항공전자통합구조를 위한 광통신 데이터 버스의 연구

A Study on Fiber Optic's Data Bus for Avionics Integrated Architecture

홍승범*, 지민석*, 홍교영*, 김영인**
한서대학교 항공기술연구소* ,
한서대학교 항공기술교육원**

Hong Seung-Beom*, Jie Min-Seok*,
Hong Gyo-Young*, Kim Young-In*
Hanseo Aeronautical Technology Research Institute*,
Hanseo Univ. Aerotechnical Education Center**

요약

본 논문은 항공전자통합구조를 위하여 적합한 광통신 데이터 버스를 제안한다. 항공기용 데이터 버스로는 전기식과 광학식 전송 방식을 사용한다. 최근 항공전자시스템은 각 비행제어분야와 비행관리시스템을 관리하는 서버간의 연동 및 동기화, 고속처리 등 기존 버스 방식으로 확장이 힘들다. 따라서 본 논문에서는 이러한 데이터 버스의 문제점을 알아보고 고속광통신 기술을 살펴보며 차세대 항공전자 버스 구조로 적합한 방법을 제안한다.

Abstract

We proposed the method of avionics integrated architecture using high-speed fiber optic bus. Typically, data bus of aircraft consists of electronic and optic data transmission method. Avionics systems are difficult to operate the electronic data transmission method for the high speed data processing, synchronization and interconnection between flight control system and flight management system efficiently. In this paper, it is known to look into the problem of data bus and the advanced trend in avionics systems, and propose the appropriate data bus of the advanced avionics systems.

Ⅰ. 서론

항공전자(Avionics)란 용어는 1930년대 후반 미국에서 항공(Aviation)과 전자(Electronics)의 합성어에서 유래되었으며, 항공전자 시스템은 항공기에 장착되는 시스템 중에서 전자기술에 의해 동작하는 시스템을 지칭한다. 군용항공기의 항공전자 분야는 2차 세계대전과 이후 냉전 시대를 거치면서 많은 과학적 연구와 기술개발을 통해 비약적인 성장을 이루게 되었다. 현대 항공기의 경우 그림 1과 같이 전체 비용의 약 30% 수준을 항공전자 장비가 차지할 정도로 그 비중이 증가하고 있으며, 공중경보통제기와 같은 특수 목적기는 75% 정도가 항공전자 비용이다[1][2].

항공전자 시스템은 승무원이 항공기 임무를 안전하고 효율적으로 수행하기 위해 필수적으로 요구되는 시스템이다. 그 임무는 민간 여객기의 경우 승객을 목적지까지 실어 나르는 것이며, 군용기의 경우 적기를 격추시키거나 지상 목표물을 공격 또는 감시 정찰하는 것이다. 최근 항공기 임무 요구도의 증대와 전장 환경의 변화에 따라 항공기에 보다 다양한 전자기술이 적용되고 있고, 이에 따라 항공전자 시스템의 성능이 항공기의 성능을 좌우할 정도로 그 영향이 크다.

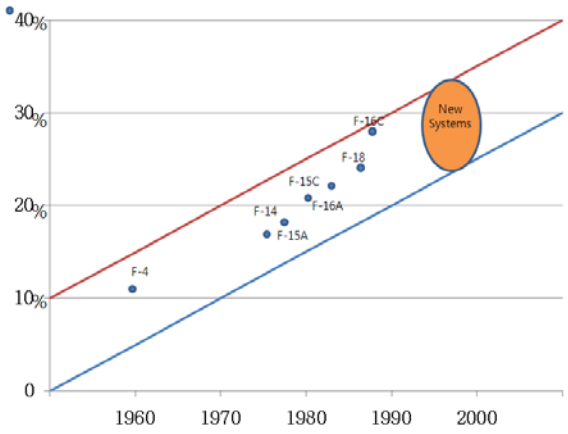

그림 1. 항공전자 시스템 비용 점유율 추세

차세대 항공기의 항공전자 개발 동향은 센서들의 복합화, 컴퓨터의 통합화 그리고 디스플레이 장치들의 디지털화 및 다기능화가 이루어지고 있고, 하드웨어 및 소프트웨어의 경우 오픈 아키텍처(open architecture)가 가능한 형태로 변화해 가고 있다. 또한 항공기 결함 발생 시, 모듈 결함 식별 가능 여부와 재구성을 통한 운용성 확보가 관건이다.

