до вимог стандарту ARINC 664.

2.4. Склад і структура модульної авіоніки

Модулі комплексу встановлюються в крейти, зовнішній вигляд такого крейта показаний на рис. 2.4.1.

Стандартні змінні модулі:

- процесорний;
- мережевий комутатор AFDX;
- електроживлення;
- оптичний конвертер.

Стандартні змінні мезоніни:

- Графічний контролер;
- Масової пам'яті;
- Бортових інтерфейсів;
- Введення-виведення аналогових сигналів РК.

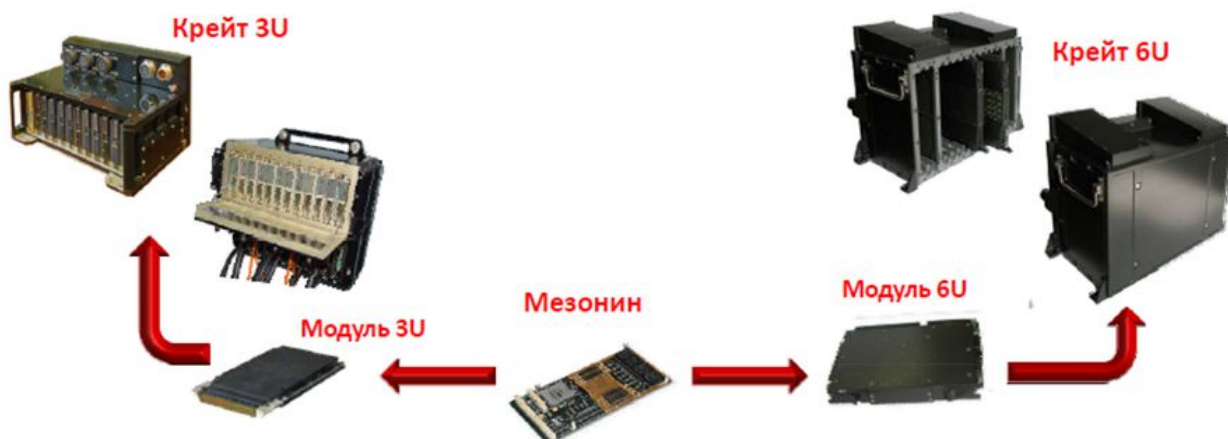


Рис.2.4.1. Крейт модульної авіоніки

Типовий комплекс включає кілька крейтів, їх кількість визначається складністю завдань та вимогами компонування. Зазвичай крейтів в комплексі два, що дозволяє не тільки розподіляти між ними завдання, а й забезпечити резервування на випадок відмов.

Модулі встановлюються в крейт через лицьову частину і можуть бути замінені в умовах експлуатації. В електронних блоках федеративної архітектури, також складаються з модулів, є об'єднуюча системна плата, з якої стиковуються всі модулі і через яку до них надходять сигнали з зовнішнього роз'єму блока. У крейтах

системної плати немає, всередині крейта прокладені тільки лінії електроживлення і внутрішня мережа передачі даних, а зовнішні сигнали надходять безпосередньо на роз'єм модуля, який їх використовує. Переваги такого підходу полягають в наступному:

- зміна вводу/виводу впливають тільки на цей модуль, а не передаються по ланцюгу на системну плату і задній роз'єм, як при звичайній компонованні; захист від електромагнітних перешкод і розряду блискавки може бути більш ефективною, тому схема захисту може бути розміщена безпосередньо на модулі, близько до вступнику сигналом; техобслуговування проводки полегшено завдяки розміщенню роз'ємів в більш доступних місцях.

Модулі крейта можуть виконувати функції:

- автоматичного і діректорної управління польотом (автопілота);
- автоматичного управління тягою;
- обчислювальної системи літаководіння;
- управління общесамолетними системами;
- обчислювача-генератора символів для індикації;
- формування аварійної, попереджувальної і повідомній сигналізації;
- попередження про критичних режимах ЛА;
- попередження про небезпечне наближення до землі;
- виявлення попадання в небезпечний зсув вітру;
- контролю параметрів зльоту;
- формування та видачі мовної і тональної звукової сигналізації;
- зберігання і виведення на індикацію різної довідкової інформації (карти, РЛЕ, контрольні переліки операцій та ін.), у тому числі доступ під час польоту до наземної довідкової інформації (метеорологічні служби, фірми, що займаються комп'ютерним плануванням польоту, підприємства техобслуговування);
- зв'язку з землею по лінії передачі даних; збору інформації для технічного обслуговування, у тому числі збору і локалізація відмов обладнання комплексу; концентрації даних від систем і датчиків ЛА для зручного використання їх іншими - функціями комплексу.

Конкретний склад функцій визначається вимогами конкретного застосування комплексу, типом ЛА.

Крім крейти до складу комплексу модульної авіоніки входять індикатори, пульти управління, інтегрований комплект датчиків повітряних сигналів і положення в просторі, радіозасоби зв'язку, впізнання, навігації і посадки. Ці частини комплексу конструктивно окремо від крейти, так як вони повинні встановлюватися в певних місцях ЛА і їх конструкція визначається специфікою роботи. Індикатори і пульти повинні бути встановлені в кабіні екіпажу. Інтегрований комплект датчиків виконує функції системи повітряних сигналів СВС, інерціальної навігаційної системи ІНС, а іноді містить також і приймач супутникової навігаційної системи. Цей комплект, укладений в окремий кожух, повинен встановлюватися поблизу від своїх чутливих елементів, винесених назовні ЛА - приймачів тиску, температури. Радіозасоби встановлюються поблизу від антен і виходячи з міркувань електромагнітної сумісності. Всі компоненти комплексу, що розміщуються окремо від крейти, і всі основні модулі крейти з'єднані в локальну мережу.

У комплексі Primus Epic локальна мережа створена на основі шини ASCB-D (Avionics Standard Communication Bus). ASCB складається з 4 окремих шин. Кожна шина включає три лінії. Середовищем передачі служить біаксіально кабель. Шини двонаправлені, швидкість передачі даних 10 Мбіт/с. Передана інформація управляється чотирма контролерами, з яких одночасно активний тільки один, а інші знаходяться в резерві. Активний контролер посилає керуючі повідомлення за трьома з чотирьох шин. До ASCB можна підключити до 50 споживачів. Кожна підсистема, що видає інформацію, підключена до двом з 4 шин, а кожен приймач підключений і може приймати інформацію з 3 шин. Шини мають механізм захисту від помилок. У всіх підключених пристроїв передача дозволяється тільки у відведені інтервали часу, в решту часу передавачі блокуються.

У комплексі Pro Line 21 в якості локальної мережі використовується різновид Ethernet - 100Base-TX з топологією зірка. Один з модулів крейта здійснює функції перемикача мережі. Для з'єднання з іншими типами мереж і іншим середовищем передачі (оптоволоконної) передбачена установка на цей модуль мезонінних плат, що здійснюють функції мостів. У комплексі авіоніки нового літака Airbus A380 локальна мережа організовується на базі іншого різновиду Ethernet - AFDX.

Структура комплексу модульної авіоніки зображена на рис.2.4.2. Вхідною інформацією для комплексу є сигнали від датчиків ЛА і його сенсорів - радіолокатора, інфрачервоної оглядової системи та ін. Вихідна інформація передається пілотам на індикатори, а від функцій автоматичного управління - на виконавчі пристрої. Наприклад, функція автопілота управляє приводами елеронів, рулів напрямку і висоти.

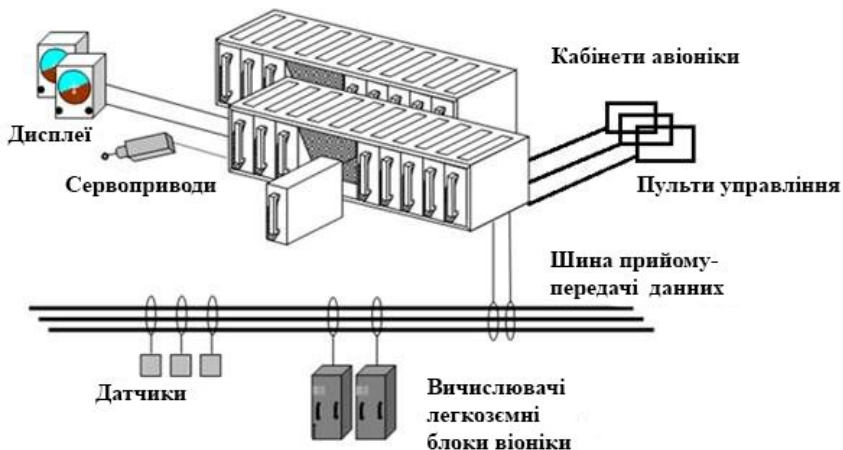


Рис.2.4.2. Структура комплексу модульної авіоніки

Для виконання своїх функцій крейти комплектуються модулями різних типів. Зазвичай є наступний набір модулів:

- обчислювальний модуль;
- модуль запам'ятовуючого пристрою бази даних;
- модуль мережного контролера;
- модуль графічної обробки;
- модуль концентрації сигналів;
- модуль живлення;
- модуль підтримки нормальних умов.

На рис. 2.4.3 представлені для прикладу фотографії модулів структури ІМА розробки ФГУП «СПб ОКБ» Електроавтоматика »ім. П.А. Єфімова ».

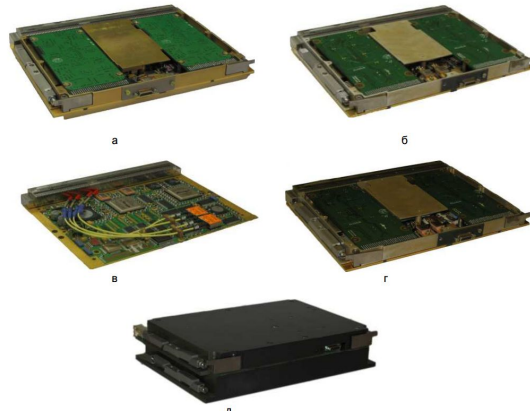


Рис. 2.4.3. Фотографії модулів структури ІМА

Обчислювальний модуль являє собою автономну бортову обчислювальну машину в одноплатній виконанні. Кожен з встановлюваних в крейт обчислювальних модулів, а їх може бути декілька, здатний виконувати в режимі поділу часу кілька додатків, причому додатки можуть ставитися до різних рівнів критичності. Програмне забезпечення для обчислювальних модулів має два шари. Один з шарів являють собою виконувані додатки, інший шар ізолює додатки від застосовуваної обчислювальної платформи, забезпечуючи їх незалежність. Додатки виконуються не на реальній БЦВМ, а на віртуальній машині. Це дозволяє змінювати і удосконалювати апаратуру і програмне забезпечення незалежно один від одного, а також застосовувати без усяких змін раніше розроблені програми.

Модуль запам'ятовуючого пристрою бази даних виконує функцію електронної бібліотеки, до якої при необхідності звертаються пілоти, а також інші модулі комплексу БРЕО, або може використовуватися для запису в польоті інформації для наземного технічного обслуговування або ремонту. База даних експертних систем також розміщується в межах МПП.

Модуль вводу-виводу служить для прийому тієї інформації від літакових систем і вимірювальних датчиків ЛА, яка надходить в комплекс БРЕО по бортовим інтерфейсам різних видів, наприклад, від систем, що формують інформацію по послідовному каналу зв'язку або по мультиплексному каналу. МВВ перетворює надходить інформацію і передає її у внутрішню мережу крейта для використання модулями ІМА.

Модуль мережевого контролера служить для зв'язку крейта з локальною мережею комплексу. Якщо в мережі використовується топологія «зірка», то даний модуль служить перемикачем, забезпечуючи подвійну зв'язок компонентів мережі.

Модуль графічної обробки збирає інформацію для відображення, готує та передає в індикатори підготовлене зображення. Він також може отримувати відеосигнал від сенсорів ЛА, наприклад, від інфрачервоної оглядової системи або радіолокатора. Отримане відеозображення масштабується, на нього накладається символічна інформація (режим суміщення графічної та відеоінформації) і підготовлена для індикації зображення передається на багатофункціональні бортові індикатори.

Модуль концентрації сигналів служить для прийому цієї інформації від літакових систем і датчиків ЛА, яка надходить в комплекс з бортових інтерфейсів різних видів, наприклад, від систем, що видають інформацію послідовним кодом по ARINC 429. Модуль перетворює цю інформацію, упаковує її і передає в мережу комплексу для використання іншими модулями. Наявність модуля концентрації сигналів дозволяє зосередити апаратуру, необхідну для прийому унікальних видів інтерфейсів, в одному місці, всім іншим модулям комплексу досить мати тільки засоби для доступу до загальної мережі, в яку модуль концентрації сигналів транслює все, що отримує. При необхідності модуль концентрації сигналів може приймати і перетворювати в цифрову форму аналогові й дискретні сигнали різного типу. З метою зменшення довжини і маси проводки концентратор сигналів може розташовуватися і поза основного крейта - ближче до датчиків сигналів, тоді конструктивно він виконується у вигляді окремого блоку.

Модуль живлення перетворює первинну напругу бормережи (~ 115 В або $= 27$ В) в номінали напруги, необхідні для живлення інших модулів крейта. Він може бути двоканальним. Наприклад, в комплексі Pro Line 21 модуль харчування складається з двох незалежних джерел живлення, тому відмова одного не впливає на роботу іншого. Кожен з цих джерел здатний забезпечувати електроживленням весь крейт, але в нормальному режимі, коли обидва справні, навантаження розподіляється між ними порівну, тому джерела працюють в полегшеному режимі.

Модуль підтримки нормальних умов забезпечує примусове охолодження крейта, а при дуже низькій температурі навколишнього середовища - підігрів.

Багатофункціональність і модульність створюють можливість реалізації інтегровати і модифікувати структури КБО з істотно меншими витратами.

Відкрита архітектура і високий ступінь уніфікації дозволяють використовувати при побудові бортового комплексу конкретного літального апарату комплектуючих різних виробників, що знижує вартість і ризики розробки.

Сучасна архітектура КБО на базі ІМА пов'язує в єдиний комплекс різні системи літака. Це дуже складна інформаційно-обчислювальна система.

Структура комплексу бортового обладнання реалізується з використанням мінімальної номенклатури уніфікованих взаємозамінних відкритих стандартних виробів (модулів, систем) з високою продуктивністю і енергетичною ефективністю.

Реалізована архітектура створюється на базі масштабовуваної ІМА з метою збільшення продуктивності, надійності передачі інформації, стійкості до перешкод і зниження вагових характеристик ліній зв'язку та пристроїв введення-виведення. У ІМА-платформі застосовуються перспективні інтерфейси і протоколи зв'язку між функціями, датчиками і виконавчими елементами, що забезпечують ефективну побудову динамічних структур з мережевою організацією.

В якості програмного забезпечення використовуються незалежні від апаратних засобів продукти.

Висновок до розділу

Нове покоління інтегрованої модульної авіоніки допоможе об'єднати різні обчислювальні пристрої та включити їх в централізовану систему, у результаті цього вийде, що з різних окремих систем авіоніки літака буде виключено більш ніж 100 різних лінійних замінних вузлів, які будуть включені в інтегровану систему із загальним ядром .

Апаратура комплексу інтегрованої авіоніки складається з обмеженого набору функціональних модулів, кожен модуль пристосований для виконання певних функцій - обчислення, зберігання даних, електроживлення тощо.

