

이득 평탄도 개선을 위한 광대역 반사판 부 다이폴 안테나 설계

Design of Wide-Band Dipole Antennas with Plate for Improving Gain Flatness

최 환 기 · 최 학 근 · 김 도 경*

Hwan-Gi Choi · Hak-Keun Choi · Do-Kyung Kim*

요 약

본 논문에서는 PCS/WCDMA/WiBro(1.750~2.39 GHz) 공용 기지국 배열 안테나로서 사용 가능한 광대역 다이폴 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 반사 소자를 갖는 반사판 부 다이폴 안테나로서 이득 평탄도를 개선시킨다. 제안된 안테나의 광대역 특성과 개선된 이득 평탄도를 확인하기 위하여 실제 안테나를 제작하고, 복사 특성을 측정하여 계산된 결과와 비교하였다. 측정 결과는 계산 결과와 비슷하게 나타났으며, 1.75~2.39 GHz 대역에서 0.74 dB의 이득 평탄도와 5 dBi 이상의 이득, 1.5:1 이하의 VSWR을 갖는 것으로 나타났다. 본 논문에서 설계된 다이폴 안테나는 PCS/WCDMA/WiBro 공용 배열 안테나의 배열 소자로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

In this paper, a wide-band dipole antenna suitable for use in PCS/WCDMA/WiBro(1.750~2.39 GHz) base station array antenna is presented. The presented antenna is a dipole antenna with plate which has the reflector element and improves the gain flatness. To confirm the wide-band characteristics and the gain flatness of the presented antenna, the experimental antenna is fabricated and its radiation characteristics are measured, compared with calculated results. It is shown that the designed antenna has VSWR less than 1.5, gain over 5 dBi, and gain flatness 0.74 dB in 1.75~2.39 GHz. The measured results show good agreement with the calculated results. From these results, we confirm that the designed antenna can be used as a array element of the wide-band base station array antenna for PCS/WCDMA/WiBro.

Key words : PCS/WCDMA/WiBro, Wide-Band, Dipole Antenna with Plate, Gain Flatness

I. 서 론

이동 통신 시장은 Cellular, PCS 등의 2세대 음성 서비스 기반에서 점차 4세대 광대역 무선 데이터 통신 서비스로 변화하고 있는 추세이며, 이를 위한 서비스 대역도 점차 확대되고 있다. 이에 따라 다양한 주파수 대역을 통합한 시스템의 개발이 필요하게 되

었으며, 현재 이를 위한 연구가 적극적으로 이루어지고 있다^{[1][2]}. 국내에서는 사업자별 기지국 설치에 따른 중복 투자를 피하고 자연 환경을 보호하기 위하여 공용 기지국 건설 정책을 추진하고 있으며, 특히 향후 건설될 예정인 공용 기지국에서는 통합 안테나의 사용이 적극 추진되고 있다. 공용 기지국 안테나는 광대역 특성뿐 아니라 주파수에 따른 이득의

단국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Dankook University)

*서울산업대학교 IT정책전문대학원(Graduate School of Public Policy and Information Technology, Seoul National University of Technology)

· 논문 번호 : 20080618-075

· 수정완료일자 : 2008년 7월 14일

변화가 비교적 작아야 한다. 이를 위하여 다양한 광대역 안테나 소자^{[3],[4]}가 개발되어 배열 안테나의 소자로 사용되고 있다. 이동 통신용 배열 안테나의 배열 소자는 비교적 광대역 특성을 가지고 있으나, 주파수에 따라 이득이 일정하게 유지되지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 PCS, WCDMA, WiBro(1.75~2.39 GHz) 통합 기지국용 배열 안테나의 배열 소자로서, 주파수에 따른 이득의 변화가 비교적 작은 반사판 부 다이폴 안테나(dipole antenna with plate)^[5]를 제시하고 복사 특성을 고찰한다. 안테나 구조는 구형 반사판 위에 복사 소자가 설치된 구조^{[6]~[9]}로서 상용화가 용이하도록 FR-4 기판을 사용하며, 배열과 제작이 용이하도록 반사판 뒷면에 급전 회로를 둔다. 안테나 구조 파라미터 변화에 따른 VSWR과 복사 패턴은 CST사의 MWS(V.2006b)를 사용하여 계산한다. 본 논문에서 제시한 구조의 안테나를 설계 제작하고 복사 특성을 측정하여 계산치와 비교 검토함으로써 배열 안테나의 광대역 배열 소자로서의 사용 가능성을 확인한다.

