

SIGMA (KHUSAT-03)

지상국 소프트웨어 설명서

(Ver. P0.1)

경희대학교 우주탐사학과

Revision history

Revision	Description	Author	Date
1	Original Document	Hyojeong Lee	2018.01.10
2			
3			
4			

List of abbreviations and acronyms

SIGMA – Scientific cubesat with Instruments for Global Magnetic field and rAdiation

KHUSAT – Kyung Hee University SATellite

SSR/KHU – School of Space Research / Kyung Hee University

GS – Ground Station

TNC – Transport Network Control

SDR – Software Defined Radio

UHF – Ultra High Frequency

USB – Upper Side-Band

BPSK – Binary Phase Shift Keying

TMP – Telemetry Monitoring Program

HK – HouseKeeping

TEPC – Tissue Equivalent Proportional Counter

MAG –MAGnetometer

IIB – Instrument Interface Board

OBC – On Board Computer

목 차

1. SIGMA 위성 데이터 수신.....	4
2. SIGMA 위성 데이터.....	6
3. 지상국 소프트웨어.....	8

SIGMA 위성의 정보를 수신하신 경우

khusat@khu.ac.kr

으로 수신 정보를 보내 주시기 바랍니다.

이메일로 정보를 보내주실 때

우편물 주소를 알려 주시면 SIGMA 위성 관련 스티커 등의 기념품을
보내드리도록 하겠습니다.

1. SIGMA 위성 데이터 수신

초소형 인공위성 SIGMA는 경희대학교 천문대 내에 구축한 지상국에서 운용하며, 경희대학교 내 지상국이 아닌 다른 지역에서도 SIGMA의 데이터를 수신할 수 있도록 하기 위해 관련 소프트웨어를 배포한다. SIGMA 운용 시 아마추어 주파수 대역을 사용하기 때문에, 아마추어 무선통신 장비만 있으며 배포하는 프로그램과 연동하여 데이터를 수신할 수 있다. SIGMA 수신 시스템은 그림 1과 같이 안테나와 수신기, 컴퓨터로 구성할 수 있고, 표 1의 사양에 따라 수신기의 주파수와 모드 등의 설정을 변경해주어야 한다.

“ 일반적인 아마추어 무선장비와 PC만으로 위성정보 수신 가능 ”

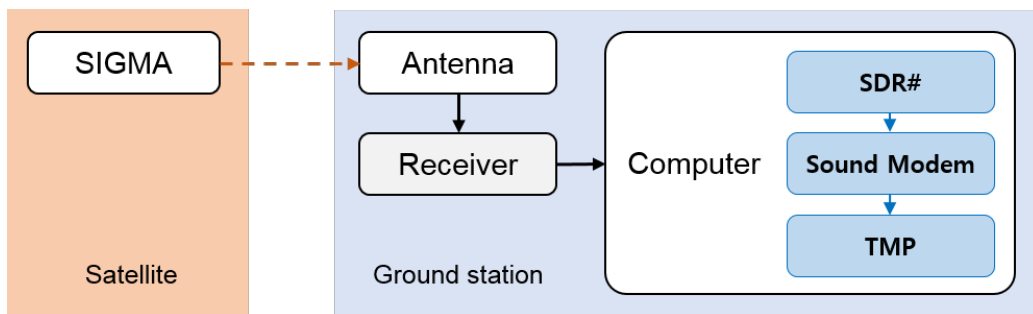


그림 1. SIGMA 통신 시스템 (Downlink)

표 1. SIGMA 수신 시스템 사양

Specification	Value
Frequency	435.780 MHz (UHF)
Satellite Power	500 mW (27 dBm)
Modulation	USB / BPSK (Scrambling polynomial: $X^{17} + X^{12} + 1$)
Transfer rate	9600 bps
Protocol	AX.25
Antenna polarization	Linear