Сам комплекс модульної авіоніки організований у вигляді єдиного апаратної середовища, системи перетворилися на функції, реалізовані програмно у цьому середовищі. Окремі БЦОМ і обчислювачі, замінені загальними процесорними ресурсами, які розподіляють між собою і виконують всі прикладні програми. Така організація дозволяє оптимально використовувати обчислювальні ресурси. Прикладне ПЗ не залежить від типів застосовуваних процесорів, їх взаємодія будується через проміжні стандартні інтерфейси. Це дозволяє удосконалювати апаратне середовище без необхідності переробляти програмне забезпечення.

Структура зроблена гнучкою та масштабованою, це дозволяє легко адаптувати його під вимоги різних застосувань і для різних типів ЛА. Всі дані, що формуються будь-якої функцією в складі комплексу, глобально доступні для будь-якої іншої функції. Це дозволяє включати нові завдання і модернізувати комплекс не зачіпаючи вже працюють функції, можливостей і поліпшення характеристик комплексу в майбутньому. Ця гнучкість досягається, по-перше, за рахунок модульної побудови комплексу і, по-друге, за рахунок з'єднання модулів в мережу. Функціональний модуль може бути розміщений в будь-якому місці ЛА і за рахунок швидкодіючої мережі передачі даних він пов'язаний з іншими модулями так само тісно, ніби вони знаходилися в одному електронному блоці.

В якості швидкодіючих мереж для перспективних ЛА доцільно запропонувати застосування мереж: Ethernet та AFDX

РОЗДІЛ 3

АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОЇ БОРТОВОЇ ПОВНОДУПЛЕКСНОЇ МЕРЕЖІ AFDX

Вступ до розділу

Переміщення інформації між підсистемами авіоніки на борту літака ніколи не був більш важливим, і саме тут електронна передача даних відіграє важливу роль як ніколи раніше. З моменту вступу в експлуатацію комерційного літака на Airbus A320 в 1988 році, повністю електронна система наземного зв'язку завоює таку популярність, що стає єдиним контролем система, що використовується на нових авіалайнерах.

Але існує маса інших систем - інерційні платформи, системи зв'язку, і тому подібне - на літаках, що вимагають також високої надійності, високошвидкісного зв'язку.

Системи управління та, зокрема, авіоніка, покладаються на наявність повні та сучасні дані, які своєчасно доставляються від джерела до одержувача. Для систем, що мають важливе значення для безпеки, надійні зв'язки в режимі реального часу є дуже важливими.

Ось тут і з'являється AFDX. За ініціативою Airbus в процесі еволюції свого літака A380, вони ввели термін AFDX для комутаційного Ethernet для Avionics Full-DupleX.

AFDX приносить ряд вдосконалення, такі як швидкісна передача даних, що стосується головного планера - тим самим значно зменшує кількість проводки зменшення пробігів дроту та супроводу ваги.

					НАУ 20 04 02 000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Лисенко Б.О.			АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОЇ БОРТОВОЇ ПОВНОДУПЛЕКСНОЇ МЕРЕЖІ AFDX	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник.		Слободян О.П.					50	
Консульт.		Слободян О.П.				173 Авіоніка		
Н. Контр.		Левківський В.В.						
Заф.каф..		Павлова С.В.						

3.1. Структурна організація побудови авіаційної повно-дуплексної мережі

Останнім часом у склад систем авіоніки входять дистанційні концентратори даних рис.3.1.1, які забезпечують інтерфейсні функції як для аналогових, так і для цифрових шин для пристроїв згідно з Технічними умовами ARINC 429 на цифрові шини даних. Цей пристрій здатний забезпечити підтримку до 150 аналогових інтерфейсів для різних електричних приладів. Швидкість інтерфейсів цих блоків сягає до 200 Гц .

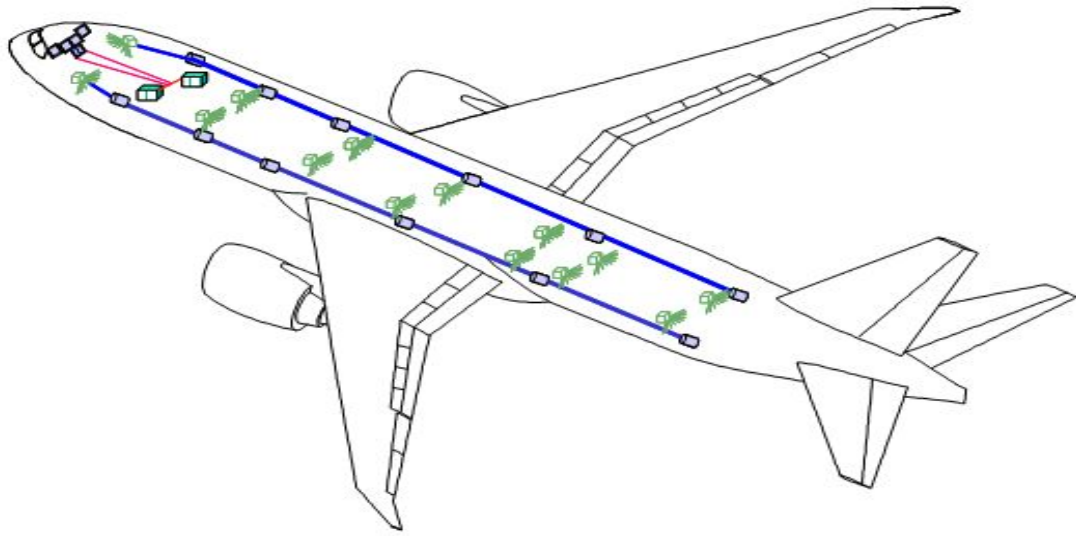


Рис.3.1.1. Розташування дистанційних концентраторів даних на фюзеляжі з метою збору інформації.

Система бортового інформаційного обміну є однією з найбільш складних систем з точки зору синтезу функціональних елементів БСІО.

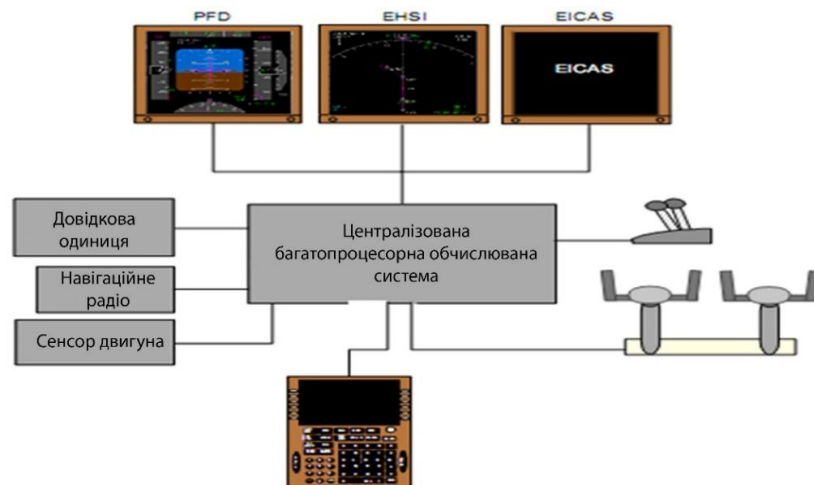


Рис.3.1.2. Централізована комп'ютерна архітектура керування польотом сучасного літака

Як відомо, сучасні системи керування літальних апаратів дуже широко використовують як аналогові пристрої (у вигляді датчиків, гідравлічних або електричних пристроїв), так і сучасні електронно-обчислювальні мережі, системи і цифрові пристрої, цифрові датчики, мікроконтролери, перетворювачі інформації, а також волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Система дистанційного керування польотом літака за допомогою електроприводів і електричного інформаційного каналу є подібною до аналогової системи керування польотом. Але обробка сигналів здійснюється за допомогою цифрових комп'ютерів і пілот в змозі здійснювати «політ за допомогою комп'ютерів» у буквальному сенсі цього поняття. Це дозволяє збільшити рівень гнучкості системи керування польотом літака, оскільки цифрові комп'ютери в змозі отримувати дані від датчиків літака (таких як альтиметри і трубки Піто). Це також дозволяє збільшити так звану електронну стійкість системи керування, оскільки ця система є менш уразливою від показників функціонування критичних електронних компонентів у аналоговому контролер. Для ілюстрації наведеного можна навести приклад літака Boeing-777 (який знаходиться в експлуатації з 1995р. і має 1280 бортових цифрових процесорів, причому вказані процесори використовують понад 4 млн. стрічок програмного коду) .

Оскільки при побудові сучасних систем керування польотом головною проблемою є побудова високошвидкісної мережі повітряної інформації, тому Авіаційна повно-дуплексна комп'ютерна мережа Ethernet, що комутирується (Avionics Full-Duplex Switched Ethernet – AFDX) є такою мережею передачі даних, яка забезпечує виконання прикладних задач з високим рівнем безпеки і яка використовує визначену смугу пропускання, в той же час забезпечує визначену якість надання послуг (Quality of Service - QoS).

Мережа AFDX заснована на технології Ethernet IEEE 802.3 і використовує комерційні електронні компоненти, які є у продажу. Вона описується Технічними умовами Частини 7 ARINC 664 як особливий випадок профільної версії мережі за стандартом IEEE 802.3 (частини 1 і 2), який визначає порядок використання комерційних компонентів комп'ютерних мереж для використання у майбутніх авіаційних мережах передачі даних (Aircraft Data Networks - ADN). Забезпечення наявності повно-дуплексного режиму, дублювання, детерміністичності,

характеристик при роботі з високою швидкістю, комутації і профільного використання мережі відносяться до 6 основних її аспектів.

Архітектура мережі Ethernet заснована на концепції з'єднання чисельних комп'ютерів до довгого кабелю, яка формує шинну структуру. Кожний комп'ютер має адаптер мережі Ethernet, який включає 48-бітову адресу цього комп'ютера.

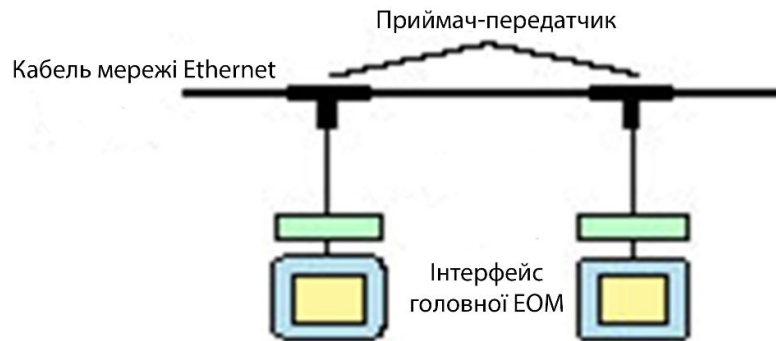


Рис.3.1.3. З'єднання двох комп'ютерів у мережі Ethernet

Кожний комп'ютер підключається до шини за допомогою логічного «Т»-образного приймача-передатчика і інтерфейсу головної ЕОМ мережі. Приймач-передатчик отримує повідомлення із мережі Ethernet через кабель, читає адресу і або передає це повідомлення на комп'ютер (якщо адреса співпадає), або передає це повідомлення далі у кабель (якщо адреса не співпадає).

Один логічний кабель формує локальну комп'ютерну мережу (Local Area Network – LAN). Дві і більше мережі Ethernet можна з'єднати за допомогою так званих пристроїв спряження (див. Рис. 3.1.4) – спеціального комп'ютера, який має зв'язок із двома мережами LAN. Коли він отримує повідомлення, він визначає, до якої із двох мереж надіслано це повідомлення (згідно із адресою) і надсилає повідомлення у відповідну мережу. На Рис. 3.1.5 показано 3 мережі LAN, які формують більшу за розмірами мережу LAN.

Повідомлення є масивами даних з перемінною довжиною, які мають від 64 до 1500 байт (або октетів) даних. Формат даних повідомлень мережі Ethernet .

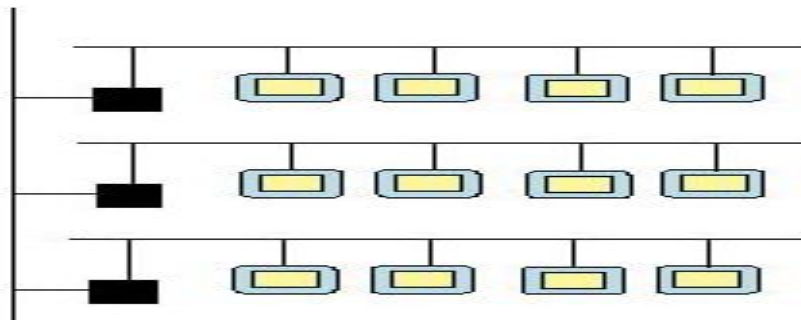


Рис. 3.1.4. З'єднання багатьох комп'ютерів у мережі Ethernet.

преамбула фрейму	адреса призначення	адреса джерела	тип фрейму	дані фрейму	CRS
8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	64-1500 octets	4 octets

Рис.3.1.5. Фрейм даних мережі Ethernet

Умовні позначки:

CRC – (cyclical redundancy check - CRC) - контроль за допомогою циклічного надлишкового коду.

Common Core System (система с общим ядром)

Ключем до розуміння нової системи, яку компанія Boeing розробляє спільно з партнерами - компаніями Smiths Aerospace, Rockwell Collins і Honeywell, є система для централізації обчислювальних функцій - т.зв. система із загальним ядром (common core system - CCS). Така система дозволяє скоротити кількість комп'ютерів, поєднуючи при цьому до 80 різних функцій у системах авіоники.

Літак Boeing-777 має приблизно 80 окремих комп'ютерних систем, які містять близько 100 різних пристроїв в порівнянні з Boeing-787, які має тільки 30 комп'ютерних систем.

У результаті ми об'єднали ці різні обчислювальні пристрої та включили їх в централізовану систему. У результаті цього з різних окремих систем авіоники літака були виключені більш ніж 100 різних лінійних замінних вузлів (line replaceable units - LRUs), які були включені в інтегровану систему із загальним ядром (Common Core System).

На думку фахівців компанії Smiths Aerospace система із загальним ядром є своєрідною «центральною нервовою системою» літака Boeing-787. Вона включає кабіни з дублюванням комп'ютерних ресурсів (common computing resource - CCR), які включають керуючі модулі з обробки сигналів і управління силовими агрегатами виконавчими разом з мережевими перемикачами. У зазначені кабіни підключаються спеціалізовані прикладні модулі (Application specific modules (ASMs), які розробляються субпідрядниками компанії Boeing.

Другим елементом системи із загальним ядром є загальна мережа передачі даних (common data network - CDN) вироблена компанією Rockwell Collins. Вона включає в себе мережеві перемикачі всередині кабін з дублюванням комп'ютерних ресурсів, які встановлюються на зовнішніх структурах літака. Загальна мережа передачі даних є мережею Ethernet з передачею даних по волоконно-оптичних ліній зв'язку і яка пов'язує всі системи, які взаємодіють з системою із загальним ядром і один з одним. Технологія загальної мережі передачі даних, як очікується, буде відповідати стандарту ARINC 664.

Загальна мережа передачі даних, яка є ключовим компонентом системи з загальним ядром літака Boeing-787 є комп'ютерною мережею з високим ступенем інтеграції, яка включає в себе двонаправлені мережі передачі даних, що складаються з провідних та волоконно-оптичних ліній зв'язку, які використовують стандарт ARINC 664 і які управляють потоками даних між різноманітними бортовими системами літака. Загальна мережа передачі даних також характеризується підвищеними можливостями (що передбачає розширені можливостей по зв'язності різних систем, більш високими швидкостями обміну інформацією та значним скороченням маси апаратури) в порівнянні з існуючими системами шин даних за схемою точка-точка.

Мережі Ethernet спочатку використовували швидкість $10\text{Mbps} = \text{Mbit/s}$ (10 megabits per second) – 10 Мбіт/с, мегабіт у секунду. Цей час ця швидкість дорівнює 100Mbps (Мбіт/с) і швидко розробляються стандарти і засоби гігабітного Ethernet.

