

논문 2010-47TC-11-14

다중대역 무선 USB 동글용 내장 Hook형 안테나

(Internal Hook-shaped Patch Antenna for Multiband Wireless USB Dongle Applications)

정 성 재*, 황 금 철**, 신 재 호***

(Seong Jae Jeong, Keum Cheol Hwang, and Jae Ho Shin)

요 약

본 논문에서는 hook형 패치를 이용한 무선 USB 동글(dongle)용 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 hook형 패치에 모노폴 element를 결합시켜 다중 대역 특성을 구현하였다. 안테나의 전체 크기는 10 mm×50 mm×0.8 mm 이고, 유전율 4.6, loss tangent가 0.025인 FR-4기판 위에 설계되었다. 50Ω 동축케이블을 이용하여 급전하였으며, 반사계수 측정 결과 -10 dB를 기준으로, 2.4 GHz - 2.5 GHz, 3.4 GHz - 3.6 GHz, 5.15 GHz - 5.825 GHz 대역에서 공진 특성을 가지는 것을 확인하였다. 또한 측정된 안테나 복사패턴은 전 주파수에서 전방향성 특성을 보였다. 따라서 제안된 안테나는 WLAN, WiMAX, Bluetooth를 대역을 지원하는 소형 무선 USB 동글 장치에 적합할 것으로 사료된다.

Abstract

In this paper, an internal USB dongle antenna with a circular hook-shaped patch is proposed. The proposed antenna comprises of a circular hook-shaped patch and a monopole stub. The proposed antenna with the dimension of 10 mm×50 mm×0.8 mm was fabricated on commercial FR-4 substrate with a dielectric constant of 4.6 and tangent loss of 0.025. The designed antenna exhibits three different resonant bandwidths, 2.4 GHz-2.5 GHz, 3.4 GHz-3.6 GHz, and 5.15 GHz-5.825 GHz. The measured radiation patterns are omni-directional at measured frequencies. Therefore, the proposed antenna is suitable for wireless USB dongle antenna that can support multiband wireless services such as WLAN, WiMAX and Bluetooth.

Keywords : USB dongle, internal antenna, multiband antenna

I. 서 론

4세대 이동 통신은 최대 100 MHz의 대역폭을 사용하여 이동 중 100 Mbps속도, 정지 중에는 1 Gbps 속도를 제공하는 유선과 무선, 통신과 방송이 융합된 기술이다. 4세대 이동 통신의 한 종류인 WiMAX(Worldwide

Interoperability for Microwave Access)는 IEEE 802.11 시리즈인 WLAN(Wireless Local Area Network) 기술에서 발전된 표준기술로서 미국 Intel사의 주도 아래 추진되고 있다. WLAN이 무선 접속 장치(AP)가 설치된 일정 거리 안에서 PDA나 노트북 컴퓨터를 통해 초고속 인터넷을 이용할 수 있는 것이라면, WiMAX는 옥외용 무선 광대역 기술로서 간섭이 적고 더 넓은 영역에서 초고속 인터넷을 이용할 수 있다^[1].

무선 USB(Universal Serial Bus)는 USB-IF 산하 무선 USB 프로모터 그룹에서 표준화를 추진하고 있는 기술로 기존 USB 드라이버와 호환성을 유지하고, 보안성과 휴대성이 높은 장점이 있다. 전송 속도는 3 m내에서 유선 USB 2.0 규격속도와 같은 480 Mbps, 10 m 이내

* 학생회원, ** 정회원-교신저자, *** 정회원, 동국대학교 전자전기공학부

(School of Electronics and Electrical Engineering, Dongguk University-Seoul)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0016796)

접수일자: 2010년8월13일, 수정완료일: 2010년11월10일

에서 110 Mbps를 목표로 하기 때문에 WiMAX, Bluetooth, WLAN등 다양한 무선 통신에서 응용이 가능하다.

이러한 이동 통신 기술과 무선 USB 기술 발전으로 USB 포트에 무선 USB 동글 장치를 결합시켜 다양한 무선 서비스 이용이 가능하게 되었다. 하지만 소형 USB 동글 장치에 WLAN (2.4 GHz-2.483 GHz, 5.15 GHz-5.825 GHz), WiMAX (3.4 GHz-3.6 GHz), ISM/Bluetooth (2.4 GHz-2.480 GHz)등의 다중 대역을 지원하는 안테나를 구현하기 위해선 다수의 안테나가 배치되어야 하는데 이는 공간상 제약이 크다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 다중 대역의 신호를 송수신할 수 있는 초소형 안테나가 요구된다^[2~3].

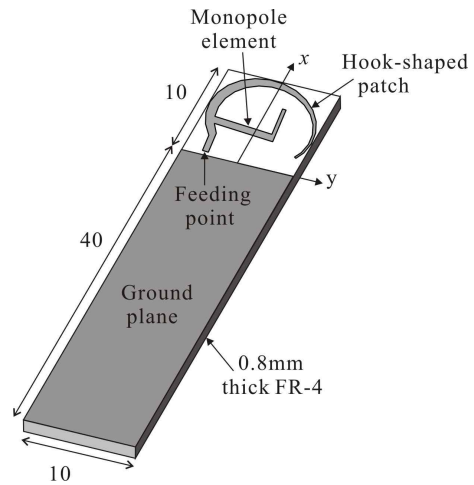
기존에도 다중 대역의 무선 신호를 송수신 할 수 있는 안테나 구조들이 제안되었다^[4~7]. 그러나 기존의 안테나 구조들은 대규모 통신 단말기에 최적화되도록 설계되어, 소형 USB 동글 장치에 적용하는 것이 어렵다.

