

PCS/IMT-2000을 위한 다이폴 배열 안테나의 설계

Design of Dipole Array Antennas for PCS/IMT-2000

최 학 윤

Hak-Yun Choi

요 약

본 논문에서는 PCS대역(1,750 MHz~1,870 MHz)과 IMT-2000대역(1,885 MHz~2,200 MHz)에서 동작하는 광대역 8소자 다이폴 배열 구형반사판 안테나를 설계하고, 실제안테나를 제작하여 복사특성을 측정하였다. 안테나설계는 모멘트 법과 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 해석하고, 해석된 결과로부터 안테나의 구조 값을 구하였다.

설계된 안테나의 타당성을 검토하기 위하여 8소자 다이폴 배열 구형반사판 안테나를 실제 제작하고 복사특성을 측정하여 계산결과와 비교하였다. 측정결과는 PCS대역과 IMT-2000대역에서 VSWR이 1.5 이하를 만족하였고, 이득은 전 대역에서 16 dBi 이다. 따라서 본 논문에서 설계한 안테나는 PCS/IMT-2000 기지국용 안테나로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

In this paper, the rectangular reflector antenna with 8-dipole array for PCS band (1,750 MHz~1,870 MHz) and IMT-2000 band(1,885 MHz~2,200 MHz) is designed and the radiation characteristics are analyzed using the method of moments and HFSS(High Frequency Structure Simulator). To verify the analysis results, rectangular reflector antenna with 8-dipole array is fabricated and the calculated results are compared with the measured results. The measured results show good agreement with the calculated results. As a result of measurements, bandwidth(VSWR<1.5) of 450 MHz is achieved at PCS and IMT-2000 band and gain is 16 dBi. The designed antenna can be used as the base station antenna for PCS/IMT-2000.

Key words : Method of Moments, Rectangular Reflector Antenna, Bandwidth, Base Station

I. 서 론

국내에서는 이동통신사업자의 개별 기지국 설치에 따른 중복투자를 방지하고 자연환경을 보호하기 위하여 공용기지국 건설 정책을 추진하고 있다. 이에 따라 1997년부터 현재까지 셀룰라 및 PCS의 기지국 공용화 사업을 지속적으로 진행하고 있으며, IMT-2000에 대해서는 신규 통신사업자의 사업자 허가시 기지국 공용화를 조건으로 부여한 상태이다.

특히 향후 건설될 예정인 공용기지국은 통합안테나의 사용을 적극 추진하고 있다. 그러므로 현시점에서 볼 때 PCS와 IMT-2000 공용 안테나의 개발은 매우 필요하다. 따라서 본 논문에서는 PCS의 할당된 주파수인 1,750 MHz~1,870 MHz와 IMT-2000의 주파수 대역인 1,885 MHz~2,200 MHz까지 사용할 수 있는 광대역 안테나를 구형반사판에 8소자 다이폴을 배열시켜 설계한다.

일반적으로 구형반사판 안테나는 평면 반사판의

「본 논문은 2001학년도 김포대학의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.」

김포대학 전자정보계열(Dept. of Electronic & Information Engineering, Kimpo College)

· 논문 번호 : 20020518-060

· 수정완료일자 : 2002년 8월 19일

네 개의 테두리에 수직으로 반사판을 세워둔 형태이고, 복사소자로서 반사판 내부에 다이폴이 설치된 구조이다^{[1],[2]}. 구형 반사판 안테나의 특징은 다이폴의 높이 및 급전방식, 반사판의 크기 그리고 반사판 테두리 높이를 조절하여 다양한 복사특성을 얻을 수 있다.

안테나설계는 1소자 다이폴로 급전되는 구형반사판안테나를 모멘트 법^{[3],[4]}을 이용하여 반사판으로부터 다이폴의 높이 변화와 반사판 폭과 테두리 높이를 변화시켰을 때 이득, 빔폭, 전후방비 및 복사패턴을 계산하고, 이것을 토대로 하여 안테나의 구조 값을 결정한다. 또한 광대역에서 동작할 수 있는 다이폴 설계를 위해 평판형 다이폴의 폭, 길이 및 두께의 치수를 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 계산한다.

이상에서 설계된 1소자 안테나 구조 값을 가지고 배열이론^[5]을 적용하여 8소자 다이폴 배열 구형반사판 안테나를 설계한다. 그리고 설계한 안테나의 광대역 특성을 평가하기 위해 실제 안테나를 제작하고, 주파수범위 1,750 MHz~2,200 MHz에서 복사특성을 측정하여 계산결과와 비교 검토한다.

