

정지궤도위성 전장품 성능검증을 위한 전기적 시험장치 개발

Development of Electrical Test Bed for Function Validation of GEO Satellite Electronics Units

*최재동, **구철희
Choi Jaedong, Koo Cheolhae

Abstract - The Electrical Test Bed(ETB) integrates the test environment, required for acceptance tests of system level, prior to FM testing. The ETB will be used for the validation of system-level functions and interface between each subsystem. The ETB supports early functional and limited performance checkout of electrical subsystems. Therefore, it provides the environment for the verification of the Flight Software including AOCS, EPS, and TC&R simulators. These ETB will be composed of engineering version of spacecraft BUS, which are laid on the laboratory table.

Key Words : Electrical Test Bed, Flight Software, AOCS, EPS, TC&R simulators

1. 서론

위성의 전기적 시험장치는 위성 전장품의 비행모델 개발 전 인증모델을 이용하여 시스템 레벨 기능과 각 서브시스템 간의 접속을 검증하기 위해 사용된다. 이것은 또한 탑재컴퓨터에 임베드되는 자세제어계, 전력계 및 원격측정명령계 탑재 소프트웨어의 검증을 위한 환경을 제공한다. 이러한 전기적 지상시험장치(ETB: Electrical Test Bed)는 위성체 버스의 엔지니어링 모델로 구성되며, 전기 지상시험 지원장비(EGSE)는 ETB와 연계하여 시험기간 동안 동작된다.

현재 해외 위성 전장품 개발 업체들은 많은 경험을 기반으로 새로운 전장품에도 쉽게 적용하여 개발할 수 있는 능력 및 환경을 구축하고 있다. 특히, 소프트웨어적으로 처리하는 비행소프트웨어 및 자세제어 로직 등에 있어서는 특별한 기술적 특이성 또는 진보성은 없으나 해외 위성업체들은 많은 실패를 바탕으로 기능과 안정이 보증된 코드를 보유하고 있으며 이것은 단기간 내에 국산화할 수 없는 특성을 갖고 있다.

본 연구에서는 정지궤도위성 전장품 지상검증을 위한 ETB가 개발되었다. 먼저 원격측정명령처리기(CTU: Command Telemetry Unit) 검증을 위한 탑재컴퓨터 운용환경 구축, TCTS(Telemetry Command Test Set) 개발, 탑재컴퓨터용 비행소프트웨어 상세 코딩 및 각 모듈 자체 검증되었다. 자세제어 서브시스템 검증을 위해서 정지궤도위성 동역학, 센서 및 구동기 모델 정립, 16 Hz 자세정보 업데이트가 가능한 실시간 프로그램 개발, 자세제어 서브시스템 모델 상세 코딩 및 각 모듈 자체 검증을 수행하였다. 전력 서브시스템의 검

증을 위해 3kW급 전력변환장치(PCDU: Power Control and Distribution Unit) 하드웨어 제작 및 기능시험을 수행하였다. 또한 ETB를 통한 연동시험이 수행되었으며 시험결과 각 서브시스템의 연동특성이 모니터링 소프트웨어를 통해 확인되었으며, 탑재소프트웨어의 실시간 구동실험을 통해 소프트웨어의 안정성이 확인되었다.

2. 전기적 시험장치 구성

그림 1은 전기적시험장치의 구성 및 접속 다이어그램을 나타낸다. 전기적시험장치는 원격측정명령처리기 및 원격측정명령처리기 시험장치, 전력변환장치, 퓨즈박스 어셈블리(FBA, Fuse Box Assembly), 탑재컴퓨터(OBC, On-Board Computer), 위성체 동역학 시뮬레이터(VDS, Vehicle Dynamic Simulator) 및 주변장치들로 구성되어 있다.

