

# U자형 패치 라인과 사각 패치를 결합한 삼중 대역 평면형 모노폴 안테나 설계 및 제작

## The Design and Fabrication of the Triple-Band Planar Monopole Antenna for Coupled U Patch Line and Rectangular Patch

이 성 훈 · 이 승 우 · 김 남

Sung-Hun Lee · Seung-Woo Lee · Nam Kim

### 요 약

본 논문에서는 다중 대역 서비스를 위한 평면형 모노폴 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 얻기 위해 모노폴 안테나를 기반으로 한 사각 패치 안테나에 U자형 슬릿을 부설하였으며, 안테나의 크기를 소형화시켰다. 다양한 설계 파라미터들을 이용하여 주파수 특성을 최적화하였으며, 해당 주파수 대역을 만족시키기 위하여 변형된 U자형의 슬릿과 U자형의 패치 라인을 사용하였다. 또한, 휴대폰 안테나의 실장 환경을 고려한 35×50×1 mm<sup>3</sup> 크기의 기판에서 안테나 부분의 크기는 35×27 mm<sup>2</sup>이고, 비유전율 4.4인 FR-4 기판 위에 설계되어졌으며, 급전은 임피던스 50 Ω의 마이크로스트립 선로를 사용하였다. 측정 결과, 반사 손실 -10 dB를 기준으로 대역폭은 790~916 MHz, 1.74~2.14 GHz와 2.36~3.13 GHz로 측정되었다. 따라서 제작된 안테나는 GSM/DCS/US-PCS/UMTS/Bluetooth/S-DMB 등의 대역을 만족시키며, 휴대 통신 기기의 내장형 안테나에 응용하기 적합하게 구현되었다.

### Abstract

In this paper, the planar monopole antenna for multi-band service is proposed. The proposed antenna, which is a rectangular patch antenna with a U-shaped slit based on a monopole antenna for wide bandwidth characteristic, is designed and analyzed. The antenna size has been miniaturized by using the U-shaped slit. The frequency characteristics are modified and optimized by varying specific parameters. To obtain desired frequency bands, the U-shaped slit and patch lines have been applied. Whole antenna dimensions including the ground plane are 35×50×1 mm<sup>3</sup>, and the antenna part size is 35×27 mm<sup>2</sup>. It is fabricated on the FR-4 substrate ( $\epsilon_r=4.4$ ) using a microstrip line of 50 Ω for impedance matching. For the measured results, the impedance bandwidth below a VSWR of 2 is 790~916 MHz, 1.74~2.14 GHz, and 2.36~3.13 GHz. The fabricated antenna is satisfied with the aimed impedance bandwidth in GSM/DCS/US-PCS/UMTS/Bluetooth/S-DMB applications.

Key words : Multi-Band, U-Slit, Planar Monopole Antenna, Internal Antenna

### I. 서 론

최근 무선 통신 기술의 급속한 발전으로 휴대용 단말기의 다양한 서비스가 활성화 되었고, 이에 따

「이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2010).」

충북대학교 정보통신공학부(School of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University)

· 논문 번호 : 20110503-035

· 교신저자 : 김 남(e-mail : namkim@chungbuk.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 8월 9일

라 단지 음성 기능뿐만 아니라 데이터, 동영상 등 다양한 서비스가 가능한 다중 대역 혹은 광대역으로 동작할 수 있는 안테나의 개발이 요구되고 있다.

최근에는 휴대용 단말기의 기능은 물론이고, 외형적으로도 기존의 외장형 안테나 단말기보다 휴대용 단말기 내부에 얇고 가벼운 소형의 디자인으로 다중 대역 서비스가 가능한 내장형 안테나의 연구가 활발히 진행되고 있다.

