

위성전파 수신 처리기술 연구 (우주전파감시)

강 진, 조성태, 이정일

1. 서 론
2. 우주 전파의 간섭과 억제
 - 2-1. 국제적 결정
 - 2-2. 우주전파 간섭 모델

- 2-3. 간섭 억제를 위한 제한
3. 각국의 우주전파 감시 동향
4. 결 론
- 참고문헌

1. 서 론

1957년 인류 최초의 인공위성이 발사된 이후 30여 년 동안에 인공위성의 이용기술은 급격히 발전되어 통신, 방송, 기상, 자원탐사등 여러 분야에서 응용되고 있다. 그러나 이러한 기술 발전의 이면에는 위성의 충돌, 우주환경의 오염, 위성의 낙하, 기존 M/W 링크와의 혼신등 제문제가 야기되고 있다.

특히 대부분의 인공위성은 통신이나 관측에 전파를 사용하며, 위성 자체도 전파에 의해 제어되고 또한, 위성 자체가 지구를 회전하게 되므로 전파이용이나 규제면에서 지상 통신보다 더욱 국제성을 갖게 되고 전파감시 측면에서도 기존의 전파감시와는 큰 차이를 갖는다.

이러한 배경하에서 우주전파 감시라는 개념이 형성되었으며, 대체로 “효율적인 전파이용을 위하여 국제적인 협력하에 실시하는 우주를 무대로한 전파감시”로 정의할 수 있고, 전파의 질 감시는 물론 우주국의 궤도에 관한 정보도 포함된다.

국내에도 중공, 소련, 일본등 주변국가의 통신, 방송 위성전파가 Spillover 되고 있고, 각국의 궤도 위성이 선회하고 있으나 아직까지 이에대한 연구와 본격적인 운용경험이 없는 상태이기 때문에 우주전

파의 간섭과 억제에 대한 국제규정, 각국의 우주전파 감시동향 및 시스템 구성에 대하여 조사하였다.

2. 우주 전파의 간섭과 억제

2-1. 국제적 결정

WARC-63에서 처음으로 우주통신 업무용 주파수가 분배되었고, WARC-79 에서는 RR 제20조에 서 국제전파 감시 시스템의 운용에 대하여 규정하고 있고 특히, 우주 무선업무에 관하여는 부록21에서 IFRB에 대한 각국 주관청의 우주감시 보고 양식을 나타내고 있다. 여기에는,

- 1) 주파수
- 2) 발사의 종별
- 3) 전계강도 또는 전력속밀도
- 4) 편파의 종류
- 5) 점유 주파수대역
- 등, 소위 전파의 질에 관한 측정결과외에,
- 6) 우주국의 궤도에 관한 정보
- 7) 수신예정 지역에 관한 정보
- 등을 요청하고 있다.

또 WARC-79에서는 권고30에서, 각 주관청에 대하여 전파감시 시설을 갖추도록 요청하고 CCIR 에도 기술적인 연구를 요청하고 있다.

CCIR에서는 연구그룹 1 에서 스펙트럼 유효 이용과 감시에 대한 연구를 하고 있으나 아직까지 우주 감시에 대한 리포트는 거의 전무한 실정이다.

2-2. 우주전파 간섭 모델

전파 이용면에서 가장 기본적인 문제는 간섭이다. 그림1 에 우주 무선업무에 관한 간섭 모델도를 나타낸다. 이 그림에서 우주전파와 감시의 대상으로서 우선, 우주에서 지표로의 간섭 B가 있다. 외국에서도 우선적으로 이 형태의 간섭을 감시하기 위한 시설이 운용되고 있다.

다음에 지표에서 우주로의 간섭C는 406MHz대의 위성이용 조난구조 시스템에서 간섭이 보고되어 있다. 이 경우와 같이 인명에 관계되는 신호에 대한 간섭은 중요한 문제이지만 간섭파원의 감시탐지 기술은 아직 확립되어 있지 않은 상태이다.

우주에서 우주로의 간섭 D는 TDRSS등 앞으로 우주개발의 진전에 따라 중요성이 커질것으로 예상된다.

