

# 위성방송 수신용 도파관 배열 안테나 설계

이성우\*

\*한국폴리텍대학 대구캠퍼스

e-mail:swlee2910@kopo.ac.kr

## Design of waveguide array antenna for satellite broadcasting reception

Sung-Woo Lee\*

\*Daegu Campus of Korea Polytechnic

### 요약

본 논문에서는 크기가 작고 낮은 사이드 로브(Side lobe)를 가지며 고 효율 수신이득을 가지는 도파관 배열 안테나(Waveguide Array Antenna)의 설계 방법을 제시하고 위성신호 수신 성능을 평가하였다. 성능평가를 위해 목표위성을 KoreaSat-6@116E 으로 설정하고 각각의 안테나 수신 전력과 C/N(Carrier to Noise), 빔 패턴(Beam Pattern)을 스펙트럼 분석기로 측정하여 비교하였으며 수신 성능에 대한 효율성을 확인하였다. 시험한 결과 BS 대역에서는 17.82dB ~ 19.03dB로 측정되었으며, CS 대역에서는 14.94dB ~ 18.82dB 의 C/N 값으로 측정되었다. 또한 도파관 배열 안테나의 경우 BS 대역(Circular)은 파라볼릭 안테나의 45Cm급 안테나 C/N 성능을 발휘하고 CS 대역(Linear)대역은 파라볼릭 안테나의 37Cm급 C/N 성능으로 측정되었음을 확인하였다.

### 1. 서론

최근에 여가생활의 활성화로 인하여 야외활동 및 멀티미디어에 대한 다양한 매체들의 대한 수요가 늘어가고 있다. 대부분 개인 휴대 전화기에서 제공하는 4G, 5G 기술을 이용한 매체들을 많이 의존하고 있지만 멀티미디어의 데이터 특성상 많은 데이터를 소비하는 것에 금전적인 부담을 가지고 있는 것이 사실이다. 이에 기존 고가의 데이터 비용을 부담하지 않고 맞춤형 멀티미디어를 즐길 수 있는 기술이 위성을 이용한 방법이다. 일반적으로 상용 위성통신 및 방송 수신용으로 널리 사용되고 있는 안테나로 파라볼릭 안테나와 마이크로스트립 안테나가 있으며, 파라볼릭 반사경 안테나는 부피가 커서 다루기가 힘들고, 또한 눈, 비, 바람등 외부환경에 대한 영향을 많이 받는다. 마이크로스트립 안테나의 경우는 높은 주파수에서도 손실이 작은 유전체 재료가 개발되었다고 하더라도, 30dBi의 고이득이 요구될 때에는 배열되는 소자의 수가 급격하게 증가하여 유전체 손실과 도체의 저항 손실 때문에 오히려 안테나의 효율이 파라볼릭 반사경보다 나빠지게 된다. 도파관 배열 안테나의 경우는 저항손실과 유전체 손실이 작기 때문에 급전 라인에서의 손실이 거의 없고 취급할 수 있는 전력이 크다[1].

따라서 다음 도파관 배열 안테나는 같은 수신율을 가지는 타 안테나와 비교하여 안테나의 성능은 향상되어 크기는 작

고, 단일 도파관 안테나 소자는 낮은 사이드 로브 레벨을 가지며 수평 및 수직의 편파에서 이용이 가능하도록 설계되었고 교차편파 특성이 우수하다.