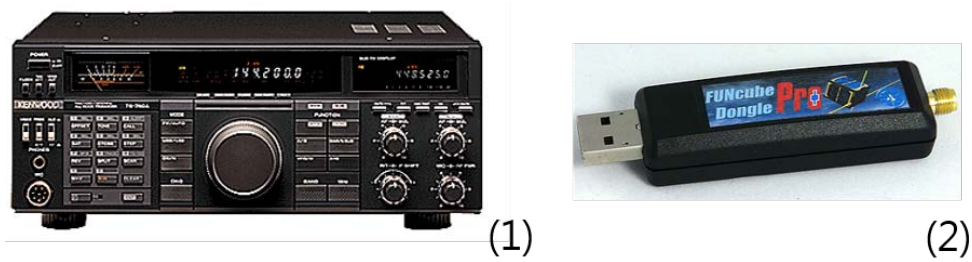


그림 2. 데이터 수신 장비 (1) Transceiver TS-790A, (2) Funcube dongle pro+

그림 2와 같은 수신기는 컴퓨터와 물리적으로 연결되어야 하며, 수신기로 아마추어 무선장비 (Transceiver: 그림2의 (1))를 사용하는 경우 기기 출력단자 (Speaker)와 컴퓨터 마이크단자를 연결하여 사용할 수 있다. USB 인터페이스의 SDR 수신기 (그림2의 (2))를 사용할 경우 바로 컴퓨터에 연결하여 사용 할 수 있고, 주파수나 모드 등의 설정도 연동프로그램을 통해 간편하게 조작할 수 있다. 최종적으로 컴퓨터에 입력되는 소리 신호는 소프트웨어로 복조 등의 변환을 거쳐 특정 데이터 값으로 확인 할 수 있다.

2. SIGMA 위성 데이터

SIGMA는 "비콘 (Beacon)"과 "HK (Housekeeping: 위성의 상태정보)", "과학 데이터" 총 세 종류의 데이터를 지상에 전송한다. 각 데이터는 운용 시나리오에 따라 전송되며, 운용 시 위성 상태에 따라 전송 시간과 순서 등의 변동이 발생 할 수 있다.

SIGMA는 발사 후 처음 2주 동안의 초기 운용에서 지상국의 명령이 없더라도 비콘을 전송하며, 지상국의 명령을 수신한 경우에 한해 HK 데이터를 전송 한다. 이후 정상운용 상태에서는 지상국의 명령으로만 HK 데이터와 과학데이터를 전송한다.

Data type		Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		Beacon	[Hatched]														
HK	[Hatched]																
Science	TEPC			[Hatched]													
	MAG								[Hatched]								

그림 3. 운용기간 동안 전송되는 데이터

- 비콘 (Beacon)
 - 위성 식별을 위해 초기 운용에서만 사용
 - 'SIGMA KHUSAT03 SIGMA' 라는 메시지를 포함
 - 주기 90초
 - (30초 동안 1초 간격으로 비콘을 전송한 후 최근 HK 전송, 이후 60초 동안 대기)

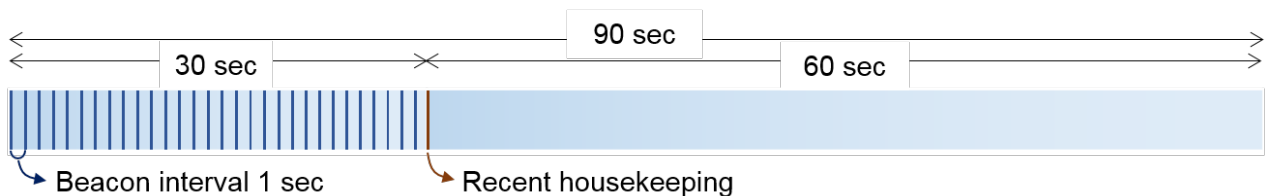


그림 4. SIGMA 비콘 신호 간격

- HK:
 - 위성 상태 정보를 나타내며, 비콘에 포함된 HK를 제외하고는 지상의 명령으로만 전송
 - 프레임 단위의 데이터가 약 100 ms 간격으로 전송
 - TMP를 통해 위성 상태 값 확인 가능

- 과학데이터:
 - 위성에 탑재된 자기장 측정기(MAG)와 TEPC가 수집한 데이터로 지상의 명령으로만 전송
 - 프레임 단위의 데이터가 약 100 ms 간격으로 전송
 - TMP를 통해 저장된 텍스트 파일 내용으로 수신 확인 가능

3. 지상국 소프트웨어

SIGMA 데이터 수신을 위해서 지상국에서 사용하는 소프트웨어로는 SDR# (Software Defined Radio), Sound modem, TMP (Telemetry Monitoring Program)가 있다. SDR#은 SDR 수신기를 사용하는 경우, 수신기 설정을 제어하고 수신 신호를 확인하는데 사용한다. Sound modem은 수신한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 역할을 한다. Sound modem을 통해 변환된 Binary 데이터는 TMP를 통해 저장되고, 사용자가 보기 쉽게 변환하여 GUI에 나타낸다.