II. 구형반사판을 갖는 다이폴 안테나 설계

그림 1에는 설계된 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 구조를 표시하였다. 다이폴 소자는 평판형이며, 다이폴 소자에 전력을 분배하기 위한 급전회로는 반사판 전면 부에 마이크로스트립선로로 구성되어 있고, 급전회로와 반사판 사이는 공기로 되어 있다. 그림에서 w 와 l 은 구형반사판의 폭과 높이, d 는 반사판 테두리의 높이(rim height), h 와 s 는 각각 반사판에서 다이폴까지의 높이와 다이폴간의 간격을 나타낸다.

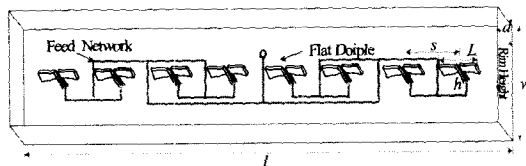


그림 1. 8소자 다이폴배열 구형반사판 안테나 구조
Fig. 1. Structure of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

2-1 구형 반사판 안테나의 복사특성

그림 1의 안테나를 설계하기 위해 1소자 다이폴 구형 반사판 안테나의 복사특성을 모멘트법을 이용하여 해석하고 그 결과를 이용하여 계산하였다. 복사특성은 다이폴의 길이 L 을 0.46λ , 구형 반사판의 높이 l 을 0.9λ , 반사판 폭 w 을 0.7λ , 반사판 테두리 높이 d 을 0.3λ 로 하고, 다이폴의 높이 h 을 변화시켜 이득 및 빔폭을 계산하였다. 그림 2는 다이폴 높이 h 을 0.1λ 부터 0.4λ 까지 변화시켰을 때 1소자 다이폴 구형 반사판 안테나의 이득을 나타낸다. 그림 2를 보면 앞서 가정한 안테나 치수에 대해서 다이폴 높이 h 가 높아질수록 이득이 낮아지는 경향을 보이고 있다.

그림 3은 다이폴 높이 h 에 대한 빔폭을 나타낸다. 다이폴 높이 h 가 높아질수록 그림 2의 이득이 감소함에 따라 수직 및 수평 빔폭은 넓어진다. 특히 수직방향보다 수평방향에서의 빔폭의 변화가 크며, h 가 0.3λ 이상에서 그 변화의 폭이 커진다. 여기서 수평빔폭이 90° 인 다이폴 높이 h 는 0.28λ 이며, 이때 수직빔폭은 53.8° 이다.

여기서는 다이폴 높이 h 을 0.28λ 로 고정하고, 반사판의 폭 w 을 0.5λ 부터 1.0λ 까지 변화시키면서, 반사판 테두리높이 d 을 0.1λ 부터 0.5λ 까지 변화시켜, 안테나 복사특성을 계산했다. 그림 4는 이득을 나타낸다. 반사판 폭 w 가 넓지 않는 경우에 반사판 테두리의 높이가 높아지면서 이득은 작아지고, w 가 넓은 경우에는 반사판 테두리 높이가 높아지면서 이득이 증가되는 경향을 보이고 있다.

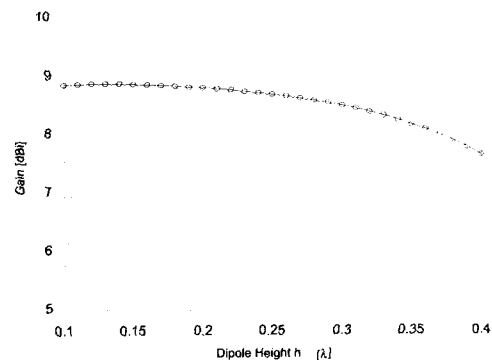


그림 2. 다이폴 높이 h 에 대한 이득 변화
Fig. 2. Variation of gain with dipole height h .

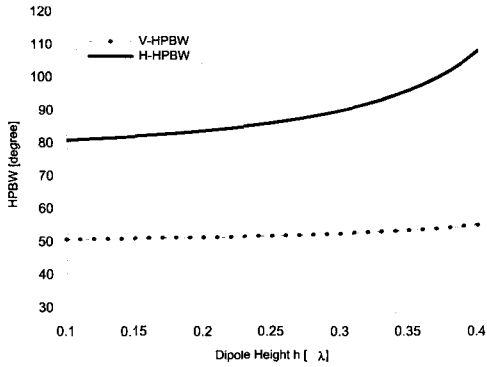


그림 3. 다이폴 높이 h 에 대한 빔폭 변화
Fig. 3. Variation of H-PBW with dipole height h .