Термін «політ за допомогою оптичного інформаційного каналу» (Fly-by-optics) іноді використовується замість терміну fly-by-wire – політ за допомогою системи дистанційного керування польотом літака за допомогою електроприводів і електричного інформаційного каналу, оскільки цей спосіб керування польотом

забезпечує більш високу швидкість передачі даних і імунітет до електромагнітних перешкод. При цьому звичайні дротові кабелі замінюються на волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). Завдяки використанню кабелю у вигляді крученої пари або волоконної оптики, повно-дуплексна мережа Ethernet (AFDX) використовує дві окремі пари або стренги для передачі і отримання даних.

Впровадження волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) має значні переваги у порівнянні із традиційними лініями зв'язку (вита пара, коаксіальний кабель) з точки зору характеристик - швидкість передачі даних у сотні разів вища, ніж для коаксіального кабелю і у тисячі разів вища, ніж для витої пари, більш широка смуга пропускання, малий об'єм апаратури і наявність режиму WDM (Wavelength Division Multiplexing) – ущільнення із розділенням за довжиною хвилі (спектрального ущільнення) - метод передачі оптоелектронних сигналів з високою швидкістю, аналогічний частотному ущільненню, який використовується для більш низьких частот (ця технологія дозволяє здійснювати передачу через волоконно-оптичне середовище декількох незалежних трафіків за рахунок того, що колір можна розкласти на значну кількість спектральних складових (тонів), які не перетинаються між собою. При цьому можна отримати 4, 16 і більше каналів), економічні – з точки зору надійності, економії пального, меншої енергоємності, ціни, меншої ваги компонентів і систем, а також з точки зору показників впливу на зовнішнє середовище (ВОЛЗ не випромінюють електричні сигнали, мають імунітет до електромагнітного випромінювання, є хімічно інертними і достатньо міцними).

США мають досвід успішної експлуатації високошвидкісної мережі повітряної інформації за допомогою волоконної оптики на комерційних і військових літаках, а також на космічних кораблях. Щодо економії ваги (і палива) літаків, то можна навести такий приклад – літак Boeing 777 має більш ніж 170 км електричного дроту, причому значна частина функцій якого (біля 60%) відноситься до передачі даних – спеціалісти підраховали, що на цьому можна отримати економію ваги у розмірі 1363 кг для цього літака.

Для оцінки і моделювання можливостей сучасних ВОЛЗ необхідно проаналізувати їх архітектуру, яка може бути застосована для передачі інформації у сучасних літальних апаратах.

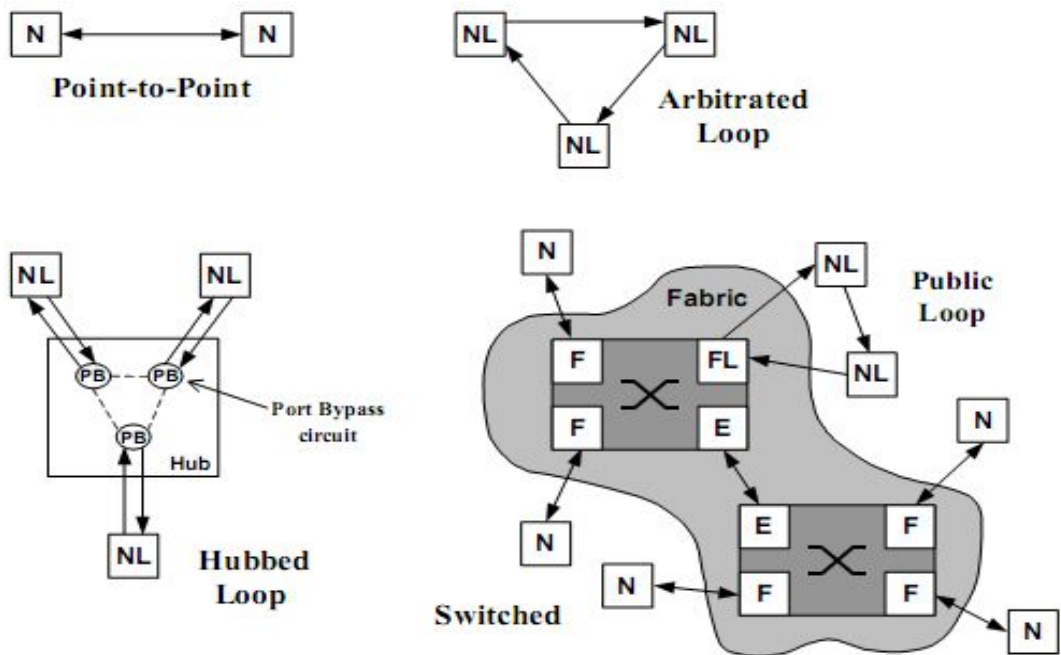


Рис3.1.6. Топологія ВОЛЗ.

Умовні позначки:

Point-to-point - двох-точкове з'єднання;

Arbitrated Loop – контур з арбітражем доступу;

Hub – прилад комунікаційної інфраструктури, з яким вузли багато-точкової шини або контур мають фізичне з'єднання (на відміну від перемикачів ці прилади не об'єднують смугу пропускання);

Node – складний об'єкт, який має адресу і з'єднається із шиною вводу/виводу або мережею;

Hubbed Loop – контур з приладом зв'язку;

Port Bypass Circuit – коло, яке автоматично відкриває і закриває контур з арбітражем доступу таким чином, щоб вузли можуть бути додані до або видалені із контуру із мінімальним порушенням його операцій.

Switched – компонент мережі, що комутується;

Public Loop – контур з відкритим доступом;

Port – вхід до або вихід із мережі, який має пристрої пам'яті; пункт з'єднання із периферійним пристроєм або прикладною програмою (порти можуть бути логічними, фізичними, або логічними і фізичними блоками); порт ВОЛЗ забезпечує з'єднання за допомогою фізичного інтерфейсу до інших портів ВОЛЗ (він має передатчик, приймач і асоціативні логічні блоки на кожному кінці ланки в межах вузла);

Logical Unit (LU) – логічний блок – це складний об'єкт, який виконує функції SCSI (Small Computer Systems Interface) інтерфейсу малих обчислювальних систем і команди вводу/виводу;

Storage Area Network (SAN) - архітектура мережі типу "сервер-сховище даних" (високошвидкісні виділені канали зв'язку із системою зберігання даних);

Switch – компонент мережевої інфраструктури, до якого чисельні порти приєднуються; на відміну від Hub – приладу; ці перемикачі матиме внутрішню смугу пропускання, яка є кратною по відношенню до смуги пропускання ланки і має можливість здійснювати комутацію між портами; звичайний перемикач в змозі включати декілька синхронних каналів передачі даних з повною смугою пропускання ланки між різними парами портів;

Fabric – структура, яка складається із компонентів і яка має один або більше перемикачів, які з'єднують різні порти і здатні здійснювати маршрутизацію фреймів даних;

N_Port – «вузловий» порт, який з'єднує як один N_Port або один F_Port за допомогою двох-точкового з'єднання; ці порти обслуговують утворення, знаходження і проходження потоків блоків повідомлень до і від з'єднаних систем; ці порти є кінцевими портами у двох-точковому з'єднанні за допомогою структури типу fabric;

NL_Port – порт «контуру вузлів», тобто це такий порт, який здійснює комутацію через контур з арбітражем доступу і який входить до структури типу fabric;

E_Port – порт «розширення» у межах перемикача ВОЛЗ, який здійснює з'єднання з іншим перемикачем ВОЛЗ або з пристроєм з'язку через комутаційну ланку перемикачів; цей порт використовується для з'язку перемикачів ВОЛЗ для утворення структури типу fabric з багатьма перемикачами;

F_Port – порт структури типу fabric в межах перемикача цієї структури, який забезпечує двох-точкове з'єднання до окремого N-порта; ці порти є проміжними у віртуальних двох-точкових ланках для з'єднання портів кінцевої системи;

FL_Port - порт контуру структури типу fabric в межах перемикача цієї структури, здатний здійснювати операції арбітражу доступу для контурів ВОЛЗ і який з'єднається до одного або більше NL_Port – портів через контур арбітражу доступу ВОЛЗ; цей порт стає загальним пунктом входу для пристроїв доступних NL_Port портів до структури типу fabric; ці порти є проміжними для віртуальних двох-точкових ланок для з'єднання кінцевих портів, які не розташовані на тому контурі;

Point-to-point - "точка-точка", двох-точкове з'єднання - тип з'єднання між пристроями у мережі передачі даних, при якому кожні дві точки зв'язані одним шляхом (point-to-point connection) або безпосередньо взаємодіють друг з другом. Цей тип зв'язку забезпечує виділену лінію зв'язку із смугою пропускання (шириною смуги пропускання);

Arbitrated Loop – технологія з'єднання ВОЛЗ, при якій кожний порт з'єднується із сусіднім і утворює контур. У будь-який момент тільки один порт у цьому контурі може передавати дані. До початку їх передачі порт у цьому контурі повинен взаємодіяти із іншими портами з метою отримання права на передачу даних. Логіка арбітражу розподілена між всіма портами контуру;

Hubbed loop - контур з приладом зв'язку – різновид контуру з арбітражем доступу в якому з'єднання між сусідніми вузлами контуру здійснюється через центральний приладом зв'язку. Це дає можливість обходження вузлів, які не працюють, або вузлів, які не мають джерела живлення (за допомогою кола, яке автоматично відкриває і закриває контур з арбітражем доступу), а також використовувати централізований пункт обслуговування і керування;

Switched Fabric – це така мережа, яка здатна підтримати чисельні синхронні повні багатоканальні режими передачі даних (з урахуванням обмеження, пов'язаного із смугою пропускання, яке можна визначити через наступний добуток: кількість каналів передачі * швидкість передачі даних кожним каналом * довжина ВОЛЗ) за рахунок використання одного і більше зв'язаних перемикачів для забезпечення необхідних характеристик ВОЛЗ. Можна утворити гібридну топологію за рахунок приєднання одного і більше контурів з арбітражем доступу до Fabric – структур (при цьому можна забезпечити більш високі можливості передачі даних серед вузлів з низьким значенням смуги пропускання, які пов'язані з контурами, і вузлами з більшим значенням смуги пропускання, які пов'язані з із Fabric – структурою).

Gigabit (1000 Mbps) Ethernet: IEEE 802.3z (1000Base-X), 802.3ab (1000Base-T) and GBIC.

Протоколи Ethernet відносяться до локальних мереж типу LAN (Local Area Network), які охоплюються стандартами IEEE 802.3. Гігабітний Ethernet заснований на протоколі мережі Ethernet, при цьому 10-кратне збільшення швидкості передачі порівняно з швидким Ethernet (fast Ethernet) досягається за рахунок скорочення розміру фреймів у розширенні носія (carrier Extension). Цей стандарт має специфікації IEEE 802.3z і 802.3ab.

Розширення носія (carrier Extension) є досить простим рішенням, яке, однак, знижує пропускну здатність. Дефрагментація пакета є розширенням носія (carrier Extension) + пачка пакетів (burst of packets). Режим дефрагментації є таким режимом, який забезпечує можливість MAC адресою (Media Access Control - Керування доступом до середовища) надсилати коротку послідовність (пачку фреймів), рівним приблизно 5,4 максимальної довжини фреймів без зміни умов

контролю передавальної середовища (medium - од. Ч. від media) - [передавальна] среда - фізичне середовище для організації каналу передачі даних).

Стандарти гігабітного Ethernet (Gigabit Ethernet) повністю сумісні з відповідними стандартами Ethernet і швидкого (Fast) Ethernet. Вони зберігають метод доступу множинний доступ (колективний доступ) / виявлення конфліктів у мережі - Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection - CSMA / CD). Вони також підтримують повнодуплексний / напівдуплексний режими. Підтримуються одне і багатомодове оптоволокно, коаксіальний кабель ближнього зв'язку і кабель з витими жилами.

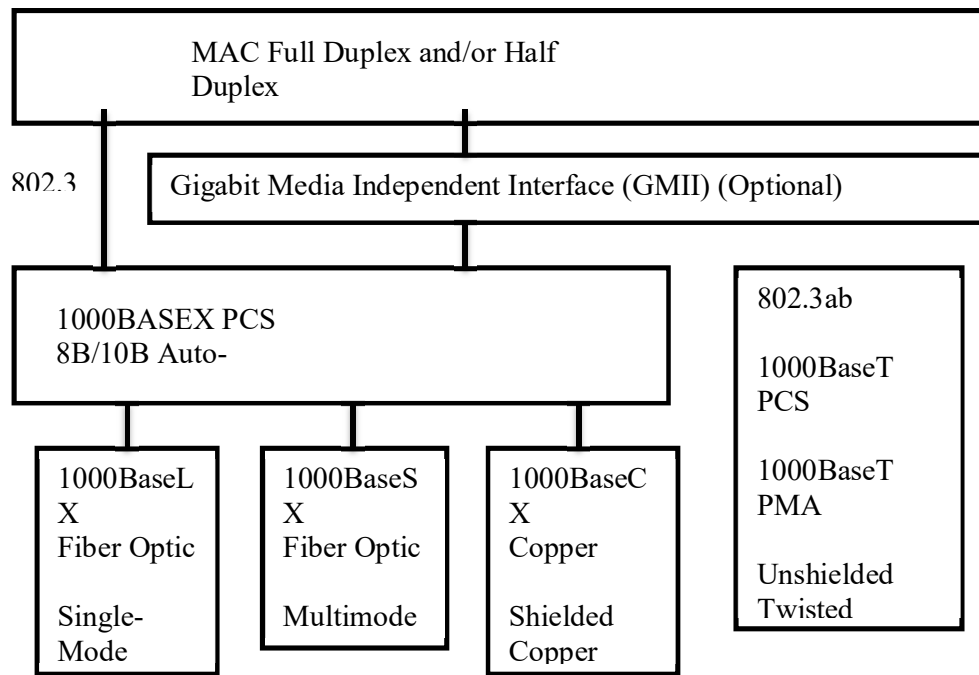


Рис3.1.7. 802.3z; 802.3ab – MAC Full Duplex and/or Half Duplex - Gigabit Media Independent Interface (GMII) (Optional)

Режим дефрагментації пакета (Packet Bursting Mode).

Мережа AFDX поширює можливості стандартної мережі Ethernet для забезпечення цілісності даних і детерміністичної часової синхронізації. У подальшому резервна пара мереж використовується для поліпшення цілісності системи (хоча віртуальні ланки (Virtual Links – VL) можна конфігурувати тільки для використання з однією або іншою мережею).

Мережа AFDX здійснює заміну безпосереднього (прямого) з'єднання, яке використовується у попередніх розподілених системах з'єднанням за допомогою так

званих віртуальних ланок (Virtual Links), які є головною особливістю мережі AFDX. Віртуальні ланки є односпрямованими логічними шляхами від джерела - кінцевої системи до всіх кінцевих системи за призначенням. На відміну від традиційного перемикача мережі Ethernet, який перемикає фрейми (frame - структурна одиниця різних інтелектуальних та інших об'єктів) згідно із призначенням у мережі Ethernet або адресу MAC мережа AFDX спрямовує пакети даних за допомогою ідентифікатора віртуальних ланок. Ця мережа утворює шляхи команд і даних між модулями систем авіоніки за рахунок визначення віртуальних ланок із наявних фізичних ланок за допомогою програмних і мережевих засобів інтегрованої фізичної мережі. У випадку технічних відмов програмне забезпечення і мережа в змозі здійснити комплексну ре-конфігурацію дуже швидко, внаслідок чого ми отримуємо дуже стійку систему.

