

KSLV-1의 신호 수신·처리를 위한 원격측정 지상국시스템의 자료처리시스템 개발

마진아*, 권순호**, 오창열***, 이효근****

The Data Processing System Development of Telemetry Ground System for Korean Space Launch Vehicle-1

Jin-A, Ma*, Soon-Ho, Kwon**, Chang-Yul, Oh***, Hyo-Keun, Lee****

Abstract

The on-board telemetry system of KSLV-1 transmits telemetry signal for the launch vehicle and satellite to ground telemetry system in real time. In ground telemetry system, antenna system acquires telemetry signals and transfers these to data processing system. Data processing system processes and records telemetry data and distributes it to each mission operator in order to monitor it the operation goes well or not. This document describes the configurations and functions of data processing system designed for efficient and appropriate processing of telemetry data.

초 록

KSLV-1의 탑재 시스템은 발사 전부터 발사 후 임무 종료 시까지 발사체 및 탑재위성에 대한 각종동작상태 및 특성에 관한 제반자료를 원격측정 지상국시스템으로 전송한다. 원격측정 지상국시스템의 안테나시스템은 이러한 원격측정신호를 실시간으로 획득한 후 자료처리시스템으로 공급하고, 자료처리시스템은 수신한 텔레메트리 데이터를 처리·저장한 후 임무진행자들에게 분배하여 발사 진행시 발사임무진행을 위한 판단자료로 활용하도록 한다. 본 논문에서는 KSLV-1 으로부터 텔레메트리 신호를 수신한 후 효율적이고 안정적인 데이터처리과정을 위한 최적의 자료처리시스템의 구성 및 기능을 제시하였다.

키워드 : KSLV-1, 원격측정(Telemetry), 자료처리시스템(Data Processing System), QLM

1. 서 론

KSLV-1(Korean Space Launch Vehicle-1, 국내 위성발사체)은 1단과 2단부에 별도의 원격측정시

스템(On-board Telemetry System)을 탑재하고, 발사체의 발사전부터 최종적으로 인공위성을 궤도에 투입하기까지 지속적으로 독립적인 2개의 텔레메트리 신호를 지상국으로 전송한다. 텔레메트리 신호는 발사체의 각종 비행정보 및 동작상

* 기술관리팀/jama@kari.re.kr

*** 기술관리팀/ocy@kari.re.kr

** 기술관리팀/kwonsho@kari.re.kr

**** 기술관리팀/hklee@kari.re.kr

태에 관한 종합적인 정보로서 발사 시 임무진행의 판단자료로 활용된다. 안정된 신호 수신을 위해 원격측정 지상국시스템(Telemetry Ground System)은 발사체의 비행궤적과 국내외 지리적인 환경 및 기술의 안정성을 고려하여 국내지상국 3곳(센터지상국, 제주지상국 1,2국)과 해외 다운레인지 지상국으로 구성된다.

KSLV-1으로부터 전송된 텔레메트리 신호를 수신·처리하기 위해서 원격측정 지상국시스템은 신호 획득을 위한 안테나시스템과 획득한 신호를 처리하는 자료처리시스템으로 구성된다. 위성발사체 발사 시에는 예상치 않은 위험상황이 발생할 수 있기 때문에 임무 진행자들은 실시간으로 발사 진행상황을 모니터링 해야 한다. 따라서 안정적인 신호 수신과 더불어 수신된 신호의 실시간 처리 및 분배과정은 임무 진행에 있어 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 원격측정 지상국시스템의 자료처리시스템(Data Processing System)의 구성 및 기능에 대하여 기술하였다.

2. 본 론

2.1 자료처리시스템의 구성

원격측정 지상국시스템은 IRIG(Inter-Range Instrumentation Group)표준을 따르며 Asynchronous Embedded 형식의 데이터를 포함한 2개의 PCM 스트림을 동시에 수신한 후 저장과 동시에 실시간으로 처리하여 발사 진행시 임무진행자들에게 분배, 표시되도록 한다.

이를 위해 자료처리시스템은 자료처리기(DPS: Decommuration & Processing System)와 신호선택기(BSS: Best Source Selector)로 구성된다. 자료처리기는 센터지상국, 제주지상국 1,2국과 해외 다운레인지 지상국에 설치·운영되고, 신호선택기는 센터지상국에 설치·운영된다.

발사 진행시 각 지상국의 자료처리기는 KSLV-1으로부터 전송되는 1단과 2단 텔레메트리 신호를 수신한 후 각 단별로 주요 임무데이터인 QLM(Quick Look Message)을 생성하여 센터지상국에 설치된 신호선택기로 전송한다. 단 다운

레인지 지상국은 1/2단 분리 이후 2단 텔레메트리 신호만 수신 및 처리한다. 신호선택기는 각 지상국으로부터 수신된 QLM의 품질정보를 비교·분석한 후 최상의 데이터를 선택하여 발사통제동의 비행정보중앙처리시스템(CDPS: Central Data Processing System) 및 비행안전통제센터(RSC: Range Safety Center) 등으로 전송한다. 자료처리시스템에서의 신호 및 자료처리 흐름은 그림 1에 나타내었다.

