

빔 웨이브 가이드 급전계 카세그 메인 안테나의
설계 및 특성에 관한 연구

김종중, 장대석, 이상섭
K. T. A, 한양대학교

A Study on the Design and Characteristics of a
Cassegrain Antenna with Beam Waveguide Feeds

Jong Jung Kim, Dae Seok Chang, Sang Seol Lee
K. T. A Hanyang University

Abstract

The cassegrain antenna, 32meter in diameter, is designed for the satellite earth station at Boun. It is fed by a beam waveguide of collector type.

The results of measurements show G/T (Gain to Noise Temperature ratio) is 40.86 dB/K at the elevation angle 5° for 4 GHz. And the average transmit and receive gain are 64.62dB and 61.3 dB, respectively. They satisfy the values designed for the antenna.

The sidelobe levels of the pattern also are in good accord with the recommendation of C. C. I. R.

1. 서론

국제 전기 통신 위성기구 (INTELSAT)는 급증하는 국제통신 수요에 대처하기 위하여, 종래의 6/4 GHz 대역 외에 14/11 GHz 대역의 위성통신망을 구성하는 추세에 있다. 위성통신 지구국 안테나는 높은 이득, 낮은 잡음특성, 많은 주파수 대역의 공용 및 보수유지비의 절감 등이 요구된다. 이와 같은 요구를 만족하는 형식으로는 집속 빔 급전계를 갖는 카세그 메인 안테나가 제안되어 널리 이용되고 있다. (1) (2) (3)

이 안테나는 급전혼에서 복사되는 전파를 어떻게 의 반사경으로 되어 있는 빔 웨이브 가이드의 빔축에 집속시켜면서 전송하는 것이며, 빔축에서 떨어진 위치의 전계강도를 매우 작게 할 수 있고, 저손실 및 광대역의 전송 특성을 얻을 수 있다. (3) (4)

이 연구에서는 정지 위성통신 지구국 안테나로 사용하는 직경 32m, 4회 반사집속 빔 급전계 카세그 메인 안테나를 설계하고, 그 복사 특성을 측정하였다. INTELSAT 의 확인 시험은 INTELSAT IV -A (P-3) 위성으로 수행하였으며, 그 결과 규격을 만족하는 것으로 확인 되었다.

2. 카세그 메인 안테나의 설계

2-1. 설계의 기본방침

이 안테나를 설계하는데 C.C.I.R 권고안등을 고려하여, 다음 사항을 기본 방침으로 한다. (3) (4)

(1) 안테나의 직교편파

이 안테나는 R.H.C.P (Right Handed Circular polarization)와 L.H.C.P (Left Handed Circular polarization)의 직교편파 방식을 채택하여, 전송용량을 증

가시키고, 직교편파간의 간섭을 엄격히 규제하여야 한다.

(2) 안테나의 형식

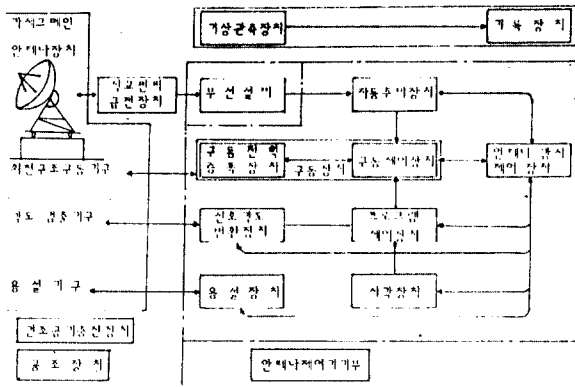
안테나의 형식은 복사계의 형식, 급전계의 형식, 추적구동계 및 냉동성능 등을 고려하여 선정되어야 한다.

(3) 지구국 성능지수 (G/T)는 주파수 4 GHz 양각 5°에서 40.7dB /°K 이상으로 정하고, 사이드로브 특성은 주파수 6 GHz 및 4 GHz 대역의 특성을 동시에 만족하여야 한다.