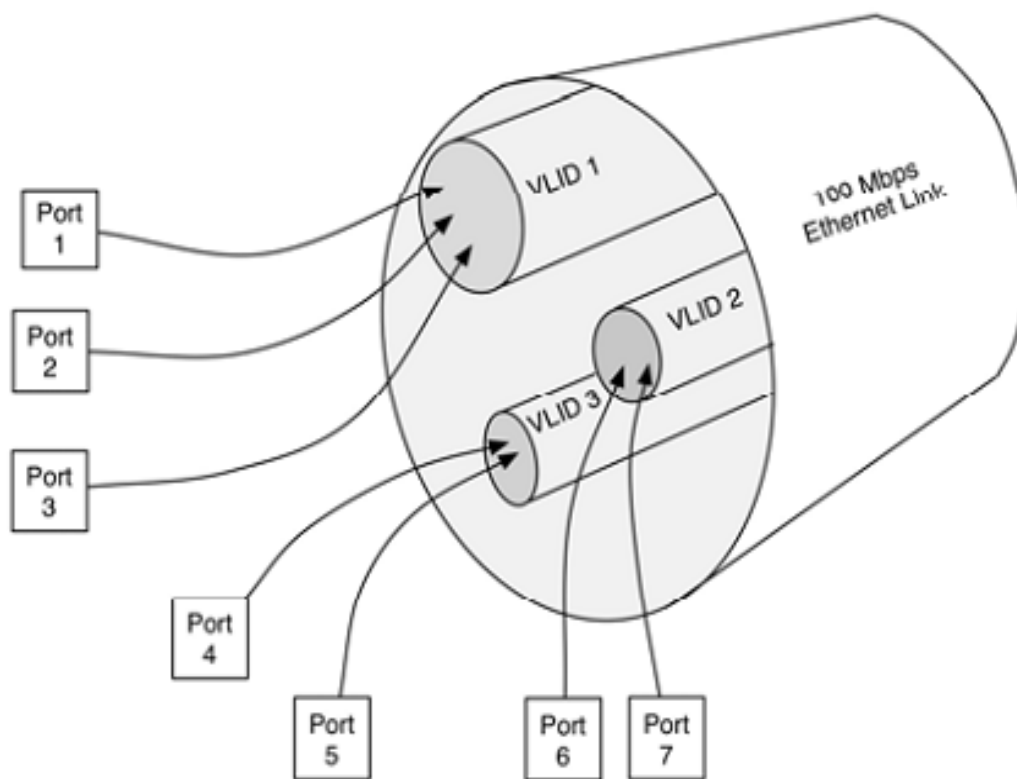


Рис3.1.8. Приклад побудови 3 віртуальних ланок за допомогою 7 фізичних портів

Умовні позначки:

Port 1...7 – порти 1...7;

VLID 1..3 – ідентифікаційний номер віртуальної ланки (Virtual Links ID) 1...3;

100 Mbps Ethernet Link – комунікаційна ланка мережі Ethernet зі швидкістю передачі 100 (megabits per second) мегабіт за секунду.

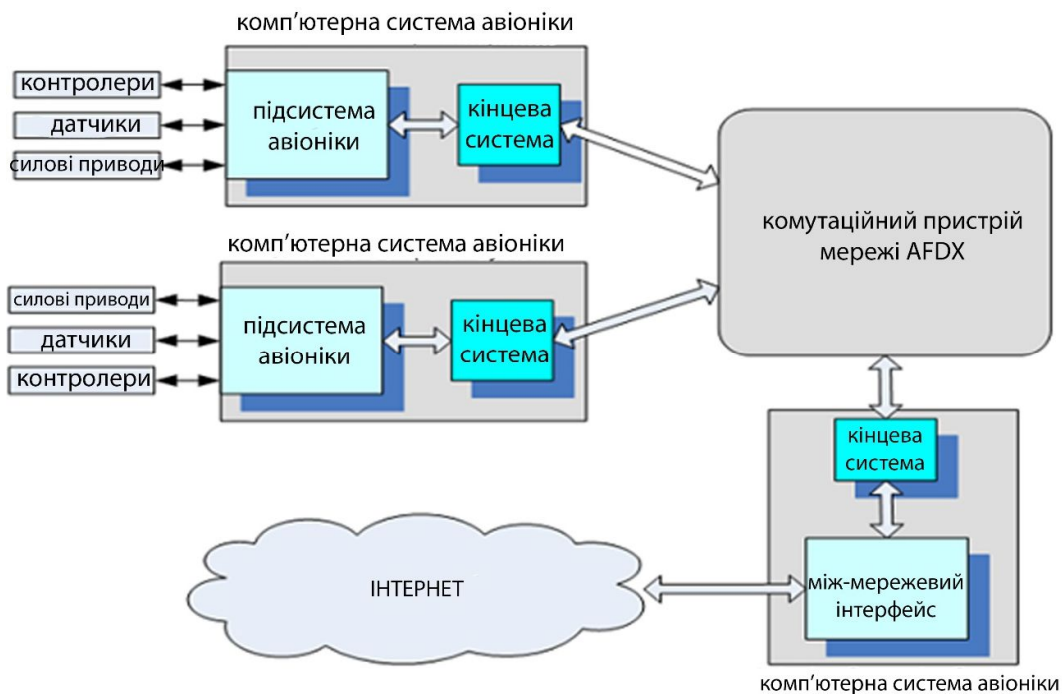


Рис.3.1.9. Мережа AFDX

ARINC 653 є стандартом на інтерфейс прикладного програмного забезпечення для використання в авіоніці. ARINC 653 регламентує часове і просторове розділення ресурсів авіаційної EOM відповідно до принципів побудови інтегрованої модульної авіоніки (англ. Integrated Modular Avionics) і визначає програмний інтерфейс, за допомогою якого прикладне програмне забезпечення отримує доступ до ресурсів EOM.

ARINC 653 визначає інтерфейс APEX (англ. Application Executive – процедура виконання прикладної програми) між операційною системою EOM і прикладним програмним забезпеченням. APEX забезпечує часове і просторове розділення ресурсів. Одиницею планування ресурсів є розділ. Кожний розділ отримує як часові ресурси, (процесорний час), так і просторові (частину інформаційної ємності оперативного запам'ятовувального пристрою). У межах розділу можливо організувати виконання декількох процесів/потоків. Ці умови

дозволяють використовувати чисельні прикладні задачі на різних програмних рівнях на одному апаратному забезпеченні у межах архітектури Інтегрованої Модульної Авіоніки (Integrated modular avionics - ІМА).

3.2. Повно-дуплексна мережа в сучасній ІМА

Концепція архітектури Інтегрованої Модульної Авіоніки (Integrated modular avionics - ІМА) дозволяє здійснити заміну чисельних окремих процесорів і лінійних блоків, що підлягають заміні (line replaceable units – LRU), на меншу їх кількість, в тому числі на централізовані процесорні блоки, що дає можливість скорочення ваги цих блоків і вартості обслуговування для новітніх поколінь комерційних літаків.

Лінійні вузли, що підлягають заміні (line replaceable units – LRU) є комплексним компонентом літака або космічного корабля, які призначені для їх швидкої заміни у місцях технічного обслуговування літальних апаратів.

Інтегрована Модульна Авіоніка (ІМА) є визначенням поняття, яке описує розподілену комп'ютерну мережу реального часу на борту літального апарату. Ця мережа включає декілька комп'ютерних модулів, здатних здійснити підтримку чисельних прикладних програм з різними рівнями критичної безпеки польоту.

Вимоги до ІМА є такі:

1. Technology Transparency – технологічна прозорість – це відноситься до апаратних засобів, які входять до ІМА, які не повинні впливати на виконання прикладної програми як під час її розробки, так і її виконання;

2. Scheduled Maintenance – планове обслуговування – ця система повинна мати вбудовані можливості забезпечення її роботи при наявності технічних відмов з метою досягнення завданого рівня середнього часу безвідмовної роботи;

3. Incremental Update – інкрементна модернізація - система повинна бути розроблена таким чином, щоб забезпечити можливість додання/зміни прикладних задач з мінімальним впливом на інші прикладні задачі і на забезпечення безпеки польоту.

Характеристики ІМА:

1. Багаторівнева архітектура, яка використовує стандартні рівні програмного інтерфейсу для відокремлення різних апаратних засобів і прикладних задач;

2. Реконфігурація прикладних задач в модулях. Ця ре-конфігурація може бути статичною (коли літальний апарат не використовується) або динамічною (у польоті);

3. Механізми захисту, які дозволяють спільне використання ресурсів ЕОМ чисельними прикладними задачами з критичним рівнем, а також забезпечують можливість додання/зміни прикладних задач без впливу на інші частини системи. Цей процес називається декомпозицією на розділи.

4. Гнучке планування (диспетчеризація) для забезпечення крайніх строків для всіх прикладних задач, для кожної важливої конфігурації і у процесі модернізації системи.

5. Повторне використання коду програм та їх компактність.

6. Операційна система повинна керувати виконанням прикладних задач.

7. Фізична інтеграція мереж, модулів та пристроїв вводу/виводу інформації.

8. Конструкція повинна забезпечити процес зростання та зміни систем.

Мал.3 показує дуже просту архітектуру рівнів для комп'ютерного модуля ІМА. Зверніть увагу на те, що деякі операційні послуги можуть бути розташовані у дійсних розділах, и/або архітектура може мати додатковий рівень апаратної інтерфейсної системи, такий як модель ARINC 653. Розділи повинні містити дійсні функції прикладних задач.

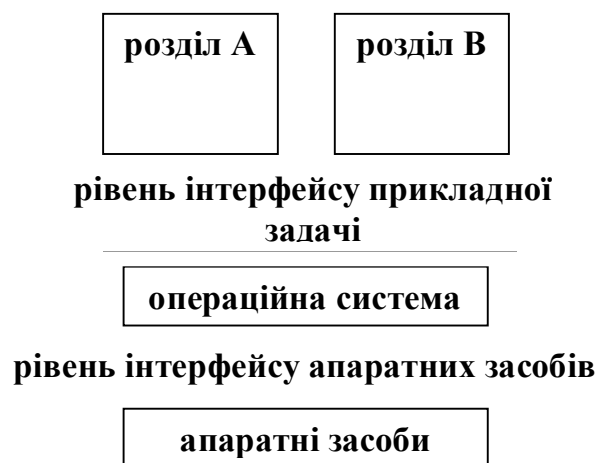


Рис 3.2.1. Архітектура Інтегрованої Модульної Авіоніки (ІМА).

Послуги згідно з ARINC 653 є такі:

- Керування розділами (англ. Partition Management);

- Керування процесами (англ. Process Management);
- Керування часом (англ. Time Management);
- Взаємодія між розділами (англ. Interpartition Communication)
- Взаємодія усередині роздела (англ. Intrapartition Communication)
- Реакція на помилки (англ. Health Monitoring).

Кінцева Система є пристроєм, прикладна задача якої має доступ до мережі AFDX для надання або отримання даних у мережі. Протокол Кінцевої Системи можна визначити за допомогою моделі мережі - моделі взаємодії відкритих систем OSI, яка визначає 7 рівнів пов'язаних із мережевим зв'язком. Кожний рівень цієї моделі потребує отримання даних від попереднього рівня і передачі даних у наступний. Кожний рівень виконує функцію надання даних із прикладної задачі донизу на фізичну мережу.

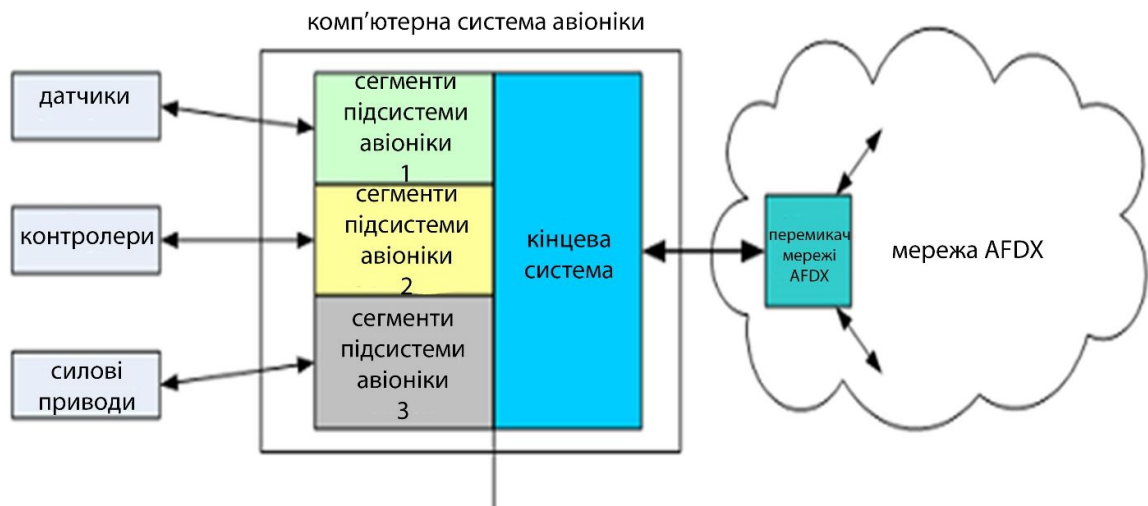


Рис.3.2.2. Приклад кінцевої системи і підсистеми авіоніки



Рис.3.2.3. Архітектура протоколу кінцевої мережі AFDX.

Умовні позначки:

OSI model (Open Systems Interconnection model) - модель взаємодії відкритих систем OSI (7-рівнева ієрархічна модель мережа, розробленої Міжнародним комітетом з стандартизації ISO для визначення мережевих протоколів різних рівнів і міжрівневих зв'язків;

Рівень прикладної задачі (відображає мережевий процес прикладної задачі – визначає протоколи та методи архітектурних моделей комп'ютерних мереж);

Рівень представлення даних (а також їх шифрування та дешифрування);

Рівень сеансу зв'язку (зв'язок між модульними EOM);

Транспортний рівень (процес прохідної передачі даних у мережі, а також керування потоків даних);

Мережевий рівень (визначення шляхів передачі і логічна адресація);

Рівень каналу передачі даних - конфігурація фізичних пристроїв, що дозволяє кінцевим терміналам мати прямий зв'язок друг с другом (фізична адресація);

Фізичний рівень (визначення фізичного середовища даних, передачі сигналів та двійкових даних);

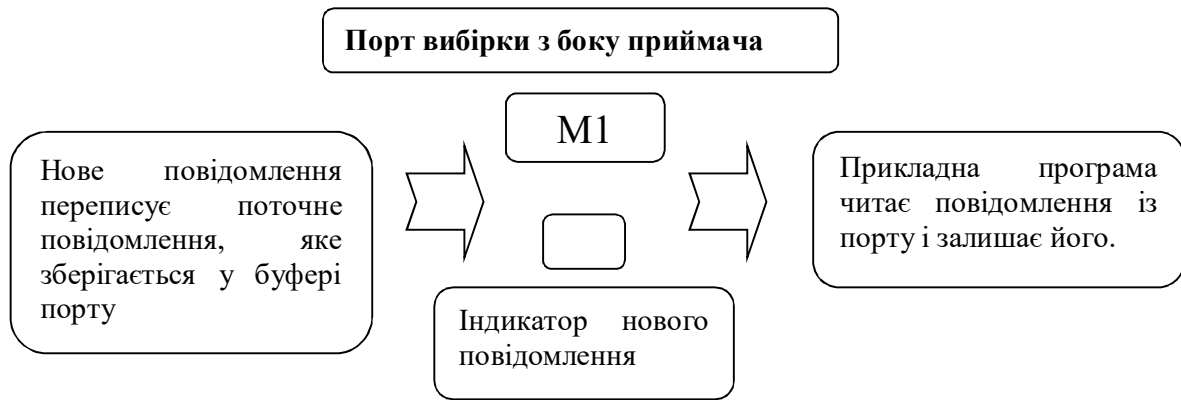


Рис.3.2.4. Порт вибірки з боку Приймача.

