

다중 전류 분포 광대역 평면형 모노폴 안테나 해석

Analysis of Multi-Current Distributed Broadband Printed Monopole Antenna

전성근 · 김 남* · 이승우* · 이승엽** · 박지창***

SungKeun Jeon · Nam Kim* · Seungwoo Lee* · Seung-Yeup Rhee** · Ji-Chang Park***

요 약

본 논문에서는 전류 흐름을 확장하는 방법을 통해 PCS/IMT-2000/WLAN 단말기용 광대역 평면형 모노폴 안테나를 설계하였다. 일반적인 평면형 모노폴 안테나의 단점인 협대역 특성을 보완하기 위하여 이중 공진을 갖는 안테나에 다이아몬드 형태의 패치를 추가, 전류의 흐름을 다양하게 만들어 광대역 특성을 얻었다. 또한, 다양한 설계 파라미터들을 이용하여 주파수 특성을 최적화 하였다. 제작된 안테나는 -10 dB 이하에서 1.66~3.04 GHz (58.72 %)로 PCS/IMT-2000/WLAN 대역을 모두 만족하는 광대역 특성을 얻었다.

Abstract

In this paper we proposed a novel broadband printed monopole antenna for PCS/IMT-2000/WLAN terminals by widening current flow. To compensate narrow bandwidth characteristics which is one of disadvantages of general printed monopole antenna, we add the patch of diamond shape and induce the current in various directions for acquiring broadband characteristics. And frequency characteristics is optimized with various design parameters. The bandwidth of the realized antenna is 1.66~3.04 GHz(58.72 %) below the return loss of -10 dB which contain the required bandwidth of PCS/IMT-2000/WLAN band.

Key words : Monopole Antenna, Broadband, Current Flow

I. 서 론

오늘날 무선 통신 시스템은 음성, 데이터, 동영상 등 다양한 이동 통신 시스템과 디지털 TV 방송까지 시간과 장소에 제약 없이 손쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 무선 통신의 편리성으로 인해 이용자들이 급속히 증가하였고 현재 또한 다양한 신규 서비스로 인하여 점점 더 늘어나고 있는 추세이다. 이처럼 하나의 휴대용 단말기 안에 다양한 서비스들

이 존재함에 따라 다중 대역 또는 광대역에서 동작할 수 있는 안테나의 개발이 요구되고 있다. 또한, 서비스 사용자들의 요구에 따라 소형·경량이면서 외형을 손상시키지 않는 내장형 안테나에 대한 연구가 증가하고 있다.

일반적인 평면형 모노폴 안테나는 마이크로스트립의 형태로 급전 선로와 방사 패치가 동일면에 존재하며, 그 반대편에 접지면이 존재하는 구조이다. 일반적으로 평면형 모노폴 안테나의 특징은 안테나

「이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 지원(지역거점연구단육성사업 / 충북BIT연구중심대학육성사업단)과 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2008-(C1090-0801-0034)).」

충북대학교 바이오정보기술학과(Department of Bio and Information Technology, Chungbuk National University)

*충북대학교 정보통신공학과(Division of Information and Communication, Chungbuk National University)

**전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부(College of Engineering Science, Chonnam National University)

***한국수자원공사(Korea Water Resources Corporation)

· 논문 번호 : 20080709-087

· 수정완료일자 : 2008년 10월 15일

의 전체 길이가 공진 주파수 $\lambda/4$ 이고, 임피던스 대역폭이 협대역이라는 점이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 다양한 형태의 방사 패치가 소개되었다. 두 개의 T자형 스트립으로 구성된 방사체^[1], 하나의 모노폴과 기생 패치로 구성된 방사체^[2], 삼각형^[3] 혹은 원형^[4]으로 테이프링 한 특정한 모양의 방사가 이중 대역 또는 광대역 안테나로 소개되었다.