II. 광대역 다이폴 소자의 설계

대부분의 이동 통신 기지국 안테나는 배열 안테나로 개발되고 있으며, 배열 소자의 형태, 배열 간격과 전력비를 조절하여 원하는 복사 특성을 얻을 수 있다^[10]. PCS, WCDMA, WiBro 통합 기지국 안테나의 경우 배열 소자로 주파수에 따라 이득의 변화가 비교적 작은 안테나 소자가 요구된다. 여기서는 주파수에 따른 이득의 변화가 작은 다이폴 안테나를 설계한다.

2-1 반사판 부 다이폴 안테나의 설계 및 특성

그림 1은 반사판 부 다이폴 안테나의 구조를 나타낸다. 그림 1(a)는 반사판 위에 세워진 다이폴 소자의 구조이고, 그림 1(b)는 급전선, 그림 1(c)는 반사판을 포함한 다이폴 안테나의 소자이다. 안테나의 기본 구조 파라미터는 다이폴 소자의 길이 L , 다이폴 중심에서의 폭 W_1 , 가장자리에서의 폭 W_2 , 반사판으로부터의 높이 h 이다. 다이폴 소자는 그림 1(c)에 보이는 것처럼 반사판 뒷면에서 슬롯을 통하여 다이폴

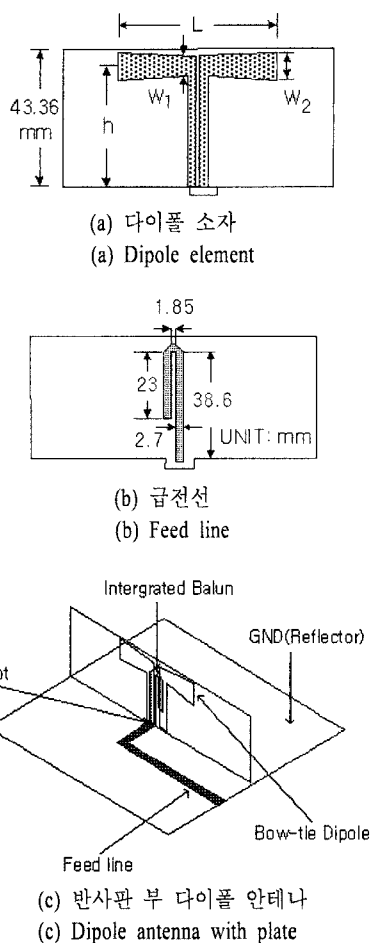


그림 1. 반사판 부 다이폴 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of dipole antenna with plate.

지지대를 따라 올라온 급전선을 통해 급전된다. 여기서 사용된 기판은 FR-4 기판($\epsilon_r=4.4$, 두께: 1.6 mm(다이폴 소자 기판), 0.8 mm(반사판으로 사용된 기판), $\tan \delta=0.02$)이다.

그림 2는 그림 1의 반사판 부 다이폴 안테나의 구조에서 다이폴의 길이 $L=57$ mm, 폭 $W_1=6.7$ mm, $W_2=8.7$ mm로 하였을 때 높이 h 를 31 mm에서 2 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타낸 것이다. h 가 35 mm일 때 사용 주파수 1.75~2.39 GHz에서 VSWR이 1.5 이하로 나타나고 있다.

