

5중 대역 서비스를 위한 삼각 패치 결합 구조의 모노폴 안테나

Monopole Antenna with a Triangular Patch Structure for Penta-Band Service

박진원 · 조태준 · 문병인* · 이홍민

Jin-Won Park · Tae-June Cho · Byong-In Moon* · Hong-Min Lee

요 약

본 논문에서는 5중 대역 서비스를 위한 삼각 패치 모노폴 안테나가 제안되어졌다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 얻기 위해 모노폴 안테나를 기반으로 한 패치 안테나에 슬릿을 부설하였으며 안테나의 크기를 소형화시켰다. 또한, 휴대폰 안테나의 실장 환경을 고려한 35 mm×75 mm 크기의 기판에서 안테나 부분의 크기는 35 mm×20 mm이고 FR-4(비유전율: 4.4, 기판 두께: 1 mm) 기판 위에 설계되었으며, 급전 구조에는 임피던스 50 Ω의 마이크로스트립 선로를 사용하였다. 측정 결과, 제작된 안테나는 GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth 대역에서 임피던스 대역폭(VSWR≤3)을 만족하였으며, 공진 주파수는 0.92, 1.97, 2.45 GHz이며, 평균 이득은 각각 -2.18, -0.66, -0.58 dBi이고, 안테나의 방사 효율은 각각 60, 85, 87 %이다. 따라서 제작된 안테나는 GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth 등의 대역을 만족시키며 각각의 통신 대역 내에서 좋은 특성을 나타내므로 이동 통신 소형 모바일 기기에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

In this paper, the microstrip antenna for penta-band service is proposed. It is designed for a wide band characteristic based on a monopole line combined with a triangular patch structure which has two slits. Total antenna size is 35 mm×20 mm and it was fabricated on FR-4 substrate($\epsilon_r=4.4$) which has 35 mm×75 mm×1 mm size and a microstrip line with impedance 50 ohm is used. Experimental result shows the impedance bandwidth(VSWR≤3) of the proposed antenna operated within GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth frequency band. The resonance frequency of the proposed antenna is 0.92, 1.97, 2.45 GHz and the average gain is -2.18, -0.66, -0.58 dBi. Also, the radiation efficiency is 60, 85, 87 %. The fabricated antenna is satisfied with the aimed impedance bandwidth (VSWR≤3) in GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth frequency band.

Key words : GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth, Patch Antenna, Penta-Band

I. 서 론

최근 무선 통신의 급속한 발전으로 인하여 휴대

용 단말기는 통신 기능뿐만 아니라 방송 및 동영상 미디어, 무선 데이터 통신 등의 다양한 기능을 함께 필요로 한다. 다양한 기능의 추가는 많은 양의 정보

경기대학교 전자공학부(Department of Electronic Engineering, Kyonggi University)

*(주)파트론(Partron Co. Ltd.)

· 논문 번호 : 20091127-05S

· 교신저자 : 이홍민(e-mail : hmlee@kyonggi.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 2월 2일

