

## 한국형 공격헬기 임무탑재장비 구조도 개념 연구

### Concept Study of Mission Equipment Package Architecture for Korean Attack Helicopter

김 성 우\*      김 명 진\*      오 우 섭\*      이 종 훈\*      임 종 봉\*

Sung-Woo Kim    Myung Chin Kim    Woo Seop Oh    Jong Hoon Lee    Jong Bong Yim

#### Abstract

The importance of avionics systems has increased to a significant level in modern aircraft development. Modern avionics system is a complex integrated system of state-of-art hardware and software technology. Specifying the avionics system architecture is the most important task throughout the avionics system design process. This paper reviews modern avionics system architectures and proposes an effective avionics architecture suitable for modern attack helicopters.

Keywords : Korean Attack Helicopter(한국형 공격헬기), Avionics Architecture(항공전자 구조도), Data Bus(자료 버스), Fibre Channel(파이버 채널), Integrated Sensor System(통합 센서 체계)

#### 1. 서론

항공전자 체계 통합은 항공전자 개별적인 장비의 성능 및 기능의 구현보다는 임무 수행을 위한 보다 상위 개념의 계통별 성능 구현이 중요함에 따라 각각의 임무 기능을 여러 장비의 종합된 성능으로 나타내게 하는 일련의 구성품 체계통합 행위를 의미한다. 항공전자 체계는 실시간 처리가 요구되며 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술이 병행하는 고도의 복합 체계로 항공기에서 항공전자 장비의 의존도가 갈수록 증가하고 있다. 항공전자 체계 통합 행위의 근간이 항공전자 체계 구조도 설계다. 한국형 공격헬기는 2010년에 소

형 무장헬기를 국내 개발하는 것으로 결정되어 2011년에 탐색개발을 착수한다. 한국형 공격헬기의 사업적 특징은 수리온 한국형 기동헬기 개발사업 효과를 극대화하고 항공산업 발전을 도모하는 것이다. 본 논문은 항공전자 체계 구조도의 발전 추세와 효과적인 공격형 임무탑재장비 구조도 설계 접근 방안에 대해 정리한 것이다.

#### 2. 항공전자 체계 구조도의 발전

1950년, 1960년대의 항공전자 분배형 아날로그 구조도는 주요 유닛의 연결은 데이터 버스가 없이 하드 와이어에 의존하여 많은 양의 와이어가 소요되며 변경이 필요할 경우 개조가 아주 힘들다. 분배형 아날로그 구조도의 범주는 보잉 707, VC10, BAC 1-11, DC-9,

† 2011년 4월 20일 접수~2011년 6월 24일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 김성우(sabal7086@naver.com)

초기 보잉 737 항공기들이다. 1960년대 디지털 연산 기술이 출현하여 1970년대에 적용되기 시작하여 항공 전자 분배형 디지털 구조도가 등장하였다. 직렬 디지털 자료 버스의 개발로 인해 주요 체계 유닛 간의 자료 전송 및 연결이 용이하게 되었다. 초기에는 Arinc 429, 토네이도 직렬 자료 링크의 단 방향 포인트-포인트 디지털 링크가 이용되었다. 분배형 디지털 구조도의 범주는 군용의 재규어, 님로드 MR2, 토네이도, 시해리어와 상용의 보잉 737, 767 등이다. 양 방향 자료 버스 MIL-STD-1553B의 개발로 인해 1980년대 연방형 구조도가 출현할 수 있게 되었다. 연방형 구조도는 일반적으로 전용 1553B 인터페이스의 부대정비 교환품목(LRU) 및 서브시스템들을 사용한다. 민수 항공기는 연방형 구조도 접근방식 적용에 별다른 반응을 보이지 않았으며 1553B 인터페이스의 활용 대신 Arinc 429를 발전시킨 새로운 민수 표준 Arinc 629를 발표하였다. 연방형 구조도의 범주에는 군용은 F-16, 사브 Gripen, AH-64, 보잉 777이 있다. 보잉 777은 민수용 연방형 구조도로서 Arinc 629를 이용한 유일한 항공기다. 1990년대 초 냉전의 종결로 인하여 세계의 군수 산업과 미국의 국방 획득 정책에는 큰 변화가 있었다. 국방비의 삭감으로 인하여 획기적인 개혁 조치가 불가피하게 되었으며 군수 분야 시장이 자생력을 상실하여 민군 겸용 기술, 그리고 민군 겸용 사용(dual-use) 과정 및 생산품 사용이 요구되었다. 이 같은 국방 항공 산업계의 상용화 압력이 국방 항공전자 체계에도 영향을 미쳤다. 미 공군의 페이브 필라와 합동 통합 항공전자 실무그룹(JIAWG : Joint Integrated Avionics Working Group) 구조도와 같은 통합 모듈러 구조도가 바로 그것이다. 통합 모듈러 구조도는 주요 항공기 체계 및 통합 연산 자원들 간에 자료 버스 연결 제공에 개방 표준들, 견고화 상용 기술을 이용한다. 통합 모듈러 항공전자(IMA : Integrated Modular Avionics) 접근방법의 기본적 이점은 항전체계를 항공기 레벨 체계에서 사용하는 표준 빌딩 블록으로 간주한다는 것이다. 공동 프로세서 모듈들, 공동 메모리 모듈들, 가능한 공동 입/출력 모듈들이 아주 광범위한 체계 구조도를 빠르게 구상하고 구축하는 수단으로 제공된다. 이 접근방법은 개발 단계 동안의 위험 감소와 함께 중대한 지원성 이점을 갖는다. 또한, 상용규격품 기반 통합 모듈러 항공전자 구조도의 채택은 빠른 프로토타입의 이점을 제공한다. 이전의 프로토타이핑은 모든 관련 서브시스템들을 위한 초기 개발 하드웨어가 유

