

저궤도위성 탑재소프트웨어 개발

강수연*, 이재승**, 최종욱**, 이종인**

*한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단

**한국항공우주연구원 위성전자그룹

e-mail:sykang@kari.re.kr

Flight Software Design and Development for Low Earth Orbit Satellite

Soo-Yeon Kang*,

Jae-Seung Lee**, Jong-Wook Choi**, Jong-In Lee**

*COMS Program Office, Korea Aerospace Research Institute

**Satellite Electronics Dept., Korea Aerospace Research Institute

요 약

저궤도 위성인 다목적실용위성 2호의 컴퓨터 시스템은 3개 프로세서로 구성된 분산처리 구조이며 프로세서와 프로세서, 프로세서와 주변 장치들과의 통신은 MIL-STD-1553B 버스를 통해 이루어진다. 이들 3개 프로세서들 상에서 실행되는 탑재소프트웨어는 위성의 하드웨어 및 주변 입출력 장치들을 제어 및 관리한다. 그리고 위성의 결함을 관리하는 기능과 비상시에는 지상과의 연결 없이 위성을 자동제어 하는 기능들 또한 탑재소프트웨어에 구현되어져 있다. 본 논문에서는 저궤도 위성인 다목적실용위성-2호의 임무를 수행하기 위한 탑재소프트웨어의 구성 및 기능, 개발과정과 개발환경을 소개한다.

1. 서론

2005년 12월 발사에정인 다목적실용위성 2호는 주 탑재체로 1m급 영상을 획득할 수 있는 광학카메라를 탑재하여 한반도 영상을 찍어 지상으로 전송하는 임무를 가지고 있다. 이미 1999년 12월에 발사한 다목적실용위성 1호는 6m급 영상획득을 목적으로 3년 임무를 마친 상태이며 현재도 계속적으로 운영되고 있다.

위성의 임무 수행을 위해 설계된 위성 본체에 탑재되는 컴퓨터를 탑재컴퓨터라 하며 세 개의 탑재컴퓨터들로 이루어진 분산구조로 설계되었다. 각각의 컴퓨터는 기능에 따라 On-Board Computer(OBC), Remote Drive Unit(RDU), Electrical power subsystem Control Unit(ECU)로 나뉘어진다. 서로 다른 기능을 가진 3개 컴퓨터들은 MIL-STD-1553B 데이터 버스로 연결되어 상호 통신을 수행한다.

탑재소프트웨어는 탑재컴퓨터 상에서 수행되는 소프트웨어들을 지칭한다. 탑재소프트웨어는 크게 시

스템소프트웨어와 응용소프트웨어로 나누어 질 수 있다. 시스템소프트웨어는 실시간 운영체제와 Executive로 구성된 부분이며 응용소프트웨어는 해당 컴퓨터 본연의 기능을 수행하는 부분이라고 할 수 있다. 따라서 탑재소프트웨어의 응용소프트웨어는 해당 컴퓨터의 기능에 따라 설계 및 구현되어진다.

다목적실용위성 2호 탑재컴퓨터들의 기능을 설명하면 다음과 같다. OBC는 지상으로부터의 명령을 받아 명령들을 해당 컴퓨터로 분배하고 위성체 센서들로부터의 데이터와 위성체 상태 데이터를 수집하여 저장 및 지상으로 송신하는 역할을 담당한다. RDU는 자세제어 센서들로부터 정보를 받아들이고 위성체 자세 및 궤도에 대한 제어를 담당한다. 그리고 ECU는 전력발생 및 분배와 위성체에 대한 열 제어를 관리한다.

각각의 컴퓨터는 80386 CPU, EDAC-protected SRAM, EEPROM, 1553B I/O 인터페이스 및 각종

해당 센서들의 I/O로 구성되어있으며 주 프로세서와 잉여 프로세서로 이중화 되어있다. 그림 1.은 탑재 컴퓨터 시스템 구조를 보여주고 있다.

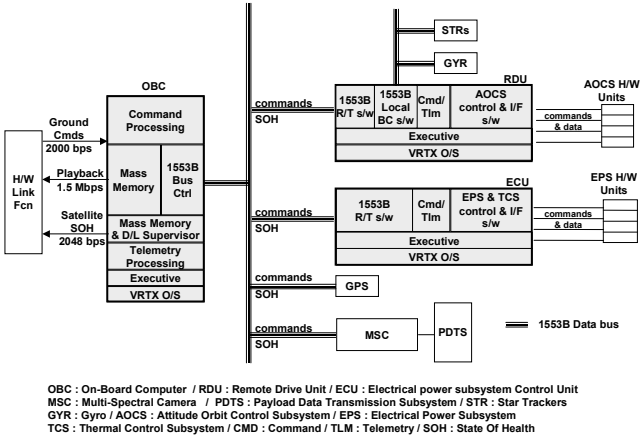


그림 1. 다목적실용위성 2호 컴퓨터 시스템 구조

2. 탑재소프트웨어 구성

다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어는 그림 2.와 같이 수행되는 탑재컴퓨터에 따라 크게 3개 CSCI (Computer Software Configuration Item)으로 구성 된다.

