

## 나노위성용 통합형 전자박스의 개발 및 성능검증

장진수<sup>†</sup>, 김동운, 이병훈, 문병영, 장영근  
한국항공대학교 우주시스템 연구실

### DEVELOPMENT AND PERFORMANCE VALIDATION OF INTEGRATED ELECTRONIC UNIT FOR NANOSATELLITE

Jin-Soo Chang, Dong-Woon Kim, Byung-Hoon Lee,  
Byoung-Young Moon, and Young-Keun Chang  
Space System Research Lab, Hankuk Aviation University, Goyang 412-791, Korea  
E-mail: nicejjsjjs@hau.ac.kr

(Received April 5, 2006; Accepted April 10, 2006)

#### 요 약

대형위성과 달리 나노위성이나 마이크로위성과 같은 소형위성의 경우, 전자품을 장착하기 위한 위성 내부 공간은 극히 제한되어 있다. 이러한 문제를 완화하기 위해 나노위성 HAUSAT-2는 대부분의 서브시스템과 탑재체의 전자모듈들을 통합한 일체형 위성 버스전자박스(BEU)를 개발하였다. 본 논문에서는 개발된 버스전자박스의 설계, 환경시험 결과 및 성능 분석에 대해 기술하였다.

#### ABSTRACT

Unlike large satellites, small satellites, such as nanosatellite and microsatellite, provide a limited interior space for components mounting. In order to mitigate this issue, the compact Bus Electronic Unit (BEU) that integrates satellite electronic modules, combining most of bus subsystems and payloads electronic modules into one unit, has been developed for HAUSAT-2 nanosatellite. This paper addresses the design and environmental test result analyses of BEU.

*Keywords:* HAUSAT-2, bus electronic unit, nanosatellite, environment test

#### 1. 서 론

국가지정연구실(NRL) 사업의 일환으로 한국항공대학교 우주시스템연구실(SSRL)에서 개발 중인 나노위성 HAUSAT-2는 2008년 발사를 목표로 현재 상세설계를 진행 중이다. HAUSAT-2와 같은 나노위성은 대형위성에 비해 내부 공간의 효율적인 활용이 설계에 있어 큰 비중을 차지한다. 특히 각 서브시스템 및 탑재체의 전자박스들의 경우 공간 활용을 극대화 할 수 있는 방향으로 설계가 필요하다. 이를 위해 HAUSAT-2는 각 서브시스템 및 탑재체의 전자박스를 하나로 통합한 통합형 전자박스인 버스전자박스(BEU; Bus Electronic Unit)를 설계, 개발하였으며 박스 레벨의 진동시험 및 열진공시험을 인증 수준으로 수행하여 설계에 대한 인증을 완료하였다. 본 논문에서는 BEU의 개발을 위

<sup>†</sup>corresponding author

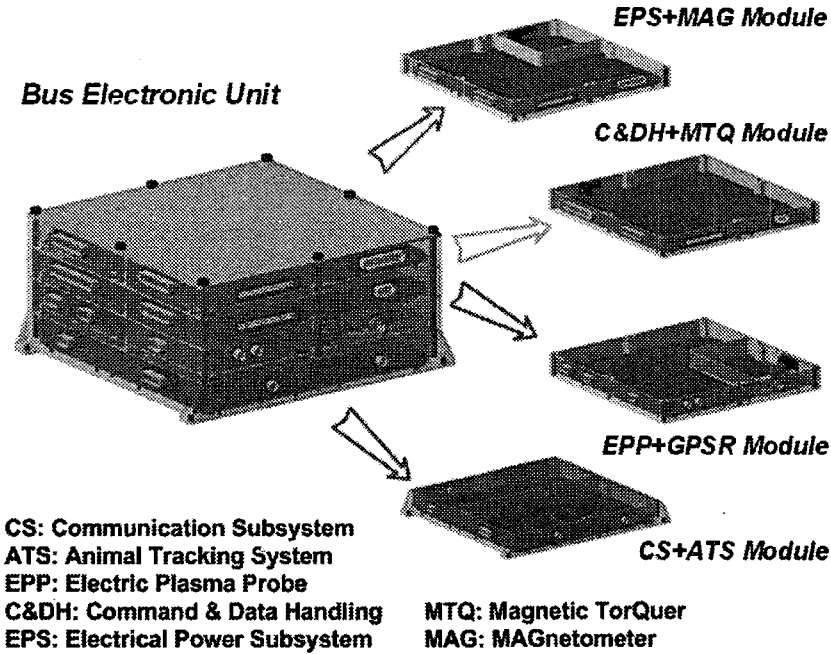


그림 1. 버스전장박스(BEU).

