

다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어에서 Telemetry 데이터 처리

이재승*, 강수연*, 이종인*, 윤정오**, 박영호***

Telemetry Data Processing in Flight Software of Korea Multi-Purpose Satellite-2

Jae-Seung Lee*, Soo-Yeon Kang*, Jong-In Lee*, Jeong-Oh Yun**, Young-Ho Park***

요 약

최근 우주산업의 급속한 발달로 다양한 목적의 인공위성들이 개발되고 있다. 이러한 인공위성들은 그 사용목적에 따라 다르지만 매우 많은 양의 데이터들을 다루게 된다. 이러한 데이터에는 각각의 주어진 임무에 사용되는 정보들이 대부분을 차지하지만 위성자체의 상태 데이터도 일정시간마다 점검하여 위성의 상태를 지상에서 파악할 수 있어야 한다. 위성의 상태데이터는 위성 각 부분의 이상유무나 자세, 궤도 등 위성이 정상적으로 그 역할을 수행하는데 필요한 정보들이다. 위성의 탑재소프트웨어는 하드웨어 데이터 및 위성의 상태데이터를 획득, 저장하는 기능을 수행한다. 다목적실용위성 2호에서는 테이블 참조 방식을 사용함으로써 위성의 데이터 흐름이 효율적으로 이루어지도록 하였다. 또한, 테이블을 헤더파일로 자동적으로 생성되도록 함으로써 탑재소프트웨어에의 영향을 최소화하였다. 현재 다목적실용위성 2호의 탑재소프트웨어는 개발이 완료되어 검증시험 및 통합 시험을 수행하고 있다.

ABSTRACT

Recently, many kinds of satellites are developed in many countries. The satellite contains various data, such as hardware status data, attitude data, error information, etc. And the ground station must check these data for successful operation. These data is called as telemetry. Flight software is responsible for the telemetry processing. In KOMPSAT(Korea Multi-Purpose Satellite)-2, the telemetry processing logic takes the table-driven method to make satellite data flow efficient. In this paper, the telemetry processing in KOMPSAT-2 is described. Verification test and integration test are being carried out for the FSW of KOMPSAT-2.

1. 서론

현재 다양한 목적의 인공위성들이 개발되고 있으며 실제

로 많은 군사적, 상업적 목적의 인공위성들이 우주공간에서 각각의 임무를 수행하고 있다. 우주공간으로 발사된 후에 발생되는 문제점을 해결하는 데에는 많은 어려움이 있기 때문에 인공 위성 개발기술은 완벽하게 검증된 기술만을 채택하여 사용한다. 또한 우주공간에서 임무를 수행해야 하므로 일반적인 상용제품과는 다른 고도의 기술을 필요로 한다. 그러나 대부분의 위성 선진국에서는 첨단 기술의 이전을 기피하고 있는 상황 이므로 독자적인 위성기술에 대한 기술확보가 절실히 요구되어진다.

우리나라에서도 위성기술 확보를 위하여 1999년 12월에

* 한국항공우주연구원 다목적위성사업단 위성전자그룹

** 경운대학교 정보통신공학부 조교수

*** 상주대학교 전자전기공학부 부교수

자체 개발한 다목적실용위성 1호를 발사하였다. 다목적실용위성 1호는 3년의 임무기간 동안 해양관측용 자료 및 6.6m 해상도의 영상자료 수집을 성공적으로 수행하였다.

영상자료 획득과 같은 임무를 수행하고 인공위성의 자세 및 궤도를 제어하거나 태양열을 이용한 전력 제어, 태양전지판의 위치제어, 위성체 내·외부의 온도제어 등 위성의 전반적인 본체 및 기능을 제어하는 역할을 담당하는 것이 탑재소프트웨어[1]이다.