### 2. Ku 밴드 위성 방송 신호의 위성링크

Ku-Band 디지털 위성방송은 적도 상공 약 36,000Km에 위치한 정지궤도 위성에서 영상이나 음성 등의 프로그램 및 데이터를 전송받은 후 증폭하여 정해진 출력전력으로 지향성을 갖고 특정 지역에 선형(Linear) 혹은 원형편파(Circular Polarization) 신호로 재송출하는 방송시스템을 의미한다 [2][3]. 이때 정해진 출력전력은 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)로 표현하며 위성신호를 수신하여 원래의 신호로 복원하기 위해서는 복조기에 입력된 신호가 복원 가능한 레벨 값을 가져야 한다. 보통 이것을 S/N비 (Signal to noise ratio), C/N비 (Carrier to noise ratio) 또는  $E_b / N_0$  (Energy to noise ratio)로 표시하고 그 값에 의해 안테나의 규격이 정해지게 된다. 위성 시스템의 수신 범위에 따른 EIRP, 전파 환경, 송신 안테나의 이득, 시스템 잡음 상태를 통해 수신 안테나의 최소 이득을 계산할 수 있게 되고 산출된 수신 안테나의 설계 규격을 정리할 수 있다. 실제 위성 방송의 수신 여부에 가장 크게 영향을 미치는 것이 C/N(Carrier to Noise ratio)이다. C/N은 제작된 안테나에 LNB를 부착하

여 기저 대역(Base band)으로 전환되어 수신된 전력과 잡음의 비율을 나타낸다. 안테나에서 출력된 반송파 대 잡음의 비 즉 C/N비는 위성 방송의 수신품질을 평가하는 척도가 된다. 각 나라마다 위성에서 보내는 신호의 세기가 다르기 때문에 여유분의 C/N을 고려한 문턱 값(Threshold Value)은 다르다.

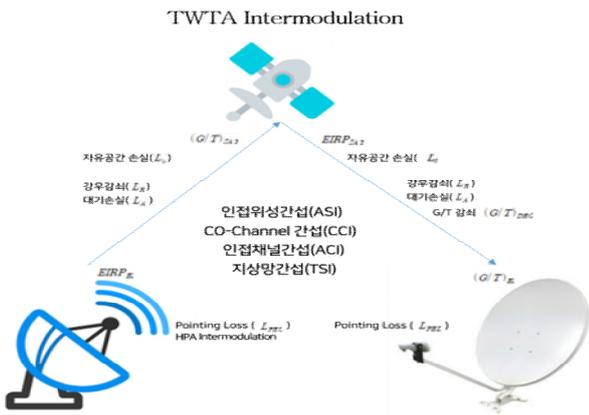
C/N비를 구하는 계산식은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C/N = EIRP \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \frac{G_A}{T_e} G_{LNA} \frac{1}{k_e} = EIRP \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_A G_{LNA} \frac{B^2}{N}$$

( $\because N_0 = kT_e B, N = N_0 B$ )

where,  $G_A$ =안테나이득,  $G_{LNA}$ =LNB이득,  $k$ =볼츠만상수,  $B$ =채널대역폭,  $N$ =Noise Power,  $N_0$ =Noise power spectral density,  $T_e$ =Equivalent noise temperature

위와 같은 계산식으로 최소 C/N 및 요구 EIRP와 안테나의 크기를 결정할 수 있다.



[그림 1] 위성통신 시스템의 구성

그림 1은 위성통신 시스템을 구성하고 있는 송신 지구국, 수신 지구국 및 위성간의 상호 연결관계를 나타내었다. 위성 통신에 사용되고 있는 주파수는 전파거리와 파장에 의한 자유공간 손실외에 대기권 및 전리층을 통과함으로써 여러 가지 영향을 받게 된다. 특히 무궁화위성이 사용하는 Ku-Band (14/12GHz) 및 Ka-Band(30/20GHz) 주파수에서 고려되어야 할 손실은 자유공간 손실, 대기가스에 의한 감쇄, 강우에 의한 감쇄 및 강우에 의한 지구국 G/T 감쇄 등을 고려하여야 하며, 이중 강우에 의한 감쇄가 가장 크다.

### 3. Ku 밴드 지구국 수신용 안테나의 특성

위성방송 수신용 지구국 안테나가 인접한 타 위성 서비스와의 간섭 해소등을 목적으로 국제적으로 정해진 기준으로 사이드 로브 특성 및 편파분리도등이 있다. 먼저 ITU-R에서 규정한 사이드 로브 특성은 다음과 같다.