본 논문에서는 차세대 항공기의 항공전자 시스템을 구성하는 서브시스템의 변화에 따른 효과적인 데이터 버스의 통합 방식을 알아보기로 한다. 따라서 본 논문은 Ⅱ장에서 항공전자 시스템에 관하여 살펴보고, Ⅲ장에서는 데이터 버스 방식, 종류 및 특성을 살펴본다. Ⅳ장에서 차세대 항공전자 시스템을 통합하기 위한 방법을 살펴보고, 마지막 Ⅴ장에서 결론을 내리도록 한다.

Ⅱ. 항공전자 시스템

항공기의 서브시스템은 항공기의 목적에 따라 장착되는 시스템이 다르지만 미항공무선기술위원회(ARINC: Aero nautical Radio Inc.)와 군용항공기 규격(MIL-STD)에 따라 크게 표 1과 같이 분류된다[4].

1. 비행조종 및 비행관리장비

비행조종 및 비행관리 장비는 비행관리시스템(FMS: Flight Management System), 자동 비행 및 데이터 전송이 관련된다. FMS는 항공기의 항법 · 조종 · 추력 · 제어 시스템을 표시하는 장치로써 항공기를 보다 안전하고 효율적으로 운항시키기 위한 기술이다.

자동 비행은 난기류로 인하여 비행기의 자세가 변화할 때 자동적으로 자세를 안정시키는 기능과 같은 것으로 조종사의 조종부담 경감과 조종의 편이를 목적으로 개발 되었다.

기상(機上) 컴퓨터는 항법계산, 제어연산 또는 표시 등에 널리 사용되고 있다. 구체적으로는 자동조종장치, FBW(Fly By Wire), 비행관리시스템 및 항공기 능동 제어기 (ACT: Active Control Technology) 등이 그 예이다. 종래의 민간 항공기에는 아날로그식 컴퓨터였으나 반도체 디지털 소자의 발달로 현재는 디지털 컴퓨터가 이용되고 있다. 기상시스템은 낮은 데이터 전송속도인 1Mbps이하의 속도로 처리된다.

2. CNI(Communication, Navigation and Identification) 장비

항공통신, 항법장치, 기록장치 그리고 조종면의 항공계기 등이 관련된다. 항공통신은 항공기와 지상시설 사이, 지상시설과 지상시설 사이의 정보전달과 교환 그리고 항공기내 교신 및 서비스를 포함한다.

표 1. 항공전자 시스템 서브시스템

대분류	항목
비행조종 및 비행관리장비	FMS, AUTO PILOT, 기상(機上)컴퓨터
CNI 장비	항공계기, MFD, 항공통신, 항법장치, 기록장치
컴퓨터 및 소프트웨어 활용	컴퓨터
항공기시스템 운용장비	전자식 엔진제어 여압공조, 프로펠러 제어
임무수행장비	무장, EO/IR, SAR, 기타

항법이란 이동체가 한 지점에서 다른 지점으로 이동하는 경우, 이동의 진로를 얻는 수단 이다. 항법 장비는 항공기의 현재 위치의 측정과 측정한 위치에서 목적지로 향하게 하는 항로의 결정이 있다. 예로 VOR(VHF Omnidirectional Radio range), TACAN(Tactical Air Navigation), DME(Distance Measuring Equipment), 그리고 여러 장비가 존재한다.

항공계기는 항공기 각 부분의 형상 및 작동상태를 지

시해 주고 이상 유무를 경고해 주며 또한 항공기의 자세 위치 진로 등을 지시해 줌으로서 비행의 안전을 도모하는 역할을 한다. 예로 비행계기, 항법계기, 엔진계기 그리고 기타 계기등이 존재한다.

CNI 관련된 장비는 점차적으로 음성과 영상이 포함된 복합적인 정보가 제공되고 있어 MFD(Multi-Function Display) 형태로 발전해가고 있다. 따라서 높은 전송속도인 400M bps 이상을 요구하고 있다.

3. 임무수행장비

임무수행을 위한 계기 등은 민간 항공기는 승객을 운송하는 목적이지만 군용 항공기 혹은 전투기는 전투를 임무로 하고 있다. 군용 항공기는 임무 수행을 위한 지상 감시 장치, 무장 탑재 장비 등이 장착된다. 지상 감시 장치인 SAR(Synthetic Aperture Radar) 혹은 EO/IR(Electro Optical /Infrared Ray)과 같은 지상센서들은 점차적으로 복합된 기능을 가짐으로 높은 전송속도를 가지고 있어야 한다.