유한한 그라운드 평면을 가지는 안테나의 경우, 그라운드 평면의 크기를 변화시키면 입력 임피던스, 이득 혹은 방사 패턴 등과 같은 안테나의 성능이 변하지만 그 정도가 크지 않다. 한 예로 PIFA의 경우, 그라운드의 크기가 0.8λ 보다 크면 그라운드 평면의 크기에 따른 공진 주파수가 크게 달라지지 않는다^[5]. 하지만 평면형 모노폴 안테나는 그라운드 평면의 크기에 따라 안테나의 동작 주파수와 대역폭이 크게 달라지는 것이 보고된다^{[1][6]}. 따라서 평면형 모노폴 안테나 설계시 방사체의 모양에 따른 특성 연구에만 초점을 둘 것이 아니라, 그라운드 평면의 크기 또한 같이 고려해야 한다^[7].

본 논문에서는 패치 내의 전류 흐름을 분석하여 광대역 특성을 갖는 모노폴 안테나를 제안하였다. 이중 공진이 일어나는 안테나(1.60~2.32 GHz, 2.73~3.04 GHz)에서 공진이 일어나지 않는 중간 대역(2.30~2.73 GHz)을 다이아몬드 형태의 패치를 추가하여 공진시키므로 해서 광대역 특성을 갖는 평면형 모노폴 안테나를 설계, 제작하였다.

II. 안테나 구조

본 논문에서 제안한 안테나는 길이가 서로 다른 방사 구조로 이중 공진을 제안한 후 방사가 일어나지 않는 이중 공진 사이의 대역을 공진시키기 위하여 다이아몬드형 패치를 추가, 전류의 흐름을 확장하여 광대역 특성을 얻었다.

그림 1은 제안된 안테나를 보여준다. 전체적인 크기는 $30 \times 60 \times 1 \text{ mm}^3$ 이고, 기판은 유전율이 4.62인 FR-4를 사용하였다. 접지면의 크기는 $30 \times 45 \text{ mm}^2$ 이고, 패치 부분의 크기는 $30 \times 10 \text{ mm}^2$ 이다. 유전체의 두께와 유전율을 정한 후 마이크로스트립 라인 폭의 조정을 통해 임피던스 매칭을 이루었다. 전류 흐름을 원활히 하기 위해 모든 라인의 폭을 동일하게 하였

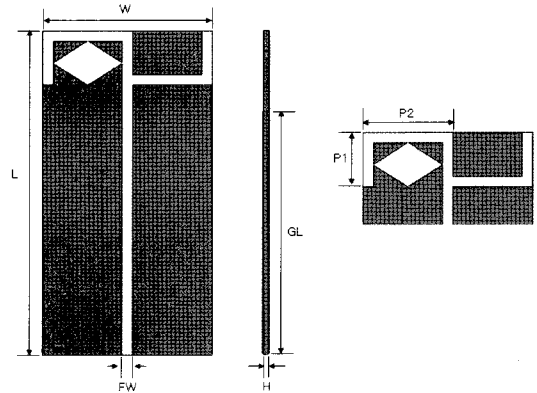


그림 1. 제안된 평판형 모노폴 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed printed monopole antenna.

고 또한 중요한 파라미터 중의 하나인 접지면의 크기를 스윙 과정을 통해 최적화 된 크기를 결정하였다^[6].

목표 주파수 대역 중 최저 주파수 대역인 PCS 대역을 만족시키기 위하여 최장 라인의 전기적 길이를 모노폴 안테나의 $\lambda/4$ 에 맞게 40 mm로 정하였고, 이중 공진 구조를 제안하기 위하여 -10 dB 이하에서 약 400 MHz 대역폭의 손실이 생기는 최단 길이를 정하였다. 이 후 다이아몬드 형태의 패치를 추가, 전류의 흐름을 확장하여 광대역 특성을 얻었다.

III. 안테나 설계 및 분석

제안한 안테나의 설계 및 해석을 위하여 상용 EM 시뮬레이터인 CST사의 MWS를 사용하였다. 안테나의 크기를 내장형 안테나로써의 가치에 맞게 $30 \times 60 \text{ mm}$ 로 확정하였다. 먼저 목표 주파수의 최저 주파수 대역을 확보하기 위하여 전기적 길이가 40 mm가 되는 최장 라인을 결정하였고, 이중 공진 구조를 제안하기 위하여 -10 dB 이하에서 약 400 MHz 대역폭의 손실이 생기는 최단 라인을 디자인하였다. 그림 2는 제안된 이중 공진 안테나이고, 그림 3은 중요한 파라미터 중의 하나인 접지면의 최적화를 위하여 접지면의 길이(GL)를 40~50 mm까지 변화시켰을 때에 따른 반사 손실의 변화를 보여준다. 접지면의 길이가 늘어날수록 안테나의 대역폭이 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 이는 접지면의 길이가 길어질수록