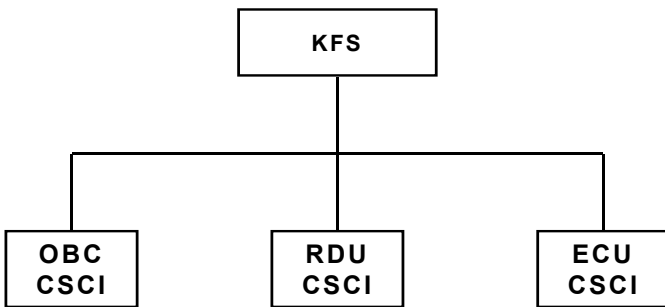


그림 2. 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어 구성

각 CSCI는 실시간 다중처리 (Real-Time Multi-Tasking) 수행환경을 제공하는 VRTX 라이브러리와 탑재컴퓨터 기능을 수행하는 응용프로그램으로 구성되어진다. 다음은 각각의 CSCI의 기능을 설명한다.

- OBC는 위성의 주 컴퓨터로서 1553B 데이터 버tm 컨트롤러로 동작하며 다음의 주요기능을 수행한다.
 - 지상으로부터 전송되는 명령 처리
 - 위성 저장 명령의 수행
 - 위성 하드웨어 및 탑재체로의 명령 전송
 - RDU 와 ECU로의 명령 분배(Routing)
 - OBC SOH(State Of health) 데이터 수집

- 탑재체 Telemetry 처리
- RDU 및 ECU Telemetry 처리
- 대용량 메모리 관리 및 지상 전송
- 위성 비상 운영 데이터 관리

RDU/ECU는 1553B Remote Terminal로서 동작하며 다음의 주요 기능을 수행한다.

- OBC로부터 명령을 받아 수행
- 실시간 및 절대시간 명령에 대하여 자세제어 각종 센서들 (RDU) / 전력계 및 열제어계(ECU) 하드웨어에 명령전송
- 각 센서들 및 RDU/ECU SOH 데이터를 수집하여 매초마다 OBC로 전송
- 위성의 센서 및 구동장치를 이용하여 자세제어 기능을 수행 (Only RDU)
- Local 1553B Bus 컨트롤러로서 동작(Only RDU)
- 전력계 제어 기능을 수행 (Only ECU)
- 열 제어 기능을 수행 (Only ECU)

CSCI는 기능에 따라 CSC (Computer Software Component)로 세분된다. 그림 3.은 CSC 단위로 구분된 탑재소프트웨어 구성을 나타낸다.

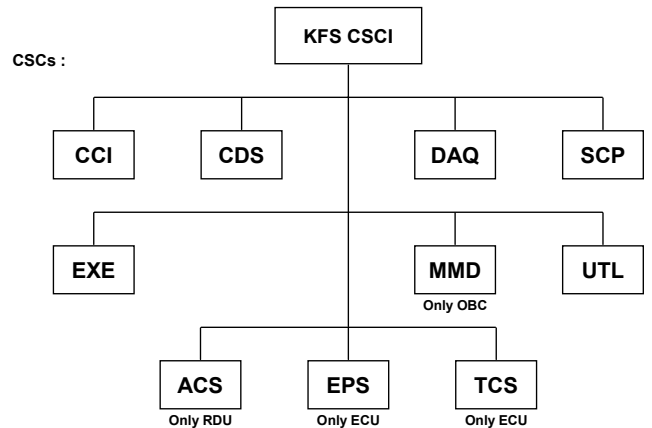


그림 3. 다목적실용위성 2호 CSCs 구성

3. 탑재소프트웨어 개발 과정

본장에서는 앞 장에서 서술한 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어 구성 및 기능을 구현하기위한 전반적인 개발 절차를 설명한다.

