

기생 소자를 이용한 광대역 프린트 모노폴 안테나의 설계

Design of the Wide-Band Printed-Monopole Antenna Using Parasitic Elements

서승업 · 이윤복 · 양묘근 · 성원모

Seung-Up Seo · Yun-Bok Lee · Myo-Geun Yang · Won-Mo Seong

요 약

본 논문에서는 기생 소자를 이용한 광대역 프린트 모노폴 안테나를 제시하였다. 안테나의 광대역 특성은 프린트 모노폴 및 기생 소자를 사용하여 얻는다. 안테나의 광대역 특성을 확인하기 위하여 우리는 제시된 안테나를 설계 및 제작하였다. 반사 손실 및 복사 패턴은 0.8~1.2 GHz 주파수 대역에서 측정하였다. 제안된 안테나의 측정 결과는 운영 주파수 대역에서 -10 dB 이하의 반사 손실 및 다이폴 형태의 복사 패턴을 갖는다. 안테나 이득은 1.7~4.6 dBi까지 운영 주파수 대역 내에서 변화한다. 따라서 제시된 안테나는 0.806~0.960 GHz(TRS-800, CDMA, GSM-900) 밴드에 사용 가능한 광대역 특성을 갖는 중계기용 안테나로 사용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we have proposed a printed monopole antenna using parasitic elements. The broadband characteristics of the antenna is obtained by using the printed monopole and parasitic elements. To confirm the broadband characteristics of the antenna, we have designed and fabricated the proposed antenna. The return loss and radiation patterns are measured in the frequency range of 0.8 ~1.2 GHz. The measured results show that the proposed antenna has return loss less than -10 dB in the operating frequency band and the radiation pattern is the dipole-like patterns. The antenna gain varies from 1.7 to 4.6 dBi in the operating frequency band. Thus, the proposed antenna can be used for the broadband repeater antenna of 0.806 ~0.960 GHz(TRS-800, CDMA and GSM-900).

Key words : Printed Antenna, Monopole Antenna, Broadband Antenna, Wide-Band Antenna

I. 서 론

최근 이동 통신 서비스는 방송, 멀티미디어, 영상, e-mail, 멀티미디어 메시지 등 다양한 서비스를 제공하면서 새로운 시장의 형성 가능성을 시험하고 있다. 지금까지 2세대 이동 통신 서비스 단계를 지나 3세대의 동기식 1X EVDO 방식에서 2 Mbps까지 패킷데이터 서비스 중이며, 비동기식(W-CDMA) 3세대 멀티미디어 서비스가 점차적으로 확산되고 있으며, 이에 대응하기 위하여 새로운 서비스 대역과 넓은

주파수 대역을 만족하는 시스템의 필요성이 요구되었다. 그에 발맞춰 이동 통신 안테나 분야의 연구·개발 또한 광대역 및 소형화 하는 방향으로 발전하고 있다. 그 중의 하나로 선형 모노폴 안테나의 대역폭을 개선하고 소형·경량화에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 기존의 선형 모노폴 안테나는 복사 소자의 길이를 사용 주파수의 $\lambda/4$ 로 맞춰 안테나를 간단히 제작할 수 있는 장점이 있으나, 광대역 통신 방식에 적용하기에는 대역폭이 좁은 것이 매우 큰 단점으로 작용하였다^{[1]~[4]}. 이러한 선형 모노폴 안테

이엠파블류 안테나 연구소(EMW Antenna R&D Center)

· 논문 번호 : 20080303-023

· 수정완료일자 : 2008년 6월 16일

나의 특성을 개선시키기 위한 방법으로는 복사 소자의 두께를 늘리거나 복사 소자의 끝에 디스크 형태의 부하를 장착하는 방법이 있으며, 최근에는 UWB 통신 시스템 등 다양한 광대역 통신 시스템에 안테나를 평면화시킨 다양한 형태의 프린트 모노폴 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[5]~[10]}. 또한, UWB 시스템은 큰 출력 신호를 사용하는 IEEE 802.11a와 HIPERLAN/2에 의해 5.15~5.825 GHz의 사용이 제한되었다. 이에 따라 주파수 대역 저지 특성을 갖는 UWB 통신용 안테나에 대해 연구되고 있다^{[11]~[14]}.

