

후면 패치를 갖는 광대역 사다리꼴 모노폴 안테나의 설계

Design of Wide-Band Trapezoidal Monopole Antennas with Back-Side Patch

최 환 기 · 최 학 근 · 이 형 기

Hwan-Gi Choi · Hak-Keun Choi · Hyoung-Ki Lee

요 약

본 논문에서는 PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB(1.750~2.655 GHz) 공용 모노폴 안테나로서 사용 가능한 광대역 모노폴 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 FR-4 기판에 제작된 사다리꼴 모노폴 안테나의 후면에 패치를 추가하여 대역폭을 개선시킨다. 제안된 안테나의 광대역 특성과 복사 패턴을 확인하기 위하여 설계된 안테나를 제작하고 복사 특성을 측정하여 계산된 결과와 비교하였다. 측정 결과는 계산 결과와 비슷하게 나타났으며, 사용대역 내에서 2 dBi 이상의 이득을 가지며, 1.73~3.48 GHz 대역(중심 주파수 기준 67.2 %)에서 1.5:1 이하의 VSWR을 갖는 것으로 나타났다. 본 논문에서 설계된 모노폴 안테나는 PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB 공용 실내용 안테나로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

In this paper, a wide-band monopole antenna for use in PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB(1.750~2.655 GHz) band is presented. The presented antenna is a trapezoidal monopole antenna which has back-side patch and improves the bandwidth. To confirm the wide-band characteristics and radiation pattern of 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 2 dBi in 1.73~3.48 GHz. The measured results show good agreement with calculated results. From the result, we confirm that the designed antenna can be used indoor antenna for PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB.

Key words : Wide-Band, Trapezoidal Monopole Antenna

I. 서 론

최근 무선 이동 통신 서비스는 Cellular, PCS 등의 2세대 음성 서비스 단계를 넘어 2007년 3월부터 WCDMA 등의 3세대 멀티미디어 서비스를 제공하고 있으며, 점차 4세대 광대역 무선 데이터 통신 서비스로 변화하고 있는 추세이다. 이에 따라 다양한 주파수 대역을 통합한 시스템의 개발이 필요하게 되었으며, 현재 이를 위한 연구가 적극적으로 이루어

지고 있다^[1]. 이동 통신 안테나 분야의 연구도 통합 시스템의 요구조건인 안테나의 광대역화와 소형화를 목표로 이루어지고 있다^[2]. 중계기 안테나를 통해 받아들인 신호를 건물 내부에 전파하기 위한 실내용 안테나로 주로 사용되어지는 모노폴 안테나 역시 광대역화가 필요하며, 이를 위한 다양한 기법들이 연구되어지고 있다^{[3]~[5]}.

평면형 모노폴 안테나^[6] 중의 하나인 사다리꼴 형태의 모노폴 안테나는 일반 직사각형 형태의 안테나

「이 연구는 단국대학교 대학원 연구보조장학금의 지원으로 이루어진 것임.」

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

· 논문 번호 : 20090507-046

· 수정완료일자 : 2009년 7월 20일

보다 전류의 흐름을 원활하게 하여 광대역 특성을 나타나게 하며^[7], 최근에는 CPW 급전 방식을 사용하여 3 GHz 이상의 대역에서 UWB 통신에 응용되고 있다^[8]. 하지만 CPW 급전 방식을 사용한 경우 안테나의 특성이 접지판의 구조에 영향을 받게 되므로 설치 환경에 따라 안테나의 성능이 변화하게 되며, 3 GHz 이하의 대역에서는 광대역 특성을 구현하기 어려운 단점이 있다^[9].