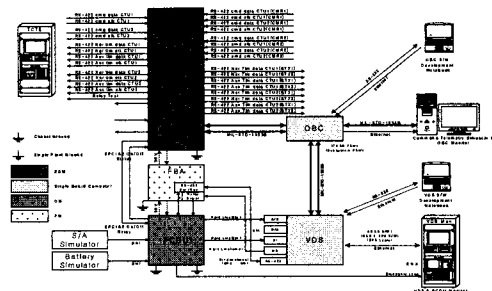


그림 1 전기적시험장치(ETB) 구성 및 인터페이스 다이어그램

저자 소개

* 正 會 員 : 한국항공우주연구원 선임연구원

** 正 會 員 : 한국항공우주연구원 선임연구원

원격측정명령처리기 성능검증모델은 기본적으로 원격측정명령처리기 시험장치와 연결되어 시험되며, 퓨즈박스 어셈

블리를 통해 전력변환장치로부터 생성된 50 V 전원을 입력 받고, 1553B 버스 커플러(Bus Coupler)를 통해 탑재컴퓨터 및 위성체 동역학 시뮬레이터와 인터페이스 된다.

정지제도 대용량 전력변환장치 실험모델은 모의 전원공급을 위해 배터리 시뮬레이터 및 태양전지어레이 시뮬레이터와 인터페이스 되어 있다. 또한 전력변환장치는 위성체 동역학 시뮬레이터의 데이터 획득 보드와 원격측정(Telemetry) 및 원격명령으로 인터페이스 된다.

탑재컴퓨터는 비행 소프트웨어를 내장하고 있고, 1553 버스 커플러를 통해 원격측정명령처리기, 탑재컴퓨터 모니터(OBC Mon, Monitor) 및 위성체 동역학 시뮬레이터와 인터페이스 된다. 위성체 동역학 시뮬레이터는 직접적으로 전력변환장치 및 퓨즈박스 어셈블리와 인터페이스 된다. 또한 1553 버스 커플러를 통해 탑재컴퓨터, 원격측정명령처리기 및 탑재컴퓨터 모니터와 인터페이스 된다.

3. 탑재소프트웨어의 구성

탑재 소프트웨어(FSW: Flight Software)는 탑재 컴퓨터(OBC)에 탑재되어 원격측정명령 및 텔레메트리 처리, 위성의 전력운용관리, 자세제어 및 궤도제어 기능을 담당하며 그림 2와 같이 구성되었다.

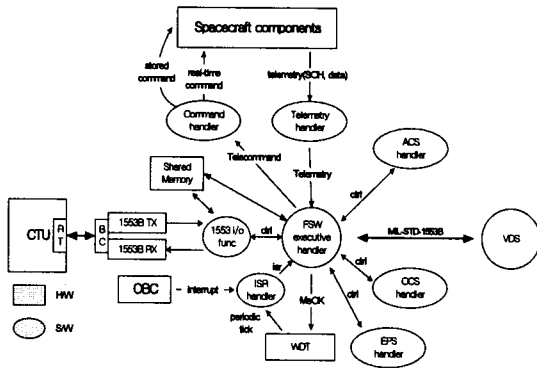


그림 2 탑재소프트웨어 구성도

원격측정명령처리를 위해 FSW는 OBC의 MIL-STD-1553B 버스를 BC(Bus Control) 모드로 설정하며 원격측정명령처리기는 내부 프로그램에 의해 RT(Remote Terminal)로 설정된다. FSW의 명령 처리는 폴링(Polling)에 의해서 처리된다. FSW는 원격측정명령처리기를 MIL-STD-1553B 데이터 버스를 통해 4Hz로 폴링하고 만약 원격측정명령처리기가 원격 명령 데이터를 가지고 있으면 가져와 처리한다. 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 MIL-STD-1553B 데이터 버스를 사용할 때 명령 데이터 부분을 먼저 가져오고 그 후에 원격측정명령처리기의 상항명령 플래그(원격측정명령처리기가 전송할 명령을 가지고 있는지에 대한 플래그)를 가져와 확인한다.

FSW가 지원하는 원격명령은 단일 원격명령(Single Command)과 테이블 업로드 명령(Named Table Load Command)이다. 단일 원격명령은 한번에 하나의 명령을 실행

하는 명령이다. 테이블 업로드 명령은 FSW의 특정 모듈의 운용 데이터를 지상 관제국에서 다른 것으로 교체할 때 사용하는 것으로 일반 원격 명령에 데이터가 덧붙여져서 지상 관제국으로부터 전송된다.

