

과학관측로켓 KSR-420S의 원격측정 지상시스템 설계

A Design of Telemetry Ground System for the Scientific Sounding Rocket KSR-420S)

李 洙 辰* · 李 在 得* · 趙 光 來* · 柳 長 壽*

(Soo Jin Lee, Jae Deuk Lee, Gwang Rae Cho, Jang Soo Ryoo)

要 約

한반도 상공의 오존층 및 대기층 탐사를 임무로 하는 과학관측로켓(KSR-420S)는 비행중에 갖게되는 온도, 응력, 가속도, 압력, 자세, Ranging 등의 비행상태 정보와 오존층, 전리층, X-선등의 관측데이터를 지상으로 전송한다.

본 연구에서는 KSR-420S의 비행궤도를 추적하면서 전송되어 오는 신호를 수신처리하기 위한 텔레메트리 지상시스템을 설계하였다.

Abstract

Korea Aerospace Research Institute(KARI) performs research on developing the scientific sounding rocket(KSR-420S) for measuring ozone profile and atmosphere layer over korean peninsula.

Informations about performances of flighting scientific rocket, that is temperature, strain, acceleration, pressure, rocket attitude and ranging data, and measuring data of ozone, ionosphere and X-ray are transmitted ground system by rocket onboard transmitting system.

In this paper, the telemetry ground system which is compatible with the KSR-420S is designed for tracking the trajectory and receiving the incoming signals.

I. 서 론

1945년 미국 JPL의 Wac-Corporal 로켓이 대기층 탐사를 목적으로 발사된 이후¹⁾ 선진국은 물론 인도, 브라질등 여러 개발도상국에서도 과학로켓을 이용하여 대

기층 탐사 및 microgravity 실험을 수행하고 있다. 국내에서는 1987년 천문우주(연)에서 과학로켓 개발을 위한 탐색 연구를 시작한 후 1993년 대전 EXPO 기간 중 발사를 목표로 현재 항공우주(연)에서 과학관측로켓 KSR-420S의 개발이 진행 중에 있다.

과학로켓을 이용하여 고공탐사 연구를 실행하게 될 때, 로켓이 비행중에 가지게 되는 제반특성 즉, 비행중

*正會員, 한국항공우주연구소
(Korea Aerospace Research Institute)

인 로켓 몸체의 온도분포, 응력분포, 가속도, 압력, 진동, 로켓 자세, Ranging 신호등에 관한 정보와 고공탐사에서 획득하게 될 오존층 분포, 이온층 밀도, 우주에서 오는 X-선등의 관측 데이터들은 로켓에 탑재된 원격 측정시스템(Telemetry System)을 거쳐 지상으로 송출된다.²⁾

이에 대응하여 지상에는, 비행중인 로켓의 실제 비행궤도를 정확히 추적하면서 비행중인 로켓이 송출하는 신호를 최대한으로 수신하여 특정데이터(궤도 관련 데이터)는 실시간으로 처리하여 모니터에 표시하고 그외의 데이터들은 발사가 끝난후에 분석을 할 수 있도록 저장기능을 갖춘 과학로켓용 원격측정 지상시스템이 필요하다.³⁾

일반적으로 원격측정지상 시스템의 설계 제작은 원하는 종합성능 즉, 사용주파수, 통신방식, 추적속도, 추적거리, 데이터 처리방법등을 고려하여 각 서브 시스템의 특성을 결정하고 이에 적합한 시스템을 구성한다.

본 연구실에서는 탑재용 원격측정시스템(표1:KSR-420S의 규격)에 적합한 지상시스템을 구성하고 각 서브 시스템의 설계규격을 완성하였다.