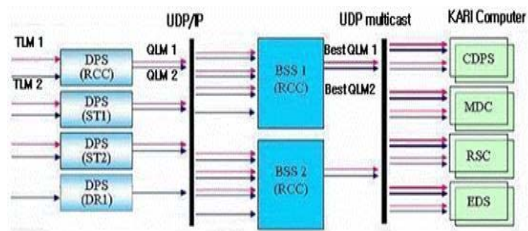


그림 1. 자료처리시스템 구성도

2.2 자료처리기

2.2.1 자료처리기의 구성 및 기능

자료처리기는 SAM(Acquisition System), SPE(Management System), SVM(Visualization System)으로 구성되며 NDA(Network Distributed Architecture)로 서로 연결된다. SPE는 각 서브시스템의 환경설정을 구성하며, SAM은 데이터 획득, 처리, 저장 및 분배를 담당하고 SPE와 SVM은 데이터 표시를 담당한다. 자료처리기의 구성은 그림 2와 같다.

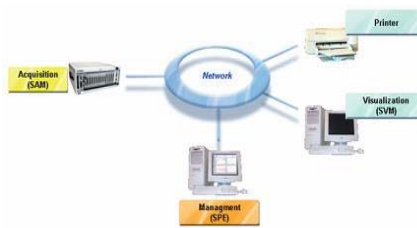


그림 2. 자료처리기 구성도

SAM(Acquisition System)은 발사 진행시 모든

데이터를 획득하여 처리한 후 QLM을 생성하여 신호선택기로 전송한다. 이와 같은 기능을 위해 SAM의 구조는 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 프레임 동기화기: 2 PCM 스트림의 입력에 대해 2개로 구성되며(1 PCM 스트림에 1개의 동기화기) 초당 10bit~10Mbps까지 처리 가능.
 - Decommulator: 입력되는 PCM 스트림을 Minor Frame단위로 동기, Main Processor로 전송
 - IRIG Time Reader: 매 Minor Frame에 IRIG-B Time 정보를 삽입
 - Simulator: 자료처리 기능을 시험하기 위해 IRIG 표준을 따르는 PCM 신호를 생성
- A/D 변환기(AGC Board): AGC(Auto Gain Control)신호를 획득하여 100Hz이상의 샘플링으로 2 PCM 스트림에 대한 AGC Data를 생성
- Main Processor: 획득된 PCM 스트림의 처리, 저장, 분배를 위한 응용 S/W
- 저장장치(Data Disk): 획득 및 처리된 데이터들의 저장을 위한 자체 하드 디스크. 시스템 저장 오류에 대비해 저장된 데이터의 손실 없이 복구가 가능하도록 시스템설정에 대한 이미지 파일(백업 파일)이 포함되어 있음.

따라서 발사 진행시 SAM에서 수행되는 자료처리기능 및 성능을 요약하면 다음과 같다.

- 2개의 PCM 스트림 획득(10bps~10Mbps)
- AGC Data 획득
- AEF, 텔레메트리 데이터를 추출한 후 물리적인 값으로 변환(EU conversion: QLM 생성을 위한 연산은 초당 300,000회이며 표시를 위한 연산은 초당 100,000회)
- 각 PCM 스트림에 대해 QLM 생성 및 신호선택기로 전송(QLM 생성율은 10Hz~50Hz로 최대 500개의 파라미터를 포함가능)
- SAM의 상태 및 PCM 스트림에 설정된 알람 검출정보를 SPE와 SVM에 전송

- 추출 및 처리된 데이터의 표시를 위해 SPE로 전송
- 획득한 PCM 스트림 및 처리된 데이터, QLM을 실시간으로 저장.

SPE(Management System)는 자료처리 시스템을 총괄관리하며 발사 전 서브시스템(SAM, SPE, SVM)의 Set-Up정보를 설정한다. 발사 진행시 SPE는 SAM의 데이터 획득을 제어하며(start/stop), 10Hz 주기로 최대 200개의 파라미터를 표시한다. SPE는 바, 곡선, 막대 그래프 등 여러 방식으로 파라미터를 표시한다. 발사 진행시 SAM에서 모든 데이터를 처리 및 저장 수행하며, 발사 후 자동으로 SAM에 저장된 데이터들이 SPE로 복사되어 저장된다. SPE의 저장장치도 시스템 저장오류에 대비하여 시스템설정에 대한 이미지 파일(백업 파일)을 포함하고 있다.

SVM(Visualization System)은 SPE의 백업 시스템으로 발사 진행시 10Hz 주기로 최대 200개의 파라미터를 표시한다. SPE와 SVM의 H/W 및 S/W 구성은 같으므로 SPE에 문제 발생시, 발사 전 사용자에게 의해 수동으로 전환하여 발사 진행시 SVM에서 SPE기능을 수행하도록 전환이 가능하다. 또한 SVM은 데이터 저장을 하지 않으므로 SPE에서 데이터를 가져온 후 분석을 수행해야 한다.