이동 통신 단말기 내장형 안테나에 적합한 기본적인 구조에는 칩 안테나, PIFA(Planar Inverted F Antenna), 평면형 모노폴 안테나 등이 있다. 칩 안테나는 소형화의 장점이 있지만, 충격에 약하고 제작 비용이 높으며 협대역 특성을 갖는 단점이 있다. PIFA 안테나는 소형·경량이면서 제작이 쉽고 안테나의 특성이 우수하다는 장점을 가지고 있지만, 안테나의 높이가 매우 높으며, 안테나의 높이가 낮아질수록 커패시턴스의 성분이 감소해 대역폭이 좁아지는 특성이 있기 때문에, 안테나의 높이를 줄일 경우, 협대역 특성을 갖는 단점이 있다. 평면형 모노폴 안테나는 제작이 용이하고, 인쇄 회로 기술에 의한 대량 생산이 가능하므로 휴대용 단말기용 안테나로 적합한 안테나지만, 공진이 일어나기 위해서는  $\lambda/4$  파장이 필요하며, 임피던스 대역폭이 협대역이기 때문에 안테나의 크기를 줄이기 위해 유전율이 높은 기판을 사용하는 방법, 적층하는 방법, 구조를 변형시키는 방법 등이 연구되고 있다<sup>[1],[2]</sup>.

본 논문에서 제안된 안테나는 구조를 변화시킨 U자형 라인의 안테나와 U자형 안테나의 내부에 사각 패치 안테나 구조를 이용하여, GSM(Global System for Mobile Communication, 824~960 MHz), DCS(Digital Cellular System, 1,710~1,880 MHz), US-PCS(United States Personal Communication System, 1,850~1,990 MHz), UMTS(Universal Mobile Telecommunications System, 1,920~2,170 MHz), Bluetooth(2,400~2,480 MHz), S-DMB(Satellite Digital Multimedia Broadcasting, 2,630~2,650 MHz) 6개 대역에서 사용이 가능한 평면형 모노폴 안테나를 설계 제작하였다.

2장에서는 제작한 안테나의 이론과 안테나의 구조를 보여주고, 3장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 각 파라미터의 특성과 측정 결과를 보여주었다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시하였다.

## II. 안테나 이론 및 구조

### 2-1 안테나의 이론

안테나를 설계하기 위해서 평면형 모노폴 안테나의 공진이 일어나기 위한  $\lambda/4$  길이와 패치의 폭과 길이를 알아야 한다. 다음은 폭과 길이의 공식이다.

마이크로스트립 패치 안테나를 설계하기 위해 설계 폭  $W$ 는

$$W = \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

이 된다. 여기서  $c$ 는 광속도,  $f_r$ 은 안테나의 공진 주파수,  $\epsilon_r$ 은 유전율이다. 공기층을 고려하여 실효 유전율( $\epsilon_{re}$ )을 도입하며, 실효 유전율  $\epsilon_{re}$ 은  $W/h > 1$ 인 경우,

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

으로 나타낼 수 있다. 여기서 누설 전자장이 없는 이상적인 경우로 만들기 위해서  $\Delta L$ 만큼 길이를 보상해야 하며,  $\Delta L$ 는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{re} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실효 유전율  $\epsilon_{re}$ 와 보상한 길이  $\Delta L$ 에 의해 방사체 길이  $L$ 은

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} = -2\Delta L \quad (4)$$

이 된다. 사각형 공진 패치의 경우 길이  $L$ 은 일반적으로  $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다<sup>[3]</sup>.

### 2-2 안테나의 구조

본 논문에서 제안된 안테나는 일반적인 평면형 모노폴 안테나와 같이 급전 선로와 방사 패치가 유전체의 동일한 평면 위에 존재하며, 유전체의 반대쪽에 그라운드 평면이 존재하는 구조이다. 평면형 모노폴 안테나는 공진이 일어나기 위해서 공진 주파수의  $\lambda/4$ 의 길이가 필요하기 때문에 안테나의 크기가 크다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 1에서와 같이 구조를 변화시킨 U자형

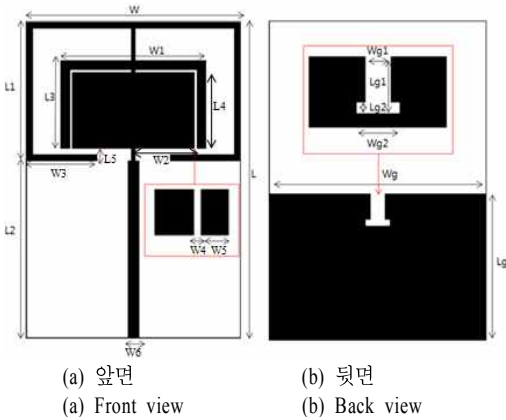


그림 1. 제안된 평면형 모노폴 안테나의 구조  
 Fig. 1. Structure of the proposed planar monopole antenna.

