

국제우주정거장 데이터 인터페이스 시뮬레이터 구현 및 검증

서석배, 김종우, 이주희, 임현수, 최기혁, 최해진

한국항공우주연구원 위성운영센터

sbseo@kari.re.kr

Implementation and Verification of Data Interface Simulator for ISS

Seok-Bae Seo, Jong-Woo Kim, Joo-Hee Lee, Hyun-Su Lim, Gi-Hyuk Choi, and Hae-Jin Choi
Satellite Operation and Application Center, Korea Aerospace Research Institute

요 약

본 논문에서는 국제우주정거장 (International Space Station; ISS) 개발을 위한 필수 요건인 데이터 인터페이스 기술을 습득하고자, 국제우주정거장에 부착되는 탑재모듈 (Payload)과 인터페이스를 위한 요구사항을 분석/설계하였으며, 이를 검증하기 위한 시뮬레이터의 개발결과를 소개한다. 국제우주정거장과 탑재모듈간의 데이터 인터페이스를 정의하고 구현함으로써, 추후 여러 가지 탑재모듈 개발 시 표준 데이터 인터페이스에 대한 기술을 확보할 수 있으며, 탑재모듈의 특성이나 국제우주정거장의 구체적인 기능에 대한 추가 연구를 통해 탑재모듈 개발 ETB (Electrical Test Bed)로서의 기능도 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 국제우주정거장 데이터 인터페이스

국제우주정거장은 지구상에서는 수행할 수 없는 과학적인 연구들을 수행하기 위해 건설되는 우주 실험실로써, 생태학, 화학, 물리학, 생리학, 의학 등의 분야에서 세계적인 연구들이 수행될 예정이다^[1]. 본 논문에서는 탑재모듈에서 생성된 과학데이터를 국제우주정거장으로 전달하는 데이터 인터페이스를 위한 요구사항을 분석하고 설계하여, 추후 여러 가지 탑재모듈 개발 시 필요한 표준 데이터 인터페이스의 방향을 제시하고자 한다.

1.1. 개발목적

국제우주정거장용 데이터 인터페이스 시뮬레이터의 개발 목적은 국제우주정거장과 탑재모듈의 데이터 인터페이스를 분석하고 이를 구현하기 위한 하드웨어와 소프트웨어를 연구함으로써 범용적인 데이터 인터페이스 시스템을 개발하는 것이다. 이는 탑재모듈 개발 시 GSE (Ground Station

Equipment) 개발을 위한 초기연구로써의 의의도 가지고 있으며, 향후 개발될 관련 기기의 국제우주정거장 호환성 시험에도 이용될 수 있다.

1.2. Universal Data Interface Simulator

국제우주정거장의 인터페이스 기술은 크게 데이터 인터페이스, 기계적 인터페이스, 휴먼 인터페이스 (Safety) 로 나누어진다.

UDIS (Universal Data Interface Simulator) 는 국제우주정거장에 장착되는 모든 탑재체들이 공동으로 사용하는 데이터에 대한 인터페이스로, 각기 다른 포맷을 가질 수 있는 탑재체의 명령과 데이터를 국제우주정거장에 적합한 데이터로 상호 변환시키는 기능을 구현한 시뮬레이터이다.

2. UDIS

설계된 UDIS의 구성은 그림 1과 같다. 명령과 상태데이터는 저속인 1553B 통신채널로, 양이 많은 과학데이터는 고속의 FDDI (Fiber Distributed-Data Interface) 통신채널을 통하여 전송되며 전송률은 각각 1Mbps, 100Mbps로 설계되었다^{[2][3]}.

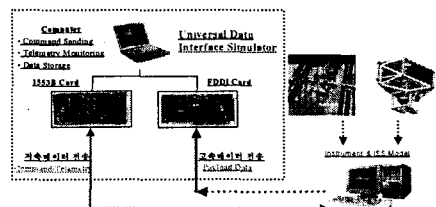


그림 1. UDIS의 구성

2.1 모듈별 기능

UDIS는 시뮬레이터 커널, 탑재모듈, 국제우주정거장모듈로 구성되어 있으며 각각에 대한 기능은 표 1에 정리하였다.