별도로, 움직이는 위성의 데이터를 수신하기 위해서는 안테나가 위성을 계속해서 추적하면서 지향하고 있어야 한다. 이때 사용할 수 있는 프로그램으로 HRD (Ham Radio Deluxe)와 Orbitron이 있으며, 웹사이트에서 무료 버전을 다운받아 사용할 수 있다. 두 프로그램을 통해 위성의 궤적을 미리 또는 실시간으로 확인 할 수 있고, 연동되는 로테이터가 있다면 자동으로 안테나를 제어 할 수 있다.

표 2. 지상국 소프트웨어 정보

Software	Price	OS	Download website
SDR#	Freeware	Window	http://airspy.com/download/
Sound modem	Freeware	Window	SIGMA version: http://khusat.khu.ac.kr/
TMP	Freeware	Window	http://khusat.khu.ac.kr/
HRD	\$99.95 (30 day free trial)	Window (No run XP)	http://ham-radio-deluxe.com/downloads.html
Oritron	Freeware	Window	http://www.stoff.pl/

모든 프로그램은 Window 운영체제에서 동작하며, 표 2에 나타난 바와 같이 대부분 온라인에서 무료로 배포하고 있는 프로그램으로 해당 웹사이트에서 바로 다운받아 사용 가능하다. 본 문서에서는 SIGMA의 데이터를 수신하고 저장하기 위해 사용되는 SDR#, Sound modem, 그리고 TMP 세 프로그램의 사용 방법에 대해 기술하였으며, 수신한 데이터 확인을 위해 데이터 구조를 함께 첨부하였다.

◇ SDR#

SDR 수신기를 사용하는 경우 SDR#을 통해 주파수 및 변조 방식 등을 제어할 수 있다. 사용하는 수신기를 설정하고 실행 버튼을 누르면 동작을 시작한다. SIGMA 위성의 데이터를 수신하기 위해서 중심주파수는 435.780 MHz, 변조 방식은 USB로 설정한다. 위성이 계속 움직이기 때문에 도플러 효과에 의해 주파수가 점차 이동하게 되는데, 이를 확인하면서 수신하는 주파수도 계속해서 변경시켜 주어야 한다.