기술의 발전과 함께 다양하고 복잡한 기능들이 요구되어짐에 따라 위성의 임무를 수행하는 데에는 점점 더 많은 데이터들이 사용되어진다. 위성에서 사용되는 다양한 데이터들은 유기적인 관계로 얽혀 있기 때문에 하나의 데이터에 오류가 발생하더라도 임무수행에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 각각의 데이터는 사용목적에 맞게 요구되는 시간에 획득되어야 하며 정해진 위치에 저장 및 전달이 이루어져야 한다. 이러한 데이터의 획득 및 저장과 관련된 일련의 과정을 Telemetry Processing[2,3]이라고 한다.

Telemetry Processing은 사용목적, 획득장소, 획득시간 등에 따라 진행과정을 분류할 수 있다. 사용목적에 따라서는 지상으로 전송하는 텔레메트리 프레임용을 위한 데이터 획득과 다른 애플리케이션을 위한 데이터 획득으로 나눌 수 있다. 정지궤도 위성이 아니라면 지상의 관제소(Ground Station)와 지속적으로 통신을 수행할 수 없기 때문에 일정 시간동안 위성의 상태데이터를 정해진 프레임 형식으로 저장해 두었다가 지상국과의 통신 시에 다운링크 해 주어야 한다. 또한 위성의 상태에 따라 수행해야 할 작업을 결정해야 하는 위성 내부에서 수행되는 다른 서브시스템에도 필요한 정보를 주기적으로 전송해 주어야 한다. 획득장소에 따라서는 하드웨어 데이터 획득과 소프트웨어 데이터 획득으로 나눌 수 있으며, 획득시간에 따라서는 각 데이터의 값들이 갱신(update)되어야 하는 주기를 바탕으로 INIT, QTR, ONE, SXT 데이터 획득으로 분류할 수 있다.

위성의 상태를 파악하고 오류 발생 시 발생원인 및 위치, 해결방안 등을 모색하기 위해서는 계속적으로 위성의 데이터를 전송받아 모니터링 할 수 있어야 한다. 그러나 위성의 상태를 지상에서 관찰하는데 있어서 통신시간이나 데이터 대역폭에 제한이 있다. 따라서 모든 위성 데이터를 항상 지상으로 내려보내는 것은 불가능하다. 이를 해결하기 위해 각 서브시스템에서 필요한 데이터를 요구조건에 따라 정해진 프레임에 적절히 배치하여야 한다. 실제로 탑재소프트웨어에서는 각각의 분류된 데이터 정보를 테이블 형태의 헤더파일로 자동적으로 생성하여 사용하도록 되어있다.

한국항공우주연구원에서는 수행 임무기간을 끝마친 다목적실용위성 1호에 이어 1m급 해상도를 가지는 다목적실용위성 2호를 개발하고 있다. 본 논문에서는 다목적실용위성 2호에 탑재될 위성탑재소프트웨어의 Telemetry Processing에 대해 살펴보고자 한다. 먼저 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어의 전반적인 내용을 소개하고 Telemetry Processing이 수행되는

알고리즘에 대해 알아본다.

2. 위성탑재소프트웨어(Flight Software,FSW)

2.1 FSW Overview

다목적실용위성 2호의 탑재소프트웨어는 3개의 프로세서에서 수행되며 각각을 CSC(Computer Software Configurable Item)라고 한다. 다목적실용위성 2호는 OBC(On-Board Computer), RDU(Remote Drive Unit) 및 ECU(Electrical Power Subsystem Control Unit)로 구성되어 있으며 각 CSC는 몇 개의 CSCs(Computer Software Components)로 분리된다. 다목적실용위성 2호의 CSCs와 각 CSC를 구성하는 CSCs가 그림 1에 나타나 있다.

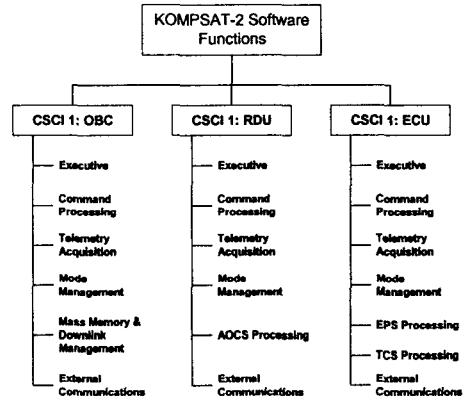


그림 1. 탑재소프트웨어 구성도

Fig. 1. Flight Software Hierarchy

탑재소프트웨어는 위성에 다음과 같은 기능들을 제공해준다.