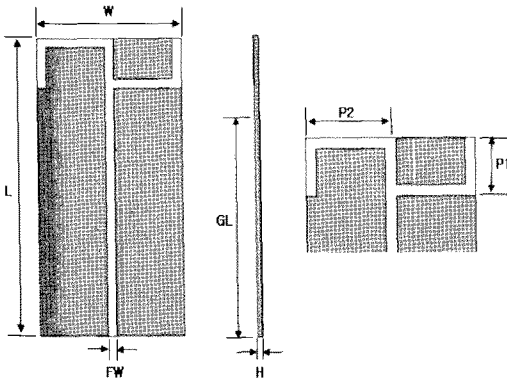


그림 2. 이중 공진 구조의 안테나
Fig. 2. Structure of dual band antenna.

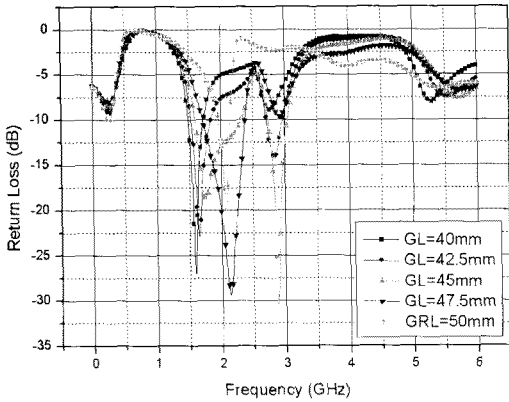
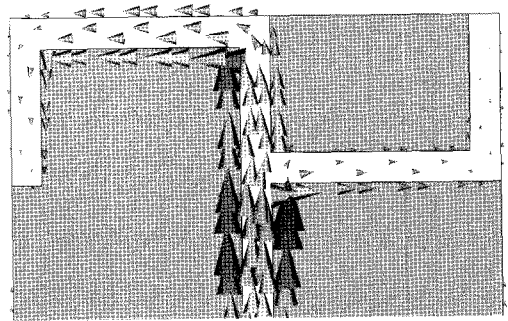


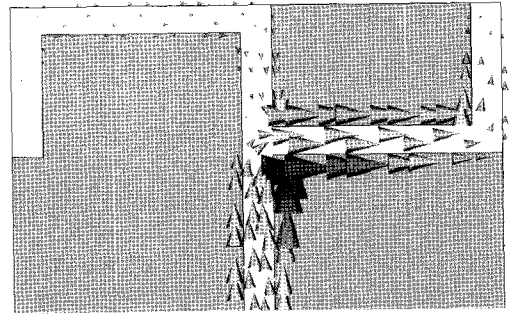
그림 3. 접지면 길이 변화에 따른 반사 손실 변화
Fig. 3. Return loss by varying the length of the ground.

다이폴의 두께가 두꺼워지는 것과 같은 효과를 내는 것이다¹⁷⁾. 그림 3의 결과를 토대로 접지면의 길이가 45 mm일 때 이중 공진 구조의 최적의 결과가 나올 수 있음을 확인할 수 있다.

전류 흐름의 관점에서 보기 위해 접지면 길이에 따른 반사 손실의 모의 실험을 통하여 얻은 최적화된 접지면의 길이를 사용하여 각각의 공진점에서의 전류 흐름을 확인하였다. 그림 4는 각각의 공진 주파수인 1.75 GHz와 2.88 GHz에서의 표면 전류가 흐르는 것을 보여주는 그림이다. 그림 4에서 보는 바와 같이 이중 공진 중 첫 번째 공진 부분은 40 mm의 길이를 갖는 왼쪽 패치 부분, 두 번째 공진 부분은 30 mm의 길이를 갖는 오른쪽 패치 부분에서 공진이 일어남을 확인할 수 있다.



(a) $f=1.75$ GHz



(b) $f=2.88$ GHz

그림 4. 방사체에서의 표면 전류
Fig. 4. Surface currents on the radiator.