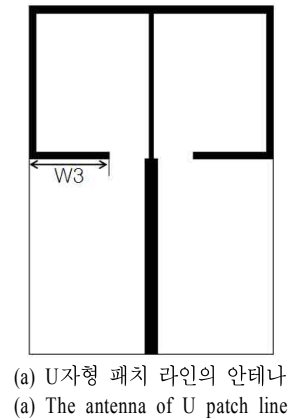
안테나를 사용하여 효과적으로 안테나의 면적을 최소화시켰으며, 다중 대역 서비스의 특성을 얻기 위하여 사각 패치 내부에 U자형 슬릿을 부설하였다. 또한 그라운드에 대역폭 향상과 임피던스 매칭의 향상 효과를 위해 T자형 슬롯을 부설하였다<sup>4)</sup>.

그림 1은 제안된 안테나를 보여준다. 전체적인 크기는  $35 \times 50 \times 1 \text{ mm}^3$ 이고, 기판은 유전율 4.4인 FR-4 기판을 사용하였으며, 앞면에  $35 \times 27 \text{ mm}^2$ 의 안테나 패치와 뒷면에  $35 \times 23 \text{ mm}^2$  접지면 패치로 이루어져 있다.

### III. 안테나 설계 및 측정

#### 3-1 안테나의 설계

제안한 안테나의 설계 및 해석을 위하여 상용 EM 시뮬레이터인 SPEAG사의 SEMCAD-X를 사용하였다. 그림 2는 목표로 하는 주파수의 최저 주파수 대역을 확인하기 위하여 변형된 U자형 라인의 안쪽에 있는 사각 패치가 존재하지 않을 때의 결과를 보여주고 있으며, 정확한 분석을 위하여 0~2 GHz 대역의 특성 결과를 보여주고 있다. 그림 2에서 제시한 것과 같이 U자형 라인의 전기적 길이( $W_3$ )의 변화에 따라서 공진 주파수의 변화를 확인할 수 있는데, 전기적 길이가 증가할수록 공진 주파수가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 그림 3과 그림 4는 다중 대역 서비스의 특성을 얻기 위하여 결합한 사각 패치



(a) U자형 패치 라인의 안테나  
 (a) The antenna of U patch line

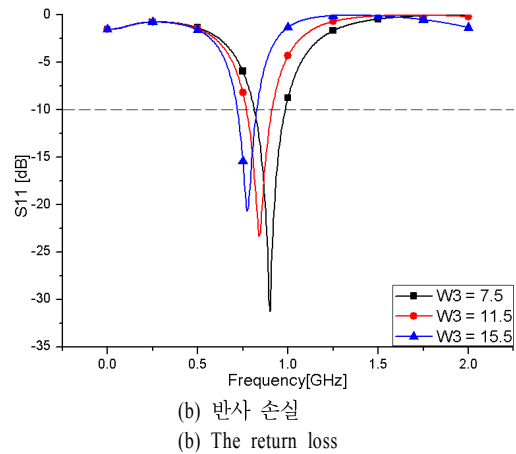
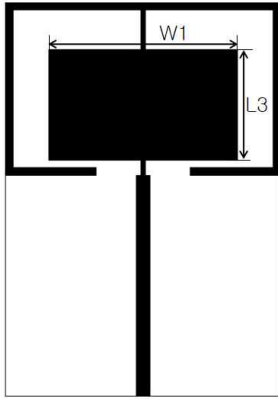
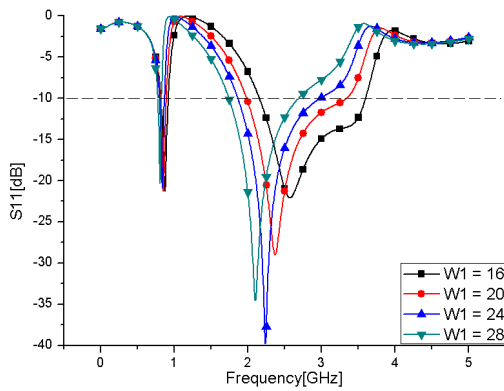


그림 2. 변수  $W_3$  길이 변화에 따른 반사 손실  
 Fig. 2. The return loss variation of  $W_3$  length.