2.2.2 KSLV-1의 2단 텔레메트리 포맷

2단 텔레메트리 신호(데이터)는 로켓과 항공기와 같은 비행체에 널리 사용되는 IRIG (InterRange Instrumentation Group)-106의 포맷을 따르며 3개의 AEF(Asynchronous Embedded Format)를 포함한다. 각 Minor Frame은 Synchronization code, Minor Frame의 구분자인 SFID, 3개의 AEF를 포함한 여러 텔레메트리 데이터, 전송 중 발생할 수 있는 Frame내의 오류를 검출하기 위한 Checksum code로 구성된다. 2단 텔레메트리 신호의 bit rate는 640Kbps이며, Minor Frame의 생성율은 1.25ms이다. 하나의

Major Frame은 80개의 Minor Frame으로 구성되며, 이는 모든 텔레메트리 데이터가 최소한 1번 이상 포함됐음을 의미한다. KSLV-1의 2단 PCM 프레임 포맷의 예는 표 1과 같다.

표 1. KSLV-1의 2단 PCM 프레임 포맷

		AEF 1		AEF 2		AEF 3					
NO	VI	VI2	VI4	AEF1	AEF2	AEF3	AEF2	AEF3	AEF1	v30	v33
0	Sync	Sync	SFID	AEF1_Sync	AEF2_Sync	AEF3_Sync				CHK	SUM
1	Sync	Sync	SFID							CHK	SUM
...
31	Sync	Sync	SFID						CHK	SUM	
32	Sync	Sync	SFID	AEF1_Sync	AEF2_Sync	AEF3_Sync				CHK	SUM
33	Sync	Sync	SFID							CHK	SUM
...
63	Sync	Sync	SFID						CHK	SUM	
64	Sync	Sync	SFID	AEF1_Sync	AEF2_Sync	AEF3_Sync				CHK	SUM
...
80	Sync	Sync	SFID						CHK	SUM	

각 지상국의 자료처리는 텔레메트리 신호를 획득한 후 Minor Frame 단위로 데이터를 추출하며, 각 Minor Frame에 Minor Frame Header를 덧붙여서 처리 및 저장한다. Minor Frame Header는 10byte로 수신시각(IRIG-B) 8byte와 품질정보 2byte로 구성된다. 품질정보는 Sync Pattern, SFID, Parity, Bit Slip error를 의미한다.

2.2.3 QLM Packet의 포맷

자료처리는 수신된 PCM 프레임에서 발사 진행판단에 필요한 발사체의 성능 및 비행 상태, 위치데이터 등 주요 임무데이터만을 추출한 후, QLM(Quick Look Message) Packet을 생성하여 신호선택기로 전송한다. QLM은 Minor Frame의 수 또는 AEF에 동기화되어 생성되며 10Hz~50Hz의 생성율을 가진다. QLM 포맷의 길이는 운용자의 설정에 따라 고정 또는 가변적일 수 있다. N개의 Minor Frame마다 QLM이 생성될 경우, 첫 번째로 생성되는 QLM Packet에 포함되는 QLM파라미터가 두 번째 QLM Packet에는 포함되지 않을 수도 있다. QLM이 고정 포맷일 경우에는 QLM파라미터들은 매 QLM Packet마다 포함되어야 한다. 따라서 두 번째 QLM Packet의 QLM파라미터 값은 첫 번째 QLM Packet에 이

는 값을 그대로 사용하게 된다. QLM이 가변 포맷일 경우에는 시간에 따라 변하지 않는 파라미터를 중복하여 보낼 필요가 없으므로, 변환된 파라미터만을 QLM Packet에 포함하여 보내도록 설정하는 것이다. 따라서 불필요한 대역폭의 할당을 줄일 수 있으며, 보다 효율적인 데이터 처리가 가능하다. QLM Packet의 상세구조는 그림 3과 같다.

NDA Header Class = Data Code = 0x1001	Qualifies factors	QLM date	Value 1 (Q-ID 2, T 3, V 1.3) or (Q-ID 2, V 1.3)	...	Value V (Q-ID 2, T 3, V 1.3) or (Q-ID 2, V 1.3)
24	20	8	3.13	3.13	3.13

← ≤ 6552 bytes →

그림 3. QLM Packet 포맷

i) NDA Header

자료처리내의 서브시스템(SAM, SPE, SVM) 간에는 NDA 프로토콜을 통해 데이터를 교환한다. NDA Header는 NDA Sync, 각 지상국을 구분하는 Source 번호, QLM Packet의 길이, QLM Packet의 ID, 1,2단을 구분하는 Channel 번호 등 QLM의 정보를 포함한 총 24byte로 구성된다. NDA Header의 상세구조는 그림 4와 같다.

