

CPW 급전 비대칭 접지면을 이용한 이중 대역 모노폴 안테나 설계

Design of Dual-Band Monopole Antenna Fed-by CPW Using Asymmetric Ground Plane

이 상 민 · 김 남 · 이 승 우

Sang-Min Lee · Nam Kim · Seung-Woo Lee

요 약

본 논문에서는 소형 무선기기에 응용하기 위하여 비대칭 접지면을 갖는 CPW 급전 모노폴 안테나를 제안하였다. CPW 급전 방식을 이용하여 대역폭을 개선시켰으며, 좌우의 비대칭적인 접지면으로 각각의 공진 소자에 상이한 캐패시턴스를 발생시켜 동작 대역폭은 유지하면서 임피던스 매칭을 유도하였다. 측정 결과, VSWR<2.5:1 기준으로 대역폭은 824~890 MHz와 1,500~2,170 MHz였으며, 방사 패턴은 전방향 특성을 갖는 것을 확인하였다. 안테나 최대 이득은 850, 1,575, 1,790, 1,930, 2,050 MHz 대역에서 각각 5.52, 0.64, 3.00, 0.94, 1.85 dBi로 측정되었다. 제안한 안테나는 휴대 통신기기의 내장형 안테나에 응용하기 적합하게 구현되었다.

Abstract

The folded monopole antenna for applying mobile communications equipment and wireless devices is presented in this paper. By using the coplanar waveguide feed the operating bandwidth has improved. In addition, each individual resonant elements has occurred different capacitance through asymmetrical left and right ground planes; therefore, the bandwidth has kept and the impedance matching has stabilized. By measurement results, the impedance bandwidth under VSWR<2.5:1 are 824~890 MHz and the 1,500~2,170 MHz, also radiation patterns has omni-directional characteristics. The maximum gains of the proposed antenna are 5.52, 0.64, 3.00, 0.94 and 1.85 dBi at 850, 1,575, 1,790, 1,930 and 2,050 MHz respectively. The proposed antenna will be adapted to the internal antenna of the mobile communication devices.

Key words : Coplanar Waveguide, Monopole Antenna, Dual-Band, Asymmetric Ground

I. 서 론

무선 이동 통신의 급속한 발전으로 휴대 단말기를 이용한 멀티미디어 통신의 양질의 서비스를 위하여 광대역 안테나의 개발 및 소형화된 디자인이 핵심 요소로 부각되었다. 초기 휴대용 단말기의 안테나는 $\lambda/2$ 모노폴로 완전히 뽑힌 상태에서 전기적

특성을 실현하는 헤리컬 안테나를 주로 사용하였다. 점차 기술이 발달하고, 단말기의 디자인, 편의성, 효율의 극대화 등의 이유로, 현재의 안테나는 단말기 내부에 부착시켜 특성을 낼 수 있는 고효율의 소형화 형태로 개발되고 있다. 단말기의 소형화와 집적화에 따라 안테나도 소형 경량, 다기능 특성 및 대량 생산을 요구하고 있는 상황이며, 현재의 이동 통신

충북대학교 전자정보대학(College of Electrical and Computer Engineering, Chungbuk National University)

· 논문 번호 : 20100407-040

· 교신저자 : 이상민(e-mail : leesm76@paran.com)

· 수정완료일자 : 2010년 7월 2일

에서 단말기용 안테나로 많이 사용되고 있는 안테나는 모노폴 안테나 및 패치 안테나이다. 패치형 안테나의 경우는 제작이 용이하기 때문에 안테나 소자로 널리 사용되고 있으나, 협대역의 문제가 있으며, 패치의 크기가 공진 주파수의 파장에 $\lambda/2$ 정도로 소형의 휴대용 통신 장비에 장착시키는데 다소 어려움이 있다^{[1],[2]}. 또한, 소형화된 모노폴 안테나를 단말기 내부에 넣는 형태의 방법이 제시되었지만, 모노폴 구조는 안테나의 길이가 이득에 직접적인 영향을 주기 때문에 무작정 길이를 줄일 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 전체 단말 시스템의 성능을 그대로 유지하면서 안테나를 소형화시키고 단말기 내부에 장착시키는 새로운 타입의 안테나 개발이 필요한 실정이다.

