

폴디드 모노폴 선로가 부착된 대수주기 구조를 이용한 다중대역 안테나

이홍민*

Multi-Band Antenna Using Folded Monopole Line and Log-Periodic Structure

hong-Min Lee*

요약 본 논문에서는 4중대역 GSM/DCS/PCS/Bluetooth에서 동작 가능한 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 소형화하여 광대역의 특성을 얻기 위해 모노폴 안테나를 기반으로 대수주기 톱니 형 사다리꼴 패치 안테나 안에 슬릿을 부설하였고, 다중 대역을 만족시키기 위해 마이크로 스트립 라인으로 설계하였다. 비유전율 4.4, 두께가 1 mm(GND포함), 35 mm X 75 mm의 크기를 갖는 기판에 35 mm X 20 mm 크기의 안테나를 설계하였으며, 제안된 안테나는 전 대역에서 임피던스 대역폭(VSWR ≤ 3)을 만족하고, 공진주파수는 920 MHz, 1.97 GHz, 2.45 GHz이며, 최대이득은 각각 1.92 dBi, 3.26 dBi, 3.97 dBi의 값으로 측정 되었다.

Abstract In this paper, an antenna which has quad band in GSM/DCS/PCS/Bluetooth is proposed. This structure is designed with miniaturization for wide band characteristic based on monopole antenna and log-periodic toothed trapezoid patch antenna which has slots. To achieve multi-bandwidth is used the microstrip line on the substrate. An antenna size is 35 mm X 20 mm on FR-4($\epsilon_r = 4.4$) ground substrate of 35 mm X 75 mm X 1 mm size. And proposed antenna is satisfied with impedance bandwidth(VSWR ≤ 3). The simulated maximum radiation gain is 1.92 dBi, 3.26 dBi, 3.97 dBi at the center frequency of 0.92 GHz, 1.97 GHz, 2.45 GHz, respectively.

Key Word : miniaturization, log-periodic toothed trapezoid patch antenna, Multi-bandwidth

1. 서 론

최근 무선통신의 급속한 발전으로 인하여 휴대용 단말기는 통신기능 뿐만 아니라 방송 및 동영상 미디어, 무선 데이터 통신 등의 다양한 기능을 함께 필요로 한다. 다양한 기능의 추가는 많은 양의 정보 송수신을 하기 때문에 광대역 특성이 필수적이다. 또한 소비자들이 얇고 작은 모양의 디자인을 선호하기 때문에 다기능 및 고도화 기능을 갖춘 얇고 작은 모양의 개인 휴대용 단말기가 요

구되고 있다. 이렇게 안테나는 점점 소형화 되어가는 반면 사용대역은 늘어나고 있기 때문에 소형화된 다중대역 안테나의 연구가 활발히 진행되어지고 있다[1]-[3]. 현재 휴대용 단말기에 쓰이는 안테나로는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), CPW(CoplanarWaveguide)-fed Antennas, Monopole Antennas 등이 있다. PIFA는 소형·경량이면서 제작이 쉽고 안테나 특성이 우수하다는 장점을 가지고 있지만, 안테나의 높이가 6~8 mm정도로 매우 높으며, 안테나의 높이가 낮아질수록 협대역 특성을

* Corresponding Author: Electronic Engineering Professor of Kyonggi University (hmlee@kyonggi.ac.kr)

Received : August 18, 2014

Revised : August 29, 2014

Accepted : September 12, 2014

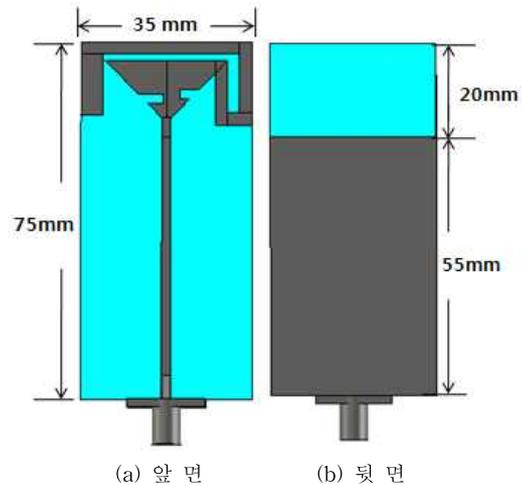
맞는다[4]. CPW-fed Antenna는 접지면과 급전 라인이 동일 평면에 존재하기 때문에 얇게 설계하여 부피를 줄일 수 있는 장점이 있지만, 접지면과 급전선 사이가 매우 좁기 때문에 오차가 크고 주변 변화에 민감한 단점이 있다[5]. 또한 모노폴 안테나는 시스템에 비해 작은 크기를 차지하여 기판과 함께 설계할 수 있는 장점이 있지만 공진이 일어나기 위해서는 1/4 파장이 필요하며, 임피던스 대역폭이 협대역이라는 단점이 있다[6]. 본 논문에서는 안테나의 저자세화와 소형화를 위하여 평면형 폴리드 모노폴 라인과 톱니 형 사다리꼴 구조를 이용하여, GSM(Global System for Mobile Communication, 880 - 960 MHz), DCS(Digital Cellular System, 1710 - 1880 MHz), PCS(Personal Communication Services, 1850 - 1990 MHz), Bluetooth(2400 - 2480 MHz) 4개 대역을 만족하는 평면형 다중대역 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 FR-4 (비유전율 : 4.4 높이 : 1mm)인 기판에 설계되었으며, CST사의 MWS(MicroWave Studio)를 이용하여 모의실험 하였다[7].