2-2. 안테나의 설계

(1) 구성

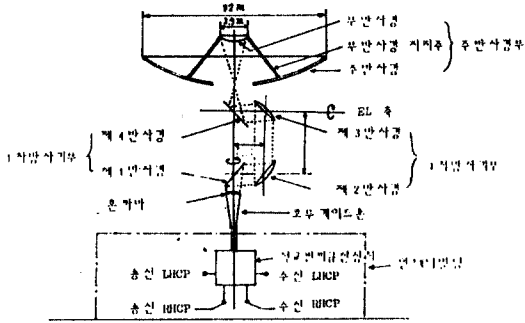
이 안테나는 안테나부와 안테나 제어부로 구성되는데, 그림(2-1)은 이 안테나의 구성 계통도이다.



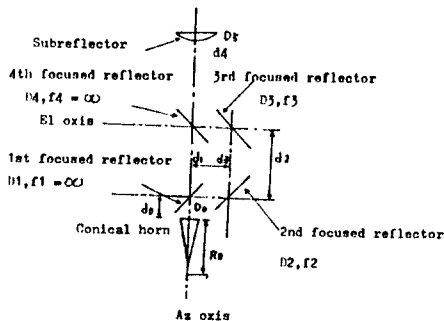
그림(2-1) 안테나의 구성 계통도

(2) 안테나부

안테나부는 복사계 및 급전계로 구성되는데, 복사계의 계통도는 그림(2-2)에서 보는 바와 같으며, 그림(2-3)은 급전계의 설계 퍼택미터를 나타내는 그림이다.



그림(2-2) 안테나 복사계의 계통도



그림(2-3) 안테나 급전계의 설계 퍼택미터도

(3) 안테나 제어부

안테나 제어부는 구동 제어계, 추적계에 대하여 C.C.I.R 권고안을 고려하여 설계한다.

3. 안테나의 복사 특성

3-1. 복사 특성의 이론 (2) (b) (6)

(1) 안테나의 이득 및 잡음 온도

안테나의 개구직경이 D_m 이면, 안테나 이득 G 는 (3-1) 식으로 나타낸다.

$$G = \left(\frac{4\pi A_e}{\lambda^2}\right) \eta \dots \dots \dots (3-1)$$

여기서 A_e 는 파장, η 는 개구 효율이며, η 는 주 반사경의 누설 전력, 반사경면의 ϵ 와 σ 및 개구의 진폭과 위상 분포 등에 의존한다.

일반적으로 안테나의 이득은 개구경의 종대에 따른 지향정도, 내용 성능 및 비용에 의하여 받으며, 안테나의 최대 이득은 70 db 정도도 정한다.

안테나의 잡음 온도 T_a 는 대기중의 산소, 수증기 및 지면상의 열잡음 등을 안테나가 잡음 전파로 수신한 것이며, 전 복사 전력에 대한 이편입체각 내의 복사 전력을 P_i , 그 입체각내의 평균 잡음 온도를 T_i 라 하면,

$$T_a = \sum_i P_i T_i \dots \dots \dots (3-2)$$

로 나타낸다.

한편, 안테나의 잡음 온도는 외부의 잡음 원천에서 발생하여 안테나로 입력된 잡음 온도, 송수신 시스템 간의 손실에 의하여 발생하는 열잡음, 수신기 자체의 잡음원에서 발생하는 열잡음 등으로 구분된다.

(2) 사이드 로브의 특성

사이드 로브 특성은 시스템간의 간섭을 평가 할때 이용하며, C.C.I.R 권고안에 따라 (3-3) 식으로 규정한다.

$$G = 32 - 25 \log \theta ; \frac{D}{\lambda} \geq 100 \dots \dots (3-3)$$

여기서 G 는 안테나 이득, θ 는 주축에서의 각도, D 는 안테나의 직경, λ 는 파장이다.

3-2. 특성의 측정방법 및 장치

(1) G/T 의 측정

안테나의 수신이득과 시스템 잡음 온도의 비로 나타내는 G/T 는 안테나의 성능저수로서 G/T 의 측정법은 전파성을 이용하는 방법이다. 전파성은 TauA, CaSA, CygA 등이 표준 전파원으로 되어 있는데 이 연구에서는 CaSA 의 전파성을 이용하여 G/T 를 직접 측정하는 방법으로 하였다.