본 논문에서는 기존 모노폴 안테나의 복사 특성을 개선하기 위하여 새로운 형태의 프린트 모노폴 안테나를 제안하고 광대역 특성을 확인한다. 이를 위해 첫 번째로 모노폴 안테나의 대역폭을 개선하기 위하여 개방형 기생 소자를 이용하여 안테나의 대역폭을 광대역화 하였다. 이를 입증하기 위하여 기생 소자의 유무에 의한 특성을 비교하였고, 소형화를 위해 접지판의 크기를 변화하면서 특성을 비교하였다. 두 번째로 복사 소자에 저지 대역 특성을 갖는 U-Slot을 삽입하여 저지 대역 특성을 역으로 이용하여 대역폭 특성을 개선하였으며, 이를 입증하기 위하여 기존의 동일 크기를 갖는 프린트 모노폴 안테나와 U-Slot을 삽입한 프린트 모노폴 안테나의 특성을 비교하였다. 그리고 제안된 안테나를 설계 및 제작하고 복사 특성을 측정하여 제시된 안테나의 사용 가능성을 확인한다.

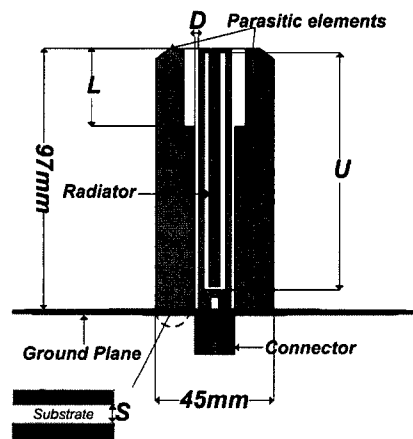
II. 안테나 구조 및 복사 특성

본 논문에서는 제시한 기생 소자를 이용한 프린트 모노폴 안테나의 광대역 특성을 확인하기 위하여 0.8~1.2 GHz에서 동작하는 안테나를 설계한다. 따라서 본 논문에서는 다양한 대역에 사용 가능한 광대역 안테나를 설계하기 위하여 다음과 같은 설계 사양을 결정하였다. 표 1은 본 논문에서 제작하고자 하는 안테나의 규격을 보여준다.

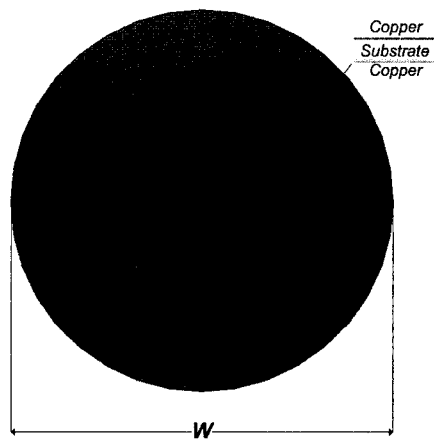
그림 1은 본 논문에서 제시한 개방형 기생 소자를 갖는 광대역 프린트 모노폴 안테나의 구조이다. 안테나는 U-Slot을 갖는 모노폴 형태의 복사 소자를 앞으로 삽입하고 안테나의 접지판의 크기를 $\lambda/2$ 가 아

표 1. 안테나 규격
Table 1. Antenna specification.