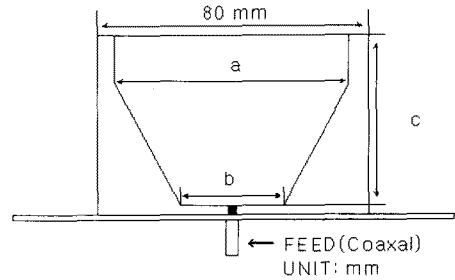
본 논문에서는 PCS, WCDMA, WiBro, S-DMB (1.750~2.655 GHz) 공용 광대역 모노폴 안테나를 제시하고 복사 특성을 고찰한다. 안테나 구조는 구형 접지판 위에 평면형 사다리꼴 형태의 복사 소자^[7]와 직사각형 형태의 후면 패치가 하나의 기판에 위치한 구조로서 크기의 변화 없이 대역 확장을 위한 기생 소자의 추가가 가능하고 상용화가 용이하도록 FR-4 기판을 사용하며, 접지판 뒷면에 위치한 커넥터로부터 급전된다. 안테나의 광대역 특성을 고찰하기 위하여 안테나 구조 파라미터를 변화시키면서 CST사의 MWS(V.2006b)를 사용하여 복사 특성을 계산하여 안테나 구조를 도출한다. 마지막으로 설계된 안테나의 복사 특성을 분석하기 위하여 실제 안테나를 제작하여 VSWR과 복사 패턴을 측정하여 계산 결과와 비교한다.

II. 모노폴 안테나의 설계

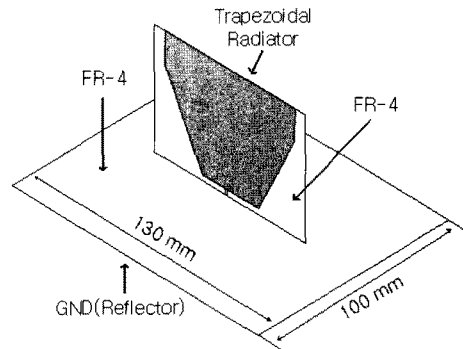
여기서는 구형 접지판을 갖는 사다리꼴 형태의 모노폴 안테나의 복사 특성을 분석하고, 그 대역폭을 개선시키는 새로운 방법을 제시한다.

2-1 사다리꼴 모노폴 안테나의 복사 특성

그림 1은 사다리꼴 모노폴 안테나의 구조를 나타낸다. 그림 1(a)는 접지판 위에 세워진 사다리꼴 복사 소자의 구조이고, 그림 1(b)는 접지판을 포함한 모노폴 안테나이다. 안테나의 기본 구조 파라미터는 사다리꼴 복사 소자의 윗변의 폭 $a=68$ mm, 아랫변의 폭 $b=30$ mm, 사다리꼴 복사 소자의 아랫면에서부터 윗변까지의 높이 $c=53$ mm이다. 복사 소자는 그림 1(a)에 보이는 것처럼 접지면 뒷면에 만들어진 슬롯을 통하여 동축 케이블로부터 급전된다. 여기서 사용된 기판은 FR-4 기판($\epsilon_r=4.4$, 두께: 0.8 mm(복



(a) 사다리꼴 복사 소자의 구조
(a) Structure of trapezoidal radiator



(b) 사다리꼴 모노폴 안테나
(b) Trapezoidal monopole antenna

그림 1. 사다리꼴 모노폴 안테나 구조
Fig. 1. Structure of trapezoidal monopole antenna.

사소자 기판), 1.6 mm(접지면으로 사용된 기판), $\tan \delta=0.02$)이다.

그림 2는 사다리꼴 모노폴 안테나의 VSWR을 나타낸다. 그림에서 $VSWR < 1.5$ 인 주파수 대역은 2.01~2.50 GHz(중심 주파수 기준 21.7%)로 나타나고 있다.

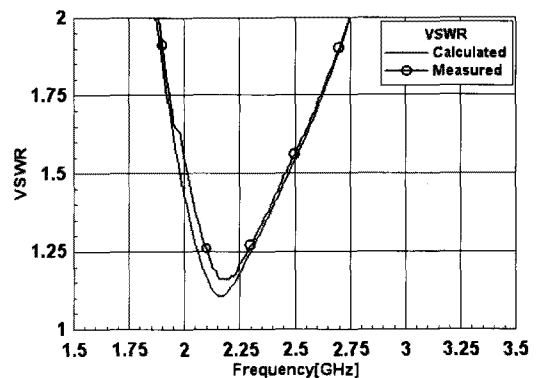


그림 2. 사다리꼴 모노폴 안테나의 VSWR
Fig. 2. VSWR of trapezoidal monopole antenna.