용해질 때까지 기다려야 했으며 이 하드웨어들은 성능속도가 낮으며 보통 개발 결함이 있다. 실질적으로 상용규격품들이 제공하는 이점은 다음과 같다<sup>[1]</sup>.

- ① 자료 버스 및 네트워크 : 1Mbit/s MIL-STD-1553B 데이터 버스로부터 1Gbit/s 고속 상용규격품 데이터 버스로의 발전, SCI(Scalable Coherent Interface), 비동기 전송 모드(ATM : Asynchronous Transfer Mode), 파이버 채널, 기가비트 이더넷(GE : Gigabit Ethernet)
- ② 소프트웨어 : 기능적 하드웨어로부터 응용 소프트웨어를 분리하는 다층 소프트웨어 모델의 채택으로 타 하드웨어 및 발전하는 하드웨어의 구현 범위 전역에서의 소프트웨어 이식성
- ③ 프로세싱
  - 신호 처리 : 신호 처리는 레이더, 전자전, 전자광학 영역에서 중대한 개선 사항들이 제공되었으며 인터넷 개발 결과로 많은 기술적 진보들을 획득
  - 자료 처리 : 중대한 작업은 주로 전송 또는 시현을 위한 자료 처리와 관련이 있다. 상용 업무용 정보기술(IT) 프로세서의 국방 드라이버에 이용시에는 클럭 속도가 가장 중요하다.

국방 공동체는 상용 규격품 기술의 채택으로 이득을 보는 많은 장점들이 있다. 비용과 같은 명백한 장점 외에도 향상된 능력과 기능적인 이득을 얻게 된다. 빠르게 발전하는 전자 및 마이크로프로세서의 상용 기성품 부품 증가로 인해 국방 분야에도 개방-구조도 항공전자 체계가 활용 되었다. 미 국방 항공전자의 상용화 및 개방 구조도 역사는 다음과 같다.

#### 가. 페이브 필라 구조도

1980년대 초에 디지털 항공전자의 모듈화, 개방, 고장-허용, 유연한 구조도를 목표로 하여 미 공군의 페이브 필라 규격이 만들어 졌다. 이 프로그램은 특별히 레이더, 통신/항법/피어식별, 전자전, 적외선 탐색 및 추적 센서, 전자광학 센서, 대 잠수함 전에서의 신호 처리 적용을 목표로 하였다. 페이브 필라 구조도는 Fig. 1과 같다.

프로세서 간의 메시지를 전송하는 제어버스는 보통 고장 허용을 위해 (2개의 분리된 독립 버스의) 중복 형태로 구현된다. 체계 정비 및 디버깅을 위해 관련 내장형시험 버스를 갖는다. 사용자 자료의 큰 블록을

전송하는 자료 네트워크는 보통 비-브로킹 크로스바 스위치로 구현한다. 자료 네트워크는 기능적 요소들의 다중 쌍 간 고속 통신을 동시에 할 수 있게 해주며 제어 버스 대역폭을 크게 초과하는 집합 처리량을 제공한다. 이 처리량은 다중 프로세서 자료 플로우 환경 지원에 사용된다. 페이브 필라 구조도는 (로컬 및 통신) 핵심 모듈들, (고 성능 프로세싱, 입/출력 및 저장을 위한) 기능적 요소 모듈들, (전역 제어 및 통신을 위한) 지원 요소 모듈들, (전원 조정, 타이밍, 및 기타 지원 기능들을 위한) 지원 요소 모듈들에 물리적으로 할당한다. 디지털 프로세서는 이와 같은 공통 모듈 세트와 특정 센서 체계의 요구사항을 충족시키는 공통 인터페이스들로 구성된다.

