

技術論文

항공전자시스템컴퓨터 탑재소프트웨어 개발

김영일*, 김상환*, 임홍식*, 이성수*

Development of Operational Flight Program for
Avionic System Computer

Young-Il Kim*, Sang-Hwan Kim*, Heung-Sik Lim* and Sung-Soo Lee*

ABSTRACT

This paper presents the technique to develop an operational flight program(OFP) of avionic system computer(ASC) which integrates the avionics control, navigation and fire control and provides informations for flight, navigation and weapon aiming missions. For the development of the OFP of ASC, two i960KB chips are used as central processing units board and standard computer interface library(SCIL) which is built in house is used. The Irvine compiler corporation(ICC) integrated development environment(IDE) and the programming language Ada95 are used for the OFP development. We designed the OFP to a computer software configuration item(CSCI) which consists of to three parts for independency of software modules. The OFP has been verified through a series of flight tests. The relevant tests also have been rigorously conducted on the OFP such as software integrated test, and ground functional test.

초 록

본 논문은 항공전자시스템 통제와 항법 및 사격통제를 통합하고 비행, 항법 및 무장조준 임무를 위한 정보를 제공하는 항공전자시스템컴퓨터(ASC)의 탑재소프트웨어(OFP) 개발 기법을 제안한다. OFP 개발을 위해 중앙처리장치 보드로는 2개의 i960 칩이 사용되었고 자체 개발된 표준 컴퓨터 인터페이스 라이브러리(SCIL) 프로그램이 사용되었다. Irvine 컴파일러 회사의 개발환경과 Ada95 프로그래밍 언어가 OFP 개발에 사용되었다. OFP는 소프트웨어 모듈의 독립성을 위하여 3부분으로 구성된 1개의 컴퓨터소프트웨어형상품목으로 설계되었다. 일련의 비행시험을 통해 개발된 OFP를 검증하였으며, 소프트웨어 통합 시험과 지상기능시험 등 관련 시험 또한 수행하였다.

Key Words : avionic system computer(항공전자시스템컴퓨터), operational flight program(탑재소프트웨어), head up display(전방상향시현기), multi function display(다기능시현기), weapon aiming algorithm(무장조준알고리즘)

I. 서 론

군용 항공기는 한두 명의 조종사가 탑승하여 항공기를 조종하면서 임무를 수행하여야 하기 때문에 임무부하(Workload)가 과다한 특징이 있다. 이러한 군용항공기의 항공전자시스템은 조종사

† 2005년 2월 21일 접수 ~ 2005년 7월 5일 심사완료

* 정회원, 국방과학연구소
연락처, E-mail : youngil@add.re.kr
대전시 유성우체국 사서함 35호

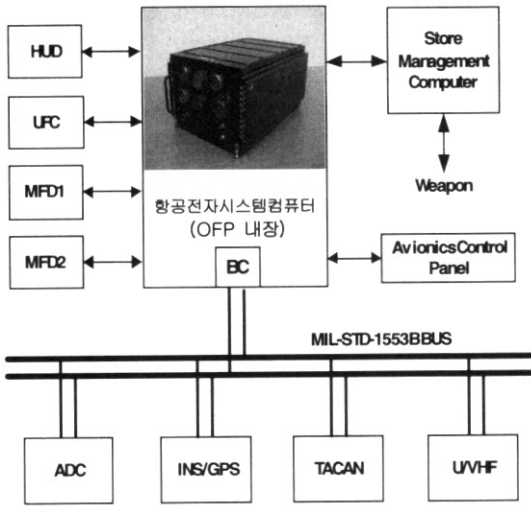


그림 1. 군용 항공전자시스템 개략구성도

의 임무부하를 최소화하여 효율적으로 시스템을 운용할 수 있도록 각종 센서의 정보를 융합하여 통합 정보전시 및 제어능력을 제공함으로써 항공기의 임무성공률을 높이는데 기여하고 있다. 따라서 조종사가 계기판으로 시선을 옮기지 않고 전방을 주시하면서 임무를 수행할 수 있도록 전방시야에 증첩하여 각종 주요정보를 문자, 숫자 및 그래픽 심벌 형태로 통합 전시하는 전방상향시현기(Head Up Display, HUD)가 요구되며, 각종 보조정보를 페이지 단위로 입력 및 전시가 가능한 다기능시현기(Multi Function Display, MFD)가 요구된다[1].

군용 항공전자시스템은 INS/GPS/ADC(Inertial Navigation System/Global Positioning System/Air Data Computer)와 같은 센서장비와 HUD, UFC(Up Front Controller), MFD와 같은 운영자(man-machine) 인터페이스 장비 그리고 TACAN(Tactical Air Navigation), 통신장비, 무장관리컴퓨터(Store Management Computer)[2]와 같은 임무장비와 이들 장비를 통합 및 제어하는 항공전자시스템컴퓨터(Avionic System Computer, ASC)로 구성된다. 일반적인 군용 항공전자시스템의 간략화 된 구성도는 그림 1과 같다.