- 지상 명령의 수신 및 수행
- 수행시간에 따른 명령의 스케줄링
- 위성 상태데이터의 획득
- 위성 센서 및 액추에이터를 이용한 위성제어
- 위성의 상태(온도, 전력, 자세 등)를 점검
- 위성 상태변화에 따른 contingency 모드 전환
- 텔레메트리 프레임 생성, 데이터 저장 및 전송

2.2 DAQ(Data Acquisition) CSC

탑재소프트웨어에서 위성 상태 데이터의 획득 및 저장을 담당하는 CSC가 DAQ이다. DAQ는 매초마다 수행되며, 아날로그, 직렬 및 병렬 포트로부터 데이터를 획득하여 정의된 TFT(Telemetry Format Table)에 따라 포맷팅한다. 그리고

위성에서 생성되는 모든 텔레메트리 프레임의 헤더를 작성하는 기능을 수행한다. DAQ는 이러한 기능 이외에도 다른 서브시스템에서 필요로 하는 위성데이터와 관련된 작업을 일괄적으로 모아서 수행한다. 따라서 위성의 데이터와 관련된 대부분의 작업은 DAQ에서 관장하게 된다. 그림 2는 DAQ의 구성도를 나타내며 DAQ를 구성하는 각 모듈들을 계층적으로 보여준다.

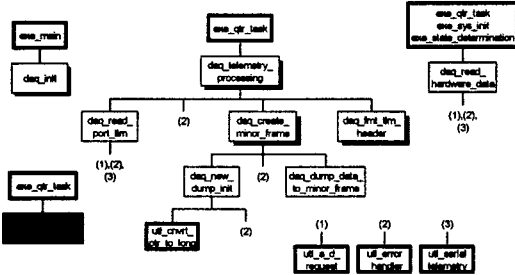


그림 2. DAQ 계층도
Fig 2. DAQ Hierarchy

DAQ를 구성하는 각 모듈의 역할은 다음과 같다.

- daq_init : DAQ에 사용되는 모든 전역변수들의 초기화
- daq_telemetry_processing : 매초마다 수행되며 텔레메트리 작업 수행을 위한 함수들을 순서에 따라 호출
- daq_fmt_tlm_header : 프레임 헤더 작성
- daq_create_minor_frame : TFTs를 이용하여 텔레메트리 프레임 생성
- daq_new_dump_init : 지상에서 요구하는 메모리 영역을 다운로드받는 덤프영역의 헤더 작성
- daq_dump_data_to_minor_frame : 덤프 데이터를 텔레메트리 프레임에 저장
- daq_read_port_tlm : 텔레메트리 프레임 생성을 위한 하드웨어 데이터 획득
- daq_read_hardware_data : DAQ가 아닌 다른 서브시스템을 위한 하드웨어 데이터 획득
- daq_anc_quat_processing : 위성의 payload를 위한 데이터 획득, 저장, 포매팅 등을 수행

계속해서 3절에서는 DAQ에서 사용되는 TFTs의 형태 및 생성, 이용과 하드웨어 데이터 및 위성상태 데이터의 획득, 저장 등에 대해서 자세히 알아보도록 한다.

3. Telemetry Format Tables(TFTs)

DAQ는 CCSDS 포맷의 텔레메트리 프레임을 생성하기 위해서 매초마다 220 바이트의 텔레메트리 프레임을 2개씩 생성하며, 매 순간 저장해야 할 데이터의 목록은 테이블의 형태로

만들어져 있어서 이를 참조하여 프레임을 생성하게 된다. 표 1은 DAQ에서 사용되는 TFT의 데이터 구조를 나타낸다.