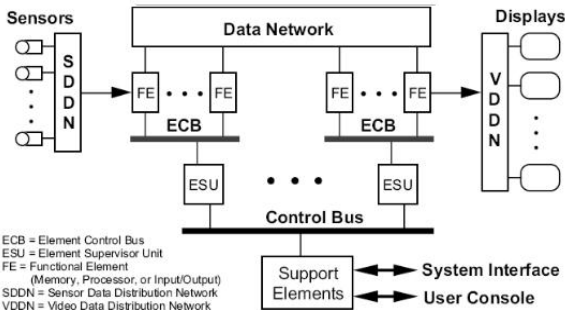


Fig. 1. 페이브 필라 구조도

나. JIAWG 구조도

합동 통합 항공전자 실무그룹(JIAWG : Joint Integrated Avionics Working Group)의 개선 항공전자 구조도(A<sup>3</sup> : Advanced Avonics Architecture)는 페이브 필라 구조도를 구현한 것이다. 1990년대 초에 미 의회는 합동 통합 항공전자 실무그룹의 표준을 공군의 F-22 랩터 전투기, 육군의 RAH-66 코만치 무장 정찰 헬기(2004년 초에 취소), 해군의 개선 전술 항공기 A-12(1990년대 초에 취소) 프로그램에 적용하도록 지시하였다. Fig. 2와 같은 일반적 합동 통합 항공전자 실무그룹(JIAWG) 구조도의 주요 기능적 요소들은 다음과 같다.

- RF 구경 및 전자광학, 미사일 경고, 레이더, 전자전/전자 방해책, 통신, 항법, 식별과 관련된 센서 전단
- 입력된 프로세서 앞의 센서 자료를 처리하는 광섬유 스위치 네트워크
- 신호 및 자료 프로세싱을 포함하는 통합 항공전자 랙들은 스위치 네트워크, 병렬 버스, 직렬 버스를

사용하여 연결된다.

- 시현을 위한 비디오 자료를 처리하는 광섬유 스위치 네트워크
- 항공기 및 무장 체계
- 항공전자 주요 체계들과 통합 캐비닛들을 연결하는 고속 자료 버스(광섬유 버스)

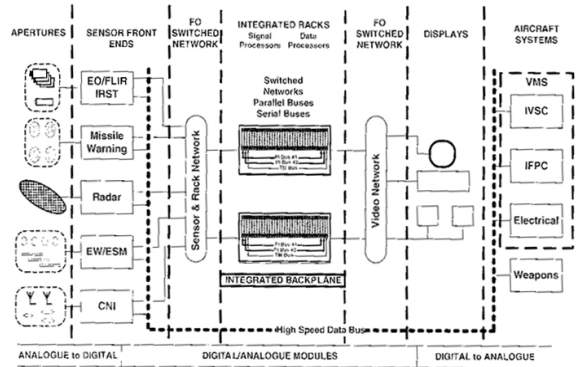


Fig. 2. JIAWG 구조도

통합 캐비닛의 주 프로세서는 휴즈사의 공동 통합 프로세서(CIP : Common Integrated Processor)이며 Fig. 3과 같은 F-22 구조도는 2개의 통합 캐비닛과 1개의 예비 공간을 갖는다<sup>[2]</sup>. 공동 통합 프로세서에는 7가지의 서로 다른 형태의 자료 및 신호 프로세서가 존재한다.

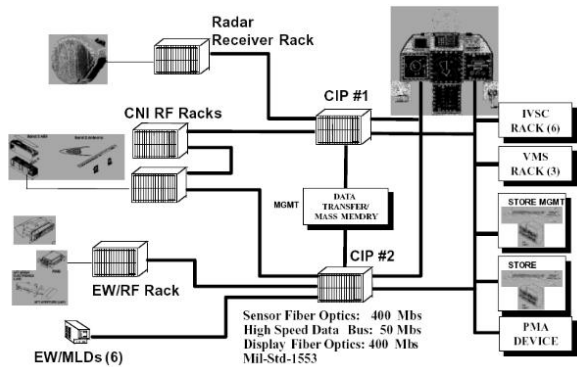


Fig. 3. F-22 항공전자 구조도

공동 통합 프로세서의 처리량은 700 MOPS(Million Operations Per Second) 수준이다. F-22 캐비닛은 66개까지의 SEM-E 크기 모듈을 갖지만 실질적으로 CIP 1은 47개, CIP 2는 44개 모듈을 사용하며 확장성을 위해 CIP 1의 19개와 CIP 2의 22개 모듈을 남겨놓는다.

고 밀도 패키징과 고 전원 조밀도로 인해 캐비닛에 액체 냉각을 한다. 공동 통합 프로세서의 내, 외부 인터페이스는 다음과 같다.

- 고속자료버스(HSDB : High Speed Data Bus) - 광섬유 버스로 공동 통합 프로세서와 항공기 서브시스템을 연결
- 2중 중복 병렬 인터페이스(PI 버스) (백플레인 버스) - 랙에서의 모듈간 연결
- 시험 및 진단을 위한 시험 및 정비(TM : Test and Maintenance) 버스

진행과정에서 합동 통합 항공전자 실무그룹 구조도의 다음과 같은 문제점들이 식별되었다.