송수신을 하기 때문에 광대역 특성이 필수적이다. 또한, 현대 사회의 이동 통신 단말기의 추세는 얇고 작은 모양의 디자인을 선호하기 때문에 다기능 및 고도화 기능을 갖춘 얇고 작은 모양의 개인 휴대용 단말기용 안테나가 요구되고 있다. 이와 같이 안테나는 점점 소형화되어 가는 추세인 반면, 사용 주파수 대역의 폭은 늘어나고 있기 때문에 소형화된 다중 대역 안테나의 연구가 활발히 진행되어지고 있다^{[1]-[3]}. 현재 휴대용 단말기에 쓰이는 안테나로의 기본적인 구조에는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), 슬롯(slot)형, Monopole 안테나 등이 있다. PIFA는 소형·경량이면서 제작이 쉽고 안테나 특성이 우수하다는 장점을 가지고 있지만, 안테나의 높이가 6~8 mm 정도로 매우 높으며, 안테나의 높이가 낮아질수록 협대역 특성을 갖는다^[4]. 모노폴 안테나는 시스템에 비해 작은 크기를 차지하여 기판과 함께 설계할 수 있는 장점이 있지만, 공진이 일어나기 위해서는 $\lambda/4$ 과장이 필요하며, 임피던스 대역폭이 협대역이라는 단점이 있다^[5]. 본 논문에서는 안테나의 저 자세화와 소형화를 위하여 평면형 폴디드 모노폴 라인과 삼각 패치 구조를 이용하여, GSM(Global System for Mobile Communication, 880~960 MHz), DCS(Digital Cellular System, 1,710~1,880 MHz), USPCS(United States Personal Communication Services, 1,850~1,990 MHz), UMTS(Universal Mobile Telecommunications System, 1,920~2,170 MHz), Bluetooth(2,400~2,480 MHz) 5개 대역을 만족하는 평면형 다중 대역 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 FR-4(비유전율=4.4, 두께=1 mm) 기판에 설계되었으며, 안테나의 설계에는 CST사의 MWS(MicorWave Studio)를 사용하여 모의 실험하였다^[6].

II. 안테나 설계

그림 1에 제안된 안테나의 구조를 나타내었다. 일반적인 평면형 모노폴 안테나는 삼각 형태로 급전선로와 방사 패치가 동일 평면에 존재하며, 그 반대편에 접지면이 존재하는 구조이다. 평면형 모노폴 안테나는 공진 주파수의 $\lambda/4$ 길이를 갖기 때문에 안테나의 크기가 크다는 단점이 있다. 이런 문제점을 보완하기 위하여 그림 1에 제시된 것처럼 접힌

(folded) 형태로 구조를 변형시켜 안테나가 차지하는 면적을 줄였으며, 다중 대역 형성을 위하여 삼각형 패치와 모노폴 안테나 구조를 결합시켰다.

그림 2에 삼각 패치 안테나만의 특성을 알아보기 위해 폴디드 모노폴 라인을 제거한 삼각 패치 안테나와 삼각 패치 안테나에 슬릿을 부설한 안테나의 구조를 나타내었다. 그림 3은 그림 2에서 제시한 구조들을 모의 실험한 결과이다. 그림 3(a)에 그림 2(a)