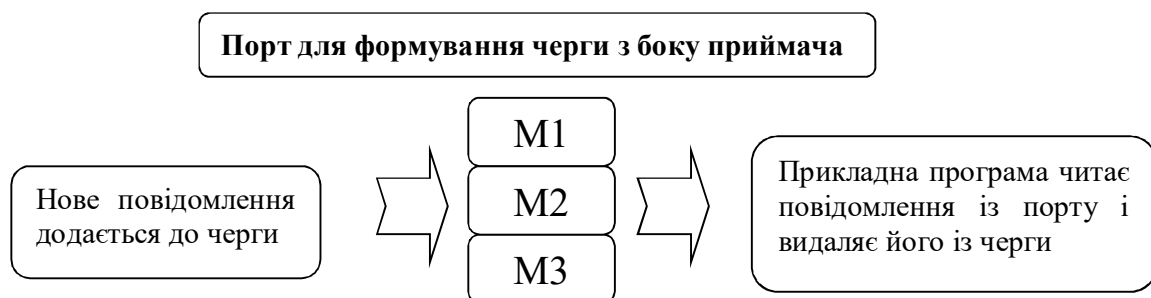


Рис.3.2.5. Порт для формування черги з боку Приймача.

MAC-адреса (Media Access Control – керування доступом до середовища) - це унікальний ідентифікатор, який порівнюється із різними типами обладнання комп'ютерних мереж;

РНУ (Physical Layer) – визначає електричні та фізичні специфікації пристроїв. Цей рівень визначає розміщення виводів, значення напруг, опис кабелів, мережевих концентраторів, повторювачів, мережевих адаптерів, адаптерів шин модульних комп'ютерів тощо).

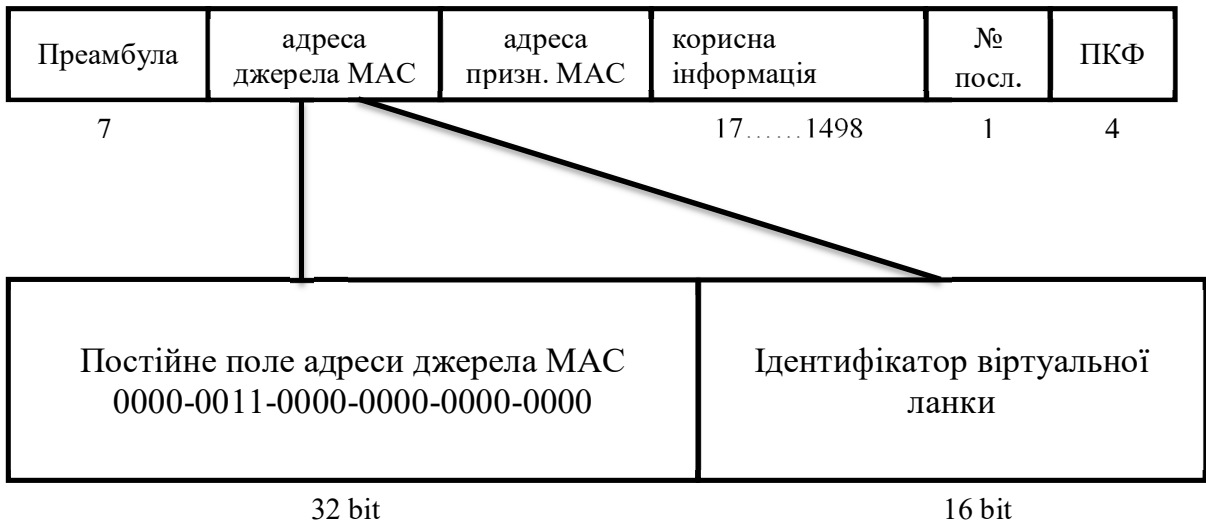


Рис.3.2.6. Ідентифікатор Віртуальної Ланки у складі пакетного фрейму мережі Ethernet

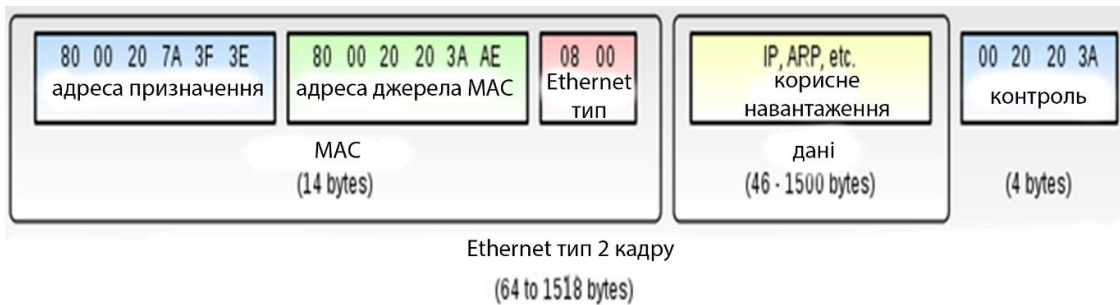


Рис.3.2.7. Найбільший поширений формат кадру Ethernet II
Ethernet Payload – корисна інформація мережі Ethernet;

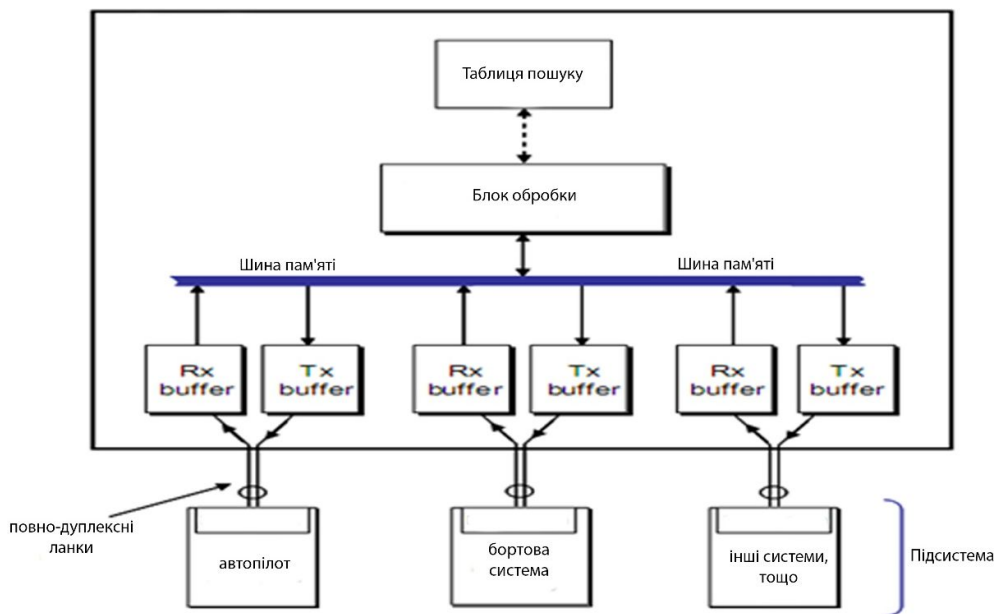


Рис.3.2.8. Приклад повно-дуплексної комутованої мережі Ethernet

Таблиця пошуку джерела призначення інформації (forwarding table) дуже часто використовується для організації зв'язку у мережі (network bridging), маршрутизації тощо для пошуку необхідного інтерфейсу, до якого вхідний інтерфейс повинен надсилати пакет даних, який переміщується маршрутизатором.

Організація зв'язку у мережі (network bridging) є методом передачі повідомлень, який використовується у комп'ютерній мережі з комутацією пакетів даних. На відміну від маршрутизації організація зв'язку у мережі не здійснює припущень щодо наявності відповідної адреси у мережі. Замість цього в залежності від метода лавинного переміщення пакета інформації (коли цей пакет переміщується від будь-якого вузла до інших вузлів, які закріплені за маршрутизатором, за виключенням вузла – джерела пакету інформації) і аналізу адресів джерел у заголовках отриманих пакетів даних здійснюється визначення невідомих пристроїв мережі. Як тільки пристрій встановлено, його місце записується у таблиці, в якій зберігається дані щодо MAC-адреси (Media Access Control – керування доступом до середовища - це унікальний ідентифікатор, який порівнюється із різними типами обладнання комп'ютерних мереж) для запобігання необхідності у подальшому розповсюдженні даних.

Слід зазначити, що право доступу до ділянки пам'яті, що адресується (token bucket) є загальним алгоритмом кількості даних, які надходять до мережі, таким чином дозволяючи переміщення пакетів даних. Хоча цей алгоритм має декілька призначень, його головна функція полягає у формуванні потоку обміну даних у мережі або обмеження їх швидкості.

Висновки до розділу

Система має високою модульністю і поєднує в собі зручний інтерфейс для інтерактивного завдання вхідних даних задачі і відображення результатів роботи алгоритму, так і запуск окремих етапів алгоритму або запуск алгоритму з включенням / виключенням окремих процедур. Остання зазначена можливість дозволяє досліджувати ефективність жодних стратегій і процедур обмеженого перебору, що представляє як практичний, так і науковий інтерес. За рахунок використання повно-дуплексної мережі Ethernet виключена можливість зіткнення потоків даних. Однак, завдяки виконанню вимог до смуги пропускання, максимальному значенню прохідного часу очікування і тремтіння, існування каналів передачі даних гарантовано, але не існує гарантії доставки пакетів даних. При наявності перемикача із складним алгоритмом, який є загальним для мережі AFDX і який в змозі здійснити буферні операції по відношенню до передачі і прийняття пакетів даних.

РОЗДІЛ 4

ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ AFDX ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ БРЕО

Вступ дорозділу

Сучасні комплекси бортового радіоелектронного устаткування містять у собі системи, які потребують зберігання і обробку великих обсягів даних на борту літака. При цьому необхідно забезпечувати доступ до даних в режимі реального часу.

Зокрема, до таких систем відносяться система літаководіння (ССВ) та бортова система технічного обслуговування (БСТО). Обсяг бази даних таких систем можуть досягати 10 Гб.

Обробка такого обсягу інформації вимагає великих обчислювальних ресурсів, через що проведення її на обчислювачах з встановленим функціональним програмним забезпеченням (ФПО) літакових систем є недоцільним.

Метою подальшої роботи дослідження є оцінка ефективності використання бортового сервера даних (БСД) для технічного обслуговування бортових комплексів радіоелектронного обладнання (БРЭО) з застосуванням концепції інтегрованої модульної авіоніки (ІМА).

БСД призначений для використання в якості обчислювальної платформи сервера даних літака, що забезпечує виконання функцій зберігання баз даних і підтримки функцій систем управління базами даних з квазіодночасним доступом до баз даних за запитами функціональних додатків у складі КБО.

Технічний персонал отримує доступ до БД БСТО, що містить інформацію про відмовах на борту літака за поточний і 63 попередніх польоту.

<i>Кафедра авіоніки</i>					<i>НАУ 20 04 02 000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Виконав</i>		<i>Лисенко.Б.О.</i>			<i>ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ AFDX ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ БРЕО</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>		<i>Слободян О.П.</i>					72	
<i>Консульт.</i>		<i>Слободян О.П.</i>				173 Авіоніка		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Левківський В.В.</i>						
<i>Заф.каф..</i>		<i>Павлова С.В.</i>						

Для екіпажу ПС надається доступ до аеронавігаційної бази даних (АНБД), що містить інформацію про аеропортах, схемах вильоту та прибуття, повітряних трасах. Вихідними даними для розробки БСД є вимоги до комплексу БРЕЕО.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз існуючих систем зберігання даних і вихідних даних на комплекс БРЕО, технічних вимог і стандартів DO-254 / KT-254, DO-178C / KT-178C, ГОСТ 18977-79, DO-160G / KT-160G, які описують вимоги до розробки програмного забезпечення та апаратної частини, зовнішніх впливаючих чинників, умов експлуатації обладнання

В рамках роботи проводилося складання технічного завдання на розробку півночі і специфікації вимог до його архітектури, здійснювалася розробка архітектури БСД, розробка вимог до ПЗ БСД і розробка конструктивного виконання сервера даних.

4.1. Системи зберігання даних на борту літака

Розглянемо існуючі аналоги систем зберігання даних зарубіжних і вітчизняних виробників, що експлуатуються на сучасних повітряних суднах цивільної і транспортної авіації. Пристрої зберігання даних застосовуються на багатьох зарубіжних літаках – Boeing, Airbus, Embraer і інших фірм. У різних виробників такі пристрої є окремою системою (Фалес), так і входять до складу іншої системи (часто зустрічається у складі інформаційної системи (ІС)). Дані системи мають досить великий різний функціонал – від забезпечення мережної безпеки на борту, до зберігання відео від системи відеоспостереження. Але є і загальна функція, яка притаманна всім цим системам – це зберігання великих баз даних і надання доступу до них у реальному масштабі часу.

Розглянемо систему зберігання даних на борту літака компанії UTC у складі системи «Network Server System» (NSS).

Network Server System (NSS) – головний компонент інформаційної системи, яка забезпечує підтримку інтерфейсів та інформаційне взаємодія між різними системами літака. NSS заснований на платформі UTAS-SIS Aircraft Interface Device (AID). Архітектура системи і взаємодію з іншими бортовими системами представлені на рис 4.1.1.

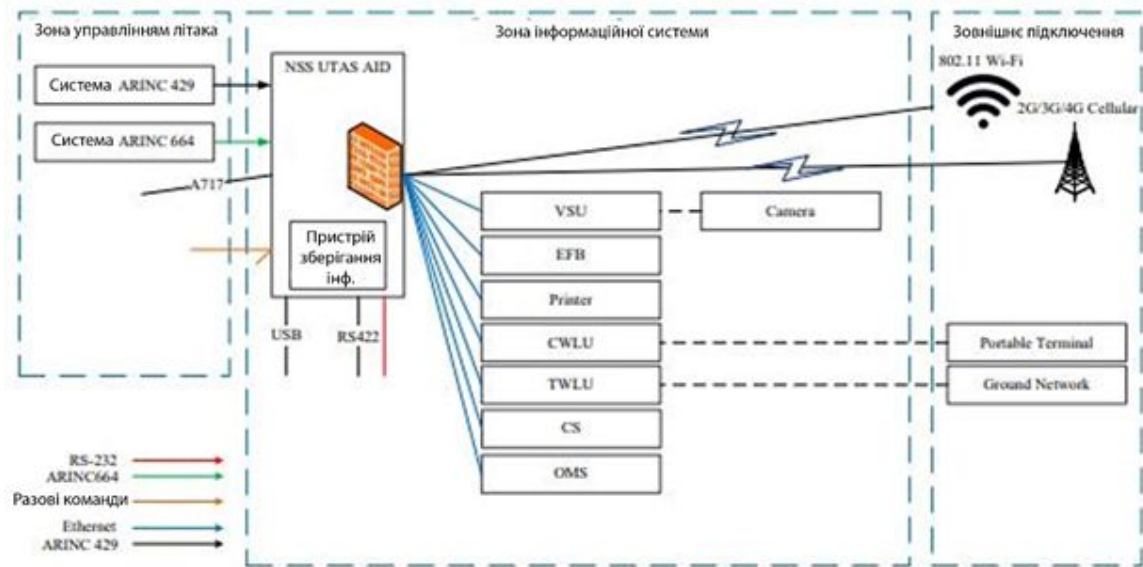


Рис. 4.1.1 Архітектура системи Aircraft Interface Device і взаємодія з іншими бортовими системами

Платформа AID розроблена у відповідності зі стандартами ARP 4754A, ARP 4761, RTCA/DO-297, DO-178B/C, DO-254, DO-160G та ін. ПО, завантажуване в AID, має рівень не нижче E.