- 프로세서(인텔 80960 MX)의 단종으로 i86으로 프로세서를 변경
- 병렬 버스(백플레인) 생산라인이 단종
- 시험 및 정비 버스(TM : Test and Maintenance)의 비표준 버스 사용
- 2개 CIP 간을 연결하는 80Mbit/s 고속자료버스(HSDB)의 상용, 군용 수락시험에 실패
- 일부 상용 기성품을 사용하기에는 SEM-E 모듈 포맷이 너무 작음

이와 같은 문제들을 해결하기 위해 F-22는 항공기 레벨과 주요 서브시스템 연결에 파이버 채널(FC : Fiber Channel)을 사용하여 단종 문제들을 해결하고 대역폭을 향상시키는 노력을 하였다. Fig. 4는 합동 통합 항공전자 실무그룹 구조도의 HSDB, PI, TM 버스를 파이버 채널 버스로 개조한 구조도.

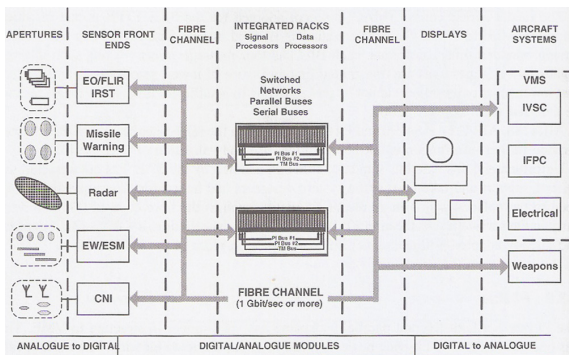


Fig. 4. 파이버 채널을 이용한 JIAWG 성능개선 구조도

#### 다. 페이브 페이스 구조도

2005년 이후에 적용할 군용 항공기의 통합 항공전자 구조도는 항공전자 체계 비용의 급격한 증가로 항공전자 구조도 중 큰 비용 비중을 차지하는 아날로그/센서 영역에서 최대한의 디지털 통합 개념 적용을 압박받았다. 기존의 페이브 필라 구조도도 통합 항공전자체계이긴 하지만 모든 신호 및 자료 처리 수행을 항공기의 편리한 곳에 위치시킨 랙에 모듈러 부대정비 교환품목(LRU)의 작은 패밀리들을 한 곳에 모아놓고 사용하는 특징이 있었다. 또한, 페이브 필라 구조도는 전자전 및 통신과 같은 센서 기능들은 유사한 그룹 내에서 통합하였다. Fig. 5는 항공전자의 5가지 주요 부분으로 구성된 페이브 페이스 구조도다. 페이브 페이스 구조도와 3세대 페이브 필라 구조도를 비교하면 통합 RF 체계로 약 50%의 비용, 60% 이상의 볼륨 감소, 그리고 30% 신뢰도 향상을 가져왔다.

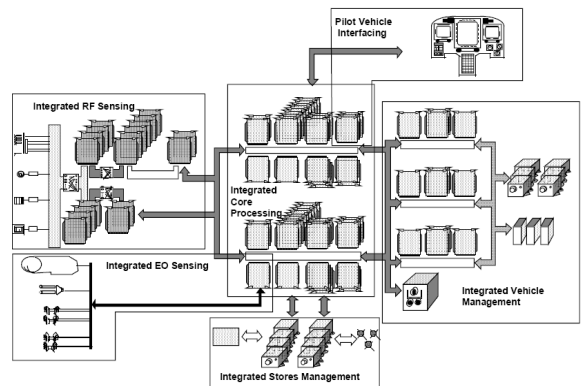


Fig. 5. 페이브 페이스 구조도

페이브 페이스 구조도는 기본적으로 페이브 필라 구조도와 동일한 통합 개념이지만 특히 RF 기능에 대한 통합 개념 활용이 강화된 특징이 있다. 하드웨어 관점에서 보면 많은 레이더, 통신, 전자전 기능이 없으며 이 기능들이 소프트웨어로 구현된다. 항공전자 구조도의 일반적 발전 추세는 향상된 기능의 디지털화, 공유의 증가, 모듈화된 기능들이다. 통합/공유 개념의 확장은 항공기 표면을 향하여 지속적으로 진행되고 있으며 하드웨어가 지원하는 한 소프트웨어를 통한 기능성이 증가하고 있다. 연방 구조도의 전용 기능들은 물리적으로 제거되어 상위의 체계 레벨에 그 기능들이 주어진다. 페이브 페이스 구조도는 디지털 체계가 어떻게 통합되는지를 보여줄 뿐만 아니라 고도로

통합된 RF 센서 체계가 구현가능하며 또한, 바람직한 방향이라는 것을 제시하고 있다. 1993년 말에 미 해군의 A-6 공격기를 교체하기 위한 A-12 항공기와 공군의 F-16을 교체하기 위한 다중 역할 전투기 프로그램이 개발 취소되어 이들 프로그램들을 대체하기 위해 JAST(Joint Advanced Strike Technology) 프로그램이 시작되었다. 1995년에 JAST 프로그램에 해병대와 영국 해군 사용을 고려하여 개선된 수직 이착륙 능력을 추가하여 개발토록 변경되었으며, 차세대 전투기/공격기의 합동 개발에 초점을 두어 명칭을 JSF 프로그램으로 변경하였다. 1995년 후반에 JAST 프로그램 명칭이 JSF(Joint Strike Fighter) 프로그램으로 변경되었다. JIAWG(F/A-22)와 JSF(F-35) 구조도의 2가지 특징은 다음과 같다.