Polarization		Vertical
Frequency range [GHz]		0.8~1.2 GHz
Gain [dBi]		1.5 min
V.S.W.R		2:1 max
Input impedance [Ω]		50
HPBW	H-Plane	Omni-directional
	E-Plane	∞
Connector		N-type Female
Dimension [mm]		$\Phi 150 \times 97$



(a) 정면도
(a) Front view



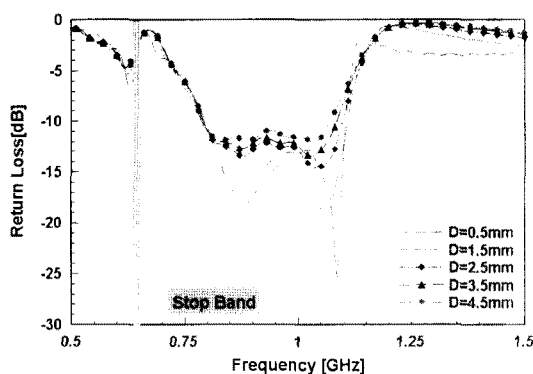
(b) 상측도
(b) Top view

그림 1. 프린트 모노폴 안테나 구조
Fig. 1. Printed monopole antenna structure.

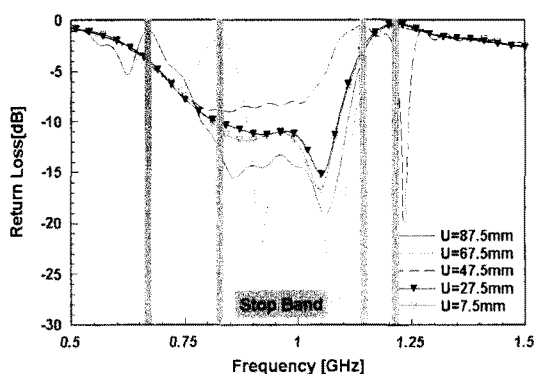
년 $\approx \lambda/2.5$ 의 크기를 갖도록 하였다. 또한, 안테나의 제작을 용이하게 하기 위하여 프린트 모노폴 안테나의 복사 소자는 두께 1.6 mm이고, 비유전율이 $\epsilon_r = 4.9$ 인 FR-4 양면 유전체 기판을 사용하였다. 접지판의 크기는 두께가 1.5 mm이고, 직경이 150 mm인 알루미늄 판을 사용하였다. 그림 1(가)에서와 같이 U-Slot을 갖는 복사부, 기생 소자부, 접지판, 콘넥터로 구성되어 있으며, 그림 1(가)에서 U 는 복사 소자의 U-Slot 길이, D 는 개방형 기생 소자와 복사 소자간의 간격, L 은 개방형 기생 소자의 Notch 길이이며, S 는 접지판과 복사 소자간의 간격이다. 그림 1(나)의 W 는 접지판의 직경이다.

여기서는 그림 1의 프린트 모노폴 안테나의 복사 소자의 특성을 도출하기 위하여 CST사의 MWS(Microwave Studio) 5.1 시뮬레이션 툴을 사용하였다. 그

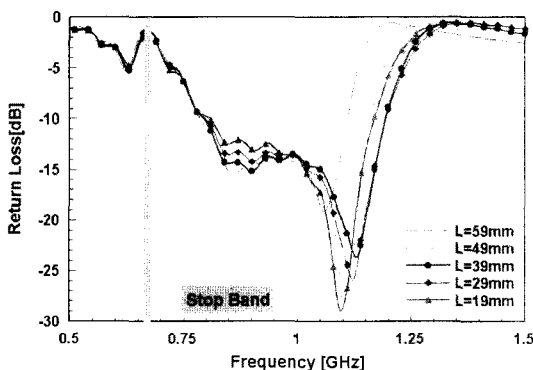
림 2(가)는 복사 소자의 U-Slot의 길이 $U=87.5$ mm, 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm일 때 복사 소자와 양옆의 기생 소자간의 간격 D 를 0.5 mm에서 4.5 mm 까지 1 mm씩 변화시키면서 계산한 반사 손실이다. D 의 간격이 넓어질수록 공진 주파수가 약간씩 하향 이동하면서 대역폭이 좁아지는 특성을 나타내며 반사 손실 또한 증가된다. 그림 2(나)는 복사 소자와 양옆의 기생 소자의 간격 $D=1.5$ mm, 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm일 때 복사 소자의 U-Slot 길이 U 를 87.5 mm에서 7.5 mm까지 20 mm씩 변화시키면서 계산한 반사 손실이다. U 의 Slot 길이가 줄어들수록 저지 대역 특성을 갖는 주파수가 상향 이동하게 된다. 이러한 Slot의 길이를 사용 주파수 대역의 $\lambda/2$ 이상이나 이하의 길이를 갖는 Slot을 이용하여 기존의 U-Slot이 갖는 저지 대역 특성이 아닌 반사 손실을



