

위성추적 관제기술

김 혁, 박 재수, 고 영철, 육 재림

요약문

인공위성의 이용증가로 인한 유한자원인 정지궤도와 주파수 Spectrum을 유효하게 이용하고 효율적으로 관리하기 위해서 우리나라에서도 1978년도 부터 위성통신 전파의 조사연구와 인공위성의 추적 및 전파전파 특성조사를 실시하고 있다.

이 연구보고서는 전파연구소에 설치된 직경 5m와 10m의 광대역 위성전파 수신분석시설에 의하여 위성전파를 수신하고 복조장치에 의하여 위성전파 신호를 복조하며 또한 Measurement System에 의하여 신호의 특성 분석과 위성전파의 수신전력및 Spectrum 이용에 관한 측정을 하여 정지궤도 위성의 궤도위치, Spectrum 분포상태, 할당된 채널의 채널별 운용실태 파악 등을 확인 및 감시할 수 있는 방안을 제시하였으며 System 출력결과를 첨부하였다.

목 차

第 1 章 序 論	473
第 2 章 衛星電波 分析시스템 概要	474
1. 構成要素	475
가. System Controller	475
나. 測定 計測機	476
2. Software 構成要素	477
가. HP-UX/OS	477
나. RMB / UX	477
다. SQL Data Basic	478
3. 運用 Software	478
第 3 章 衛星電波 分析시스템 및 Demodulator Subsystem 構成圖	479
第 4 章 Measurement Flow Chart	485
1. Auto Scannign Measure	485
2. Auto-measure	486
3. Manual Measure	487
第 5 章 測定 結果	489

第 6章 外國의 衛星電波 監視	498
1. 美 國	498
가. 技能	498
나. 裝備와 設備	499
다. 測定 技術	501
2. 獨 逸	502
가. 技能	502
나. 測定裝備와 測定の 正確度	503
다. 안테나 시스템및 主要諸元 特性	505
第 7章 結 論	507
참 고 문 헌	507

제 1 장 서 론

전파연구소에는 1987년 6월부터 직경 5m 위성추적용 수신시스템을 설치하여 연구운용중에 있으며 현재는 직경 10m 위성추적용 안테나 및 정지궤도 위성의 점유주파수 대역폭, 전력속 밀도(Power Flux Density), 주파수 등을 수동 또는 자동으로 측정할 수 있는 위성전파 분석시스템, 그리고 여러가지로 변조된 RF 신호를 복조할 수 있는 Demodulator Subsystem을 설치 운용하고 있다.

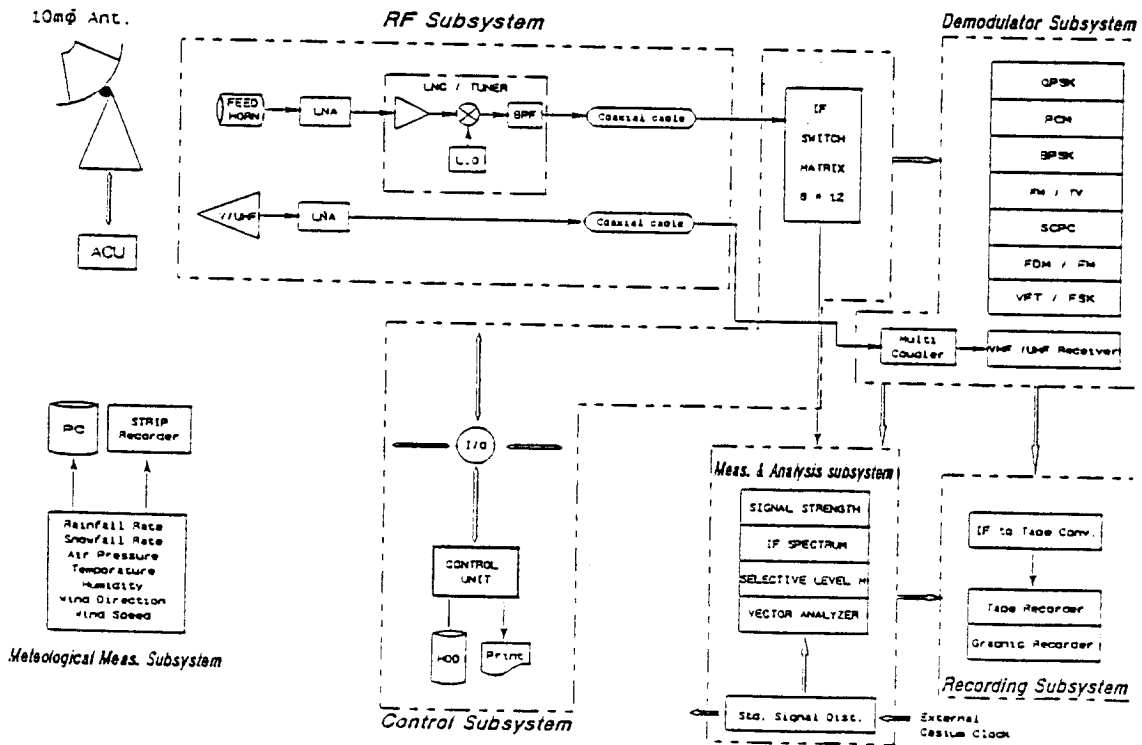
따라서 본 연구는 현재 전파연구소에 설치되어 있는 10m \varnothing 위성전파 수신시스템을 이용하여 정지궤도 위성전파를 수신할 수 있는 구간인 E 53° ~ W 158° 사이에 있는 정지궤도 위성의 정지궤도 이용 실태 및 위성에서 송신하는 전파의 Spectrum 이용 상태를 측정하고 감시하며 위성전파 분석시스템의 S/W를 구성하여 정지궤도 위성의 감시에 이용할 수 있도록 연구를 수행한 결과보고서이다.

제 2 장 위성전파 분석시스템 개요

본 위성전파 분석시스템은 위성전파 수신시스템에 연계, 위성전파 측정에 필요한 초기 데이터 (시스템 운용자에 의해 입력) 를 기초로 하여 위성으로 부터 수신되는 각종 신호를 측정, 분석 및 저장하는 역할을 수행한다.

특히 이 시스템은 안테나에서 수신한 1GHz-14GHz의 전파를 Feed Controller와 Multi-Tuner에서 원하는 주파수 만을 선택한 후 Down Converter에서 중간 주파수 70MHz로 변환하여 이 변환된 70MHz를 Measurement Subsystem에서 측정하여 각종 데이터를 산출하기 때문에 이러한 수신시스템에서 발생하는 여러가지 손실을 컴퓨터에서 보상하여 RF신호를 Real 값으로 분석할 수 있도록 구성하였으며 신호의 특성을 자동 또는 수동으로 측정, 분석할 수 있는 기능을 갖는다.

또한 전체 위성전파 수신시스템을 시스템 운용자의 조작에 따라 적절한 조건으로 조정하는 기능도 수행한다.



(그림1) 위성전파 분석 시스템 Block Diagram

1. 구성요소

이 시스템은 측정의 고속화 및 운용자 조작의 최소화 그리고 데이터의 수집 및 정리를 위하여 각 계측기를 IEEE-488 Interface를 통해 Controller와 연결, 각 계측기의 조정 및 기능 그리고 데이터 수집을 가능한 한 자동화 할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

이러한 자동화 작업에서 구성장비 못지않게 중요한 부분이 Software로 실제 작업순서 및 데이터의 수집과 장비의 조정에 필요한 모든 절차를 명시하였고 Software를 시스템의 한 구성요소로 취급하여 각 구성요소에 대해 자세한 설명을 하였다.

가. System Controller

(1) System Processing Unit

이 시스템에서 사용하는 Controller는 필요한 Software를 내장하고 모든 계측작업 및 이에 수반되는 데이터 베이스 작업을 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 다용도성을 충족시키기 위하여 HP 9000 Series 중 380 Model을 선택하였고 HP 9000/380은 다음과 같은 사양을 가지고 있다.

- MOTOROLA MC 68040 25MHz 32 bits Processor
(수치연산 Processor 내장)
- 16 MBytes ECC RAM (MAX 32 MBytes)
- SCSI (Max 4MByte/sec Transfer Rate)

(2) DISK Interface

- Centronics Parallel Printer Interface
- RS-232-C (추가기능)
- HP-IB (IEEE-488, 추가기능)
- LAN Interface (IEEE-802.3 Thin LAN)
- 한글 입출력 기능
- 16 인치 Color CRT (1280 × 1024 해상도)

(3) DISK

시스템에서 사용하는 Operating System 및 사용자 프로그램과 데이터 File 및 운용에 관계되는 데이터 베이스를 모두 저장하는 역할을 하는 장치로 사용되는 데이터의 양 및 속도를 고려하여 SCSI Interface로 연결되는 HP C2213A 윈체스타 Disk를 사용한다. 이 윈체스타의 사용 용량은 640 MBytes로 Disk Unit를 2개 까지 더 확장할 수 있어서 총 1.8 GBytes 이상의 용량을 가질 수도 있다.

(4) Printer

고품위의 인자품질을 요구하는 추세에 따라서 개발된 Laser Printer와 Paintjet 및 Graphic을 지원하는 Plotter를 사용하여 출력이 바로 보고서화 할 수 있도록 하였다.

나. 사용된 계측기

자동계측 System에서 직접 계측작업을 수행하는 계측기의 역할은 다음과 같다.

(1) IF Section

- o 11729C : Noise/Interface Test Set
IF 신호의 C/N(Carrier to Noise Ratio) 을 측정한다.
- o 8568B : Spectrum Analyzer
IF 신호의 Spectrum분포 및 점유주파수대역폭, 신호 Level , 잡음등을 측정한다.
- o 3488A : Switch Matrix
IF 신호를 해당 계측기에 적절히 분배하는 역할을 한다.
- o 83620A : Signal Synthesizer
초기 시스템 설치시 수신신호와 IF 신호와의 관계를 규정하기 위한 Source Signal 발생용으로 사용한다.