- 1) 항공전자 연산 기능이 통합 항공전자 랙들의 다중 프로세서 신호 및 자료 처리 자원들로 집중화되었다. 통합 항공전자 랙은 고 대역폭 광섬유 버스를 이용하여 연결한다.
- 2) RF 체계가 분담 구경 및 주파수 변환 모듈을 이용한 공통 통합 센서 체계로 변화되었다.

F-35 항공전자 구조도는 Fig. 6과 같으며 주요 서브 시스템들은 파이버 패널로 연결된다.

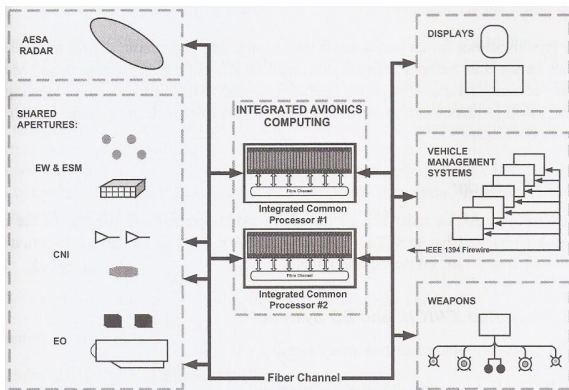


Fig. 6. F-35 항공전자 체계 상위레벨 구조도

### 3. 항공전자 자료버스

디지털 자료 버스는 항공기 항공전자 체계의 디지털 전자장비 사용을 가능케 하는 요소 중의 하나이다.

초기 자료 버스들은 100Kbit/s 전송율의 상대적으로 낮은 단일 소스, 단일 싱크(포인트 대 포인트) 반 양방(half duplex) 버스였다. 다음 세대는 1-10Mbit/s 전송율의 다중 소스, 다중 싱크 양방향 버스인 MIL-STD-1553B이다. 현재는 1Gbit/s 전송율에 도달한 파이버 채널 버스로 발전하였다. 온 보드 군용 항공전자 플랫폼에 활용된 자료 버스 전송율은 Fig. 7과 같다. 국방 항공 공동체에만 사용된 항공전자 자료 버스는 아래와 같다.

- 토네이도 직렬 자료버스
- Arinc 429
- MIL-STD-1553B
- STANG 3910

JIAWG 고속 자료버스(HSDB), IEEE 1394b, 파이버 채널은 상용 표준을 군용에 사용한 경우이다.

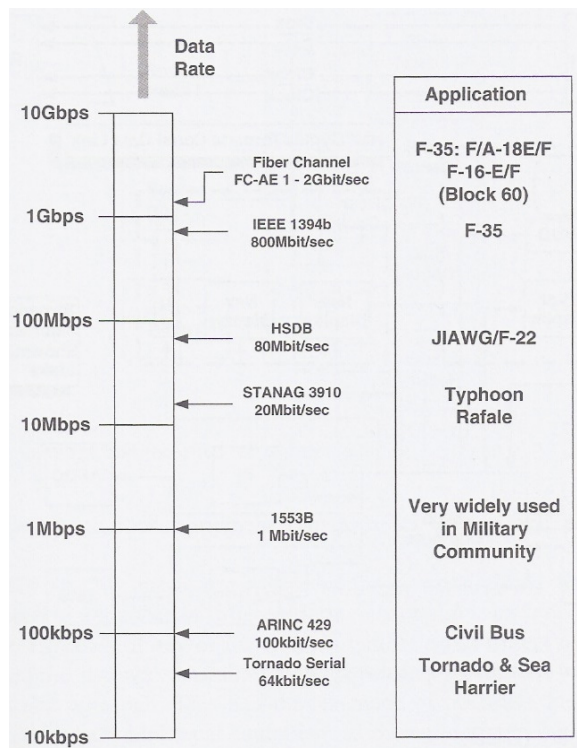


Fig. 7. 자료버스 전송 율 비교

상용규격품의 고속 국방 자료 버스 사용은 비동기 전송 모드(ATM : Asynchronous Transfer Mode)와 파이

버 분배 자료 인터페이스(FDDI : Fibre Distributed Data Interface)를 포함한 여러 검토타가 있었으며 그중 가장 적합한 버스는 다음과 같다.

- 파이버 채널 버스
- IEEE 1394 Firewire

#### 가. 파이버 채널

파이버 채널은 주로 스토리지 네트워킹에 쓰이는 네트워크 기술이며 지금은 기업용 자료 보관을 위한 저장 영역 네트워크(SAN : Storage Area Network)의 표준 연결 형태다<sup>3)</sup>. 파이버 채널은 미국 표준 협회인 INCITS(International Committee for Information Technology Standards)의 T1 1 기술 위원회에서 1994년에 표준화되었다. 파이버 채널 신호는 한 쌍의 꼬 동선 케이블과 광섬유 케이블을 사용한다. 자료 레이트는 1Gbit/s이며 항공전자 분야 활용에는 다음과 같은 파이버 채널-항공전자 환경(FC-AE : Fibre Channel-Avionics Environment) 표준이 있다.

