

## 나노위성 HAUSAT-2 통신 서브시스템 개발 및 성능검증

이심호<sup>†</sup>, 문병영, 나희승, 장영근  
한국항공대학교 우주시스템 연구실

### DEVELOPMENT AND PERFORMANCE VERIFICATION OF NANOSATELLITE HAUSAT-2 COMMUNICATION SUBSYSTEM

Shim-Ho Yi, Byoung-Young Moon, Hee-Seung Na, and Young-Keun Chang  
Space System Research Lab, Hankuk Aviation University, Goyang 412-791, Korea  
E-mail: shmho@hau.ac.kr

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

#### 요 약

한국항공대학교 우주시스템 연구실에서 개발 중인 25kg급 나노위성, HAUSAT-2의 통신 서브시스템을 설계 및 제작하고, 시험을 통하여 성능을 검증하였다. HAUSAT-2의 통신 서브시스템은 임무 수행을 위해 지상국의 명령을 수신하고, 위성의 상태 정보와 임무 자료를 지상국으로 송신하는 역할을 담당하도록 설계하였으며, 위성 시스템의 특성을 고려하여 높은 신뢰성을 갖도록 제작되었다. 본 논문에서는 HAUSAT-2 통신 서브시스템의 시험모델(Engineering Model) 설계, 제작 및 시험결과를 기술하였다.

#### ABSTRACT

Communication Subsystem of HAUSAT-2 which is 25kg class nanosatellite is designed, manufactured and tested for its performance verification at the Space System Research Laboratory (SSRL). HAUSAT-2 Communication Subsystem provides communication link for commands receiving, mission and state of health data transmission with high reliability. This paper describes design, manufacturing, test results of Engineering Model of HAUSAT-2.

*Keywords:* HAUSAT-2, satellite communication system, Nano/Microsatellite

#### 1. 서 론

25kg급의 소형 나노 위성 HAUSAT-2는 고도 650km의 태양동기 궤도에서 우주 플라즈마 관측과 동물 추적 임무를 갖는다. HAUSAT-2의 임무를 수행하기 위해, 통신 서브시스템은 운영궤도에서의 위성 상태정보와 임무 자료를 지상국으로 송신하고, 지상국의 명령을 수신할 수 있어야 한다. 이러한 요구조건을 만족하기 위해 전체 통신 서브시스템을 무선 송신기(Transmitter), 수신기(Receiver)와 제어 및 인터페이스 회로(Control & Interface Circuit)를 이용하여 통신 서브시스템을 구성하였다.

위성이 임무를 수행하는 중에는 무선통신만이 유일하게 위성에 접근할 수 있는 방법이며, HAUSAT 2와 같은 저궤도 위성은 하루에 수 십분 이하의 접속 가능 시간을 가지므로, 통신 서브시스템은 높

<sup>†</sup>corresponding author

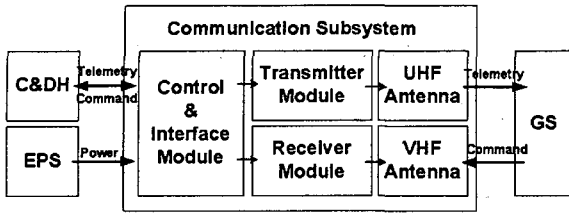


그림 1. 통신 서브시스템 구조.

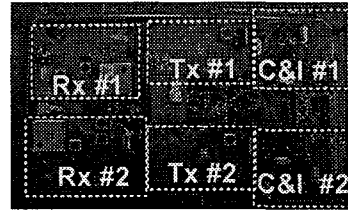


그림 2. 통신 서브시스템 시험모델.

은 신뢰성을 가져야 한다. HAUSAT-2 통신 서브시스템의 신뢰성을 높이기 위해 송신기, 수신기, 제어 및 인터페이스 회로는 모두 예비모듈(Redundancy)을 가지며, 주 모듈에서 문제가 발생하면 자동으로 예비모듈로 전환되도록 설계되었다.

설계된 통신 서브시스템의 시험을 위해 Engineering Model(EM)을 제작하여 각 모듈의 개별 시험을 마치고, Electrical Test Bed(ETB)에서 전체 성능과 주변 서브시스템과의 인터페이스를 시험하였다.