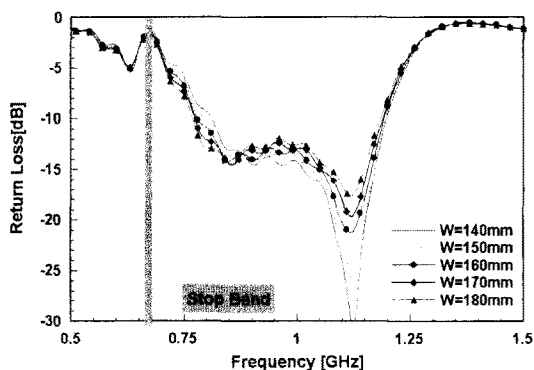
(a) D 변화에 따른 반사 손실
(a) Return loss for different D



(b) U 변화에 따른 반사 손실
(b) Return loss for different U



(c) L 변화에 따른 반사 손실
(c) Return loss for different L



(d) W 변화에 따른 반사 손실
(d) Return loss for different W

그림 2. 파라미터 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss with various values of parameter.

개선하거나 대역폭 특성을 개선하는 역할을 한다(그림 3(b) 참조). 그림 2(c)는 복사 소자와 기생 소자간의 간격 $D=1.5$ mm, U-Slot의 길이 $U=87.5$ mm일 때 기생 소자의 Notch 길이 L 을 59 mm에서 19 mm까지 10 mm씩 변화시키면서 계산한 반사 손실이다. L 이 감소할수록 상측 대역폭이 좁아지며 반사 손실이 증가된다.

그림 2(d)는 복사 소자와 기생 소자간의 간격 $D=1.5$ mm, U-Slot의 길이 $U=87.5$ mm일 때 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm일 때 반사판의 크기 W 가 140 mm에서 180 mm까지 10 mm씩 변화시키면서 계산한 반사 손실이다. W 가 증가할수록 하측 대역폭이 증가되며 반사판의 크기가 커질수록 상측 대역에서의 반사 손실이 증가된다.

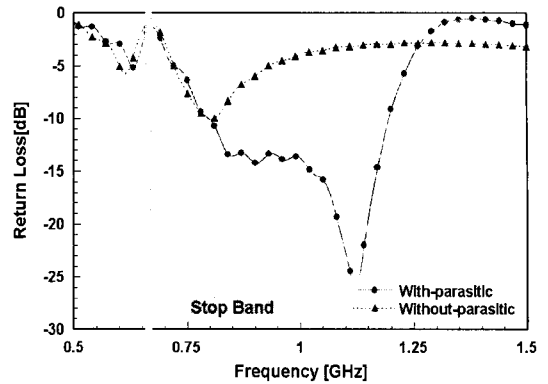
그림 3의 (a)는 복사 소자의 U-Slot의 길이 $U=87.5$ mm, 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm, 복사 소자와 양옆의 기생 소자의 간격 $D=1.5$ mm일 때 프린트 모노폴 안테나의 양옆에 있는 기생 소자의 유무에 의한 반사 손실을 비교한 것이다. 기생 소자의 유무에 의해 안테나의 공진 주파수의 변화폭이 큰 것을 알 수 있으며, 기생 소자에 의해 대역폭 및 반사 손실이 개선되며 광대역 특성을 나타낸다.