본 논문에서는 4개의 80960 프로세서 모듈(2 SBC(Single Board Computer)와 2 GP(Graphic Processor))을 포함한 10개의 전자회로 모듈로 구성된 ASC[3]에 탑재되어 항공전자시스템의 중앙통제와 항법 및 무장조준 알고리즘 연산을 수행하며 처리된 각종 정보를 그래픽 심벌 형태로 HUD와 MFD에 제공하는 ASC OPF(이하 OPF로

표기) 개발기술에 관하여 기술한다. OPF는 항공기에 탑재되어 운용되는 소프트웨어로 항공기의 안전 및 임무 수행과 밀접한 관련이 있어 고신뢰성과 강건성(robustness)이 요구되므로 군용 소프트웨어개발 표준절차인 MIL-STD-498[4]를 근거로 한 개발절차를 따랐으며 프로그래밍 언어도 군용 표준 언어인 Ada95를 사용하였다. OPF는 구조 지향적 기법을 기반으로 부분적으로 객체 지향적 기법을 적용하여 개발하였으며 소프트웨어 모듈간의 독립성을 위해 모든 프로그램을 패키징화하였다. 2장에서는 소프트웨어 요구사항 분석 단계에서 도출된 OPF 요구사항과 설계 단계에서 수행된 기본/상세 설계 내용을 기술하고, 소프트웨어 구현 및 유닛시험 단계에서 수행된 프로그램 코딩 및 유닛시험에 대해서는 일반적인 내용을 간단히 언급한다. 그리고 OPF 통합시험 단계에서 필요한 항공전자시스템 개발환경 구성과 그 개발환경에서 수행한 OPF 통합시험 진행과정과 결과를 기술한다. 3장에서는 통합시험이 완료된 OPF를 항공기에 탑재하여 항공전자시스템 차원에서 수행된 지상 및 비행 시험평가 내용과 결과를 보이고 4장에서는 본 논문의 연구결과를 요약한다.

II. OPF 개발

2.1 OPF 요구사항

OPF는 항공전자시스템 운용과 관련하여 EJ(Emergency Jettison), SJ(Selective Jettison), AG(Air to Ground), NAV(Navigation), IBIT(Initiated Built-In-Test), MAINT(Maintenance) 7개 운용모드(mode)가 요구된다.

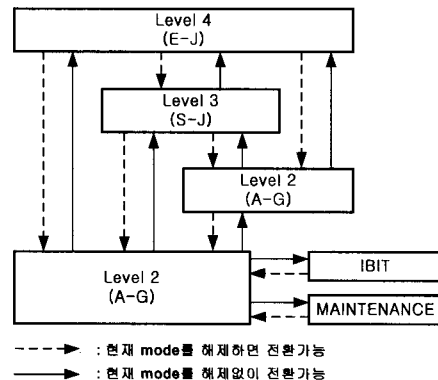


그림 2. 시스템모드 우선순위

각 운용 모드는 상호 배타적이며 운용모드의 우선순위와 모드 간 전환은 그림 2와 같다.

시스템 모드에 따라서 HUD 전시 페이지(page)는 표 1과 같이 자동적으로 변경되어야 하며 MFD 전시 페이지는 조종사 선택에 따라서 변경되어야 한다.

HUD 운용 페이지에는 아래와 같은 요구사항이 도출되었다. INS 정렬(align)을 위한 ALIGN 페이지, 항법을 위한 정보를 전시하는 NAV 페이지, 공대지 로켓 공격정보 전시를 위한 AG 페이지, HUD 전시기능점검을 위한 IBIT 페이지와 각 계통의 고장내용 확인을 위한 FAULT LIST 페이지가 요구된다.

MFD 운용 페이지는 HSD(Horizontal Situation Display), HSI(Horizontal Situation Indicator), HUD, IDX(Index), VSD(Vertical Situation Display), STORE, STATUS, UTG(UTM(Universal Transverse Mercator) To Geography), IBIT, FAULT, BORE 페이지가 요구된다.

표 1. 시스템 모드에 따른 HUD 포맷

시스템 모드	HUD 운용 페이지
E-J	NAV 혹은 ALIGN (INS 모드에 따라)
S-J	NAV 혹은 ALIGN
A-G	ROCKET
NAV	NAV 혹은 ALIGN
IBIT	HUD IBIT 혹은 No Display
MAINT	FAULT LIST 혹은 No Display

2.2 OFF 개발환경

OFF의 개발환경은 그림 3과 같이 ASC, HUD, UFC, 2 MFDs, TACAN, WCS(Weapon Control

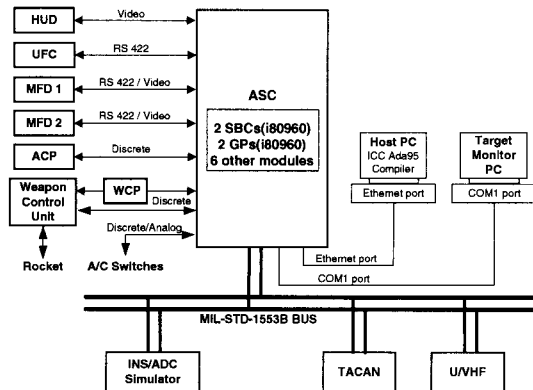


그림 3. ASC OFF 개발환경

System)[5], U/VHF 통신장비와 같은 실물장비, ACP(Avionics Control Panel), WCP(Weapon Control Panel)와 같은 각종 항공기 스위치 작동을 시뮬레이션 하는 항공기 스위치 패널, 그리고 INS/ADC의 동적 시뮬레이션을 수행하는 INS/ADC 시뮬레이터로 구성된 Avionics System Development Rig(ASDR)와 ICC Ada95 Compiler를 내장하고 있으며 Ethernet을 통하여 ASC를 원격 통제하는 Host PC, ASC의 COM1 Port를 통하여 Target 모니터 역할을 수행하는 Target 모니터 PC로 구성된다.