표 1. 탑재용 원격측정 시스템의 주요 규격(KSR-420S)
Table 1. Specifications of the Onboard Telemetry System (KSR-420S)

항 목	특 성
· 탑재용 마운트 · 센서	30cm(ϕ)X70cm(H) Strain gage, RTD, Accelerometer, Pressure
· S / C Amp.	이득 : 3, 80, 300 출력 : 0~5V
· PCM 부호기	아날로그채널 : 40 해상도 : 10bits / word Frame rate : 250sps Bit rate : 160Kbit / sec 출력 : Bi ϕ -L
· FM 송신기	주파수 : S-band RF출력 : 5Watts
· 전력분배기	주파수범위 : 2.0~2.4GHz 전력분배 : ± 0.5 dB
· 안테나	형태 : Blade(2.1~2.3GHz) Stub(220~550MHz)
· 탑재용 배터리 · 환경조건	+ 28V \pm 4Vdc, 2.3AH 온 도 : -40 $^{\circ}$ C ~ 80 $^{\circ}$ C 고 도 : 무한대 가속도 : 20g (최대) 진 동 : 20g(20~2000Hz) 충 격 : 100g, 11ms

II. 시스템 설계

비행중인 로켓을 추적하면서 로켓에 탑재된 원격 측정 시스템에서 보내오는 정보를 수신처리 하기위한 지상 시스템은 그림1과 같이 안테나 및 추적콘솔시스템, 수신기, 기록장치 및 모니터, Ranging 시스템으로 구성된다.

2-1. 자동추적 안테나 시스템 설계

비행중인 로켓을 추적하는데 필요한 자동추적 안테나시스템은 안테나시스템, 추적제어콘솔, 수신기등으로 그림2와 같다.

안테나시스템은 접시형반사체, 구동장치, 급전장치등으로 구성되며 급전장치는 5개의 급전안테나(Cross-Dipole), Monopulse Converter, 전단중폭기 및 Multicoupler 등으로 구성된다.

본 연구에서 설계한 자동추적 안테나시스템의 규격은 다음과 같다.

-사용주파수는 S-Band로 2255.5MHz를 중심주파수로 하고 1MHz의 대역폭을 갖도록 하였으며 50ohms의 특성임피던스를 갖는다.

-접시형반사체의 직경은 1.8m로 하였으며 50%의 효율 일 경우 안테나의 이득은 29.6dB, 3dB 빔폭은 5.1Deg, 근사추적빔폭은 13.6Deg가 된다. 또한 양호한 반사특성을 갖을 수 있도록 하기 위하여 반사체표면의 공차를 1.5mm이하로 제한하였으며 접시형반체가 갖는 무게는 40kg 정도로 하였다.

-구동장치는 다음과 같은 특성을 갖는다.

	Azimuth (Az)	Elevation (EL)
속 도	30 $^{\circ}$ / sec	30 $^{\circ}$ / sec
가 속 도	100 $^{\circ}$ / sec ²	100 $^{\circ}$ / sec ²
이 동 각 도	$\pm 184^{\circ}$	-3 $^{\circ}$ / ~ + 183 $^{\circ}$
지시정확도	0.075 $^{\circ}$ RMS	0.075 $^{\circ}$ RMS

구동장치에 사용되는 모터의 특성은 다음과 같다.

- 정 격 속 도 : 2270RPM
- 정 격 전 압 : 30V ϕ c
- 정 격 전 류 : 5.8A
- 연속토크 : 66Oz.-In
- 토오크상수 : 14.4Oz.-In. / A