(2) Base Band Section

- o 5087A : Distribution Amplifier
각 Base Signal을 분배하는 역할을 한다.

- 3585B : Spectrum Analyzer
각 Base Signal의 Spectrum 분포 및 신호 Level을 측정하기 위해서 사용한다.
- 8981A : Vector Analyzer
IF 및 Baseband Vector Signal을 화면상에 표시해 주며 A/D 변조신호의 특성분석, Coherent Phase와 진폭특성분석 및 I/Q 신호분석 그리고 변조상태의 분석결과를 표시한다.
- 3488A : Switch Matrix
복조된 신호를 계측기에 분배하는 역할
- 3586A : Selective level meter
FDM 방식의 특정주파수 신호검출 및 수신 Level 측정과 SNR의 특성 및 분석을 한다.

2. Software 구성요소

HP 9000용으로 제공되는 Software는 여러가지가 있으나 여기서는 Operating System 인 HP-UX 외에 계측제어용으로 HP-Basic, 데이터 관리용으로 SQL(Structure Query Language)을 사용한다.

가. HP-UX OS

HP-UX OS는 Multi-User용 OS로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- AT&T Unix System V와 호환
- Multi-User, Multi-Programming
- Real Time 기능
- 한글 입출력 기능
- X11 Window System

나. RMB/UX

HP-Basic 일명 Rocky Mountain Basic(RMB) Language 는 주로 계측기 제어용으로 사용되는 언어이나 그래픽 처리도 할수있는 기능을 가지고 있다.

RMB/UX는 기존 사용되던 RMB 언어를 Multi-User, Multi-Programming 환경의 HP-UX 하에서 사용할 수 있도록 개조한 것으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- o 강력한 입출력 제어기능
- o 한글 출력기능
- o 2D 그래픽 제어기능 (Plotter 포함)
- o X Window Support (Multi Window 기능)
- o structured Programming 기능
- o Unified I/O System
- o Compiler 내장
- o Program 입력시 System Check 기능
- o HP-UX와의 연결기능
- o C, Pascal 등의 언어로 Subprogram 작성가능

다. SQL Data Basic

여러가지의 Data가 서로 연결되어 작업관리 및 데이터 처리를 File 관리방식으로 수행하면 프로그램 작업량이 과다해지므로 Unix의 표준 데이터 베이스인 SQL을 사용하여 사용자 프로그램과 데이터 베이스를 연결, 일반관리 데이터의 입출력을 보다 쉽게 처리할 수 있도록 하였다. SQL의 개략적인 사양은 다음과 같다.

- o C, FORTRAN, PASCAL과 연계하여 사용
- o 관계형 Data Base
- o Index의 임의적 설정가능
- o 강력한 Security 기능으로 보안유지가 용이
- o DB Check 기능
- o SQL/NET의 부가로 System간 Data Base 사용가능
- o 한글처리 기능

3. 운용 Software

이 시스템에서 사용하는 Software는 크게 나누어 신호측정 프로그램, 시스템제어 프로그램 및 데이터관리 프로그램으로 나눌 수 있다.

시스템제어 프로그램은 측정하고자 하는 위성에 대하여 안테나와 위성전파 수신 시스템을 조정하는 역할을 하고 신호측정 프로그램은 위성으로 부터 수신한 신호의 주파수와 수신전력및 점유주파수 대역폭등을 측정하여, 위성전파의 신호상태및 전송신호의 품질을 분석하고 통신채널상의 여러변화(기후에 따른 변화, 우주환경에 따른 변화, 지상의 주변잡음등)에 대해 신호의 세기가 어떻게 변화하는가를 분석하고

Monitoring을 하며 데이터관리 프로그램은 데이터를 저장, 출력하는 역할을 한다.

참조 (그림2) 위성전파 분석 시스템 S/W Main Menu 구성

제 3 장 위성전파 분석시스템 및 Demodulator Subsystem

구성도

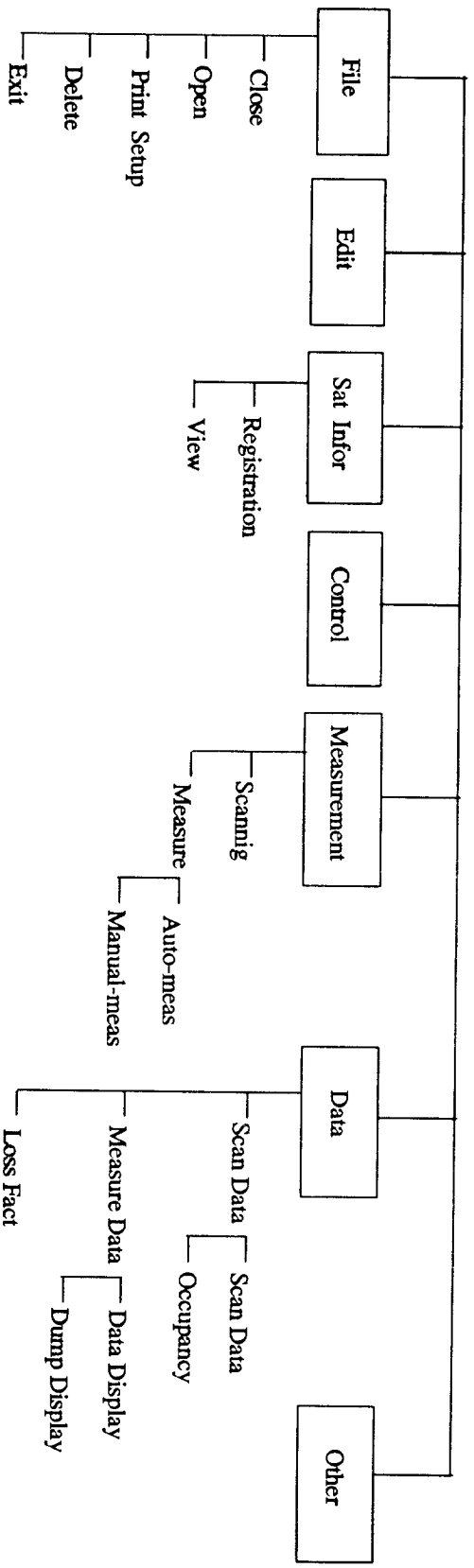
위성전파 분석시스템 및 Demodulator Subsystem의 구성은 측정 System과 컴퓨터 System의 Hardware 부분과 이를 제어하는 Software로 구성되며 그 구성도는 그림 3,4,5,6 과 같으며 Demodulator Subsystem의 원격제어를 위한 Hardware 구성은 그림 6과 같고 시스템의 운용을 위해서 계속 연구 보강하여야 과제이다.