2.3 OFF 설계, 구현 및 유닛시험

2.3.1 기본 설계

OFF 형상품목(CSCI)은 그림 4와 같이 Fire Control(FC), MFD, HUD 운용기능을 수행하는 3개의 Top Level Software Unit(TLSU)로 구성되며 FC TLSU는 ASC의 SBC-1에 탑재되어 실행되며 MFD TLSU와 HUD TLSU는 SBC-2에서 실행된다.

SBC-1 실행기능에 의하여 수행되는 FC TLSU는 MIL-STD-1553B 버스, RS 422, discrete, 아날로그 인터페이스를 통하여 ASC 외부의 장비들과 필요한 데이터를 주고, 받아 처리하는 기능과 항법계산, 로켓탄도계산을 수행하여 MFD, HUD 운용에 필요한 정보로 생성 가공된 데이터를 공통메모리(global memory)를 통하여 MFD TLSU와 HUD TLSU에 제공하는 기능을 담당한다. 또

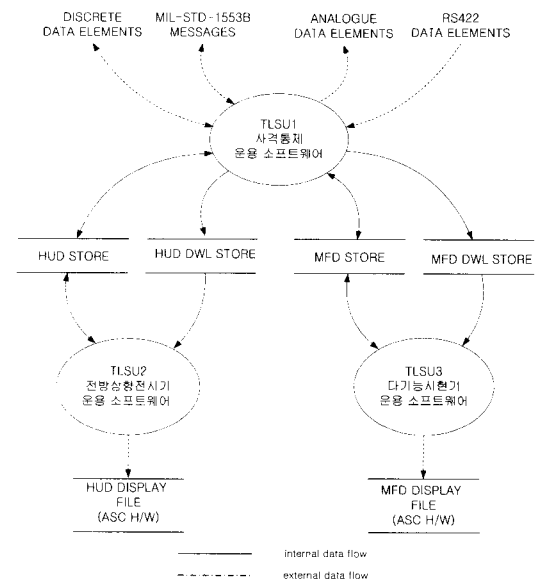


그림 4. ASC OFF 상위수준 구조

한 FC TLSU는 SBC-1 자체점검(Built In Test,BIT) 기능을 수행한다.

SBC-2 실행기능에 의하여 수행되는 MFD TLSU와 HUD TLSU는 시스템 모드와 조종사 선택에 따라서 적절한 MFD 페이지와 HUD 페이지 전시용 그래픽 파일을 생성하여 GP1과 GP2에 제공하는 기능과 SBC-2 자체점검 기능을 수행하여 SBC-1에 제공하는 역할을 담당한다.

2.3.2 상세 설계, 구현 및 유닛시험

다음과 같은 내용을 설계하고 Ada95언어를 사용하여 코딩지침서에 따라 프로그램을 코딩하고 프로시저(procedure)로 구현된 각 소프트웨어 유닛에 대한 시험을 수행하였다.

2.3.2.1 실행기능(Executive Function)

실행기능은 프로세서, Input/Output 보드 및 태스크 등을 초기화하여 OFP의 수행을 위한 기초를 마련한다. FC TLSU는 50Hz timer에 의한 실시간 인터럽트(interrupt)로 호출되어서 ASC 하드웨어로 입력된 신호를 분석하여 Minor Frame(20msec) 동안에 수행할 기능을 결정하고 MFD/HUD TLSUs에 제공할 데이터를 준비한다. 데이터가 준비되면 FC TLSU는 First-In First-Out(FIFO)를 이용하여 MFD/HUD TLSUs를 호출한다. 호출된 MFD/HUD TLSUs는 공통 메모리에 존재하는 데이터를 이용하여 심벌 생성을 시작한다.

각 TLSU는 매 주기마다 수행을 끝내고 남은 시간동안 자체 점검을 수행한다. FC TLSU는 SBC1을 비롯한 관련 보드들의 점검을 실시한다. 마찬가지로 MFD/HUD TLSUs도 SBC2와 관련 보드에 대한 점검을 실시한다. MFD/HUD TLSUs는 점검 결과를 매 주기마다 FC TLSU에 공통 메모리를 통해 제공한다. FC TLSU는 점검 결과를 종합하여 운영자에게 제공한다.