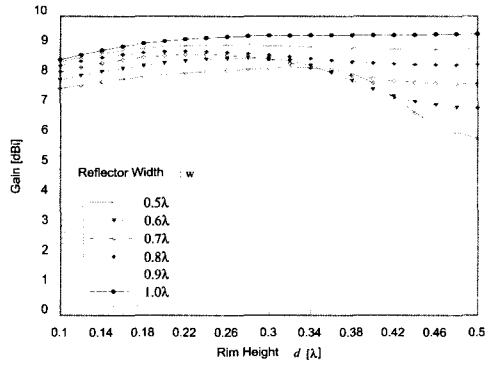


그림 4. 반사판 테두리 높이 d 와 반사판 폭 w 의 변화에 따른 이득
Fig. 4. Gain as functions of rim height d and reflector width w .

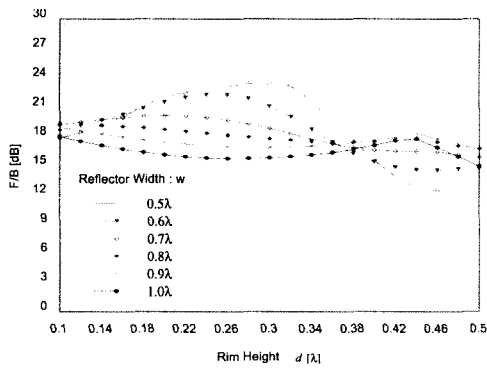


그림 5. 반사판 테두리 높이 d 와 반사판 폭 w 의 변화에 따른 전후방비
Fig. 5. F/B as functions of rim height d and reflector width w .

그림 5는 반사판 테두리 높이 d 을 변화시키면서, 반사판 폭을 0.1λ 간격으로 변화시키는 경우의 전

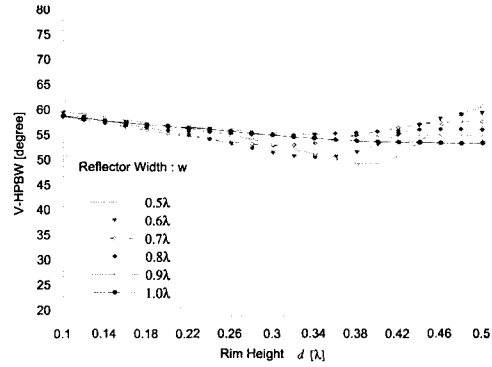


그림 6. 반사판 테두리 높이 d 와 반사판 폭 w 의 변화에 따른 수직빔폭
Fig. 6. V-HPBW as functions of rim height d and reflector width w .

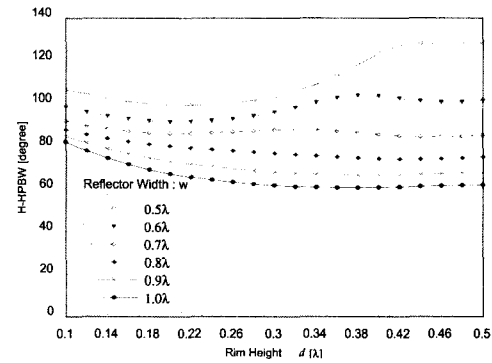


그림 7. 반사판 테두리 높이 d 와 반사판 폭 w 의 변화에 따른 수평빔폭
Fig. 7. H-HPBW as functions of rim height d and reflector width w .

후방비를 나타낸다. 여기서 보면 반사판 폭 w 가 넓지 않은 경우에, 테두리 높이가 높아지면서 전후방비가 낮아지고, 반면에 반사판 폭 w 가 넓은 경우에는 테두리 높이가 높아져도 전후방비가 높아짐을 보이고 있다.

그림 6은 반사판 테두리 높이 d 을 변화시키면서, 반사판 폭 w 을 0.1λ 간격으로 변화시킬 때 수직빔폭을 나타낸다. 여기서 보면 w 가 0.5λ 와 0.6λ 를 제외하고는 d 에 관계없이 55° 와 60° 사이의 범위를 나타낸다. 그러므로 w 와 d 의 변화는 수직빔폭에 큰 영향이 없다.

그림 7은 수평빔폭을 나타낸다. 반사판 폭 w 가 0.5λ 에서는 전체적으로 100° 이상의 빔폭을 나타내고 있으며, 1.0λ 에서는 60° 내외를 나타낸다. 수평빔폭

90°는 반사판 폭 w 가 $0.6\lambda \sim 0.7\lambda$ 일 경우이며, 이때 반사판 테두리 높이 d 는 $0.2\lambda \sim 0.3\lambda$ 이다.