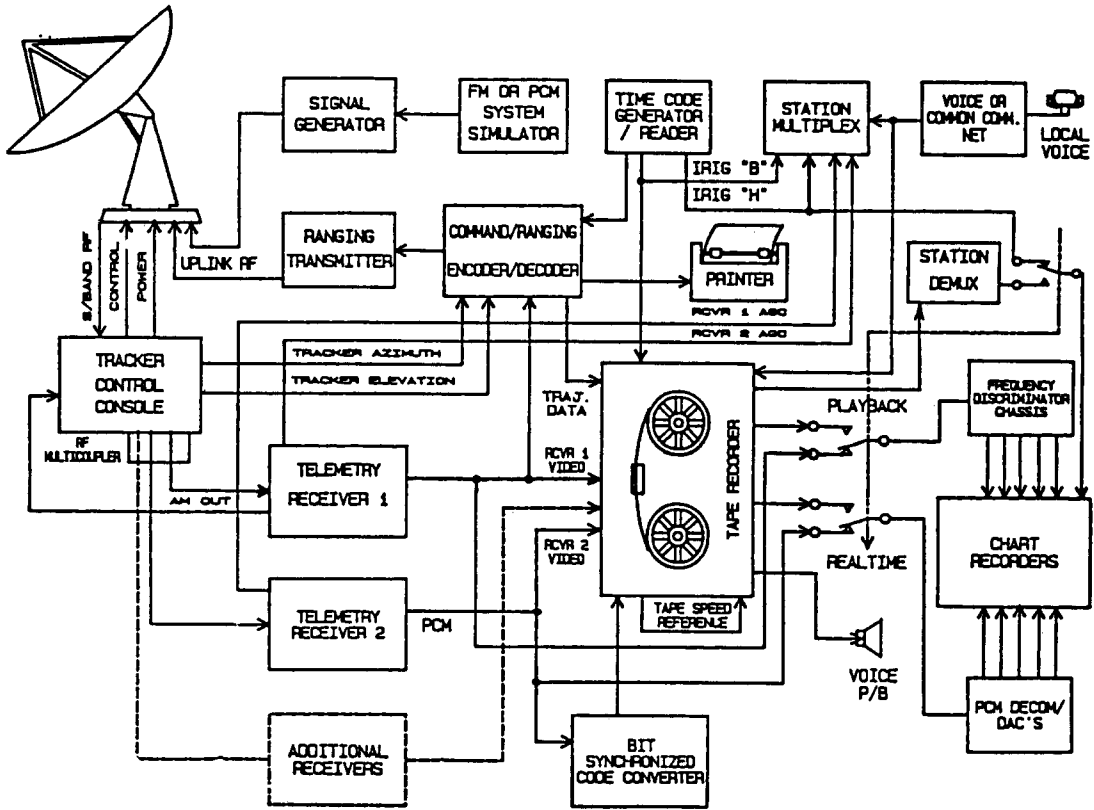


그림 1. 원격측정 지상시스템 구성도
Fig. 1. Telemetry Ground System Block Diagram

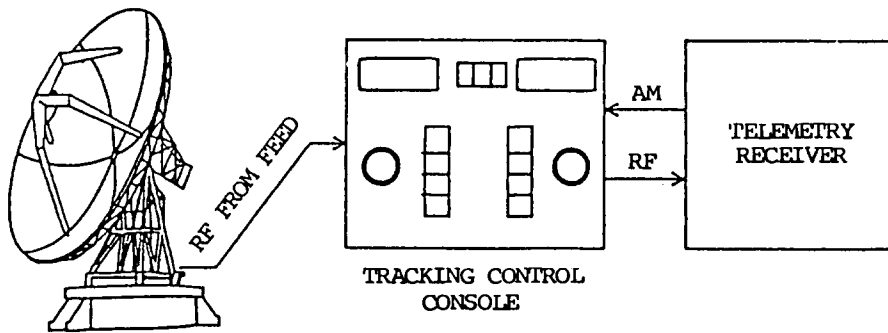


그림 2. 자동추적 안테나 시스템 구성도
Fig. 2. Autotracking Antenna System

급전장치(그림3)는 4개의 십자형 다이폴안테나의 단점(Conical Scan 방식처럼 대역폭에 제한이 있으며 주빔 피크와 사이드로브의 차가 20dB이상 요구됨)을 보완한 5개 십자형 다이폴안테나(다이아몬드형 배열)를 사

용하는 단일채널 Monopulse 시스템(그림4)을 사용하였다. 다섯개의 십자형 다이폴안테나에서 나오는 Monopulse Converter의 수평(AZ), 수직(EL) 입력은 5개의 90° Hybrid를 거쳐 좌선회원편파(LHC)로 변환된

