

다목적실용위성 2호 대용량 메모리 및 지상송신관리 소프트웨어 개발 및 시험

채동석*, 이재승*, 최종욱*, 강수연*, 이종인*, 최은정**, 박석준**

*한국항공우주연구원 위성전자그룹

**한국항공우주산업(주) 우주개발연구센터

e-mail:dschae@kari.re.kr

Development and Test of KOMPSAT-2 MMD S/W

Dong-Seok Chae*, Jae-Seung Lee*, Jong-Wook Choi*,
Soo-Yeon Kang*, Jong-In Lee*, Eun-Jung Choi**, Suk-June Park**

*Satellite Electronics Dept., Korea Aerospace Research Institute

**Satellite R&D Center, Korea Aerospace Industries Ltd.

요 약

위성의 비행소프트웨어는 위성이 주어진 임무를 수행할 수 있도록 위성을 제어하는 것으로 지상으로 부터의 원격 명령을 받아 처리하고 원격측정 데이터를 지상으로 송신하는 기능과 자세 결정 및 제어, 전력 제어, 열 제어, 탑재체 관리 등의 기능을 수행한다. 본 논문은 다목적실용위성 2호의 비행소프트웨어에서 원격측정 데이터를 저장하고 지상으로 전송하는 기능을 수행하는 MMD (Mass Memory and Downlink Management) 소프트웨어의 설계 및 구현 내용과 시험절차, 방법, 시험결과 등에 대해서 서술하였다.

1. 서론

위성의 비행소프트웨어는 위성이 주어진 임무를 수행할 수 있도록 지상과의 통신, 위성체 및 탑재체의 제어를 담당하는 것으로 지상으로부터의 원격 명령을 받아 처리하고 원격측정 데이터를 지상으로 송신하는 기능과 자세 결정 및 제어, 전력 제어, 열 제어, 탑재체 관리, 이상상태 감지 및 처리 등의 기능을 수행한다. 본 논문은 다목적실용위성 2호 비행소프트웨어에서 원격측정 데이터를 저장하고 지상으로 전송하는 기능을 수행하는 MMD 소프트웨어의 설계 및 구현 내용과 시험절차 및 결과에 대해서 기술한다

다목적실용위성 2호의 탑재컴퓨터는 그림 1과 같이 지상과의 통신 및 탑재체 관리를 수행하는 OBC (On-Board Computer)와 위성의 자세를 제어하는 RDU (Remote Drive Unit), 위성 전력 및 열 제어를 담당하는 ECU(EPS Control Unit)으로 구성된다. 각 컴퓨터는 80386 CPU, EDAC-protected SRAM, EEPROM, 1553B I/F 등으로 구성된다. 컴퓨터 간에

는 MIL-STD-1553B 데이터 버스로 연결되며 OBC가 BC (Bus Controller)로 동작한다.

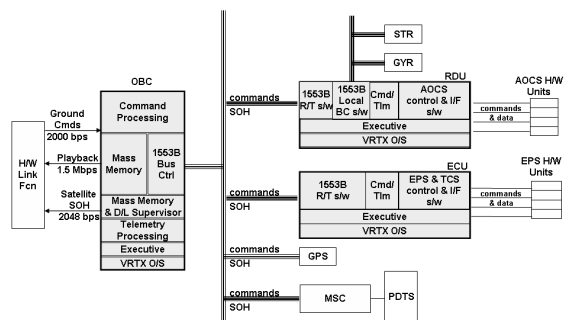


그림 1. 다목적실용위성 2호 비행소프트웨어 접속

세 개의 컴퓨터에 분산되어 탑재되는 비행소프트웨어[2]는 OBC, RDU, ECU, 세 개의 CSCI (Computer Software Configuration Item)로 구성되는데, OBC가 전체적으로 지상과의 통신을 담당하는 것으로 지상으로부터 원격명령을 수신하여 RDU, ECU 각 탑재체에 분배하고, 이들로부터 수집된 원격측정 데이터를 저장하여 지상으로 송신하는 기능

을 수행한다. 대용량 메모리는 OBC내의 1Gbits DRAM으로 구성된 저장장치를 말하는데, MMD 소프트웨어는 OBC에서 대용량 메모리에 원격측정 데이터를 저장하고 지상으로 전송하는 기능을 수행한다.