참조 (그림 3) 10m 광대역 위성추적 수신 안테나의 Feed 구성도

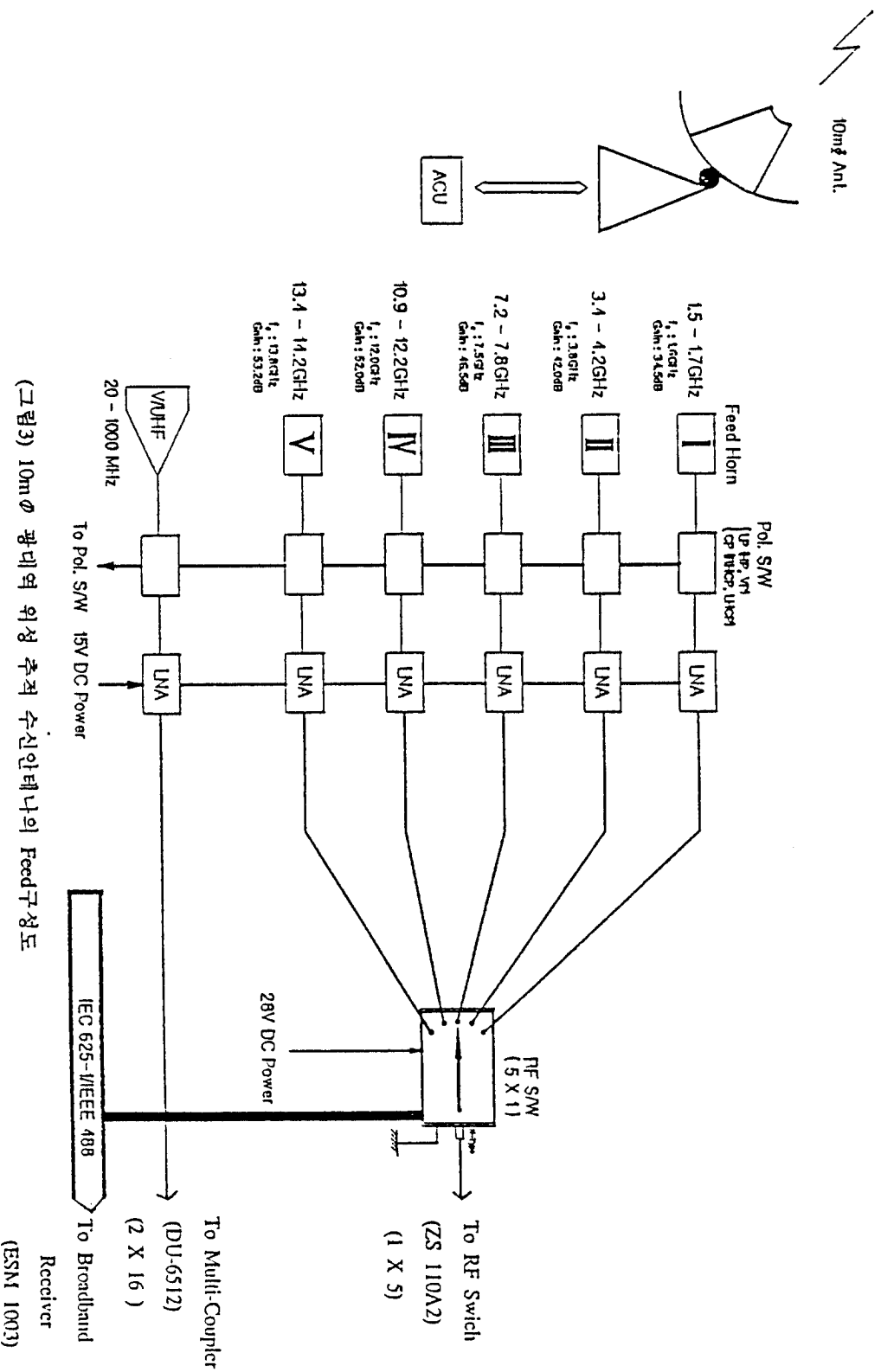
(그림 4) Multi-Tuner 구성도

(그림 5) 광대역 수신기및 위성전파 수신분석을 위한 측정장치 구성도

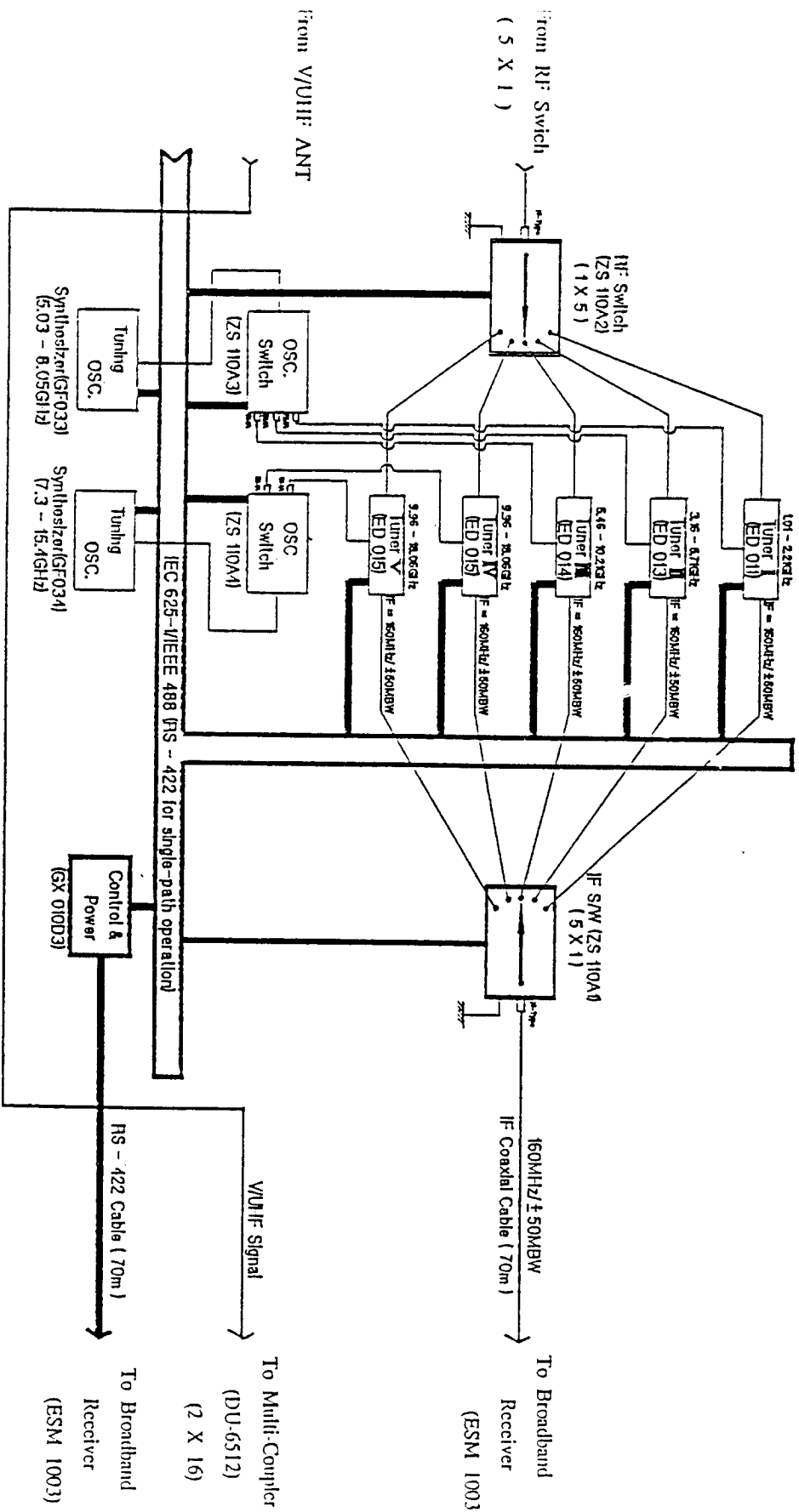
(그림 6) 위성전파 분석을 위한 복조및 측정장치 구성도



전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

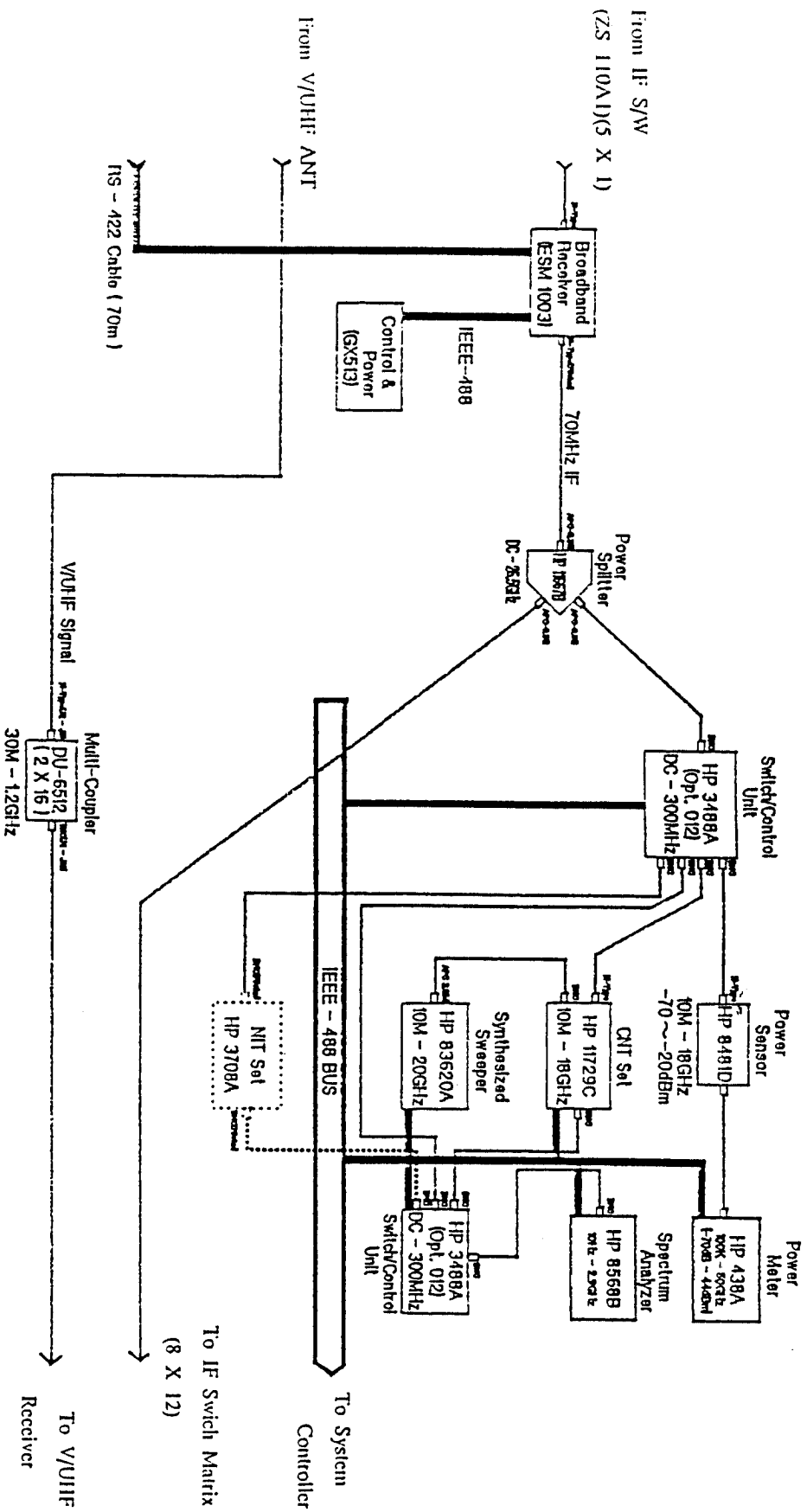


전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서



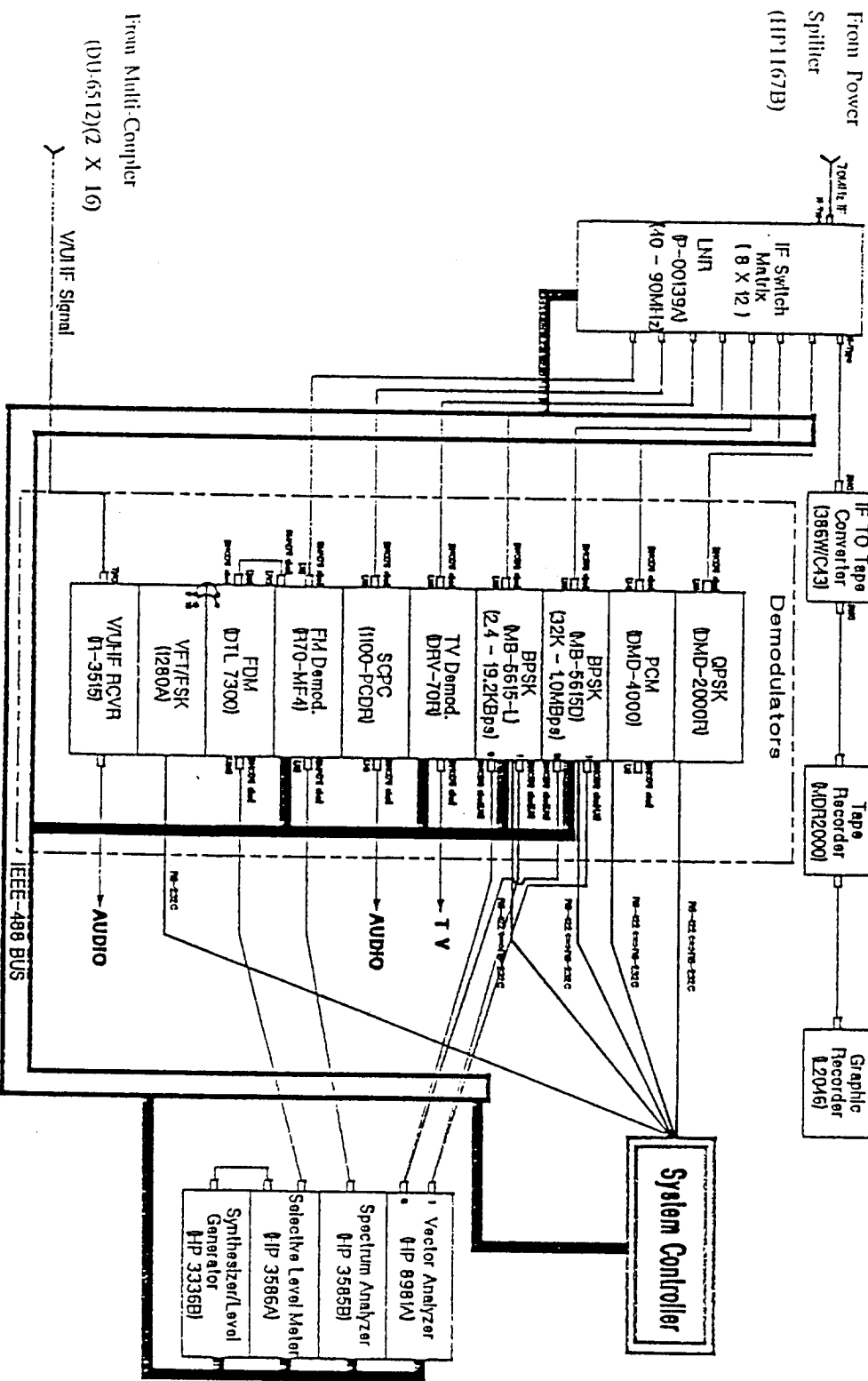
(그림 4) Multi-Tuner 구성도

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서