에 크기의 변화에 따른 바깥쪽의 U자형 라인의 안테나와의 간섭을 알아보기 위한 파라미터이다. 그림 3은 사각 패치의 가로 길이( $W_1$ )의 변화에 따른 결과를 보여주고 있으며, 사각 패치의 가로 길이( $W_1$ )가 증가할수록 2~3.5 GHz의 공진 주파수가 전체적으로 낮아지며, GSM 대역의 공진 주파수가 사각 패치의 간섭에 의하여 협대역으로 변하게 된다. 그림 4는 최적화한 사각 패치의 가로 길이( $W_1$ )를 24 mm로 고정하고, 사각 패치의 세로( $L_3$ )의 길이에 변화에 따른 결과를 보여주고 있다. 사각 패치의 세로 길이( $L_3$ )가 증가할수록 2~3.5 GHz의 공진 주파수는 미세하게 변하지만 GSM 대역은 사각 패치의 간섭에 의하여 공진 주파수의 대역폭이 증가하고 대역이 이동한다. 이 결과로 두 개의 변수인 사각 패치의 가로 길



(a) U자형 패치 라인과 사각 패치를 결합한 안테나  
 (a) The antenna for combined U patch line and rectangular patch



(b) 반사 손실  
 (b) The return loss

그림 3. 변수  $W_1$  길이 변화에 따른 반사 손실  
 Fig. 3. The return loss variation of  $W_1$  length.

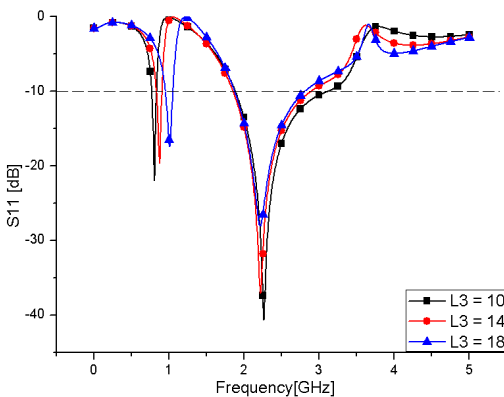
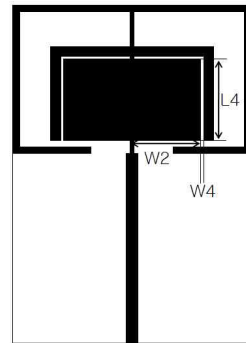


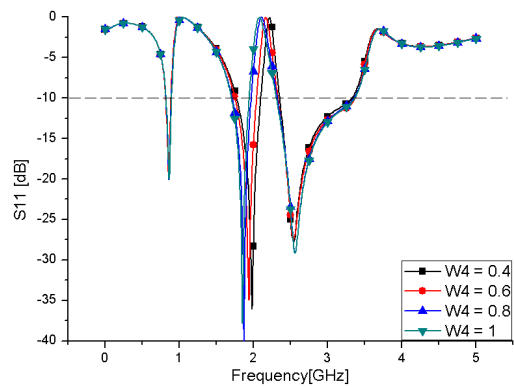
그림 4. 변수  $L_3$  길이 변화에 따른 반사 손실  
 Fig. 4. The return loss variation of  $L_3$  length.

이( $W_1$ )와 사각 패치의 세로 길이( $L_3$ )는  $24 \times 14 \text{ mm}^2$ 의 이상의 길이에서는 저주파 대역에 크게 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 사각 패치 내부에 U자형 슬릿을 부설하여 안테나의 방사 도체 상의 전류 경도를 두 곳으로 나눔으로써 공진 주파수의 대역을 두 곳으로 나누며, 1.5~3.5 GHz 주파수 대역이 증가하게 된다. 또한, U자형 슬릿의 간격( $W_4$ )의 길이가 줄어들면 두 곳으로 나누어진 공진 주파수에 2 GHz 대역의 공진 주파수가 증가하지만 GSM 대역과 2.3 GHz 이상의 주파수는 변화가 미세하기 때문에 U자형 슬릿의 간격 길이( $W_4$ )의 변화로 원하는 주파수 대역의 조정이 가능하다. 또한, 그림 6과 그림 7은 U자형 슬릿의 가로 길이( $W_2$ )와 세로 길이( $L_4$ )의 변화를 나타내고 있다. 그림 6은 U자형 슬릿의 가로 길이( $W_2$ )의 변화의 따른



(a) U자형 슬릿을 부설한 안테나  
 (a) The antenna with U-slit



(b) 반사 손실  
 (b) The return loss

그림 5. 변수  $W_4$  길이 변화에 따른 반사 손실  
 Fig. 5. The return loss variation of  $W_4$  length.