본 논문에서 제안하는 안테나는 경량이면서 제작이 용이한 구조를 가지고 있으며, 모노폴 구조를 사각 루프 형태로 변형시켜 단말기 내부에 공간을 활용하였다. 또한 단일 마이크로스트립 급전의 문제점인 급전 선로 방사에 의한 방사 패턴의 변화를 CPW 급전 방법을 이용하여 개선하였다. 또한 기존의 모노폴 안테나는 특성상 방사체에 의한 인덕턴스가 발생하게 되어 리액턴스의 증가에 의한 안테나 방사 효율에 좋지 않은 영향을 미치고 있지만, 제안된 안테나는 모노폴 안테나의 접힌 구조를 이용하여 공진 소자의 길이를 조절하여 방사체 간의 커플링을 통한 커패시턴스를 발생시켜 임피던스 매칭을 유도하였으며, 마이크로스트립 안테나와 같이 경량 박형의 구조에 따른 다양한 응용 영역과 인쇄 회로 기반 제작 방법을 이용하여 대량 생산에 의한 저렴한 제작 비용 등의 장점이 있는 평판 인쇄형 구조를 이용하여^{[3],[4]}, 현재 사용되는 단말기 내부에 장착이 가능하고, GPS 서비스와 이동 통신 단말기 서비스를 동시에 이용할 수 있도록 설계하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

2-1 이중 대역 모노폴 안테나 구조

일반적으로 전기적인 소형 안테나는 높은 quality factor로 인하여 좁은 대역폭, 낮은 효율을 갖는 단점이 있으며, 넓은 임피던스 대역폭의 특성과 높은 효

율을 유지하기 위해서는 안테나의 부피가 커져야 한다^[5]. 본 논문에서 제안한 안테나는 내장형 휴대폰 안테나로써 소형·경량 등의 요구를 만족시키기 위하여 접힌 구조의 모노폴 형태로 설계하여 공진 소자의 크기를 공진 주파수의 $\lambda/4$ 로 줄였다. Cellular 주파수 대역을 만족하기 위하여 설계 중심 주파수 870 MHz로 하여 방사 소자의 길이를 88 mm로 계산 설정하였고, WCDMA 주파수 대역을 만족하기 위하여 설계 중심 주파수를 2,050 MHz로 하여 방사 소자의 길이를 36.5 mm로 계산 설정하였다.

또한 CPW(Coplanar Waveguide) 급전을 사용함으로써 급전선과 접지면을 동일면상에 실장하여 단말기용 집적 회로와의 연결이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 일반적으로 마이크로스트립 급전 방법의 단점인 급전선에 의한 방사를 배제할 수 있어 안테나 효율, 방사 패턴 등에서 양호한 결과를 가져왔다.

그림 1은 본 논문에서 상용되는 휴대폰 크기의 내부 공간을 최대한 활용하여 제안하는 이중 대역 내장형 모노폴 안테나의 구조를 나타낸 것이다.

제작된 안테나에서 50 Ω 매칭은 CPW 급전 선로의 두께, 접지면 간의 슬롯 폭, 기판의 유전율 및 두께 등으로 결정된다. 따라서 정확한 매칭을 위해 유전율(ϵ_r) 4.4인 FR-4 기판에 슬롯 폭(S) 0.5 mm, 중

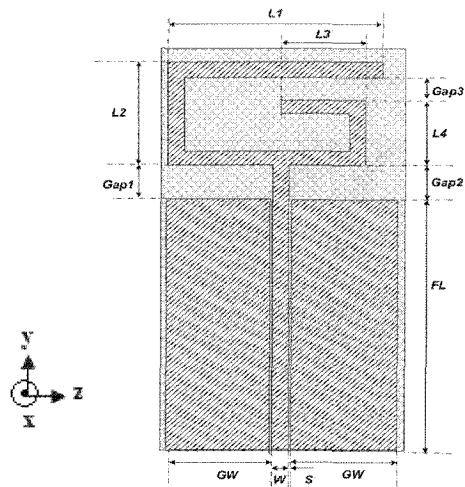


그림 1. CPW 급전 방식을 이용한 내장형 모노폴 안테나 구조

Fig. 1. Structure of the internal monopole antenna fed by CPW.