## 2. 통신 서브시스템 설계

HAUSAT-2의 통신 서브시스템은 그림 1과 같이 텔레메트리(Telemetry)와 비컨(Beacon)을 지상국으로 송신하기 위한 송신기와 원격 명령(Command)를 지상국으로부터 수신하기 위한 수신기, 그리고 송신기와 수신기를 제어하며 패킷(Packet)을 주고받는 제어 및 인터페이스 회로와 안테나로 구성된다. 텔레메트리는 임무정보와 각 서브시스템의 상태정보, 명령수행 결과와 같은 지상국으로 전송되는 모든 정보로 구성되어있다. HAUSAT-2의 텔레메트리 데이터는 명령 및 데이터 처리계(C&DH)에서 수합되어 통신 서브시스템으로 전달되며, 제어 및 인터페이스 부의 TNC(Terminal Node Controller)에서 AX.25로 패킷화되어 송신기를 통해 지상국(GS)으로 전송된다. 비컨은 위성의 기본적인 상태 데이터(State Of Health)를 지속적으로 발신하여, 지상국에서 위성의 기본적인 상태를 확인하고 위성을 추적할 수 있도록 한다(Kitts & Swartout 1998). 명령 및 데이터 처리계에서 수합된 위성의 상태 데이터는 제어 및 인터페이스 부의 비컨 생성기에서 CW(Continuous Wave) Morse 비컨 신호로 변환되어 송신기를 통해 주기적으로 발신된다. 원격 명령은 위성의 제어를 위해 지상국으로부터 수신되는 신호로써, HAUSAT-2에서는 간단한 신호를 전달하기에 적합한 DTMF(Dual Tone Multi Frequency)를 사용한다.

변조 방식은 업링크(Uplink)와 다운링크(Downlink) 모두 다른 방식들에 비해 상대적으로 단순하며, 아마추어 밴드에서 널리 사용되는 FSK(Frequency Shift Keying)를 사용한다(민승현 등 1996). 통신용 주파수 역시 사용이 용이하며 널리 쓰이는 아마추어 밴드를 사용하였다. 업링크 주파수는 145.84 MHz, 다운링크 주파수는 437.465 MHz로써, SSRL에서 개발된 피코위성 HAUSAT-1과 동일한 무선 자원을 사용한다(문병영 2005).

위성의 통신시스템은 지상국과 위성을 연결하는 유일한 통로이므로, 임무수명 동안 요구되는 통신기능을 지속적으로 유지하여야 한다. 그러나 HAUSAT-2와 같이 소자의 실패율(Failure Rate)을 알 수 없는 상용 부품을 사용하는 경우, 시스템에 높은 신뢰성을 기대하기는 어렵다. 이때 시스템의

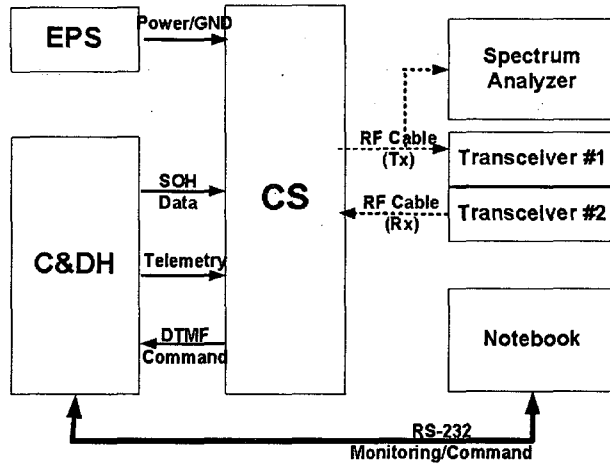


그림 3. ETB CS Block.

신뢰성을 증가시키기 위한 쉽고도 효과적인 방법으로, 주요 기능에 예비모듈을 갖추는 방법이 사용된다(장영근과 이동호 1999). HAUSAT-2의 통신 서브시스템은 그림 2의 PCB와 같이 제어 및 인터페이스 모듈과 송신기 모듈, 수신기 모듈이 각각의 예비모듈을 갖고 있다. 각각의 주 모듈에서 문제가 발생하면 자동으로 예비모듈이 사용되도록 설계되었다. 송신기와 이에 연계된 제어 및 인터페이스의 예비모듈은 내부의 고출력 증폭기(High Power Amplifier)로 인한 전력소모를 줄이기 위해 평소에는 전원을 공급하지 않는 Cold Redundancy로 설계되었으며, 수신기는 수신신호의 중요성과 상대적으로 적은 전력소모량을 고려하여 주 모듈과 예비모듈을 동시에 운영하는 Hot Redundancy를 갖도록 설계되었다.