Structure	Description	OBC	RDU	ECU
Master Hardware Table	Contains hardware access information for all HW devices	1	1	1
Master Telemetry Table	Contains GDA access information for all telemetry variables	1	1	1
Application Port Table	Contains master hardware table indices for acquisition of hardware items needed by non-daq software	4	4	4
Telemetry Port Table	Contains master telemetry table indices for acquisition of hardware items needed for telemetry that were not acquired by the application port table(s)	3	3	3
Major Frame Table	Contains master telemetry table indices for acquisition of all telemetry items	3	3	3
Telemetry Buffer	Contains telemetry data for current minor frame	1	1	1

표 1. DAQ 데이터 구조
Table 1. DAQ Data Structure

3.1 Hardware Data 획득

DAQ는 지상으로 보내기 위한 텔레메트리 프레임에 저장할 데이터뿐만 아니라 다른 CSC에서 요구하는 데이터의 획득도 담당한다.

탐재소프트웨어에서 DAQ를 제외한 다른 CSCs에 의해 요구되는 하드웨어 데이터는 MHT(Master Hardware Data)와 APT(Application Port Table)을 이용하여 얻어진다. APT는 각 데이터가 획득되어야 하는 시간에 따라 표2에 제시된 4개의 테이블이 존재하며 그림 3은 APT를 이용한 하드웨어 데이터 획득과정을 나타낸다.

APT	Description	Applications
QTR	run every 1/4 second	ACS, MMD
ONE	run every second	ACS, EPS
SXT	run every 16 seconds	ACS, EPS
INIT	run during initialization	EXC

표 2. 수행시간에 따른 APT
Table 2. Application Port Tables

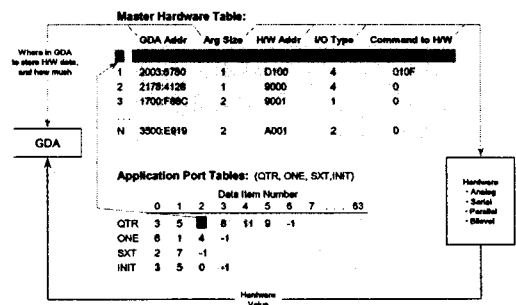


그림 3. 하드웨어 데이터 획득
Fig. 3. Hardware Data Acquisition

텔레메트리 프레임을 위한 하드웨어 데이터의 획득방식도 그림 3과 동일하게 look-up 테이블을 이용하지만, APT대신 TPT(Telemetry Port Table)를 사용한다는 점이 다르다. 현재의 프레임 번호가 TPT의 열을 선택하게 되고 TPT의 각 열에 있는 값은 데이터의 주소정보를 가진 MHT의 인덱스를 알려준다. 즉, DAQ는 TPT를 참조하여 MHT가 나타내는 주소의 데이터를 가져와 버퍼에 저장하게 된다.

3.2 TFT 생성

표 1에 있는 테이블들은 위성개발이 진행됨에 따라 계속적으로 변경되는 정보들을 포함하게된다. 탑재소프트웨어는 이렇게 지속적인 업데이트가 요구되는 사항들이 탑재소프트웨어의 소스코드에 영향을 주지 않고 사용될 수 있도록 설계되어야 한다. 다목적실용위성 2호는 이러한 테이블들을 헤더파일로 정리하여 사용한다. 각 서브시스템에서 요구하는 데이터 정보들을 DB파일로 만든 후, DB 파일로부터 헤더파일을 자동적으로 생성하는 프로그램을 개발하여 이용한다. DB 파일에는 위성의 상태를 파악하거나 다른 애플리케이션에서 필요한 데이터들의 획득을 위한 모든 정보가 포함되어 있으며, 이러한 DB 파일로부터 자동생성 프로그램에 의해 생성된 테이블의 예를 그림 4에 표시하였다.