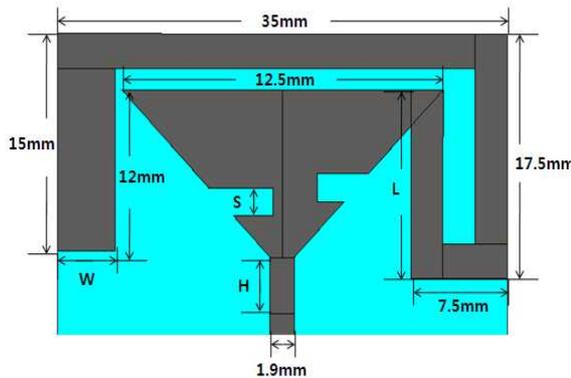
II. 안테나 설계

대수주기 안테나는 임피던스와 방사특성이 주파수의 대수로서 주기적으로 반복하는 구조적 형태를 가지는 안테나로 실제로 구동 주파수 대역에 걸친 특성 변화가 크지 않아, 대수주기 안테나는 독립 안테나로 간주한다. 본 논문에서 제안한 대수주기 톱니 형 평면 안테나는 대수주기 톱니 형 사다리꼴 안테나를 응용하였고, 이 안테나에서 대부분의 전류는 $\lambda/4$ 길이인 톱니위에 나타난다. 이것은 광대역 특성을 얻기 위해 필요하며 동작 주파수의 한계 값들은 가장 큰 톱니와 가장 작은 톱니가 $\lambda/4$ 길이가 되는 주파수에 의해 주어진다[8]. 또한, 패치에 슬릿을 부설하여 전류경로를 길게 형성해줌으로써 소형화하였고, 동시에 2중 대역에서 동작하도록 설계하였다[9].

일반적인 평면형 모노폴 안테나는 마이크로 스트립 형태로 급전 선로와 방사 패치가 동일면에 존재하며 그 반대편에 접지면이 존재하는 구조이다. 평면형 모노폴 안테나는 공진주파수의 $\lambda/4$ 길이를 갖기 때문에 안테나의 크기가 크다는 단점이 있다. 이런 문제점을 보완하기 위하여 그림 1에 제시된 것처럼 Folded 형태로 구조를 변형시켜 안테나가 차지하는 면적을 줄였다.

그림 1은 제안된 안테나의 구성도와 상세도를 나타내었다. 제안된 안테나는 FR4($\epsilon_r = 4.4$) 기판으로 크기는 35 mm × 75 mm × 1 mm로 구성되어있다. 기판의 하단에는 50Ω의 임피던스를 갖도록 피드라인 폭을 1.9 mm로 설계한 급전선로로 구성되어있다. 접지면을 제외한 안테나의 크기는 35 mm × 20 mm이다. GSM대역을 만족하게 하는 모노폴 라인의 총 길이의 합은 85 mm로 약 $\lambda/4$ 의 길이를 갖으며, W는 GSM대역에서의 대역폭을 조정할 수 있는 변수가 되고, L은 GSM대역의 중심주파수를 정할 수 있는 변수가 된다[10]. S는 슬릿 폭으로써 PCS대역에서의 중심주파수를 조정할 수 있는 변수가 된다. H는 사다리꼴 패치와 접지면과의 커플링 간섭을 줄이기 위한 변수이다.