Одними з важливих функцій системи є:

1. Забезпечення мережевої безпеки

- Фізичне розділення мереж, де можливо обмежити небажані перехресні зв'язки.
- Забезпечення апаратного та/або програмного (брандмауер) поділу між різними доменами.
- Відключення яких-небудь несистемних важливих сервісів та каналів зв'язків.
- Обмеження інформаційного обміну, ініційованого з «земних» систем.
- Підтримка цифрових підписів для завантаження ПЗ.
- Використання інструментів COTS для виявлення системних вразливостей.
- Запис логів успішних і неуспішних мережевих запитів доступу.

2. Оптимізація параметрів польоту

Функція допомагає екіпажу вести політ з найбільш ефективним витратою палива. AID забезпечує доступ до запитів даних авіоніки.

3. Завантаження даних по ARINC 615

Функція забезпечує завантаження даних по інтерфейсу ARINC 429 згідно стандартам, ARINC 615A і ARINC 615.

4. Запис параметрів польоту

Функція забезпечує автоматичну запис даних польоту через задані інтервали часу. Інформація надсилається на «землю». Якщо політ проходить не штатно, система збільшує частоту відсилання даних.

Ще одним закордонним аналогом виступає система On-Board Data Server (ODS) компанії Thales. У запропонованій архітектурі для ODS функції розділені між уже встановленим СРІОМ, двома безпечними проксі-серверами (SPS) LRU і Портативним терміналом доступу обслуговування (PMAT).

СРІОМ забезпечує безпеку критично важливих функцій і SPS розміщують функціональне додаток. SPS – це апаратні засоби DAL-D за DO-254, якими керує оперативний Гіпервізор. SPS розміщує розділи, виділені функції завантаження даних, ВІТЕ, А664 Ethernet і т. д. і розділ з вбудованою Linux, файловим сервером і базою даних SQL.

SPS з'єднаний з перемикачем А664, щоб з'єднати інтерфейсом з авіаційної радіоелектронікою і РМАТ, що містить НМІ функції завантаження даних.

Архітектура системи On-Board Data Server і взаємодія з іншими бортовими системами представлені на рис 4.1.2.

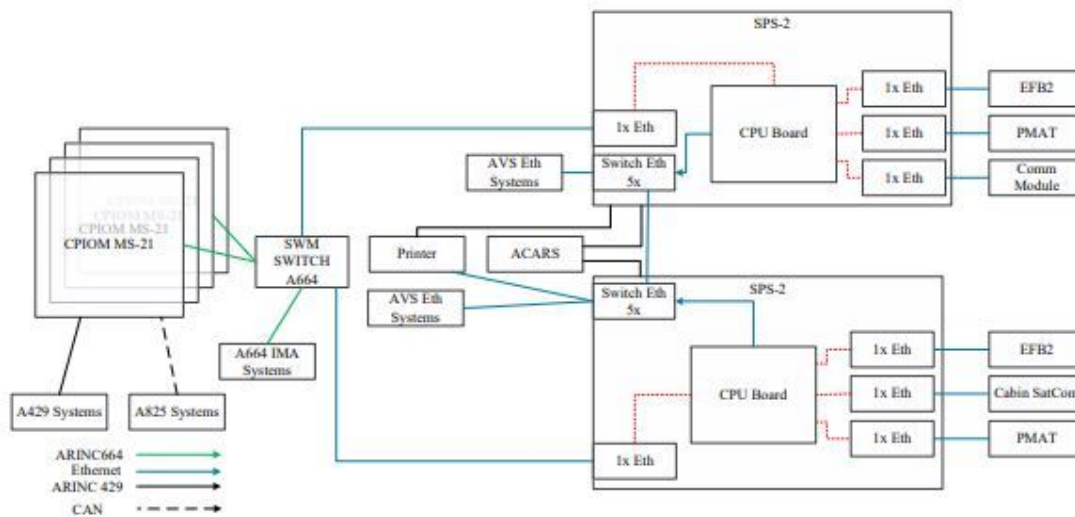


Рис. 4.1.2 Архітектура системи Aircraft Interface Device і взаємодія з іншими бортовими системами

Подібні рішення запропоновані компанією Rockwell Collins. Система Secure Server Router (SSR) призначена для зберігання файлів і БД, підтримки програм, забезпечення безпеки мереж, забезпечення безпроводного зв'язку в кабіні літака і з наземними системами. Складається з одного блоку.

Основними функціями системи є Підтримка додатків, завантаження ФПО, БД, файлів, підтримка з'єднання EFB.

На зразках вітчизняної авіаційної техніки для зберігання баз даних окремі системи раніше не використовувалися. На літаку Sukhoi Superjet 100 БД зберігалися і оброблялися кожна на своєму вычислителе – БД БСТО на багатофункціональному індикаторі (МФІ), аэронавигационная база даних (АНБД) на вычислителе ССВ.

Схема зберігання і надання доступу до БД представлена на рис. 4.1.3

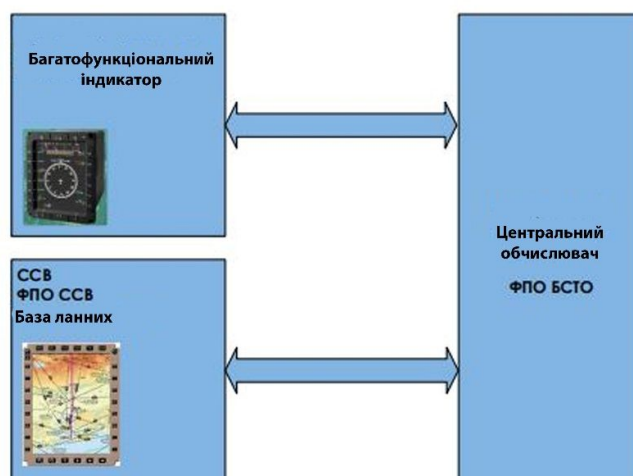


Рис. 4.1.3 – Схема реалізації зберігання і надання доступу до БС БСТО і АНБД на SSJ-100

Ні для МФІ, ні для обчислювача ССВ зберігання БД і обробка запитів до них не є основною функцією. Б більша частина обчислювальних ресурсів витрачається на забезпечення роботи функціональних додатків, що призводить до повільної обробці запитів до БД. Це в свою чергу впливає на швидкість робіт систем, яким необхідні дані з БД або які ведуть запис у БД.

4.2. Організація взаємодії БСД з бортовими системами літака

Характеристики розроблюваного БСД повинні відповідати вимогам керівного документа ARINC 624-1 Design guidance for onboard maintenance system і вимогам технічного завдання на комплекс БРЕО літака.

Виходячи з вимог на комплекс БРЕО і вимог ARINC 624-1 сервер БСД повинен забезпечувати інформаційний обмін з БСТО бортової локальної обчислювальної мережі ADN за резервированному каналу AFDX відповідно до стандарту ARINC 664.

Також з метою проведення технологічного обслуговування сервер повинен забезпечувати інформаційний обмін з технологічним інтерфейсів: USB, RS232, ARINC 600 (Ethernet), РК.

У сервері повинні бути передбачені чотири режими функціонування: стартовий режим, робочий режим, режим розширеного контролю та технологічний режим.

Стартовий режим запускається автоматично при подачі живлення. У ньому повинні бути проведені:

- ініціалізація апаратури блоку;
- стартовий контроль апаратури;
- визначення ідентифікаційного адреси сервера в літакової мережі по комбінації вхідних разових команд (РК).

По проходженню стартового контролю БСД повинен сформувавти РК «Сигнал справності». Стартовий режим повинен тривати не більше 45 секунд з моменту подачі живлення.

Запуск режиму розширеного контролю виконується при прийомі від системи БСТО команди ініціалізації інтерактивного режиму. У даному режимі доступно проведення тестів розширеного контролю з метою визначення справності блоку.

БСД повинен переходити в технологічний режим у разі одночасної наявності РК «Технологічний режим» і РК «Сигнал обтиснення шасі» під час процедури ініціалізації при запуску. Вихід з технологічного режиму здійснюється відключенням живлення або подачею РК «Ручного скидання».

Алгоритм переходу між режимами роботи БСД представлений на рис. 4.2.2.

4.3 Розробка архітектури бортового сервера даних

У відповідності з технічними вимогами до комплексу БРЕО апаратна частина БСД повинна бути розроблена з застосуванням концепції інтегрованої модульної авіоніки і мати рівень гарантії проектування у відповідності з DO-254/КТ-254 не нижче С Розроблена архітектура БСД представлена на рис.4.3.1

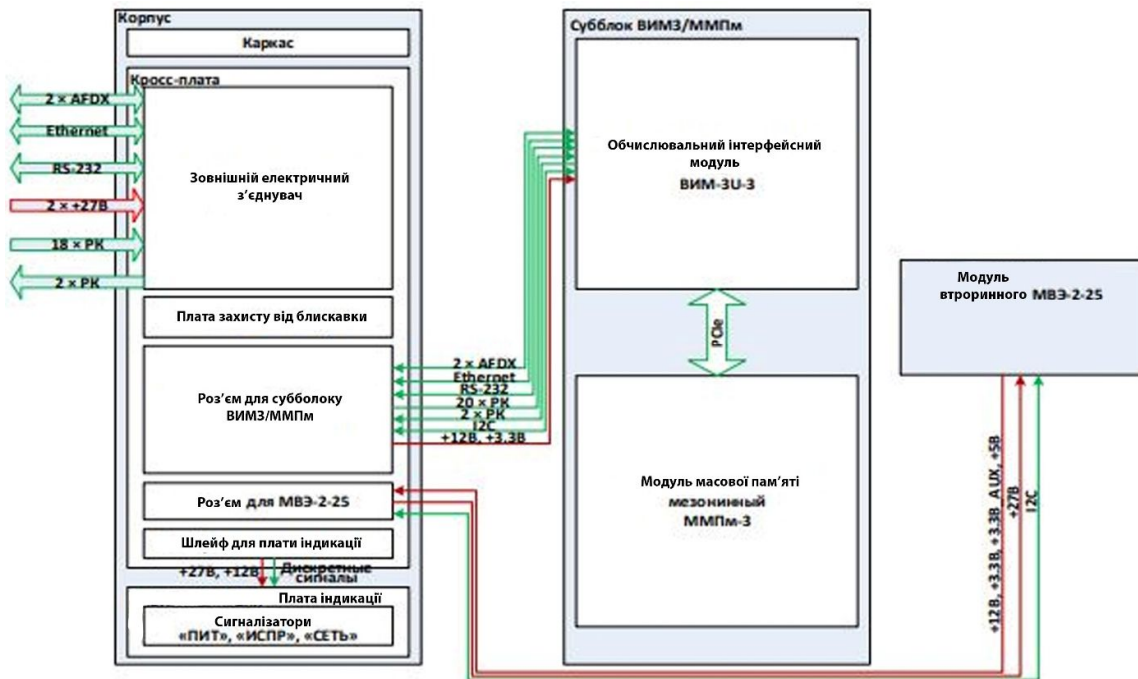


Рис 4.3.1 – Розроблена архітектура блоку БСД

Як обчислювально-інтерфейсного модуля обраний ВІМ-3U-3 на базі процесора Freescale P1010 з архітектурою PowerPC з встановленою ОСРВ VxWorks-653. Даний модуль має наступними характеристиками:

- ОЗУ 256 Мбайт з корекцією помилок;
- ПЗУ NOR FLASH 64 Мбайт;
- ПЗУ NAND FLASH, 64 Мбайт;
- ПЗУ nvRAM 256 Кбайт;
- набір інтерфейсів: PCIe 2,5 Gbps, AFDX (ARINC 664) x2, Ethernet (ARINC 646), RS-232 x2, 8 вхідних РК, 2 вихідних РК, 10 конфігураційних РК, I2C, JTAG;
- напруга +12 В, +3,3 В, 27 В; – споживана потужність 7 Вт. В якості модуля пам'яті обраний модуль ММПм-3, що задовольняє всім поставленим вимогам.

Основні характеристики модуля:

- інтерфейс PCIe;
- ємність накопичувача 256 Гбайт SSD;
- напруга +12 В, +3,3 В; – затребувана потужність не більш 15Вт.

4.5. Конструктивне виконання БСД

БСД повинен володіти типорозміром 1 MCU відповідно до стандарту ARINC 600. Розмір блока має бути не більше: по висоті – 197 мм, по ширині – 30 мм, по довжині – 365 мм Маса не повинна перевищувати 3 кг

На лицьову панель блоку БСД повинні бути виведені світлодіодні індикатори справності, наявності напруги мережі, вторинного електроживлення, а також повинен бути виведений технологічний роз'єм, що містить порти Ethernet, RS-232 і входні РК «Ручного скидання» і РК «Технологічний режим». З боку лицьової панелі повинна бути передбачена ручка для перенесення.

Виходячи із запропонованої архітектури системи, можна вважати, що модулі МВВ-3U-3, ММПм-3, МВЕ-2-25, крос-плата з'єднані послідовно. Відмова одного з них призводить до відмови блоку. Інтенсивність відмов виробу при послідовному з'єднанні елементів розраховується за формулою:

$$\lambda_{изделия} = \sum \lambda_{посл},$$

де $\lambda_{посл}$. – сумарна інтенсивність відмов елементів, з'єднаних послідовно.

Інтенсивність відмови модуля визначається за формулою:

$$\lambda_{элемента} = \frac{1}{T_c}.$$

Так як відмова плати індикації не призводить до порушення працездатності БСД, її можна не враховувати при розрахунку надійності блоку. В результаті проведених розрахунків сумарна інтенсивність блоку:

$$\lambda_{изделия} = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}.$$

Імовірність безвідмовної роботи блоку протягом однієї години:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\text{изделия}} \cdot t} = 0,999998$$

Ймовірність відмови блоку протягом однієї години:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 2 \cdot 10^{-6}$$

Середня напрацювання блоку на відмову та пошкодження:

$$T_C = \frac{1}{\lambda_{\text{изделия}}} = 90909 \text{ ч.}$$

З урахуванням дворазового навантаженого резервування блоку розрахунок надійності представлений нижче. Ймовірність безвідмовної роботи системи:

$$P(t)_P = 1 - (1 - e^{-\lambda_{\text{изделия}} \cdot t})^2 = 0,999999.$$

Ймовірність відмови системи протягом години:

$$Q(t)_P = 1 - P(t)_P = 1 \cdot 10^{-6}$$

Середня напрацювання системи на відмову та пошкодження:

$$T_{cp} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{i+1} = 1,5 \cdot T_C = 136363,5 \text{ ч,}$$

що перевищує необхідну значення 40 000 ч більш ніж в 3 рази.

Проведений розрахунок показників надійності БСД показав відповідність отриманих характеристик необхідним.

Висновок до розділу

На основі проведеного аналізу існуючих систем зберігання даних, вимог авіаційних стандартів і вимог технічного завдання на комплекс БРЕО сформульовані вимоги на розробку бортового сервера даних літака, розроблені вимоги верхнього рівня до програмного забезпечення БСД, розроблена архітектура блоку БСД, проведений аналіз надійності БСД, підтвердив відповідність вимог блоку вимогам ТЗ.