그림 3은 다이폴의 높이 $h=35$ mm, $W_1=6.7$ mm, $W_2=8.7$ mm로 하였을 때 다이폴의 길이 L 을 56 mm에서 1 mm씩 증가시키면서 계산한 VSWR을 나타낸 것이다. L 이 59 mm일 때 사용 주파수 1.75~2.39

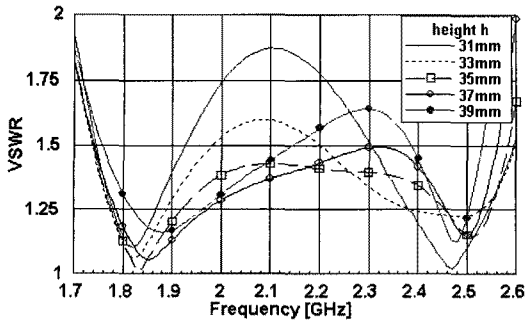


그림 2. 다이폴의 높이 h 에 따른 VSWR
Fig. 2. VSWR as a function of dipole height h .

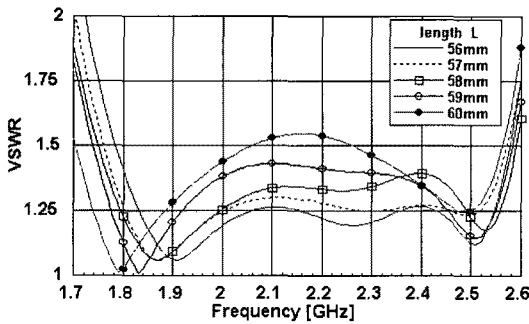


그림 3. 다이폴의 길이 L 에 따른 VSWR
Fig. 3. VSWR as a function of dipole length L .

GHz에서 VSWR이 1.5 이하로 가장 양호한 특성을 갖는다.

그림 4는 다이폴의 높이 $h=35$ mm, 다이폴의 길이 $L=59$ mm, 다이폴의 가장자리에서의 폭 $W_2=8.7$ mm로 하였을 때 다이폴의 폭 W_1 의 변화에 따른 VSWR을 계산하여 나타낸 것이다. W_1 가 6.7 mm일 때 VSWR 특성이 양호하게 나타나고 있다.

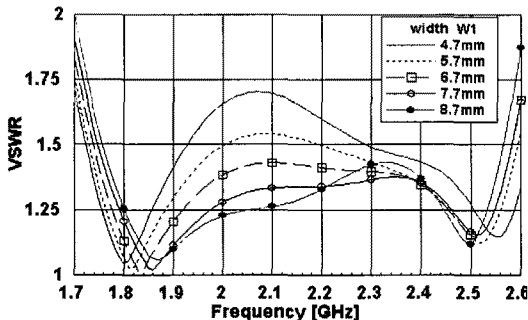


그림 4. 다이폴의 폭 W_1 에 따른 VSWR
Fig. 4. VSWR as a function of dipole width W_1 .

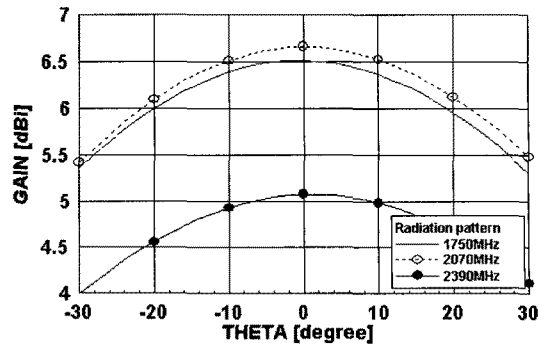


그림 5. 주파수에 따른 이득
Fig. 5. Gain as a function of frequency.

그림 2~4로부터 PCS/WCDMA/WiBro 공용 다이폴 소자는 $h=35$ mm, $L=59$ mm, $W_1=6.7$ mm, $W_2=8.7$ mm로 한다. 그림 4에서 $VSWR < 1.5$ 인 주파수 대역은 1.74~2.58 GHz(38.9%)로 나타나고 있다. 이는 PCS/WCDMA/WiBro 대역 1.75~2.39 GHz를 만족하는 범위이다.

그림 5는 반사판 부 다이폴 안테나($h=35$ mm, $L=59$ mm, $W_1=6.7$ mm, $W_2=8.7$ mm)의 H면 복사 패턴을 계산하여 주파수에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 사용 주파수의 최고 주파수(2.39 GHz), 최저 주파수(1.75 GHz)에서 이득의 차이가 1.58 dB로 크게 나타나고 있다.