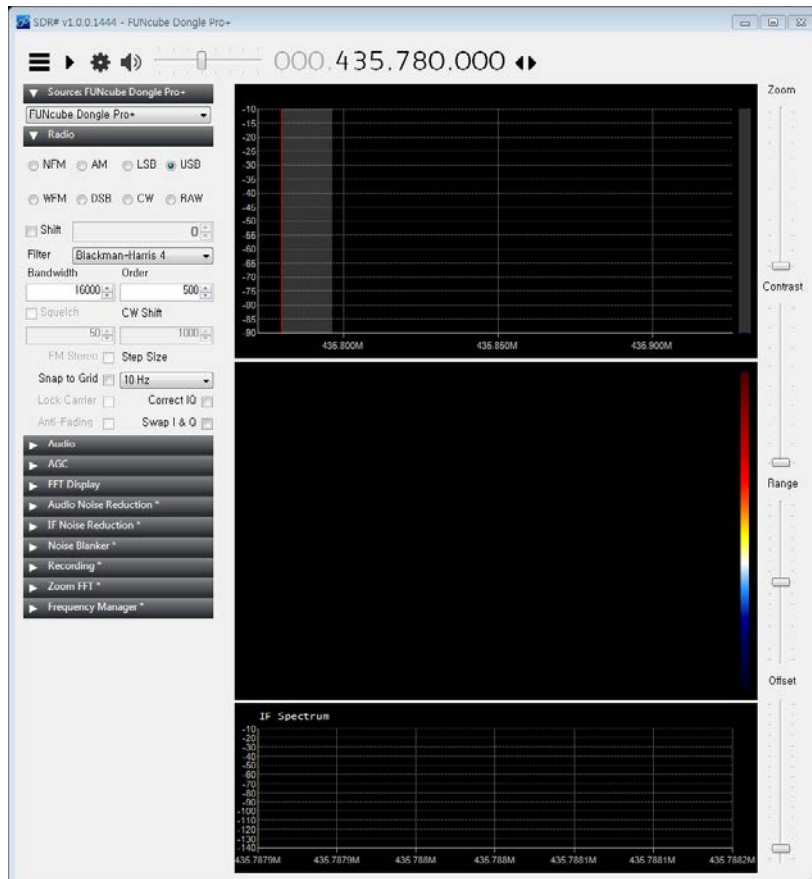


그림 5. SDR# 프로그램

◇ Sound modem

Sound Modem은 컴퓨터의 사운드카드로 들어온 아날로그 신호를 디지털 값으로 변환해주는 역할 (하드웨어의 TNC)을 하는 프로그램이다. 별도의 설치과정 없이 배포된 응용 프로그램 파일을 실행함으로써 바로 사용 할 수 있다. 프로그램을 실행하면 아래 그림과 같은 화면이 나타나며, 프로그램 자체에 기본설정이 되어있어서 Device 연결 외의 설정 변경은 필요하지 않다.

SIGMA (KHUSAT-03) 지상국 소프트웨어 설명서

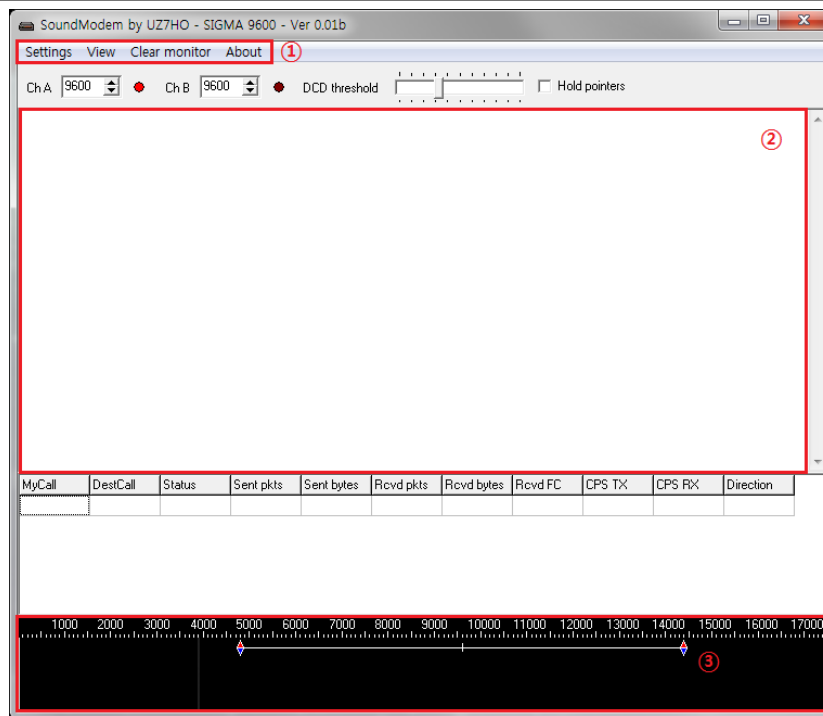


그림 6. Sound modem: Supported by Andy (UZ7HO - <http://uz7.ho.ua/>)

* 기존의 Sound modem은 개발자의 홈페이지에서 무료로 배포되고 있지만 SIGMA 위성 데이터를 수신하는데에는 사용할 수 없다. 본 문서와 함께 배포하는 버전은 Sound modem 개발자가 SIGMA 데이터 수신을 위해 기존의 프로그램을 수정한 것이며, KHUSAT 홈페이지에서 다운받을 수 있다.