Ⅲ. 항공전자 버스 시스템

데이터 버스는 각 시스템을 연결해주기 위한 항공기 내의 배선으로 중량을 줄이는 효과도 있고, 산출된 각종 자료들을 일괄적으로 공급함으로 통일된 신호자료를 각 계통에 제공해주는 역할을 한다. 또한 항공기의 신뢰성과 정밀성을 향상시키는 역할을 한다. 각 시스템을 통합하기 위한 데이터 방식은 전기식 데이터 전송 방식과 광학식 전송 방식이 존재한다.

1. 전기식 데이터 버스

1970년대 이후에 연합형이나 통합 모듈형 시스템을 통합하기 위해 채택된 데이터 버스 시스템으로 전기적 신호를 전송하는 버스방식이다. 가장 널리 활용되는 방식으로 군용규격 MIL-STD-1553B(1553B)와 민간 규격 ARINC 429 및 629버스 등이 있다. 표 2는 각 방식의 특징을 기술하였다[5]. 주로 FBW, 이륙 장치, 전자식 엔진제어 등에서 사용된다.

1553B는 Linear Multi-drop bus 망을 따르고 있어 전체 시스템을 관리하는 버스 제어기가 고장이 발생하면, 전체 데이터 버스가 고장이 나는 문제점을 가지고 있다. 데이터 전송 속도가 느려 백본 망으로 항공전자 서브시스템을 통합하는데 문제점을 가지고 있다.

ARINC 429는 단방향 또는 전이중(full duplex)방식으로 양방향 통신이 가능하지만, 서브시스템 간 연결을 위해 메쉬(mesh) 방식을 취하게 되므로 케이블의 양이 증가하는 문제점과 고장허용 및 빠른 데이터 처리가 어렵다.

ARINC 629는 ARINC 429의 문제점을 보완하여 개발된 방식으로 ARINC 429보다 고장 허용 및 데이터 처리 속도는 향상되었지만, 복합적인 신호를 처리하기에는 속도가 느린 문제점을 가지고 있다.

2. 광학식 데이터 버스

전기식 데이터 버스의 느린 처리 속도와 좁은 대역폭을 해결하기 위해서 제안된 방식인 광학식 데이터 버스는 광 섬유로 광 펄스를 전송하는 방식으로 대표적으로 ARINC 664(Avionics Full Duplex Switched Ethernet : AFDX), HSDB(High Speed Data Bus), FC-AE(Fiber Channel - Avionics Environment), SCI(Scaleable Coherent Interface), Serial Express(IEEE 1394) 그리고 Gigabit Ethernet 등이 있다. 군용 항공기에는 조종사 전방 시현기, 무장 조준 컴퓨터, 항공기 자세 및 헤딩 측정 시스템 대기 자료 컴퓨터, 레이더 등과 헬멧 장착 시현기, 광학 자이로 INS(Inertial Navigation System), GPS, 열상 장비 그리고 스마트 무장 장치 등의 데이터 버스로 사용된다. 민간 항공기의 경우 IFE(In-Flight Entertainment)망의 데이터 버스로 사용된다. 영상과 음성 그리고 3D 영상 등의 복합된 데이터 전송을 위주로 하고 있다. 표 3은 각 방식의 특징을 기술하였다.

표 2. MIL-STD-1553B와 ARINC BUS 비교표[6]

	1553B	ARINC 429	ARINC 629
전송 속도	1Mbps	100kbps 12~14.5kbps	2Mbps
MAC	Central Media Access control	single source multiple sink star or bus	CSMA /CA
노드 수	32	20	120
토폴로지	Linear multi-drop bus	Single source multiple sink star or bus	Bus with stubs

최대 데이터 전송	32 word	32 bit word, 255 word data block	31 Word strings
케이블	Shielded Twisted Pair	Shielded Twisted Pair	unshielded Twisted Pair

(MAC: Media Access Control, CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

표 3. 고속 광통신 BUS 특성 비교표[6]

	AFDX (ARINC664)	FDDI (HSDB)	Fiber Channel	IEEE1394
전송속도	100Mbps	100Mbps	133Mbps ~ 2Gbps	100 ~ 400Mbps
MAC	Switched full duplex	Token passing	5 classes of Service and flow control	Request/response
최대 접속 가능	1,024	500	1,600만 이상	65,536
사용환경	민간항공	상용/산업	상용	Domestic
토폴로지	star	Dual counter rotating ring	point-to-point, loop & switched	daisy chained bus and tree
최대 데이터 전송	64 ~ 1,518 bytes	4,495 bytes	0 ~ 2,112 Bytes	비동기 512 ~ 400Mbps
케이블	다양한 광케이블 및 구리선 이용가능	광섬유, 꼬임구조의 구리선	동축케이블 및 꼬임구조의 구리선 ,광케이블	두 개의 분리되어 차폐된 꼬임구조의 구리신호선

전기식 데이터 버스에 비하여 빠른 전송 속도, 넓은 대역폭과 여러 서브시스템을 연결할 수 있는 노드 수가 강점이다. 하지만, 항공기내에 아날로그 신호와 디지털 신호가 혼재하여 사용하고 있기 때문에 백본망을 광학식 데이터 버스로 선택하기에 문제가 있다.