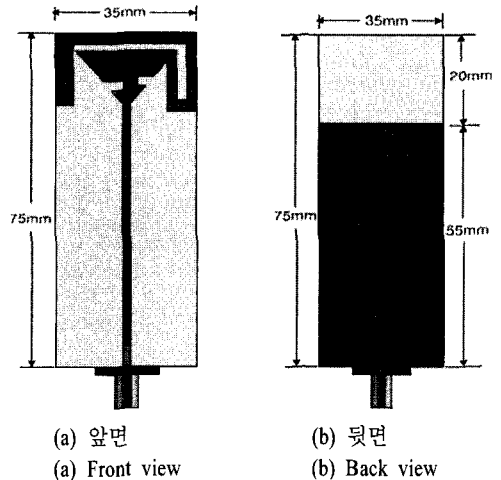


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

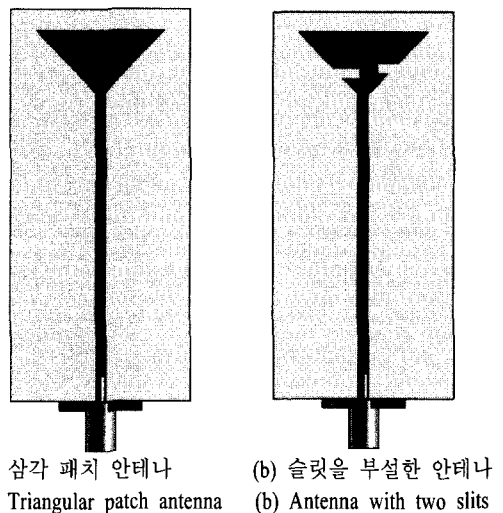
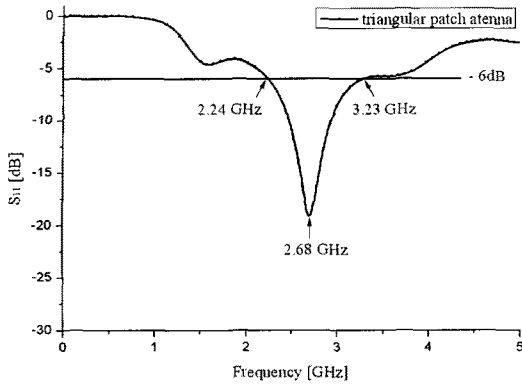
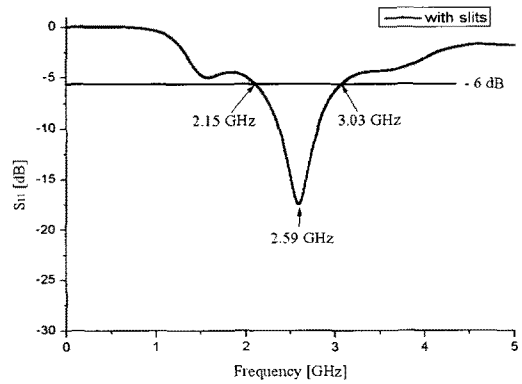


그림 2. 삼각 패치 안테나와 슬릿을 부설한 삼각 패치 안테나
Fig. 2. The triangular patch antenna and antenna with two slits.



(a) 삼각 패치 안테나의 반사 손실
(a) The return loss of triangular patch antenna



(b) 슬릿을 부설한 안테나의 반사 손실
(b) The return loss of slits antenna

그림 3. 삼각 패치 안테나와 슬릿을 부설한 안테나의 반사 손실
Fig. 3. The return loss of triangular patch antenna and slits antenna.

의 삼각 패치 안테나 구조의 반사 손실을 나타내었다. 2.24~3.23 GHz까지 약 1 GHz의 대역폭을 가지며, 단일 대역 특성이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그림 3(b)에 삼각 패치 안테나에 슬릿을 부설한 경우에 반사 손실을 나타내었다. 2.15~3.03 GHz까지 약 900 MHz의 대역폭을 가지며, 삼각 패치 안테나에 슬릿을 부설함으로써 안테나 방사 도체 상의 전류 경로의 길이가 길어짐에 따라서 주파수 대역이 약 100 MHz 하향되는 결과를 나타내고 있으나, 이들 모두 단일 주파수 대역 특성을 보이고 있다.

그림 4에 제안된 안테나의 상세도를 나타내었다. 제안된 안테나는 기관의 하단에 50 Ω의 임피던스를 갖도록 삼각 급전 선로의 폭을 1.9 mm로 설계되어

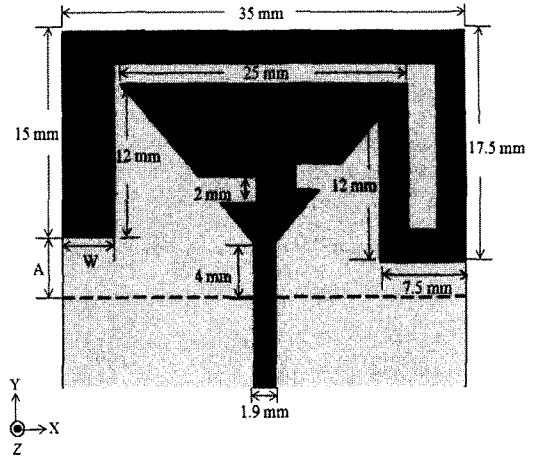
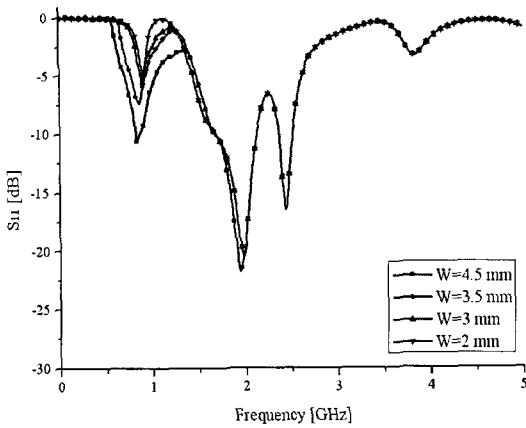


그림 4. 제안된 안테나의 상세 치수
Fig. 4. Detail size of proposed antenna.