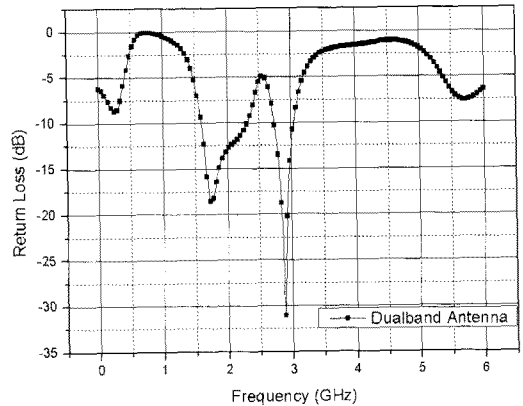
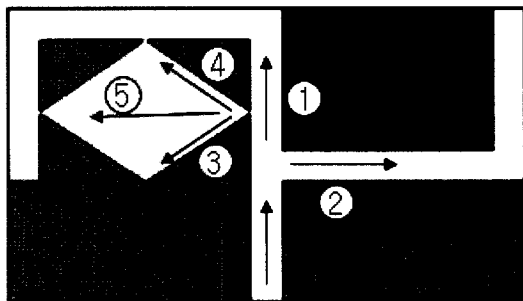


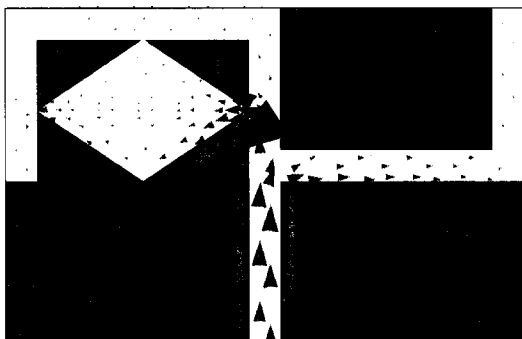
그림 5. 이중 공진 안테나의 반사 손실
Fig. 5. Return loss of dual band antenna.

그림 5는 최적화 과정을 통해 얻은 이중 공진 안테나의 반사 손실이다. 최적화 과정을 통한 공진 주파수 대역은 1.60~2.32 GHz와 2.73~3.04 GHz이다. 제안된 이중 공진 안테나에서 공진되지 않는 2.32~2.73 GHz 부분을 공진시키기 위해 전류 흐름의 관

점에서 분석하였다. 모노폴 안테나는 $\lambda/4$ 의 길이를 만족하는 주파수에서 공진이 일어난다. 손실된 주파수 영역은 그 대역에서 공진이 일어나는 길이를 만족하지 못하였기 때문이다. 이에 손실된 대역의 전기적 길이를 만족하고 이중 공진 구조의 특성을 간섭하지 못하는 다이아몬드 형태의 패치를 추가하여 손실된 대역의 전기적 흐름의 길이를 만들어 광대역 특성을 얻었다. 공진하기 위한 전기적 길이를 만족하지 못한 2.4 GHz 대역이 추가된 패치 내에서 다양한 전류 경로를 가지게 되어 손실된 대역에서의 전기적 길이를 만족하게 되었다. 삼각형, 원형, 다이아몬드 형태의 패치들은 전류의 경로를 다양하게 만들어 광대역 특성을 갖게 한다^{[3],[4]}. 본 논문에서는 가장 좋은 특성을 보인 다이아몬드 형태의 패치를 선택하였다. 그림 6은 제안된 안테나의 방사체에서의 다양한 전류 경로와 추가된 패치로 인하여 생긴 2.4 GHz



(a) 방사체에서의 다중 경로 흐름도
(a) Current flows of proposed antenna



(b) 방사체에서의 표면 전류($f=2.4$ GHz)
(b) Surface current at 2.4 GHz

그림 6. 제안된 안테나의 전류 흐름도와 2.4 GHz에서의 표면 전류 분포

Fig. 6. Current flows of proposed antenna and surface currents at 2.4 GHz.

표 1. 제안된 안테나의 최적화된 파라미터

Table 1. Optimized parameters for the proposed antenna.