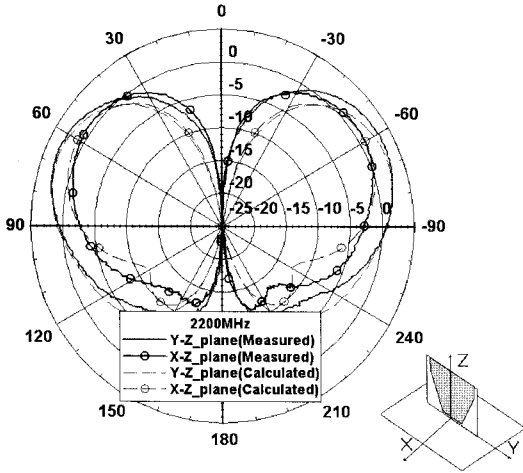


그림 3. 사다리꼴 모노폴 안테나의 복사 패턴
Fig. 3. Radiation pattern of trapezoidal monopole antenna.

그림 3은 사다리꼴 모노폴 안테나의 복사 패턴을 계산치와 측정치를 비교하여 나타낸 것이다. 안테나 이득은 중심 주파수 기준 약 0.8 dBi(계산치: 0.9 dBi) 이상을 갖는 것을 확인할 수 있다.

2-2 사다리꼴 모노폴 안테나의 대역폭 개선

여기서는 앞에서 설계된 사다리꼴 모노폴 안테나의 대역폭을 개선하기 위하여 사다리꼴 복사 소자의 후면에 직사각형 패치를 추가한 구조를 제안한다.

그림 4는 추가된 후면 패치의 구조를 나타낸다. 후면 패치의 기본 구조 파라미터는 패치의 높이 W , 패치의 폭 L , 기판 상단과 패치 상단과의 간격 S 이다.

그림 5(a)는 그림 4의 구조에서 패치의 높이 $W=35$ mm, 기판 상단과 패치 상단과의 간격 $S=2$ mm, 기판의 두께 $T=0.8$ mm로 하였을 때 패치의 폭 L 을 39 mm에서 2 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타낸 것이다. L 이 39 mm일 때 가장 양호한 특성을 나타내며 VSWR<1.5 이하의 대역폭은 1.77~3.39 GHz(중심 주파수 기준 62.7%)인 것을 확인할 수 있다.

그림 5(b)는 그림 4의 구조에서 패치의 높이 $W=37$ mm, 기판 상단과 패치 상단과의 간격 $S=2$ mm, 기판의 두께 $T=0.8$ mm로 하였을 때 패치의 폭 L 을 39 mm에서 2 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타

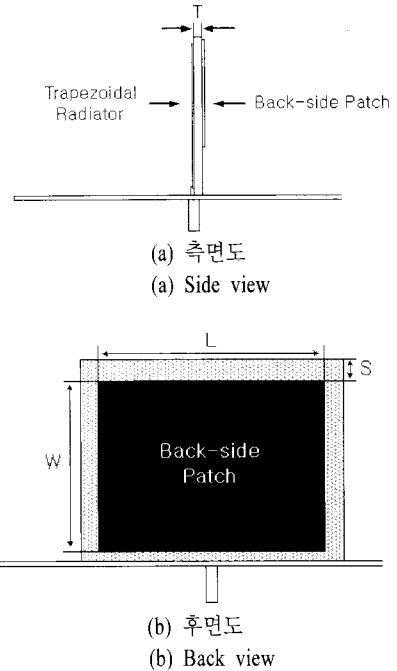


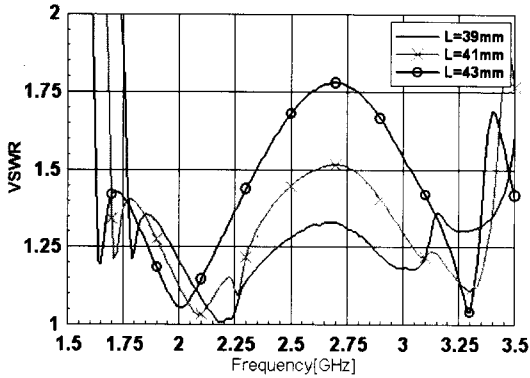
그림 4. 후면 패치의 구조
Fig. 4. Structure of back-side patch.

