

# 이동 통신 기지국용 광대역 편파 다이버시티 안테나 설계

## Design of Broadband Polarization Diversity Antenna for Mobile Base Stations

서인종 · 조인호 · 이철희 · 정진우\* · 이현진\*\* · 임영석\*

Injong Seo · Inho Cho · Cheonhee Lee · Jinwoo Jung\* · Hyeonjin Lee\*\* · Yeongseog Lim\*

### 요 약

본 논문에서는 PCS, WCDMA, 그리고 WiBro 대역에서 동작하는 이동 통신 기지국용 광대역 편파 다이버시티 안테나를 제안하였다. 본 안테나는 정사각 루프 형태의 다이폴 안테나와 마이크로스트립 급전 구조를 결합하여 설계하였다. 추가적으로 광대역 동작 시 반사판 구조에 의해 발생할 수 있는 방사 패턴 왜곡 현상을 초크(choke) 상자를 이용하여 개선하였다. 설계를 위한 모의 실험은 CST사의 MWS로 해석하였으며, 제작은 비유전율 3.33인 테프론 기판을 이용하여 제작하였다. 측정 결과, 대역폭(VSWR<1.5)은 640 MHz(1.75~2.39 GHz)를 얻었으며, 각 방사체 사이의 격리도는 -25 dB 이하를 얻었다. 그리고 PCS, WCDMA, WiBro 대역에서 최대 이득은 각각 8.9 dBi, 8.2 dBi, 8.6 dBi이다.

### Abstract

In this paper, we proposed the broadband polarization diversity antenna operating in the PCS, WCDMA and WiBro band for mobile base station. We designed the antenna using the dipole antenna of the square loop type and microstrip feeding structure. Additionally, we used the choke box to remove the distortion of radiation patterns by the reflector structure when operating broadband. The simulation was performed using MWS in a commercial tool of CST company and the antenna was fabricated on a teflon substrate with 3.33 of the relative permittivity. The proposed antenna has the bandwidth of 640 MHz(from 1.75 to 2.39 GHz) when VSWR is below 1.5. At the operating bands, the inter-isolation between the cross-pair radiators is less than -25 dB and the maximum gains for PCS, WCDMA and WiBro band are 8.9, 8.2 and 8.6 dBi, respectively.

Key words : Mobile Base Station, Antenna, Polarization, Diversity, Broadband

### I. 서 론

이동 통신 서비스는 2세대의 음성 통화 위주에서 3세대로 급속히 전환됨에 따라 데이터 서비스가 시장의 주류로 정착되고 있으며, 4세대 통신 서비스 등장으로 전송 및 광대역화 기술이 필요로 하고 있

다. 이러한 새로운 통신 서비스의 등장으로 새로운 기지국이 필요로 하고 있다. 그러나 새로운 기지국 설치는 추가적인 관리 및 유지 보수에 많은 비용이 들며, 도시의 미관을 해칠 수 있는 단점이 생긴다. 따라서 기존 기지국을 새로운 서비스와 같이 사용할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 이러한 공용화된 기

(주)에이스테크놀로지(ACE Technology Co., Ltd.)

\*전남대학교 전자컴퓨터공학과(Department of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University)

\*\*동강대학 전기전자공학과(Department of Radio Science & Engineering, Dongkang College)

· 논문 번호 : 20100716-091

· 교신저자 : 임영석(e-mail : limys@chonnam.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 8월 27일