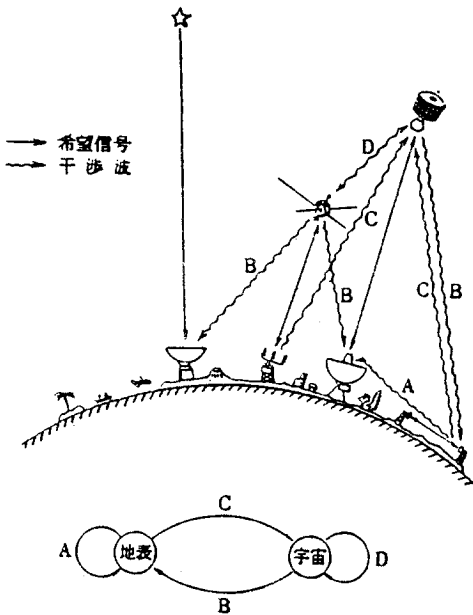


그림 1. 우주전파 간섭 모델

2-3. 간섭 억제를 위한 제한

우주국-지상국-지구국간의 상호 간섭을 배제하기 위하여 ITU에서는 방사전력, 안테나의 방향성, 운용조건등을 정하여 제한하고 있다. 이 제한을 표1

에 나타낸다.

지구국과 지상국간에 주파수대를 공용할 때 두 국간에 유해한 혼신이 발생하지 않는 최소한의 거리를 조정거리(Coordination distance)라고 하며 다음 식으로 표시된다.

$$L_b = (P_T + G_T + G_R) - F_s - P_R$$

여기서, P_T : 방해국의 송신 전력

G_T, G_R : 방해국, 피방해국의 안테나 이득

F_s : Site Shielding 계수

P_R : 수신국에서의 최대허용 방해파 레벨

이고, 위식의 응용에는 RR의 부록28에 예시되어 있다. 한편 정지위성을 이용하는 고정위성 업무에 대한 방해의 제한을 표2에 나타낸다.

3. 각국의 우주전파 감시 동향

미국에서는 1979년 1월에 메릴랜드주에서 실험적으로 우주전파감시 업무를 개시하였다. 직경 5mφ의 카세그레인 안테나를 정지위성과 저·중 고도 위성 감시에 공용하여, 1-2GHz, 2-4GHz, 4-8GHz, 8-12GHz의 4개 밴드를 급전부를 교체하여 수신한다.

수신 대역폭은 27MHz 였다가 36MHz로 확대하였고, 측정장치로는 스펙트럼 아날라이저, 주파수카운터, TV영상 모니터장치 등이다.

우주국의 궤도측정은 별로 중요시 하지 않고 있는데, 이는 미국에서는 군사용의 대규모 우주 추적감시 시스템을 갖고 있어 어떤 종류의 우주 비행체에 대한 궤도정보라도 수집할 수 있기 때문이다.

이외에도 미국 서부 및 하와이에 고정감시국이 설치되어 있는 것으로 알려져 있다.

서독은 1980년 10월 부터 우주전파 감시국을 운용하고 있다. 낮은 주파수(130-1300MHz)용의 대수주기 어레이 안테나와 고주파수(1.3-13GHz)용의 직경 12m 카세그레인 안테나를 갖추고 우주전파감시 전용으로 운용하고 있다. 측정장비는 미국과 거의 같

