

저궤도 관측위성의 Telemetry Packing 을 위한 소프트웨어 설계

신현규, 이종인
한국항공우주연구원
e-mail : hkshin@kari.re.kr

Software design for telemetry packing of LEO satellite

Hyun-Kyu Shin, Jong-In Lee
Korea Aerospace Research Institute

요 약

저궤도 관측위성은 지상으로 주기적으로 telemetry 를 전송함으로써 위성의 상태를 알리게 된다. 위성 내부에는 여러 종류의 수행 주기가 존재하며, telemetry 의 전송 주기는 초 단위를 갖는 것이 일반적이다. 위성의 개발 및 운영에 있어, telemetry 의 전송 주기보다 짧은 주기로 발생, 변경되는 데이터에 대한 지상으로의 전송이 필요하다. 여기서는 짧은 주기로 생성, 변경되는 데이터를 기존 telemetry 의 전송 주기에 맞추어 지상으로 전송하기 위한 위성 소프트웨어의 설계에 대해 간략히 소개한다.

1. 서론

지표에서 약 500~600km 상공을 선회하며 지구를 관측하는 저궤도 관측위성은 위성 내의 여러 데이터를 Telemetry 를 통해 지상으로 전송하게 된다. Telemetry 는 위성의 다양한 정보를 포함하며, 위성의 개발 및 운영 시 매우 중요한 역할을 하게 된다.

위성 내부에는 각각의 목적에 따라 여러 수행 주기가 존재하게 된다. Telemetry 의 전송 역시 주기적으로 수행되는데 저궤도 관측위성의 경우 1 초가 일반적이다. Telemetry 의 주기가 1 초인 경우, 지상에서는 위성 내의 데이터에 대해 1 초 단위로 그 변화를 관찰할 수 있다.

그러나 위성의 개발이나 운영 시, Telemetry 의 전송 주기 보다 짧은 실행 주기를 통해 변경되는 데이터를 추적하고자 하는 요구가 있을 수 있으며, 위성의 자세 제어 소프트웨어와 같이 연속적인 데이터의 변화 형상을 면밀히 관찰, 분석해야 하는 경우는 더욱 그렇다.

본 연구는 이러한 요구를 충족시키기 위해 위성의 Telemetry 관련 소프트웨어를 개선하기 위한 소프트웨어 설계에 대해 소개한다.

2. Telemetry Packing 의 기본 전제 및 요구사항

Telemetry 전송 주기보다 더 짧은 주기로 변하는 데이터를 Telemetry 를 통해 전송하기 위해서는 데이터를 모아서(Packing) 처리해야 한다. Telemetry Packing 은 짧은 실행 주기를 갖는 데이터에 대해 각 주기 별로 데이터를 미리 기록한 후, Telemetry 의 전송 주기에 맞추어 지상으로 보내는 방법이다.

Telemetry Packing 을 지원하기 위한 소프트웨어 설계에 앞서 본 연구에서 가정하고 있는 내용은 다음과 같다.

- Telemetry 전송 주기(Major Cycle): 1 초
- 소프트웨어 실행 주기(Minor Cycle): 1/8 초

위의 가정에 따라 Minor Cycle 은 1 초에 8 번 실행되며, 이를 각각 O_0, O_1, \dots, O_7 이라 하자. Telemetry 의 전송은 O_7 에서 이루어짐을 가정한다. Telemetry 의 실제 데이터를 저장하고 지상으로 전송되는 Telemetry Frame 은 200 바이트의 저장 공간을 갖는 것으로 하며, 본 연구에서는 이 저장 공간에 대해서만 고려하기로 한다.

또한, Telemetry Packing 기능 구현 시 충족해야 할 요구 사항은 다음과 같다.

첫째, minor cycle 마다 해당 데이터를 저장해야 한다.

둘째, 지상국의 요청에 의해 packing 되는 대상 데이터를 변경할 수 있어야 한다.

셋째, 기 구현된 위성 S/W 에 대한 변경 및 파급 효과가 적어야 한다.

3. Telemetry 생성 절차

위성 소프트웨어는 미리 설정된 테이블에 기초하여 telemetry 를 생성하게 된다. 위성 소프트웨어는 이를 위해 세 개의 테이블을 포함하고 있다.