- FC-AE-1553
- FC-AE-ASM
- FC-AE-RDMA
- FC-AE-LP(Lightweight Protocol)

FC-1553은 MIL-STD-1553B의 1Mhz 대역폭 대신 1Gbit/sec 이상의 고 대역폭 파이버 채널로 사용할 수 있으며 MIL-STD-1553의 32개 노드 수 대신  $2^{24}$  (16,777,216) 노드 수까지 이용할 수 있다. FC-AE-ASM (Anonymous Subscriber Messaging), RDMA(Remote Direct Memory Access), LP 옵션은 엄격한 요구사항을 위한 특정 항공전자 응용을 위한 간소화 프로토콜이다. SCSI(Small Computer System Interface)는 상용의 대형 저장 표준으로 파이버 채널 노드는 SCSI(Small Computer System Interface) 제어 디스크 공간에 쉽게 접속을 할 수 있는 이점이 있다. TCP/IP는 컴퓨터 주변기와 소프트웨어 통신을 하는 네트워킹 프로토콜로 광범위하게 이용되며 파이버 채널이 TCP/IP 프로토콜을 지원한다. 파이버 채널은 SCSI와 TCP/IP의 호환성으로 네트워크와 채널의 장점들을 통합한 인터페이스 기술로 네트워크는 유연성과 접속성을, 채널은 빠른 속도를 제공한다. 이 같은 상용의 유용한 패키지를 항공전자 체계 설계에 활용하면 개발 초기에 빠른

프로토타이핑 구현이 가능하게 한다. 파이버 채널은 기본적인 4개의 토폴로지(Topology)로 네트워크의 유연성을 갖는다. 파이버 채널의 구현에는 여러 가지 방법이 있으며 4가지 주요 구현들은 다음과 같다. StarFabric이 JSF F-35에 활용되었다.

- StarFabric
- Rapid IO
- Infiniband
- 100/1000 Gbit/s 이더넷

#### 나. IEEE 1394 Firewire

IEEE 1394 firewire는 50Mbit/s부터 400Mbit/s 까지의 속도에 많이 이용되는 자료 버스다. 이 버스는 일반적으로 비디오카메라 등의 가정용 전자 시장에 사용된다. IEEE 1394는 민수 항공기의 기내 오락 체계에도 광범위하게 활용되고 있다. IEEE 1394b 표준으로 개발된 후속 버전은 800Mbit/s 까지 이용하는 네트워크 형태로 F-35의 VMS(Vehicle Management System)에 이용되었다.

## 4. RF 통합

파이버 채널 네트워크를 이용한 상위레벨에서의 항공기 통합 외에 또 다른 영역에서 항공기 통합으로 이득을 얻는 영역이 RF 체계다. 현대 전투기는 다음과 같은 많은 RF 체계를 이용한다.

- 레이더
- 전자전
- 피아 식별장비
- 여러 RF 대역에서의 레이더 경고
- 항법 보조 : TACAN, ILS, MLS, GPS
- 통신 : V/UHF, HF, 위성통신, JTIDS, Link 11

이와 같은 체계는 각각의 자체 안테나와 RF 영역, 신호 및 자료 처리를 가지고 있어 무겁고 비표준의 때로는 신뢰할 수 없는 하드웨어 모듈의 집합체이다. 그리하여 모듈의 공용 장비를 사용한 기능적인 통합과 합리성이 필요한 영역으로 식별되었다. 과거에 이 같은 문제를 해결하기 위해 통합 통신, 항법 및 식별 구조도(ICNIA : Integrated Communication, Navigation and

Identification Architecture)와 통합 전자전 장비(INEWS : Integrated Electronic Warfare Suite)의 시도가 있었다. 결과는 실패로 돌아갔으며 RF 처리 기술의 개선이 통합 방법에 새롭게 제시되었다. JIAWG 구조도를 기본으로 한 F-22의 RF 구경(aperture)은 64개가 있으며 주요 RF 서브시스템은 다음과 같다.

- 능동 전자적 스캔 배열(AESA : Active Electronically Scanned Array) 레이더
- 전자전 장비
- 통신, 항법, 식별 장비

가. 페이브 페이스(F-35) 분담 구경 구조도

페이브 필라 구조도 개발 목표 중 하나는 RF의 기능적 영역에 역점을 두어 다루고 수신기, 변조기, 복조기, 증폭기, 송신기에 대해 합리적인 기능을 추구하는 것이었다. JIAWG 구조도에서는 RF 서브시스템을 근거로 하여 해결하려 하였으며 페이브 페이스 구조도는 통합 RF 센서 체계를 목표로 하였다. 통합 RF 센서 체계는 통합 센서 체계(ISS : Integrated Sensor System)라고도 불린다<sup>[4,5]</sup>. 기능적 체계 간 자원 공유는 비용, 중량, 신뢰성, 볼륨의 감소에 중요한 역할을 한다. 4세대 페이브 페이스와 3세대 JIAWG 통합 센서 체계(ISS)를 비교하면 Table 1과 같다. 비용은 1989년 U.S. 달러 기준이다.