파라미터	파라미터의 정의	값(mm)
L	기판의 세로 길이	60
W	기판의 가로 길이	30
PW	급전선 폭	1.856
H	기판의 두께	1
GL	접지면의 길이	45
P_1	패치의 세로 길이	10
P_2	패치의 가로 길이	15

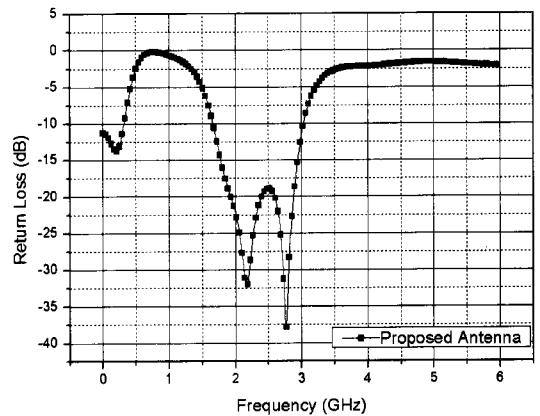


그림 7. 제안된 광대역 모노폴 안테나의 반사 손실
Fig. 7. Return loss of the proposed broadband monopole antenna.

에서의 전류 흐름도이다. 그림 6의 (a)에서 알 수 있듯이 기존의 이중 공진 안테나에서는 ①, ② 경로만 이 충족한 데 반해, 제안된 안테나는 ①, ②뿐만 아니라 ③, ④, ⑤ 경로들이 추가되어 다양한 경로를 가짐을 알 수 있다. 그림 7은 제안된 광대역 모노폴 안테나의 반사 손실이다.

이러한 최적화 과정을 통해 실제 제안된 안테나에 적용된 파라미터를 표 1에 나타내었다. 최적화 과정의 결과, 공진 주파수 대역은 1.67~3.02 GHz (57.57 %) 대역으로 PCS/IMT-2000/WLAN 대역을 포함하는 결과를 확인할 수 있었다.

IV. 안테나의 제작 및 측정

그림 8은 제작된 안테나와 실제 모습이며, 그림

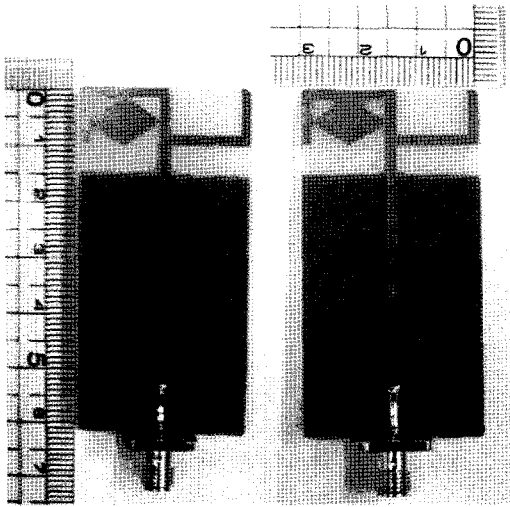


그림 8. 제작된 안테나의 사진
Fig. 8. Photograph of the fabricated antenna.

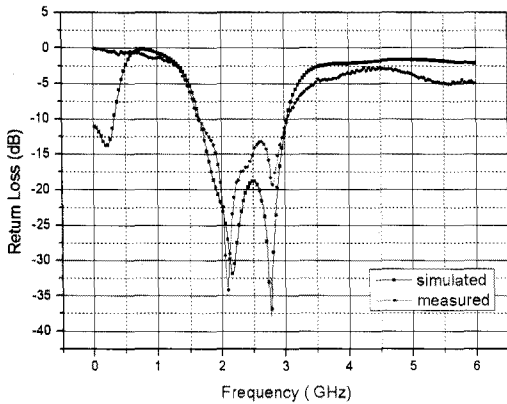
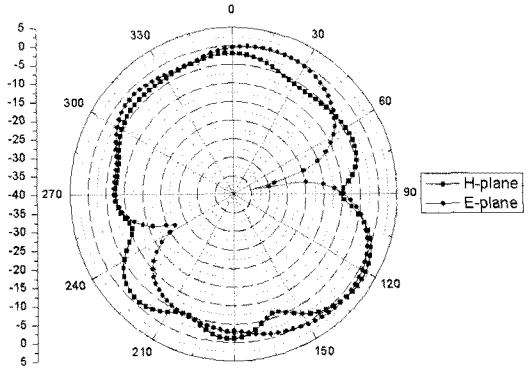