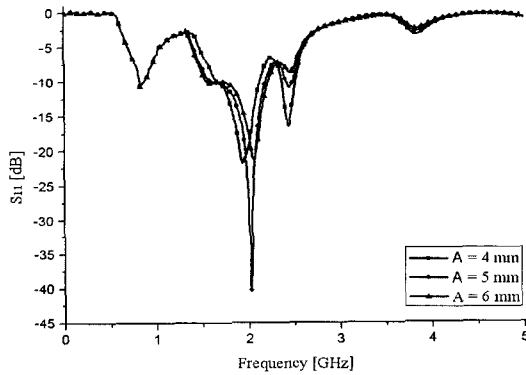
졌으며, 접지면을 제외한 안테나 방사 소자의 크기는 35 mm×20 mm이다. 가장 낮은 주파수인 GSM 대역을 만족하게 하는 약 $\lambda/4$ 의 길이의 모노폴 라인의 총 길이의 합은 85 mm이며, 모노폴 끝단의 선로의 폭 W 는 GSM 대역에서의 대역폭 및 안테나 정합을 조절할 수 있는 변수가 된다. A 는 안테나부와 후면의 접지면 사이의 거리이며, A 의 길이를 조절함으로써 삼각 패치와 모노폴 폴디드 라인과 접지면 사이의 상호 결합으로 인한 간섭을 줄이기 위한 변수이다.

그림 5에 제안된 안테나의 각 변수의 변화에 따른 반사 손실을 나타내었다. 그림 5(a)는 A 의 길이가 5 mm일 때, W 의 폭 변화에 따른 GSM 대역의 반사 손실의 변화를 나타내었다. 삼각 패치에서의 임피던스와 폴디드 모노폴 라인에서의 임피던스가 각각 다르기 때문에 W 의 길이를 조절함으로써 임피던스 정합을 조절함과 동시에 안테나의 대역폭을 조절할 수 있다. 그 결과 $W=4.5$ mm일 때, 가장 낮은 주파수 대역인 GSM 대역이 가장 좋은 특성을 나타냄을 확인하였다.

그림 5(b)에 변수 W 의 길이가 4.5 mm일 때 안테나부와 접지면 사이의 상호 결합량을 조절하는 변수 A 의 길이 변화에 따른 반사 손실을 나타내었으며, GSM 대역을 제외한 나머지 DCS/USPCS/UMTS의 주파수 대역과 Bluetooth 대역의 특성 변화를 확인할 수 있다. 삼각 패치와 접지면 사이의 길이가 조



(a) 변수 W 의 길이 변화에 따른 반사 손실
(a) The return loss with variation of W length



(b) 변수 A 의 길이 변화에 따른 반사 손실
(b) The return loss with variation of A length

그림 5. 변수 W 와 A 의 길이 조정에 따른 반사 손실
Fig. 5. The return loss with control of variation W and A length.

절됨에 따라 임피던스 대역폭($VS_{WR} \leq 3$) 내에 대역 폭이 다소 변화는 있으나, 이동 통신 단말기의 모듈 탑재를 위한 공간을 충분히 마련하기 위하여 모듈 탑재 공간을 고려한 55 mm로 그라운드를 설계하였다.