- $D/\lambda \geq 50$   
 $G = 29-25\log\theta$  [dBi]  $1^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$   
 $G = -3.5$  [dBi]  $20^\circ \leq \theta \leq 26.3^\circ$   
 $G = 32-25\log\theta$  [dBi]  $26.3^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$   
 $G = -10$  [dBi]  $48^\circ \leq \theta$

- $D/\lambda \geq 50$   
 $G = 32-25\log\theta$  [dBi]  $1^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$   
 $G = -10$  [dBi]  $48^\circ \leq \theta$

\*  $\theta$  : Off-Axis Angle  
 \*  $G$  : 사이드로브 안테나 이득

또한 지구국 안테나의 편파분리도(교차편파 레벨)는 다음과 같은 기준을 만족해야한다[4].

[표 1] 안테나 편파 분리도

주 파 수		편파분리도(dB)	
Band	편파	송신	수신(권고)
Ku	선형	30(D :안테나 직경)	30(D :안테나 직경)
	원형	30 (D>2.5M) 26 (D≤2.5M)	30 (D>2.5M) 26 (D≤2.5M)
Ka	원형	30 (D>2.5M) 26 (D≤2.5M)	30 (D>2.5M) 26 (D≤2.5M)

사이드로브 및 교차편파레벨 특성이 좋지 않은 안테나는 인접한 위성의 신호나 혹은 인접한 주파수의 원치 않은 신호를 받아들여 방송의 품질을 저하시키게 된다[4].

다음으로 안테나의 이득은 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$G_{max} = (4\pi/\lambda^2)A_{eff} = (4\pi/\lambda^2)\eta A = (4\pi/\lambda^2)\eta (\pi D^2/4) = \eta(\pi D/\lambda)^2 = \eta(\pi Df/C)^2$$

\*  $\eta$  : 안테나 효율(0.55~0.75) \*  $f$  : 주파수 \*  $C$  : 빛의 속도

[표 2] 도파관 안테나의 제원

안테나 부	가용주파수	10.75 ~ 12.75GHz
	정재파비(VSWR)	1.5:1
	편 파	Vertical or Horizontal
	이 득	32.5dBi
	사이드로브레벨특성	15dB 이상
LNB 부	교차편파 레벨	20dB 이상
	가용주파수	10.75 ~ 12.75GHz
	로컬주파수	9750MHz
	출력 신호 주파수	950 ~ 2150MHz
	Noise Figure	0.8dB (@25°C)
	이 득	60dBW
입력 임피던스	75Ohm	
크 기	510 × 260 × 70	

반치 빔폭 ( $\theta_{3dB}$ )은 안테나의 이득이 최대에서 절반으로 떨어지는 각도를 반치 빔폭 ( $\theta_{3dB}$ )이라 하며 반치 빔폭은 안테나의 직경이 클수록 빔이 샤프해져 작아지게 된다. 가정용 위성통신 수신을 위하여 도파관 배열 안테나를 사용하였고, 도파관 배열 안테나의 특성은 표 2와 같다. 우선 안테나의 이득은 65%의 안테나 효율을 가지고 있는 45Cm 파라볼릭 반사경 안테나의 안테나 이득인 32.5dBi로 효율은 70%정도이며 크기는 작으며, 기존의 동이나 알루미늄보다 가벼운 재질을 사용하고 있어서 경량의 평면형으로 디자인되어 있어서 실내 설치가 용이하다.