Ⅳ. 차세대 항공전자 시스템 통합 방안

1. 항공전자 시스템 발전추세

표 4는 항공전자 시스템을 통합하기 위한 발전 추세를 정리하였다[2].

표 4. 항공전자 시스템 발전추세

항공전자 시스템	년도	특징
독립형	1940-50	- Dedicated Processor - Individual Displays - Discrete/Analog I/F - Point-to-point wiring
연합형	1960-70	- Partial Integrated Processor - Glass Cockpit/Analog - Digital Mux Bus I/F
통합모듈형	1980-90	- Integrated Processor - 기능통합(CNI/RF/EO) - Individual Glass Cockpit - High Speed Digital Bus I/F
진보된 통합모듈형	2000년대 이후	- Integrated Processor - 센서 통합(EO/IR) - Integrated Glass Cockpit - High Speed Digital Bus I/F - Unified Standard Net.

초기 '무기체계' 개념이 수립되면서 1960년도부터 시작된 항공전자 시스템은 각 서브시스템을 독립적으로 장착하였다. 하지만, 각 장비를 연결하기 위한 케이블이 많아 항공기의 중량이 증가하는 문제점이 발생하였다. 이 후 1960년대와 1970년대에는 각종 시스템 간에 정보를 공유할 수 있는 연합(Federated) 형태로 개발되었다.

1970년대 중반부터 표준화를 위한 표준규격이 등장하기 시작하였다. 대표적인 규격으로는 군사용 1553B와 ARINC 429/629 등이다. 1980년대와 1990년대에는 최적 설계기법과 케이블 등을 최소화할 수 있고, 각 시스템을 모듈별로 구성하여 통합하는 표준 모듈형 시스템이 제안되었다.

2. 최근 항공전자 장치의 요구사항[2][7]

항공전자 장치의 특징은 다음과 같이 중요한 파라미터로 평가할 수 있다.

1) 오픈 시스템 (open system supports)

다른 제조업체들과 상호 운용이 가능한 국제 표준이 정해져있는 제품을 사용하여야 한다. 다른 시스템과의 통합이 가능할 수 있어야 하고, 이식성과 잠겨있는 독자성에 대한 해결책이 있어야 한다.

2) 고장허용(RM&S: Reliability, Maintainability, and supportability)

시스템의 임무 임계 때문에 생기는 내적 결함 때문에, 이를 방지하기 위해 통신 노드 사이의 연결에서 미사용 시 휴식을 취하며, 백본 네트워크의 선택으로 인한 영향을 최소화시키고 넓은 범위의 연결을 제공해야 한다. 이상적인 새로운 기술은 1553B와 유사한 방식의 네트워크 기술을 내장하여야 하며 고장허용의 해결을 위한 이중화 기능을 갖춘 구조여야 한다.

3) 확장성(scalability)

하드웨어이거나 소프트웨어 등에서 새로운 장치 혹은 기능을 추가하려 했을 때 플랫폼에서 안전하게 지원 가능해야 한다.

4) 실시간 처리(performance)

높은 처리량은 요구사항의 일부이며 더불어 미래의 네트워크 기술들은 낮은 지연을 통한 전송을 제공하여 임무에 대한 군용 전자 컴퓨터가 실시간적인 조치를 취할 수 있도록 해주어야 한다.

5) 복합된 신호(services)

센서들의 정보에 대한 집약적인 고성능 신호 처리가 필요하며, 비디오의 아날로그에서 디지털로의 변화에 대한 수요가 커지고 있다. 비디오 및 오디오 컴퓨팅 사이에서 더 많은 데이터 이동을 위하여 높은 대역폭이 필요하다. 이에 맞도록 네트워크 기술은 100Mbps와 1Gbps의 데이터 처리량을 가져야 한다.

6) 허용 노드수(addressability)

모듈 통합형 항공전자 시스템의 하드웨어는 주요 모듈들과 연동기능이 장착된 다른 장비들로 구성된다. 각 장비들 간에 상호 연결이 필요하고, 각 장비 내를 구성하고 있는 다양한 모듈들을 관리하기 위한 허용 노드 수의 제한이 존재하면 안 된다.