해 수행한 설계 및 해석, 그리고 한국과학기술원(KAIST) 인공위성연구센터에서 수행한 진동/열진공 시험의 수준, 과정, 결과 및 시험 결과에 대한 분석 내용을 소개하고자 한다.

## 2. BEU 개발

HAUSAT-2의 경우 초기 설계 단계에서 14개의 각 서브시스템 및 탑재체들의 개별 전장박스가 있었다. 그러나 이처럼 각각의 개별 전장박스로 개발할 경우 협소한 내부 가용 공간으로 인한 작업성 저하와 일부 하니스(harness)의 경우 중간 플랫폼(middle platform)을 여러 번 관통하게 되어 진동 환경에 취약해 질 수 있다는 문제점이 예상되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 그림 1과 같이 개별 전장박스를 하나로 통합한 BEU를 개발하였다.

HAUSAT-2의 경우 BEU와 같은 전장박스의 설계 강성조건은 각 축에 대해 100Hz 이상으로 설계된 BEU가 이를 만족하는지 확인하기 위해 구조해석을 수행하였다(장진수 등 2005). 해석 결과 10차 모드 내에서 Z축 모드만 발생하였으며 박스 고유진동수는 286.335Hz로 설계 강성조건인 100Hz 이상을 충분히 만족하였다. 또한 BEU의 적층 구조에 기인한 열전달 특성을 확인하기 위해 극한최고 온도(worst hot case)와 극한최저온도(worst cold case)에 대해 열해석을 수행, 최고 온도는 극한최고온도 조건에서 15.1°C, 최저 온도는 극한최저온도 조건에서 -9.6°C로 BEU의 운용 온도 범위인 -30°C ~ 70°C를 충분히 만족하였다(이미현 등 2005).

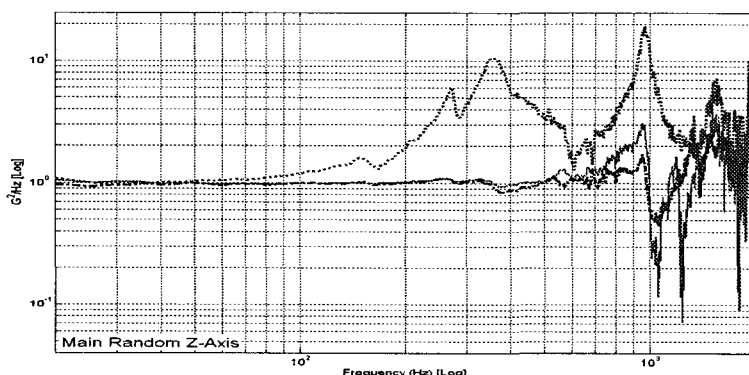


그림 2. 랜덤 진동시험 결과(Z축).

### 3. BEU 인증시험 및 결과분석

#### 3.1 진동시험

BEU는 설계 여유를 확인하기 위하여 인증 수준(qualification level)으로 정현파 진동시험과 랜덤 진동시험을 수행하였으며 시험 수준은 정현파 진동시험의 경우 KSLV를, 랜덤 진동시험의 경우 우주왕복선의 발사환경시험 수준을 참조하였다(장영근과 박종홍 1995; KAIST/SaTReC 2004, S2-100-REVW-005, Spacecraft-70; NASA/Goddard Space Flight Center 1996, General Environmental Verification Specification for STS & ELV Payloads, Subsystems, and Components). 또한 고유진동수의 파악과 진동시험 진행 중에 구조물에 이상이 발생하였는지 확인을 위해 저주파 랜덤 진동시험을 수행하였다(장진수 등 2005).

시험은 X축→Y축→Z축의 순으로 수행하였으며, 각 시험 전/후마다 결과 데이터의 간단한 검토 및 육안검사를 수행하여 이상 발생 유무를 확인하였다. 시험 결과 X축과 Y축은 각각 910Hz와 970Hz에서 고유진동수가 나타났는데, 이는 전장보드를 모듈에 볼트 체결하기 위해 설계한 가드(guard)가 보강재 역할을 했기 때문이다. Z축의 경우 그림 2와 같이 165.6Hz에서 모듈에 실장된 보드의 공진이 나타났으며, Z축 박스의 고유진동수는 285Hz에서 나타났다.