양 스트립 라인의 폭(W) 3.5 mm으로 설계하였다. 원하는 대역에서 공진이 발생하도록 만들기 위하여 공진 소자 끝부분을 접었으며, 이로 인하여 인덕턴스와 커패시턴스 성분을 조절하도록 구성하였다. 따라서 급전점을 중심으로 왼쪽으로 길게 구부러진 공진 소자는 cellular 대역에서 공진하며, 오른쪽으로 구부러진 공진 소자는 W-CDMA 대역에서 공진한다.

2-2 안테나 설계

설계된 안테나는 Ansoft사의 상용 시뮬레이션 툴인 HFSS를 사용하여 해석하였다. 이중 대역 모노폴 안테나를 만들기 위해 각 공진 소자의 길이를 조절하여 원하는 주파수 공진을 구하였다. 그림 2는 cellular 대역의 공진 소자(급전점을 중심으로 왼쪽으로 시작하여 길게 구부러진 공진 소자)의 길이를 37~45 mm까지 4 mm 간격으로 변화시킴에 따른 반사 손실의 변화를 보여주고 있으며, 시뮬레이션 결과 cellular 대역에서 반사 손실의 변화가 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 필요한 최적 값으로 L_1 을 45 mm로 선택하여 고정시켰다. 그림 3은 W-CDMA 대역의 공진 소자 길이를 10~16 mm까지 3 mm 간격으로 변화시킴에 따른 반사 손실의 변화이며, 길이 변화에 따라 반사 손실이 변하는 것을 알 수가 있었다. L_3 의 최적값으로 16 mm를 선택하였다.

그림 4는 cellular 대역 공진 소자인 L_1 을 45 mm로 고정하고, W-CDMA 대역의 공진 소자인 L_3 을 16 mm로 고정시키고 두 공진 소자 사이의 간격을 조

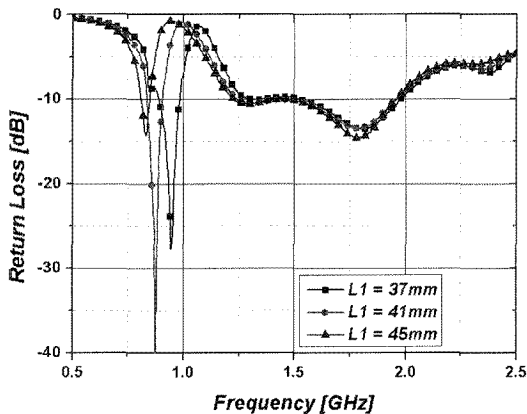


그림 2. L_1 의 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss by varying the parameter L_1 .

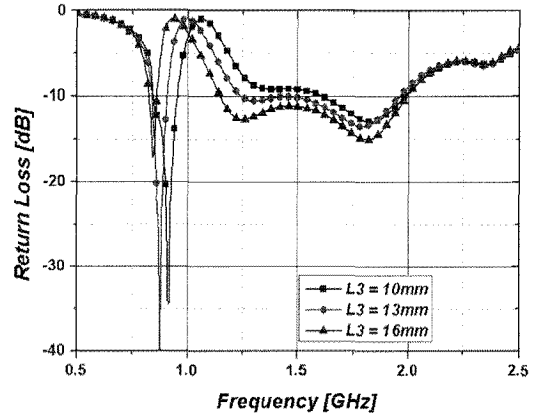


그림 3. L_3 의 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 3. Return loss by varying the parameter L_3 .

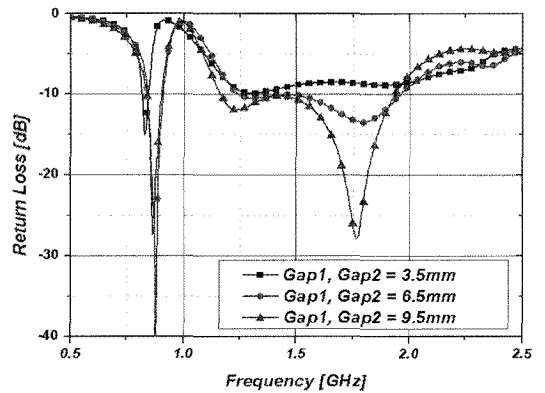
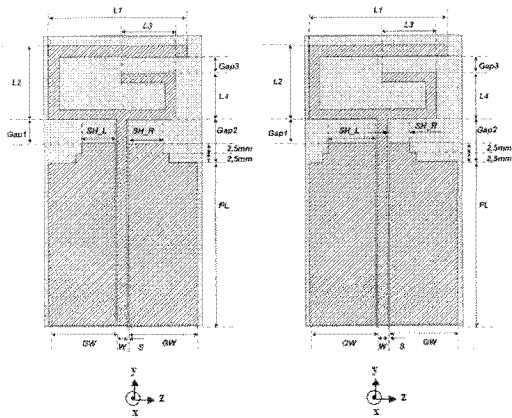


그림 4. Gap 1과 Gap 2의 변화에 따른 반사 손실
Fig. 4. Return loss by varying the parameter Gap 1 and Gap 2.