표 1. UDIS 모듈별 기능

Module	Functions
UDIS Kernel	*Command/Telemetry 처리 *1553B 제어 *FDDI 제어 *Simulator 제어 및 조정 초기화, 수행, 정지 및 일시정지 명령 수행 결과 *Command/Telemetry 데이터의 저장 및 유지관리 *시뮬레이션 데이터 디스플레이 및 분석 *현재, 열 제어 상태 모델링 : CMD/TLM
Payload (Instrument)	*데이터 수집 모델링 *1553B 원격 접속 *FDDI 원격 접속
ISS	*고속데이터 인터페이스모듈 FDDI 접속 Instrument 데이터 수신 및 저장 저장 데이터 디스플레이 *저속데이터 인터페이스모듈 1553B 버스제어 접속 Command/Telemetry 디스플레이 Command/Telemetry 생성 및 전송

2.2 데이터 포맷

그림 2는 UDIS의 데이터 포맷을 나타낸 것으로, UDIS와 국제우주정거장 사이에는 우주시스템의 표준으로 널리 사용되는 CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems)를 사용하였고, 탑재체모듈과 UDIS 사이는 다목적위성 아리랑 2호의 MSC (Multi-Spectral Camera)에 사용되는 포맷을 사용하였다^{[4]-[7]}. UDIS와 국제우주정거장 사이의 데이터 포맷은 전송거리가 짧고 명령 및 상태데이터 전송이 빈번히 이루어지는 것을 고려하여 부가정보인 헤더 (Header) 와 테일 (Tail) 이 많지 않은 포맷으로 설계하였다.

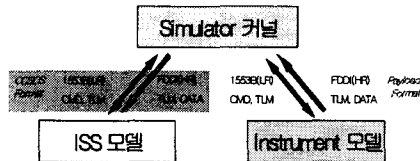


그림 2. UDIS 데이터포맷 흐름도

3. PC에서의 UDIS 구현

본 논문에서는 실제적인 UDIS 하드웨어 제작에 앞서서 범용 PC에서 유사한 기능을 구현하였다.

저속통신인 1553B는 직렬포트로, 고속통신인 FDDI는 LAN포트로 대체하였으며, CCSDS와 아리랑 2호 포맷생성은 임의의 용량의 데이터에 부가정보인 헤더와 테일이 포함된 더 큰 용량의 파일을 생성하는 것으로 구현하였다. 따라서 통신방식과 데이터 포맷에 대한 구현으로 나누고 데이터 포맷에 의해 생성된 결과를 구현된 통신방식으로 전송하는 것이 본 논문에서 제시하는 UDIS 시스템이다.

3.1 통신방식

그림 3은 범용 PC로 구현한 UDIS의 구성도이다.

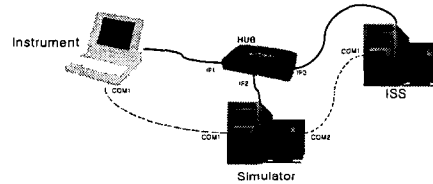


그림 3. UDIS 구현 구성도

UDIS는 2개의 (직렬) COM 포트를 사용하여 국제우주정거장모듈과 탑재체모듈에 명령 및 상태 데이터를 송수신하고, 나머지 모듈은 1개의 COM 포트를 사용한다. 과학데이터는 LAN 포트를 통하여 전송하게 설계되었으며, 각각의 PC에 IP를 할당한 다음 TCP/IP 프로토콜을 이용하였다. 데이터 통신 방식은 각 PC의 2개의 포트에 대해서 임의의 파일을 한 PC에서 다른 PC로 이동한 다음 원본 파일과 전송된 파일을 비교하는 것으로 검증할 수 있다.