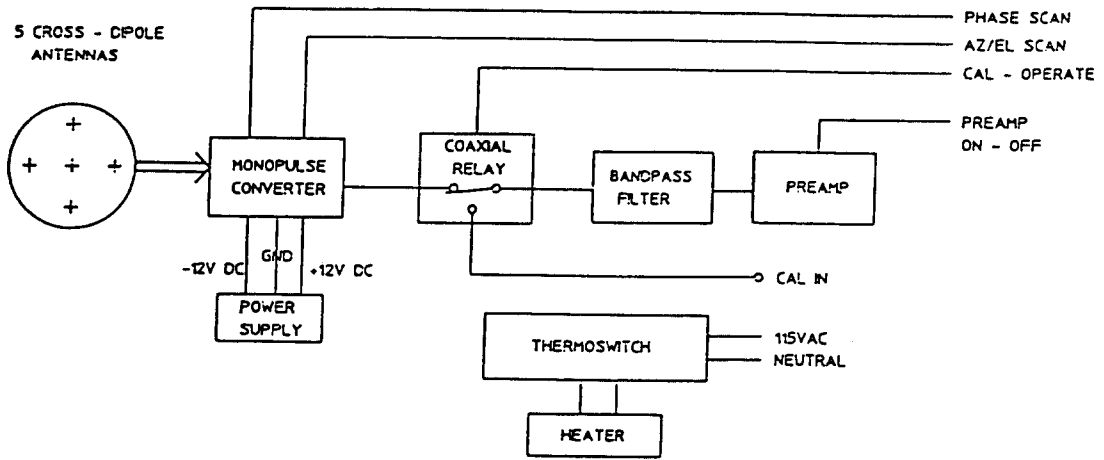


그림 3. RF 급전장치 구성도
Fig. 3. RF Feed Block Diagram

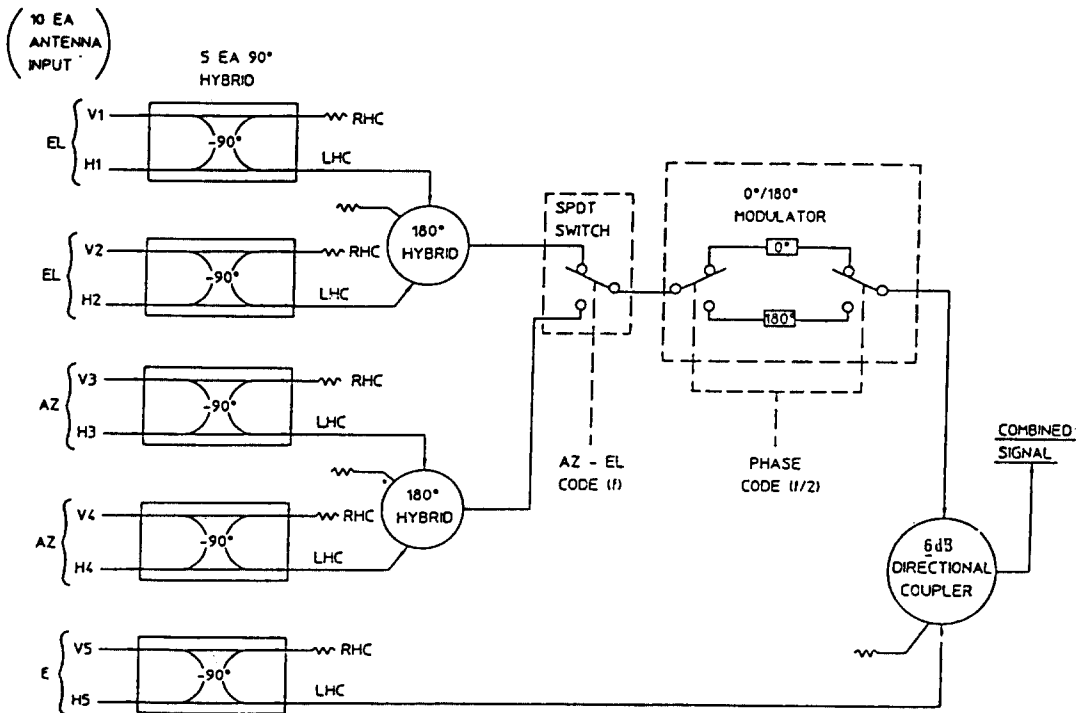


그림 4. 단일채널 모노펄스 변환기
Fig. 4. Single Channel Monopulse Converter

다. 다이아몬드형으로 배열된 안테나의 가운데 있는 안테나는 주 수신안테나로써 보통 합성안테나라 하며 수평안테나 쌍은 수평(AZ) 자동추적오차 신호를, 수직안테나 쌍은 수직(EL) 자동추적오차 신호를 추출하기 위해 사용된다. 90° Hybrid에서 나오는 AZ쌍, EL쌍의 출력을 AZ차신호(Δ AZ) 및 EL차신호(Δ EL)라 한다. 이와 같은 Monopulse Converter는 스트립선로 형태로 만들어지는 것이 대부분인데 그 규격은 다음과 같다.