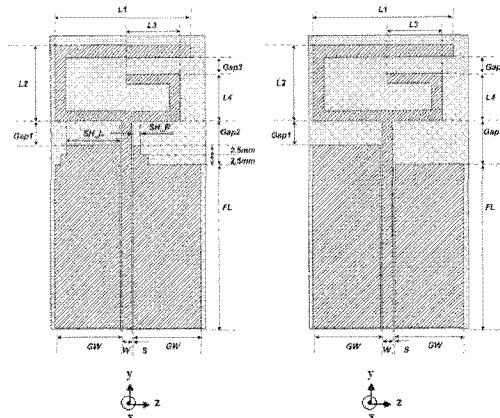
절하여 커플링 효과를 유도한 최적값 Gap 3을 2.5 mm로 한 뒤, 접지면 FL을 최적의 크기로 고정하여 공진 소자 선로 길이에 대한 임피던스 변화를 해석하고자 3.5~9.5 mm까지 3 mm 간격으로 변화시켜 커플링에 의한 커패시턴스 성분을 조절하여 반사 손실을 확인하였다. 시뮬레이션 결과, Gap 1과 Gap 2가 6.5 mm일 때, 원하는 주파수 대역의 최적의 매칭을 유도할 수 있었다.

그림 5(a)~(d)는 공진 소자 길이 및 좌우 접지면 폭을 최적화된 값으로 고정한 후 비대칭 접지면의 상단부 모양을 변화시켜 반사 손실의 변화를 비교하기 위한 안테나 구조이다. 비대칭 접지면의 크기 및 모양 변화에 따른 반사 손실의 변화를 확인하기 위하



(a) SH_L=10 mm
SH_R=10 mm

(b) SH_L=14 mm
SH_R=6 mm



(c) SH_L=18 mm
SH_R=2 mm

(d) SH_L=22 mm
SH_R=0 mm

그림 5. 좌우 접지면 변화에 따른 안테나 구조
Fig. 5. Structure of the antenna by varying the right and left ground plane.

여 급전선을 중심으로 접지면 좌측 길이를 SH_L, 접지면 우측 길이를 SH_R로 하고, 2.5 mm 높이의 2단의 계단형 구조로 설계하였다. SH_L을 10~22 mm 까지 4 mm 간격으로 대칭 이동 변화하게 되면, SH_R의 WCDMA 방사 소자와 급전선 FL 사이의 Gap 2가 6.5~11.5 mm로 변화된다.

그림 5(d)의 안테나 구조는 SH_L쪽의 Gap 1은 6.5 mm이고, SH_R쪽의 Gap 2는 11.5 mm로 접지면이 비대칭적으로 배치되었으며, 이때 최적의 결과값을 얻을 수 있었다. 최적값에 대한 시뮬레이션은 그림 6에서 보여주고 있다.

그림 7은 최적화된 결과값으로 설계된 안테나의

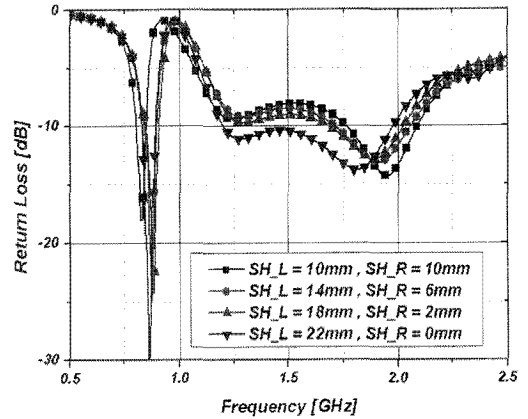


그림 6. SH_L과 SH_R의 변화에 따른 반사 손실
Fig. 6. Return loss by varying the parameter SH_L and SH_R.