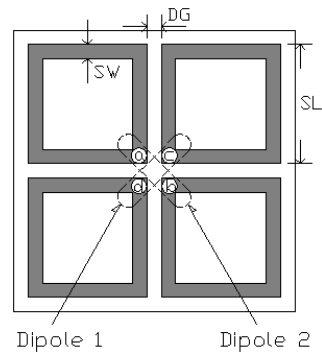
지국을 사용하기 위한 가장 핵심적인 기술은 다중 대역에 만족하는 안테나 설계 기술이다. 따라서 현재 서비스되고 있는 PCS(Personal Communication Service), WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access), WiBro(Wireless Broadband)에서 만족하는 기지국용 광대역 안테나 개발이 필요로 하고 있으며, 추가적으로 페이딩에 의한 영향을 줄이고, 편파 다이버시티 기능을 수행하기 위해서는 이중 편파(dual polarization) 안테나로 설계되어야 한다<sup>[1]-[4]</sup>. 기존의 기지국용 안테나는 일반적인 다이폴의 단순한 구조를 이용하여 설계됨으로써 광대역을 만족시키기에는 대역폭이 좁고 구조적으로도 많은 제안을 받는다<sup>[5]-[9]</sup>.

본 논문에서는 편파 다이버시티를 위해 2개의 다이폴 안테나를 교차 배열시켰고, 각 다이폴 안테나의 방사체를 정사각 루프 형태로 변형하여, 다이폴 안테나를 방사체로 동작함은 물론 기생 소자로 동작시켜 광대역 동작을 유도하였다. 그리고 반사판을 기준으로 비대칭하게 장착된 안테나의 방사 패턴 왜곡 현상을 개선하기 위해 초크(choke) 상자를 이용하였다.

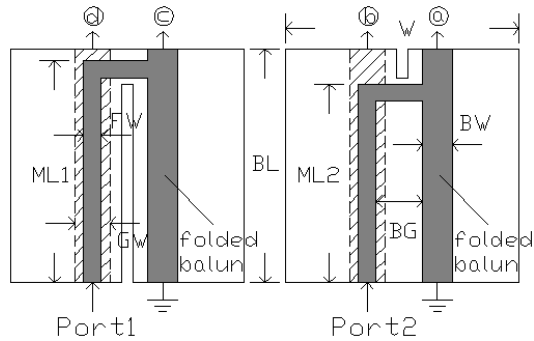
II. 광대역 편파 다이버시티 안테나 설계

본 논문에서 제안한 안테나 구조는 그림 1에 나타냈으며, (a)는 방사체, (b)는 급전선, 그리고 (c)는 반사판 구조도를 나타낸다. 일반적으로 다이폴 안테나 구조에서 대역폭을 넓히기 위해 주로 사용되는 방법은 기생 소자를 이용한 이중 공진 방법이 이용되는데, 본 논문에서는 그림 1(a) 방사체 구조와 같이 정사각 루프 형태로 두 개의 다이폴 안테나를 90° 교차하여 각 방사체 사이의 간격(DG)을 주어 다이폴 1에만 급전이 되고, 다이폴 2는 다이폴 1의 기생 소자로 동작하게 되어 다이폴 1은 이중 공진 기반 광대역 동작을 하게 된다. 결과적으로 인접한 정사각 루프 형태의 방사체를 갖는 두 개의 다이폴 안테나는 서로 영향을 주지 않으면서 이중 공진 기반 광대역 동작을 하게 된다.

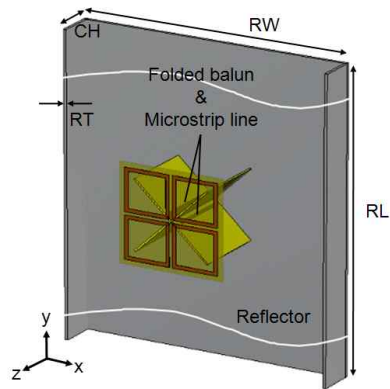
급전선 구조는 불평형 선로(unbalanced line)인 마이크로스트립 선로로 급전할 경우, 방사 패턴을 왜곡시키는 단점을 가지고 있기 때문에 마이크로스트립



(a) 방사체  
(a) Radiator



(b) 급전선  
(b) Feed line



(c) 반사판의 3차원 구조도  
(c) 3D view of reflector.