Sync	Rev	Src	Dest	RSV	Class	Code	Length	Type	ID	RSV	Channel	RSV
3	1	2	2	1	1	2	2	1	4	1	1	2

그림 4. NDA Header

ii) Quality Factors

QLM Packet에 포함된 Quality Factor를 통해 신호선택기는 각 지상국에서 수신한 QLM의 품질을 비교할 수 있다. QLM Factor는 AGC, CRC, MFQ, LOCK, PARITY로서 그림 5에 나타난 위치에 각 4byte씩 할당된다.

AGC	CRC	MFQ	LOCK	PARITY
4	4	4	4	4

그림 5. Quality Factors

모든 Quality Factor값은 0과 1사이의 값으로 정규화되며, 0의 값이 가장 좋은 품질을 나타낸다. 운용자는 선택적으로 Quality Factor를 사용할 수 있으며 사용하지 않을 경우 Quality Factor에 할당된 4byte는 0값으로 처리된다. 사용할 경우에는 알고리즘에 의해 Quality Factor가 계산되며 각 Quality Factor의 알고리즘은 다음과 같다.

- AGC(Auto Gain Control): 아날로그 AGC값이 수신기로부터 SAM으로 입력되면 A/D 변환기에 의해 디지털 데이터로 변환된다. AGC는 각 단별로 얻어지며, AGC Factor는 QLM 생성기간 동안 획득한 AGC값의 평균값을 나타낸다. AGC 샘플링 주기는 100Hz이다.
- CRC(Cyclic Redundancy Check): CRC는 송신측에서 보낼 데이터에 임의의 다항식을 적용하여 결과로 얻어진 값을 데이터에 덧붙여 전송하면, 수신측에서 데이터에 같은 다항식을 적용하여 그 결과를 송신측이 보내온 결과와 비교하여, 통신링크로 전송되어온 데이터내에 에러가 있는지 확인하기 위한 오류검출방법이다. 자료처리기는 CRC Factor로 CRC와 Checksum을 선택적으로 사용하도록 구성되어있다. Checksum 역시 송신측에서 전송 데이터의 가장 마지막에 보낼 데이터들을 모두 합한 합계를 보내면, 수신측에서 계산을 통해 나온 값과 비교하는 오류검출방법 중의 하나이다. KSLV-1의 데이터는 Minor Frame에 Checksum값을 포함하므로 운용자는 CRC Factor 설정 시 Checksum방식을 선택해야 한다. 이 경우 CRC Factor는 QLM 생성기간 동안 Minor Frame의 Checksum값을 검사하여 “일치하지 않은 경우의 수 / 총 검사된 수” 를 나타낸다.
- MFQ(Minor Frame Quality): MFQ는 SAM의 프레임 동기화기에 의해 얻어지며 프레임 동기화기는 매 Minor Frame에 아래의 항목을

검사한다. MFQ Factor는 QLM 생성기간동안 Minor Frame의 MFQ항목을 검사하여 “오류 검출 수 / 총 검사된 수”를 나타낸다.

- Minor Frame Sync: 3 Word의 각 Bit가 정확히 일치하는 지 체크
- Minor Frame SFID: SFID 체크
- Time Stamp: Minor Frame의 시각 체크 (Minor Frame Cycle: 1.25ms)
- Slip Bit: Minor Frame의 길이 체크(미달/초과)
- LOCK: 프레임 동기화기가 lock되지 않았을 경우 자료처리기는 Minor Frame을 수신할 수 없다. LOCK Factor는 QLM 생성기간동안 “유실한 Minor Frame 수 / 예상된 Minor Frame의 수”를 나타낸다.
- PBC(Parity Bit Count): 패리티 비트는 정보의 전달 과정에서 발생하는 오류를 확인하기 위해 원래의 정보에 덧붙이는 비트를 의미한다. 송신측에서 주어진 자료의 비트열에 검사 비트(패리티 비트)를 하나 추가하여, 비트열 전체에 있는 1의 개수를 항상 홀수 개나 짝수 개가 되도록 유도한 후 수신측에서 확인하여 전송오류를 검사하는 오류검출방식이다. Minor Frame의 각 Word에 패리티 비트를 설정할 경우, PBC Factor는 패리티 비트 오류 검출 수를 나타낸다. 패리티 비트오류가 없을 경우는 PBC Factor는 0, 패리티 비트오류가 한번 나타날 경우엔 0.1, 패리티 비트오류가 두 번 나타날 경우는 0.2로 패리티 비트 오류수는 누적되며 패리티 비트오류가 10번 이상일 경우 PBC값은 1로 할당된다. KSLV-1의 데이터는 패리티 비트를 사용하지 않으므로 PBC Factor 값은 0으로 처리된다.

iii) QLM Date

QLM Packet의 생성시간을 의미하며 1970년 1월 1일 이후의 시간을 초단위로 계산한 절대 시간을 나타낸다. QLM Date는 QLM Packet의 첫 번째 QLM파라미터의 시간과 같게 할당된다.

iv) QLM Value

QLM Value는 Header와 Parameter Value(실제 데이터값)로 구성된다. QLM Value의 상세구조는 그림 6에 나타내었다.