앞서 계산한 복사특성의 결과를 이용하여 1소자 구형 반사판 안테나의 복사패턴을 계산했다. 이때 반사판 높이 l 은 0.9λ 이고, 다이폴 높이 h 가 0.28λ 인 경우에 반사판 폭 w 는 0.67λ , 반사판 테두리 높이 d 는 0.3λ 이며 중심주파수는 1,975 MHz이다. 그림 8은 계산된 복사패턴이다. 여기서 이득은 8.52 dBi 이고, 수직빔폭 및 수평빔폭은 각각 56.57° , 89.87° 이다.

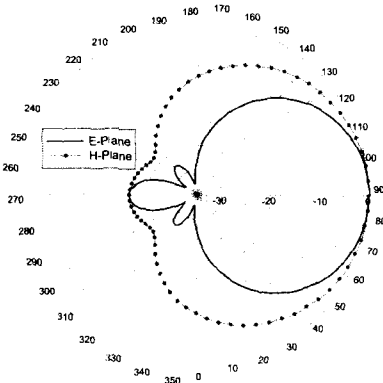


그림 8. 1소자 구형반사판 안테나의 복사특성
Fig. 8. Radiation pattern of rectangular reflector antenna with 1-dipole.

2-2 광대역 평판형 다이폴 특성

그림 9는 반사판 위에 세워진 평판형 다이폴의 구조를 나타낸다. 평판형 다이폴의 양단 폭 변화에 따른 전압정재파비(VSWR)계산을 위해, 다이폴의 두께 t 을 1.6 mm로 하고, 다이폴 지지대의 간격은 3 mm로 하였다. 그림에서 a 와 b 는 다이폴 양단의 폭을 나타내고 c 는 다이폴의 길이를 나타낸다.

계산과정은 평판형 다이폴의 길이 c 을 0.43λ , 0.44λ , 0.45λ 로 변화시키면서, 다이폴의 폭 a 와 b 을 5 mm부터 10 mm까지 변화시키는 경우(a)와, a 를 10 mm로 고정시킨 후 b 을 5 mm부터 10 mm까지 변화시키는 경우($a \neq b$)에 대해 계산하였다. 그림 10은 다이폴의 폭이 $a=b$ 와 $a \neq b$ 인 경우의 VSWR 특성을 나타낸다.

그림 10은 다이폴의 양단의 폭이 $a \neq b$ 와 $a=b$ 인

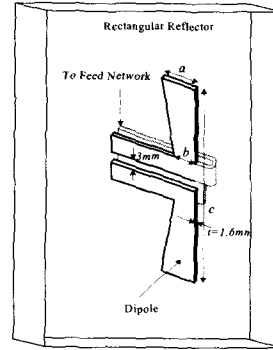


그림 9. 평판형 다이폴 구조
Fig. 9. Structure of flat dipole.

경우에 VSWR 계산치를 나타낸다. $a \neq b$ 인 경우, 다이폴의 폭이 넓으면 VSWR이 낮아진다. 다이폴 길이 c 의 변화에 따른 영향은 다이폴 길이 0.43λ 와 0.44λ 에서 VSWR의 값의 증가 추세가 일정한데 비해, 0.45λ 에서는 다이폴의 폭 b 에 따라서 최저 공진점이 주파수별로 이동함을 볼 수 있다.

$a=b$ 일 때는 $a \neq b$ 일 때보다 VSWR이 낮으며, 다이폴 길이 c 가 가장 짧은 0.43λ 에서 VSWR이 가장 낮다. 이것은 $a \neq b$ 의 경우에 반대되는 현상이다. 이것은 평판형 다이폴에서 $a=b$ 인 경우가 $a \neq b$ 인 경우에 비해 다이폴 길이의 단축효과가 있음을 나타낸다.

이상의 결과에서 VSWR이 가장 낮은 경우는 $a \neq b$ 일 때 a 는 10 mm, b 는 8 mm, 다이폴 길이 c 는 0.45λ 이다. 이 조건에서 VSWR은 1,750 MHz에서 1.5491, 1,975 MHz에서 1.1178, 2,200 MHz에서 1.6677이다. 이것을 60 Ω의 급전회로로 계산하면 1,750 MHz에서 1.2875이고 1,975 MHz 및 2,200 MHz에서는 각각 1.2592, 1.3994이다.