3.2 데이터 포맷

국제우주정거장용 명령, 상태데이터, 과학데이터에 대한 일정한 포맷이 없으므로 본 논문에서는 16진수 0부터 16진수 255까지 반복하는 것으로 임의의 용량의 데이터를 만들고, 그 데이터에 각종 부가정보인 헤더와 테일이 정확하게 들어가는지 검증하였다. 3000 bytes의 실험 데이터를 사용하여 데이터 포맷을 구현한 결과는 3000 bytes보다 더 큰 용량의 다른 파일이 생성되는 것이다. 이에 대한 검증은 새로 생성된 파일을 3000 bytes

의 원 데이터와 비교하여 원 데이터와 부가정보인 헤더와 테일이 적절한 위치에 들어가 있는 지로 검사하였다. 본 논문에서는 4개의 데이터 포맷 중 가장 복잡한 CCSDS Command에 대해서 구현하였으며 오류정정부분은 제외하였다. 나머지 3개의 포맷도 유사한 방법으로 구현할 수 있다.

4. 구현 및 검증 결과

4.1 통신 방식

그림 4는 PC에서 구현한 UDIS 프로그램이고, 그림 5는 PC 2대와 노트북 1대로 구성된 UDIS 시스템이다. 사용OS는 Windows 98 SE이고 언어는 Microsoft Visual C++ 6이다. 직렬포트통신 및 LAN포트통신용 TCP/IP는 Windows 98 SE에서 널리 사용되는 프로토콜이므로 구현 및 실험에 문제가 없었다. 1553B를 대신하는 직렬포트통신에서는 2M bytes 실행파일, 21M bytes 음성파일, 236M bytes 동영상파일에 대해서, FDDI를 대신하는 LAN 포트통신에서는 21M bytes 음성파일, 236M bytes 동영상파일, 657M bytes 동영상파일에 대해서 전송실험을 하였다. 여기서 데이터 용량의 수치는 큰 의미가 없으며, 임의로 선정한 각각의 파일들의 크기가 원 파일과 동일한지와, 각각의 파일이 해당 프로그램에서 제대로 동작되는지를 검사하는 것으로 검증하였다. 3개의 시스템, 각각 2개 채널에 대해서 모두 완벽하게 동작함을 확인하였다.

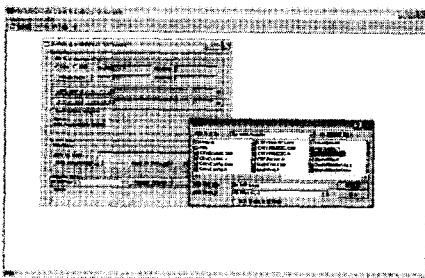


그림 4. 구현된 UDIS 프로그램 실행결과



그림 5. UDIS의 하드웨어 구성의 예

4.2 데이터 포맷

그림 6은 임의로 생성된 3000 Byte의 파일이고, 그림 7은 포맷생성모듈을 통하여 생성된 파일의 일부이다. 파일 용량은 3000 Byte에서 4616 Byte로 1616 Byte가 증가하였고, 각 계층에서 데이터가 없는 부분은 0x00으로 채워져 있음을 볼 수 있다. 그림 12에서 A 부분은 TC 패킷 계층의 헤더영역이고, B 부분은 Segmentation 계층의 헤더영역이다. 계속해서 C 부분은 Frame Construction 계층의 헤더영역, D는 Codeblock의 테일영역, E 부분은 CLTU (Command Link Transmission Unit) Construction의 헤더영역이고 하나의 CLTU Construction의 마지막인 F는 CLTU Construction의 테일영역이다. F 부분에서 다음 CLTU Construction이 시작됨을 볼 수 있는데, G 부분은 다음 CLTU Construction의 헤더, H 부분은 다음 CLTU Construction의 Codeblock의 테일영역임을 알 수 있다. 각각의 영역의 비트별 자세한 내용은 표2에 설명하였다.