텔레메트리 처리는 FSW에서 수집하고 포맷하여 원격측정명령처리기로 전달되어 지상 관제국으로 전송된다. FSW에서 처리하는 텔레메트리는 FSW 내부의 소프트웨어 로직에서 생성된 텔레메트리와 OBC와 연결된 위성 부품 인터페이스 장치로부터 MIL-STD-1553B 버스를 통해 전송받은 텔레메트리이다. 텔레메트리 처리는 단순히 텔레메트리를 수집, 포맷 및 원격측정명령처리기로 전송하는 3 단계를 거친다.

자세제어 소프트웨어는 먼저 OBC(On-Board Computer)와 16 Hz 이상으로 통신이 가능해야 하며, 전력변환장치와 1/8 Hz로 모든 데이터 송수신이 가능해야 한다. 또한 VDS 소프트웨어의 변수값들을 모니터링하고 저장할 수 있는 외부 장치(DPS)와 전기적통합시험 동안에도 통신이 가능해야 한다. 전력변환장치 구동을 위한 디지털 명령 전달 및 텔레메트리를 읽을 수 있어야 한다.

4. 전기적 시험장치 통합시험

ETB 통합시험은 원격측정명령처리장치내 목표 프로세서의 내부와 외부 기능, 소프트웨어 명령/텔레메트리 입력과 출력에 집중된다. 자세제어 서브시스템은 동역학 시뮬레이터를 포함한 자세제어 부품들의 시뮬레이션을 수행한다. 전력계는 위성운영모드동안 전력 분배 및 모니터링에 집중된다.

4.1 자세제어 모듈 연동시험

그림 3은 통합시험용 탑재소프트웨어 중 자세결정 및 자세제어를 관장하는 ACS(Attitude Control System) 모듈과 위성체 및 각 자세제어계 성분들을 모델링한 VDS 시스템 성능을 연동하여 시험한 결과들이다. 자세 초기 오차를 요측, 롤측, 피치측에 대해 각각 0.3, 0.1, -0.2 deg로, 각속도는 0.01, -0.01, 0.01 deg/sec으로 설정하고 VDS와 ACS를 연동하여 시험하였을 때 VDS 모델에 의한 결과와 자세결정을 통해 산출된 결과를 비교한 것이다. 이때, 자세각 결과는 센서 모델의 Bit 변환 오차를 나타내기 위해 확대하여 나타내었다.

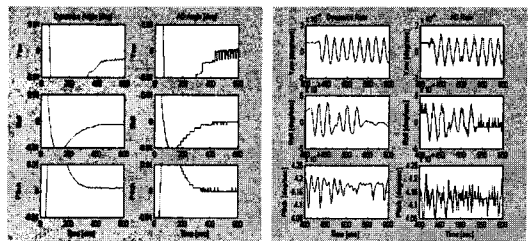


그림 3 ACS 모듈의 자세결정 결과

4.2 EPS 모듈 연동시험

그림 4는 연동시험 EPS와 VDS간의 수행결과로서 시간에 따른 방전전류의 변화를 보여주고 있으며 그림 5는 연동 시험으로부터 얻은 SOC의 변화값을 나타낸다. SOC 는 1에

서 시작하여 점차 감소하며 대략적으로 0.9 근방에서 그 값이 유지됨을 확인할 수 있다. 그림 6은 탑재컴퓨터로부터 전송된 배터리 충전명령에 대한 수행결과를 보여준다.

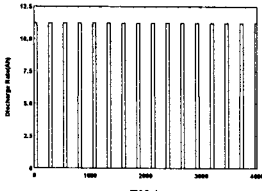


그림 4 방전전류 (EPS-VDS 연동시험 결과)

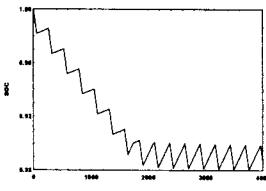
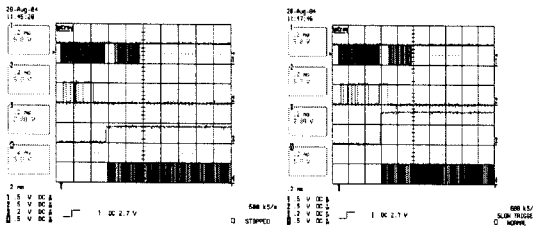


그림 5 SOC 변화 (EPS-VDS 연동시험 결과)

그림 6의 (가)는 BPC 충전제어를 위해 클럭, 데이터, D/A출력, 그리고 듀티 값을 보여준다. 충전비는 127/255의 카운트 값을 나타낸다. 이때 카운트 값이 255일 경우 충전전류 값은 최대 19.8 A의 50%에 해당되는 9.9 A 충전 값이 전달된다. 그림 6의 (나)는 카운터 값이 최대 255일 경우므로, 충전전류 값은 최대 19.8 A에 해당된다. 이 값은 3.3 V의 출력 값이 1 V = 6 A의 값을 나타내도록 설계되어 있기 때문에 최대 충전 값이 된다.