2-3 급전회로 설계

급전회로 설계를 위해 급전회로에서 각 다이폴에 연결될 단자의 임피던스는 60 Ω으로 하였다. 급전회로의 형태는 최대 빔 방향의 변화를 막기 위해 병렬급전의 T형 급전회로^{[6],[7]}를 사용했고, 복사패턴의 메인로브와 사이드로브의 차이를 16 dB 이상으로 하기 위해 각 다이폴로 급전되는 전력분배비를 결정하였다. 분배비 결정을 위한 계산은 다이폴 수를 8소자로 하였고, 배열 시 간격 s 는 0.7λ 로 하였다.

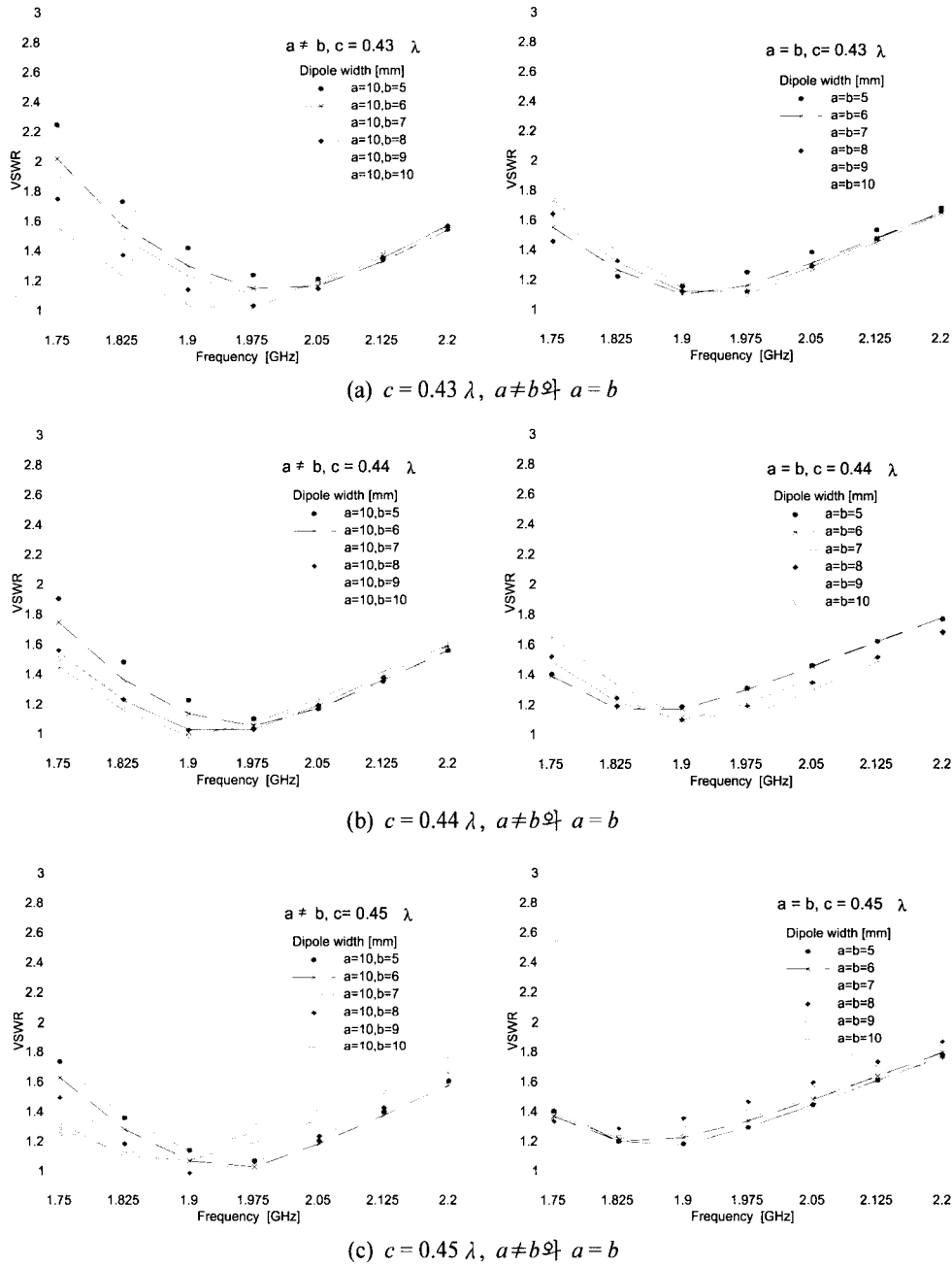


그림 10. 평판형 다이폴 폭 a , b 와 길이 c 의 변화에 따른 전압정재파비

Fig. 10. VSWR as functions of flat dipole width a , b and length c .