시뮬레이션 전류 밀도를 나타낸 그림이며, 전류 밀도 흐름 방향을 보면 850 MHz 대역에서 왼쪽으로 구부러진 방사 소자가 전류가 흐르고, 2,050 MHz 대역에선 오른쪽으로 구부러진 방사 소자 방향으로 전류가 흐름을 알 수가 있다.

III. 제작 및 측정 결과

표 1은 최적화하여 설계된 안테나 파라미터를 나타내고 있으며, 그림 9는 표 1에서 제시한 파라미터를 이용하여 실제 안테나를 제작한 사진이다. 측정은 벡터 회로망 분석기(Anritsu 37397D Vector Net-

표 1. 설계된 안테나 파라미터

Table 1. Optimized parameters of the proposed antenna.

변수	파라미터 정의	값(mm)
FL	급전선의 길이	65
L ₁	Cellular 대역 공진 소자 길이	41
L ₂	Cellular 대역 공진 소자 길이	18.5
L ₃	WCDMA 대역 공진 소자 길이	13
L ₄	WCDMA 대역 공진 소자 길이	12.5
Gap 1	Cellular 대역 공진 소자와 접지면 사이의 폭	6.5
Gap 2	WCDMA 대역 공진 소자와 접지면 사이의 폭	11.5
Gap 3	공진 소자 사이 폭	2.5
GW	접지면 폭	11

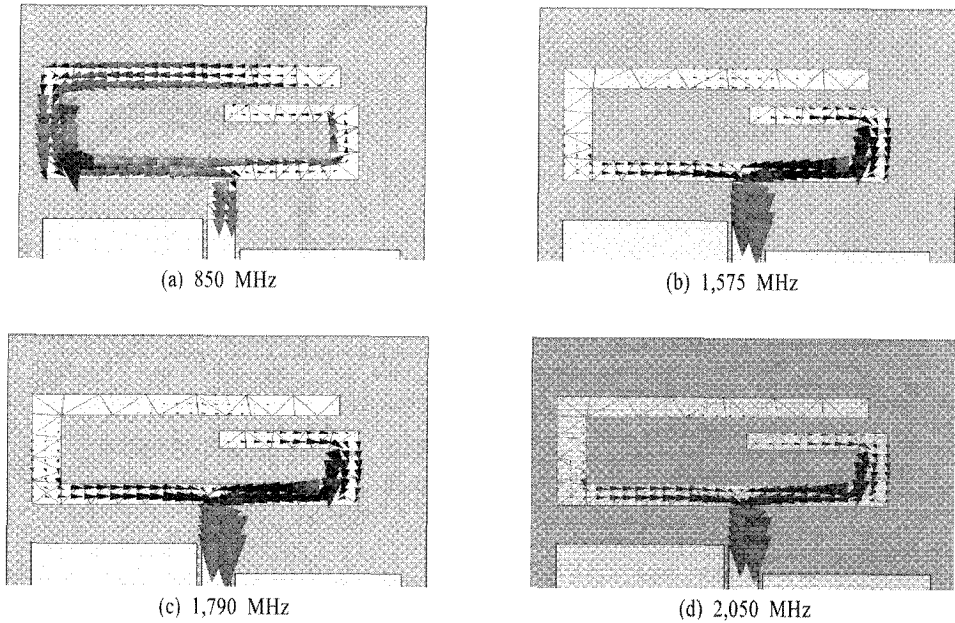


그림 7. 안테나의 표면 전류 밀도
Fig. 7. Surface current density of antenna.

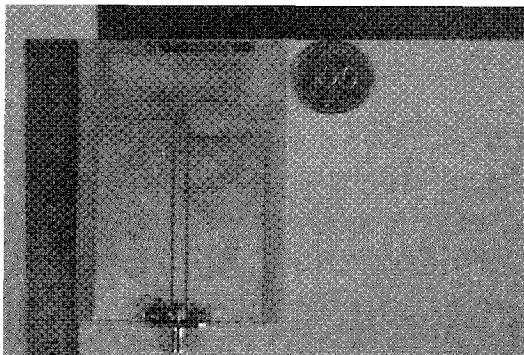


그림 8. 제작된 안테나
Fig. 8. Fabricated antenna.

work Analyzer, 40 MHz-65 GHz)를 사용하여 반사 손실 계수를 측정하였고, 방사 패턴은 챔버(14 m×7 m×6.7 m, Far-field measurement rectangular type)에서 800 MHz~18 GHz의 대역을 측정할 수 있는 Horn 안테나를 사용하여 측정하였다.