2-2 다이폴 안테나의 이득 개선

여기서는 앞에서 설계된 반사판 부 다이폴 안테나의 주파수에 따른 이득 차이를 줄이기 위하여 새로운 다이폴 구조를 제안한다.

그림 6은 반사판에 의한 신호의 중첩에 대한 개요도이다. 이론적으로 반사판과 복사 소자 사이의 간격이 $\lambda/4$ 일 때 전파 방향으로의 신호와 반사판에 의하여 반사되어진 신호가 동일한 위상을 가지게 되어 합성이 되지만, 광대역에서 동작하게 될 경우 전기적으로 간격이 변화하게 된다. 이로 인한 이득 손실을 보상하기 위하여 다이폴 구조의 아랫 부분에 평면형 반사 소자를 추가하여 이에 따른 VSWR 및 복사 패턴 특성을 분석한다.

그림 7은 제안된 추가 반사 소자를 포함한 반사판 부 다이폴 안테나의 구조를 나타낸다. 추가 반사 소자는 다이폴의 하단에 직사각형 형태로 위치하며,

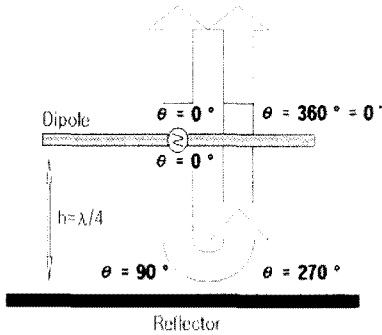


그림 6. 반사판에 의한 신호의 중첩
Fig. 6. Signal superposition by reflector.

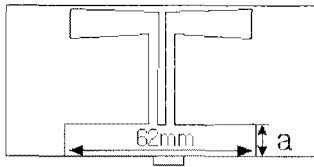


그림 7. 제안된 복사 소자의 구조
Fig. 7. Structure of proposed single element.

길이는 62 mm이다.

그림 8은 제안된 반사 소자의 폭 a 의 변화에 따른 VSWR 특성을 나타낸 것이다. VSWR은 반사 소자의 폭 a 에 따라 크게 변화하지 않음을 확인할 수 있다. 또한, a 가 6 mm일 때 VSWR 특성이 비교적 우수한 것도 확인할 수 있다.

그림 9는 반사 소자의 폭 a 의 변화에 따른 주파수별 이득을 나타낸 것이다. 1.75 GHz에서는 a 에 따라 이득의 변화가 거의 나타나지 않고, 2.07 GHz에서는 a 증가에 따라 이득이 약간 감소한다. 2.39 GHz에서는 a 가 증가함에 따라 이득이 증가하다가 a 가 8 mm 이상에서 감소한다. 그림에서 반사 소자의 폭 a 가 6 mm에서 8 mm 사이일 때 이득 평탄도가 가장 양호한 것을 확인할 수 있다. 반사 소자의 폭 a 가 6 mm일 때 반사 소자가 없는 구조(이득 평탄도: 1.58 dB)보다 0.72 dB 개선된 0.86 dB의 이득 평탄도를 갖는다.

반사 소자의 폭 a 가 일정할 때 주파수에 따른 안테나 이득은 주파수 2.39 GHz에서 오히려 주파수가 낮을 때보다 낮게 나타나고 있다. 이는 주파수 증가에 따라 반사판으로부터 다이폴 소자까지의 높이와 다이폴 지지대의 길이가 전기적으로 증가했기 때문

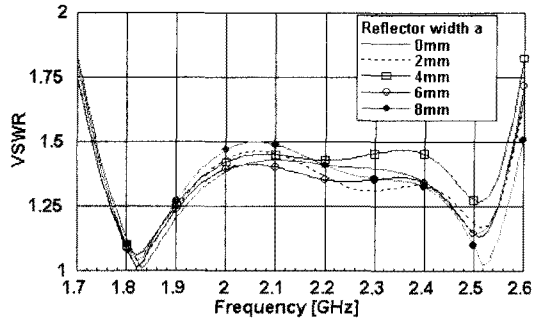


그림 8. 반사 소자의 폭 a 변화에 따른 VSWR
Fig. 8. VSWR as a function of reflector width a .