그림 11은 전력급전비에 대한 사이드로브의 크기를 나타낸다. 그림에서 균일전력분배의 경우에 사이드로브 크기는 13.253 dB이다. 비균일 전력분배인 경우에는 분배비의 차이가 커질수록 사이드로브의 크기가 작아지며, 메인로브의 빔폭은 넓어지고 이득

은 감소한다. 따라서 사이드로브, 이득 및 빔폭 등을 고려하여 전력분배비는 0.6 : 0.6 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.6 : 0.6으로 한다. 급전회로는 비유전율이 1인 air strip으로 구성하며, 급전 선로의 마이크로스트립 도체의 두께는 1.6 mm, 반사판으로부터 높이는 2 mm

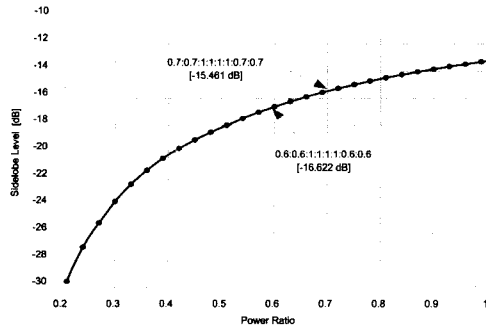


그림 11. 전력분배비에 따른 사이드로브 크기
Fig. 11. Sidelobe level for power ratio of feed network.

로 하였다. 안테나 정합은 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 사용하였고, 최적화를 위해 ADS(Advanced Design System)를 이용하였다.

III. 측정 및 결과검토

2장에서 계산된 반사판과 평판형 다이폴의 구조 값 및 급전회로를 가지고 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 다이폴 배열 수는 8소자이며, 1소자 구형 반사판 안테나의 설계값에 어레이 이론을 적용하였다. 표 1은 설계된 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 설계값을 나타내고, 그림 12는 제작된 안테나의 외관이다.

표 1. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 설계 값

Table 1. Design values of rectangular reflector antenna with 8-dipole.

구분	값	구분	값
중심주파수	1,975 MHz	다이폴 높이	0.28λ
구형반사판의 폭	0.67λ	다이폴 간격	0.7λ
구형반사판의 높이	5.8λ	다이폴 두께	1.6 mm
반사판 테두리 높이	0.3λ	다이폴 양단폭(a,b)	10 mm, 8 mm
다이폴 길이	0.45λ		



그림 12. 제작된 안테나의 외관
Fig. 12. Fabricated antenna.

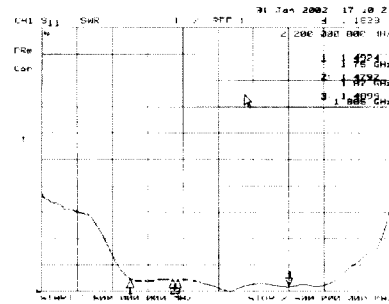


그림 13. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 전압정재파비
Fig. 13. VSWR of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

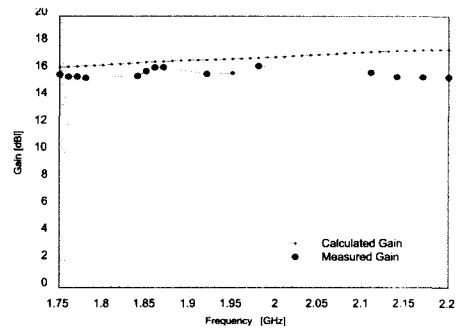


그림 14. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 이득
Fig. 14. Gain of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

그림 13은 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나를 정합하여 측정된 VSWR을 나타낸다. PCS대역인 1,750 MHz~1,870 MHz 및 IMT-2000대역인 1,885 MHz~2,200 MHz대역에서 모두 1.5 이하를 만족하고 있다.

그림 14는 1,750 MHz~2,200 MHz 대역에서 계산된 이득과 측정된 이득이다. 측정된 이득은 전 주파수 대역에서 15 dBi 내외를 나타내며, 계산 값보다 0.5 dB~2 dB 낮았다. 오차원인은 안테나 제작상의 오차와 측정환경에 의한 영향이라 생각된다.

그림 15는 측정된 수직빔폭이다. 측정결과 전반적으로 주파수가 높아짐에 따라 빔폭이 좁아지며, 계산치와 측정치와의 오차는 PCS 대역에서 2° 내외이고 IMT-2000 대역에서는 0.5°~1°이다. 계산치 및 측정치의 오차는 급전회로 전방배치, 제작상의 오차, 측정환경에 의한 영향이라 생각된다.