Застосування цього блоку на основі протоколу AFDX дозволить спростити роботу обслуговуючого персоналу, що взаємодіє з системою бортового технічного обслуговування і екіпажу літака, що становить план польоту з використанням навігаційних даних, які обробляються на сервері. тому проводити розробку БСД доцільно.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ до розділу

Дипломний проект присвячений темі «Бортова система передачі та обміну даними на літаку» яка безпосередньо пов'язана з дослідженням, аналізом та вдосконаленням засобів передачі інформації пілотам.

Суб'єктом охорони праці є інженер-дослідник систем передачі інформації, який проводить аналіз та обслуговування інформаційних комплексів. Місцем роботи суб'єкта буде науково-дослідна лабораторія, яка знаходиться в науково-дослідному центрі.

Розробка заходів з охорони праці необхідна, щоб вказати інженеру-досліднику, у якому порядку треба виконувати технологічні операції та інші виробничі дії, для того, щоб забезпечити особисту безпеку, безаварійну експлуатацію обладнання та зменшити вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів на робочому місці.

Кафедра авіоніки					НАУ 20 04 02 000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Виконав		Лисенко Б.О.								82	
Керівник.		Слободян О.П.									
Консульт.		Слободян О.П.									
Н. Контр.		Левківський В.В.									
Заф.каф..		Павлова С.В.			173 Авіоніка						

5.1. Аналіз умов праці інженера-дослідника

Організація робочого місця інженера-дослідника

Робоче місце суб'єкта — науково-дослідна лабораторія, яка знаходиться на першому поверсі та розрахована на чотирьох інженерів-дослідників і має такі параметри :

1. Довжина 6 м.;
2. Ширина 4 м.;
3. Висота приміщення 3,5 м.;
4. Загальна площа приміщення 24 м².;
5. Об'єм приміщення 84 м³.;

У приміщенні, використовується змішане освітлення. Стіни пофарбовані в блакитний колір а на підлозі лежить темний паркет.

Згідно з ДБН В.2.2.-28-2010 «Будівлі адміністративного та побутового призначення»: площу приміщень слід приймати з розрахунку не менше 6 м² на робоче місце працівника, а об'єм — не менше 20 м³ на одне робоче місце. Так як у приміщенні два робочих місця, то площа повинна складати:

$$6 \text{ м}^2 \times 4 = 24 \text{ м}^2,$$

а об'єм:

$$20 \text{ м}^3 \times 4 = 80 \text{ м}^3$$

Так, як 24 м² дорівнює загальній площі (24 м²), а 80 м³ менше загального об'єму (84 м³), то площа приміщення відповідає вимогам.

У приміщенні, використовується змішане освітлення, а до складу робочого місця інженера-дослідника входить: письмовий стіл з кріслом, комп'ютер, джерело безперервного живлення (ДБЖ), принтер, система електроживлення (мережа змінного струму 220-230 В 50Гц.).

З техніки в приміщенні розташовано: стенд для тестування та дослідження РК-дисплеїв, два персональні комп'ютери та один принтер.

Розташування робочих місць приведено на рис. 5.1.

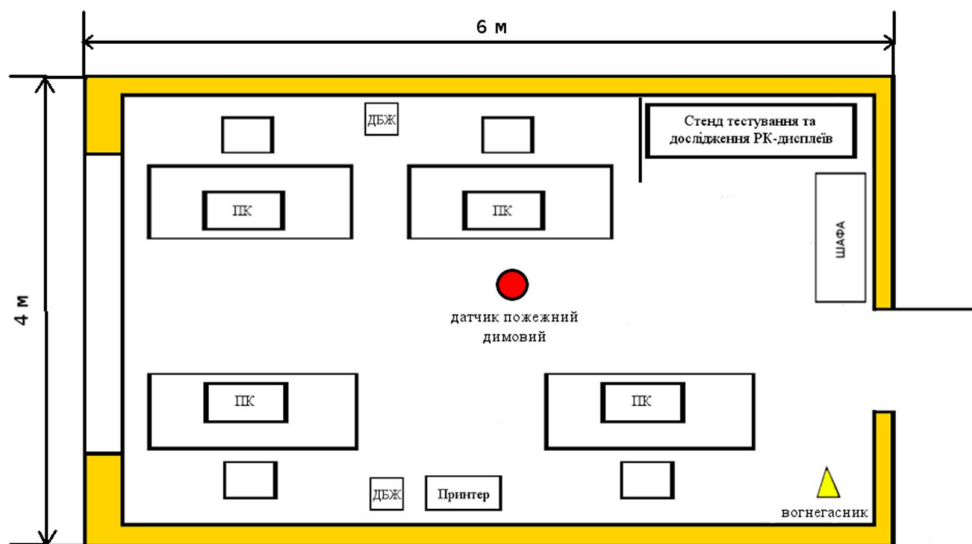


Рисунок 5.1. Схема приміщення науково-дослідної лабораторії

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Перелік шкідливих чинників, які впливають на інженера-дослідника на робочому місці:

- Виробничий шум, ультразвук, інфразвук;
- Освітлення - природне (недостатність);
- Мікроклімат: температура, вологість, швидкість руху повітря;
- Підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- Вібрація локальна.

Виробничий шум, ультразвук, інфразвук

Джерелами шуму на робочому місці інженера-дослідника у науково-дослідницькій лабораторії є кулери для охолодження стенду тестування та дослідження РК-дисплеїв, шум під час роботи стенду, кулери чотирьох ПК, шум від двох ДБЖ при роботі від батареї, чи її зарядці та шум під час роботи принтеру. Під час роботи за ПК рівень шуму відповідно до Державних санітарних норм ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» не повинен перевищувати 50 дБ.

Раніше зазначені джерела шуму в середньому мають рівень звукового тиску в розмірі 70 дБ. Оскільки лабораторія має площу 24 м^2 , і у результаті багаторазового відбиття рівень шуму може зрости на декілька децибел. Для його зменшення буде проведено розрахунок для встановлення звукоізоляції.

Природне освітлення

Беручи до уваги той факт, що освітлення впливає на працездатність, продуктивність та збереження здоров'я робітників, до питання освітленості потрібно підходити відповідально.

Природне освітлення у вищезазначеній лабораторії відбувається боковим світлом через одне вікно, розміром 2 м. в висоту та 2 м. в ширину. Напрямок розміщення вікна північно-західний.

Зважаючи на те, що робота інженера-дослідника — робота середньої точності (4й розряд зорової роботи), значення коефіцієнту природного освітлення (КПО) повинно бути $\sim 1.5\%$ (згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»). Фактичне значення КПО в донному приміщенні $\sim 1.2\%$.

Мікроклімат

Згідно з вимогами норм і стандартів ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», в залежності від складності виконуваних робіт, інженер-дослідник відноситься до категорії Ia (легкі роботи, не потребують фізичної напруги).

Мікроклімат на роб. місці характеризується: температура, t , ° С; відносна вологість, j ,%; швидкість руху повітря на робочому місці, V , м / с; інтенсивність теплового випромінювання W , Вт / м²; температура поверхні.

При виконанні робіт інженерно-дослідницького типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням в кабінетах, пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших приміщеннях повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату (температура повітря 22 - 24 ° С, відносна вологість 60 - 40%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м / сек, допустиме

значення повітрообміну 10 м³/год). В даному приміщенні рівень вологості занижений і складає ~ 35%.

Пожежна безпека

При виникненні пожежі на робітників можуть впливати небезпечні чинники: відкритий вогонь та іскри; підвищена температура повітря, предметів, обладнання; токсичні продукти горіння, дим; знижена концентрація кисню; обвалення і пошкодження будівель, споруд, установок, вибух.

Основними причинами пожежі та вибуху на підприємствах є наступні:

- несправність виробничого обладнання;
- несправність та перенавантаження електричного обладнання;
- необережне ставлення до вогню;
- порушення правил пожежної безпеки.

Згідно з НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні», для усунення цих причин необхідно підвищувати виробничу дисципліну, встановити суворий протипожежний режим. У приміщеннях встановлюються надійні засоби попереднього сповіщення небезпеки виникнення пожежі, та розміщуються схеми евакуації (рис. 5.2).

За пожежною і вибухонебезпечністю приміщення належить до категорії «В», класу 2 та оснащено вогнегасником ВП-5. Також в приміщенні встановлені технічні засоби попереднього оповіщення виникнення пожежі. Для цього на стелі встановлено датчик пожежний димовий СПД-3.

Евакуація з приміщення відбувається таким чином: під час пожежі працівники виходять у коридор, по якому вони рухаються до сходів, що ведуть на двір.

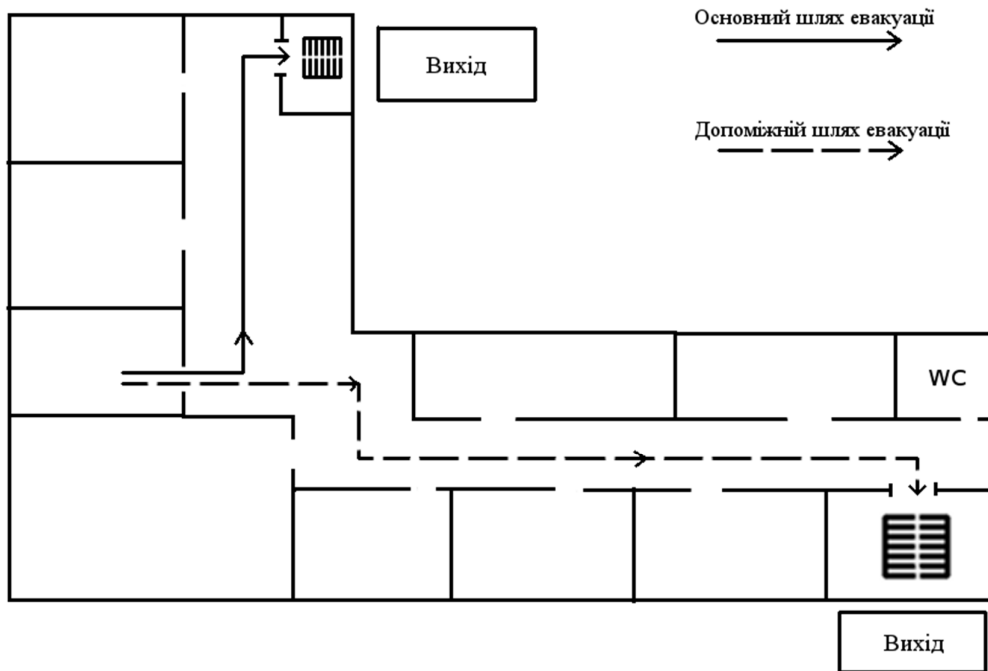


Рис. 5.2. План евакуації з приміщення у випадку пожежі

Але для попередження пожежі необхідно дотримуватись наступних вимог та правил:

- використанням методів та пристроїв запобігання іскріння;
- своєчасним контролем за справним станом обладнання;
- застосуванням запобіжників;
- підтримкою чистоти та порядку всередині приміщення;
- використанням пожежної сигналізації.
- відсутністю всередині приміщення легкозаймистих та вибухових речовин;
- систематичною очисткою вентиляційних каналів від пилу і перевіркою системи вентиляції;
- дотриманням протипожежних вимог до електрообладнання;

Розрахунок звукоізоляції

Розрахунок звукоізоляційної перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ) для стенду тестування та дослідження РК-дисплеїв.

Розрахунок проводиться у восьми октавних смугах частот. Загальна звукоізоляція перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу R_c визначається за наступною формулою:

$$R_c = R + \Delta R,$$

де R – звукоізоляція перегородки;

ΔR – додаткова звукоізоляція за рахунок шару ЗПМ, дБ.

Додаткова звукоізоляція визначається за наступною формулою:

$$\Delta R = 8,7 \cdot \beta \cdot \delta + 20 \log \frac{m_n + m_{nc}}{m_n},$$

де β – коефіцієнт затухання, 1/м;

δ – товщина шару ЗПМ, м;

m_n – поверхнева густина матеріалу перегородки, кг/м²;

m_{nc} – поверхнева густина шару ЗПМ, кг/м².

Поверхнева густина шару ЗПМ знаходимо за формулою:

$$m_{nc} = \rho \cdot \alpha,$$

де, ρ – об'ємна густина ЗПМ, $\rho = 15 \text{ кг/м}^3$;

α – товщина шару ЗПМ, м.

1. Розрахуємо поверхневу густину шару ЗПМ, взявши полотно із базальтового супертонкого волокна. Товщина шару складає 30 мм. Маємо наступне:

$$m_{nc} = 15 \cdot 0,03 = 0,45 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

2. Знаходимо додаткову звукоізоляцію за рахунок шару ЗПМ, знаючи, що коефіцієнт затухання для полотна із базальтового супертонкого волокна складає 10 1/м, товщина 30 мм, поверхнева густина матеріалу перегородки (ДСП) – 12 кг/м², а поверхнева густина шару ЗПМ складає 0,45 кг/м²:

$$\Delta R = 8,7 \cdot 10 \cdot 0,03 + 20 \lg \left(\frac{12 + 0,45}{12} \right) = 3 \text{ (дБ)}$$

3. Розрахуємо загальну звукоізоляцію ДСП з шаром полотна із супертонкого волокна, якщо звукоізоляція перегородки (ДСП) дорівнює 28 дБ:

$$R_c = 28 + 3 = 31 \text{ (дБ)}$$

Отже, загальна звукоізоляція ДСП з шаром полотна із базальтового супертонкого волокна становить 31 дБ.

Висновок до розділу

Після проведення аналізу робочого місця інженера-дослідника, який здійснює дослідження та тестування засобів інформації, були визначені його недоліки та методи їх усунення.

Основним шкідливим чинником є шум, який створюється під час роботи стенду тестування та дослідження РК-дисплеїв. На підставі розрахунку було використано звукоізоляційну перегородку з ДСП з шаром звукопоглинального матеріалу (полотно із базальтового супертонкого волокна), що дозволило зменшити рівень звукового тиску від стенда до 31 дБ.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ до розділу

Цивільна авіація є невід'ємною частиною транспортної системи України. Її діяльність забезпечується наявністю мережі аеропортів, сучасної авіаційної техніки, відповідної їм бази технічного обслуговування, кваліфікованого авіаційного персоналу. Правовою підставою діяльності цивільної авіації є "Повітряний кодекс України".

Результати робіт, що виконуються в Україні (раніше в СРСР) з інвентаризації чинників та факторів шкідливого впливу на навколишнє природне середовище (НПС) показують, що вони вписуються в узагальнену класифікацію, запропоновану комітетом ІСАО з охорони навколишнього середовища – САЕР (грудень 1991 р., 2-га нарада).

Управління охороною навколишнього середовища полягає у здійсненні функцій планування, дослідження, спостереження, прогнозування, екологічної експертизи, контролю, інформування та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності для охорони, збереження, відтворення та раціонального використання природних ресурсів і забезпечення необхідної якості життєвого середовища.

<i>Кафедра авіоніки</i>					<i>НАУ 20 04 02 000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Виконав</i>		<i>Лисенко Б.О.</i>			<i>ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Слободян О.П.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Слободян О.П.</i>					90
<i>Н. Контр.</i>		<i>Левківський В.В.</i>				173 Авіоніка	
<i>Заф.каф..</i>		<i>Павлова С.В.</i>					

6.1. Вплив авіації на довкілля

Шкідливий вплив авіації на довкілля має глобальний і локальний характер. До основних джерел, що негативно впливають на стан довкілля та здоров'я людей в сфері авіації, необхідно віднести такі:

- проблема авіаційного шуму;
- електромагнітне забруднення середовища;
- вібрації;
- забруднення викидами та скидами шкідливих забруднюючих речовин в атмосферне повітря, підземних вод та ґрунту в районі авіаційних підприємств;
- руйнування озонового шару.

В цивільній авіації використовується значна кількість пристроїв які обумовлюють забруднення навколишнього середовища.