- MTT (Master Telemetry Table)
- PST (Packet Sequence Table)

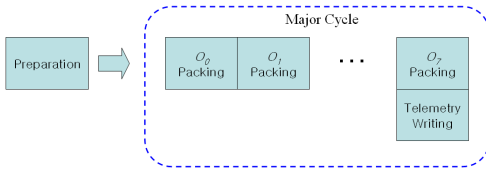
· PCT (Packet Contents Table)

MTT 는 Telemetry 로 전송할 위성 내의 데이터 영역을 가리키는 것으로, 메모리 주소와 데이터의 크기를 저장하고 있다. MTT 에 저장된 각 레코드를 Momnemonic(이하 ‘Mom’)이라 하며, Telemetry 처리의 기본 단위이다. PST 는 Telemetry 의 전송 주기인 Major Cycle(1 초) 마다 어떠한 Packet ID 가 전송될지를 저장하고 있는 테이블이다. 또한 PCT 는 MTT 에 기록된 Mom 의 인덱스 번호를 각 Packet ID 에 대해 정의함으로써 실제 Telemetry 를 생성하는 기초 정보를 포함하고 있다.

위성 소프트웨어는 위의 세 테이블을 이용하여, 특정 Major Cycle 에 대해 전송해야 할 Packet ID 를 선택하고, 그 그룹에 따라 PCT 에 기록된 Mom 을 순차적으로 불러와 Telemetry Frame 을 생성하게 된다.

4. Telemetry Packing 을 위한 흐름 설계

지상에서 Packing 을 위한 Mom 을 지정하고, 이를 변경할 수 있어야 하므로, 이를 위한 설정 단계가 필요하다. Telemetry Packing 의 전체적인 흐름을 보면 다음과 같다.



(그림 1 Telemetry Packing Flow)

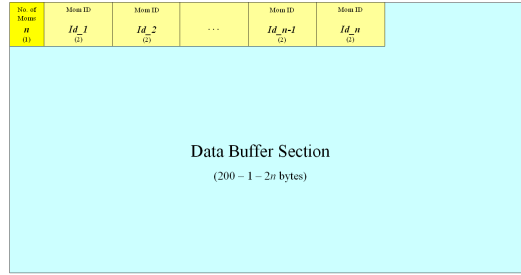
준비(Preparation) 단계는 지상 명령을 통해 Packing 될 Mom 에 대한 정보를 설정한다. 또한 지상 명령에 포함된 Mom 의 정보가 유효한지, 하나의 Telemetry frame 안에 packing 이 가능한지의 여부를 판단한다.

이후, 매 Minor Cycle 마다 Packing 을 수행하며, O_j 에서는 Packing 을 수행한 후 Telemetry Frame 을 생성하게 된다.

Telemetry Packing 을 위해 200 바이트의 크기를 갖는 한 개의 Mom 을 추가하고, 이것이 새로운 Packet ID 를 이루도록 설정한다. 이를 통해 기존의 Telemetry 처리 절차를 그대로 활용할 수 있으며, Packing 된 Telemetry 데이터가 실제 지상으로 전송될 지의 여부는 기존의 위성 소프트웨어가 가지는 Telemetry Frame 선택 명령을 이용할 수 있다.

5. Telemetry Packing 의 상세 설계

지상에서 Packing 하고자 하는 Mom 의 종류 및 해당 Mom 의 데이터 크기가 가변적이기 때문에 이를 충족시키기 위한 Telemetry Frame 의 구조를 다음과 같이 설계하였다.



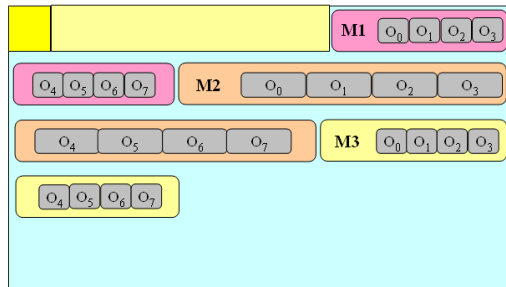
(그림 2 Telemetry Frame Composition)

(그림 2)에서와 같이 200 바이트의 Telemetry Frame 에서 앞부분에 Telemetry Packing 을 위한 Header 를 위치시킨다. Header 에는 Packing 하고자 하는 Mom 의 개수를 1 바이트로 나타내고, 이어서 각각의 Mom ID 를 표시하게 된다. Mom ID 가 2 바이트의 크기를 갖기 때문에 Packing 하고자 하는 Mom 의 개수를 n 이라 하면 헤더의 크기는 $1+2n$ 바이트가 된다. 결과적으로 실제 Packing 된 데이터를 저장할 수 있는 Data Buffer Section 의 크기는 $200-1-2n$ 바이트이다.

Data Buffer Section 의 내용을 기록하는 하는 방법은 크게 두 가지로 생각해 볼 수 있다.