그림 1. 제안한 안테나 구조  
Fig. 1. The structure of the proposed antenna.

선로(ML 1, 2)에 중심 주파수에  $\lambda/4$  길이(BL)의 접지 선로를 추가하여 폴디드 발룬(folded balun) 구조로 평형 급전하였다<sup>[10]</sup>. 마이크로스트립 선로(ML 1, 2)의 특성 임피던스는 동작 주파수에서 50  $\Omega$ 으로

설정되어 선로 폭(FW)은 2 mm이고, 마이크로스트립 선로 구성을 위한 접지면의 너비(GW)는 4 mm로 설계하였으며, 각 다이폴의 급전부 또한 교차 배치하였다.

반사판은 현재 기지국 안테나에 일반적으로 사용되고 있는 ‘U’ 구조의 반사판을 이용하였는데, 길이 (RL) 280 mm, 폭(RW) 140 mm, 높이(CH)는 20 mm로 설계하였다<sup>[4]</sup>.

각 다이폴 안테나는 방사체와 기생 소자로 동작하기 때문에, 안테나의 임피던스 특성은 정사각 루프의 선로 폭(SW)과 방사체 사이의 간격(DG), 그리고 방사체 길이(SL)에 의해 가장 큰 영향을 받는다.

그림 2는 방사체 사이의 간격(DG)과 정사각 루프의 선로 폭(SW)을 각각 1.8 mm, 2 mm로 고정하고, 정사각 루프 길이(SL) 변화에 따른 반사 손실 특성을 보여주고 있다. 정사각 루프 길이(SL)가 커질수록 공진 주파수가 낮아지는 것을 알 수 있다.

그림 3은 정사각 루프 길이(SL)와 방사체 사이의 간격(DG)을 각각 24 mm, 1.8 mm로 고정하고, 정사각 루프의 폭(SW) 변화에 따른 반사 손실 특성을 나타내는데 폭이 두꺼워질수록 공진 주파수가 높아짐을 알 수가 있다.

그림 4는 정사각 루프 길이(SL)와 정사각 루프의 선로 폭(SW)을 각각 24 mm, 2 mm로 고정하고, 방사체 사이의 간격(DG) 변화에 따른 반사 손실 특성을 보여주고 있다. 방사체 사이의 간격(DG)이 커질수록 대역폭이 증가하는 것을 알 수 있다. 표 1은 제안된 안테나 구조 변수 값을 나타낸다.

그림 5는 표 1의 최적화된 파라미터를 이용하여 모의 실험 결과, 주파수에 따른 이득과 반치각을 보여

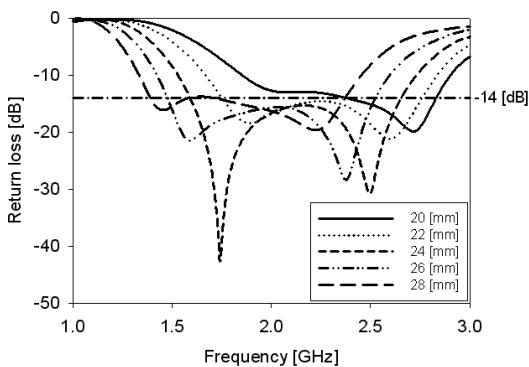


그림 2. SL 길이 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 2. Return loss as variation of SL length.

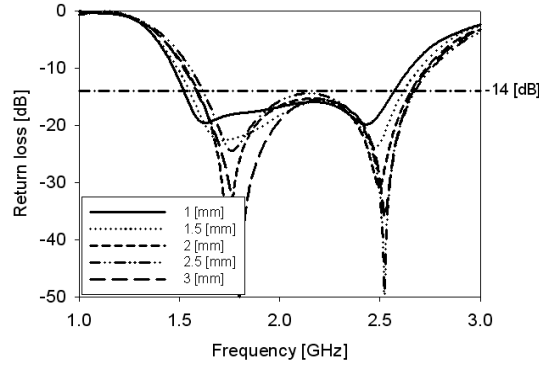


그림 3. SW 폭 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 3. Return loss as variation of SW width.