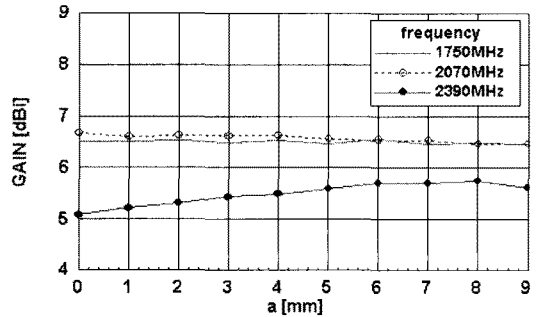


그림 9. 반사 소자의 폭 a 에 따른 계산된 이득
Fig. 9. Calculated gain as a functions of reflector width a .

으로 생각된다.

III. 제작 및 측정 결과

여기서는 앞에서 제안된 추가 반사 소자를 갖는 반사판 부 다이폴 안테나의 복사 특성을 확인하기 위하여 각각 다른 반사 소자의 폭을 갖는 다이폴 안테나를 제작하고 측정하여 이를 비교한다.

그림 10은 반사 소자의 폭을 0, 2, 4, 6, 8 mm로 변화시키면서 측정한 안테나의 이득이다. 그림 8의 계산된 이득과 거의 비슷하게 나타나고 있다. 그림 10에서 반사 소자의 폭 a 가 6 mm에서 8 mm 사이일 때 주파수에 따른 이득의 차이가 가장 낮게 나타나고 있다. 이 때 VSWR은 그림 8에서 보듯이 a 가 6 mm일 때 가장 양호하다. 따라서 반사 소자의 폭은 6 mm로 한다. 그림 10에서 높이 a 가 6 mm일 때 추가 반사 소자가 없는 구조(이득 평탄도: 1.6 dB)보다 0.86 dB의 이득 평탄도가 향상된 0.74 dB의 이득 평

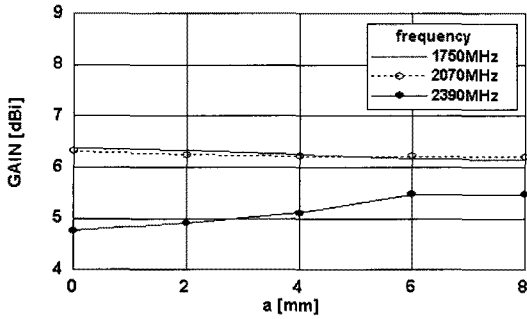


그림 10. 반사 소자의 폭 a 변화에 따른 측정 이득
Fig. 10. Measured gain as a function of reflector width a .

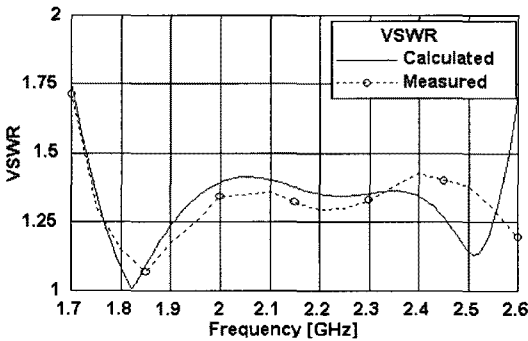


그림 11. 반사판 부 다이폴 안테나의 VSWR
Fig. 11. VSWR of dipole antenna with plate.

탄도를 갖는 것을 확인할 수 있다.