(2) 이득 측정

○ 송신 이득

송신 이득 측정은 정거위성을 이용하는 것으로, 이득 기준 안테나와 피 측정 안테나로 위성으로 부터 되돌아오는 신호를 수신하여 자국 및 타국에서 비교하여 송신 이득을 구한다.

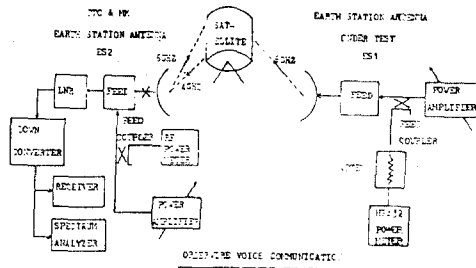
안테나의 송신 이득은 (3-4) 식으로 나타낸다.

$$G_{X1} = G_{X2} + P_2 - P_1 + IA_1 - IA_2 + \alpha_1 - \alpha_2 \dots (3-4)$$

여기서, G_{X1}, G_{X2} : 자국 및 타국 안테나의 송신이득 (dB)
 P_1, P_2 : 자국 및 타국 안테나의 급전전력 (dBW)
 LA_1, LA_2 : 자국 및 타국 안테나의 Atmospheric Loss (dB)
 α_1, α_2 : 자국 및 타국 안테나의 Aspect Angle Correction Factor
 $LA = 0.0396 \text{ Cosec } \theta$

이다.

그림(3-1)은 안테나 송신이득 측정의 계통도이다.



그림(3-1) 안테나 송신 이득 측정 계통도

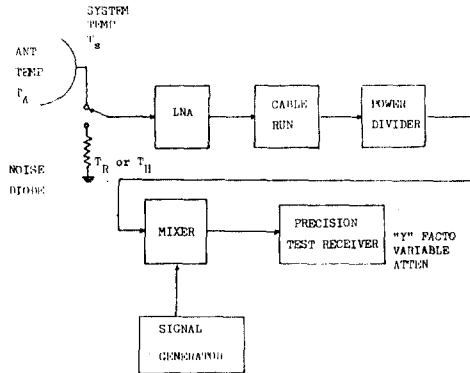
○ 수신이득

안테나 수신이득은 시스템 잡음온도 및 지구국 성능지수 G/T 를 이용하여 구하는데 수신이득 G_R 은 (3-5) 식으로 나타낸다.

$$G_R = G/T + T_s \dots \dots \dots (3-5)$$

여기서 G/T 는 안테나 성능지수, T_s 는 시스템 잡음온도이다.

그림(3-2)는 시스템 잡음온도 및 G/T 의 측정계통도이다.

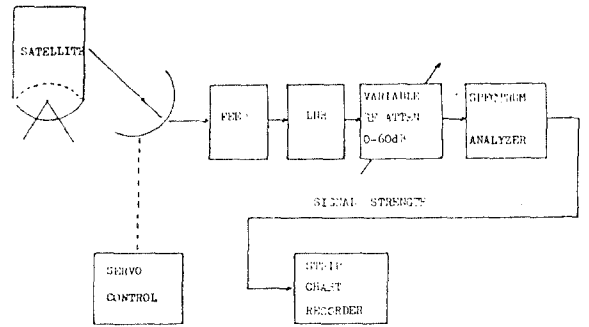


그림(3-2) 시스템 잡음온도 및 G/T 의 측정계통도

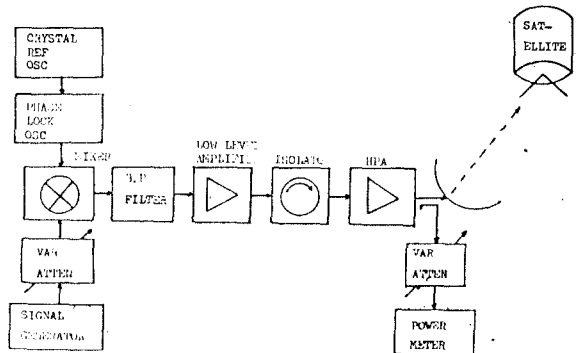
(3) 사이드 로브 특성의 측정

사이드 로브 특성은 수신 사이드 로브 특성 및 송신 사이드 로브 특성으로 나누어 측정하는데, 이들은 모두 측정방법을 이용하는 측정법과 정저위성을 이용하는 측정법이 있다. 이 연구에서는 모두 정저 위성을 이용하는 측정법을 채택하였다.