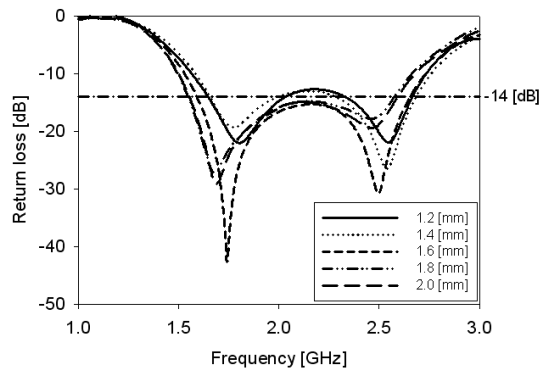


그림 4. DG 간격 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 4. Return loss as variation of DG space.

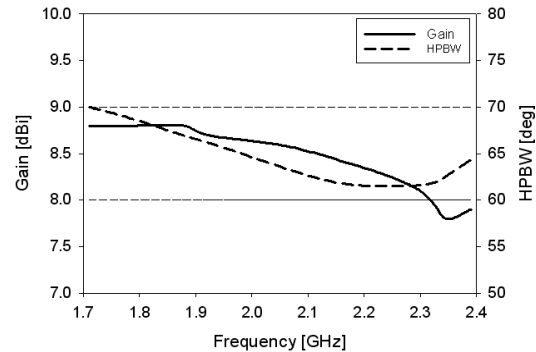


그림 5. 주파수에 따른 이득과 반치각  
Fig. 5. Gain and HPBW depending on frequency.

준다. 주파수가 증가할수록 이득이 조금 감소하는 경향이 나타났다. 이는 동작 주파수가 낮을 경우, 방사체와 반사판 사이의 전기적 길이 변화가 작아 비대칭적으로 형성된 반사판에 의해 방사 패턴의 왜곡 현상이 크게 발생하지 않는다. 그러나 동작 주파수

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터(단위: mm)

Table 1. Designed parameter values of the proposed single antenna(unit: mm).

파라미터	값	파라미터	값
SW	2	GW	4
SL	24	FW	2
DG	1.8	BG	3.5
W	60	BW	3
BL	40	ML1	39
ML2	35	RT	1.5
RL	280	RW	140
CH	20	WH	20
WW	120		

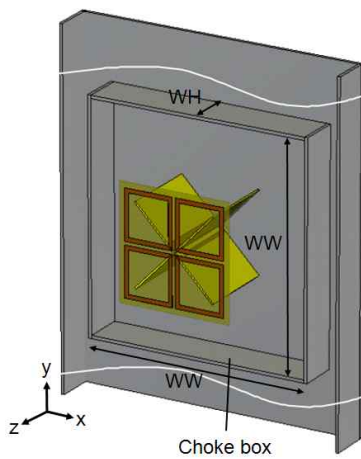


그림 6. 초크 박스가 추가된 제안된 안테나 3차원 구조도

Fig. 6. 3D view of proposed antenna with choke.

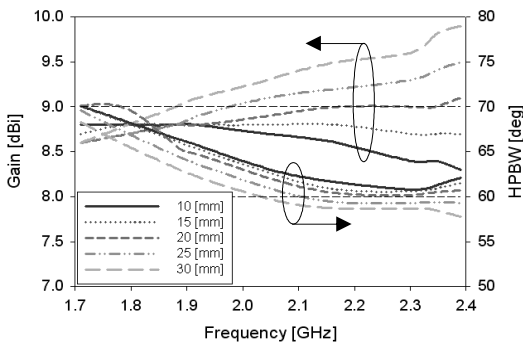


그림 7. 초크 상자 높이(WH)에 따른 이득과 반치각  
Fig. 7. Gain and HPBW as variation of the height of choke box.