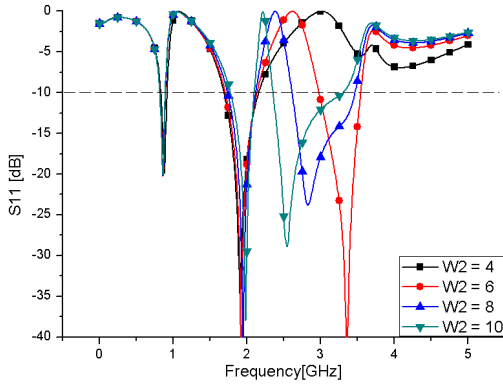


그림 6. 변수  $W_2$  길이 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 6. The return loss variation of  $W_2$  length.

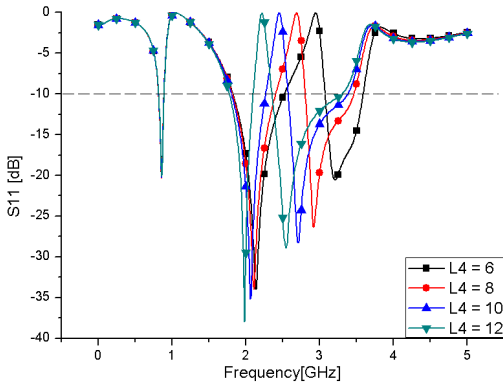


그림 7. 변수  $L_4$  길이 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 7. The return loss variation of  $L_4$  length.

결과로 U자형 슬릿의 가로 길이( $W_2$ )가 증가할수록 내부에 사각 패치의 면적이 감소하게 되며, 이로 인하여 2.3 GHz 이상의 고주파 대역의 대역폭이 감소하면서 공진 주파수는 증가하게 된다. 그림 7은 최적화한 U자형 슬릿의 가로 길이( $W_2$ )를 10 mm로 고정하여 U자형 슬릿의 세로 길이( $L_4$ )의 변화를 나타내고 있다. U자형 슬릿의 세로 길이( $L_4$ )가 감소할수록 가로 길이( $W_2$ )와 같이 내부 사각 패치의 면적이 감소하게 되면서 앞에 결과와 같이 고주파 대역의 대역폭이 감소하고, 공진 주파수는 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 이 결과로 인해 U자형 슬릿의 위치에 따라 원하는 주파수 대역의 조정이 가능함을 확인할 수 있었다.

T자형 슬릿이 존재할 때 대역폭의 향상과 임피던스 매칭 특성 향상을 기대하였지만 3 GHz 이하의 주

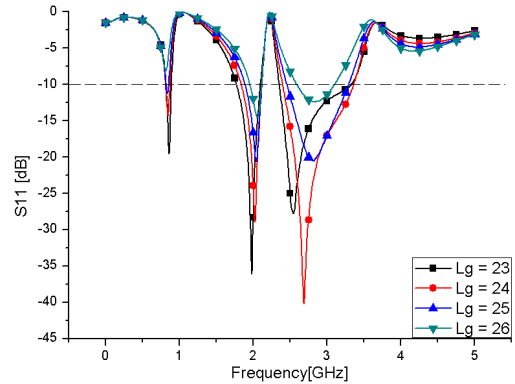


그림 8. 변수  $L_g$  길이 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 8. The return loss variation of  $L_g$  length.

파수 대역에서의 특성 향상은 200~300 Hz로 미미한 정도였다. 이는 T자형 슬릿의 파라미터 변화에 따른 특성 변화를 확인해 보면 설계한 안테나와 같이 접지면의 슬릿을 사용하게 되면 3 GHz 이하의 주파수 대역보다 4 GHz 이상의 주파수 대역의 특성이 변화가 더 크다는 것으로 설명된다.