Table 1. 3세대, 4세대 간 RF 통합 센서 비교

	4세대	3세대
비용* (\$)	3.9백만	7.9백만
중량 (lb)	500	1245
볼륨 (ft <sup>3</sup> )	8	16
신뢰성 (h)	225	142

4세대 통합 센서 체계 기본은 Fig. 8과 같다. 주요 어레이는 대형 능동 어레이, MASA(Multiarm Spiral Arrays), 슬롯 어레이, MTL(Multiturn Loops)로 구성된다.

이 어레이들은 RF 연결기를 통해 수신 주파수 변환기로 연결되어 중간 주파수로 변환된다. IF 수신 신호는 IF 연결기를 통해 수신기 모듈로 공급된다. 탐지 후, 기저대역의 동상(I), 역상(Q) 성분이 광섬유 연결을

통해 통합 코어 처리로 보내진다. 전송은 이와는 반대로 신호가 다기능 변조기를 통과한 후 중간 주파수를 구별하여 송신 주파수 변환기로 보내진다. 변조 및 출력 증폭 후, 출력 신호는 RF 연결기를 통해 적절한 어레이로 전해진다. 공통 RF 호스트 내에서 이 같은 기능의 공유로 주요한 절약이 가능하며 4세대는 3세대 대비 약 35% 정도 향상되었다. JIAWG 구조도의 RF 구경은 64개인데 비해 페이브 페이스구조도는 22개를 이용한다. 이전 구조도와 비교하면 특별히 레이더 + 전자전, 전자전 + 통신, 항법, 식별 등의 합리적인 기능들의 특징을 볼 수 있다. 능동 전자적 스캔 배열(AESA)은 레이더, 전자전, 통신, 항법, 식별 기능들을 서비스하는 약 3,000개 요소들을 포함하는 광 밴드 합성 어레이(WBSA : Wide Band Synthetic Array)로 교체되었다.

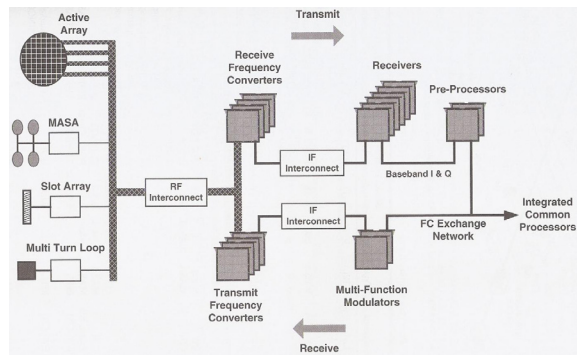


Fig. 8. 페이브 페이스 통합 RF 구조도

5. 항공전자 체계 비용 절감

통합 항공전자 체계의 발전의 주요 문제는 비용이다. Fig. 9는 F-22 전투기 항공전자의 분야별 분담 비교표다. F-22 전투기 항공전자 구성품 중 주요 비용 비중을 차지하는 부분은 센서들이다. 각 항공전자 카테고리에서 상대적인 비용, 중량, 볼륨, 전원, 신뢰성에 대한 기여도 크기는 좌로부터 우측 순으로 감소한다. 모든 카테고리 중 센서들이 가장 주요한 영향을 미치며 자료 및 신호처리가 상대적으로 적은 영향을 끼친다. 즉, 디지털 통합이 비용 상승의 주요 원인이 아님을 보여주고 있다. 항공전자 장비들에 대한 더 큰 비용 절감을 위해 새로운 방법이 요구되었다.