(그림5) 광대역 수신기 및 위상전파 수신분석을 위한 측정장치 구성도

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서



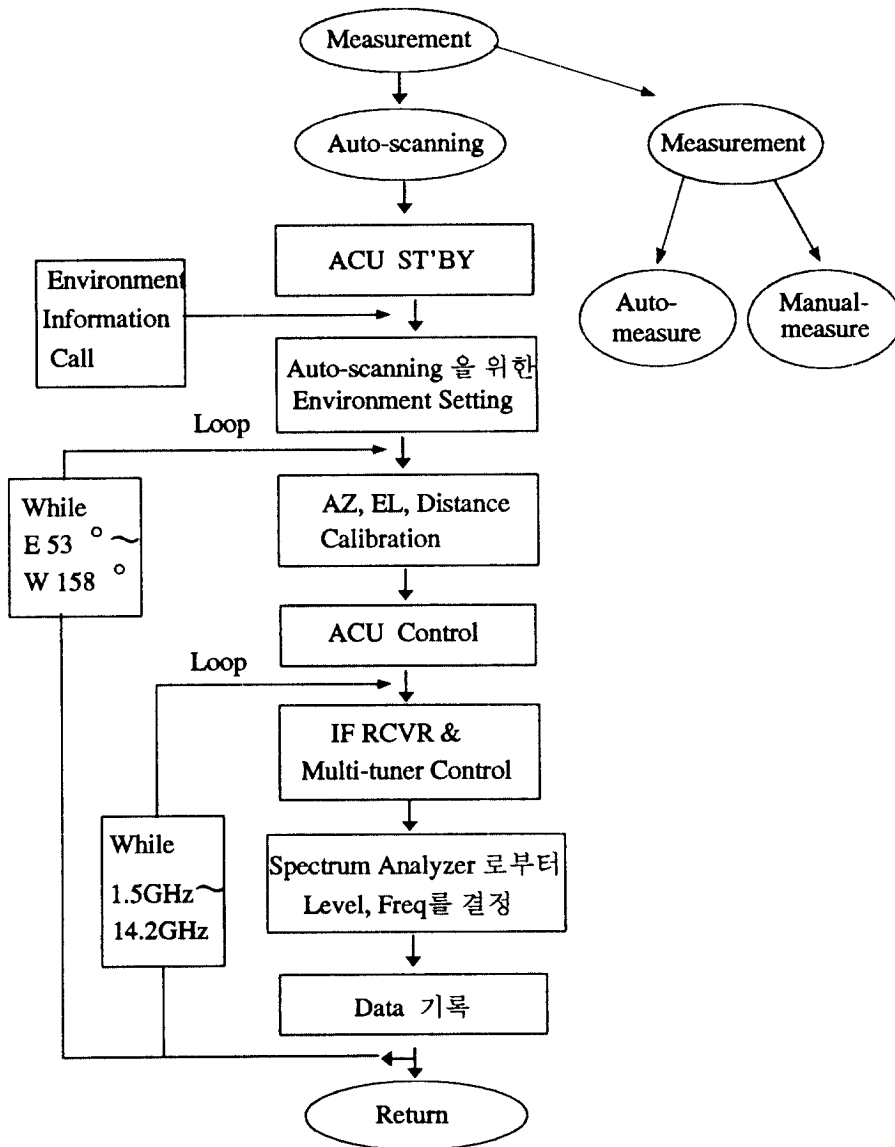
(그림 6) 위성전파 분석을 위한 보조 및 측정장치 구성도

위성추적 관제기술(484)

제4장 Measurement Flow Chart

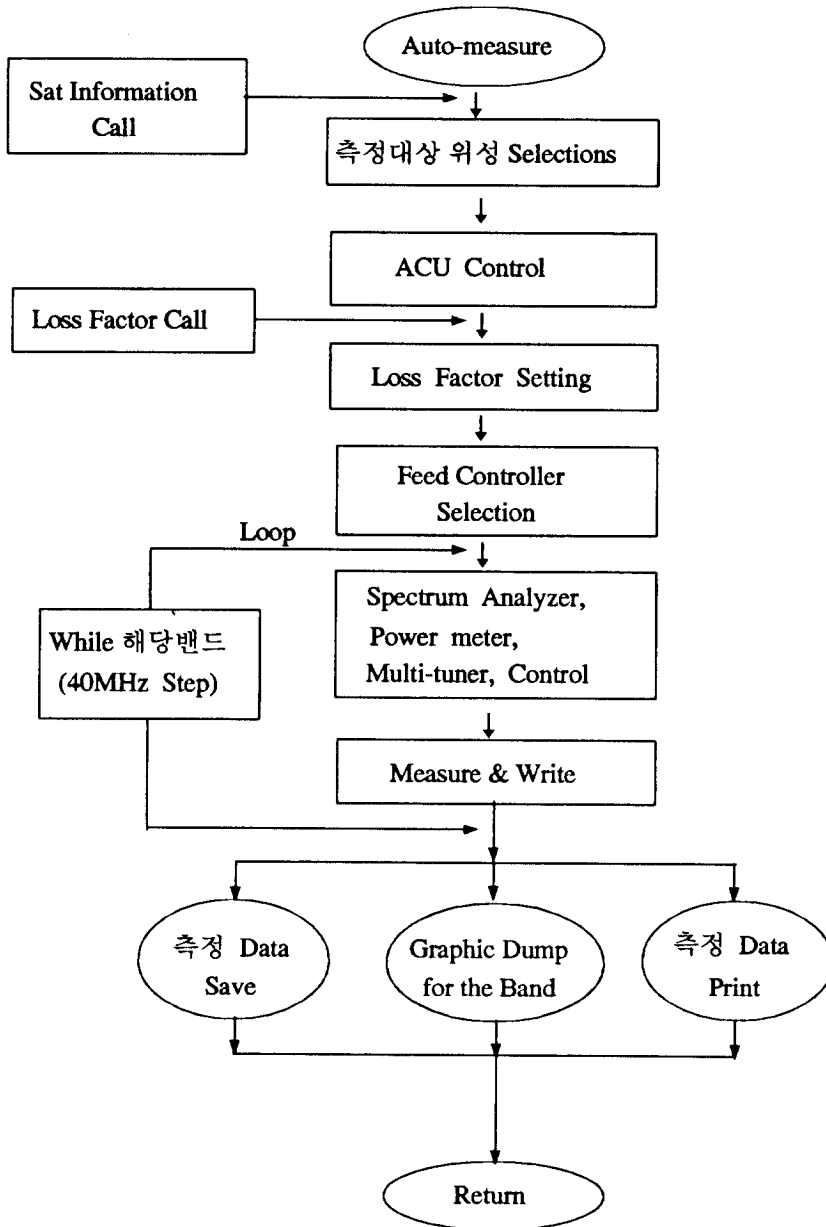
1. Auto Scanning Measure

Auto Scanning Measure는 전파연구소에서 정지궤도 위성전파를 수신할 수 있는 범 위인 E 53° - W 158° 의 정지궤도 사이를 원하는 간격으로 Scanning 하면서 1.5GHz - 14.2GHz 에 분포되어 있는 정지궤도 위성의 주파수와 수신전력을 자동으로 탐사하기 위한 기능이고 이에 대한 처리 과정은 그림 7과 같다.