낸 것이다. L 이 41 mm일 때 가장 양호한 특성을 나타내며 VSWR<1.5 이하의 대역폭은 1.68~3.40 GHz(중심 주파수 기준 67.7%)인 것을 확인할 수 있다.

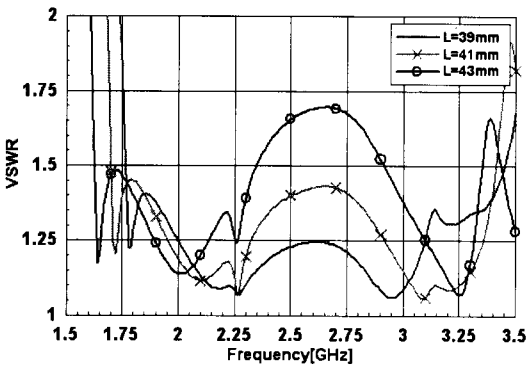
그림 5(c)는 그림 4의 구조에서 패치의 높이 $W=39$ mm, 기판 상단과 패치 상단과의 간격 $S=2$ mm, 기판의 두께 $T=0.8$ mm로 하였을 때 패치의 폭 L 을 39 mm에서 2 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타낸 것이다. L 이 41 mm일 때 가장 양호한 특성을 나타내며, VSWR<1.5 이하의 대역폭은 1.67~3.37 GHz(중심 주파수 기준 67.4%)인 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 그림 4의 구조에서 패치의 높이 $W=39$ mm, 패치의 폭 $L=41$ mm, 기판 상단과 패치 상단과의 간격 $S=2$ mm로 하였을 때 기판의 두께 T 를 0.8 mm에서 0.8 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타낸 것이다. T 가 0.8 mm일 때 가장 양호한 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

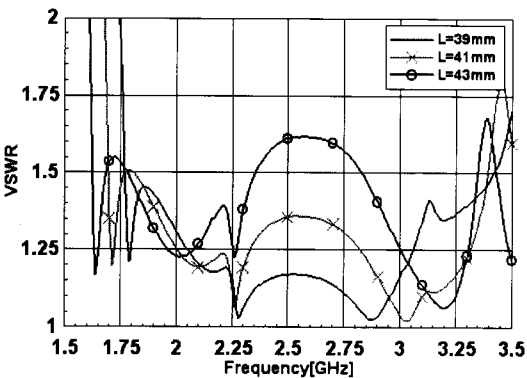
그림 7은 그림 4의 구조에서 패치의 높이 $W=37$ mm, 패치의 폭 $L=41$ mm, 기판의 두께 T 를 0.8 mm로 하였을 때 기판 상단과 패치 상단과의 간격 S 를 0 mm에서 2 mm씩 변화시키면서 계산한 VSWR을 나타낸



(a) $W=35$ mm, $T=0.8$ mm, $S=2$ mm



(b) $W=37$ mm, $T=0.8$ mm, $S=2$ mm



(c) $W=39$ mm, $T=0.8$ mm, $S=2$ mm

그림 5. W , L 변화에 따른 VSWR

Fig. 5. VSWR as functions of W and L .