#### 3.2 열진공 시험

열진공 시험의 경우 기본적으로 4주기 수행을 고려하였으나 진공 챔버의 여건을 고려하여 3주기로 조정, 수행하였다(이미현 등 2005). 온도 측정은 시험용 서미스터(test thermistor)를 이용하였으며, 온도 데이터의 저장을 위한 데이터 획득 시스템(data acquisition system)을 구축하였다. 또한 hot/cold soak에서 전장보드들의 성능시험을 수행하기 때문에 이를 지원할 수 있는 성능시험 지원 시스템(performance test support equipment)을 구축하였다.

열진공 시험은 1, 2 주기에서는 운용 온도 범위로 수행하고 3주기에서는 비운용 온도 범위와 운용 온도 범위를 함께 수행하였다. 열진공 시험 중에 수행하는 성능시험의 경우 상온/상압, 상온/진공 상태와 1, 3주기의 hot/cold soak, 3주기 이후의 상온/진공에서는 테스트의 조작에 의한 수동 성능시험을, 2주기 hot/cold soak에서는 명령 및 데이터 처리계에 의한 자동 성능시험을 수행하였다.

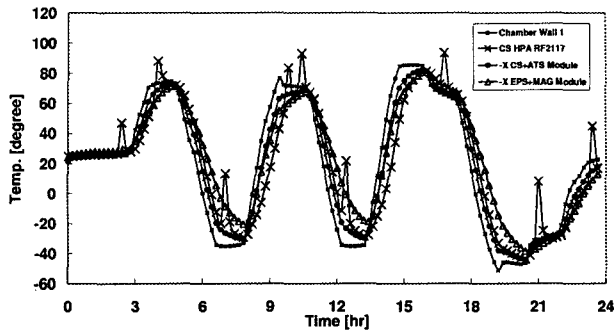


그림 3. 열진공 시험 결과.

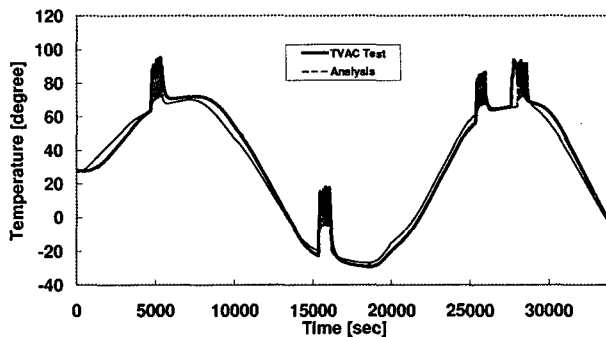


그림 4. 통신계 전장보드의 시험과 해석 결과 비교.

열진공 시험을 통해 얻은 주요 부위의 온도 데이터는 그림 3과 같다. 시험 결과를 보면 챔버 바닥과 직접 접촉하는 BEU의 가장 맨 밑에 적층되는 CS+ATS Module의 온도 데이터에서 전체적인 온도 변화의 폭이 가장 크게 나타나며, BEU의 윗층으로 갈수록 온도 변화의 폭은 점차 작아지는 것을 확인할 수 있다. 각 전장보드에 장착된 서미스터의 온도 데이터는 전장보드의 보드-레벨 열해석 모델링의 수정에 사용되었으며 그림 4와 같이 시험 결과와 거의 유사한 해석 결과를 얻을 수 있었다.

#### 4. 결 론

지금까지 통합형 전장박스인 BEU의 개발 및 해석, 그리고 설계의 인증을 위해 수행한 환경시험의 종류와 결과에 대해 살펴보았다. BEU는 내부 공간 활용의 최적화를 위해 개발되었으며 진동 및 열진공 시험을 인증 수준으로 수행하여 설계에 대한 인증을 성공적으로 완료하였다.

#### 참 고 문 헌

- 이미현, 김동운, 황기룡, 장영근 2005, 한국항공우주학회지, 33, 106
- 장영근, 박종홍 1995, 한국항공우주학회지, 23, 139
- 장진수, 황기룡, 장영근 2005, 한국항공우주학회지, 33, 95