가 높을 경우, 낮은 주파수에 비해 전기적 길이 변화가 커지게 되어 방사 패턴에 왜곡이 발생되어 이득이 감소하는 원인이 된다. 이를 개선하고자 금속의 정사각 초크 상자를 그림 6과 같이 추가하였으며, 이에 따른 이득과 반치각의 특성 변화를 그림 7, 8에 보였다<sup>[11]</sup>.

그림 7은 그림 6 구조의 초크 상자 길이를 120 mm로 고정하고, 초크 상자의 높이(WH) 변화에 따른 이득과 반치각 특성을 보여주고 있다. 초크 상자의 높이가 증가할수록 이득이 개선됨을 알 수 있다.

그림 8은 초크 상자 높이를 20 mm로 고정하고, 초크 상자 폭(WW) 변화에 따른 이득과 반치각 특성을 보여주고 있다. 초크 상자의 폭이 증가할수록 반치각이 증가함을 알 수 있다.

그림 9는 초크 상자 유무에 따른 반사 손실 특성을 보여주고 있으며, 초크 상자가 추가 되어도 반사

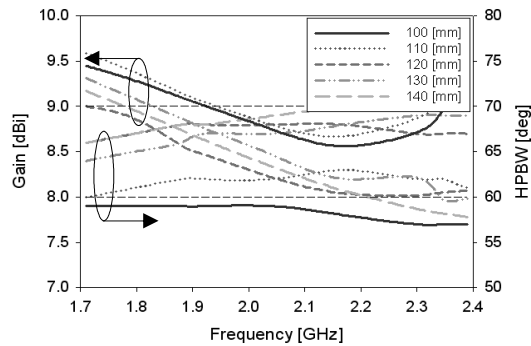


그림 8. 초크 상자 폭(WW)에 따른 이득과 반치각  
Fig. 8. Gain and HPBW as variation of the width of choke box.

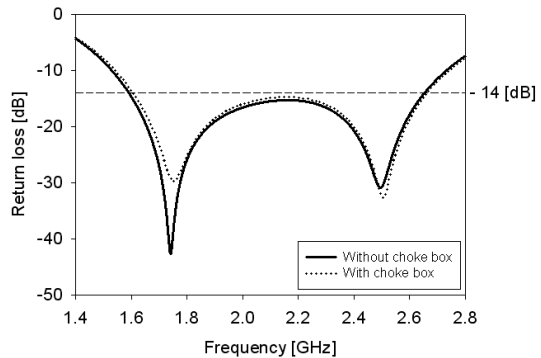


그림 9. 초크 상자에 유·무에 따른 반사 손실  
Fig. 9. Return loss as presence of choke box.

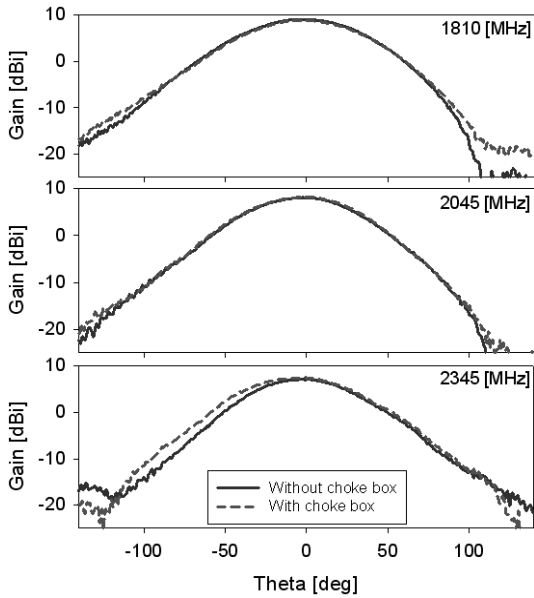


그림 10. 초크 상자 유·무에 따른 안테나 방사 패턴  
Fig. 10. Radiation patterns as presence of choke box.