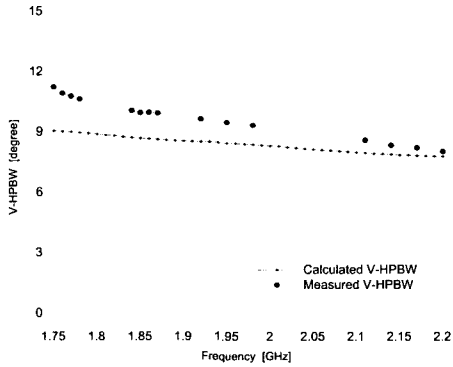


그림 15. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 수직빔폭
 Fig. 15. V-HPBW of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

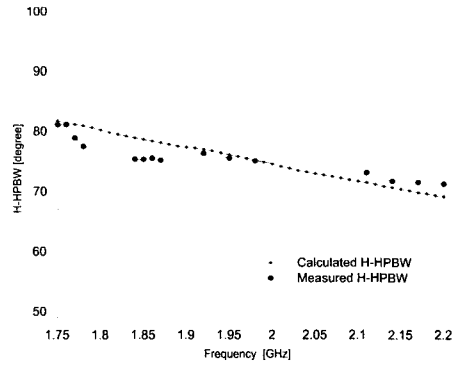


그림 16. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 수평빔폭
 Fig. 16. H-HPBW of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

표 2. 복사패턴의 계산치와 측정치

Table 2. Calculated and Measured values of radiation pattern.

주파수 (MHz)		이득(dBi)		HPBW(°)		Sidelobe(dB)	
		계산치	측정치	계산치	측정치	계산치	측정치
1,750	E-Plane	16.26	15.72	9.34	11.51	13.147	14.50
	H-Plane		16.90	82.68	82.08		
1,975	E-Plane	16.95	17.14	8.66	9.61	13.234	13.33
	H-Plane		16.33	76.15	76.01		
2,200	E-Plane	17.54	16.13	8.05	8.32	13.239	11.23
	H-Plane		15.52	70.08	72.22		

그림 16은 측정된 수평빔폭이다. 측정결과 주파수가 높아짐에 따라 빔폭이 좁아지며 오차정도는 전 대역에서 0°~2°이다. 그림 17은 1,750 MHz, 1,975 MHz, 2,200 MHz에서 측정된 복사패턴을 나타낸다. 복사패턴은 다이폴을 어레이 시킨 반사판 안테나의 섹터 빔을 잘 나타내고 있다. 표 2는 복사패턴의 계산치와 측정치를 나타낸다.

1.5 이하를 만족했으며, 이득은 18 dBi로 측정되었다. 또한 복사패턴은 계산치와 거의 근접한 것으로 나타났다

따라서 설계한 광대역 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나는 PCS와 IMT-2000대역에서 통합 기지국안테나로 활용될 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 PCS대역과 IMT-2000대역에서 사용할 수 있는 광대역 8소자 다이폴배열 구형 반사판 안테나를 설계하였다. 다이폴의 높이와 반사판의 폭, 그리고 반사판 테두리 높이는 모멘트 법을 이용하여 계산하였으며, 광대역을 위한 평판형 다이폴은 다이폴의 양단의 길이를 다르게 하여 설계하였다. 설계된 안테나는 PCS대역과 IMT-2000대역을 모두 포함하는 1,750 MHz부터 2,200 MHz에서 VSWR이

참 고 문 헌

[1] A. Kumar, H. D Hristov, *Microwave Cavity Antennas*, Artech House, ch. 1-2, 1989.
 [2] M. H. Hong, D. P. Nyquist, "Radiation Fields of Open-Cavity Radiator and a Backfire Antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. AP-18, pp. 813-815, Nov. 1970.
 [3] R. F. Harrington, *Field Computation by moment methods*, Macmillian Co., New York, ch. 4, 1968.
 [4] P. K. Agrawal, "A Hybrid Technique for Wire