2. MMD 소프트웨어

2.1. 주요 기능

MMD 소프트웨어는 대용량 메모리를 관리하며, 대용량 메모리에 위성의 상태를 나타내는 SOH (State Of Health) 데이터를 저장하고, 위성의 정밀 궤도/자세정보를 위한 POD (Precision Orbit Determination), PAD (Precision Attitude Determination) 데이터를 포맷하고 저장하는 기능을 수행한다. 그리고 실시간 데이터 및 저장된 데이터의 지상송신을 관리하는 기능을 수행한다. 또한 위성의 비상시 운영에 필수적인 CODA (Contingency Operation Data Area) 데이터를 대용량 메모리의 CODA 영역에 주기적으로 기록하여 비상시 CODA 데이터를 이용할 수 있도록 하는 기능 등을 수행한다.

2.2. 대용량 메모리 데이터 구조

그림 2는 대용량 메모리의 데이터 구조를 나타내는 것으로 64Mbytes 용량의 2개 메모리 모듈로 구성되며 64Kbytes 단위의 메모리 블록(Page)으로 관리된다. 대용량 메모리의 첫 페이지 및 마지막 페이지는 위성의 비상 위성운영에 사용되는 CODA 영역으로 사용되며 나머지 영역은 위성의 SOH, POD, PAD 데이터를 기록하기 위한 RTDA (Recorded Telemetry Data Area)로 사용된다. Page Status Table은 페이지 단위로 각 페이지의 상태를 나타내는 것으로 메모리에 오류가 검출되면 해당 페이지를

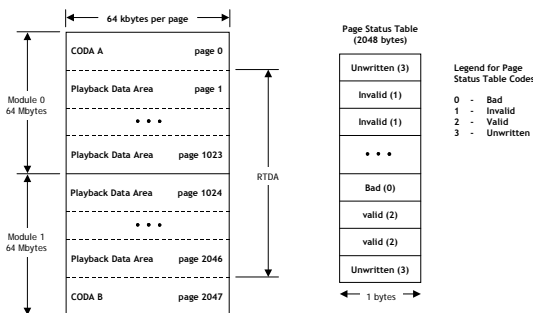


그림 2. 대용량 메모리 데이터 구조

BAD 상태로 표시하여 BAD 페이지에는 데이터가 저장되지 않도록 한다. GOOD 페이지의 경우는 데이터의 저장여부, 전송여부에 따라 Unwritten, Valid, Invalid의 상태를 가진다.

그림 3은 대용량 메모리의 페이지 구조를 나타낸 것이다. 각 프레임의 데이터 포맷은 CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) 형식[3]을 따른다. 한 페이지에는 220 바이트로 구성된 VCDU 프레임이 297개가 저장된다.

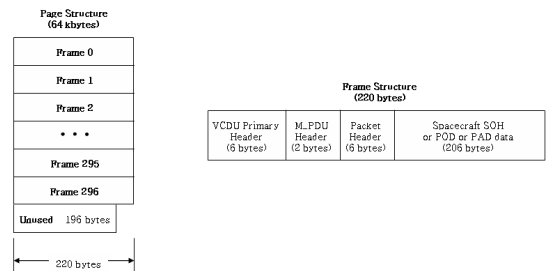


그림 3. 대용량 메모리 페이지 구조

2.3. 데이터 저장 및 전송

그림 4는 대용량 메모리를 통한 데이터의 저장 및 전송상태를 나타낸 것이다. 위성의 상태 데이터 (SOH, 2nd SOH)는 매초마다 1프레임씩 저장되고, POD 데이터의 경우도 1프레임이 저장되는데, 지상 명령으로 저장 주기(1~30초)를 선택할 수 있도록 하였다. PAD의 경우는 매초마다 16개의 프레임이 저장된다. SOH의 경우는 항상 저장되고, 2nd SOH, POD, PAD의 경우는 지상명령으로 저장여부를 제어할 수 있는 기능을 가진다. 새로 생성되어 저장되는 프레임은 생성되는 순서대로 저장된다.