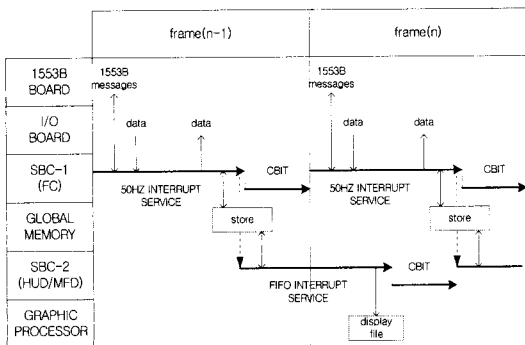


그림 5. ASC OFF System Control 개념

2.3.2.2 사격통제(FC) 설계

FC TLSU는 4개의 계층(layer)으로 구성되어 있다.

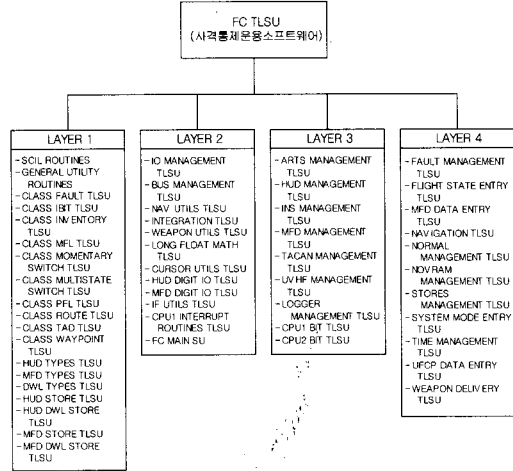


그림 6. 사격통제(FC) TLSU 계층 구조

2.3.2.2.1 FC 계층-1 TLSUs

계층-1에 포함된 TLSUs는 MFD 및 HUD TLSUs와 공유되는 프로그램으로 ASC 하드웨어를 관리하고, 객체 형식(objects type)을 정의한다. 그리고 공유 데이터 패키지(global data storage)와 유틸리티 루틴(utility routines)을 제공한다.

2.3.2.2.2 FC 계층-2 TLSUs

계층-2에 포함된 TLSUs는 FC TLSUs의 계층-3,4에서 필요로 하는 데이터를 외부 인터페이스를 통해 입력하여 제공하고, 또한 처리된 데이터를 외부 인터페이스를 통해 출력한다. 그리고 ASC 하드웨어와 FC TLSU를 초기화하고 타이머 인터럽트(timer interrupt)를 이용하여 필요한 기능을 수행한다. 그리고 FC TLSU에서 필요로 하는 유틸리티 루틴(utility routines)을 제공한다.

2.3.2.2.3 FC 계층-3 TLSUs

계층-3에 포함된 TLSUs는 항공전자시스템 구성장비(HUD, INS, MFD, TACAN, U/VHF, ARTS, Data Logger)들을 관리 통제하는 기능을 제공한다.

2.3.2.2.4 FC 계층-4 TLSUs

계층-4에 포함된 TLSUs는 ASC 소프트웨어 요구사항명세서에 기술된 아래와 같은 항공전자시스템 기능을 제공한다.

1) SYSTEM MODE ENTRY

항공전자시스템 모드와 전원 스위치 상태(states) 사이의 관계는 다음 표 2와 같다. IBIT, MAINT 모드는 지상에서만 수행되며 비행 중에는 수행되지 않는다.

표 2. 시스템 모드와 ASC OFF 상태

SW상태	시스템 모드	기능/능력
OFF	없음	없음
Power-Up	없음	- Power-up BIT - ASC 초기화 - 데이터 초기화
	항법(navigation)	- 항법정보 생성
	공대지(air-to-ground)	- 항법정보 생성 - 로켓 탄착점 정보 생성
	선택투하(selective-jettison)	- 항법정보 생성 - 외부 탑재물 목록 갱신
	비상투하(emergency-jettison)	- 항법정보 생성 - 외부 탑재물 목록 갱신
	유지관리(maintenance)	- 시스템 유지 관리 지원
Active	자체점검(initiated built-in test)	- Initiated BIT
	없음	없음

2) FLIGHT STATE ENTRY

비행 상태에는 지상(ground), 이륙(take-off), 순항(cruise) 그리고 착륙(landing)으로 구분하며 비행 상태에 따라 요구되는 기능/능력을 제공한다.

항공기가 완전히 착륙하지 않고 다시 이륙(touch-and-go)하는 경우를 제외하고 정상적으로 이륙할 때는 마지막 임무 비행동안에 경험한 최대 수직 가속도(maximum normal acceleration)를 초기화한다. 그리고 착륙할 때는 착륙에 도움이 되는 추가 정보를 HUD에 전시한다. 지상에서는 무장발사, 외부 탑재물 투하 등이 금지되고 INS 정렬이 가능하다.

3) MFD DATA ENTRY

MFD는 항법지원, 정비유지, 자체점검 기능과 관련된 각종 정보를 전시한다. 전/후방 조종실에 각각 1개씩 탑재되는 MFD 운용은 다음과 같은 경우를 제외하고는 서로 독립적이다.

- 시스템 모드를 결정하는 경우
- 동시에 시스템 관련 데이터베이스(database)를 변경하는 경우
- 후방 조종실 MFD에서만 운용되는 기능

4) UFC DATA ENTRY

UFC를 사용하여 시스템 모드, 헤딩(heading)/항공기속도 정보 종류, HUD 페이지의 전시등급(format level) 선택과 시스템 관련 데이터를 입력하는 능력을 제공한다. 전/후방 조종실에 각각 1개씩 장착된 UFC의 기능 선택 및 데이터 입력은 전/후방 조종실 어디서나 가능하나, FC TLSU는 하나의 UFC만 존재하는 것 같이 입력된 정보를 처리한다.