3. 통합형에 적합한 고속광통신 방식[2][7]

본 논문에서 항공전자 장비의 효과적으로 통합하기 위해 어떠한 광통신 기술이 좋은지 살펴볼 필요가 있다. 각 항공기의 체계개발상에서 어떠한 항공기를 제작할 것인가에 따라 UNP(Unified Network Protocol) 선택하는 항목은 차이가 발생할 수 있다.

표 5는 JSF(Joint Strike Fighter)사업에서 UNP를 선택하기 위한 평가 자료이다. 표 5는 JSF Open Systems Architecture Integrated Product Team에서 여러 가지 프로토콜을 비교하여 평가하였다. 각 점수는 프로토콜의 특성과 평가된 결과를 근거하여 작성한 것이다. 판단 근거는 JSF에 통합할 수 있는 네트워크에 중점을 두고 분석하였다.

JSF에서는 센서 데이터 전송망, 코어 프로세싱 부분에 고속 데이터 버스, cockpit까지 영상 데이터 전송을 위한 경로, 그리고 VMS(Vehicle Management System)를 연결하는 망을 각 별도로 구성하였다. 유용성과 비행 안전성에 적합한 광통신 연결은 100~ 200Mbps 범위로 제한하였다.

표 5의 분석결과는 SCI/RT(Scaleable Coherent Interface/Real Time)와 FC-AE(Fiber Channel, Avionics Environment)가 JSF 사업에서 가장 뛰어난 기술로 선택되었다. 당시의 선택기준은 백플라인 망을 통한 모듈 통합형 구조를 이용하여 효과적인 서브시스템들을 연결하도록 하였다. 따라서 각종 서브시스템들을 고속 연결, 실시간 처리(낮은 지연) 그리고 모듈형 시스템을 연결하는 방식을 선택하였다.

Ⅴ. 결론

본 논문은 항공전자구조를 통합하기 위한 광통신 데이터 버스를 살펴보았다. 현재까지 항공전자구조의 발전 형태는 독립적인 구조에서 시작하여 연합형 구조 그리고 통합형 구조를 거쳐 진보된 통합형 구조를 갖는다. 진보된 통합형 구조를 갖기 위한 중요한 변수로 표준화, 고장허용, 확장성, 실시간 처리능력, 복합된 신호처리 그리고 허용 노드 수 등이 있다. 이러한 변수를 이용한 전문가 평가는 SCI/RT와 FC-AE 방식을 이용한 데이터 버스 통합방법을 제안하였다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 박무혁, 김영일, 김응태, “Fly-By-Light 비행제어 시스템 기술 개발 동향,” 항공우주기술 제5권 제1호, pp.49-56, 2007.

[2] 이재억, 김영일, 송찬호, "항공전자 발전추세 및 핵심기술 분석," 국방과학기술플러스, Vol.67, 2008.

[3] LIG 넥스원, 항공분야 LIG 넥스원 연구개발 현황, LIG 넥스원 세미나 발표자료, 2008.
[4] 한상호, “항공전자기술의 분류,” 항공우주기술 제1권 제1호, pp188-200, 2003.
[5] 윤종호, 항공정보통신공학, 교학사, pp. 187-236, 2009.
[6] ASSC, "Guide To Digitial Interface Standards For Military Avionics Applications," Assc/110/6/2-Issue 3, Sept. 2006.
[7] J. M. Borky, R. N. Lachenmaier, J. P. Messing, and A. Frink, "Architectures for Next Generation Military Avionics Systems," Aerospace conference Proceedings., IEEE Vol. 1, pp.265-281, 1998.

표 5. UAN을 위한 초고속 버스 프로토콜 평가[7]

Network characteristic	Unified Network Protocol						
	ATM	Fiber Channel	FC-AE	Gigabit Ethernet	SCI	SCI/RT	Serial Express
Scaleability	10.1	10.2	10.8	8.9	11.8	12.2	11.8
Open System Support	13.5	14.2	5.6	9.7	7.9	5.6	6.5
RM&S	8.9	11.9	16.2	8.9	11.0	15.3	13.2
Performance	9.5	11.9	16.2	7.9	12.2	16.3	15.7
Services	5.1	7.5	10.9	4.6	6.1	12.5	8.1
Addressability	9.2	9.5	11.6	9.0	8.6	12.7	9.9
Composed Score	56.3	65.2	71.2	49.0	57.5	74.5	65.1