그림 3의 (b)는 복사 소자와 양옆의 기생 소자의 간격 $D=1.5$ mm, 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm일 때 복사 소자에 U-Slot의 유무에 의한 반사 손실을 비교한 것이다. U-Slot에 의해 하향 주파수 대역에 저지 대역 특성이 나타나며, 저지 대역 특성이 나타나면서 사용 대역에서의 반사 손실이 개선되었으며, 대역폭이(Return Loss=-10 dB 기준) 약 10 MHz 정도 개선이 되는 것을 알 수 있다.

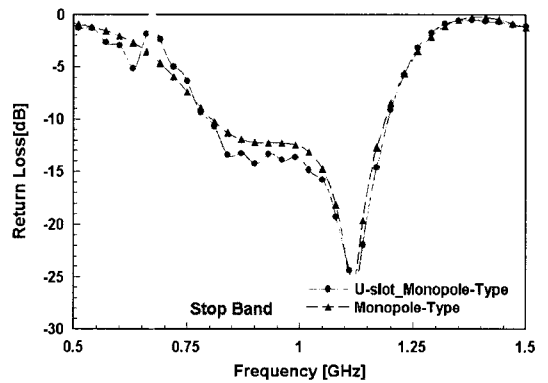
III. 제작 및 측정

여기서는 기생 소자를 이용한 광대역 프린터 안테나를 제작하고 복사 특성을 측정하여 제안된 안테나의 타당성을 검증한다. 그림 4는 주파수 0.8~1.2 GHz에서 VSWR 2:1 이하의 특성을 갖는 안테나로써 설계 및 제작된 안테나이며, 안테나의 최적화된 파라미터는 표 2와 같다.

U-Slot을 갖는 복사 소자와 기생 소자는 그림 2와 3의 계산에 사용된 동일한 기판으로써 두께 $T=1.6$



(a) 기생 소자에 따른 반사 손실
(a) Return loss as a function of parasitic elements



(b) 슬롯에 따른 반사 손실
(b) Return loss as a function of slot

그림 3. 반사 손실 비교
Fig. 3. Comparison of return loss.

표 2. 제작된 안테나의 최적화된 파라미터
Table 2. The optimized parameter of use proposed antenna.

T [mm]	L [mm]	D [mm]
1.6	29	1.5
U [mm]	S [mm]	W [mm]
87.5	1.5	150

mm, 비유전율 $\epsilon_r=4.9$ 의 FR-4 양면 기판으로 기생 소자의 Notch 길이 $L=29$ mm, 복사 소자와 기생 소자의 간격 $D=1.5$ mm이며, 모노폴의 복사 소자의 U-Slot의 길이 $U=87.5$ mm, 복사 소자와 접지판 간의 간격 $S=1.5$ mm, 접지판의 크기 $W=150$ mm를 갖는다.

그림 5는 제작된 안테나의 계산치와 측정치를 비교한 것이다. 반사 손실은 Agilent사의 8753D 네트워

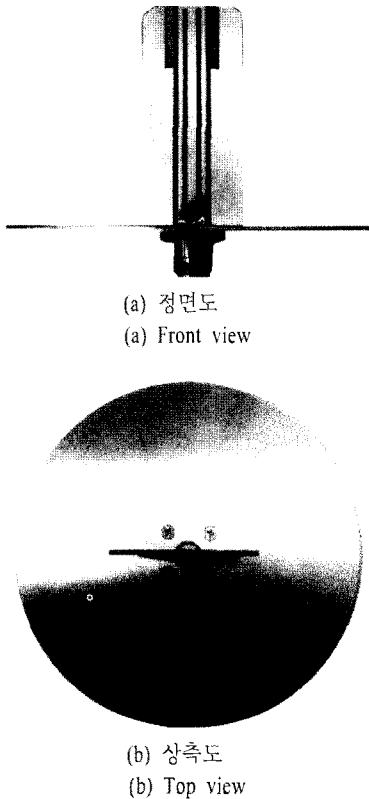


그림 4. 제작된 안테나
Fig. 4. Fabricated antenna.