손실 특성은 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그림 10은 초크 상자 유무에 따른 안테나 방사 패턴을 보여주고 있으며, 2,345 MHz의 높은 주파수에서 빔이 깨짐 현상이 발생함을 알 수 있다.

### III. 안테나 측정 결과

그림 11은 제작된 안테나의 사진으로 상면도와

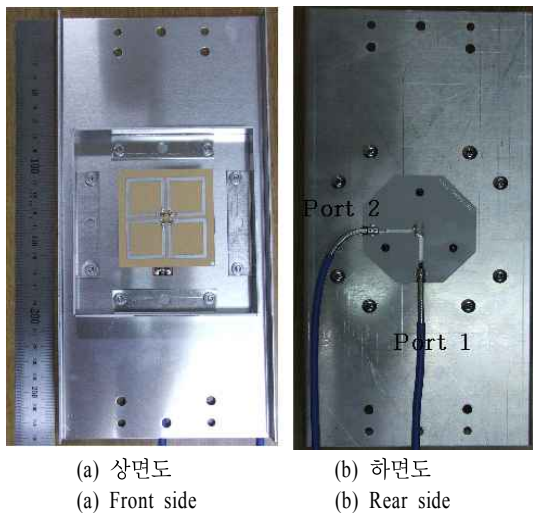


그림 11. 제작된 안테나 사진  
Fig. 11. Photography of the fabricated antenna.

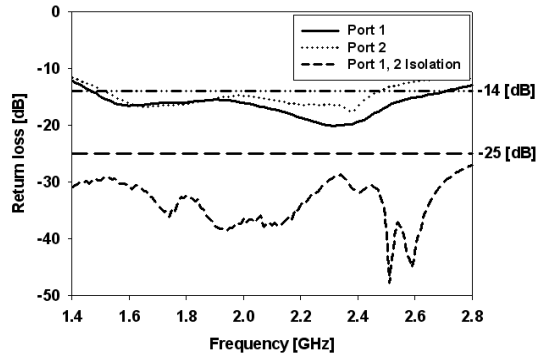


그림 12. 측정 반사 손실 & 격리도  
Fig. 12. Measured return loss & isolation.

하면도를 보였다. 하면도에서 알 수 있듯이 제작된 안테나는 동축 케이블을 이용하여 급전하였다. 동축 케이블은 50 Ω 마이크로스트립 선로 Port 1, 2에 연결되어 있으며, 이 마이크로스트립 선로는 그림 1 (b) 급전선 부분의 마이크로스트립 선로와 연결되어 있다.

그림 12는 제안된 안테나의 측정 결과를 보여 준다. 제작된 안테나의 반사 손실( $1.5 < VSWR < 1$ )은 1번 포트의 경우, 1.48 GHz에서 2.7 GHz의 임피던스 대역폭을 갖는다. 2번 포트의 경우에는 1.5 GHz에서 2.5 GHz의 임피던스 대역폭을 갖는다. 대칭 구조로 구현된 제안된 안테나에 있어 각 포트에 따른 임피던스 대역폭이 다른 이유는 그림 1(b)의 발룬 부 설계에 있어 물리적 제작을 위해 비대칭으로 구현된 발룬 부의 마이크로스트립 선로의 길이(ML1, 2)의 차이에 의해서 발생한다. 그러나 각 포트에서의 동작 대역이 PCS, WCDMA, 그리고 WiBro 대역을 커버하기 때문에 마이크로스트립 선로 길이 차이에 의한 영향은 적으며, 편파 다이버시티 구성을 이용하였기 때문에 높은 격리도 특성을 갖는다. 격리도 특성은 동작 대역(1.75~2.39 GHz) 내에서 -25 dB 이하를 만족한다. 그림 13은 PCS(1,810 MHz), WCDMA(2,045 MHz), 그리고 WiBro(2,345 MHz)에서의 방사 패턴을 보여준다. x-z plane은 H plane으로, y-z plane은 E plane으로 나타냈으며, 각 평면에서 co-polarization과 cross-polarization을 보여준다.