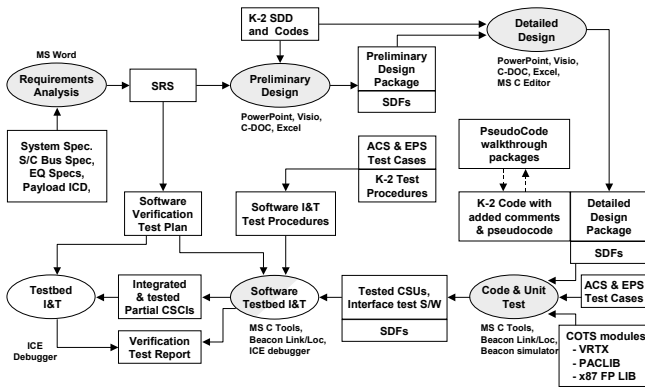


그림 4. 탑재소프트웨어 개발 과정

그림 4.는 전체 탑재소프트웨어 개발과정에 대한 흐름을 나타내고 있다. 위성의 임무 및 요구사항을 명시하는 다양한 문서들을 분석한 뒤 탑재소프트웨어 요구사항서를 작성한다. 요구사항서를 바탕으로 기본설계와 상세설계를 거쳐 컴파일 가능한 실제 코드로 구현한 뒤 각 모듈별로의 단위테스트를 수행하고 단위테스트를 완료한 모듈들과 실시간 운영체제 등과 같은 지원 라이브러리 등을 포함한 통합테스트를 수행한다. 통합테스트가 수행된 탑재소프트웨어는 ETB (Electrical Test Bed) 통합테스트를 위해 전달되며 ETB 통합테스트 중에 소프트웨어 문제점 또는 변경사항이 발생할 경우는 QFR (Quick Fix Report)를 작성하여 소프트웨어를 변경한 뒤 재시험을 수행하였다. 통합테스트를 완료한 탑재소프트웨어는 요구사항서에 따라 구현이 되었는지를 확인하는 검증시험을 거치게 된다. 검증시험은 요구사항서의 내용을 CSC별로 시험 항목들을 설정하여 각 CSC 담당자들이 검증시험을 수행하였다. 각각의 검증 항목에 대한 테스트 절차 스크립트를 작성하여 STB (Software Test Bed) 환경에서 실행하였다. 검증시험은 검증시험 계획서, 검증시험 절차서에 따라 수행되었으며, 검증시험 결과는 검증시험 보고서로 작성되었다. 검증시험 이후부터 발생되어지는 소프트웨어 변경사항들에 대해서는 SPR (Software Problem Report)이 작성되고 변경을 승인하는 SCCB (Software Configuration Control Board)를 거친 후에 새로운 소프트웨어가 제작되어 검증시험 또는 ETB 통합테스트 및 FM (Flight Model) 통합테스트 수행을 위해 I&T (Integration and Test) 팀에 전달되어졌다.

4. 탑재소프트웨어 개발 환경

탑재소프트웨어 통합 및 테스트의 대부분은 STB 환경에서 수행되어지는데 STB는 소프트웨어 개발을 위한 환경으로서 실제 위성 컴퓨터 시스템 구조와 거의 유사하며 소프트웨어 개발에 반드시 필요한 부분들로 구성되었다.

그림 5.는 STB 구성을 나타내고 있다. STB용 프로세서 부분과 ICE (In-Circuit Emulator), 명령 전달 및 원격 측정 데이터 처리를 위한 TCTS (Telemetry-Command Test Set), 1553B 통신 상황을 모니터하기위한 버스 모니터와 ECU 및 RDU의 입출력을 모사하기 위해서 I/O Simulator로 구성되어진다.

STB용 프로세서 부분 :

STB에서는 다목적실용위성 2호에서 사용되는 프로세서 모듈인 OBC, RDU, ECU를 포함하고 있으며, 프로세서 모듈에 사용되는 CPU 유형은 인텔 80386DX이며, RDU 경우에는 수치연산을 위하여 인텔 80387 Coprocessor가 장착되어 있다.

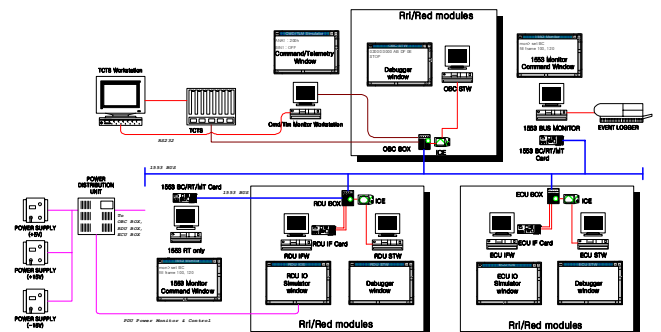


그림 5. Software Test Bed 구성도

OBC 모듈의 경우에는 “Link Function Board”, “MIL-STD-1553B Bus Controller Board”, “CPU/Memory I/O Function Board”, “Timing/Sync Function/WDT Board” 및 “Mass Memory Controller Board”로 구성되며, RDU와 ECU 모듈의 경우에는 “Timing/Sync Function Board”, “CPU/Memory I/O Function Board”, “MIL-STD-1553B Remote Terminal Board” 및 “WDT Function Board”로 구성되어 있다. 그러나 세 개 프로세서 모두 잉여 부분을 포함하고 있지 않다.