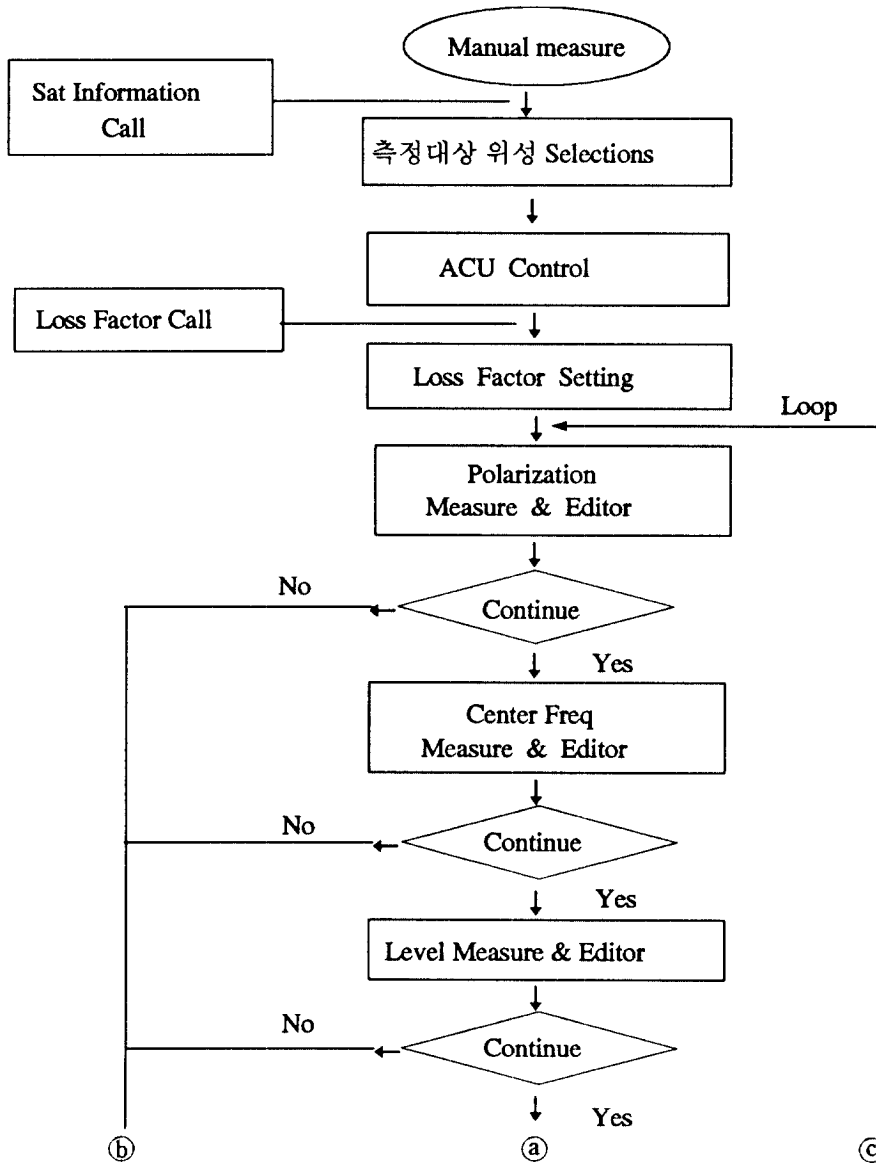
2. Auto-measure

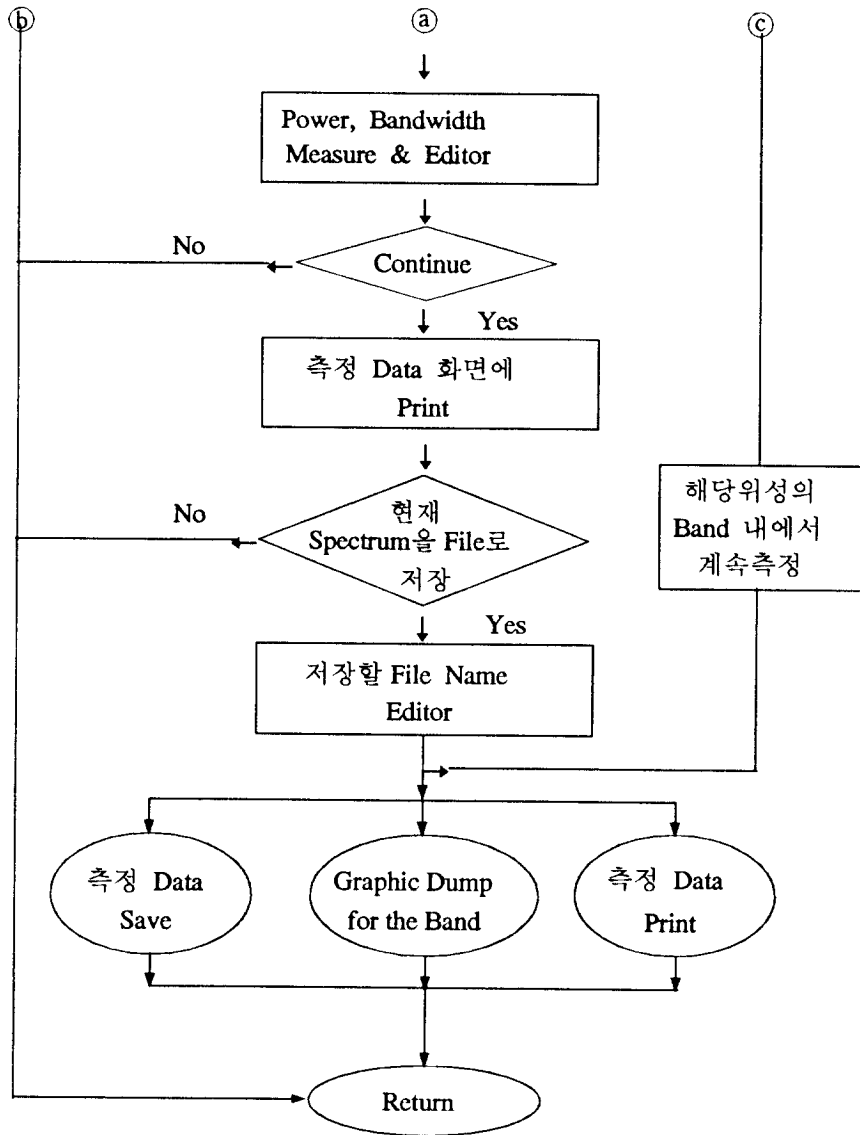
기 습득한 정지궤도 위성제원을 가지고 각 위성에 대하여 자동으로 주파수, 수신전력, 점유주파수 대역폭등을 측정하는 기능이고 이에 대한 처리과정은 그림 8과 같다.



3. Manual Measure

기 습득한 정지궤도 위성제원을 가지고 각 위성에 대하여 수동으로 보다 정확한 주파수, 수신전력, 점유주파수 대역폭등을 측정하는 기능이고 이에대한 처리과정은 그림 9와 같다.





제 5 장 측 정 결 과

10m ϕ 위성전파 수신시스템과 위성전파 분석시스템을 이용하여 홍콩에서 운용하고 있는 ASIAsAT-C 위성의 5개 CH.에 대한 수신전력, 점유주파수 대역폭, 지상 전력속 밀도(PFD)와 5개 CH.의 Spectrum 분포상태 및 각 CH.에 대한 Spectrum 분포상태를 측정하여 첨부하였다.

ASIAsAT-C 각종제원 (Table 1)

위 성 계	① 중계기 출력 (8.2W)	9.1 dBW
	② 송신 Antenna 이득	28.8 dBi
	③ 급전계 손실 (Feeder 손실)	-3.0 dB (예상치)
	④ Eirp	34.9 dBW
전 송 로	⑤ 강우대기 감쇄	-2.0 dB (예상치)
	⑥ Pointing 손실 ※ 등가 실효복사 전력	-0.5 dB (예상치) 32.40 dBW
	⑦ 자유공간 손실 $\{ L_f = 10 \log \left(\frac{4 \pi d^2}{\lambda} \right) \}$	-196.60 dB f = 4 GHz, d = 37700 km
	⑧ 지상수신전력	-164.20 dBW -134.20 dBm
	⑨ 지상전력속 밀도	-130.71 dBW/m ²

* 송신 Antenna 이득은 Gain Contours of the Transmitting Antenna를 참조하였고 이 Contour에 의하면 Gmax = 30.8 dBi 이고 우리나라는 28.8 dBi 이다.

Table 1 에서 보는 바와 같이 ASIAsAT-C의 지상 전력속 밀도는 -130.71 dBW/m^2 으로 계산되어 있으나 실제 측정결과치는 $-118.41 \sim -124.32 \text{ dBW/m}^2$ 으로 CH. 별로 다르게 측정되어 있다. 이러한 오차 발생에 대한 원인 규명은 계속 System을 운영하면서 보완해야 할 과제로 남아있다.