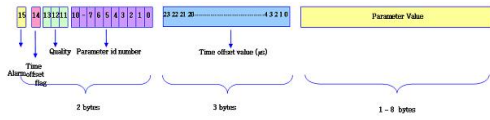


그림 6. QLM Value Format

각 구성요소들의 설명은 다음과 같다.

- Header: QLM Header는 총 5byte로 첫 2byte는 알람, Time offset flag, Quality, Parameter ID번호를 나타내며 다음 3byte는 Time offset value를 나타낸다. QLM Packet의 시간(QLM Date)은 첫 번째 QLM Parameter의 시간이므로 첫 번째 Parameter는 Time offset value를 갖지 않으며, 두 번째 Parameter부터 QLM Date와 시간이 다르므로 QLM Header의 Time offset flag가 1로 설정되고 시간 차이값이 Time offset value에 할당된다. 3bit의 Quality bit는 Parameter의 품질로 0은 No error, 1은 Parity bit Error, 2는 SFID Error, 3은 CRC Error를 의미한다.
- Parameter Value: Parameter Value의 길이는 Format에 따라 달라진다. Parameter의 Format이 unsigned integer와 signed integer인 경우는 1,2,4,8byte 중 선택가능하며, float은 4byte, double은 8byte이다.

QLM Value는 구성요소에 따라 최소 3byte (Time offset value를 갖지 않으며 Parameter Format이 unsigned/singed integer인 경우)에서 최대 13byte(Time offset value를 갖으며 Parameter Format이 double인 경우)로 구성된다. 이에 따라 QLM Packet의 길이는 다음 공식(1)에 의해 얻어질 수 있다.

$$NDA\ Header(24) + Quality\ Factor(20) + QLM\ Time(8) + \sum_{value=0}^{Value=N} Parameter\ Value\ size(3\sim 13) \quad (1)$$

2.2.4 후 처리시 자료처리기

발사 진행시 각 자료처리기는 Minor Frame에서 주요 임무데이터인 QLM을 추출하여 두 대의 신호선택기로 전송한다. 신호선택기는 수신한 QLM 중 가장 품질이 좋은 QLM을 선택한 후 실시간으로 발사통제동의 여러 시스템으로 전송하여, Best QLM이 발사진행의 판단자료로 활용되게 한다. 한편 발사 후에는 전체적인 발사진행 분석을 위해서 QLM 데이터를 포함한 모든 텔레메트리 데이터의 분석이 요구된다. 따라서 가장 품질이 좋은 Best Minor Frame을 생성하기 위해, 각 지상국의 자료처리기에 저장된 Minor Frame File은 FTP(File Transfer Protocol)를 통해 신호선택기로 전송된다.

2.3 신호선택기

2.3.1 신호선택기의 기능

효율적인 발사임무수행을 위해서는 각 지상국 자료처리기로부터 중복하여 수신한 신호들 중 양질의 신호만을 선택하여 실시간 임무에 사용할 수 있도록 하는 최상의 신호선택기능이 필요하다. 신호선택기(BSS: Best Source Selector)는 각 지상국으로부터 수신한 데이터의 시간정보를 확인하여 동일한 신호수신시간을 가진 데이터 프레임의 Quality 정보를 검사하여 가장 품질이 좋은 데이터를 선택하게 된다. 신호선택기의 데이터선택기능은 크게 두 가지로 구분된다. 발사 진행시에는 Best QLM(Quick Look Message)을 선택 및 저장하며, 후 처리시에는 각 지상국에서 수신한 텔레메트리 데이터를 이용하여 전체 발사과정에 대한 Best Minor Frame을 생성하여 처리한다.

데이터 처리의 안정성을 높이기 위하여 신호선택기는 이중화로 구성된다. 2대의 신호선택기는 동일한 성능을 가지고 발사 진행시 동시에 운

용되며, 발사통제동의 각 시스템에서 신호선택기를 선택하여 데이터를 수신하게 된다. 또한 신호선택기는 신호선택기능뿐만 아니라 신호획득기능을 제외한 자료처리의 모든 자료처리기능이 가능하다.

2.3.2 발사 진행시 신호선택기의 알고리즘

모든 지상국의 자료처리는 실시간으로 1, 2 단 텔레메트리 데이터를 수신한 후 각 단별로 주요 임무데이터인 QLM을 생성하여 센터지상국의 두 대의 신호선택기로 전송한다. 따라서 각 신호선택기는 센터지상국, 제주지상국 1,2국과 다운레인지 지상국으로부터 총 4개의 QLM1과 4개의 QLM2를 수신하게 되고, 1초마다 QLM의 Quality Factor를 이용하여 QLM의 품질을 검사한 후 Best QLM1, Best QLM2를 선택하여 발사통제동의 각 시스템으로 분배한다. 발사 진행시 텔레메트리 데이터의 흐름은 그림 7과 같다.