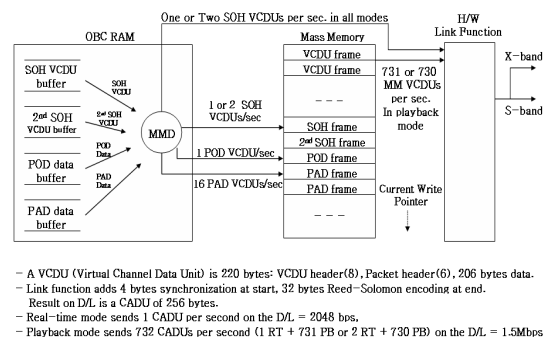


그림 4. 대용량 메모리를 통한 데이터 저장/전송

데이터의 지상전송은 SOH의 경우는 항상 전송되도록 되어 있고, 저장된 데이터의 경우는, 지상 명령에 따라 매초마다 생성되는 실시간 SOH 데이터와 함께 대용량 메모리에 저장된 데이터들이 전송된

다. 1초에 총 732개의 프레임이 전송된다.

대용량 메모리에 원격측정 데이터를 저장할 수 있는 RTDA 영역은 2046 페이지이고 1개의 페이지에 297개의 VCDU 프레임을 저장할 수 있으므로, 모든 메모리 영역이 이용 가능할 경우 최대 607,662개의 프레임을 저장할 수 있다. 계속적으로 매초마다 2개의 SOH, 1개의 POD, 하루에 140분 동안 PAD 데이터를 저장할 경우, 약 37시간 동안 저장할 수 있다. 전체 대용량 메모리의 데이터를 Downlink 하는데 걸리는 시간은 약 14분이 소요된다.

3. MMD 소프트웨어 시험

프로그래밍 언어로 C와 어셈블리를 사용하여 구현하였고, 단위시험, 통합시험, 검증시험 순으로 시험을 수행하였다.

3.1 단위시험

단위시험은 각 함수별로 주어진 기능을 정확히 수행하는지를 독립적으로 시험하는 것으로 MS C, Beacon사의 Link/Locate, Simulator 등을 이용하였다. 단위시험을 위한 테스트 드라이버 및 스티브 코드를 만들어서 이용하였고, 모든 경로를 최소한 1번 이상 수행할 수 있도록 Test Case를 작성하여 시험을 수행하였다. 각 Case별로 입력과 출력데이터를 확인하여 Test Pass/Fail 여부를 결정하였다.

3.2 통합시험

검증시험 이전에 단계별로 S/W를 통합하면서 시험하는 것으로, STB (Software Test Bed)[1]에서 수행하였다. 그림 5는 STB를 나타낸 것으로 STB는 비행소프트웨어의 통합시험 및 검증시험을 수행하기 위한 디버깅 기능을 제공하는 개발 환경이다.

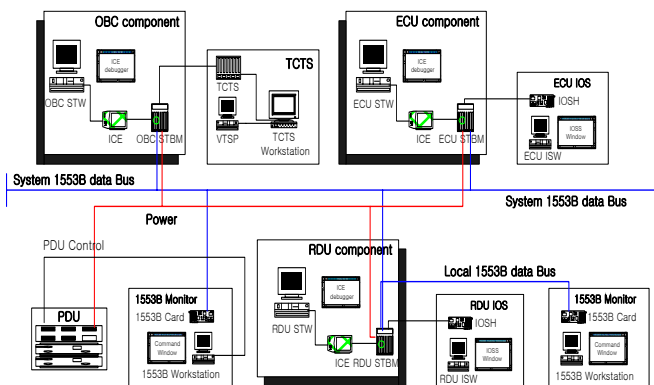


그림 5. Software Test Bed

컴파일러, 어셈블러, Link/Locate 등의 비행소프트웨어 개발도구를 이용하여 3개의 형상항목인 OBC, RDU, ECU 소프트웨어의 Build를 수행하였고, 생성된 Build 파일을 ICE(In-Circuit Emulator)를 이용하여 타겟 프로세서 메모리에 로딩하여 실행시킨 후, TCTS (Telemetry Command Test Set)의 자동화된 원격명령과 원격측정 데이터 처리 기능과 ICE의 디버깅 기능을 이용하여 시험을 수행하였다. MMD 소프트웨어는 경우 전체 기능을 시험할 수 있도록, 크게 7개의 시험항목으로 구분하여 종합적인 시험을 실시하였다.