II. Major limitations in sharing frequencies of 1 GHz or higher
(Radio Regulations 1982 and CCIR Final Meeting 1981)

Station	Item	Frequency range	Max. allowable Value	Antenna angle	Remarks	
Terrestrial station	Below direction and e.i.r.p.	Below 1 GHz 1 - 10 GHz 10 - 15 GHz Above 15 GHz	+55 dBW + 35 dBW * +45 dBW No limit	$\Delta > 2$ $\Delta > 1.5$	Δ : Angle between geostationary satellite direction and antenna beam direction * : Applicable to new stations except the case where the value of Δ is small.	
	Antenna input power	1 - 10 GHz Above 10 GHz	+13 dBW +10 dBW		Maximum Value	
Earth Station	E.i.r.p. near horizon	1 - 15 GHz	+40 dBW/4 KHz (+40+3 θ) dBW/4 KHz	$\theta \leq 0^\circ$ $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$	θ : Elevation angle In case other Administration is outside coordination area, up to 10 dB can be added. (Fix-Sat.) Up to 15 dB can be added for deep space-res. No limit if $\theta > 5^\circ$.	
		Above 15 GHz	+64 dBW/1 MHz (+64+3 θ) dBW/1 MHz	$\theta \leq 0^\circ$ $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$		
	Minimum antenna elevation angle	-	-	3°	Exception : 5° (Space-Res) 10° (Deep Space-Res)	
	Maximum allowable side radiation	6 GHz	(35-25 log θ) dBW/4KHz -7 dBW/4KHz	$2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ$ $48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$	θ : Angle from antenna beam direction (CCIR Rec.524) Applicable to transmission of Fix.-Sat. to protect geostationary orbit in 3° width.	
Space Station	Maximum allowable Power flux density at earth's surface	1.67-1.7 GHz	-133 dBW/m ² /1.5MHz		Earth Explo.-Sat. (Meteoro.-Sat.)	
			A dBW/m ² /4 KHz (A+B $\frac{\theta-5}{2}$)dBW/m ² /4KHz C dBW/m ² /4 KHz		$0^\circ < \theta \leq 5^\circ$ $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$ $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	θ : Elevation angle
			A	B	C	
		1.525-2.5GHz	-154	1	-144	Meteoro-Sat, Space-Research Space-Operation
		2.5-2.69GHz	-152	3/2	-137	Fix-Sat, Broadcasting-Sat.
		3.4-7.75GHz	-152	1	-142	Fix-Sat Mobile-Sat, Meteoro-Sat, Space-Research.
		8.025-11.7GHz	-150	1	-140	Fix-Sat, Space-Sat, Earth Explo-Sat.
		12.2-12.75GHz	-148	1	-138	Fix-Sat.
		17.7-19.7GHz	-115	1	-105	Fix-Sat, Earth Explo-Sat, Meteoro-Sat.
		31.0-40.5GHz	-115	1	-105	Fix-Sat, Mobile-Sat, Space-Operation.
	Station-Keeping	-	$\pm 0.1^\circ$		Fix-Sat, Broadcasting-Sat.	
			$\pm 0.5^\circ$		Others, experimental	
			$\pm 1^\circ$		Space stations publicizing before Jan. 1, 1982 and due to start service before Jan. 1987, Target: $\pm 0.5^\circ$	
	Pointing Accuracy	-	10% of half power beamwidth or 0.3°		-	Less than the larger value
	Radiation suspension			Equipment should be provided. If requested, command should be given remotely.		

**表2. Major limitations to interference noise for Fixed-Satellite
Service in geostationary satellite system(CCIR 1978)**

Concerned Systems	CCIR Recommendations	Interference noise power	Time percentage of any month	Remarks
			Minutes averaged	
Interference Between Geostationary Satellite Networks in the Fixed-Satellite Service	Rec. 466-2 Interference noise (FDM-FM telephony) in hypothetical reference circuit	1,500 pWOp : Frequency reuse	More than 20%	1,000 pWOp for networks which submitted advanced publication to IFRB before June 1978. Below 10GHz Revised at CCIR Interim Meeting in 1980 to 600 pWOp
		2,000 pWOp : non-frequency reuse	10 minutes	
		400 pWOp : from another network		
	Rec. 483-1 Interference noise (FM television) in hypothetical reference circuit	1/10 of Permissible video noise	More than 1%	
		4/10 of the above : from another network		
	Rec. 523 Total interference power level (8-bit PCM) at the demodulator input	15% : Frequency reuse 20% : non-frequency reuse 4% : from another network of the total noise power level that would give rise to BER of 1 in 10^6	More than 20%	10% for the network which submitted advanced publication to IFRB before June 1978 Below 10GHz Values provisional.
			1 minute	
Interference in a radio-relay system from system in the fixed-satellite service	Rec. 357-3 Interference noise (FDM-FM telephony) in 2,500 Km hypothetical reference circuit	1,000 pWOp	More than 20%	Above 1 GHz
			1 minute	
		50,000 pWOp	More than 0.01%	
			1 minute	
Interference in a system in the fixed satellite service from radio-relay systems	Rec. 356-4 Interference noise (FDM-FM telephony) in hypothetical reference circuit of fixed satellite service	1,000 pWOp	More than 20%	Above 1 GHz
			1 minute	
	Rec. 558 Interfering Power (8-bit PCM)	50,000 pWOp	More than 0.03%	Values Provisional
		10% of total noise power that would give rise to BER of 1 in 10^6	More than 20%	
			10 minutes	
		BER not to exceed 1 in 10^4	More than 0.03%	
			1 minute	

으며 감시 항목은 RR의 부록에서 요청하고 있는 전파의 질에 관한 제항목이다.