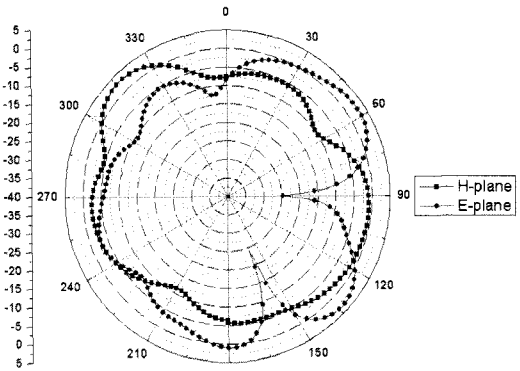
그림 9. 최적화 된 안테나의 시뮬레이션값과 측정치의 방사 손실 비교
Fig. 9. Comparison of the simulated and measured return loss.

9은 최적화된 안테나의 계산치와 측정치를 비교한 그래프이다. 시뮬레이션 결과, 공진 주파수 대역은 1.67~3.02 GHz(57.57 %) 대역이었고, 측정 결과 공진 주파수 대역은 1.66~3.04 GHz(58.72 %)으로 두 결과 모두 PCS(1.750~1.870 GHz), IMT-2000(1.920~2.170 GHz), WLAN(2.400~2.480 GHz) 대역을 모두 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 기존의 광대역 평면 안테나^[8]에 비해 300 MHz 이상의 대역폭 증가를 가져왔고, 또한 측정된 결과는 시뮬레이션 결과와 약간의 차이는 있지만 거의 유사함을 알 수 있다.

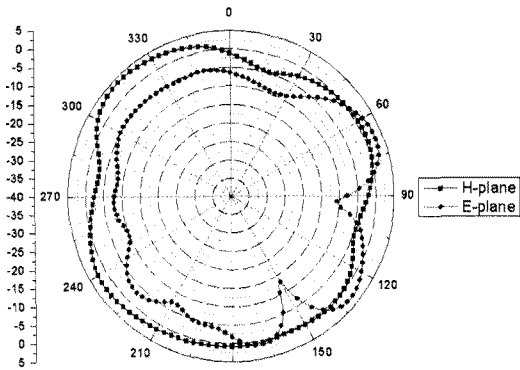
그림 10은 PCS, IMT-2000, WLAN의 중심 주파수인 1.8 GHz, 2.1 GHz, 2.4 GHz의 방사 패턴을 측정한 그림이다. 일반적인 휴대용 단말기의 경우 H-plane 특성이 전방향성이어야 한다^[8]. 본 논문에서 설계 제작된 모노폴 안테나의 H-plane 특성은 대체로 전방



(a) $f=1.8$ GHz



(b) $f=2.1$ GHz



(c) $f=2.4$ GHz

그림 10. 측정된 방사 패턴
Fig. 10. Measured radiation patterns.

향성 패턴을 보여 어느 위치에서라도 송수신이 가능하다는 것을 알 수 있다. 또한, 각각의 주파수에서 측정된 방사 패턴은 대체로 일정한 패턴을 보였다. 측정 결과, 최대 이득은 PCS 대역에서 1.959 dB, IMT-2000 대역에서 3.488 dB, WLAN 대역에서 3.78 dB로 확인되었다. 이는 기존의 광대역 평면 안테나^[8]와 비교할 때 PCS 대역에서는 약간의 감소가 있었지만 IMT-2000, WLAN 대역에서는 약 2 dB 정도 개선되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 PCS/IMT-2000/WLAN 대역에서 동작이 가능한 광대역 평면형 모노폴 안테나를 설계 및 제작하였다. 이중 공진을 가지는 안테나를 기본으로 전류의 흐름을 분석한 후 다이아몬드형 패치를 추가하여 광대역에서 동작이 가능한 안테나를 설계하였고, 실제 제작을 통하여 그 성능을 검증하였다. 측정 결과, -10 dB 이하 반사 손실 대역폭은 1.66 ~ 3.04 GHz(58.72 %)이었으며, 최대 이득은 PCS 대역에서 1.959 dB, IMT-2000 대역에서 3.488 dB, WLAN 대역에서 3.78 dB로 확인되었다.