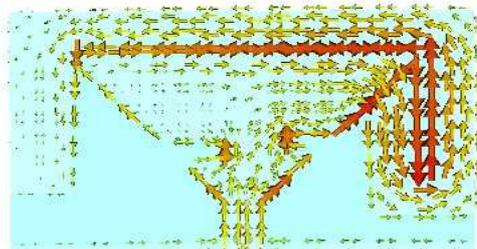


(c) 안테나 부의 상세 치수
(W : 4.5 mm, S : 2 mm, L : 13.5 mm, H : 4 mm)

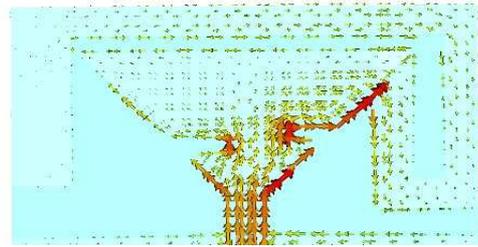
그림 1. 제안된 안테나의 구조

III. 모의실험 결과

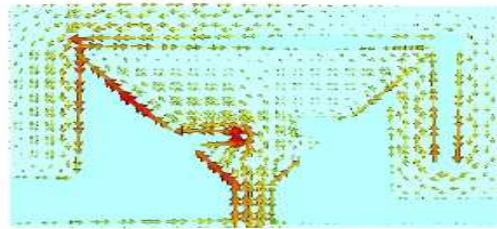
그림 2는 제안된 안테나의 각 공진 점에서의 표면 전류분포를 나타낸 결과이다. 그림 2(a)는 GSM 대역에서의 전류분포를 나타내었고, 전류분포가 모노폴 라인에서 집중되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 그림 2(b)는 PCS/DCS 대역에서의 전류분포도를 나타내었다. 전류분포도는 대수 주기 톱니 형 사다리꼴 패치에서 주로 분포가 되어 있음을 확인 할 수 있고, 슬릿의 부설로 인해 전류경로가 길어지고 있는 것을 확인 할 수 있다. 그림 2(c)는 Bluetooth 대역에서의 전류분포도를 나타내었다. 이 전류분포도 또한 그림 2(b)와 같이 대수주기 톱니 형 사다리꼴 패치에서 전류분포가 집중되어 있음을 볼 수 있다. 그림 2(a) - (c) 모두 전류분포가 $\lambda/4$ 길이에 근접한 부분에서 강한 것을 확인할 수 있다.



(a) 0.92GHz



(b) 1.97GHz



(c) 2.45GHz

그림 2. 전류 분포

그림 3에서는 설계된 안테나의 반사손실을 나타내었다. 각 공진 점에서의 임피던스 대역폭 (VSWR < 3)은 GSM에서 800 MHz(0.86 GHz - 0.96 GHz), DCS/PCS/Bluetooth에서는 960 MHz (1.46 GHz-2.6 GHz)으로 본 논문에서 제안한 대역을 모두 만족시킴을 확인 할 수 있다.

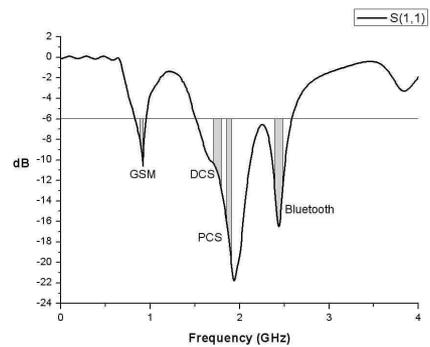
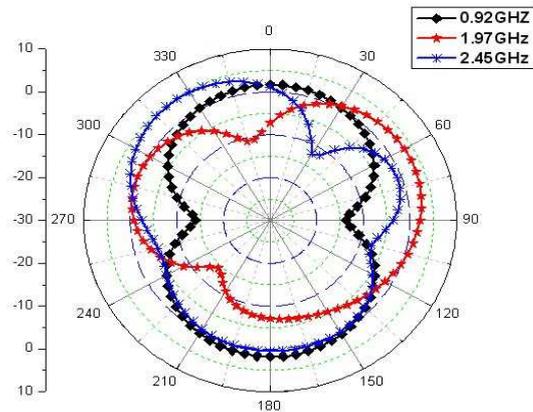
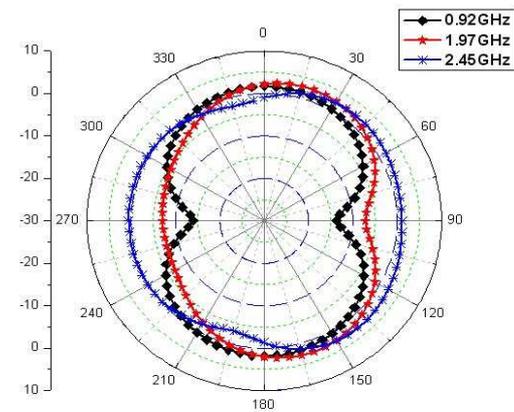