① 메뉴모음: Settings > Devices > Input device 의 선택사항을 장치에 따라 변경해준다. 아마추어 무선수신기를 사용하는 경우 수신기와 컴퓨터를 연결한 마이크 항목을 선택하고, Funcube dongle을 사용하는 경우 그림과 같이 해당 장치 항목을 선택한다.

* Funcube dongle 항목은 장치가 컴퓨터와 연결되어 있는 경우에만 나타난다.

② 모니터 창: 데이터를 수신하게 되면 실시간으로 모니터 창에 업데이트 되며, 수신한 시간 정보를 확인할 수 있다.

③ Waterfall: 수신되고 있는 데이터의 스펙트럼을 확인 할 수 있다.

* Waterfall에서 수신신호는 확인되지만 모니터창에 데이터가 들어오지 않는 경우, 흰색 가로막대를 좌우로 움직여서 데이터가 들어오는 것을 확인한다.

* 프로그램을 한번이라도 실행하고 종료하면 프로그램이 있는 위치에 설정파일이 생성된다. 이후에 프로그램을 다시 실행하면 이전의 설정이 저장되어있다가 자동으로 적용되어 실행된다. 간혹 프로그램 실행 시 오류가 발생하면 프로그램이 종료되었는지 확인하고 실행파일을 지우고 다시 실행하면 정상적으로 동작한다.

☆ TMP (Telemetry monitoring program)

TMP는 Sound modem으로부터 실시간으로 수신한 SIGMA 위성 데이터를 GUI 화면에 나타내고 저장하는 프로그램이다. TMP도 Sound modem과 같이 프로그램 자체는 설치과정이 필요 없지만, Java 언어를 기반으로 개발되었기 때문에 최소 JRE (Java Runtime Environment)가 설치되어 있는 환경에서만 실행이 가능하다. 만약 자바가 설치되지 않은 경우 아래와 같이 TMP가 실행 되지 않고 자바 설치를 안내하는 메시지 창이 뜬다. 확인버튼을 누르면 프로그램 설치할 수 있는 웹사이트가 실행되며 해당 PC의 설치프로그램을 다운받아 설치하면 된다.