그림 8은 접지면에 높이( $L_g$ )에 따른 특성의 확인하기 위한 변수로서 접지면에 높이( $L_g$ )가 증가할수록 안테나부와 간격이 줄어들면서 접지면과 안테나부의 간섭으로 인하여 전반적인 모든 대역의 특성이 저하하는 것을 확인할 수 있으며, 접지면에 높이( $L_g$ )가 23 mm일 때 최적화된 결과를 나타내고 있다. 이러한 최적의 결과를 바탕으로 하여 실제 안테나에 적용된 세부 파라미터는 표 1과 같다. 최적화하여 계산한 결과의 공진 주파수 대역은 820~900 MHz, 1.75~2.11 GHz, 2.36~3.35 GHz의 삼중 대역의 특성을 나타냈으며, GSM/DCS/US-PCS/UMTS/Bluetooth/S-D MB 대역을 포함하는 결과를 확인할 수 있었다.

### 3-2 안테나의 제작 및 측정

그림 9은 표 1의 최적화한 파라미터를 이용하여 실제 안테나를 제작한 사진이며, 그림 10은 제작된 안테나의 계산치와 측정치를 비교한 그래프이다. 측정 결과, 공진 주파수 대역은 반사 손실 -10 dB를 기준으로 790~916 MHz, 1.74~2.14 GHz, 2.36~3.13 GHz의 삼중 대역의 특징을 확인하였다. 이 결과는

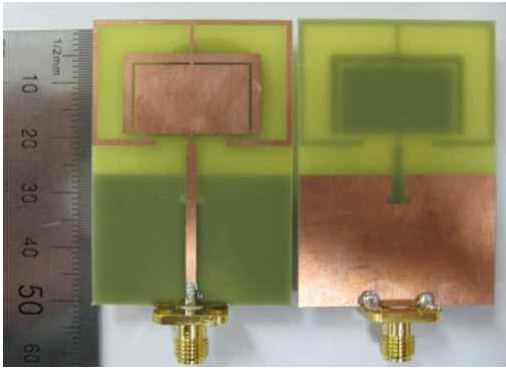


그림 9. 제작된 안테나의 사진  
Fig. 9. Photograph of the fabricated antenna.

표 1. 제안된 안테나의 최적화된 파라미터  
Table 1. Optimized parameters for the proposed antenna.

Parameter	Length(mm)	Parameter	Length(mm)
$W$	35	$L$	50
$W_1$	24	$L_1$	22
$W_2$	10.1	$L_2$	28
$W_3$	11.5	$L_3$	13.9
$W_4$	0.4	$L_4$	12
$W_5$	1.5	$L_5$	1
$W_6$	1.8	$L_g$	23
$W_g$	35	$L_{g1}$	5
$W_{g1}$	2.4	$L_{g2}$	1
$W_{g2}$	4		

계산된 결과와 유사한 특성을 나타냈으며, 두 결과 모두 GSM/DCS/US-PCS/UMTS/Bluetooth/S-DMB의 대역을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

그림 11은 제작된 안테나의 방사 패턴을 확인할 수 있으며, 각각의 대역의 중심 주파수를 고려하여 850 MHz, 1.8 GHz, 1.9 GHz, 2 GHz, 2.4 GHz, 2.6 GHz의 방사 패턴을 측정한 그림이다. 제안된 안테나의 방사 패턴은 850 MHz에서는 모노폴 안테나의 H-plane 특성인 전방향성과 유사한 패턴을 보이지만 1.8 GHz, 1.9 GHz, 2 GHz, 2.4 GHz, 2.6 GHz의 방사 패턴에서는 변화가 크게 나타나고 있다. 하지만 대체로 일정한 패턴이기 때문에 이동 통신을 사용함에 있어서 송수신이 어느 위치에서도 가능할 것으로 예

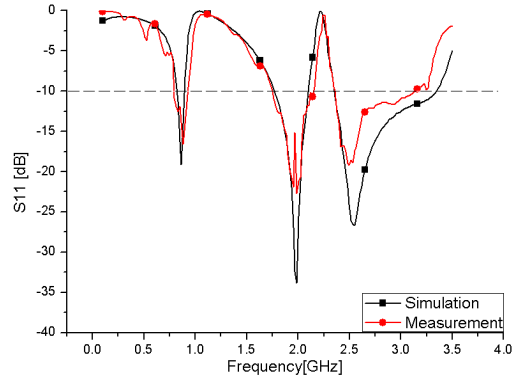


그림 10. 최적화된 안테나의 계산치와 측정치의 반사 손실 비교  
Fig. 10. Comparison of the simulated and measured return loss.