그림 3. 제안된 안테나의 반사손실

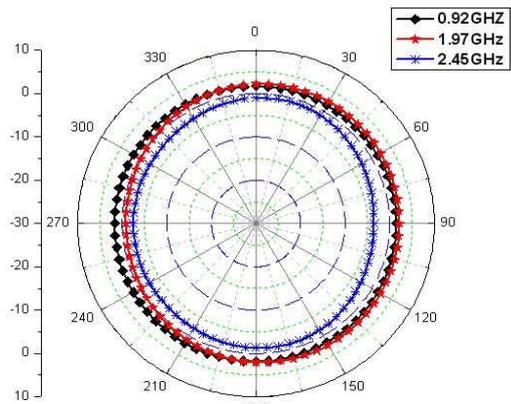
그림 4는 제안된 안테나의 방사패턴 모의실험 결과를 나타내었다. GSM 대역은 모노폴 라인이 주 방사소자로 동작하기 때문에 다이폴과 같은 방사패턴을 갖는다. GSM, DCS/PCS 와 bluetooth 동작대역의 중심 주파수 0.92 GHz, 1.97 GHz, 2.45 GHz에서 최대이득 1.92 dBi, 3.26 dBi, 3.97 dBi로 각각 측정되었다.



(a) X-Y 평면



(b) X-Z 평면



(c) Y-Z 평면

그림 4. 제안된 안테나의 2D 방사패턴

IV. 결 론

본 논문에서는 평면형 폴리드 모노폴 라인과 대수주기 톱니 형 평면 패치 안테나를 접목하여 GSM, DCS, PCS, Bluetooth 4중 대역을 만족하는 다중대역 안테나를 제안하고 설계 하였다. 제안된 안테나는 PIFA 구조보다 저자세이며, 칩 안테나에 비해 제작이 용이하고 방사효율이 높다는 장점을 갖는다. 제작된 안테나는 비유전율이 4.4이고 높이가 1mm인 FR-4 기판위에 구현 되었으며, 각 공진 점에서의 측정된 임피던스 대역폭($VSWR \leq 3$)은 169 MHz(79.1 - 960 MHz), 600 MHz(1.63 - 2.23 GHz), 580 MHz(2.32 - 2.9 GHz)로 제안된 대역을 모두 만족하였다. 각 공진점 0.92 GHz, 1.92 GHz, 2.45 GHz에서의 최대이득은 각각 2.67 dBi, 5.93 dBi, 4.32 dBi로 설계 목표인 0 dBi보다 높게 측정되었다. 따라서 제작된 안테나는 이동통신 소형 모바일 기기에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] Ciaia P, Starai R, Kossiavas G, Luxey C. "Design of an internal quad-band antenna

for mobile phones" *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 14, pp. 148-150, April 2004

[2] D. S. Yim, J. Kim, S. O. Park, "NOVEL WIDEBAND 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-Tirng Fang and *Kin-Lu Wong "PIFA with a Bent, Meandered Radiating Arm for GSM/DCS Dual-Band Operation" *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2003. IEEE Volume 3*, 22-27 June 2003 Page(s):107 - 110 vol.3

[5] William R. Deal "Coplanar Waveguide Basics for MMIC and PCB Design" *Microwave Magazine*, IEEE Volume 9, Issue 4, Aug. 2008 Page(s):120 - 133

[6] Wonbin Hong, and Kamal Sarabandi "Miniaturized Multi-Element Monopole Antenna" *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008. AP-S 2008. IEEE* 5-11 July 2008 Page(s):1 - 4

[7] CST STUDIO SUITE™ 2008 MWS(Micro Wave Studio), CST Corporation.

[8] WARREN L. STUTZMAN / GARY A. THIELE, "ANTENNA THEORY AND DESIGN Second Edition" pp 316-331

[9] Irene Ang, Young-Xin Guo, and M. Y.W. Chla, "COMPACT INTERNAL

QUAD-BAND ANTENNA FOR MOBILE PHONES" *Microwave Opt Tech Lett.*, vol. 38, pp. 217-223, Jun. 2003

[10] PL Teng, KL Wong "PLANAR MONOPOLE FOLDED INTO A COMPACT STRUCTURE FOR VERY-LOW-PROFILE MULTIBAND MOBILE-PHONE ANTENNA" *Microwave Opt Tech Lett.*, vol. 33, pp. 22-25, Mar. 2002

저자약력

이 홍 민 (Hong-min Lee)

정희원



1972년: 연세대학교 전기공학과 (학사)
 1974년: 연세대학교 전자공학과 (석사)
 1990: 연세대학교 전자공학과 (박사)
 1991년~현재: 경기대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, RF/MW 수동소자, Metamaterial