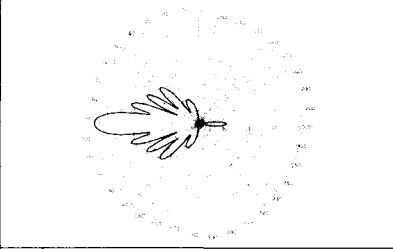
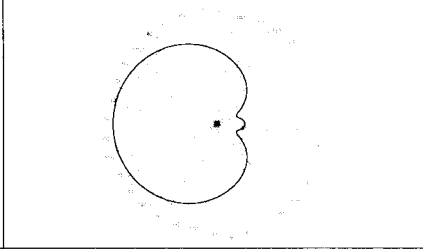
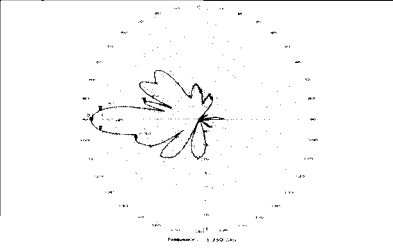
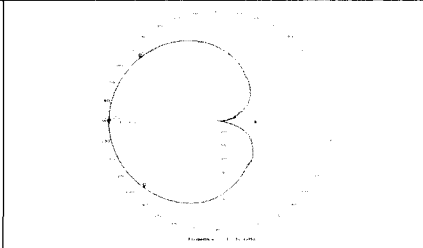
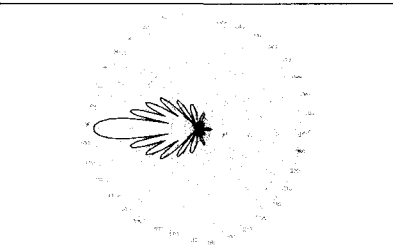
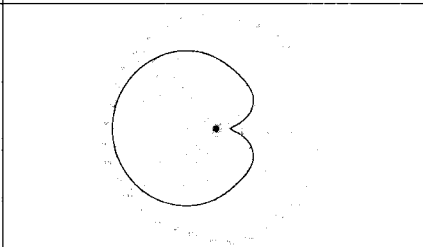
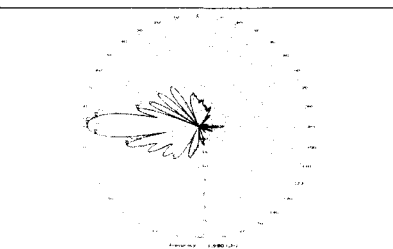
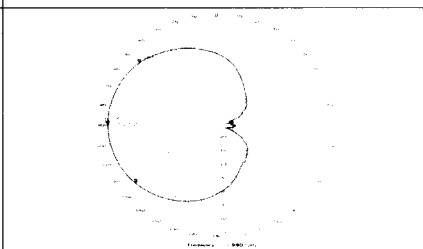
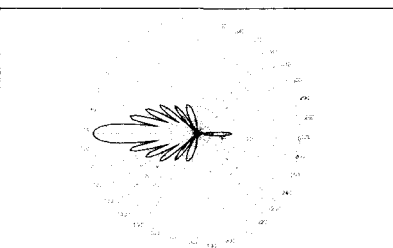
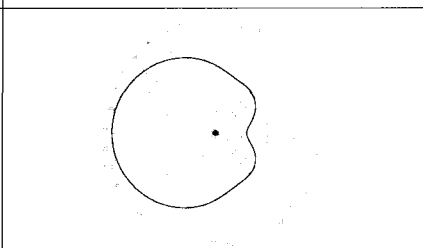
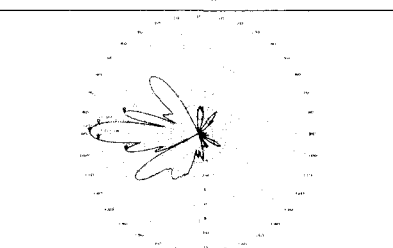
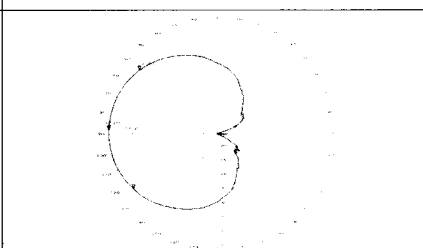
주파수 [MHz]	구분	E-Plane	H-Plane
1,750	계산치		
	측정치		
1,975	계산치		
	측정치		
2,200	계산치		
	측정치		

그림 17. 8소자 다이폴 배열 구형 반사판 안테나의 복사패턴
 Fig. 17. Radiation pattern of rectangular reflector antenna with 8-dipole array.

- Antennas in a Cavity", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. Ap-26, no. 3, May 1978.
- [5] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna theory and Design*, Wiley Co. New York, ch. 3, 7, 1981.
- [6] 遠藤敬二, TV·FM 放送 アンテナ, 日本放送 出版協會, pp. 236-239, 1966.
- [7] R. Garg, P. Bhartia, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, ch. 12, 2001.

최 학 윤



1963년 4월 21일 생
1985년 2월: 숭실대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월: 숭실대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1999년 8월: 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1996년 3월 ~ 현재: 김포대학 전자정보계열 조교수
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파