5) NORMAL ACCELERATION 관리

각 서브시스템에서 입력된 수직 가속도 데이터를 내부 루틴에서 사용할 수 있도록 처리하고, 각 서브시스템에 제공할 데이터를 준비한다. 또한 자체점검 모드에서 선택된 서브시스템이 자체점검을 수행하도록 명령을 제공하고 입력된 결과를 전시한다.

6) NOVRAM 관리

항공전자시스템을 통제하기 위해 전원이 제거(off) 되어도 내용 유지가 필요한 데이터를 NOVRAM을 활용하여 관리한다. NOVRAM 메모리 할당, NOVRAM 상태 점검, 데이터 읽기/쓰기, 데이터 유효성 점검 등의 관리 기능을 제공한다. NOVRAM에서 관리되는 데이터는 UVHF control data, waypoint table, route table, fault list, TAD frequency table, HUD/INS boresight data, stores inventory table 등이 있다.

7) STORE 관리

외부 탑재물 형상(stores configuration)을 관리하는 능력을 제공한다. 외부 탑재물은 LAU-131/rocket과 외부연료탱크이며, 관리정보는 로켓무장선택, 스테이션(station) 선택, 로켓발사 혹은 선택투하 준비상태, 발사모드(단발 혹은 연발), 스테이션별로 탑재된 탑재물 종류와 수량 등이다.

8) FAULT 관리

항공전자시스템컴퓨터의 고장정보뿐만 아니라 항공전자시스템컴퓨터로 전달되는 각 구성장비의 고장정보를 수집하고 필터링(filtering)하여 결과를 고장정보 리스트(fault list)에 저장한다. 고장정보 리스트는 Maintenance Fault List(MFL)와 Pilot's Fault List(PFL)가 있다. MFL은 정비유지 목적을 위해 현재까지 발생한 모든 고장정보를 보관하며 MFD의 FAULT 페이지에 전시된다. PFL는 현재 발생중인 고장정보만을 보관하며 MFD의 STATUS 페이지에 전시된다.

9) TIME 관리

시간 종류는 현재시각(current time)과 경과시간(elapsed time)이 있다. 시간은 24-hour clock 방식의 시, 분, 초로 관리된다. 운영자에게 시간을 알려주기 위한 현재시각은 GPS에서 수신된 시간정보를 사용하여 제공한다. 경과시간은 고장발생 시점을 알려주기 위해 사용된다.

10) NAVIGATION 계산

목적지까지 비행하는데 필요한 비행정보를 계산하여 제공한다. 비행정보는 목적지까지의 거리(distance-to-destination), 상대방위(relative bearing-to-destination), 도달시간(time-to- destination) 그리고 목적지의 HUD 상의 위치 등이다.

11) WEAPON DELIVERY 계산

공대지 모드에서 로켓을 사용하여 지상표적을 공격 혹은 표시(marking) 하기 위해 연속적으로 계산된 탄착점(Continuously Computed Impact Point, CCIP) 정보를 계산하여 제공한다. 로켓 CCIP 정보는 탄착점 위치와 표적까지의 거리(range-to-target) 등으로 구성된다. CCIP 알고리즘 처리과정은 그림 7과 같다.

2.3.2.3 다기능시현기(MFD) 설계

MFD TLSU는 3개의 계층(계층-2,3,4)으로 구성되어 있으며, FC 계층-1 TLSU를 공유 사용한다.

2.3.2.3.1 MFD 계층-2 TLSUs

계층-2에 포함된 TLSUs는 SBC-2와 GP1, GP2 하드웨어와 MFD/HUD TLSUs를 초기화하고 타이머 인터럽트(timer interrupt)를 이용하여 필요한 기능을 수행한다. 그리고 공통메모리로부터 MFD TLSU에서 필요로 하는 데이터를 읽어오는 기능을 제공한다.

2.3.2.3.2 MFD 계층-3 TLSUs

계층-3에 포함된 TLSUs는 MFD TLSU에서 필

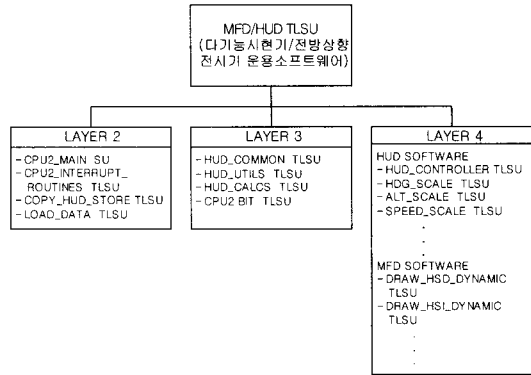


그림 8. MFD/HUD TLSU 계층 구조

요로 하는 MFD 유틸리티 루틴을 제공한다.