Master H/W Table (MHT)

```
struct KPD_master_hw_tbl_struct KPD_master_hw[SP_MASTER_HW_SIZE] =
{
/* 10 */(unsigned char *)&RDU_parallel_tlm[10], 2, 0x7014, 0x0000,
/* 11 */(unsigned char *)&ACS_gyro_counts[0], 2, 0x9000, 0x0000,
/* 29 */(unsigned char *)&RDU_parallel_tlm[13], 2, 0xF200, 0x0000,
/* 30 */(unsigned char *)&RDU_bilevel_tlm2, 2, 0xb100, 0x0000,
/* 43 */(unsigned char *)&RDU_analog_2b_tlm[0], 2, 0xa200, 0x1A0A,
};
```

Init. Application Port Table (APT)

```
struct KPD_app_port_table_struct KPD_init_port_tbl =
{
{
30, /* RDU_bilevel_tlm2 RDU/OBC DPLL Status */
-1
}
};
```

Master Telemetry Table (MTT)

```
struct KPD_master_tlm_tbl_struct
KPD_master_tlm[KFS_MASTER_TLM_SIZE] =
{
/* Row C Variable Bytes
/* 50 */(unsigned char *)&OBC_bilevel_tlm[0], 2,},
/* 51 */(unsigned char *)&OBC_bilevel_tlm[1], 2,},
};
```

Major Frame Table (MFT)

```
{/***** MINOR FRAME # 3 *****/
/* MTT Byte Grid Mom */
/* ROW Size Index C Variable Mnemonic */
/* ----- */
50, /* 2 213 OBC_bilevel_tlm[0] CTCRSBL1*/
-1, /* 209 FIRSTMINUSONE */
-1, /* 209 LASTMINUSONE */
/***** */
```

그림 4. TFTs에 대한 예시

Fig. 4. Examples for MHT, APT, MTT, MFT

4. Telemetry Processing

텔레메트리 프레임 생성을 위한 위성의 상태데이터 획득에도 3.1절에서 설명한 look-up 테이블 참조 방법을 사용한다. 위성에 사용되는 전체 텔레메트리 데이터에 대한 정보, 즉, 각 데이터가 저장되어 있는 GDA(Global Data Area) 주소와 데이터의 바이트 크기에 대한 정보는 MTT에 정의되어 있다. DAQ는 매초마다 획득해야 할 데이터를 32(Major Frame Cycle)개의 minor frame에 따라 정의해 놓은 MFT를 참조해서 필요한 데이터를 얻게된다. MFT는 그림 4에서 알 수 있듯이 APT나 TPT의 경우와 같이 MTT에 대한 인덱스만을 가지고 있다.

다목적실용위성 2호는 1호에 비해 상당히 많은 위성상태 데이터를 필요로 한다. 그러므로 위성의 상태에 따라 지상에서 검토해야 할 데이터들을 분류하여 테이블로 정리할 필요가 있다. 이러한 이유로 현재 다목적실용위성 2호에서는 3가지 경우로 분류하여 MFT를 생성하였다. 정상적인 위성의 임무수행시에 사용되는 NORMAL 포맷과 위성의 발사 및 궤도 진입시에 사용되는 PROGRAMMABLE 포맷, 그리고 비정상적인 위성상태를 점검하거나 대용량의 메모리 덤프 시에 사용하기 위한 DUMP 포맷이 있다.

MFT를 이용한 텔레메트리 데이터의 획득과정은 3.1절의 하드웨어 데이터 획득과정과 유사하며 그림 5에 설명되어져 있다.

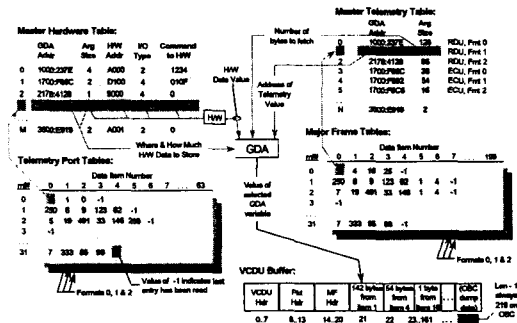


그림 5. 텔레메트리 데이터 획득방법

Fig. 5. Telemetry Acquisition

먼저 프레임에 저장될 데이터가 하드웨어 데이터일 경우에는 3.1절에서 설명한 방법으로 TPT를 이용한 필요한 하드웨어 데이터 획득이 이루어진 후 MFT가 가리키는 MIT의 인덱스 정보를 참조하여 정의된 GDA의 주소에서 데이터를 가져와 텔레메트리 프레임에 저장한다.