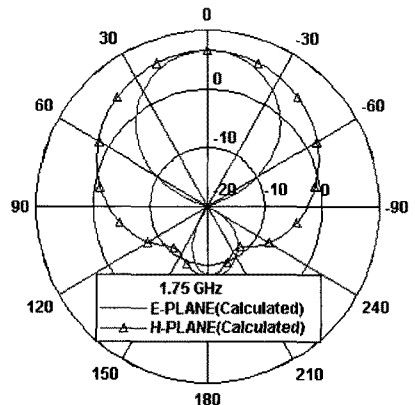
그림 11은 제작된 반사판 부 다이폴 안테나($h=35$ mm, $L=59$ mm, $W_1=6.7$ mm, $W_2=8.7$ mm, $a=6$ mm)의 VSWR을 계산치와 측정치를 비교하여 나타낸 것이다. 측정된 VSWR은 계산된 값과 거의 비슷하게 나타났으며, PCS/WCDMA/WiBro 대역을 포함하는 1.75 ~ 2.39 GHz에서 1.5 이하를 나타내고 있다.

그림 12는 제작된 반사판 부 다이폴 안테나의 복사 패턴 계산치를 나타내고, 그림 13은 측정치를 나타낸다.

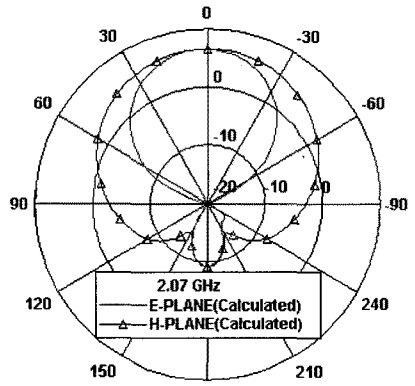
그림에서 안테나 이득은 전 대역에서 5 dBi 이상이며 E면 및 H면 빔 폭은 중심 주파수(2.07 GHz)에서 각각 65.47°(계산치: 68.4°), 106.48°(계산치: 100.2°)로 계산치와 거의 비슷하게 나타났다.

IV. 결 론

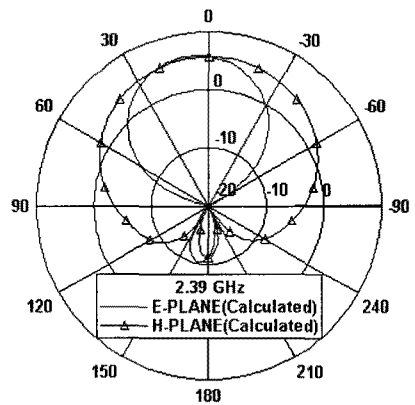
본 논문에서는 주파수에 따른 이득의 변화를 줄



(a) 1.750 GHz



(b) 2.07 GHz



(c) 2.39 GHz

그림 12. 계산된 복사 패턴
Fig. 12. Calculated pattern of dipole antenna with plate.

이기 위하여 추가 반사 소자를 갖는 PCS/WCDMA/WiBro 대역 반사판 부 다이폴 안테나를 설계 제작하고 복사 특성을 측정하여 그 성능을 고찰하였다. 설