(가) 충전비 127/255 (나) 충전비 255/255
그림 6 배터리 충전 명령 전송

4.3 원격측정명령처리기

원격측정명령처리기의 성능 검증을 위해 지상시험장비 (Telemetry, Command Test Set)가 개발되었다. 이 TCTS는 원격측정명령처리기의 입력 및 출력을 체크하는 기능을 가지고 있다. 입력을 생성하는 기능은 지상 관제국의 원격명령 생성 기능을 모사하며 원격명령을 생성하고 원격측정명령처리기에 전달하여 원격측정명령처리기가 올바르게 동작하는지 체크한다. 출력을 검사하는 기능은 역시 지상 관제국의 텔레메트리 모니터링 기능을 모사하며 원격측정명령처리기로부터의 텔레메트리가 정상적인지 점검하고, 더불어 원격측정명령처리기의 Bi-level 출력과 릴레이 출력을 시험한다. TCTS 소프트웨어는 지상 관제국을 묘사하는 기능을 구현하고 있다. 그림 7은 원격측정명령처리기의 기능 테스트를 위해서 원격 명령을 마우스 버튼으로 클릭하여 쉽게 생성하고 사용자가 원하는 시간만큼 계속 원격 명령을 생성 및 원격측정명령처리기에 전송할 수 있는 기능을 갖는 TCTS 소프트웨어의 자동 원격측정명령처리기 명령 테스트 인터페이스 그림이다.

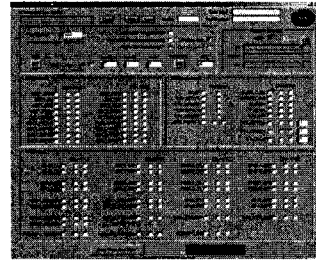


그림 7 TCTS 소프트웨어의 자동 원격측정명령처리기 명령 테스트 인터페이스

5. 결론

원격측정명령처리기 검증기반기술개발을 통하여 전기적 시험장치(ETB)를 구성하였고 통합시험을 통하여 그 성능을 검증하였다. 먼저 ETB를 구성하는 원격측정명령처리기 검증용 TCTS, 통합시험을 위한 탑재소프트웨어, PILS시스템, 그리고 정지케도용 대용량 전력변환장치(PCDU) 실험모델을 구성하였고 구성품 단위로 시험을 수행하여 요구된 성능이 모두 만족됨을 확인하였다. 또한 통합시험결과 각 구성품들이 연동하여 요구하는 동작을 적절히 수행함을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 ETB를 구성하는 각 전장품의 제작에 필요한 기본 기술과 자세 및 궤도 동역학 시뮬레이션 기술, 탑재소프트웨어 설계 및 제작 기술을 습득할 수 있었으며, 단계적으로 이를 통합하고 검증하는데 필요한 기본 지식들을 경험하는 중요한 기회가 되었다. 이러한 경험들은 향후 국내 정지위성의 ETB 개발 자체 뿐 만 아니라 정지위성의 설계 및 제품검증을 수행하는데 있어 초석이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 구철희, 김종표, 최재동, "명령 오류를 최소화를 위한 명령 코딩 및 해석", 한국항공우주학회 추계학술대회, pp. 225-228, 2004.11.
- [2] 박영웅, 박봉규, "확장칼만필터를 이용한 정지궤도위성 자세결정 연구", 한국항공우주학회 추계학술대회, pp. 33-36, 2001.
- [3] Paul M. Rostek, "Power System Design for Massive Parallel Computer Systems," IEEE APEC, pp. 808~814, 1994.
- [4] 구철희, "상향 위성 명령의 실시간 저장 및 실행 로직 구현" 한국항공우주학회 춘계학술대회, pp806-809, 2004.4