그림 6에 최종 설계된 안테나의 반사 손실을 나타내었다($W=4.5$ mm, $A=4$ mm). 각 공진점에서의 임피던스 대역폭($VS_{WR} \leq 3$)은 GSM 대역에서 280 MHz (0.73~1.01 GHz), DCS/USPCS/UMTS와 Bluetooth 대역에서는 약 1 GHz(1.51~2.58 GHz)으로 본 논문에서 제안한 대역을 모두 만족시켰다. 그림 7은 제안된 안테나의 각 공진 주파수에서의 표면 전류 분포를 나타낸 결과이다. 그림 7(a)에 나타난 바와 같이 GSM

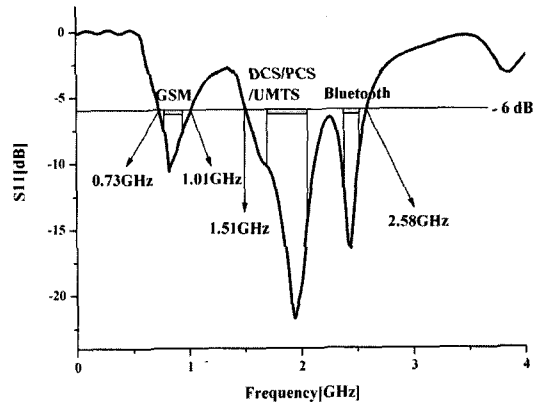
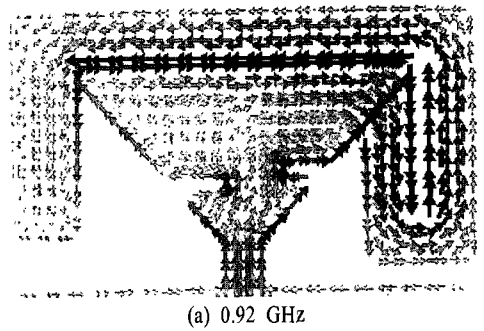
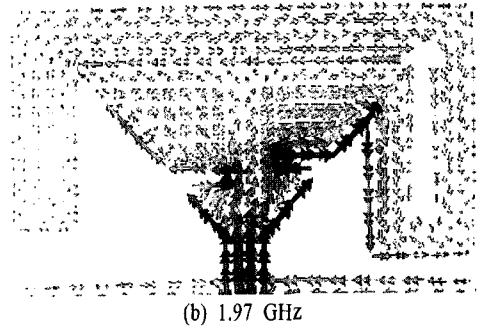


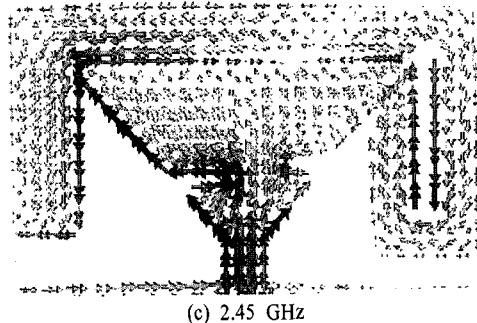
그림 6. 제안된 안테나의 반사 손실
Fig. 6. The return loss of proposed antenna.



(a) 0.92 GHz



(b) 1.97 GHz



(c) 2.45 GHz

그림 7. 전류 분포
Fig. 7. Surface current distribution.