- 동작주파수 : 2200-2300MHz
- VSWR : 1.4 : 1
- 특성임피던스 : 50ohms
- 채널 Isolation : 42dB
- 합채널 삽입손실 : 1.0dB
- 합 · 채널 결합 : 6dB 방향성 결합기

전단중폭기의 규격은 다음과 같다.

- 동작주파수 : 1700-2400MHz
- 잡음지수 : 최대 1.5dB
- 이득 : 최소 20dB
- VSWR : 2.5 : 1
- DC power : 15Volt / 60mA

2-2. 원격측정데이터 수신시스템 설계

자동추적 안테나시스템에서 나오는 RF를 입력으로 받아 IF출력을 자기테이프 기록계와 데이터처리 시스템으로 보내는 수신시스템은 모듈별로 구성하는 것이 바람직하는데 기본적인 수신방식은 슈퍼헤테로다인(Superheterodyne) 방식이고 동작주파수는 역시 S-Band의 2200-2300MHz로써 본 연구에서 설계규격으로 채택한 특성은 다음과 같다.

- 입력임피던스 : 50ohms
- VSWR : 1.5 : 1(typ.), 2.0 : 1(max.)
- 잡음지수 : 8dB
- 영상주파수 제거 : 80dB(typ.), 60dB(min)
- 중간주파수 제거 : 80dB(min)
- 스푸리어스 제거 : 60dB(min)
- EMI / RFI : MIL-STD-461-B
- 비디오 출력주파수 응답특성
 - AC Coupled : ± 0.5 dB 100Hz-500KHz
 ± 1 dB 5Hz-5MHz
 - DC Coupled : 0.5dB DC-500KHz
 ± 1 dB DC-5KHz

- 중간주파수 역과기 특성
 - 제1중간주파수 : 중심주파수 160MHz
대역폭 6MHz / 17MHz
 - 제2중간주파수 : 중심주파수 20MHz
대역폭 300KHz, 500KHz,
750KHz, 1MHz
- 컨넥터형태 : RF입력단은 N형이고 나머지는 BNC.
- 인터페이스 : RS-232C
- 동작온도범위 : 0°C - +50°C

2-3. 데이터처리 시스템 설계

자동추적 안테나시스템과 수신장치를 거쳐 나오는 신호에는 비행중인 로켓에서 송출한 많은 정보들이 담겨있다. 이와 같은 본래의 정보를 실시간으로 추출하거나 기록하는 장치를 통틀어 데이터처리 시스템이라 한다. 데이터처리 시스템은 테이프기록계, PCM Decommutator, PCM Bit Synchronizer, Chart Recorder, Time Code Generator / Translator, Ranging용 송신기 및 레오데이터처리장치등으로 구성되는데 이들의 특성은 다음과 같다.

1. 테이프 기록계

Wideband Group II를 만족하며 특성은 다음과 같다.⁷⁾

- Direct Recording : 2MHz(120 IPS)
- FM Recording : 500KHz(120 IPS)
- Tape Speed : 1 7/8, 3 3/4, 7 1/2, 15, 30, 60, 120[IPS]
- Speed Accuracy : $\pm 0.1\%$
- Connector : 표준 BNC형
- FM Record Input Sensitivity : 0.1V-10V RMS
- Direct Record Input Sensitivity : 0.1V-10V RMS
- Input Impedance : 75ohms / 10Kohms
- Track Position : 14
- IRIG 118-79 및 106-80

2. PCM Decommutator

- Data Rate : 5Mbps Bi ϕ -L
- Word Length : 3-16bits / word
- Minor Frame Length : 4~4096 word / frame
- Minor Frame Sync. Pattern Length : 36bits(max)
- Minor Frame Per Major Frame : 1~512
- Bit Sync, D / A Converter 및 Simulation

3. PCM Bit Synchronizer

Data Rate : 5Mbps Bi ϕ -L
 PCM Code : Non Return to Zero(NRZ),
 Bi-phase(Bi ϕ), Delay Modulation(DM),
 Randomized NRZ(RNRZ)