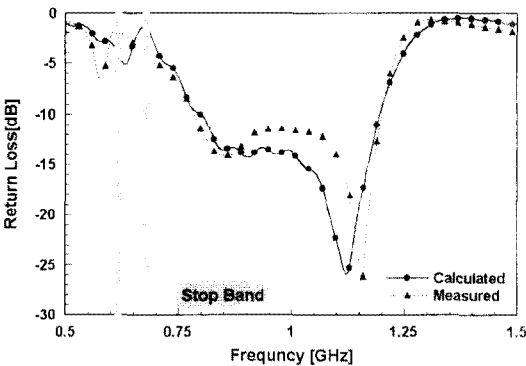


그림 5. 반사 손실 계산치와 측정치 비교
Fig. 5. Comparison of calculated and measured return loss.

크 분석기를 이용하여 무반사실에서 측정하였다. 그림 4에서 제작된 안테나의 반사 손실은 측정치가 계산치에 비해 중심 주파수가 약간 상향 이동하였으며, 하측 주파수 대역의 저지 대역 특성 또한 약 75 MHz 정도 하향 이동하였으나 계산치와 유사한 반사

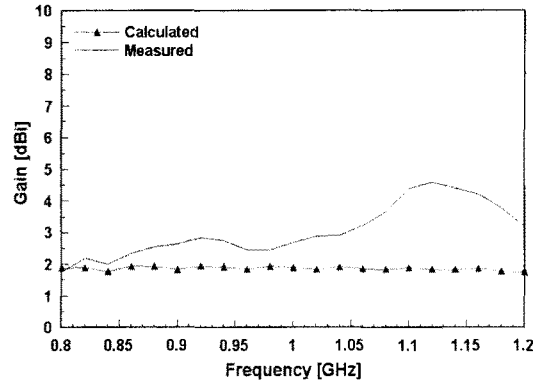


그림 6. 안테나 이득
Fig. 6. Antenna gain.

손실 특성을 가지며, 제안한 주파수 대역인 0.8~1.2 GHz에서 설계 목표치인 VSWR 2:1 이하를 충분히 만족하고 있다. 그림 6은 제작된 안테나의 이득으로 계산치와 측정치를 비교한 것이다. 이득 측정은 무반사실에서 이루어졌으며, 그림에서 보는 것과 같이 이득의 계산치는 1.7~1.9 dBi이고, 측정치는 1.7~4.6 dBi이다. 측정치의 전력 이득은 계산치의 이득값을 만족하며 높은 주파수쪽으로 올라갈수록 이득이 증가한다. 이는 측정 환경 및 측정 오차에 의한 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 논문에서는 기생 소자를 갖는 광대역 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 접지판의 크기를 $\lambda/2.5$ 이하로 하여 안테나의 크기를 소형화 하였다. 이 구조에 안테나의 광대역화 하고자 동일한 높이를 갖는 기생 소자를 양옆에 삽입하여 약 40%의 대역폭을 갖는 광대역 안테나를 설계하였다. 또한, 복사 소자의 U-Slot의 길이를 사용 주파수 대역의 $\lambda/2$ 이상이나 이하의 길이를 갖는 Slot을 삽입하여 기존의 U-Slot을 삽입하여 저지 대역 특성을 갖는 UWB 안테나의 특성을 이용하여 광대역 모노폴 안테나의 대역폭 특성을 좀 더 개선하였고, 대역폭(Return Loss=-10 dB 기준)은 약 10 MHz 정도 개선하였다. 설계된 안테나는 복사 소자를 유전체 양면 기판을 이용하여 제작이 용이하도록 하였다. 측정 결과, 0.8~1.2 GHz 대역에서 VSWR 2:1 이하를 만족