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

SAT. NAME : ASIANSAT SAT. ID : 1988-A NAT'L : U.K. DATE : 2 Dec 1992
 ORBIT : 105.5 AZIMUTH : 212.9 ELEVATION : 41.15 TIME : 11:24:46

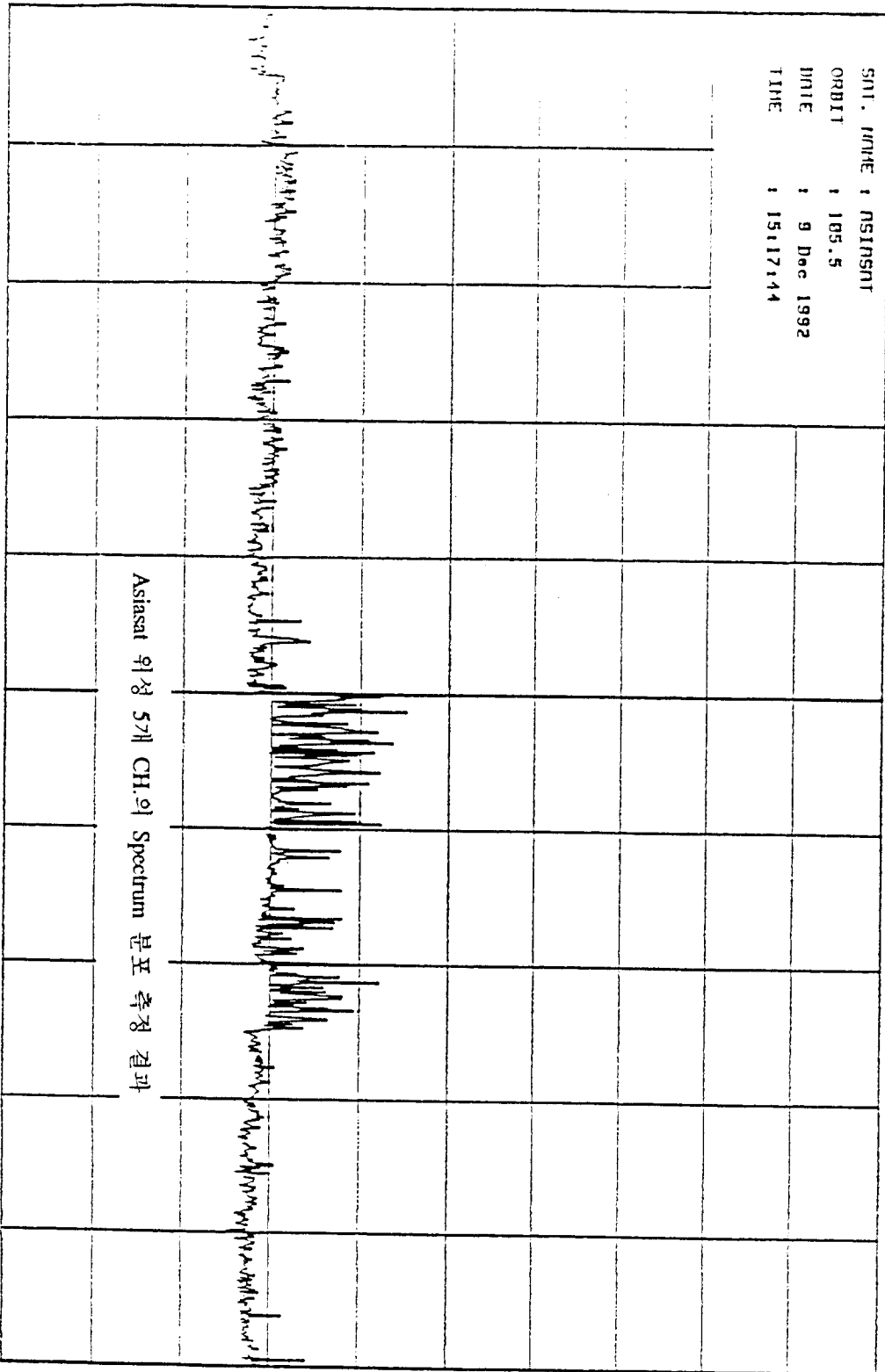
Transponders

Channel	Frequency (MHz)	Level (dBm)	BW (MHz)	PFd (dBW/m2)	Polarization
1	3800.000	-50.00	7.000	-119.59	VER
2	3840.000	-52.00	7.000	-121.50	VER
3	3880.000	-49.00	7.000	-118.41	VER
4	3920.000	-55.00	7.000	-124.32	VER
5	3960.000	-55.00	7.000	-124.24	VER

Asiasat 위성의 CH.별 측정 결과

RRL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SNI. (NAME) : NSINSNT
 ORBIT : 105.5
 DATE : 9 Dec 1992
 TIME : 15:17:44



STIMPT F : 3400 MHz

REF LINE : 0dBm

위성추적 관제기술(492)

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

IRIL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SMT. NAME : NSIASMT
ORBIT : 185.5
CHANNEL : 1
FREQUENCY : 3800 MHz
DATE : 2 Dec 1992



Asiasat CH.1 Spectrum 분포 측정 결과

START F 60 MHz
RES BW 10 kHz

VBW 3 kHz

STOP F 80 MHz
SWP 200 msec

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

RRL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SAT. NAME : ASINSAT
ORBIT : 105.5
CHANNEL : 2
FREQUENCY : 3040 MHz
DATE : 2 Dec 1992



Asiasat CH2 Spectrum 분포 측정 결과

START F 60 MHz

RES BW 10 kHz

VBM 3 kHz

STOP F 80 MHz

SMP 200 msec

위성추적 관제기술(494)

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

FRL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SMT. NAME : NSINSMT
ORBIT : 105.5
CHANNEL : 3
FREQUENCY : 3880 MHz
DATE : 2 Dec 1992



Asiasat CH.3 Spectrum 분포 측정 결과

START F 60 kHz
RES BW 10 kHz

VBW 3 kHz

STOP F 80 MHz
SWP 200 msec

위성추적 관제기술(495)

RRL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SAT. NAME : NSINSAT
ORBIT : 105.5
CHANNEL : 4
FREQUENCY : 3920 MHz
DATE : 2 Dec 1992



Asiasat CH.4 Spectrum 분포 추정 결과

START F 60 MHz
RES BW 10 kHz

VBW 3 kHz

STOP F 80 MHz
SNP 200 m000

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

RPL'S MONITORING STATION SPECTRUM ANALYSIS

SMT. NAME : NSINSMT
ORBIT : 105.5
CHANNEL : 5
FREQUENCY : 3960 MHz
DATE : 2 Dec 1992



Asiasat CH.5 Spectrum 분포 측정 결과

START F 60 kHz
RES BW 10 kHz

VBW 3 kHz

STOP F 80 MHz

SWP 200 msec

위성추적 관제기술(497)

제6 장 외국의 위성전파 감시

1. 미국

미국은 위성전파 감시를 위하여 연방통신위원회(FCC)에서 메릴랜드주에 위치한 Laurell 전파감시소에서 1984년도 부터 정지궤도위성에 대한 감시기능을 수행하고있다.

가 기능

정지궤도 위성으로 부터의 위성전파가 무선규칙(RR)에 따르는지를 결정하기 위해서 개발되었으며 이러한 측정과 관측은 다음을 포함한다.

- o 반송주파수
- o 점유 주파수 대역폭
- o 전력속 밀도
- o Purity of Emission
- o 정지 궤도 유지의 정확도 (Station - Keeping Accuracy)
- o 신호원의 식별 (Identification of Signal Source)
- o 공인되지 않은 트랜스폰더의 사용여부

또한 추가적인 Parameter는 전파의 형식에 의해서 측정되어지고 관측되어지며 이는 다음과 같다.

- FDM - FM
 - o Baseband Signal의 주파수와 진폭
 - o 음성 또는 다른 채널 수(Number of Voice or other Channels)
 - o 반송파의 Peak Deviation
 - o 만일 사용되면 에너지 분산 신호의 주파수와 진폭
- TV - FM
 - o Baseband Signal의 주파수와 진폭
 - o 반송파의 Peak Deviation
 - o 만일 사용되면 에너지 분산 신호의 주파수와 진폭
 - o 사용된 Pre-Emphasis 특성
- SCPC - FM
 - o 반송파의 Peak Deviation
 - o 최고 변조 주파수
 - o Carrier Spacing
 - o 트랜스폰더 대 반송파수(Number of Carrier Per Transponder)
 - o 채널의 점유 주파수 대역폭
 - o 반송파 대 상대전력 (Relative Power Per Carrier)

- 디지털
- (PSK, FSK
- SCPC등)
- 비트율
- 위상의 수
- 진폭 Level의 수
- 트랜스폰더 대 반송파 수
- Carrier Spacing
- 채널의 점유주파수 대역폭
- 반송파 대 상대전력

나 장비와 설비

(1) 개요

위에서 언급된 기능을 수행하기 위하여 장비구성을 위한 제작비등 여러요소들이 고려되었다.

이는 Frequency Coverage, 시스템 감도, 안테나 회전율, 안테나 포인팅 정확도, 안테나 Feed 절체 방법, 수신 대역폭 등이다. 예를 들면 1GHz - 18GHz에 걸쳐서 지속적인 주파수 범위를 가지고 완벽히 조절되고 그리고 모든 중요한 신호에서 적어도 C/N비가 26dB 이상의 고성능 자동화된 위성감시 시스템으로 구성되어 있다.

(2) 안테나 시스템

급격한 비용상승과 5m 보다 큰 직경의 Steerable Reflector 안테나에 대한 복잡성 때문에 미국에서는 비용절감의 차원에서 근본적인 감도를 희생하는 반면 운용의 유연성과 최대 적용성을 제공하는 안테나 시스템을 설치하였다.