송신기는 발진을 위한 Oscillator 회로와 주파수 합성기, 고출력 증폭기로 구성되어 있다. TCXO (Temperature Compensated X-tal Oscillator)에서 만들어지는 기준주파수 13.67078MHz는 32배배되어 반송파인 437.465MHz 신호를 생성한다. 반송파는 TNC 또는 비컨의 신호를 신고 고출력 증폭기에서 1W의 출력으로 증폭된다. 송신기에는 예비 모듈까지 총 두 개의 송신모듈이 갖추어져 있기 때문에, 양 모듈의 신호를 선택적으로 안테나에 전달하기 위해 고주파 릴레이(Radio Frequency Relay)를 사용하고 있다.

수신기는 수신신호를 증폭하기 위한 저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier)와 국부발진기(Local Oscillator), 주파수합성기(Mixer) 및 필터(Filter)들로 구성되어 있다. 수신신호를 중간주파수(IF)로 변환하였다가 기저대역으로 변환하는 슈퍼 헤테로다인(Super Heterodyne) 방식을 사용하고 있으며, 수신된 RF신호를 예비모듈을 포함하는 총 두 개의 수신기 모듈에 전달하기 위해 주파수 분배기(Divider)를 사용하고 있다. 안정적인 중간 주파수 변환을 위해 1차 국부 발진기로 TCXO를 사용하였다.

### 3. 통신 서브시스템 ETB 시험

설계, 제작이 완료된 통신 서브시스템 시험모델은 그림 3과 같이 ETB에서 그 성능이 검증되었다.

표 1. 통신 서브시스템 ETB 시험 결과.

항목	요구 제원	성능
소비전력	< 4W	3.75W
수신 주파수	437.465MHz	437.465MHz
송신출력	> 30dBm	30.5dBm
위상잡음(10kHz off)	< -50dBc/Hz	-57dBc/Hz
변조	FSK	FSK
수신 주파수	145.84MHz	145.84 MHz
DTMF 패턴	0 ~ F(BCD)	0 ~ F(BCD)
수신감도	< -90dBm	-95dBm
예비모듈 전환	자동전환	자동전환
	수동전환	수동전환

전력계(EPS)로부터 전원을 공급받아 통신 서브시스템이 구동되면, 명령 및 데이터 처리계(C&DH)로부터 위성의 상태 데이터와 텔레메트리를 전송받아 RF신호로 변환하여 송신한다. 송신하는 신호의 크기와 데이터를 확인하기 위해 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer)와 TNC기능이 있는 무전기를 사용하였다. 수신기 성능시험을 위해 DTMF신호 송수신이 가능한 무전기를 이용하여 테스트용 원격 명령을 발생하였고, 그 결과를 명령 및 데이터 처리계에서 확인하도록 하였다. 표 1은 제작된 시험모델의 ETB 시험 결과이다.

#### 4. 결론

나노위성 HAUSAT-2에 적합한 통신 서브시스템의 설계와 성능 검증에 대해 기술하였다. 제작된 통신 서브시스템은 위성 시스템에 적합하도록 소형화, 저전력으로 설계되었으며, 요구되는 성능조건도 모두 만족하였다. 통신 서브시스템은 발사된 위성의 유일한 제어 경로를 제공해야만 하기 때문에 높은 신뢰도가 요구되며, 따라서 HAUSAT-2에는 예비모듈의 개념을 적용하여 그 신뢰도를 확보하였다. 통신 서브시스템의 모든 시험은 개별 모듈단위의 시험과 ETB 시험을 거쳐 성능과 타 서브시스템과의 인터페이스 검증이 완료되었다.

**감사의 글:** 본 연구개발은 과학기술부의 국가지정연구실(National Research Lab.) 사업지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- 문병영 2005, 석사학위논문, 한국항공대학교  
 민승현, 명로훈, 최순달 1996, 한국우주과학회지, 13, 84  
 장영근, 이동호 1999, 인공위성 시스템 설계공학 (서울: 경문사), pp.497-498  
 Kitts, C. A. & Swartout, M. A. 1998, Journal of Reducing Space Mission Cost, 1, 306