도노펄스 방식에 의하여 우주국을 자동추적하며, 각도측정이 가능하다. 도플러주파수 편이도 측정할 수 있어 이 추적 데이터에 의하여 우주국의 궤도 결정도 가능하다.

또 카세그레인 안테나는 부반사경의 중심부가 주축을 따라 이동할 수 있게 설계되어 안테나빔을 3배로 확대하여 사전에 취득한 불확실한 궤도 정보의 우주국도 포착이 용이하도록 설계되어 있다.

영국에서는 1980년 12월에 운용을 개시 하였으며, 직경 12.2m의 안테나를 사용하여 정지위성만을 대상으로 3-4GHz대에서 실험 운용하고 있다.

일본에서는 우정성 전파기술 심의회에서 79년부터 3년에 걸쳐 우주감시 기술에 대한 검토가 이루어져 82년 3월에 답신이 나왔다. 이 답신에는 우주 감시기술의 검토 결과와 우주 감시국의 구상이 보고되어 있다. 전체적으로는 그림 2와 같이 우주감시 센타와 2국의 고정감시국 및 1국 이상의 이동감시국으로 구성하고 있다.

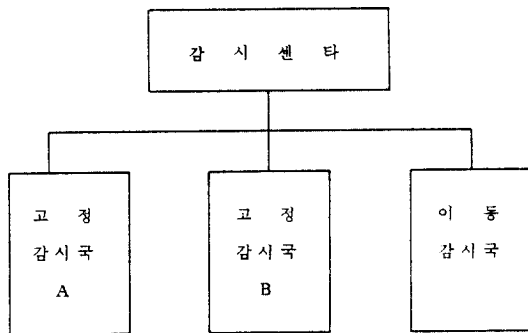


그림 2. 우주감시 시스템

우주감시 센타에서는 대형 컴퓨터를 설치하여, 고정 또는 이동 감시국에서 측정한 데이터를 수집, 처리한다.

고정국은 그림 3과 같이 구성되며, 일본국내에 적절히 이격시켜 배치하므로써 감시 영역의 분담은 물론 우주국의 효율적인 궤도 측정이 가능토록하고 있다.

이동 감시국은 그림 4와 같이 구성되며 주로 우주국에서 발사되는 전파의 강도를 측정한다.

감시대상 우주국은 정지위성과 그보다 저궤도의 위성이며, 주파수대는 1GHz이하, 1-3GHz, 4-6GHz, 7-8GHz, 10-15GHz, 17-23GHz, 27-33GHz의 7개 주파수대를 대상으로 한다.

따라서 사용 안테나는 다주파수대에 걸쳐 공용 가능한 것이 요구되고 있다. 또 궤도위성도 감시하기 위하여 안테나의 지향 범위나, 구동각, 속도동도 클 것이 요망되고 있다. 감시 항목은 주파수, 점유주파수대폭, 스퓨리어스 발사의 유무, 전파의 형식, 전력속밀도, 편파의 종류등이다.

궤도를 결정하는데는 전파를 이용하는 방법뿐만 아니라 슈미트 카메라에 의한 광학적인 방법에 의하여도 궤도를 측정하도록 고려되고 있으며, 정지위성에 대하여는 ± 0.01 도 이내, 궤도위성에 대하여는 1주일후에도 재포착할 수 있을 정도의 정도를 목표로 하고 있다.

4. 결 론

우주전파 감시는 아직까지는 주로 위성궤도와 우주 전파의 사용을 독점하고 있는 선진 제국에서 군사적인 목적을 포함하여 운용, 연구되고 있다.