것이다. S 가 2 mm일 때 가장 양호한 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

그림 5~7로부터 설계된 패치는 $W=37$ mm, $L=41$ mm, $T=0.8$ mm, $S=2$ mm로 한다. 그림 7에서 VSWR < 1.5인 주파수 대역은 1.68~3.40 GHz(중심 주파수 기준 67.7%)로 나타나고 있으며, 이는 후면 패치가 추가되지 않은 구조의 대역폭(21.7%)과 비교하여

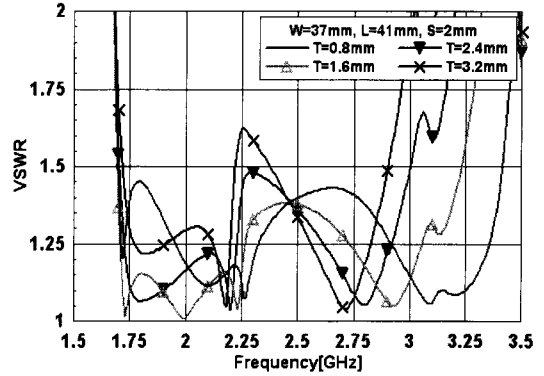


그림 6. 기관의 두께 T 변화에 따른 VSWR

Fig. 6. VSWR as a function of substrate thickness T .

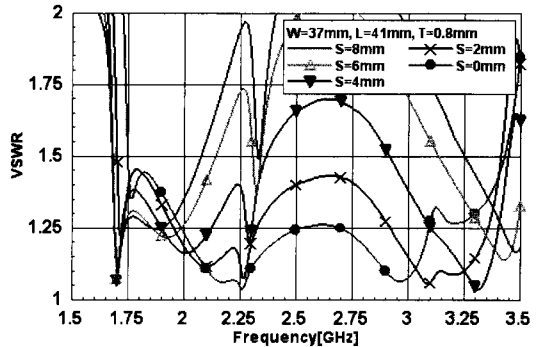


그림 7. 간격 S 변화에 따른 VSWR

Fig. 7. VSWR as a function of distance S .

볼 때 약 3배 정도의 대역폭이 개선된 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 모노폴 안테나의 입력 임피던스를 후면 패치가 포함되지 않은 경우와 후면 패치가 포함된 경우를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 8(a)는 입력 저항, 그림 8(b)는 입력 리액턴스를 나타낸다. 그림 8(a)에서 입력 저항은 후면 패치가 포함되지 않은 경우 중심 주파수(2.2 GHz)에서 50 Ω 에 가장 근접하게 나타나며, 중심 주파수에서 멀어질수록 작아지고, 후면 패치가 포함된 경우 2.2 GHz 대역과 3 GHz 대역에서는 비교적 변화가 작게 나타나고 있다. 그림 8(b)에서 리액턴스는 후면 패치가 포함되지 않은 경우 1.85, 2.1, 2.9 GHz 대역에서 0의 값을 가지는 것으로 나타내며, 1.85 GHz 대역보다 낮은 대역에서는 커패시턴스 성분이 발생하며, 2.9 GHz 대역 이상의 대역에서는 인덕턴스 성분이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 반면 후면 패치가 포함된 경우 1.88, 2.07,