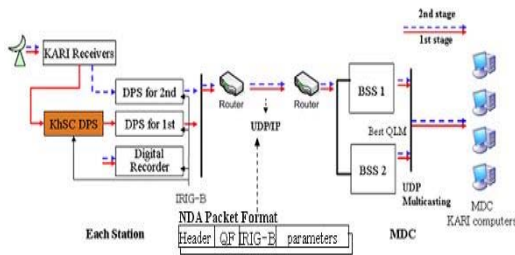


그림 7. 발사 진행시 텔레메트리 데이터의 흐름도

신호선택기는 아래 그림 8과 같이 수신한 QLM들의 Quality Factor별로 평균을 취한 후 임의의 계수값(C1, C2...)을 곱한 값을 모두 더하여 BSS_Factor값을 산출한다.

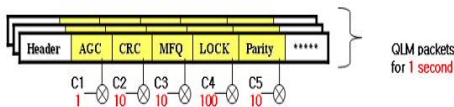


그림 8. BSS_Factor 계산식

Quality Factor의 계수값은 중요도에 따라 신호선택기 환경설정 시 사용자가 임의로 지정할 수 있다. Lock Factor는 데이터의 유실을 의미하므로 다른 Quality Factor보다 중요도가 높기 때문에 계수값을 100으로 지정한다. CRC, MFQ, PBC Factor는 모두 수신된 데이터의 오류 검출 값을 의미하므로 계수값을 10으로 지정한다. AGC Factor는 수신된 신호레벨의 품질에 관련된 것으로 데이터의 직접적인 유실이나 오류를 의미하지 않으므로 계수값을 1로 지정한다. 따라서 BSS_Factor 계산식은 다음 공식(2)와 같으며, 가장 적은 BSS_Factor 값을 가진 QLM이 가장 좋은 품질의 데이터를 의미한다.

$$\text{Avg(AGC)} * 1 + \text{Avg(CRC)} * 10 + \text{Avg(MFQ)} * 10 + \text{Avg(LOCK)} * 100 + \text{Avg(PBC)} * 10 \quad (2)$$

발사 전 신호선택기는 기본값으로 센터지상국내 자료처리를 선택하며, 발사 진행시 각 QLM의 품질에 따라 임의의 지상국 자료처리를 선택하게 된다. 신호선택기가 각 QLM의 BSS_Factor를 비교 후 가장 값이 적은 QLM을 전송하는 지상국의 자료처리를 선택하게 되면, 선택된 자료처리의 QLM이 Best QLM으로 선택되어 발사통제동의 여러 시스템으로 전송된다. 또한 신호선택기는 각 지상국으로부터 수신된 4개의 QLM과 선택된 자료처리의 QLM을 발사통제동의 시스템에 전송하기 직전 별도의 File에 저장함으로써 Best QLM을 저장한다. 따라서 신호선택기는 각 단별로 5개의 QLM을 저장한다.

2.3.3 후 처리시 신호선택기의 알고리즘

모든 지상국의 자료처리는 후처리 분석을 위해 발사 진행시 저장한 텔레메트리 데이터를 FTP(File Transfer Protocol)를 통해 센터지상국내의 두 대의 신호선택기로 전송하게 된다. 따라서 신호선택기는 각 단별로 센터지상국, 제주지상국 1,2국과 다운레인지 지상국으로부터 총 4개의 Minor Frame File을 수신하게 되고, Minor Frame단위로 BSS_Factor를 산출하여 Minor

Frame의 품질을 비교한 후 Best Minor Frame File을 생성한다. 단 AGC Factor를 위한 AGC D 데이터는 별도의 File로 저장되어 신호선택기로 전송되므로, 먼저 Minor Frame과 AGC File을 동기시킨 후 각 Minor Frame의 Quality Factor를 산출한다. Quality Factor 산출 시 QLM 생성 시간 동안이 아닌, 하나의 Minor Frame을 기준으로 계산한다는 것만 제외하면 Minor Frame의 Quality Factor 의미 및 알고리즘은 QLM의 Quality Factor와 동일하다. 후 처리시의 텔레메트리 데이터의 흐름은 그림 9와 같다.

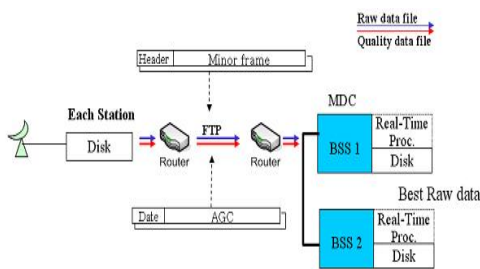


그림 9. 후 처리시 텔레메트리 데이터의 흐름도

신호선택기는 기본적으로 센터지상국내 자료 처리기의 첫 Minor Frame을 기준으로 시작하여 다른 지상국의 자료처리기에 저장된 동일한 Minor Frame을 검색한다. 이 때 다른 지상국의 자료처리기에 저장된 Minor Frame을 찾아내기 위해 Minor Frame의 수신시각을 이용하는데, 위성발사체와 각 지상국사이의 거리차이에 의하여 수신시각이 달라질 수 있으므로 어느 정도의 허용오차를 고려해야 한다. 신호선택기는 허용오차 범위내에서 같은 SFID를 포함한 Minor Frame의 BSS_Factor를 비교하여 가장 적은 BSS_Factor를 가진 Minor Frame을 Best Minor Frame으로 선택한다. Best Minor Frame이 선택되면 선택된 Minor Frame의 다음 Minor Frame이 기준 Minor Frame이 되며, 위와 같은 과정을 통해 모든 Minor Frame에 대하여 Best Minor Frame이 선택된다. 선택된 Minor Frame들은 별도의 File에 저장되어 Best Minor Frame File이 생성된다.