그러나 향후 위성 이용기술의 수요증가에 따라 인류 공용의 유한 자원인 주파수 스펙트럼 부족과 외국 위성전파에 의한 Spillover, Interference등으로 부터 전파 주권을 확보하기 위한 대책이 마련되어야 하며, 이의 일환으로서 주관청인 체신부 전파연구소의 위성추적 수신 시스템을 실험적인 우주전파 감시 시스템으로 운용하고 운용 경험을 기초로하여 본격적인 우주전파 감시 시스템이 설계, 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

1. SATELLITE COMMUNICATIONS TECHNOLOGY, K. MIYA
2. CCIR Vol. II, Geneva 1982.
3. 국제 무선통신 규칙 1978.

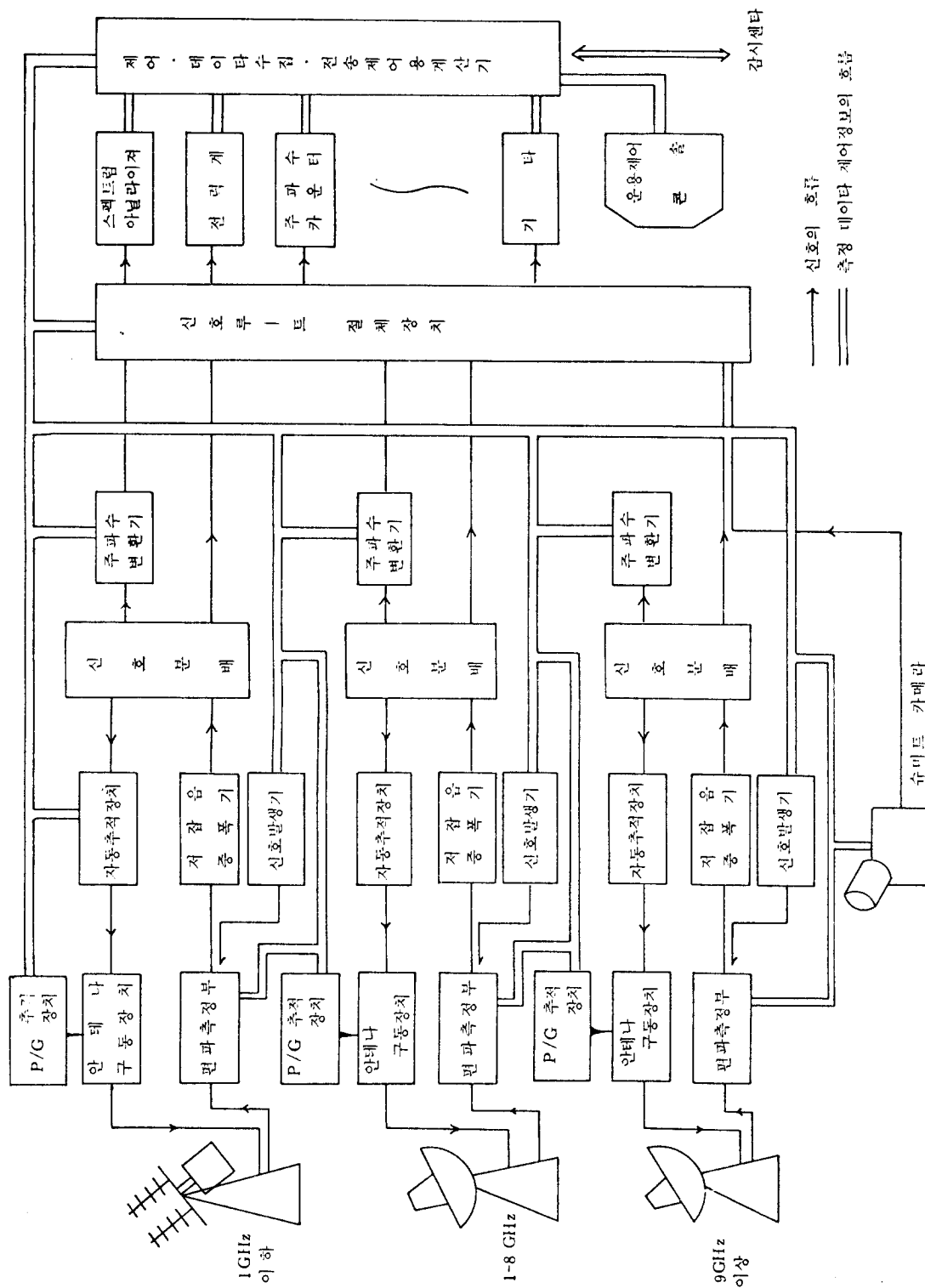


그림 3. 고정형 우주감시국의 구성 예

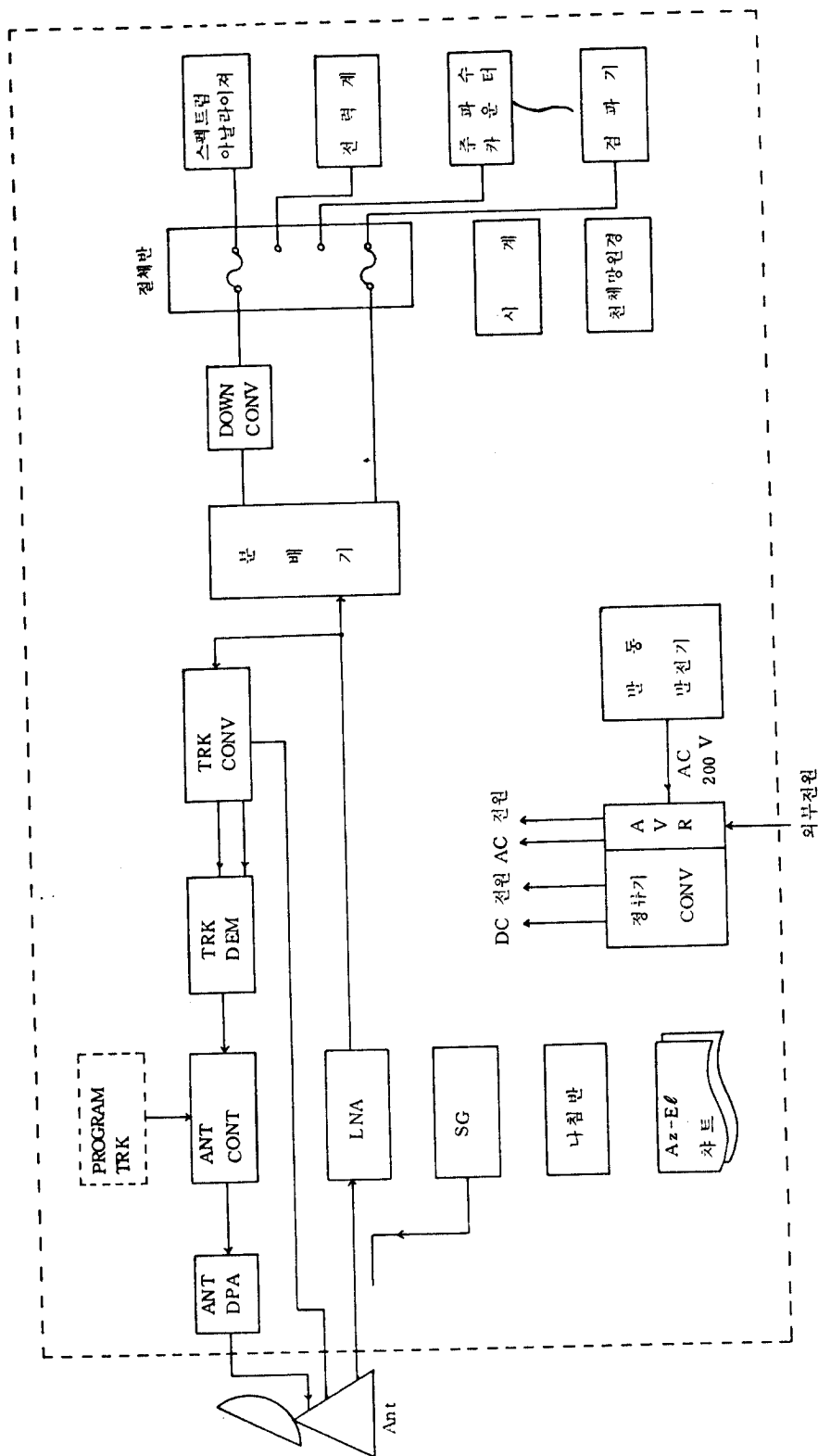


그림 4. 이동형 우주감시국의 구성 예