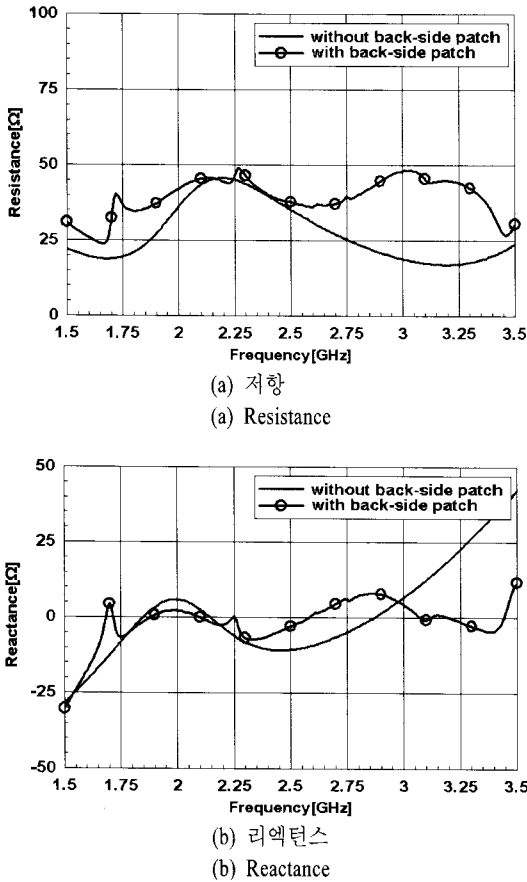


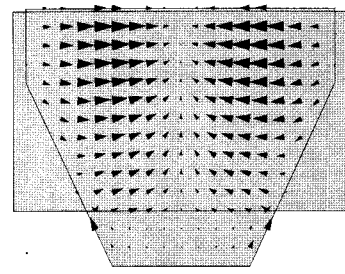
그림 8. 사다리꼴 모노폴 안테나의 입력 임피던스
Fig. 8. Impedance of trapezoidal monopole antenna.

2.67, 3.1, 3.2, 3.4 GHz 대역에서 0의 값을 가지며, 1.7 ~ 3.4 GHz 대역에서 비교적 변화가 작은 것을 확인할 수 있다. 이상으로부터 사다리꼴 복사 소자 후면에 패치를 삽입하면 주파수에 따른 입력 저항의 변화가 적어지고, 리액턴스가 0에 가까워 되어 대역폭이 넓어지는 것을 확인할 수 있다.

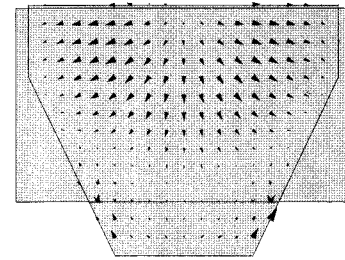
그림 9는 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 전류 분포를 두 개의 공진 주파수(2.1 GHz, 3.1 GHz)에서 나타낸 것이다. 그림에서 후면 패치로 인하여 생성된 수평 방향으로 흐르는 전류는 복사 소자의 중심을 기준으로 대칭을 이루어 서로 상쇄되며, 수직 방향으로 흐르는 전류는 동일한 방향으로 분포되어 수직 방향의 편파를 갖는 것을 확인할 수 있다.

III. 제작 및 측정 결과

여기서는 앞에서 제안된 후면 패치를 갖는 사다리



(a) 2,100 MHz



(b) 3,100 MHz

그림 9. 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 전류 분포

Fig. 9. Current distribution of trapezoidal monopole antenna with patch in back-side.

꼴 모노폴 안테나의 복사 특성을 확인하기 위하여 안테나를 제작하고 측정하여 이를 비교한다.

그림 10은 제작된 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 외관을 보여준다. 구형 접지판 위에 사다리꼴 형태의 복사 소자가 위치하고 그 뒷면에 직사각형 형태의 패치가 추가된 구조이다.

그림 11은 제작된 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 복사 패턴 계산치를 나타내고, 그림

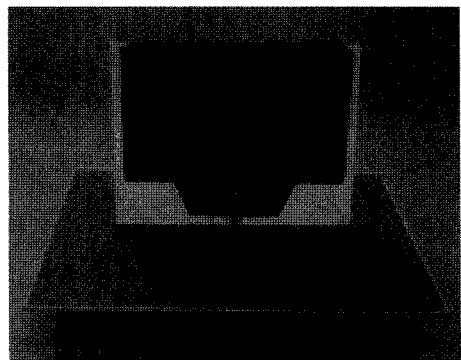


그림 10. 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나
Fig. 10. Fabricated trapezoidal monopole antenna with patch in back-side.