2.3.2.3.3 MFD 계층-4 TLSUs

1) HSD 페이지 처리

기본 range scale(15, 30, 60nm 3단계) 상에서 각종 전술정보를 전시한다. 전술정보는 TACAN 정보, 바람정보, 비무장지대(DMZ)를 비롯한 구역, 자북 방향을 제공한다. 또한 입력된 목적지에 의한 항법경로(route), OP(Orbit Point), CP(Contact Point), 사격장, 활주로, 전술정보에 대한 이름이 선택적으로 전시된다.

2) HSI 페이지 처리

두 개의 항법 소스(TACAN, INS)에 따라 항공기를 기준으로 수평방향에 대한 헤딩, TACAN 기지국 또는 목적지 위치까지의 거리, 방향, 헤딩버그, reference course, deviation, to-from 등에 대한 정보를 전시한다.

3) HUD 페이지 처리

HUD 카메라를 통해 제공되는 HUD 정보와 배경화면이 중첩된 영상을 후방식 MFD에 전시한다.

4) IDX 페이지 처리

메뉴 페이지로서 'VSD', 'STORE', 'STATUS', 'ADI', 'UTG' 페이지 전환기능을 제공하며, 정비용으로 사용되는 'IBIT', 'MAINT' 페이지는 지상에서만 전환기능이 제공된다.

5) VSD 페이지 처리

Flight Path Marker(FPM)를 기준으로 항공기의 피치(pitch), 뱅크(bank), 고도, 속도 및 헤딩 정보를 전시한다.

6) ADI 페이지 처리

항공기의 피치, 뱅크, 고도, 속도, 헤딩 정보를 전시한다.

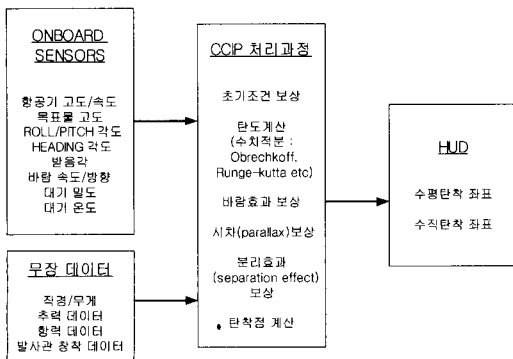


그림 7. CCIP 알고리즘 처리 과정

7) STORE 페이지 처리

각 스테이션(4개)에 각종 무장 종류, 양을 입력하는 기능을 제공한다. STORE 페이지는 A/G, S/J 모드를 선택한 조종석에서만 자동적으로 선택되며, E/J 모드에서는 전후방석이 모두 자동적으로 선택된다. 그 이외의 경우는 선택에 의하여 전시된다.

8) STATUS 페이지 처리

항공전자시스템의 고장 유무를 알려주는 기능을 제공한다. 항공전자시스템 중 고장이 발생되면 자동적으로 선택되며, 그 이외에는 선택에 의하여 전시된다.

9) UTG 페이지 처리

MGRS 좌표계를 Geographic 좌표계로 변환하거나 또는 반대로 변환하는 기능을 제공한다.

10) IBIT 페이지 처리

'HUD', 'ARTS', 'INS', 'COM1', 'COM2'에 대한 IBIT 수행기능을 제공하며 그 결과를 전시한다.

11) MAINT 페이지 처리

정비 관련 페이지인 'FAULT LIST', 'BORE SIGHT'를 선택 소프트웨어를 전시하며, 최대 G 값을 전시한다.

12) FAULT 페이지 처리

ASC를 포함하여 ASC와 연동되는 장비의 여러 상태(발생시각, 코드, 횟수)를 발생 순서에 따라 전시한다.

13) BORE 페이지 처리

'HUD' 및 'INU' 정렬 오차 보상 입력기능을 제공한다.

2.3.2.4 전방상향시현기(HUD) 설계

HUD TLSU는 3개의 계층(계층-2,3,4)으로 구성되어 있으며, FC 계층-1 TLSU를 공유 사용한다.

2.3.2.4.1 HUD 계층-2 TLSU

계층-2에 포함된 TLSU는 공통메모리로부터 HUD TLSU에서 필요로 하는 데이터를 읽어오는 기능을 제공한다.

2.3.2.4.2 HUD 계층-3 TLSUs

계층-3에 포함된 TLSUs는 HUD TLSU에서 필요로 하는 HUD 유틸리티 루틴을 제공한다.

2.3.2.4.3 HUD 계층-4 TLSUs

1) ALIGN 페이지 처리

ALIGN 페이지에서는 INS 정렬을 위한 데이터 입력과 정렬상태가 전시되어야 한다.

2) NAV 페이지 처리

NAV 모드에서 항공기 자세, 속도, 고도,

Normal G 가속도, 승강속도, 받음각(Angle Of Attack, AOA), 비행경로와 같은 비행정보와 항공기 헤딩, 경로편차(coarse deviation), 목표지점, 목표지점에 대한 항공기의 상대방위, 목표지점까지의 거리, 목표지점 도달 소요시간, 목표지점 도착 예측시간 등과 같은 항법정보 그리고 설정기압, 대기온도, Over-G 경고, 주 경고(master warning), 통신장비 선택 채널정보를 심벌, 문자, 숫자형태로 전시한다. 조종사의 HUD 페이지 전시등급 선택에 따라서 그룹화(grouping) 된 정보와 심벌 패키지가 기본 전시(default format)에서 추가되기도 하고 혹은 삭제되기도 한다.