ICE (In-Circuit Emulator) 부분 :

ICE는 프로세서에게는 CPU를, 개발자에게는 디버거 기능, trace 기능등을 제공함으로써 개발에 용이성을 제공한다. 여기서 사용하고 있는 ICE 기종은 다목적실용위성 2호에서 사용되는 CPU를 지원하고 있다. ICE는 무엇보다도 탑재소프트웨어 디버깅 목적으로 사용되기 때문에 symbol trace, watch, 수정 기능과 더불어 각 태스크와 모듈들의 수행시간을 측정할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 이러한 기능들은 소프트웨어 검증시험 수행에 많은 편리성과 효율성을 제공하였다.

입출력 시뮬레이터(I/O Simulator) :

STB는 실제 위성과 같은 입출력 장치를 포함하고 있지 않기 때문에 입출력 기능을 모사하며 탑재소프트웨어 내의 입출력 기능을 시험하기 위한 장비가 필요한데 입출력 시뮬레이터가 이 기능을 제공한다. STB용 입출력 시뮬레이터는 다목적실용위성 2호 프로세서 모델의 입출력 장치를 모사하고 있다.

TCTS(Telemetry-Command Test Set) :

TCTS는 크게 TCTS 워크스테이션과 하드웨어로 나누어지고, 각 프로세서에 대한 명령 생성과 원격 측정 데이터를 수신할 수 있는 기능을 지니고 있다. 탑재소프트웨어의 기능을 시험하기 위해서는 명령을 OBC 프로세서로 전달해야하고 Telemetry에 대한 분석과 디스플레이가 필수적인데 이를 위해 TCTS는 OBC와의 Link 인터페이스를 제공한다.

명령생성의 경우 다목적실용위성 2호는 CCSDS 포맷을 사용하므로 이에 대한 포맷을 형성하여 TCTS 하드웨어를 통하여 OBC의 Uplink 보드로 전송하고, 원격측정 데이터 또한 CCSDS 형태를 지니므로 이에 대한 지원을 하는 역할을 한다. RDU와 ECU의 접속은 OBC와 2개의 프로세서간이 1553B를 통해서 이루어진다.

1553B 데이터 버스 모니터 :

다목적실용위성 2호는 1호와 마찬가지로 프로세서 및 탑재체간의 데이터 통신 채널로 MIL-STD-1553B 데이터 버스를 채택하였다. 1553B 데이터 버스 모니터는 1553B 데이터 버스상의 통신 상황을 모니터하고 STB에 포함되지 않은 탑재체를 모의하는데 사용된다. 그리고 1553B 데이터 버스 모니터의 통신 상황을 저장하는 기능을 이용하여

1553B 데이터 버스 관련 부분 시험중에서 위성상태 메시지등과 같은 주기성 통신과 비 주기성 통신에 대한 검증을 수행하였다. 다목적실용위성 2호는 1호와 달리 RDU 경우에 Local 1533B 데이터 버스를 연결하여 Gyro와 Star trackers 과 통신하도록 설계되었다. 따라서 2호기 STB에는 Local 1553B 데이터 버스 모니터가 Local 1553B 데이터 버스 통신상황을 모니터한다.

Verification Test Script Parser (VTSP) :

다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어 검증시험의 대부분은 VTSP를 이용한 자동화된 과정에 의해 수행되었다. VTSP는 탑재소프트웨어 검증을 위해서 개발되어진 것으로 주된 기능은 시험항목 스크립트 작성자에게 프로그램 가능한 인터페이스를 제공한다. 검증시험 항목들을 VTSP 스크립트로 작성하고 VTSP의 입력으로하여 실행함으로써 시험을 자동화할 수 있다. 스크립트는 C언어와 비슷한 문법구조를 지니며, 조건문, loop, 함수 그리고 VTSP가 가지는 내장 함수로 되어있다. VTSP는 반복적으로 사용되는 함수나 여러 검증시험에 공통으로 사용되어지는 함수들을 C언어의 헤더 파일과 같은 형태로 스크립트에서 포함할 수 있는 기능을 제공함으로써 검증시험에 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 또한 VTSP는 탑재소프트웨어의 검증시험을 위한 도구로 사용되기 위해서 기본적으로 타켓보드로 명령 전송 및 타켓보드로부터의 원격측정 데이터 수신기능들이 내부함수로 정의되어 있다.

5. 결론

본 논문에서는 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어 기능 및 전반적인 개발과정과 개발환경에 대해서 서술하였다. 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어는 1호 탑재소프트웨어를 근간으로 3개 프로세서 구조를 갖는 분산구조를 지원하고 각 프로세서 기능을 수행하기 위한 응용소프트웨어들로 구성 및 개발되었다. 현재 탑재소프트웨어는 검증시험 및 모든 통합시험을 완료하고 발사를 위한 최종 준비 단계를 수행하고 있다.