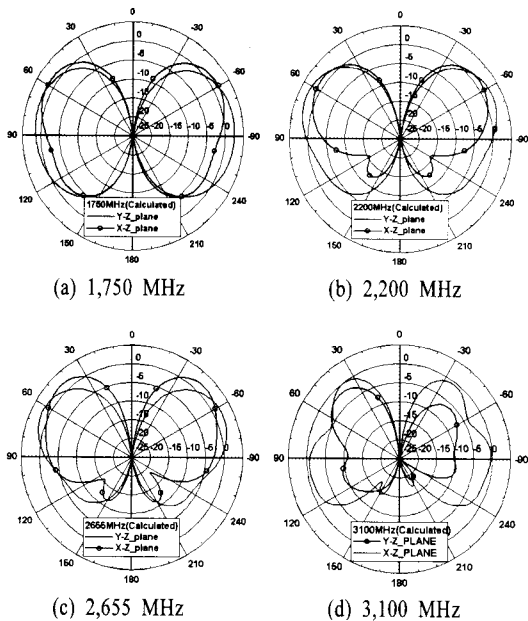


그림 11. 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 계산된 복사 패턴

Fig. 11. Calculated pattern of trapezoidal monopole antenna with patch in back-side.

12는 측정치를 나타낸다. 그림에서 안테나 이득은 사용 대역에서 2 dBi(계산치: 1.9 dBi) 이상이며, X-Z 면 빔폭은 중심 주파수(2.2 GHz)에서 53.47°(계산치: 47.25°), Y-Z면 빔폭은 중심 주파수(2.2 GHz)에서 60.47°(계산치: 53.92°)로 계산치와 거의 비슷하게 나타났다.

그림 13은 제작된 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나($a=68$ mm, $b=30$ mm, $c=53$ mm, $W=37$ mm, $L=41$ mm, $T=0.8$ mm)의 VSWR을 계산치와 측정치, 후면 패치가 없는 경우의 계산치를 비교하여 나타낸 것이다. 측정된 VSWR은 계산된 값과 거의 비슷하게 나타났으며, 1.73~3.48 GHz(중심 주파수 기준 67.2%)에서 1.5 이하를 나타내고 있으며, 후면 패치가 없는 사다리꼴 모노폴 안테나의 대역폭(2.01~2.50 GHz: 중심 주파수 기준 21.7%)과 비교하여 볼 때 약 3배 정도 개선된 대역폭을 갖는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 대역폭 개선을 위하여 후면 패치를

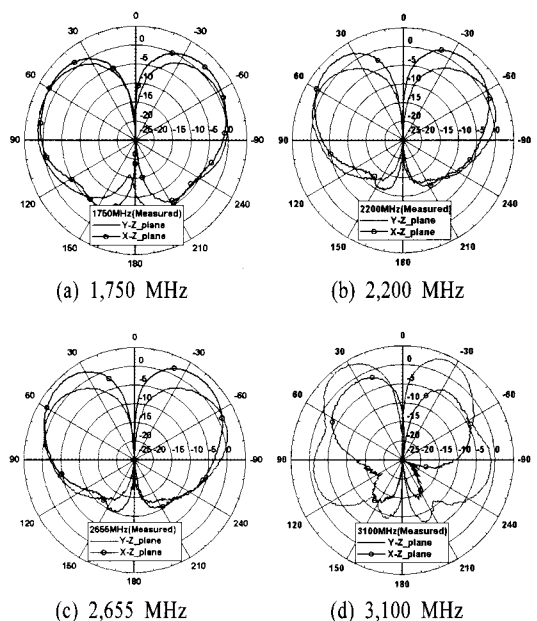


그림 12. 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 측정된 복사 패턴

Fig. 12. Measured pattern of trapezoidal monopole antenna with patch in back-side.

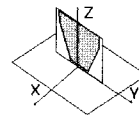
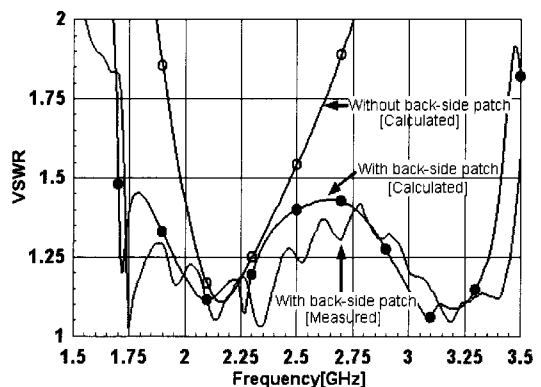


그림 13. 후면 패치를 갖는 사다리꼴 모노폴 안테나의 VSWR

Fig. 13. VSWR of trapezoidal monopole antenna with patch in back-side.