초당 15도의 최대 Slew Rate는 Zenith 양각의 몇도 이내를 제외하고는 어떤 저궤도 위성도 추적할 수 있으며, Reflector의 Surface Accuracy는 다소의 이득 저하없이 18GHz 까지 사용하기에 충분하다. Octave 또는 Semi - Octave 대역폭의 상호 교체 가능한 피드 에셈블리들의 추가는 비록 단일 협대역을 위하여 고안한 안테나와 비교하여 Reflector Illumination 효율면에서 약간의 손실이 있더라도 Frequency Coverage를 확장시킬 수 있게 하였다.

만일 이중 Orthogonal Linear Element를 이용하는 Feed가 사용되어지면 적당한 스위치와 Hybrid Network를 이용하여 직선 편파나 원편파를 선택할 수도 있다. 또한 특별 주파수에 대하여 최적의 감도가 장래시점에서 필요하게 되면 Dedicated Feed Assembly가 사용된다.

(3) 수신기

1GHz에서 18GHz까지의 M/W Spectrum 부분의 수신기가 50MHz의 IF 통과 대역폭을 가진 외견상 지속적으로 동조할 수 있고 감시형 타입의 수신기이면 이 단일 수신기에 의하여 M/W를 적절히 수신할 수 있다. 보정된 IF Attenuator와 함께 적어도 40dB 이상의 Dynamic Range를 갖는 대형 Voltmeter를 가동시키는 안정된 Log IF 증폭기는 대역폭을 측정하는데 유용하게 쓰이고 또한 모든 수신기들은 컴퓨터로 제어 시킬 수 있도록 Interface 회로를 구비하였다.

(4) Spectrum 분석장치

Spectrum 분석을 위한 능력은 위성전파를 감시하는데 필수적이므로 위성전파가 처음에 Antenna System의 Down-Converter에 의해서 변환되어 이 변환된 IF 신호를 수신기 및 Spectrum Analyzer에 연결하여 위성전파의 신호특성을 분석함으로써 Spectrum Analyzer를 안테나에 아주 근접하게 설치하여야 할 필요성은 없어지고, 이것은 M/W에서 일어날 수 있는 비교적 높은 전송선로 손실을 피하게 한다. 수신기의 IF 대역폭을 초과하는 Spectrum Display가 요구 되어지면 (예를 들어 한 위성에 대한 모든 Transponder를 Display하기 위해서) 주파수의 특별한 범위에 대하여 수신기의 Local Oscillator가 자동적으로 Sweep 할 수 있는 능력을 갖는다.

이때 수신기에서 검출된 출력은 Spectrum Analyzer CRT의 수직축을 가동시키는데 쓰이며 수평축은 소인 발전전압(Sweep Generating Voltage)에 의해서 가동되어 진다.

(5) 주파수 측정기

위성전파 감시를 위해서 사용되는 주파수 측정기는 수신기의 Local Oscillator 주파수 범위를 Cover 하고 또한 감쇄된 Level에서도 Local Oscillator의 주파수를 계산해야 할 만큼의 적당한 감도를 갖는다.

주파수 측정기는 측정되어지는 신호의 최대 대역폭과 조화되는 FM 허용편차와 정확도에 있어서 측정되는 신호에 대하여 Authorized Frequency 허용편차보다 적어도 10배는 큰 주파수를 측정할 수 있게 할 수 있는 시간기준 안정도를 갖는다.

(6) 부 가 장 비

정지궤도 위성과는 다른 궤도 위성으로 부터 발사된 전파를 감시하기 위하여는 추가적인 안테나 추적 능력이 필수적이다.

비교적 저속도의 Step - Tracking은 고정지점에서 감시되는 것처럼 각 속도가 낮은 유사 정지인 경우에 사용되어 지기도 하고 저궤도 위성에는 Auto Program Tracking이 필요하다. 여기서 서술되어지는 감시시스템은 수신 안테나를 자동으로 관리하는 위성을 통하여 Feedback를 갖는 자동추적기능은 갖지 못하였다.

만일 궤도 위성이 수평선에서 수평선까지 추적되어 진다면 위성이 Zenith에 접근할때에 90도에 가까운 각이 필요할 것이며 이때에 비교적 고속의 컴퓨터가 실제로 추적 Data를 만들어 위성을 추적하게 된다.

특별히 합성되어 지고 버스-조절이 가능한 신호 발생기는 보정 신호를 발생시키는데 필수적이다. 이러한 신호 발생기들의 주파수 범위는 사용되는 모든 중간주파수뿐만 아니라 기본 수신기의 동조 범위를 포함하여야 하므로 Video 모니터, TV 파형 분석기, 발전기는 모든 복조되어진 신호의 특성을 분석하는데 유용하게 이용된다. 좋은 가변성 IF 대역폭을 가지는 일반적 유효 범위 통신용 수신기들은 또한 기본 수신기의 복조기 출력에 연결되어 질때에 다중 송신된 정보를 부반송파로 복조하는데 사용된다.

다 측 정 기 술

(1) 대역폭 측정

미국에서는 주파수변조된 정지궤도 위성전파의 대역폭 측정은 6dB 레벨과 기준 레벨이하의 26dB에서 X-dB방법을 사용하는 CCIR 권고 443에 따라 만들어졌는데 신호 레벨이 적당하여야 하며 수신기의 통과 대역폭이 문제되고 있는 신호의 중요한 변조부분을 함유하기에 적합 하다는것을 보고하고 있다.

기준 레벨은 CCIR 보고서 275의 §7에서 서술한 방법을 사용하여 결정한다. 디지털 변조기술을 사용하는 신호에 대한 알맞는 기준 레벨을 결정기 위한 정확한 방법은 향후 연구에 있어서 특별한 주제가 될것이다.

(2) 전력속 밀도 측정

전력속 밀도는 공식에 따라서 안테나에 의하여 수신기에 전달된 측정된 전력을 사용하여 계산되어 질수 있다.

$$PED = \frac{4 \pi P}{g^2}$$

여기서 PED : 전력속 밀도 (w/m²)

P : 정합 안테나에 의하여 수신기에 전달된 전력

g : 등방성 복사기에 대한 안테나의 전력 이득

λ : 이득의 주파수에서 미터로 표시되는 파장

원하는 주파수에 있어서 안테나의 이득을 가정하는 것은 정확히 알려져 있다. 안테나 이득 보정은 제조업자에 의하여 또는 사용자에게 의하여 증가되는 주파수에 있어서 적당하게 고안된 안테나에 대하여 수행되어 질 수 있는데 이것은 비용이 많이 드는 절차이다. 양자 택일적으로 이득 보정은 Source Emitter처럼 알고 있는 전력속(Power Flux)의 전체를 사용하여 계산할 수도 있고, 매우 낮은 저잡음 수신시스템을 가진 큰 안테나(10m ∅ 이상)로써 전파별(Radio Star)을 사용하여 보정할 수도 있다.

더 작은 안테나에 대해서는 태양 신호를 보정하는 것이 더욱 유효한 Source이다. 여러가지의 주파수에서 지정된 시간에 대한 정확한 태양 전력속 밀도의 측정치는 국제 표준협회나 관측소로부터 얻어질 수 있다. 또한 제공되는 것과는 다른 태양 전력속 밀도 측정치는 당연히 보간법에 의하여 계산되어야 할 것이다.

(3) Baseband 측정 및 분석

FM 신호에 대하여 변조 Baseband의 Spectrum 표시는 Spectrum Analyzer를 수신기의 복조기 출력에 연결 시킴으로 얻어질 수 있고, 표준 변조신호를 사용하는 Analyzer CRT의 수직축을 보정함으로써 개별 Baseband 채널의 반송파 편차의 원인을 Analyzer로 직접 측정할 수도 있다. 또한 Vessel함수 Null방법은 보정신호의 주파수와 진폭을 측정하기 위해 사용된다.

2. 독일

가 기 능

독일에서 이용하는 System은 다음과 같은 인공위성의 전파를 측정과 관측을 할 수 있도록 구성되어있다

- o 주파수 대역폭 기록
- o 주파수 측정
- o 전력속 밀도 측정

- 편파 측정
- 정지궤도 위성의 위치측정
- 발사의 종별 및 변조특성
- 발사된 전파의 대역폭 및 Spectrum 조합

나 측정장비와 정확도

(1) 주파수대역폭 기록

전파감시 업무에 있어서 주파수 대역 Recording System은 장기간 사용되어져 왔다. 이러한 System은 위성전파에 의한 그들의 점유 주파수 대역폭을 조사하는데 아주 적합하다. 또한 저궤도 위성의 경우에는 특별한 이점이 특정 궤도 상호 관계에 의하여 제공되어 지는데 특정 기록을 산출하여 아래의 기본 데이터를 얻을 수 있게 하였다.

- 전송 주파수
- 주 기
- 감시국의 유효 범위 지역으로 반사되는 시간

System은 무지향성 수신 안테나로써 동작되어지기 때문에 감도손실은 Analyzing Filter 대역폭의 감소에 의하여 보상되어진다.

시스템의 Noise-Limited Sensitivity는 100MHz와 2.5GHz 사이에서 운용되며 1KHz 대역폭에서 -138dBm이다.

(2) 주파수 측정

정지궤도 위성의 전송 주파수를 측정하기 위한 방법은 일반 지상 무선국에서 전송주파수를 측정하기 위해 쓰는 방법과 크게 다르지 않다. 다만 궤도위성에 대해서는 경우가 틀리는데 그 이유는 그들 전파가 수신지역에서 Doppler편이에 의하여 영향을 받기 때문이다. 그러므로 궤도 위성의 전송 주파수를 측정하는 우주감시국은 Doppler 편이된 주파수들을 커버하여 측정할 수 있는 주파수 측정장비를 구비하고 있다.