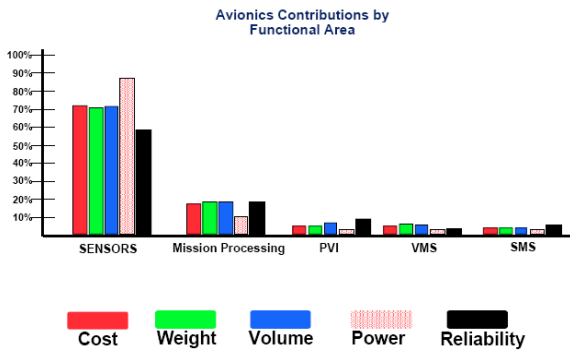


Fig. 9. 항공전자 기능 영역에 대한 분담 비교

많은 항공전자 장비들은 각 장비의 수행하는 기능이 다름에도 불구하고 운용은 아주 유사하다. 최근까지도 통합기술은 제어/시현 및 프로세싱의 기능적인 통합 부분에만 가능하였다. 이전의 많은 디스크리트 회로 요소들을 칩에서 통합하는 마이크로파와 마이크로 집적 회로의 등장으로, 센서들의 절반 이상의 비용을 차지하는 RF 부분도 디지털 시스템의 VLSI와 비슷한 형태의 통합이 가능하게 되었다. 이제 RF 구성들은 수신 및 송신 신호의 부분적인 증폭과 빔 조종을 제공하는 수백 개의 작은 송신/수신 모듈들로 만들어 진다. 이제는 기능적인 분담 구성들이 가능하다. 기능적인 패키징 밀도가 향상되었기 때문에 구경 전자장치들, 주파수 변환, 설계의 주요 수신기 및 송신기 부분을 공통 자산, 모듈러 화가 가능하게 되었다. 또한, 전자광학 센서 시스템 통합도 비용 및 중량 절감을 위한 또 다른 중요한 기회를 제공한다. 하지만, 전자광학 센서 시스템 통합의 중요한 도전 영역은 항공전자 구조도의 일반적 구경 영역이 아닌 분담 윈도우, 광학 및 초점면 영역이다. 4세대 시스템의 구성 방법에 대한 특이 사항은 다음과 같다. 첫째, RF, 신호/자료 처리 또는 제어/시현 영역의 대부분의 장비들은 100% 듀티 사이클 요구사항이 아닌 시간-할당을 할 수 있다. 어떤 장비들은 어떤 임무 단계 동안에만 필요하며, 다른 장비들은 특정한 경우에 그 사용을 지시할 때만 필요하다. 이 장비들은 통합에 의해 중량, 볼륨, 비용 절감을 가능하게 하는 고전적인 기능 영역을 뛰어넘은 시-분할 장비다. 둘째, 자산 공유는 정보의 소스 및 흡수(sinks)를 내부 연결하는 보다 복잡하고 정교한 자료 분배 네트워크를 필요로 한다. 이 같은 네트워크가 설정되면 체계 설계자는 전 체계에 걸쳐 시험, 고장 격리 및 인식, 개선된 상황 인식을 위

한 정보 융합과 같은 극히 중요한 기능들을 상대적으로 용이하게 얻을 수 있다. 향상된 네트워크 및 소프트웨어의 결과로 성능, 유효성, 지원, 비용, 중량, 볼륨이 감소 효과를 얻는다.

## 6. 결론

항공전자 체계 구조도의 발전추세는 미 국방 항공전자 개방 구조도 역사에서 알 수 있듯이 항공전자 연산 기능의 통합과 RF 체계의 공통 통합 센서 체계로의 변환을 추구한 통합 모듈러 구조도로 발전하고 있다. 이 같은 통합 모듈러 구조도 요구는 막대한 비용에 대한 감소로부터 시작되었으며 항공전자 구성품 중 주요 비용 비중을 차지하는 부분인 센서들 특히, RF 센서들의 합리적인 통합이 성공적인 통합 모듈러 구조도를 보장한다. F-22, F-35와 같은 전투기들의 사례를 통해 자료 및 신호처리 통합만을 추구하는 것은 진정한 통합 모듈러 구조도의 목표가 아님을 알 수 있다. 또한, 통합 모듈러 구조도는 각 서브시스템 계약업체들의 영역 구분이 없어지므로 아주 도전적인 대형 신규 개발 사업에만 적용이 가능하다. 핵심 구성품 국산화로 국내 독자 개발한 한국형 기동헬기 임무탑재장비는 정밀, 고가의 항공전자 장비를 항공기 플랫폼과 동시에 개발하여 장착하는 사업으로 국내 최초의 사례다. 금번 KUH를 통해 개발한 임무탑재장비는 순수 국내 기술로 개발하여 국내 기술로 공격형 등의 성능개량이 가능하다. 공격형 임무탑재장비 구조도는 완전한 통합 모듈러 구조도 형태보다 기동형 임무탑재 구조도를 기본으로 하여 공격형에서 요구되는 사항들을 식별하여 공격형 구조도로 발전시켜 나가는 것이 효율적인 방안이다. 향후 공격형 임무탑재장비 구조도 연구는 고속 자료 버스, 고해상도 그래픽 시현을 위한 비디오 버스, 기동형 임무컴퓨터의 집중화 문제로 인한 부하 로드를 감소시키기 위한 스마트 통제 시현장치 등의 구현 방안 연구 및 공격형에서 요구되는 무장 종류에 따른 무장 연동 인터페이스 연구 등이 수행될 것이다.

## References

[1] Ian Moir, Allan Seabridge, "Military Avionics



- Systems”, Wiley, pp. 47~97, 2006.
- [2] Ronald W. Brower, “The Avionics Handbook”, CRC Press, pp. 31-1~32-11, 2001
- [3] 정진평, 김갑동, 양승열, “Fiber Channel 표준과 최신 항공전자 아키텍처 적용 사례 연구”, 08년 추계 항공우주학회, 2008.
- [4] Reed Morgan, Ralph Lachenmaier, “Joint Advanced Strike Technology Program Avionics Architecture Definition”, 1994.
- [5] Reed Morgan, Ralph Lachenmaier, “Joint Advanced Strike Technology Program Avionics Architecture Definition Appendices”, 1994.