그림 9는 시뮬레이션 결과와 실제 제작한 안테나를 측정한 결과를 VSWR로 비교한 그래프이다. VSWR 2.5<1 기준으로 시뮬레이션 결과에서는 824~916 MHz와 1,188~2,170 MHz에서, 측정 결과에서는 804~908 MHz와 1,376~2,216 MHz에서 공진이 발

생하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 6의 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있듯이 시뮬레이션 상으로 계산되어진 캐패시턴스와 제작된 안테나에서 캐패시턴스의 차이로 인하여 임피던스 대역폭의 변화가 생겼다고 사료된다. 본 논문에서 제안한 안테나는 cellular(824~894 MHz), W-CDMA(1,920~2,170 MHz), GPS(1,575±5 MHz), DCS(1,710~1,880 MHz), PCS(1,885~1,990 MHz) 서비스에서 사용이 가능하다.

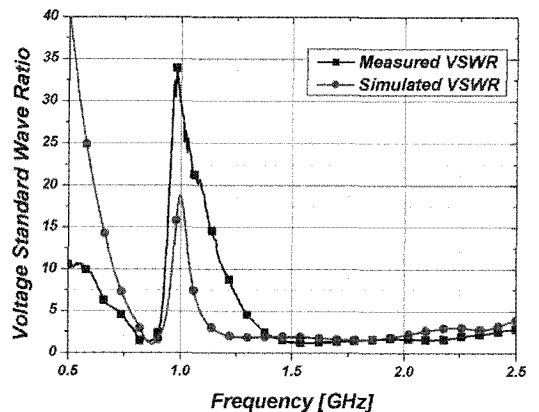


그림 9. VSWR 비교
Fig. 9. Comparison of simulated and measured VSWR.