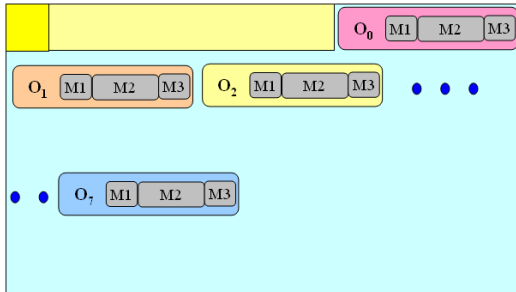
- Mom ID Based
- Minor Cycle Based

Mom ID Based 는 Data Buffer Section 에 Mom ID 별로 데이터를 적는 방식이며, (그림 3)과 같은 형태로 기록하게 된다.



(그림 3 Mom ID Based Method)

Minor Cycle Based 는 매 Minor Cycle 에 생성되는 데이터를 헤더에 설정된 Mom 의 순서대로 기록하는 방식으로 (그림 4)와 같은 구조를 갖는다.



(그림 4 Minor Cycle Based Method)

두 가지 방식 모두 같은 크기의 저장 공간을 차지하나, 기존의 위성 소프트웨어의 설계 관점에서 보면 Minor Cycle Based 방식이 더 유리하다. Mom ID Based의 경우, Data Buffer에 데이터를 적는 경우, 별도로 위치를 계산해야 하는 문제가 있는 반면, Minor Cycle Based 방식은 순차적으로 기록이 가능하다.

6. Capability and Storage Utilization

앞에서 언급한 설계를 적용할 경우, 지상 명령에 의해 최대 19 개의 Mom에 대해 하나의 Telemetry Frame에 Packing이 가능하다.

<표 1 Packing Capability>

Byte Size of Mom				No. of Mom	Total Size
1	2	4	8		
19				19	191
	11			11	199
		5		5	171
			3	3	199
1	1	1	2	5	195
1	3		2	6	197
1	1	3	1	6	197
1	1	5		7	199

<표 1>에서와 같이 1 바이트 크기의 Mom에 대해서는 19 개까지, 8 바이트의 크기를 갖는 Mom (double 형의 데이터)에 대해서는 최대 3 개까지 Packing이 가능하며, 전체 200 바이트의 저장 공간에 199 바이트까지 유효한 데이터를 저장할 수 있어, 전체 공간의 99.5%까지 사용이 가능하다.

7. 설계의 장단점

본 설계를 적용할 경우, 가장 큰 장점은 무엇보다 기존 위성 소프트웨어에 대한 변경 영향이 크지 않다는 점이다. 기존의 큰 틀을 그대로 유지한 채, Data Buffer에 매 Minor Cycle마다 데이터를 적어주는 기

능만을 추가함으로써 Telemetry Packing이 가능하다. 본 설계의 가정하에서 매 Minor Cycle마다 수행해야 할 Operation은 최대 24 byte를 Data Buffer에 적는 것이다. 또한, 저장 공간을 최대 99.5%까지 사용함으로써 Telemetry Frame의 효율적인 활용이 가능하다. Packing해야 할 Mom의 종류나 크기를 사전에 제약하지 않고, 하나의 Telemetry Frame인 200 byte 내에서 자유롭게 설정할 수 있도록 하였다.

그러나 이러한 설계에도 불구하고 추가적인 처리가 발생함으로써 위성 소프트웨어의 전체적인 수행시간이 약간 증가하는 것은 어쩔 수 없는 단점이며, 기존의 Telemetry를 수신하여, 해석하는 지상국 장비 및 소프트웨어에 Packing된 Telemetry를 해석하여 표시하는 부분을 추가 구현해야 한다.

8. 결론

위성의 데이터를 지상으로 전달해주는 Telemetry 기능은 위성의 운영에 있어서 없어서는 안 될 필수적이며 매우 기본적인 기능이다. 본 연구에서는 기존의 Telemetry 생성 방식 및 절차에 대한 변경 없이 새로운 요구 사항인 Telemetry Packing을 구현하기 위한 소프트웨어 설계 방법에 대해 알아보았다. 보다 유연한 설계를 통하여 지상의 요구 사항을 충족시키며, 변경에 따른 영향을 최소화 시킬 수 있었다. 요구되는 수행 시간 역시 크게 증가하지 않아 전체적으로 위성 소프트웨어에 대한 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

앞으로 다수의 Telemetry Frame에 대하여 Packing을 수행하거나, Minor Cycle의 n배의 주기를 개별 Mom에 적용하도록 하는 방식에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Software Requirement Specification, KARI
- [2] TLM Minor Cycle Sampling, 신현규, KARI