표 2는 각 동작 대역에서의 최대 이득과 반치각 값을 각 포트별로 정리하였다.

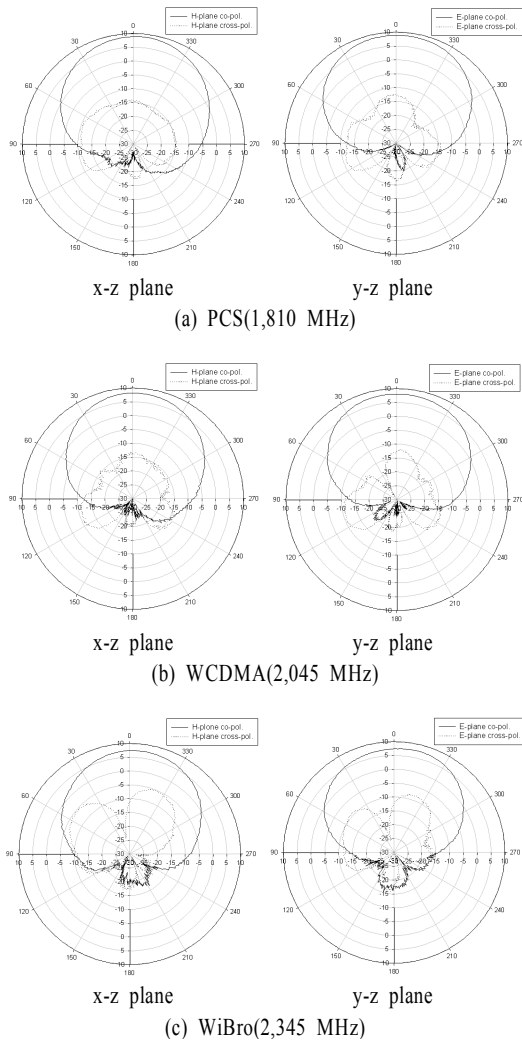


그림 13. Port 1에서 측정된 방사 패턴  
Fig. 13. Measured radiation patterns at port 1.

표 2. 측정된 최대 이득 및 반치각  
Table 2. Measured peak gain and HPBW.

	Freq. [MHz]	H plane		E plane	
		Max. gain [dBi]	HPBW [deg]	Max. gain [dBi]	HPBW [deg]
Port 1	1,810	8.9	70.0	8.9	78.8
	2,045	8.2	66.6	8.2	79.4
	2,345	8.6	68.1	8.6	76.9
Port 2	1,810	8.9	69.3	8.9	81.7
	2,045	8.4	66.0	8.4	79.9
	2,345	8.7	69.4	8.7	72.2

#### IV. 결 론

본 논문에서는 PCS, WCDMA, 그리고 WiBro 대역에서 동시에 모두 동작할 수 있는 이동 통신 기지국용 광대역 편파 다이버시티 안테나를 제안하였다.