3) AG 페이지 처리

AG 모드에서 로켓 조준심벌(aiming reticle), 유효 사거리 정보, 목표물까지의 직선거리, 로켓 발사준비상태, 발사심벌 등과 같은 AG 모드 고유정보가 NAV 페이지 처리정보에 추가하여 전시한다.

4) LDG 페이지 처리

LDG 모드에서 착륙시 최적 받음각 정보를 제공하는 받음각 브라켓(AOA bracket)과 경사계(Bank scale) 심벌을 NAV 페이지 처리정보에 추가하여 전시한다.

5) IBIT 페이지 처리

IBIT 모드에서 HUD IBIT이 선택되면 HUD 전시기능점검을 위한 IBIT 고유의 심벌, 문자, 숫자 정보를 전시한다.

6) FAULT LIST 페이지 처리

MAINT 모드에서 FAULT LIST가 선택되면 아래의 각 계층에 대한 고장내역을 제공한다.

- ASC, INS/GPS, U/VHF-1, U/VHF-2, TACAN, ARTS, MFD-1, MFD-2

7) UFC 데이터 입력라인 처리

UFC 데이터 입력(Data Entry)이 요구되면 모든 페이지 처리정보에 추가하여 요구되는 데이터 입력 기능을 제공한다. 이때 데이터 입력에 장애가 되는 일부 고정 윈도우(Window) 정보는 자동으로 제거(Declutter) 된다. UFC 데이터 입력 종류는 아래와 같다.

- way-point 입력, mark-point 생성
- 루트(route) 생성, 목적지의 변경
- 시간 및 해발기압, 헤딩 입력
- TAD 주파수 입력 및 통신장비 제어
- 표적 해발고도, 입력
- INS 정렬을 위한 항공기 위치 입력
- 항공기 위치 데이터 전시

2.4 OFP 통합시험

시험이 완료된 소프트웨어 유닛을 컴포넌트로 통합시키고 컴포넌트 시험을 진행한다. 상향식 방법을 사용하여 OFP를 완전히 통합한다. 이러한 OFP 통합시험은 소프트웨어 요구사항 명세서 [6]에 기술된 요구사항을 OFP가 만족시키는지 확인하는 시험이다. OFP 통합시험은 실험실에 위치한 그림 9와 같은 ASDR 상에서 아래와 같이 진행되었다.

- 1) OFP 요구사항명세서의 각 컴포넌트에 대해 시험 준비 절차, 시험 실행 절차 및 시험 결과 분석 절차를 포함하는 OFP 시험명세서[7]를 작성하였다.
- 2) OFP 시험명세서에 따라 시험을 수행하고 시험 결과를 검토하여 소프트웨어 컴포넌트들이 세부 요구사항을 만족하는지 검증하고 그 결과를 OFP 시험보고서[8]에 기록하였다.
- 3) 시험에서 발견된 결함을 해결하고 결과 및 수정 조치사항을 기록하였다. 필요시 소급시험을 포함한 재시험을 수행 하였다.

그림 10은 ASDR 상에서 통합시험 중인 HUD MFD에 대한 영상 사진이다.



그림 9. 항공전자시스템 개발리그(ASDR)

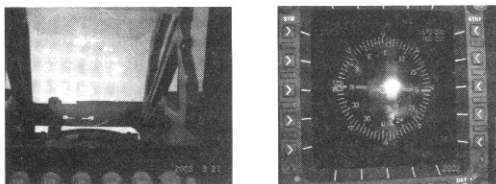


그림 10. 통합시험 중인 HUD와 MFD

III. OFP 검증시험

3.1 지상 기능시험

실험실 ASDR 상에서 통합시험이 완료된 OFP

를 항공기에 탑재하여 지상에서 항공전자시스템 통합차원의 기능검증을 수행하였다. 지상에서의 기능점검 항목은 특성상 OFP 통합시험에서 수행된 시험항목 중에서 동적(dynamic)인 항목을 제외한 정적(static)인 항목으로 구성되며, 주로 항공전자시스템 구성 장비와의 연동기능과 운영자 인터페이스 기능을 확인하는데 목적이 있다. 이러한 시험 항목에 대한 평가 기준, 시험 준비 절차 및 시험 시행 절차를 포함하는 지상기능시험 절차서[9]를 작성하였고, 절차에 따라 시험을 수행하였다.

INS 정렬 기능, 통신 장비 주파수 선택 기능, MFD DATA ENTRY 기능, UFC DATA ENTRY 기능 등 수행된 지상기능시험 결과 항공전자시스템 통합기능과 운영자 기능 요구사항을 모두 충족하는 것을 확인하였다.

3.2 비행 성능시험

OFP의 성능을 평가하기 위하여 항법 및 주요 비행 정보를 전시하는 HUD와 MFD의 임무적합성 평가시험과 CCIP 로켓발사 정확도 시험을 수행하였다.