갖는 PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB 대역 실내용 모노폴 안테나를 설계 제작하고 복사 특성을 측정하여 그 성능을 고찰하였다. 설계, 제작된 모노폴 안테나



는 사다리꼴 형태의 복사 소자를 갖는 평면형 모노폴 안테나의 후면에 직사각형 패치를 추가하여 광대역 특성을 구현하였다.

설계된 모노폴 안테나는 PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB 대역을 포함하는 1.73~3.48 GHz 범위 내에서 $VSWR < 1.5$ 를 얻었으며, 이는 중심 주파수 기준 67.2%의 대역폭에 해당된다. 이득은 사용 주파수 전 대역에서 2 dBi 이상을 갖는 것으로 측정되었고, 복사 패턴은 측정치와 계산치가 비교적 유사하게 나타났다.

이상으로 본 논문에서 설계된 모노폴 안테나는 PCS/WCDMA/WiBro/S-DMB 대역 실내용 모노폴 안테나로 충분히 활용 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] M. J. Ammann, Z. N. Chen, "Wide-band monopole antenna for multi-band wireless systems", *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 2, pp. 146-150, Apr. 2003.

[2] N. P. Agrawal, G. Kumar, and K. P. Ray, "New wide-band monopole antennas", *Antennas & Propagation Society, IEEE International Symposium, 1997*

Digest, vol. 1, pp. 248-251, Jul. 1997.

[3] K. P. Ray, P. V. Anob, R. Kapur, and G. Kumar, "Broadband planar rectangular monopole antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 28, no. 1, pp. 55-59, Jan. 2001.

[4] R. C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, ch. 4, 1993.

[5] M. Hammoud, P. Poey, and F. Colombel, "Matching the input impedance of a broadband disc monopole", *Electronics Letter*, vol. 29, pp. 406-407, Feb. 1993.

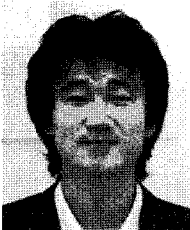
[6] Girish Kumar, K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 357-378, 2003.

[7] Z. N. Chen, Y. W. M. Chia, "Impedance characteristics of trapezoidal planar monopole antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 27, no. 2, pp. 120-122, Oct. 2000.

[8] 이정남, 이성훈, 박종권, "사다리꼴 모양의 UWB 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 16(3), pp. 235-245, 2005년 3월.

[9] 이승우, 김남, 이승엽, "CPWG 구조를 이용한 WiBro 및 WLAN 통신용 안테나 설계 및 제작", *한국전자과학회논문지*, 19(10), pp. 1086-1095, 2008년 10월.

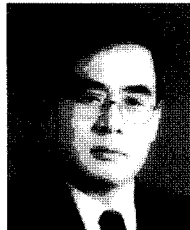
최 환 기



마이크로파회로

2007년 8월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 2007년 9월~현재: 단국대학교 전자공학과 석사과정
 2009년 6월~현재: (주)선우커뮤니케이션 주임연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파,

최 학 근

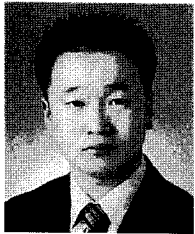


공학과 교수

1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 3월~현재: 단국대학교 전자

공학과 교수
 2006년 7월~현재: 단국대학교 공학교육혁신센터장
 1989년 3월~현재: (주)하이게인 안테나 기술고문
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

이 형 기



2002년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)

2004년 2월: 단국대학교 전자컴퓨터공학과 (공학석사)

2007년 3월~현재: 단국대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

2004년 2월~2006년 9월: (주)하이

게인 안테나 선임연구원

2006년 9월~현재: (주)텔콤코리아 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로