그림(3-3) 및 그림(3-4)는 각각 수신 사이드 로브 특성 및 송신 사이드 로브 특성을 측정하는 계통을 나타내는 그림이다.



그림(3-3) 수신 사이드 로브 특성 측정도



그림(3-4) 송신 사이드 로브 특성 측정도

3-3. 측정 결과 및 고찰

(1) G/T

이 안테나의 성능지수 G/T 를 주파수 3,780, 3,500 및 4,120 MHz 에서 각각 측정하였으면, 그 측정결과 는 표(3-7) 과 같다.

표(3-7) G/T 의 측정결과

Frequency (MHz)	3780	3500	4120
Polarization	RHCP : LHCP	RHCP : LHCP	RHCP : LHCP
Elevation Angle	5 : 5	5 : 5	5 : 5
T_n (°K)	60.9 : 58.2	59.5 : 58.5	55.2 : 57.2
T_e (°K)	39.93 : 43.48	47.16 : 42.58	42.15 : 42.13
$e = T_n - T_e$ (°K)	100.8 : 101.6	106.6 : 101.0	97.35 : 97.35
T_e (dB)	20.04 : 20.07	20.28 : 20.05	19.08 : 19.97
G_R (dB)	60.54 : 60.59	61.02 : 61.05	61.57 : 61.40
G/T (dB)	40.50 : 40.52	40.74 : 40.98	41.69 : 41.43

(2) 안테나 이득

◦ 송신이득

표 (3-2) 및 (3-3)은 안테나의 송신 이득을 R.H.C.P 및 L.H.C.P 로 측정 한 값이며, 시험 주파수는 각각 5,950 MHz 이다.

표 3-2. 송신 이득의 측정결과(R.H.C.P)

POLARIZATION : R.H.C.P

EARTH STATION	A	B
TEST FREQUENCY	5950 MHz	5950 MHz
CLOUD COVER	NONE	NONE
VISIBILITY	GOOD	GOOD
ELEVATION ANGLE	22.5	55.8
TRANSMITTED POWER P	15.7 dBW	78.24 dBW
ATMOSPHERIC LOSS FACTOR LA	0.1	0.05
PATH LOSS LP	-200.00	-195.58
ASPECT ANGLE CORRECTION FACTOR	2.2dB	0.0dB
TRANSMIT GAIN GK	64.62dB	-----

표 (3-3). 송신 이득의 측정결과(L.H.C.P)

POLARIZATION : L.H.C.P

EARTH STATION	A	B
TEST FREQUENCY	5950MHz	5950MHz
CLOUD COVER	OVERCAST	PARTLY
VISIBILITY	FAIR	GOOD
PRECIPITATION	NONE	NONE
ELEVATION ANGLE	22.4	55.8
TRANSMITTED POWER P	15.60dBW	78.24dBW
ATMOSPHERIC LOSS FACTOR LA	0.1	0.05
PATH LOSS LP	-200.00	-195.58
ASPECT ANGLE CORRECTION FACTOR A	-2.1dB	-0.8dB
TRANSMIT GAIN GK	64.62dB	-----

위에서 보는 바와 같이, 측정 결과치는 규정치 64.2 dB 이상을 만족하고 있다.

◦ 수신 이득

표 (3-4)는 수신 이득의 측정결과치며, 이는 주파수 3,780, 3,950 및 4,120 MHz 에서 R.H.C.P 및 L.H.C.P 로 각각 측정되었다.