3.2.1 HUD/MFD 임무적합성 비행시험

시험평가에 참가하는 시험비행 조종사 그룹이 비행을 하면서 HUD와 MFD에 시현되는 항법 및 비행 정보에 대해 평가 항목에 따라 등급(rating)을 결정하여 임무적합성을 평가한다. 평가 항목은 정보의 판독성, 정보의 실시간성, 조종사 피로도, 이상 자세 회복을 위한 정보 인식도 등으로 구성된다. 그리고 평가 등급은 매우 양호(very good), 양호(good), 보통(neutral), 불량(poor), 매우 불량(very poor) 등 5단계로 구분되며, 보통(neutral) 이상의 평가를 받아야 한다. 임무적합성 평가 결과 양호(good) 이상의 등급을 획득하여 항공기의 임무를 수행하기에 적합하다는 판정을 받았다.

3.2.2 로켓 CCIP 발사정확도 확인 비행시험

CCIP 로켓발사 정확도 시험은 시험평가 매트릭스(matrix)에 따라 진행되었다. 시험평가 매트릭스는 항공기 고도, 속도 및 강하각, 로켓의 모터와 탄두, 그리고 항공기 형상, 탄 조합, 로켓 탄수 등 모든 운용 가능한 조건들로 구성된다. 기술시험과 운용시험을 통해 200발 이상을 발사하여 시험결과를 분석한 결과 발사정확도가 CEP(Circular Error Probability)로 정의된 요구치 이내임을 확인하였다. 정확도 분석을 위해 발사할 때 마다 녹화된 HUD 영상자료를 이용하여

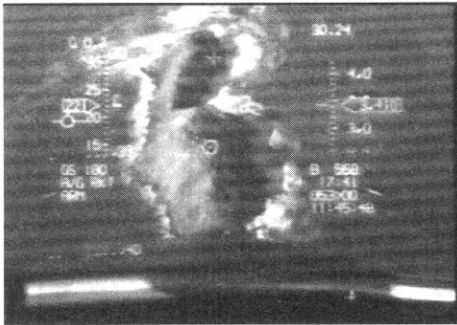


그림 11. CCIP 발사정확도 비행시험 화면

항공기 고도, 속도, 강하각과 조종사의 조준점 데이터를 획득하고, 탄착점 측정 카메라를 이용하여 실제 탄착점 데이터를 획득하였다. 이렇게 획득된 자료를 이용하여 항공기 진행 방향을 기준으로 종축과 횡축 오차의 표준편차를 계산하고 이를 다시 CEP로 환산하여 발사 정확도를 계산하였다[10].

그림 11은 OFP 성능검증을 위한 비행시험 중에 HUD 정면에 위치한 카메라를 통하여 녹화한 CCIP 로켓발사 정확도 비행시험 화면이다. HUD를 통해 제공된 각종 정보가 그래픽 형태로 항공기 전방의 외부시계에 중첩되어 전시됨을 보여주고 있다

IV. 결 론

군용항공기 개발의 핵심 분야인 디지털항공전자시스템을 통합하는 기술인 OFP를 MIL-STD-498 절차에 따라서 개발하였고, 개발된 OFP를 항공기 플랫폼(platform)에 적용하여 지상기능시험 및 비행성능시험을 수행함으로써 그 기능과 성능 및 안정성이 시스템 요구사항을 모두 충족하는

것을 검증하였다. 현재 개발 완료된 OFP는 규격화를 통하여 군용항공기에 탑재하는 양산준비 과정 중에 있다.

이를 통하여 첨단 항공기의 자체 개발을 위해 필수적으로 확보해야 할 핵심기술인 항공전자시스템 OFP 개발기술을 확보하는 성과를 이루었다.

참고문헌

- 1) 이성수, 이희정, “항공기용 무장/항법 제어 연구”, 제 5회 항공기 개발 심포지엄, 1997. 11.
- 2) 이상철 외 2인, “무장관리컴퓨터 탑재 소프트웨어 개발”, 한국항공우주학회지, 제31권 제5호, 2002. pp. 124-133.
- 3) 이재억 외 6인, “다중 RISC 프로세서를 이용한 항공전자시스템컴퓨터 병렬처리기법 연구”, 한국항공우주학회지, 제30권, 제7호, 2002, pp. 144-149.
- 4) MIL-STD-498 Software Development and Documentation, 1994.
- 5) 박덕배 외 3인, “저속통제기용 무장제어장치 및 무장제어패널 개발” 제8회 항공기 개발 심포지엄, 2002. 5.
- 6) 김영일, 김상환, 임홍식, “저속통제기 항공전자시스템컴퓨터 소프트웨어 요구사항명세서”, 2000. 12.
- 7) 김영일, 김상환, 임홍식, “저속통제기 항공전자시스템컴퓨터 소프트웨어 시험명세서”, 2001. 3.
- 8) 김영일, 김상환, 임홍식, “저속통제기 항공전자시스템컴퓨터 소프트웨어 시험보고서”, 2001. 8.
- 9) 김영일, 김상환, 임홍식, “저속통제기 시험계통 지상시험절차서/보고서”, 2001. 11.
- 10) 김영일, “CCIP 모드 로켓발사 정확도 확인 기술시험 평가결과 보고서”, 2002. 11.