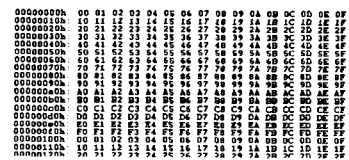


그림 6. 3000 Byte의 입력파일

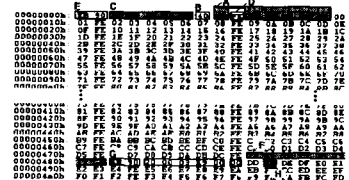


그림 7. 4616 Byte의 데이터 포맷 생성 결과 파일

표 2. 데이터 포맷 생성결과에 대한 의미

	Hexa Value in Fig 12 (LSB) (MSB)	Meaning
A	10 00 C0 00 0B BE	03bits: Version 01Bit : Type 11Bits: Applic. Process ID 02Bits: Sequence Flag 14Bits: Packet Name or Sequence Counter 16Bits: Packet Length
B	40	02Bits: Sequence Flag 06Bits: Multiplexer Access Point ID
C	20 00 03 E9 00	02bits: Version Number 01Bit : Bypass Flag 01Bit : Control Command Flag 02Bits: Spare 10Bits: Space Craft ID 06Bits: Virtual Channel ID 10Bits: Frame Length 08Bits: Frame Sequence Number
D	FE	07Bits: 7 Parity Check Bits 01Bit : Appended Filler Bit
E	EB 90	16Bits: Start Sequence
F	79 79 79 79 79 79 79 C5	64Bits: Tail Sequence
G	EB 90	16Bits: Start Sequence
H	FE	07Bits: 7 Parity Check Bits 01Bit : Appended Filler Bit

그림 7에서 G는 CLTU Construction 계층의 헤더로 결과에서 0x483 마다 반복되며, H는 Codeblock Construction 계층의 헤더로 결과에서 0x08마다 반복됨을 볼 수 있었다. Codeblock Construction에서 마지막 비트는 (63,56) BCH 코드인데, 이번 실험에서는 모두 1의 값으로 세팅하였으며 추후 구현할 예정이다. 데이터의 마지막은 CLTU Construction 계층의 테일인 0x797979797979 7979C5로 끝나며 데이터 부분의 0x00이 아닌 마지막 데이터 0xB7은 원 파일의 마지막 데이터인 0xB7과 동일함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 국제우주정거장용 데이터 인터페이스 시뮬레이터를 설계/검증 하였다. PC의 시리얼포트와 LAN 포트를 이용하여 고속 및 저속 통신 방식을 구현하였으며, 데이터가 저장된 파일에 부가정보인 헤더와 테일을 추가하여 더 큰 파일 용량을 생성하는 것으로 CCSDS Command 포맷을 검증하였다. 추후 연구방향은 구현된 UDIS에 기반한 실제적인 하드웨어 제작과, 국제우주정거장용 범용 데이터 인터페이스 시스템을 구현하는

것으로, GSE 개발과 호환성 시험에 사용할 계획이다.

참고문헌

- [1] KARI, "ISS Home Page," iss.kari.re.kr, 2003.
- [2] Excalibur Systems, "EXC-1553PCI/PM2 User's Manual," www.mil-1553.com, 2003
- [3] SBS Tech. Inc., "dataBlizzard Hardware Manual," www.sbs.com, 2003
- [4] CCSDS Secretariat, "TELECOMMAND Green Book," www.ccsds.org, 2000.
- [5] CCSDS Secretariat, "TELEMETRY Green Book," www.ccsds.org, 1987.
- [6] ELelectoroOPTics Inc., "MSC Command Handbook," www.el-op.co.il, 2003.
- [7] ELelectoroOPTics Inc., "MSC Telemetry Handbook," www.el-op.co.il, 2003.