각 프로세서에서 이렇게 획득된 텔레메트리 데이터는 1553B를 통하여 OBC로 보내어지며, OBC는 OBC에서 획득한 데이터와 다른 서비스시스템에서 보내온 데이터를 병합하고 헤더 정보를 생성하여 그림 6과 같은 CCSDS (Consultative Committee for Space Data System) 형식으로 패킷타이핑을 한다.

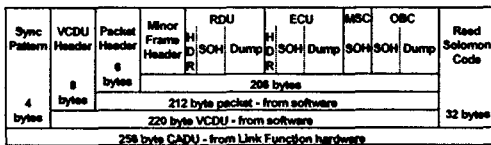


Fig 6. CCSDS CADU Format
그림 6. CCSDS 데이터 형식

3절과 4절에 걸쳐 설명한 테이블 참조 방식을 이용한 텔레메트리 프레임 작성을 DAQ가 수행하게 되며, DAQ에서 각 테이블들이 참조관계와 각 모듈들 간의 데이터 흐름을 그림 6에 표시하였다.

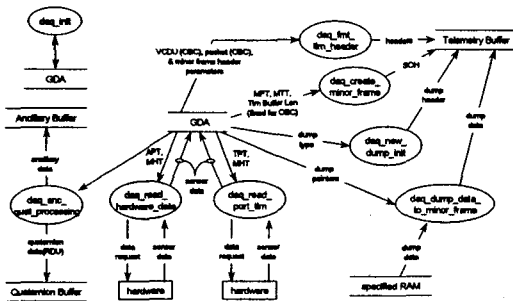


그림 6. DAQ에서의 데이터 흐름
Fig. 6. DAQ Data Flow

5. 결론

본 논문에서는 다목적실용위성 2호에서의 텔레메트리 데이터 획득 및 저장에 대하여 설명하였다. 위성에는 다양하고

많은 데이터들이 사용되어지며 이러한 데이터들을 효율적으로 사용하기 위하여 다목적실용위성 2호에서는 테이블 참조 (Table-Driven) 방식을 사용하였다. TFTs는 DB 파일로부터 탑재소프트웨어에서 사용되어지는 헤더파일로 자동적으로 만들어지도록 하여 위성개발 시 지속적인 DB 업데이트에 따른 탑재소프트웨어 코드의 영향을 최소화하였다. 이러한 Telemetry Processing은 다목적실용위성 2호 탑재소프트웨어의 DAQ CSC가 수행하도록 설계되어 있으며, 현재 탑재소프트웨어에 대한 상세설계 및 검증시험[4]이 끝나고 FSW Overall Test가 진행 중이며, 곧 FM(Flight Model) Test가 수행될 예정이다.

참고문헌

- [1] 이종인 외, "아리랑 위성 탑재소프트웨어 소개", 한국정보과학회 봄 학술발표논문집(A), 제 25권 1호, pp. 741-743, 1998.
- [2] 강수연 외, "아리랑 위성의 Command/Telemetry 시스템", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집(III), 제 25권 2호, pp. 662-664, 1998.
- [3] 이재승 외, "다목적실용위성 2호의 데이터 획득을 위한 자동적인 포맷 테이블 생성", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집(III), 제 28권 2호, pp. 508-510, 2001.
- [4] 이재승 외, "다목적실용위성 2호에서 구문분석기를 이용한 탑재소프트웨어 검증시험분석", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집(III), 제 29권 2호, pp. 430-432, 2002.