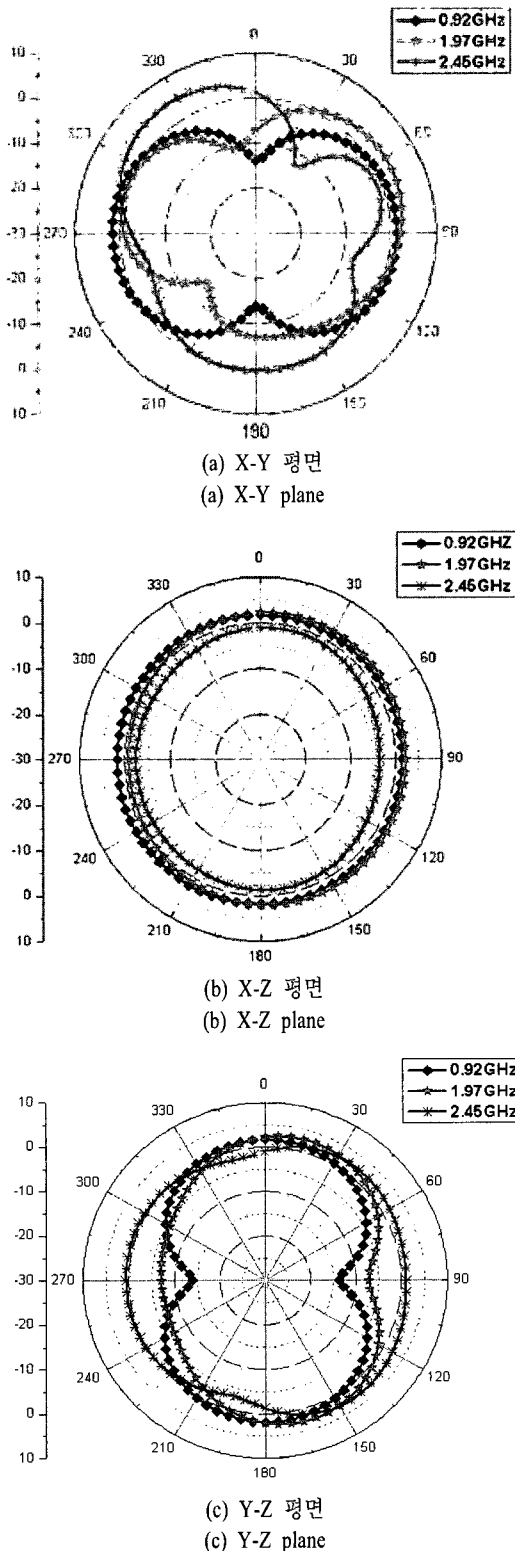


그림 8. 제안된 안테나의 2D 방사 패턴
Fig. 8. 2D radiation pattern of proposed antenna.

대역에서는 전류 분포가 모노폴 라인에서 집중되어 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 7(b)는 DCS/USPCS/UMTS 대역에서의 전류분포도를 나타내었다. 삼각 패치의 우측 슬릿 부분에 의한 전류가 주된 방사에 기여하고 있으며, 슬릿의 부설로 인해 전류 경로가 길어지고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 7(c)는 Bluetooth 대역에서의 전류분포도를 나타내었다.

이 경우에는 삼각 패치의 좌측 슬릿 부분에 의한 전류가 주된 방사에 기여하고 있다.

그림 8에 제안된 안테나의 방사 패턴을 모의 실험 결과를 나타내었다. GSM 대역은 모노폴 라인이 주 방사 소자로 동작하기 때문에 다이폴과 유사한 방사 패턴을 가지며, 상위 주파수에서는 슬릿에 의한 방사의 영향으로 약간의 지향 특성을 갖는 좌우 비대칭 형태의 방사 패턴을 보이고 있다.

III. 안테나의 제작 및 측정

그림 9는 제작된 안테나의 사진이다. 안테나는 전체 크기가 35 mm×75 mm×1 mm인 FR-4(비유전율: 4.4) 기판 상에 제작되었으며, 임피던스 50 Ω의 급전

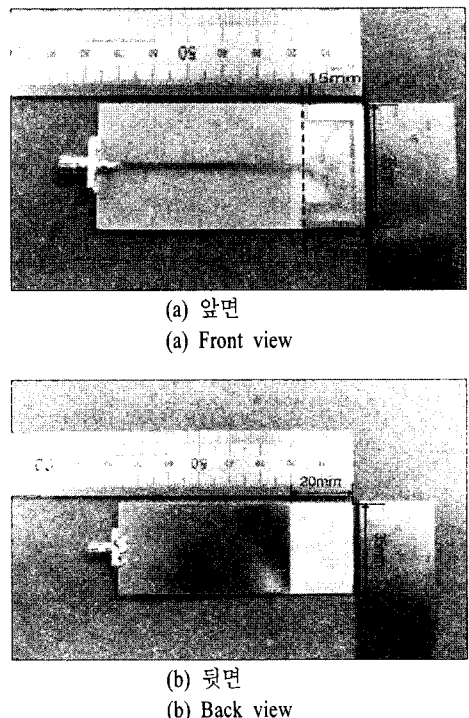


그림 9. 제작된 안테나
Fig. 9. Fabricated antenna.