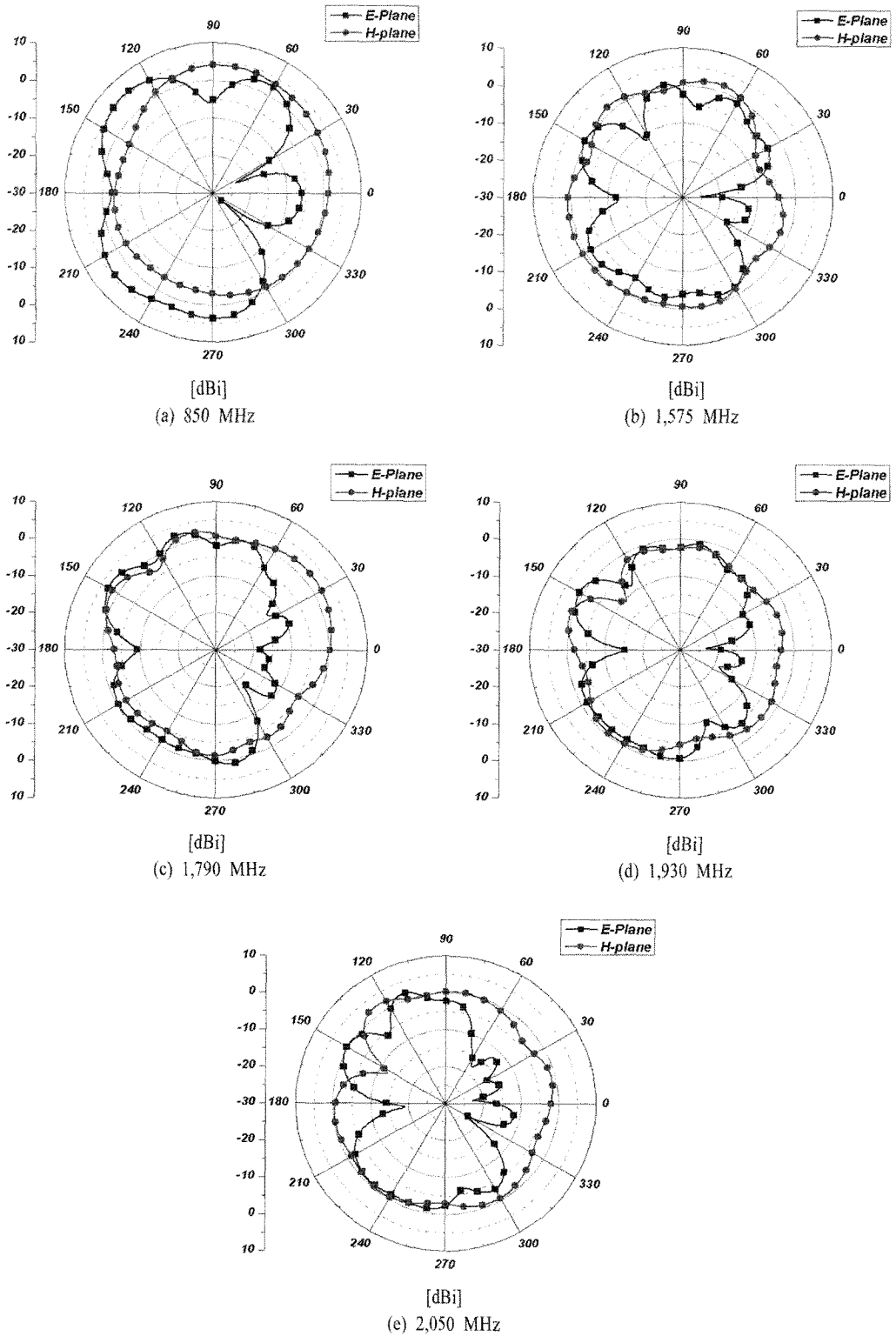


그림 10. 안테나의 방사 패턴
 Fig. 10. Radiation patterns of the proposed antenna.

표 2. 안테나의 이득과 효율
Table 2. Gain and efficiency of antenna.

Freq.[MHz]	Peak gain[dBi]	Eff.(%)
850	5.52	54.6
1,575	0.64	25.8
1,790	3.00	34.4
1,930	0.94	33.2
2,050	1.85	36.3

그림 10(a)~(e)은 제작된 안테나를 850, 1,575, 1,790, 1,930, 2,050 MHz 대역에서 측정된 방사 패턴 결과이다. 이때 방사 패턴 E-plane은 Y-Z 평면을 나타내며, H-plane은 X-Y 평면을 나타내는 것이다. PCS 대역에서는 비교적 전방향 특성을 보이고 있으나, W-CDMA 대역에서는 그라운드의 영향으로 H-plane에서 $\theta=0$ deg 방향으로 방사가 양호하지 못하다. 표 2에서와 같이 전 대역에서 최대 이득은 0.64~0.94 dBi이며, 효율은 25.8~54.6 %의 결과를 얻었다. PCS 대역과 비교하여 W-CDMA 대역에서 낮은 효율은 가지는 이유는 그림 7의 전류를 분포를 확인하여 보았을 때 안테나를 소형화를 위하여 접힌 구조의 모노폴을 이용하였기 때문에 방사 소자간의 간섭으로 인하여 효율이 감소하는 것이라고 사료된다.

IV. 결 론

본 논문에서 제안한 안테나는 cellular, GPS, DCS, PCS W-CDMA 대역을 사용하는 휴대 통신 장비 및 무선 단말기 내부에 적용하기 위하여 설계되었다. 원하는 주파수에서 공진이 일어나도록 접힌 구조의 모노폴 안테나를 기본적으로 사용하였으며, 50Ω의 매칭을 용이하게 만들기 위하여 CPW 급전 방식을 이용하였다. 설계된 안테나는 내장형으로 적용이 가능한 48×90 mm의 크기를 갖는다. 선로간이 길이 변화 및 폭 변화를 통하여 캐패시턴스 성분을 순차적으로 만들었고, 비대칭 접지면의 크기 및 폭의 변화와 선로간의 캐패시턴스 성분을 만들어 임피던스 매칭을 유도하여 원하는 주파수 대역을 확보하였다. 제작된 안테나 방사 패턴, 이득 및 효율을 대역별로 측정하였다.