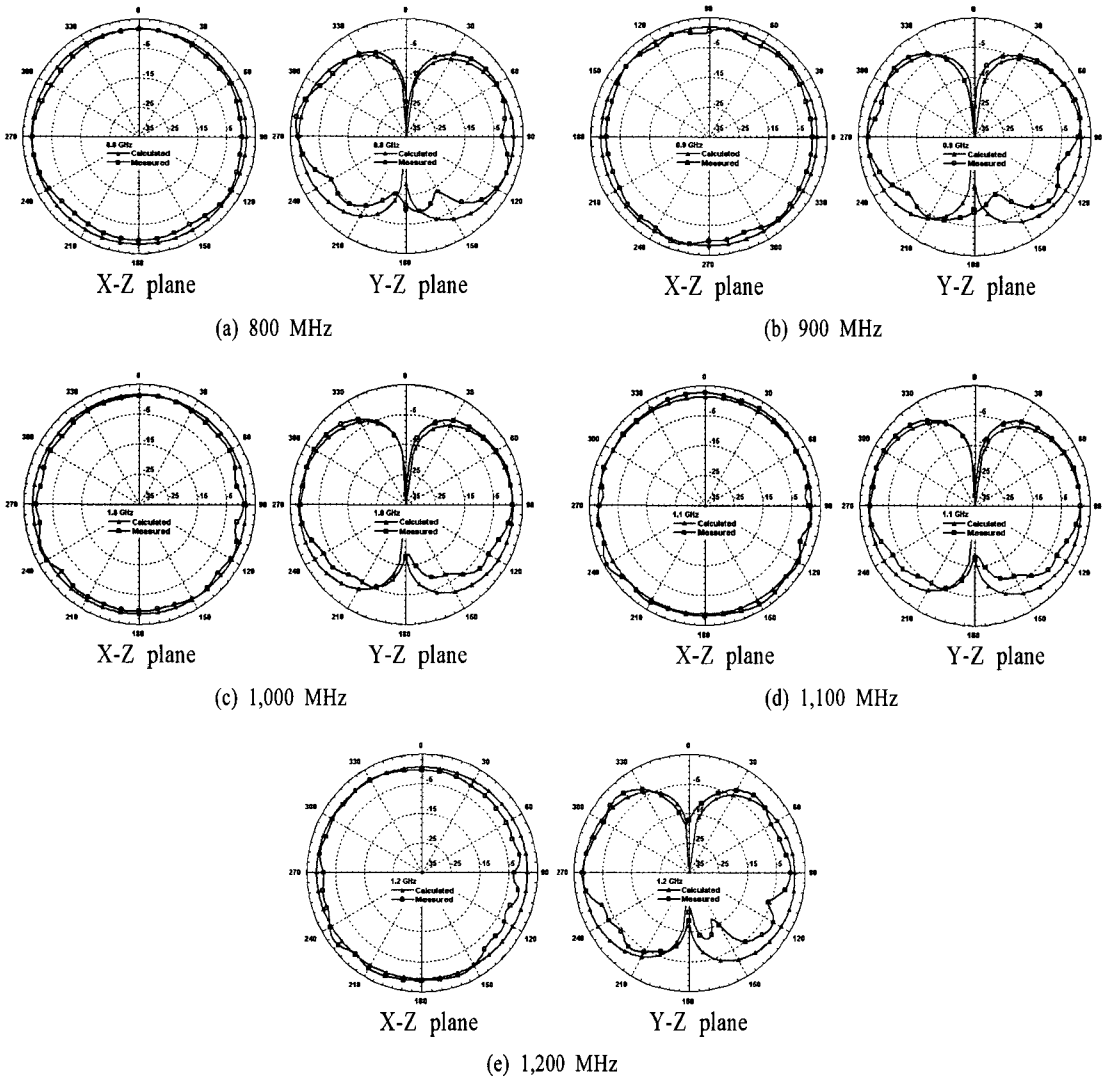
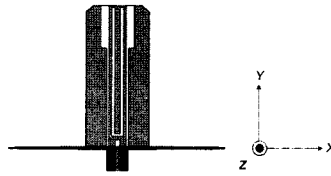


그림 7. 복사 패턴
Fig. 7. Radiation pattern.