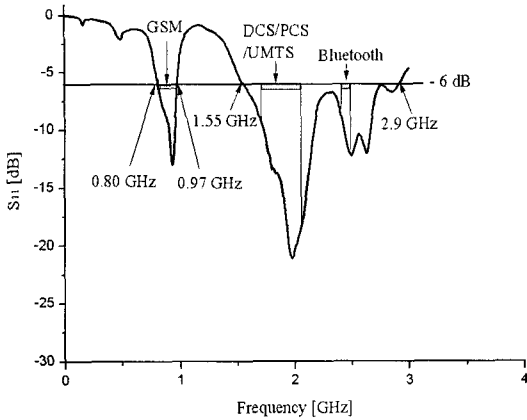


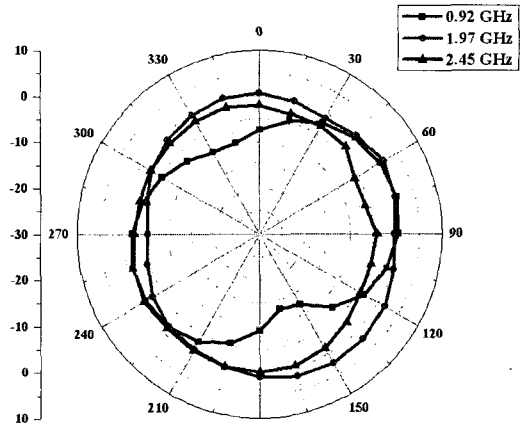
그림 10. 제작된 안테나의 측정 반사 손실
Fig. 10. The measured return loss of fabricated antenna.

선로를 갖는 구조이다. 그림 10에 제작된 안테나의 측정되어진 반사 손실을 나타내었다. 측정된 임피던스 대역폭(VSWR ≤ 3)은 GSM 대역에서 170 MHz(0.8~0.97 GHz), DCS/USPCS/UMTS와 Bluetooth 대역에서는 1.35 GHz(1.55~2.9 GHz)로 측정되었다. 이 결과는 시뮬레이션 결과와 유사한 특성을 나타냄으로서 연구에서 제안한 대역을 모두 만족시킴을 확인할 수 있다.

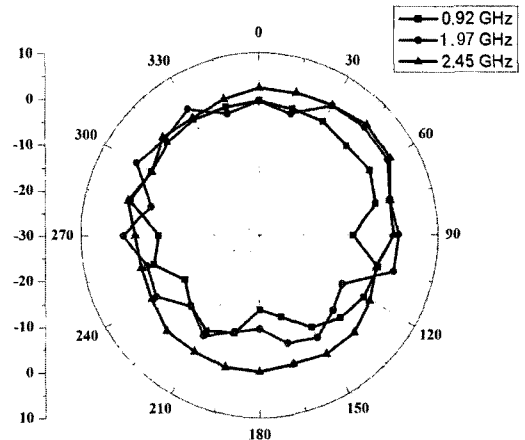
그림 11은 제작된 안테나의 방사 패턴을 나타내었다. 제작된 안테나의 방사 패턴은 동일 편파와 교차 편파의 합으로 나타내었다. GSM, DCS/USPCS/UMTS 그리고 Bluetooth에서 동작대역의 각각의 공진 주파수인 0.92, 1.97, 2.45 GHz에서 평균 이득은 -2.18, -0.66, -0.58 dB로 나타났으며, 안테나 방사 효율은 각각 60, 85, 87 %이다.