제안된 안테나는 대역폭(1.5<VSWR)은 640 MHz (1.75~2.39 GHz)를 얻었으며, 각 방사체 사이의 격리도는 -25 dB 이하를 얻었다. 그리고 PCS, WCDMA, WiBro 대역에서 최대 이득은 각각 8.9 dBi, 8.2 dBi, 8.6 dBi이다. 본 논문에서 제안한 안테나 구조를 이용하여 공용 기지국 개발 시 매우 유용할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] B. S. Collins, "Polarization diversity antennas for compact base stations", *Microwave Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 78-87, 2000.
- [2] A. Adrian, D. H. Schaubert, "Dual aperture-coupled microstrip antenna for dual or circular polarization", *Electronics Letters*, vol. 23, no. 23, pp. 1226-1228, Nov. 1987.
- [3] S. Kwon, B. Lee, "Compact size dual-polarized WLL base-station antenna using aperture coupled microstrip patches", *IEEE AP-S International Symposium, U.S.A.*, vol. 4, pp. 2200-2203, Jul. 2000.
- [4] Daoyi Su, Jason J. Qian, Hua Yang, and Demin Fu, "A Novel broadband polarization diversity antenna using a cross-pair of folded dipoles", *APMC*, 2005.
- [5] Daoyi Su, Jason J. Qian, Hua Yang, and Demin Fu, "A novel broadband polarization diversity antenna using a cross-pair of folded dipoles", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 433-435, 2005.
- [6] Ying Liu, An-tao Bu, En-she Li, De-min Fu, and Liang-yong Xiao, "A new dual polarization dipole antenna", *International Conference on Microwave Wave Technology Proceedings*, pp. 5-7, 2004.
- [7] Warren L. Stutzman, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1998.
- [8] Wu Di, Yin Yingzeng, Guo Minjun, and Shen

Renqiang, "Wideband dipole antenna for 3G base stations", *IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications Proceedings*, pp. 454-457, 2005.

[9] Yasuko Kimura, Yoshio Ebine, and Keizo Cho, "Characteristics of a dual-feed dipole antenna with

parasitic elements", *APMC*, 2005.

[10] Huiling Jiang, Fumio Kira, and Keizo Cho, "Printed dipole antenna comprising partially cylindrical parasitic element", *APMC*, 2005.

[11] Yuko Rikuta, Hiroyuki Arai, "Reflector shape optimization for FB ratio of dipole antenna", *APMC*, 2001.

### 서 인 중

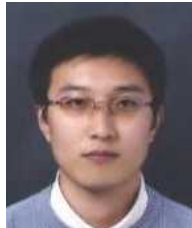


2001년 2월: 호남대학교 전파공학과 (공학사)  
2004년 2월: 전남대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)  
2004년 3월~현재: 전남대학교 전자정보통신공학과 박사과정  
2006년 12월~현재: (주)에이스테크

놀로지 선임연구원

[주 관심분야] 안테나, 초고주파 회로 설계

### 정 진 우



2005년 2월: 전남대학교 정보통신공학부 전자공학 전공 (공학사)  
2007년 2월: 전남대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)  
2007년 3월~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 소자 설계

석, RF 소자 설계

### 조 인 호



1998년 2월: 광주대학교 전자공학과 (공학사)  
2001년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학석사)  
2009년 2월: 전남대학교 전자정보통신공학과 (공학박사)  
2004년 12월~현재: (주)에이스테크

놀로지 수석연구원

[주 관심분야] 안테나, 초고주파 회로 설계

### 이 현 진



1982년 2월: 조선대학교 전기공학과 (공학사)  
1990년 2월: 원광대학교 전자공학과 (공학석사)  
1996년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학박사)  
1997년~1998년: 펜실베이니아 주립

대학 방문 교수

1991년~현재: 동강대학교 전기전자공학과 교수

[주 관심분야] 소형 안테나 설계 및 해석, E/M 해석

### 이 천 희



1994년 2월: 한남대학교 정보통신공학과 (공학사)  
1996년 2월: 한남대학교 전자공학과 (공학석사)  
2002년 3월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 박사과정  
1996년 1월~현재: (주)에이스테크

놀로지 연구위원

[주 관심분야] 안테나

### 임 영 석



1980년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1982년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)  
1989년 2월: 전북대학교 전자공학과 (공학박사)  
1984년 9월~현재: 전남대학교 전자

컴퓨터공학부 교수

[주 관심분야] 전자파 수치 해석, 초고주파 회로 설계 및 해석, RF 소자 설계, 안테나