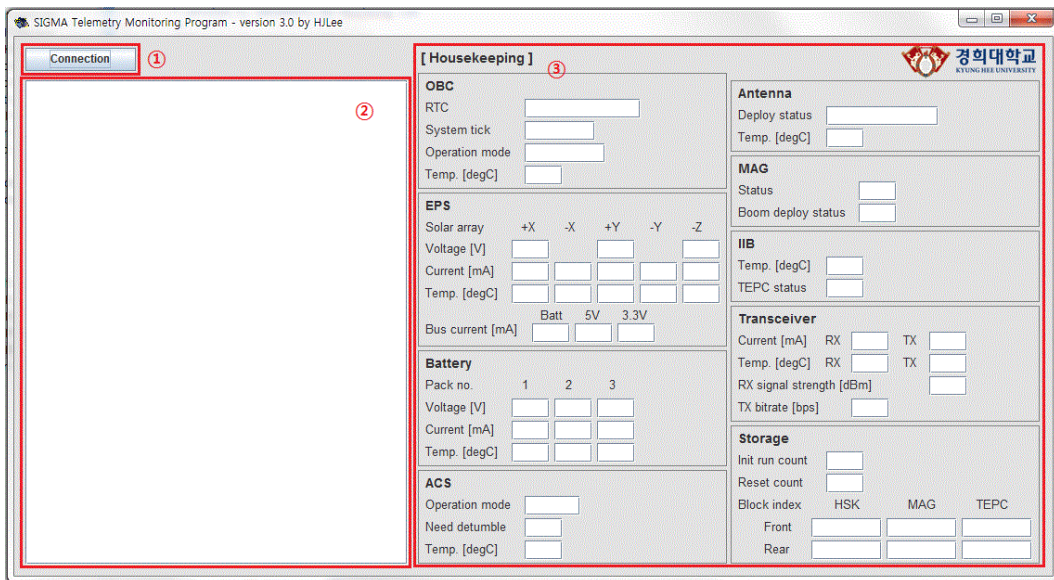


그림 7. TMP 프로그램

- ① Sound modem과 연결하는 버튼으로 반드시 Sound modem을 먼저 실행한 후에 버튼을 눌러야 오류 없이 동작한다. Sound modem과 연결되면 버튼의 'Connection' 단어가 'Disconnection'으로 변경되며, TMP가 있는 위치에 수신한 데이터가 저장되는 텍스트 파일이 생성된다. 생성된 파일명은 Sound modem과 연결된 시각이며 (예: 20160519_1730_Raw.txt), 위성 교신시간이 지난 후에 'Disconnection' 버튼을 누르고 프로그램을 종료해야 수신했던 데이터들이 온전히 저장된다.
- ② 위성의 데이터 중 비콘을 수신하면 프로그램 좌측 창에 수신 시각과 비콘 데이터 ('SIGMA KHUSAT03 SIGMA')가 출력된다. 비콘 데이터는 저장되지 않으며, 비콘 메시지 마지막에 수신한 HK 데이터만 저장된다.
- ③ HK 데이터를 수신하는 경우 프로그램의 우측 각 항목에 정보가 나타난다. 이를 통해 위성의 배터리 상태나 온도 등의 정보를 알 수 있다.

4. 부록

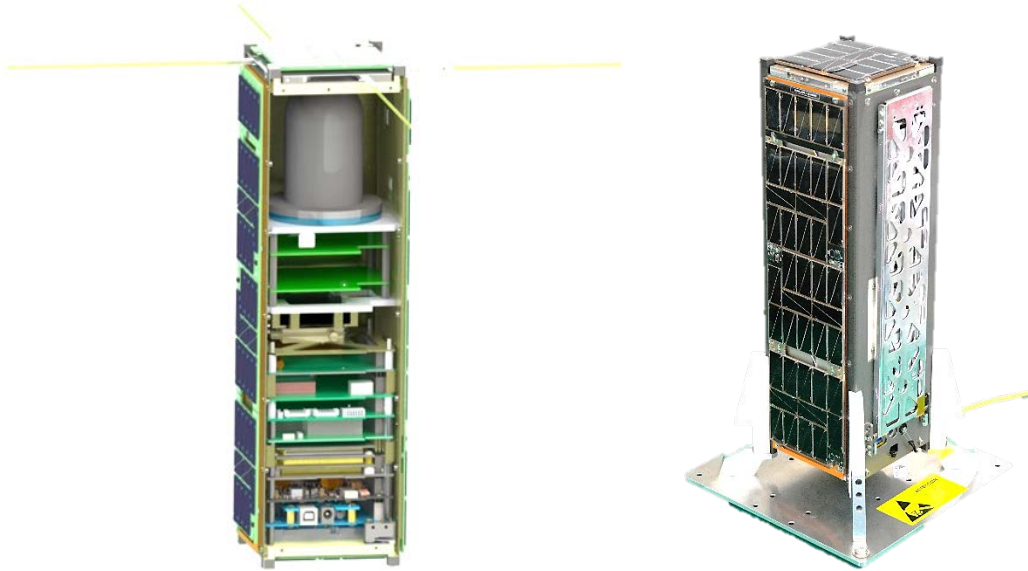


그림 8. SIGMA 위성

표 3. SIGMA 위성 제원

List	Detail
Mission orbit	Sun-Synchronous Altitude: 500 km, Inclination: 98 degree
Life time	3 month
Weight	3.6 kg
Power consumption	4.0 W
Primary payload	TEPC (Tissue Equivalent Proportional Counter) Range: 0.2 ~ 300 keV/um LET Resolution: 23.5% @5.4 MeV
Secondary payload	MAG (A miniaturized fluxgate MAGnetometer) Range: ± 65536 nT Resolution: ~ 0.1 nT
Communication	VHF (Uplink), UHF (Downlink)

- 관련 문의

이메일: khusat@khu.ac.kr

- 웹사이트 정보

Website	Address
Homepage	http://khusat.khu.ac.kr/?page_id=50 (KHUSAT-03)
Flicker	https://www.flickr.com/photos/136146290@N06/
Facebook	https://www.facebook.com/khucinema/
Naver blog	https://blog.naver.com/cubesat