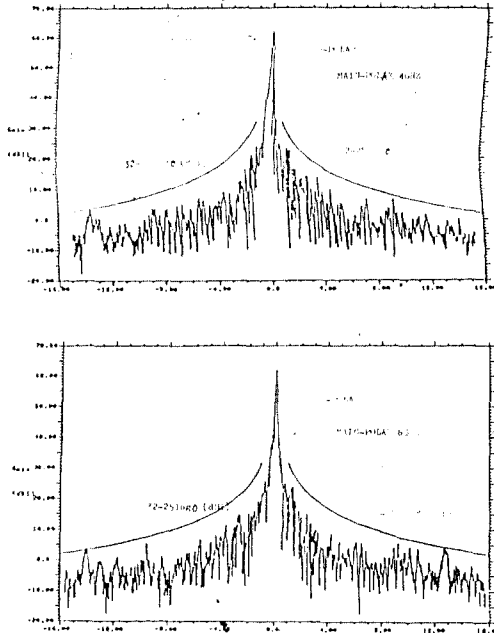
표 (3-4). 수신 이득의 측정결과

Frequency(MHz)	3780	3950	4120
Polarization	RHCP LHCP	RHCP LHCP	RHCP LHCP
Elevation Angle	37.5:47.4	34.3:46.8	39.6:43.5
T _e (K)	35.28:41.25	55.89:42.58	36.94:38.64
T _l (K)	299.6:298.6	299.6:298.6	299.6:298.6
Total system Temp	70.70:76.41	71.35:76.03	71.95:72.60
Total system Temp (dB)	18.50:19.03	18.53:18.01	18.57:18.61
G / T (dB)	42.04:41.76	42.49:42.22	43.00:42.79
Sky-T (dB)	6.75:6.40	6.22:6.52	6.70:6.67
GHz (dB)	61.54:60.59	61.42:61.03	61.57:61.40

위에서 보는 바와 같이, 수신 이득을 R.H.C.P 및 L.H.C.P로 측정 한 결과치는 규정치 61.7 dB 이상을 만족하고 있다.

(3) 사이드 로브 특성

A 국 및 B 국에서 측정 한 6/4 GHz 대역의 up-link 및 Down-link 에 대한 대표적인 사이드 로브 특성은 그림(3-5)와 같다.



그림(3-5). 사이드 로브 특성

위에서 보는 바와 같이, 이득은 규정치를 만족하고 있다.

4. 결 론

(참 고 문 헌)

- (1) 위성 통신 지구국용 32M 빔 웨이브 가이드 급 전개 카세그 메인 안테나를 설계 하였다.
 - (2) 지구국 성능저수 G/T의 측정 결과 주파수 4GHz, 앙각 5° 에서 40.86 dB/°K로서 규정치 40.7dB /°K 이상을 만족 하고, 송수신 이득의 측정치는 각각 평균 64.62 dB 및 61.3 dB로서 각각의 규정치 64.2 dB 및 61.1 dB 를 만족 하며, 사이드 로브 특성도 규정치를 만족 하고 있다.
 - (3) 지상 무선 통신의 간섭 조건 등을 고려한 사이드 로브 특성, 장기 신뢰성 시험에 의한 경년변화 및 주파수 유효 이용 기술의 연구 등 계속적인 연구가 필요하다.
 - (4) 이 연구 결과는 위성통신 지구국용 카세그 메인 안테나를 신규로 설치 하는 데 기초 자료로 응용 될 것이다.
1. INTELSAT system 과 C.C.I.R 연구활동, 국제통신의 연구, VOL. No, 110, P.P 9-14, Oct, 1971.
 2. S. Silver : Microwave antenna theory and design, P169, McGraw-Hill Book Co., New York.
 3. T. Kitsuregwa and J. Mizusawa: design of the beam waveguide primary radiators of the cassegrain antennas for satellite Communication , 1970 IEEE Inter. G-AP symposium, Diget. P400.
 4. C.C.I.R. Rec. 465-1
 5. Gans, M.J : Gross polarization in reflector type beam waveguides and Antennas, B.S.T.J. Vol. 55No3, PP289-316, (March, 1976).
 6. Takeich and Takei ; The four reflector launcher for the beam waveguide, 1976. IEEE G-AP, Inter. symposium, PP.P4 - 99.