상된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서 제안된 안테나는 다중 대역 서비스를 위한 평면형 모노폴 안테나를 제작하였다. 다중 대역 서비스의 특성을 얻기 위하여 구조를 변형한 U자형 라인의 안테나와 사각 패치 안테나에 U자형 슬릿을 부설한 모노폴 안테나이며, 대역폭에 향상과 그라운드 매칭 효과 향상을 위해 그라운드에 T 슬릿을 부설한 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 안테나의 측정 결과를 보면 공진 주파수 대역은 반사 손실 -10 dB를 기준으로 790~916 MHz, 1.74~2.14 GHz, 2.36~3.13 GHz의 삼중 대역의 특징을 확인하였다. 이 결과로 GSM/DCS/US-PCS/UMTS/Bluetooth/S-DMB의 6개 응용 서비스 대역을 만족하였다. 따라서 본 논문에 제작된 안테나는 차후 폴더 형태와 바 형태를 이용하여 전자파 인체 흡수율(SAR)의 측정을 통하여 인체에 미치는 영향을 연구할 것이다.

#### 참 고 문 헌

[1] 이호민, 이승우, 김남, "Z자형 패치를 갖는 광대역 평판형 모노폴 안테나 설계 및 SAR 해석", 한국전자과학회논문지, 18(12), pp. 1391-1401, 2007년 12월.  
[2] 박진원, 조태준, 문병인, 이홍민, "5중 대역 서비