- 대용량 메모리 초기화 기능 확인
- SOH, 2nd SOH Data 저장기능 확인
- POD Data 포맷 및 저장기능 확인
- PAD Data 포맷 및 저장기능 확인
- 실시간모드 Downlink 테스트
- Playback 모드 Downlink 테스트 I
- Playback 모드 Downlink 테스트 II

3.3 검증 시험

검증시험은 소프트웨어 요구 사양서에 명시된 요구 사항을 만족하는지를 시험하는 것이다. 대부분의 시험이 STB에서 수행되었고, TCTS에서 Test Report를 자동으로 생성할 수 있도록 Test Script를 작성하여 수행되었다. MMD 소프트웨어의 검증시험 항목은 MMD 소프트웨어와 관련된 요구사항을 검증하는데 총 26개 시험항목으로 구분하여 수행되었다.

또한 대용량 메모리 Fill-Up Test를 수행하였는데, 대용량 메모리 전체를 데이터로 다 채우고 Downlink를 수행하여 모든 영역에 데이터의 저장 및 전송이 이상 없이 이루어지는지 시험하는 것이다. Downlink된 데이터는 TCTS 상의 Magnetic Tape에 Binary 포맷으로 저장된다. 전체 데이터의 용량이 크므로 데이터의 이상 유무를 판단하기 위한 별도의 분석 프로그램을 사용하여 내용을 확인하였다.

초기에는 빠르게 시험을 수행할 수 있도록 임의의 프로그램을 제작하여 대용량 메모리를 채우고 Playback를 실시하여 저장 및 전송된 데이터가 이상 없는지에 대한 시험을 수행하였다. 여기서는 각 프레임의 마지막 부분에 CRC (Cyclic Redundancy Check) 데이터를 추가하였고, 이 데이터를 확인함으로써 데이터의 이상 유무를 판단하였다. 그림 6은 이 프로그램에 의해 대용량 메모리에 저장하고, 전송

받은 원시 데이터의 일부를 나타내고, 그림 7은 각 프레임의 정보, 그림 8은 최종분석 결과로서 각 데이터 종류별 프레임의 수와 오류여부를 나타낸다.

상적인 기능을 수행함을 확인할 수 있었다.

```

---
Sync Pattern
00000380h: 1A CF FC 1D 77 0C 00 00 01 80 00 00 04 F5 C0 01
00000390h: 00 CD 00 00 00 00 00 10 10 10 10 10 10 10 10
000003a0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
000003b0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
000003c0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
000003d0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
000003e0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
000003f0h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000400h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000410h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000420h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000430h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000440h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
00000450h: 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1F 43
00000460h: 1A CF FC 1D 77 0C 00 00 02 80 00 00 04 F5 C0 02
00000470h: 00 CD 00 00 00 00 00 11 11 11 11 11 11 11 11
00000480h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
00000490h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004a0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004b0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004c0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004d0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004e0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
000004f0h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
00000500h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
00000510h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
00000520h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11
00000530h: 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 7A F0
00000540h: 1A CF FC 1D 77 0C 00 00 03 80 00 00 04 F5 C0 03
    
```

그림 6. Telemetry 원시 데이터

< VCDU Number >	
Total VCDU number	= 609679
Num of total SOH VCDUs	= 31983
Num of total SOH2 VCDUs	= 31983
Num of total POD VCDUs	= 31983
Num of total PAD VCDUs	= 511712
Total Stored VCDU number	= 607661
Num of total RT_SOH VCDUs	= 832
Num of total RT_SOH2 VCDUs	= 832
Num of total FILL VCDUs	= 354
< Error Count >	
SYNC pattern error count	= 0
SCID error count	= 0
REPLAY flag error	= 0
Pkt Hdr error count	= 0
Pkt Hdr or APID error count	= 0
Packet Length error count	= 0
TFT ID error count	= 0
Fill frame data error count	= 0
RT_SOH VCDU Counter error #	= 0
RT_SOH2 VCDU Counter error #	= 0
SOH VCDU Counter error #	= 0
SOH2 VCDU Counter error #	= 0
POD VCDU Counter error #	= 0
PAD VCDU Counter error #	= 0
WRONG VCID	= 0
CRC Error	= 0
WRONG PB NO. for a second	= 0