(3) 전력속 밀도 측정

전력속 밀도 측정의 개념은 다음과 같은 조건에 의하여 측정된다.

- 무선규칙(RR)에 열거된 전력속 밀도치는 평균치이다.
- IF 출력에서 위성신호는 측정기간동안 도플러효과에 의하여 생긴 주파수 영향을 받아서는 안된다.

- o 수신 안테나의 편파는 측정되는 신호 편파와 일치하여야 한다.
- o Sub-Band내의 전력속 밀도가 일정하다고 생각되는 동안에는 4KHz 대역폭에서는 측정할 필요가 없다.

(4) 정지궤도 위성의 궤도위치 결정

고정 위성업무나 방송위성 업무의 할당된 어떤 주파수 대역을 사용하는 정지궤도 상의 우주국은 그들의 정상위치의 경도 ± 0.1 도 이내에서 유지되어야 한다.

(RR 제29항 III절 참조) 그러므로 우주업무를 위한 위성감시국의 임무는 정지궤도 위성의 궤도위치 측정을 포함해야 한다.

공칭 위치의 경도 ± 0.1 도의 허용편차는 적도 궤도의 각 부분에 한정한다. 감시국이 적도 궤도면에서 동작하는 제한된 경우에 위성의 Station - Keeping은 안테나의 양각면에서만 측정하여 결정한다.

감시국의 위치가 남쪽 또는 북쪽으로 움직여 질때 감시 안테나의 회전은 방위각면 안으로 발생하며 이것은 위도 50도인 경우에 정지궤도 위성의 경도의 궤도 유지 허용편차는 안테나의 방위각면에서 각 변화로써 주로 측정되어 지는것을 의미한다. 그것은 감시국과 Sub-Satellite Point 사이에서 0도의 경도변화에 대하여는 ± 0.13 도에 접근하며 60도의 경도 변화에 대하여는 ± 0.085 도로 감소한다. 이것으로 부터 측정오차가 약 ± 0.01 도 이어야 한다는 것이 추론되어지며 즉 0.1도의 요소에 의하여 더욱 작아진다.

위와 같은 문제는 그러나 위성의 위치 정확도의 양각면에서 측정의 표기를 뒷받침하지는 않는다. 이것은 안테나가 또한 저궤도 물체의 추적과 각측정을 하는데 쓰여지기 때문에 불가능하다.

현행의 비안정 궤도 움직임으로 부터 추론된 다른 정보들은 방위각면의 그것과 비슷한 측정 정확도를 요구한다.

안테나의 반치각과 Achievable Direction-Finding Accuracy 사이에는 상호관계가 존재한다. Monopulse 방법이 사용되어 질때에는 다음의 근사치가 유효하다.

$$R = \pm n \theta$$

R : 각측정오차 (Angle Measurement Error)

n : 개선인자 (Improvement Factor)

θ : 반치각 (Half Power Beamwidth)

최적 협대역 안테나에 대하여 $n = 0.01$ 이다. 우주 업무를 위한 위성 감시국에서 주로 사용되어지는 광대역 안테나에 대하여는 $n=0.1$ 이 현실적이다. 잔류하는 변환성의 θ 는 한계없이 감소되어서는 안된다. 예를들면 직경 12m ϕ 약 55%의 효율을 가지는 파라볼라형 안테나는 다음의 반치각과 각측정 정확도의 측정치를 갖는다.

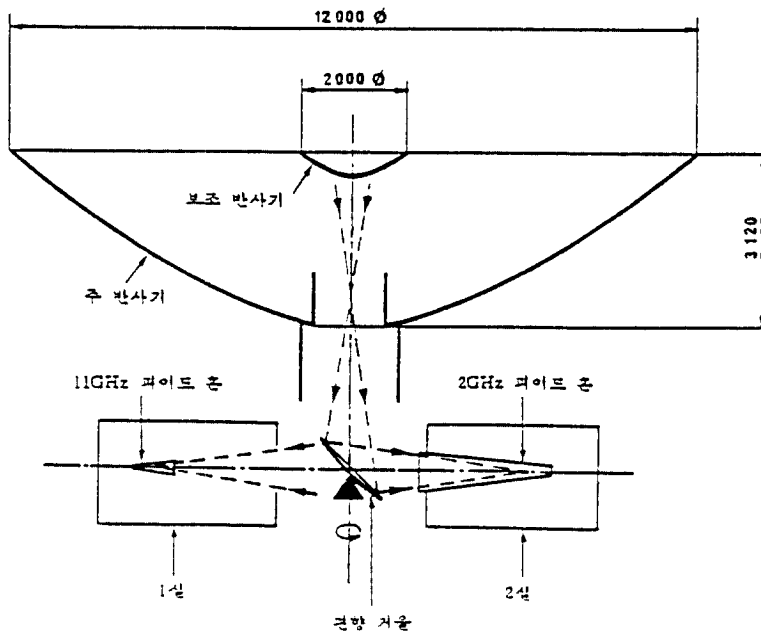
주 파 수(GHz)	1.65	2.2	11.4
반 치 각	0.86	0.65	0.13
각측정 정확도	±0.09	±0.08	±0.02

(5) 발사의 종별 및 변조특성

우주 업무를 위한 무선감시국에서 필요로 하는 장비의 가격은 그러한 시스템의 구성이 매우 복잡하기 때문에 위성전파의 발사의 종별과 변조 특성이 확인되어야 하고 완전히 측정되어야 한다면 매우 고가이므로 현재의 설비는 협대역(최대 300KMz) 진폭, 주파수 그리고 위상변조의 복조를 위한 시스템으로 구성 하였다.

다 안테나 시스템 및 주요 제원특성

2개의 안테나 시스템은 130MHz에서 13GHz의 주파수 범위를 모두 포함할 수 있다. 1.3GHz 이하에서는 두 시스템간 교차점이 4개의 LP 안테나로 이루어진 Multi-Feed Array로 구성되고 1.3GHz 이상에서는 카세그레인형의 12m ϕ 파라볼라 안테나가 사용된다.



(그림 10) 12m ϕ 카세그레인 안테나의 기하광학 구성도

전파연구소 제49호, 1992년 연구보고서

	130-1300 MHz	1.3-13 GHz
A. Antennas and frequency bands		
Antenna type	Log-periodic dipole array	
Antenna gain	13 dBi	1.65 GHz: 44.3 dBi 2.2 GHz: 47 dBi 11.4 GHz: 60 dBi
Half power beamwidth	< 45°	1.65 GHz: 0.86° 2.2 GHz: 0.65° 11.4 GHz: 0.13°
Frequency bands	136 -138 MHz 149.9-150.05 MHz 399.9-402 MHz 460 -470 MHz	1.5-1.8 GHz 2.1-2.3 GHz (combined in one band unit) 10.95-11.8 GHz
Figure of merit, G/T		1.65 GHz: 17 dB(K ⁻¹) 2.2 GHz: 19.5 dB(K ⁻¹) 11.4 GHz: 35.5 dB(K ⁻¹)
Noise figure	< 5.3 dB (at comparator input for all frequency bands indicated)	
B. Other features		
Tracking speed and acceleration of the antennas:		
- azimuth	6°/s, 10°/s ²	16°/s, 6°/s ²
- elevation	6°/s, 10°/s ²	3.5°/s, 6°/s ²
Doppler frequency compensation (kHz)	± 40	± 40
Dynamic range (dB)	90	90
<i>Measurement accuracy</i>		
Power flux-density (dB)	± 2.5	± 2.5
Frequency	1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻³
Polarization:		
- ellipticity (ϵ) (arc tan of the axial ratio)	± 8°	± 4°
- orientation of the main axis of polarization	± $\frac{8^\circ}{\cos 2\epsilon}$	± $\frac{4^\circ}{\cos 2\epsilon}$
Azimuth and elevation angles		0.1 × half-power beamwidth

(Table 2) 독일 Leechheim 우주전파 감시국의 주요 제원 특성

제 7 장 결 론

정보화 사회의 진전과 인공위성의 실용화에 따른 정지궤도위성의 수요 증가는 한정된 천연 자원인 정지궤도와 주파수 Spectrum의 부족화로 어떻게하면 유효하고 효율적인 정지궤도와 주파수 Spectrum을 이용할 수 있는가 하는 문제는 세계 각국과 ITU에서의 관심대상이 되고 있으며 각국에서의 인공위성에 대한 감시기능이 요구되어 미국, 독일의 정부에서는 위성전파 감시기능을 수행하고 있다.

전파연구소에서도 직경 5m 및 10m 위성전파 수신시스템에 의한 위성 추적 기술과 위성전파 전파특성 조사연구 및 정지궤도 위성전파 감시를 위한 조사 연구를 수행하기 위하여 정지궤도 위성전파를 수신할 수 있는 범위인 E 53° - W 158° 사이에 있는 정지궤도 위성 전파를 수신하여 수신전력, 정지궤도 위치확인, 기타 CH.별 운용상태등에 관한 정보를 수집하기 시작하였다.

당소 연구진의 자력으로서 현재의 위성전파 분석시스템을 이용하여 위성전파 감시기능을 수행할 수 있도록 하기 위해서는 하드웨어적이나 소프트웨어적 측면에서 많은 어려움을 수반하고 있으나 향후 좀더 시스템 프로그램의 부분적 보완을 시도하여 더욱 정확한 관측 Data를 얻을 수 있는 방향으로 발전시켜야 할 것이고 또한, Demodulator Subsystem에 대한 이해 및 활용방안을 제시하여 신호복조 및 처리 기술에 대한 연구도 병행해야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

CCIR Report 276-5 (1986) " Monitorin of Radio Emissions from Spacecraft at Fixed Monitoring Stations."