IV. 결 론

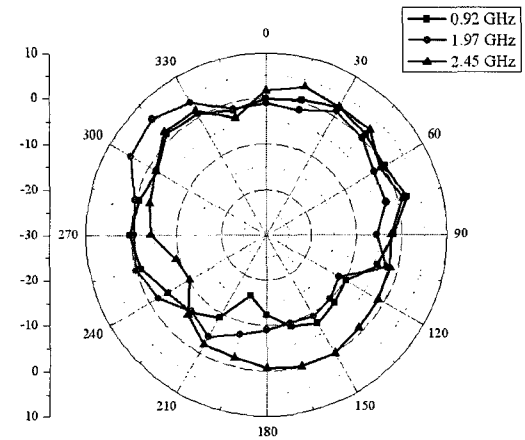
본 논문에서는 평면형 폴디드 모노폴 라인과 삼각 패치 안테나를 상호 접속하여 GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth 5중 대역을 만족하는 다중 대역 안테나를 제안하고 설계하였다. 제안된 안테나는 비유전율이 4.4이고, 높이가 1 mm인 FR-4 기판 위에 제작된 안테나 방사 소자의 크기는 35 mm \times 75 mm, 35 mm \times 20 mm로 구현되었으며, 각 공진점에서의 측정된 임피던스 대역폭(VSWR ≤ 3)은 169 MHz(791~960 MHz), 600 MHz(1.63~2.23 GHz), 580 MHz(2.32



(a) X-Y 평면
(a) X-Y plane



(b) X-Z 평면
(b) X-Z plane



(c) Y-Z 평면
(c) Y-Z plane

그림 11. 제작된 안테나의 측정 방사 패턴
Fig. 11. The radiation pattern of fabricated antenna.

~2.9 GHz)를 나타내고 있어서 제한한 GSM/DCS/USPCS/UMTS/Bluetooth 대역을 모두 만족함을 확인하였다. 또한, 각각의 통신 대역에서의 평균 이득은 -2.18, -1.23, -0.87, -0.66, -0.58 dBi이며, 각 대역에서의 효율은 60, 75, 81, 85, 87 %로 확인되었다. 따라서 제작된 안테나는 이동 통신 소형 모바일 기기에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] P. Ciaia, R. Starai, G. Kossiavas, and C. Luxey, "Design of an internal quad-band antenna for mobile phones", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 14, pp. 148-150, Apr. 2004.
 [2] D. S. Yim, J. Kim, and S. O. Park, "Novel wide-band internal chip antenna for PCS/IMT-2000 dual-band applications", *Microwave Opt Tech Lett.*, vol.

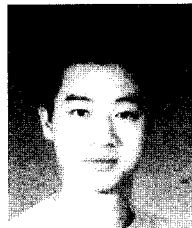
40, pp. 324-326, Jan. 2004.
 [3] Chun-I Lin, Kin-Lu Wong, "Internal multiband loop antenna for GSM/DCS/PCS/UMTS operation in the small-size mobile device", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 50, pp. 1279-1285, Mar. 2008.
 [4] Pey-Ling Teng, Shyh-Tirmg Fang, and Kin-Lu Wong, "PIFA with a bent, meandered radiating arm for GSM/DCS dual-band operation", *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, vol. 3, pp. 107-110, Jun. 2003.
 [5] Wonbin Hong, Kamal Sarabandi, "Miniaturized multi-element monopole antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 1-4, Jul. 2008.
 [6] CST STUDIO SUITE™ 2008 MWS(MicroWave Studio), CST Corporation.

박진원



2009년 2월: 천안대학교 정보통신공학부 (공학사)
 2009년 7월~현재: 경기대학교 RF 연구실 연구조원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자

문병인



2005년 2월: 관동대학교 전자공학부 (공학사)
 2007년 8월: 경기대학교 전자공학부 (공학석사)
 2007년 6월~현재: (주)파트론 주임 연구원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

조태준



2009년 2월: 경기대학교 전자공학부 (공학사)
 2009년 3월~현재: 경기대학교 전자공학부 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자, Metamaterial

이홍민



1972년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
 1974년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1990년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 교수
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 전파 전파, RF 수동소자, Metamaterial