2.4 자료처리시스템의 데이터 저장용량

KSLV-1의 발사 과정에서 신호의 수신 및 자료의 기록시간은 발사 약 5분전부터 위성이 분리되기까지 KSLV-1의 비행시간 약 10분을 포함하여 전체적으로 약 15분 정도로 예상된다. 하지만 각 지상국의 자료처리기와 신호선택기는 수신 및 처리 데이터에 대한 비상사태를 고려하여 약 30분 정도 기록할 수 있는 용량을 갖출 수 있어야 한다. KSLV-1의 1단과 2단을 포함한 텔레메트리 신호는 약 4Mbps(1단: 3.2Mbps, 2단: 640Kbps) 이내이며, 자료처리기는 최대 20Mbps(1,2단: 10Mbps)까지 텔레메트리 신호입력에 대하여 처리가 가능하다. 이에 따라 텔레메트리 신호가 4Mbps와 20Mbps일 경우 각 시스템에 저장되는 데이터용량을 산정한 값을 정리해보면 아래 표2와 같다.

표2. 자료처리시스템의 데이터 저장용량

	Data	SAM	SPE	BSS	BSS
Available Capacity		72GB	60GB	60GB	60GB
4Mbps (2stream)	Raw files	1.0GB	1.0GB		5.0GB(5*1.0)
	1 stream : 3.2Mbps				
	Processed parameters file		2.0GB		2.0GB
	2 stream : 640Kbps				
	QLM file	650MB		3.25GB(=5*650)	3.25GB(=5*650)
30min	Total	1.650GB	3.0GB	3.25GB	10.25GB
PCM word = 8 bit					
20Mbps (2stream)	Raw files	5.0GB	5.0GB		25.0GB(5*5.0)
	1 stream : 10Mbps				
	Processed parameters file		10.0GB		10.0GB
	2 stream : 10Mbps				
	QLM file	650MB		3.25GB(=5*650)	3.25GB(=5*650)
30min	Total	5.650GB	15.0GB	3.25GB	38.25GB
PCM word = 8 bit					

데이터용량은 충분한 여유를 고려하여 산정되어졌으며, 텔레메트리 신호가 약 4Mbps일 경우 각 데이터의 용량 계산은 다음과 같다.

- Raw Data (Minor Frame File): $4Mbps/8 * 1800s + 10\% = \sim 1.0GB$
- Processed Parameter: Processed Parameter는 자료처리기의 응용 S/W가 텔레메트리 신호(Raw File)를 획득한 후 각 데이터별로 추출하기 전 단계의 데이터이다. 비슷한 속성(AEF, Sub-Com, Super-Com)의 데이터들을 구분지어 놓은 파일로서, 데이터용량은 2 * Raw Data 이내이다.

- QLM: 1과 2단을 포함하여 500개의 파라미터, 생성율이 50Hz일 경우로 가정한다. $(6552 * 50\text{Hz} + 10\%) * 1800 = \sim 650 \text{ MB}$

2.5 통신망

각 지상국 내부에서의 시스템 설정 및 실시간 자료전송을 위한 통신은 LAN(100Mbps Ethernet)을 이용한다. 지상국간의 통신은, 제주 지상국과 센터지상국은 전용회선을 이용하고 다운레인지 지상국과 센터지상국은 위성통신망을 이용한다. 이런 구성에서는 센터지상국내부의 소요대역폭의 경우 문제가 되지 않으나, 지상국간의 통신에 있어서는 임대망을 사용하기 때문에 대역폭이 민감한 문제가 된다. 향후 망 관리 및 유지를 위해 소요되는 비용을 고려하여 데이터 전송개념을 설계하여야 한다. 따라서 발사 진행 시 2개의 PCM 텔레메트리 신호를 모두 실시간으로 전송하기보다는 실시간 임무수행에 필요한 데이터 즉 QLM만을 전송하고, 전체 텔레메트리 자료는 발사 후 FTP를 이용하여 전송하도록 구성하였다.

제주 및 다운레인지 지상국의 자료처리에서 실시간으로 센터지상국내 신호선택기로 QLM을 전송 시 통신프로토콜은 소요대역폭을 줄이기 위해 TCP/IP방식보다는 UDP/IP방식을 사용하도록 하였다. 또한 신호선택기에서 발사통제동의 각 시스템으로 Best QLM을 전송 시 통신프로토콜은 UDP/Multicast방식을 사용하도록 설계하였다.