측정 결과, VSWR<2.5:1 기준으로 대역폭은 804~

908 MHz와 1,376~2,216 MHz이며, 안테나 이득은 850, 1,575, 1,790, 1,930, 2,050 MHz 대역에서 각각 5.52, 0.64, 3.00, 0.94, 1.85 dBi로 측정 얻었다. 휴대 단말기에 사용할 수 있도록 제안된 안테나이므로 추후 전자파 인체 흡수율(SAR)의 측정을 통하여 인체 영향에 대한 검증을 수행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W. Menzel, W. Grabherr, "A microstrip patch antenna with coplanar feed line", *IEEE Microwave Wave Lett.*, vol. 1, pp. 340-342, Nov. 1991.
- [2] Hua-Mig Chen, Yi-Feng Lin, Chin-Chun Kuo, and Kuang-Chih Huang, "A compact dual-band microstrip-fed folded loop antenna", *IEEE(516) Antennas & Propagation Society International Symposium*, vol. 2.
- [3] M. David Pozar, "Microstrip antennas", *Proceedings of The IEEE*, vol. 80, no. 1, Jan. 1992.
- [4] 이현진, 임영석, "전방향 복사패턴의 이중 대역 프린트형 모노폴안테나", 대한전자공학회논문지, 40 TC(11), 2003년 11월.
- [5] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons Inc, 1998.
- [6] A. D. Manteuffel, Bahr, "Design considerations for integrated mobile phone antennas", *IEEE Trans Antennas Propagat*, vol. 49, no. 48, pp. 232-256, Apr. 2001.
- [7] M. K. Hirasawa, Haneishi, *Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas*, Boston: Artech House Inc, 1992.
- [8] 이현진, 정진우, 임영석, "평면형 변형된 모노폴 안테나 설계", 대한전자공학회논문지, 45, TC(7), pp 569-573, 2008년 7월.
- [9] 이현진, 정진우, 임영석, "광대역 폴디드 이중 모노폴 안테나 설계", 대한전자공학회논문지, 44, TC (2), pp. 230-236, 2007년 2월.
- [10] 최동근, 신호섭, 김남, 김용기, "다중대역을 갖는 SAR 저감용 광대역 PIFA 설계", 한국전자과학회논문지, 16(1), pp. 66-76, 2005년 1월.
- [11] 임정섭, 김철복, 장재삼, 이호상, 정영호, 조동

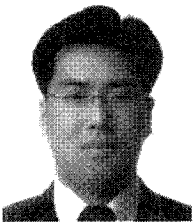
기, 이문수, "CPW 급전 삼중대역 내장형 평면 모노폴 안테나 설계", 대한전자공학회논문지, 44, TC (12), pp. 1232-1236, 2007년 12월.

[12] 전성근, 김남, 이승우, 이승엽, 박지창, "다중 전류 분포 광대역 평면형 모노폴 안테나 해석", 한국전자과학회논문지, 19(11), pp. 1233-1239, 2008

년 11월.

[13] 이승우, 김남, 이승엽, "CPWG 구조를 이용한 Wibro 및 WLAN 통신용 안테나 설계 및 제작", 한국전자과학회논문지, 19(10), pp. 1086-1095, 2008년 11월.

이 상 민



해석 및 대책

2002년 2월: 충북대학교 전기전자 공학부 (공학사)
 2002년~2004년: (주)백스텔레콤 주 임연구원
 2005년 3월~현재: (재)충북테크노 파크 전자정보센터 근무
 [주 관심분야] 안테나, 전자파, EMC

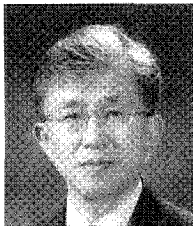
이 승 우



분석, 전자파 인체

2003년 2월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학사)
 2006년 2월: 충북대학교 정보통신 공학과 (공학석사)
 2007년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 SAR 영향 및 EMI/EMC 규격

김 남



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

2000년 3월~2001년 2월: 미국 California Technology Institute 방문교수
 1989년~현재: 충북대학교 전자정보대학 교수
 1997년~현재: 컴퓨터정보통신연구소 참여연구원
 1999년~2000년: 컴퓨터정보통신연구소 연구소장
 1996년~현재: 한국전자과학회 전자장과 생체관계 위원회 위원장
 1999년~현재: 한국통신학회 평의원/이사
 2006년~2009년: BEMS(Bioelectromagnetics Society) 이사
 2008년~현재: 방송통신위원회 방송통신국가표준심의회 위원
 2008년~현재: 전파연구소 자문위원회 위원
 2008년~현재: 방송통신위원회 자체평가위원회 위원
 [주 관심분야] 이동 통신 및 전파전파, 마이크로파 전송선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격