Проблема забезпечення екологічної безпеки авіації – це складна комплексна проблема, яка може бути вирішена за допомогою технічних, економічних, організаційних і юридичних заходів.

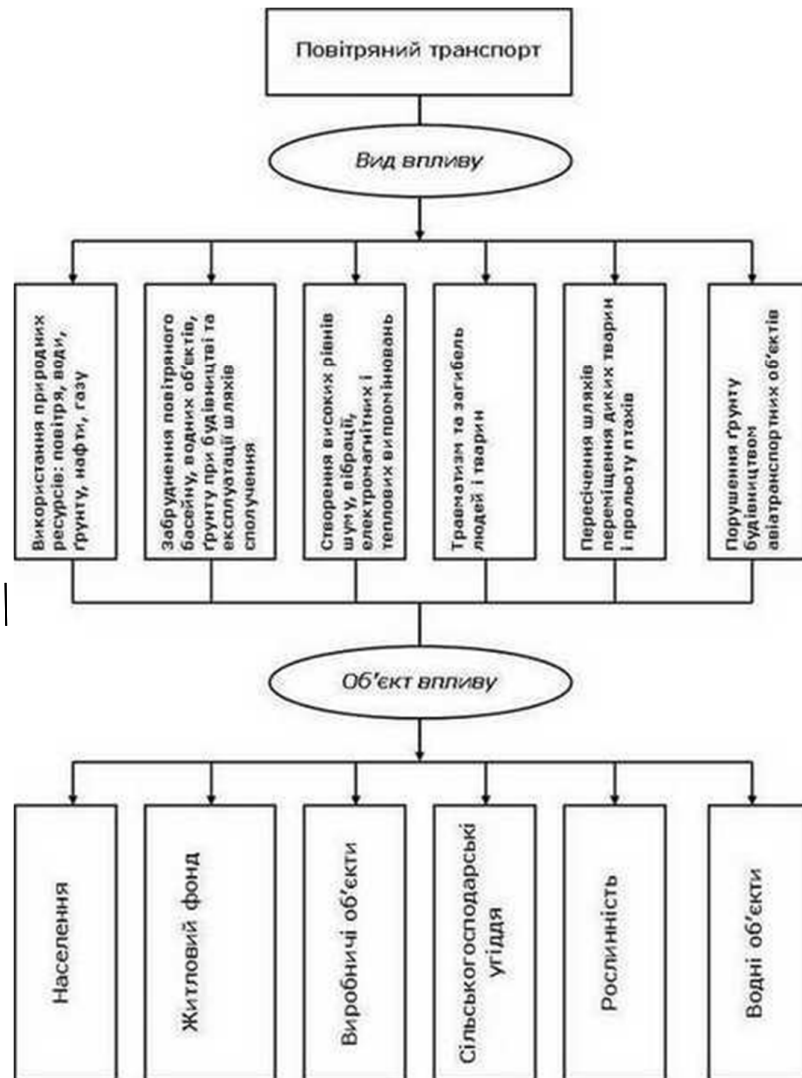
Враховуючи той факт, що підприємства авіаційного транспорту, визнаються одними із основних забруднювачів навколишнього природного середовища, наявність якісного, дієвого нормативно-правового забезпечення екологічної безпеки в авіаційній галузі є дуже важливим у сучасних умовах при значному антропогенному навантаженні.

Основними джерелами забруднення землі та водних об'єктів серед авіаційних підприємств є авіаремонтні заводи та стаціонарні джерела – аеропорти з приписаною до них технікою та повітряні судна, що безпосередньо використовують повітряний простір і розглядаються як пересувне джерело викидів шкідливих речовин в атмосферу.

У результаті авіатранспортних перевезень відбувається забруднення ґрунтів, водних об'єктів та атмосфери, а сама специфіка впливу повітряного

транспорту на довкілля виявлена в значній шумовій дії та значних викидах різноманітних забруднюючих речовин (рис 6.1.1).

Рис.6.1.1. Вплив повітряного транспорту на екосистеми



6.2. Характеристика основних джерел впливу на природне середовище

Шум

Авіаційний шум (АШ) є найстарішою і для України все ще найбільш важливою проблемою НПС при експлуатації літаків ЦА. Регулювання

несприятливого впливу авіаційного шуму (за взагалі шуму навколишнього середовища) – це комплексна проблема.

Шуми – це одне з шкідливих для людини забруднень атмосфери. Подразнюючий вплив звуку(шуму) на людину залежить від інтенсивності, спектрального складу і тривалості впливу.

Негативна дія різних авіаційних джерел шуму, в першу чергу, здійснюється на операторів, інженерів та техніків виробничих підрозділів.

Планування використання земельних ділянок навколо аеропортів цивільної авіації з умов авіаційного шуму є одним із основних і найбільш значимих елементів збалансованого підходу до проблеми регулювання шуму, розробленого в ІСАО і рекомендованого для впровадження на практиці.

Основними методами зниження авіаційного шуму є розробка менш шумних повітряних суден, застосування спеціальних прийомів пілотування при зльоті та посадці, зниженню шуму сприяє також раціональна організація повітряного руху та обмеження житлової забудови поблизу аеропортів.

Електромагнітне випромінювання

Крім шуму авіація призводить до електромагнітного забруднення середовища. Його викликає радіолокаційна та радіонавігаційна техніка аеропорту та літаків.

Дія електромагнітних хвиль на живі організми складна і недостатньо вивчена. Взаємодіючи з організмами, електромагнітні хвилі частково відбиваються, а частково поглинаються і розповсюджуються в них. Ступінь впливу залежить від величини поглинання енергії тканинами організму, частоти хвиль та розмірів біооб'єкта.

При постійній дії електромагнітних хвиль малої інтенсивності виникають розлади нервової та серцево-судинної системи, ендокринних органів та інше. Людина відчуває роздратування, головні болі, ослаблення пам'яті та ін. Адаптації до електромагнітного впливу не виникає.

Шкідливі викиди

Особливості впливу повітряних суден на довкілля пов'язані:

- по-перше – сучасний парк літаків та гелікоптерів має газотурбінні двигуни, які працюють на авіаційному гасі, хімічний склад якого дещо відрізняється від автомобільного бензину та дизельного палива кращою якістю, має менший вміст сірки та механічних домішок;

- по-друге – основна маса відпрацьованих газів викидається повітряними суднами безпосередньо у повітряному просторі відносно на великій висоті, за високої швидкості та турбулентного потоку, і лише невелика частка – в безпосередній близькості від аеропортів та населених пунктів.

Загальний викид токсичних речовин авіаційним транспортом може бути приблизно оцінений обсягом споживаного авіацією палива, котрий становить близько 4% загальних витрат палива усіма видами транспорту. Таким чином, частка забруднень авіатранспортом відносно невелика, і до того ж токсичні речовини розсіюються в межах великих просторів.

Стосовно найбільш розповсюдженого в сучасній цивільній авіації типу авіаційного двигуна – турбореактивного двоконтурного (ТРДД) можна виділити п'ять основних режимів (табл.6.1), тривалість яких відповідає максимальній тривалості режимів, що складають середнє значення тривалості цих режимів для найкрупніших та найбільш завантажених аеропортів світу.

Таблиця 6.2.1

Режими роботи авіаційного двигуна в зоні аеропорту

Номер режиму	Найменування режиму	Тривалість режиму, хв.
1	Холостий хід і руління перед зльотом (режим малого газу)	17
2	Зліт	0,7
3	Набір висоти	2,2
4	Захід на посадку	4
5	Руління після посадки (режим малого газу)	9

Зменшення кількості і концентрації шкідливих викидів може бути досягнуто:

- підвищенням економічності двигунів, а отже – зменшення кількості відпрацьованих газів;
- удосконаленням методів експлуатації літаків, а саме: підвищенням ступеня заповнення літаків корисним вантажем;
- зменшення пробігу літаків на аеродромах під тягою власних двигунів за рахунок буксирування їх тягачами на злітну смугу, а також за рахунок розташування аеропортів на значній відстані від міст.

З метою зменшення вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах є удосконалення старих та створення нових газотурбінних двигунів з новими конструкціями камери згорання, системи впорскування паливно-повітряної суміші.

Вплив на озоновий шар атмосфери

При висотних польотах літаків, космічних запусках ракет і космічних кораблів, в стратосфері утворюються дірки, які зберігаються тривалий час після польоту. Крім того, надзвукові літаки виділяють в стратосферу оксиди азоту, які руйнують молекули озону. Підраховано, що в результаті 100 запусків поспіль космічного корабля «Спейс Шаттл» майже вщент зруйнувався б захисний озоновий шар Землі.

Лише один сучасний реактивний пасажирський літак протягом восьмигодинного польоту з Європи в Америку «з'їдає» від 50 до 75 т кисню, викидаючи натомість в атмосферу десятки тонн вуглекислого газу, оксидів азоту та інших шкідливих сполук.

6.3. Забезпечення безпеки навколишнього середовища

Ключовими проблемами забезпечення екологічної безпеки на авіаційному підприємстві є зниження забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, земельних ресурсів, захист від виробничого та транспортного шуму і вібрацій, попередження екологічних наслідків надзвичайних ситуацій, забезпечення екологічної безпеки населення, зниження шкоди природним ресурсам, збереження якості природного середовища, що забезпечує процеси саморегулювання.

Для розв'язання екологічних проблем цивільної авіації насамперед слід розробити:

- принципи та методи захисту повітря від забруднення двигунами повітряних суден;
- принципи та методи захисту від електромагнітних полів радіочастот аеропортів;
- технології захисту ґрунтів та води від забруднення стоками аеропортів;

- методи кількісної інтегральної оцінки екологічного стану підприємств авіаційного транспорту.

Висновок до розділу

Отже, авіація є джерелом досить широкого спектру факторів негативного впливу на довкілля. Це спонукає нас своєчасно розробляти та впроваджувати нормативно-правові акти, які б визначали гранично допустимі норми шкідливих факторів в різних територіях розташування аеропортів та авіаційних підприємств.

Але на самперед необхідно розробляти та покращувати авіаційну техніку, яка відповідає національним і міжнародним стандартам щодо шуму та емісії шкідливих речовин, розробляти нові екологічно чисті технології обслуговування і ремонту об'єктів авіації, при проектування, будівництві, ремонті, експлуатації аеропортів, аеродромів

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було розглянуто найбільш поширені серед вітчизняних та іноземних БСЮ, стандарти обміну інформації, такі як ARINC, Ethernet.

В першому розділі розглянуто класифікацію та фізичні принципи побудови бортових систем інформаційного обміну сучасних літаків. Наведені види інтерфейсів, що впроваджені в авіаційну промисловість вітчизняними і закордонними стандартами.

У другому розділі мною було розглянуті принципи побудови бортових мереж комплексів бортового обладнання літака, інформаційно-обчислювальне середовище на основі концепції інтегрованої модульної авіоніки, склад та її структура. Були наведені основні переваги.

У третьому розділі озглянута структурна організація авіаційної повно-дуплексної комп'ютерної комунікативної мережі Ethernet (Avionics Full-Duplex Switched Ethernet – AFDX), яка впроваджена на літаках Boeing-787. Також наведена архітектура сучасних бортових мереж авіоніки, що зорієнтована передусім на об'єднання в єдину мережу різних виконавчих пристроїв і датчиків (режим передачі - послідовний, ширококомовний, пакетний) в якості додаткової шинної підсистеми до мережі AFDX (ARINC Specification 664, Part 7 – частина 7 Технічних Умов ARINC Specification 664) і мережевої архітектури Інтегрованої Модульної Авіоніки (ІМА).

В четвертому розділі на основі проведеного аналізу існуючих систем зберігання даних, вимог авіаційних стандартів і вимог технічного завдання на комплекс БРЗО сформульовані вимоги на розробку бортового сервера даних літака, розроблені вимоги верхнього рівня до програмного забезпечення БСД, розроблена архітектура блоку БСД, проведений аналіз надійності БСД, підтвердив відповідність вимог розробленого блоку вимогам ТЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хвощ С.Т. Организация последовательных мультиплексных каналов систем автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1989. – 271 с.
2. Sheynin Y., Gorbachev S. Integrated Modular Spacecraft Avionics Architecture and Spacewire-based Implementation. Proceedings of the 16th IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace, June 14-18, 2004, St.Petersburg, Russia. 2004, v. 2, p. 240-245.
3. Mark Peters. Evolution of Multi-Modal Digital Avionics. Seagull Technology, Inc. August 24, 2004.
4. ГОСТ 26765.52-87. Интерфейс магистральный последовательный системы Электронных модулей. – 43 с.
5. Е.Г. Пронин, О.В. Могуев Проектирование бортовых систем обмена информации. – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.: ил.
6. Парамонов П.П., Колесников Ю.Л., Видин Б.В., Есин Ю.Ф., Сабо Ю.И. Организация межсистемного информационного обмена в комплексах бортового оборудования / Учеб. пособие для вузов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. 159 с.
7. М.М. Бутусов, С.М. Верник, С.Л. Балкин и другие. Волоконно-оптические системы передачи. – М.: Радио и связь, 1992. – 416 с.
8. Мельников Д.А. Информационные процессы в современных сетях. Протоколы, стандарты, интерфейсы, модели. – М.: Кудиц-Образ, 1999. – 256 с.
9. Чернов В.Г. Устройства ввода-вывода аналоговой информации для цифровых систем сбора и обработки данных.–М.: Машиностроение, 1988.–183 с.
10. Чернега В.С., Василенко В. А., Бондарев В.Н. Расчет и проектирование технических средств обмена и передачи информации: Учеб. пособие для вузов. –М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
11. Балашов В.В. Поддержка принятия решений при построении циклограммы обменов по мультиплексному каналу. Методы и средства обработки информации. Труды второй Всероссийской научной конференции. –

М.: Издательский отдел факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – с. 508-515.

12. Carl F. Cargill. Information Technology Standardization Theory, Process and Organisations. Bedford, MA: Digital Press, 1991. – 687 с.

13. Охорона праці в авіації. Підручник./ Буриченко Л. А. – К.: НАУ, 2003. – 448с.

14. Проектирование систем бортового информационного обмена. Проблемы и достижения./ Научно-технический вестник, Выпуск 33, с. 98 –104. Копорский Н.С., Видин. Б.В., Жаринов И.О. / Технологии управления, Санкт-Петербург 2006. – 256 с.

15. Кучерявый А. А. Бортовые информационные системы. Курс лекций 2-е издание, переработанное и дополненное. Ульяновск 2004. – 504 с.

16. Турчак А.А., Чернышов Е.Э., Михайлуца К.Т., Шейнин Ю.Е. Архитектура вычислительных систем для интегрированной модульной авионики перспективных летательных аппаратов. / Радиосистемы: Радиоэлектронные комплексы, №2, 2002.

17. Стандарт AFDX - URL: <http://superjet.wikidot.com/wiki:afdx-brief>. ТРУДЫ МФТИ. — 2015. — Том 7, № 2. Вдовин П. М. Инструментальная система проектирования сетей AFDX.

18. Захарова, О.Л. Алгоритмы и программные средства тестирования бортовых цифровых вычислительных систем интегрированной модульной авионики. Информационно-управляющие системы. – 2014. – № 3.

19. Роль и место бортового оборудования воздушных судов на современном этапе развития авиации. – URL: <http://www.modern-avionics.ru/analytics/2014/modern-role-of-avionics-aircraft/>

Агеев В.М., Павлова Н.В. Приборные комплексы летательных аппаратов и их проектирование. – М.: Машиностроение, 1990. – 432 с.

20. ARINC 624-1. Design guidance for onboard maintenance system.
Published: August 30, 1993, 102 p.