· Input Impedance : 1 Kohms

4. Chart Recorder

· 실시간응답특성 : 15KHz
 · 속 도 : 0.1mm / sec ~ 500mm / sec
 · 입력범위 : 0.5, 1.0, 2.5, 5, 10V
 · 채널 수 : 8ch

5. Time Code Generator / Translator

· 입력임피던스 : 100kohms
 · 펄스출력 : 1, 10, 100, 100pulse / sec
 · LED Display : 일, 시, 분, 초
 · 발전기안정도 : 1×10^{-6} 이하
 · 온도범위 : 0 $^{\circ}$ C ~ 50 $^{\circ}$ C

6. Ranging 용 송신기

· 출력주파수 : 430MHz, 547MHz,
 550MHz, 553MHz
 · Power : 2Watts / 50Watts
 · VSWR : 1.6 : 1
 · 주파수응답 : DC-500KHz
 · 안 정 도 : $\pm 0.003\%$
 (각각의 출력주파수에 대해서)
 · 편 차 : ± 200 KHz(최대)
 · 컨 넥 터 : 변조입력 BNC, 출력N형
 · 변조방식 : FM
 · 입력임피던스 : 10Kohms

7. 궤도데이터 처리장치

마이크로컴퓨터를 이용한 궤도결정 시스템으로써 UHF 송·수신기와 결합하여 비행체의 위치데이터를 실시간으로 처리한다. IRIG B Time Code에 정합을 이루며 자기테이프에 기록된 데이터도 재생한다.⁴⁾

· Slant Range : 500Km(Typical)
 · 출 력 : 시간, 상태, 위도, 경도, Slant Range,
 Azimuth, Elevation
 · Range Code : Bi ϕ -L PCM Code
 · Printing Rate : 1 / sec, 1 / min, 6 / min
 · 오 차 : ± 0.03 Km

결 론

본 연구에서는 KSR-420S 과학관측로켓의 원격측정 지상시스템을 설계하였다. 동작주파수는 S-band(2200-2300MHz)로써 최대 5Mbps의 처리속도와 최대 16bit의 해상도를 갖으며 KSR-420S의 최대비행속도가 마하6인점을 고려하여 Elevation 및 Azimuth 방향의 안테나 추적속도가 공히 30 $^{\circ}$ /sec이고 가속도가 100 $^{\circ}$ /sec²이 되도록 하였다. 500Km(최대 1,200Km)의 Slant Range 까지 추적할 수 있으며⁵⁾ 실시간으로 과학관측로켓의 비행궤도를 표시할 수 있다.

본 연구의 결과는 과학관측로켓의 발사에 사용할 수 있을 뿐만아니라 지구궤도 과학위성의 지상시스템으로도 사용할 수 있을 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

1. Homer E. Newell, "Sounding Rockets", McGraw-Hill, P28-44, 1959.
2. Ellite L. Grueberg, "Handbook of Telemetry and Remote Control," McGraw-Hill, 1967.
3. C.D.Feken & L.J.Skach, "Portable Tracking, Trajectory Command Data Acquisition and Display", AIAA 7th Conference on Sounding Rockets, Balloons and Space Systems, P9-16, 1986.
4. IRIG STANDARD 106-86 "Telemetry Standard", Secretariat RCC, New Mexico, 1986. 4.
5. P.R.K.Chetty, "Satellite Technology and its Applications", TAB BOOKS Inc., 1988
6. Lamont V.Blake, "Antennas", Wiley, N.Y., 1986.
7. L.V.Blake, "Antennas", Artech House, Washington, 1984
8. Kamilo Fesher, "Digital Communications Microwave Applications", Prentice-Hall, 1981.
9. Frank F.E, Owen.B.Sc, M.I.E.E, "PCM and Digital Transmission System", McGraw-Hill, N.Y., 1982.
10. 류장수의 "과학연구용 로켓 개발을 위한 필수기술 연구 (I), 과기처특정연구, 1989. 5
11. 류장수의 "과학연구용 로켓 개발을위한 필수기술 연구 (II), 과기처특정연구, 1990. 5

12. 조광래외 “위성지상국 시스템 기초연구(Ⅱ)-과학로
케트 텔레메트리 지상 시스템개발-”, 과기처특정연
구, 1990. 11

본 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발 사업의 연구 결과임.