하며, 안테나의 복사 패턴은 수평면에서 모노폴 안테나와 같은 전방향성, 수직면에서는 8자 형태의 복사 특성을 갖는다.

안테나 이득은 측정치 1.7~4.6 dBi(계산치:1.7~1.9 dBi)로 나타났다. 이로써 본 논문에서는 제시한 안테나의 주파수 대역(TRS-800, CDMA, GSM-900)을

동시에 만족하는 기생 소자를 갖는 광대역 모노폴 안테나로써 잘 부합하며 향후 광대역 무선 이동 통신 중계기용 안테나로 널리 사용될 것으로 생각되며, 향후 연구 방향으로는 제안된 안테나의 대역폭 특성을 개선한 이동 통신 전대역(0.8~3 GHz)에서 사용 가능한 초광대역 안테나에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory-Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Ch. 9, 1997.
- [2] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, Ch. 10, 1998.
- [3] K. Fujimoto, J. R. James, *Mobile Antenna Systems Handbook*, Artech House, 1994.
- [4] John D. Kraus, *Antennas*, McGraw-Hill, Ch. 21, 1988.
- [5] 최학근, 서승엽, "광대역 십자형 모노폴 안테나의 설계", 한국전자과학회논문지, 16(7), pp. 768-775, 2005년 7월.
- [6] 서승엽, 최학근, "프린트 슬리브 모노폴 안테나의 설계 및 복사 특성", 한국전자과학회논문지, 16(9), pp. 926-931, 2005년 9월.
- [7] IEIC Japan, *Antenna Engineering Handbook*, Tokyo Japan, Ohm-sha Co., pp. 319-328, 1980.
- [8] T. L. Simpson, "The theory of top - loaded antenna integral equations for the current", *IEEE Trans. Antenna Propagation AP-19*, pp. 186-190, 1971.
- [9] M. J. Ammann, "Square planar monopole antenna", *Antenna & Propagation, IEE National Conference*, pp. 37-40, 1999.
- [10] N. P. Agrawal, G. Kumar, and K. P. Ray, "New wide-band monopole antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society, International Digest*, vol. 1, pp. 248-251, 1997.
- [11] Y. Kim, D. H. Kwon, "CPW-fed planar ultra wide-band antenna having a frequency band notch function", *IEE Electronic Letters*, vol. 40, pp. 403-405, Apr. 2004.
- [12] A. Kerkhoff, H. Ling, "Design of a planar monopole antennas for use with ultra-wide band(UWB) having a band-notched characteristic", *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 830-833, Jun. 2003.
- [13] A. Kerkhoff, H. Ling, "A parametric study of band-notched UWB planar monopole antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2, pp. 1768-1771, Jul. 2004.
- [14] H. Schantz, G. Wolenc, and E. Mysza, "Frequency notched antennas", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, Reston, VA, pp. 214-218, Nov. 2003.

서 승 엽



2003년 2월: 한국산업기술대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 8월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 2월~2006년 1월: (주)하이게인 안테나 주임연구원
 2006년 2월~현재: (주)EMW 안테나 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RFID

이 윤 복



2003년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학석사)
 2005년 7월~현재: (주)EMW 안테나 주임연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RFID

양 묘 근



1995년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 2월~현재: (주)EMW 안테나 수석연구원
[주 관심분야] 소형안테나

성 원 모



1995년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
1998년 6월~현재: (주)EMW 안테나

연구소장
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석