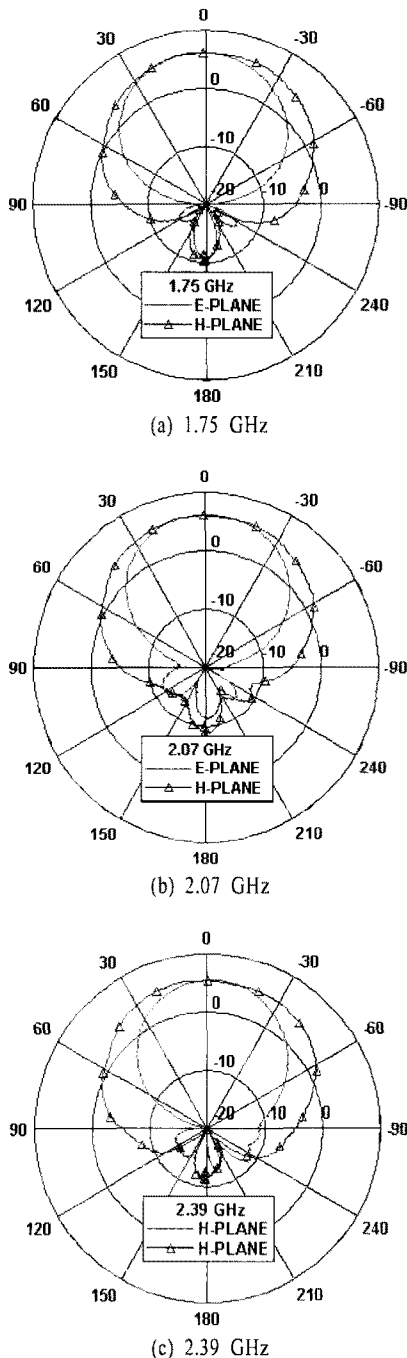


그림 13. 측정된 복사 패턴
Fig. 13. Measured pattern of dipole antenna with plate.

계, 제작된 다이폴 소자는 bow-tie 구조와 integrated balun 급전 방식의 다이폴 소자를 사용하여 광대역 특성을 구현하였으며, 급전 회로의 접지면을 소자의

반사판으로 사용하여 복사 소자와 급전 회로를 효율적으로 격리하였으며, 반사 소자를 추가하여 주어진 대역 내에서 이득 평탄도를 0.86 dB(계산치: 0.72 dB) 개선하였다.

설계된 다이폴 소자는 PCS/WCDMA/WiBro 대역을 포함하는 1.75~2.6 GHz 범위 내에서 VSWR<1.5를 얻었으며, 이는 중심 주파수 기준 39.6%의 대역폭에 해당된다. 이득은 사용 주파수 전 대역에서 5 dBi 이상을 갖는 것으로 측정되었고, 복사 패턴은 측정치와 계산치가 비교적 유사하게 나타났다.

이상으로 본 논문에서 설계된 다이폴 소자는 PCS/WCDMA/WiBro 대역 배열 안테나의 배열 소자로 충분히 활용 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 임성빈, 박용욱, 최학근, "소형 광대역 안테나", 한국전자과학회지 전자과학기술, 16(2), 2005년 4월.
- [2] N. Escovici, C. Christodoulou, "Wide-band monopole antenna for multi-band wireless systems", *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 2, Apr. 2003.
- [3] 전주성, "PCS 기지국용 U-슬롯 어레이 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 12(1), pp. 117-124, 2001년 1월.
- [4] 오경진, 김봉준, 최재훈, "셀룰러/PCS/IMT-2000 기지국용 다중 대역 평판 안테나 설계 및 구현", 한국전자과학회논문지, 15(8), pp. 781-787, 2004년 8월.
- [5] 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.
- [6] A. Kumar, H. D. Hristov, *Microwave Cavity Antennas*, Artech House, Ch. 1, 2, 1989.
- [7] 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.
- [8] B. Edward, D. Rees, "A broadband printed dipole

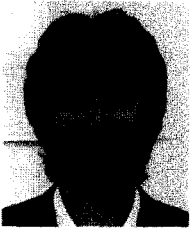
with integrated balun", *Microwave Journal*, pp. 339-344, May 1987.

[9] A. A. Eldek, A. Z. Elsherbeni, "Modified printed bow-tie antenna for C and X bands wideband pha-

sed array systems", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 2B, pp. 429-432, Jul. 2005.

[10] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Willey, New York, Ch. 3, 7, 1981.

최 환 기

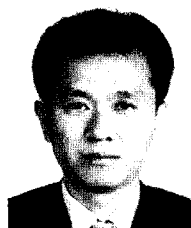


2007년 8월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)

2007년 9월~현재: 단국대학교 전자공학과 석사과정

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파

김 도 경



2003년 2월: 서울산업대학교 정보산업공학과 (공학석사)

2006년 8월: 서울산업대학교 IT정책대학원 산업시스템 전공 박사과정 수료

1999년 12월~현재: (주)한국정밀전자 대표이사

[주 관심분야] 이동 통신, RF, 텔레메틱스

최 학 근



1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)

1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)

1991년 3월~현재: 단국대학교 전

자공학과 교수

2006년 7월~현재: 단국대학교 공학교육혁신센터장

1989년 3월~현재: (주)하이게인 안테나 기술고문

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로