2.6 전송시간지연

KSLV-1의 이상 유무를 감지하고 비행중단명령을 내리기까지는 빠른 반응시간이 요구되므로 무엇보다도 데이터 처리 및 분배 과정의 시간을 줄이는 것이 중요하다. 이에 따라 원격측정 지상국시스템이 KSLV-1으로부터 수신한 신호를 처리하여 발사통제시스템들로 분배하기까지 전송시간지연은 최대 200ms가 요구된다.

첫 AEF의 주기가 25Hz이며, QLM이 첫 AEF

에 의해 동기화될 경우 각 지상국에서 획득, 처리된 데이터가 전송망을 통해 신호선택기에 보내진 뒤 발사통제동의 각 시스템으로 전송되는 과정에서 예상되는 시간지연을 다음 그림 10에 나타내었다.

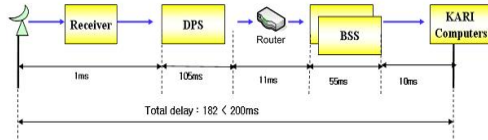


그림 10. 원격측정 지상국시스템내의 시간지연

신호전송지연시간은 크게 다음과 같이 세 부분으로 나눌 수 있다

- 네트워크: 신호전송 시 통신망 자체에서 발생하는 전송지연.
 - 안테나시스템 → 자료처리기: 1ms
 - 자료처리기 → 신호선택기: 11ms
 - 신호선택기→발사통제동내의 각 시스템: 10ms
- 자료처리기: 자료처리기가 수신기로부터 텔레메트리 데이터를 획득하여 Minor Frame과 AEF를 추출한 후 QLM을 생성하여 네트워크로 분배하기까지의 시간. 자료처리기의 프레임 동기화기는 획득한 텔레메트리 데이터가 내부 버퍼(buffer)에 모두 채워졌을 경우에 Main Processor로 전송한다. 이 프레임 동기화기 내부버퍼를 CVT(Current Value Table)라하며 CVT는 Minor Frame의 배수로 이루어진다. QLM을 Minor Frame에 동기시킬 경우 지정한 Hz에 의해 CVT주기가 결정되며, AEF에 동기시킬 경우 CVT주기는 25ms로 고정된다.
 - 텔레메트리 데이터 획득, Minor Frame, AEF 추출, QLM 생성: 75ms
 - 네트워크로 QLM을 전송: 5ms
 - 시스템내부의 지연: 25ms
- 신호선택기: 신호선택기가 각 지상국으로부터 QLM을 획득하여 Best QLM을 선택하여 내부 네트워크로 분배하기까지의 시간.

- QLM 획득: 10ms
- Best QLM 선택한 후 네트워크로 Best QLM을 전송: 20ms
- 시스템내부의 지연: 25ms

따라서 총 신호전송지연시간은 182ms로 요구 조건인 200ms이내를 만족한다. 예상값은 시스템 내부의 지연시간과 모든 전송망에서 가능한 지연 시간을 최대로 고려하여 산출한 값으로 실제 전송시간지연값은 예상값보다 적을 것으로 분석된다.

3. 결 론

원격측정 지상국시스템에서 자료처리시스템의 역할은 발사 진행시와 발사 후 처리시로 구분된다. 발사 진행시 각 자료처리기(DPS)는 KSLV-1에서 전송되는 2개의 PCM 스트림을 수신·처리한 후 QLM(Quick Look Message)을 생성하여 두 대의 신호선택기(BSS)로 전송하고, 신호선택기는 수신된 각 QLM을 품질을 평가하여 가장 품질이 좋은 Best QLM을 발사통제동의 여러 시스템에 공급하여 발사 진행의 판단자료로서 활용하게 한다. 후 처리시 각 자료처리기는 저장장치에 저장된 모든 텔레메트리 데이터(Minor Frame File)를 신호선택기로 전송하고, 신호선택기는 각 Minor Frame마다 품질을 비교평가한 후 양질의 텔레메트리 데이터(Best Minor Frame File)를 생성하여 전체적인 발사업무의 진행 및 요구 성능을 분석할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 자료처리시스템 개발 초기단계에 수행되었던 연구 결과를 바탕으로 실제 시스템의 구성, KSLV-1으로부터 수신될 PCM 데이터 프레임의 포맷과 자료처리기에서 생성하는 QLM 포맷, 신호선택기의 신호선택 알고리즘, 각 시스템의 데이터용량, 신호의 전송지연시간을 분석 정리하였다. 기술한 구성 및 기능을 바탕으로 현재 시스템의 개발 및 시험이 진행 중이며, 보다 높은 신뢰도를 확보한 최적의 시스템을 위한 연구 개발도 병행될 것이다.

참 고 문 헌

1. 이성희 외 “우주센터 원격측정 자료처리시스템 설계”, 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문 초록집, 2003, pp.1~4.
2. 이선익 외 “우주센터 지상 텔레메트리 시스템의 실시간 자료처리 알고리즘 설계” 2004, pp.1-12.
3. KARI S band Telemetry Ground System DECOM system Technical Description NT 200015, 2006.