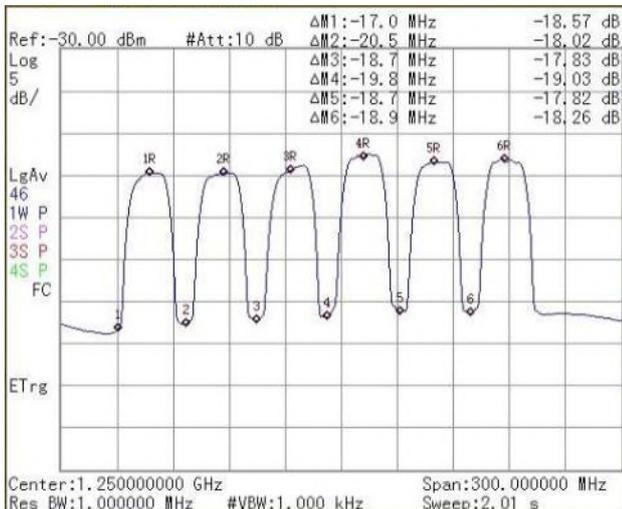
원하는 위성을 자동으로 찾을 수 있고 동시에 하나의 안테나로 여러 개의 위성을 자동으로 찾아 주어 위성별로 안테나를 따로 설치하지 않고도 많은 방송을 시청할 수 있다[5].

#### 4. 결론

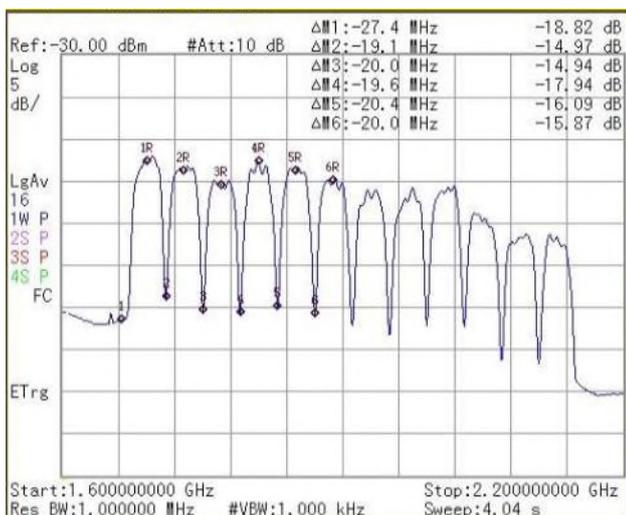
본 논문에서 Ku-Band Koreasat-6@116E, Skew 17°, BS, CS 대역을 시험한 결과 BS 대역에서는 17.82dB ~ 19.03dB로 측정되었으며, CS 대역에서는 14.94dB ~ 18.82dB 의 C/N 값으로 측정되었다. 또한 도파관 배열 안테나의 경우 BS 대역 (Circular)은 파라볼릭 안테나의 45Cm급 안테나 C/N 성능을 발휘하고 CS 대역(Linear)대역은 파라볼라 안테나의 37Cm 급 C/N 성능으로 측정되었음을 확인하였다.

#### 참고문헌

- [1] Han-Young Lee, "The Design of High Gain Waveguide Array Antenna Combing Horn Antenna", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 63, No. 2, pp. 257-260, Jan. 2014.
- [2] <http://www.lyngsat.com/Koreasat-6.html>
- [3] <http://www.satbeams.com/footprints>  
Koreasat-6@ 116E.
- [4] S.H. Yun and C.S. Kwak, I.B. Yom, " Satellite Tracking Antenna Technologies for COTM", 전자통신동향분석 제 24권 제3호 2009년 6월 pp. 103-111, June 2009.
- [5] Kwang-Sik Erom and Myung-Kwan Park, "A Satellite Tracking Method Using Rotation of Sub-Reflector for Naval Vessels Satellite Antenna Systems", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 44 No. 3, pp. 39-44, May 2007.



[그림 2] Koreasat-6@116E BS 수신



[그림 3] Koreasat-6@116E CS 신호 수신

그림 2와 그림 3은 도파관 배열 안테나의 위성신호 수신세기를 Spectrum Analyzer를 이용하여 맑은 날 대구에서 측정한 결과이며, 타 회사의 45Cm 반사경 안테나의 수신전력 레벨 및 C/N의 크기가 같음을 알 수 있다. 추가적으로 안테나에 위성자동추적장치(Auto Tracking and Position)를 장착하면