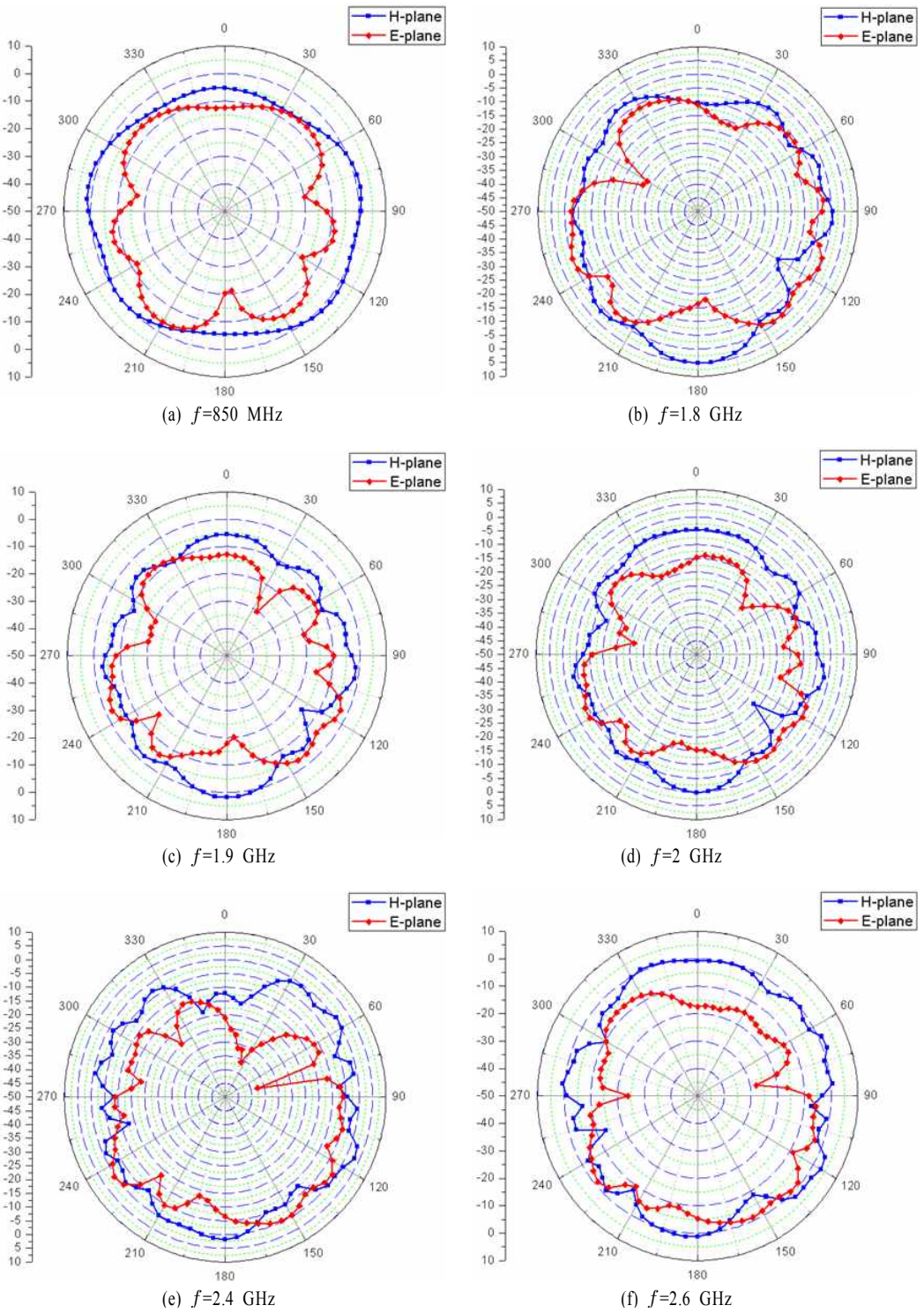


그림 11. 측정된 방사 패턴  
 Fig. 11. Measured radiation patterns.

스를 위한 삼각 패치 결합 구조의 모노폴 안테나", 한국전자과학회논문지, 21(2), pp. 136-142, 2010년 2월.

[3] 김훈, 조성식, 임태균, 장은실, 박세필, 김갑기, "UWB 원형 슬롯 패치 안테나의 설계", 한국정보기술학회논문집, pp. 201-204, 2010년 5월.

[4] M. Ojaroudi, S. Yazdanifard, N. Ojaroudi, and M. Naser Moghaddasi, "Small square monopole antenna with enhanced bandwidth by using inverted T-shaped slot and conductor-backed plane", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 2, pp. 670-674, Feb. 2011.

[5] 김남, 박상명, 김종면, "이중 대역 스파이럴 평면형 모노폴 안테나 설계 및 SAR 분석", 한국전자과학회논문지, 18(12), pp. 1370-1382, 2007년 12월.

[6] S. Kashiwara, F. Kuroki, "J-shaped monopole antenna array as an antenna for terrestrial digital broadcasting at UHF band", *IEEE MTT-S International Microwave Symposium 2009*, pp. 293-296, Jun. 2009.

[7] Y. -W. Jang, H. -C. GO, "Multi-band modified fork-shaped microstrip monopole antenna with ground plane including dual-triangle portion", *Electronics Letters*, vol. 40, no. 10, pp. 575-577, May 2004.

[8] L. Ma, R. M. Edwards, S. Bashir, and M. I. Khatkhat, "A wearable flexible multi-band antenna based on a square slotted printed monopole", *Loughborough Antennas and Propagation Conference 2008*, pp. 345-348, Mar. 2008.

[9] Zengrui Li, Zhonglin Li, Junhong Wang, and Qingxin Guo, "A novel multi-band planar monopole antenna for mobile handsets", *International Conference on Microwave Technology and Computational Electromagnetics*, pp. 25-28, Nov. 2009.

[10] Chih-Chiang Chen, C. -Y. -D. Sim, and Fu-Syuan Chen, "A novel compact quad-band narrow strip-loaded printed monopole antenna", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, pp. 974-976, 2009.

[11] Y. Kimura, Y. Ebine, and T. Imai, "Multi-band printed monopole antenna for ubiquitous module in mobile station", *The Second European Conference on Antennas and Propagation 2007*, pp. 1-6, Nov. 2007.

[12] Chih-Hua Chang, Kin-Lu Wong, "Printed  $\lambda/8$ -PIFA for penta-band WWAN operation in the mobile phone", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 57, no. 5, pp. 1373-1381, May 2009.

[13] K. Seol, J. Jung, and J. Choi, "Multi-band monopole antenna with inverted U-shaped parasitic plane", *Electronics Letters*, vol. 42, no. 15, pp. 844-845, Jul. 2006.

이 성 훈



2009년 2월: 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 2009년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 SAR 분석, 전자파

이 승 우



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



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 생체관계위원회 위원장

2000년~현재: 한국전자과학회 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 인체 보호 규격