그림 8. Telemetry 데이터 분석 결과

TYPE	VCID Count	REPLAY Flag	MFID (APID for POD/PAD)	TFT ID	OBT(QSec)	(Total Seq./Mem Location)
SOH	000000,	80,	00,	01,	00000000	(00000000/00000000)
SOH2	000000,	80,	02,	04,	00000000	(00000001/000000e0)
POD	000000,	80,	04,	f3,	00000000	(00000002/000001c0)
PAD	000000,	80,	04,	f5,	00000000	(00000003/000002a0)
PAD	000001,	80,	04,	f5,	00000000	(00000004/00000380)
PAD	000002,	80,	04,	f5,	00000000	(00000005/00000460)
PAD	000003,	80,	04,	f5,	00000000	(00000006/00000540)
PAD	000004,	80,	04,	f5,	00000001	(00000007/00000620)
PAD	000005,	80,	04,	f5,	00000001	(00000008/00000700)
PAD	000006,	80,	04,	f5,	00000001	(00000009/000007e0)
PAD	000007,	80,	04,	f5,	00000001	(00000010/000008c0)
PAD	000008,	80,	04,	f5,	00000002	(00000011/000009a0)
PAD	000009,	80,	04,	f5,	00000002	(00000012/00000a80)
PAD	00000a,	80,	04,	f5,	00000002	(00000013/00000b60)
PAD	00000b,	80,	04,	f5,	00000002	(00000014/00000c40)
PAD	00000c,	80,	04,	f5,	00000003	(00000015/00000d20)
PAD	00000d,	80,	04,	f5,	00000003	(00000016/00000e00)
PAD	00000e,	80,	04,	f5,	00000003	(00000017/00000ee0)
PAD	00000f,	80,	04,	f5,	00000003	(00000018/00000fc0)
SOH	000001,	80,	01,	01,	00000004	(00000019/000010a0)
SOH2	000001,	80,	02,	04,	00000004	(00000020/00001180)

그림 7. Telemetry 데이터 각 프레임 정보

이후에 실제로 정상적인 주기로 생성된 원격측정 데이터를 저장한 후 Playback하여 저장된 데이터와 전송된 데이터가 이상 없음을 확인하였다. 최종 검증시험 및 대용량 메모리 Fill-Up Test 등을 통하여 MMD 소프트웨어가 모든 요구사항을 만족하고 정

4. 결론

다목적실용위성 2호에서 대용량 메모리를 관리하고 원격측정 데이터의 저장 및 지상 전송을 관리하는 기능을 수행하는 MMD 소프트웨어의 구현 내용과 시험절차에 대해서 기술하였다. 개발된 MMD 소프트웨어는 단위시험, 통합시험, 검증시험 등을 통하여 주어진 기능이 이상 없이 수행됨이 확인되었다. 비행소프트웨어는 현재 최종 검증시험까지 종료되었고, 위성체에 탑재되어 위성체 하드웨어와 통합된 I&T가 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] 이재승외 3명, “다목적실용위성 2호에서의 탑재 소프트웨어 검증시험환경” 한국정보처리학회 춘계학술발표 논문집 제10권 제1호, 2003, pp.1197~1200.
- [2] 강수연외 3명, “다목적실용위성 2호 탑재 소프트웨어 개발” 한국정보과학회 가을학술발표 논문집(II), 제10권 제2호, 2003
- [3] 강수연, “아리랑 위성의 Command/Telemetry 시스템” 한국정보과학회 가을학술발표 논문집(III), 제25권 제2호, 1998, pp.662~664