본 논문에서 제안한 안테나는 간단한 구조의 마이크로스트립 패치 안테나로 되어 있으며, 안테나의 동작을 전류의 흐름의 분석을 통해 설계하였다는 점에서 추후 안테나의 광대역 연구에 활용할 가치가 있다.

참 고 문 헌

[1] Yen-Liang Kuo, Kin-Lu Wong, "Printed double-T

monopole antenna for 2.4/5.2 GHz dual-band WLAN operations", *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 51, no. 9, Sep. 2003.

- [2] 이동현, 김후, 박위상, "WLAN 표준 규격의 전 주파수 대역(2.4/5.2/5.8 GHz)에서 동작하는 평면형 모노폴 안테나", 2004년 전자파기술 하계학술대회 논문집, pp. 5-8, 2004년.
- [3] 황호순, 이동철, 임정섭, 장재삼, 이문수, "정삼각 마이크로 스트립 원형편파 안테나 설계", 전자공학회논문지, 43(8), pp. 984-990, 2006년 8월.
- [4] J. Liang, C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Printed circular disc monopole antenna for ultra wideband applications", *Electronics Letters*, vol. 40, no. 20, Sep. 2004.
- [5] M. -C. Huynh, W. Stutzman, "Ground plane effects on planar inverted-F antenna(PIFA) performance", *IEEE Proc.-Microw. Antenna Propagation*, vol. 150, no. 4, Aug. 2003.
- [6] 장병찬, 김채영, "반사 손실 합성법을 이용한 GSM900/DCS1800/PCS1900 내장형 안테나 설계", 한국전자파학회논문지, 18(5), pp. 503-510, 2007년 5월.
- [7] 이동현, 박위상, "표면 전류 분포를 이용한 T자형 UWB 평면형 모노폴 안테나 해석", 한국전자파학회논문지, 16(9), pp. 883-892, 2005년 9월.
- [8] 이호민, 이승우, 김남, "Z자형 패치를 갖는 광대역 평면형 모노폴 안테나 설계 및 SAR 해석", 한국전자파학회논문지, 18(12), pp. 1391-1401, 2007년 12월.

전 성 근



2007년 2월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 충북대학교 바 이오전자과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, EMI/ EMC 및 전자파 인체 영향

이 승 엽



1986년 2월: 연세대학교 전자공학 과 (공학사)
1988년 2월: 연세대학교 전자공학 과 (공학석사)
1993년 8월: 연세대학교 전자공학 과 (공학박사)
1993년 9월~2006년 2월: 국립여수 대학교 전자통신공학과 교수

2004년 7월~2005년 8월: Syracuse 대학교 방문교수
2006년 3월~현재: 국립전남대학교 전자통신공학과 교수
[주 관심분야] 안테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계, 전자파 해석

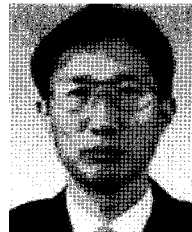
김 남



1981년 2월: 연세대학교 전자공학 과 (공학사)
1983년 2월: 연세대학교 전자공학 과 (공학석사)
1988년 8월: 연세대학교 전자공학 과 (공학박사)
1992년 8월~1993년 8월: 미국 Stanford 대학교 방문교수

2000년 3월~2001년 2월: 미국 California Technology Institute 방문교수
1989년~현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
1996년~현재: 한국전자과학회 전자장과 생체관계위원회 위원장
[주 관심분야] 이동 통신 및 전파전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체 보호 규격

박 지 창



1990년 2월: 대전공업대학 전자공 학과 (공학사)
2003년 8월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학석사)
2004년 3월~현재: 충북대학교 정 보통신공학과 박사과정
1986년 9월~현재: 한국수자원공사

근무
[주 관심분야] 전자파 인체 영향, 소음 저감, 수문 관측(안테나 포함)

이 승 우



2003년 2월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학사)
2006년 2월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학석사)
2007년 3월~현재: 충북대학교 정 보통신공학과 박사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, EMI/

EMC 및 전자파 인체 영향