따라서 본 논문에서는 hook형 패치와 모노폴 element를 사용하여 WLAN (2.4 GHz-2.483 GHz, 5.15 GHz-5.825 GHz), WiMAX (3.4 GHz-3.6 GHz), ISM/Bluetooth (2.4 GHz-2.480 GHz) 3개 서비스 대역에서 $S_{11} < -10$ dB의 기준을 만족시키는 무선 USB 동글용 초소형/다중대역 안테나를 제안한다. II장에서는 hook형 패치와 결합된 모노폴 element를 제안하고, III장에서는 3차원 구조 해석용 툴인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 시뮬레이션을 수행한다^[8]. IV장에서는 최적화된 설계 파라미터를 바탕으로 안테나를 제작 측정하고, 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

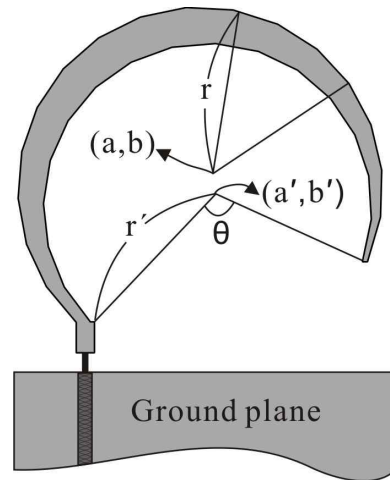
II. 설계한 안테나 구조

본 논문에서 제안하는 hook형 모노폴 안테나의 기본 구조는 그림 1(a)와 같다. 안테나의 전체 크기는 10 mm(W) × 50 mm(L) × 0.8 mm(t)이고, 유전율이 4.6, loss tangent가 0.025인 FR-4 기판 위에 설계되었다. 안테나는 hook형 패치와 모노폴 element의 결합으로 구성되고, 크기는 10 mm × 9.5 mm이다. 안테나 패치와 동일한 면에 접지면(10 mm × 40 mm)이 형성되어 있고, 접지면과 패치 사이의 거리는 0.5 mm로 50-Ω 동축 케이블로서 급전된다.

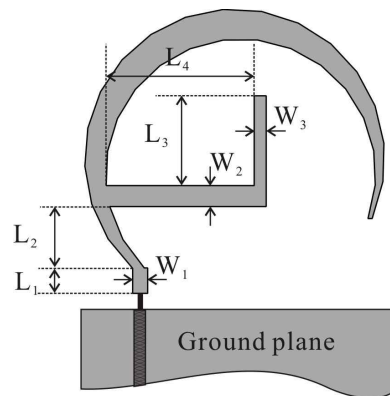
그림 1(b)는 hook형 패치 구조를 도시한 것이다. 제



(a)



(b)



(c)

그림 1. (a) 안테나 사시도
(b) Hook형 패치
(c) Hook형 패치와 결합한 monopole element

Fig. 1. (a) Perspective view.
(b) Hook-shaped patch.
(c) Hook-shaped patch with monopole element.

안된 hook형 패치 모형은 중심점(a, b)에 반지름 r인원의 방정식 (1)에서 중심점(a',b')에 반지름 r'인 원(2)를 제외(subtraction)한 다음, 각도 2π-θ만큼 형성시켰다.

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \tag{1}$$

$$(x-a')^2 + (y-b')^2 = r'^2 \tag{2}$$

그림 1 (c)는 hook형 패치에 λ/4 길이의 모노폴 element를 결합한 구조이다. 모노폴 element는 접지면에서 0.5 mm+L₁+L₂ 떨어진 위치에 형성되어 있고, 총 길이는 L₃+L₄이다.

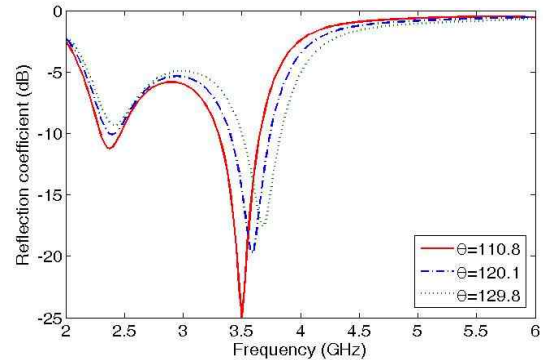
III. 시뮬레이션

그림 2(a)는 θ 변화에 따른 반사계수 특성을 보여준다. 각도 θ가 110.8°에서 120.1°, 129.8°로 커질수록 안테나의 물리적 길이는 감소하여, 공진주파수 특성이 고주파 대역으로 이동한다. 3 GHz 대역의 공진 주파수가 3.5 GHz에서 3.6 GHz, 3.7 GHz로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

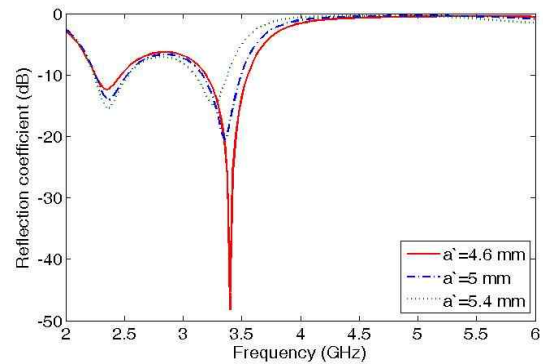
그림 2(b)는 b'=0 mm, θ=109.2°일 때 a' 변화에 따른 반사계수 특성을 보여준다. a'는 원(2) 중심의 x좌표로 커질수록 hook형 패치 상단 부분의 폭이 줄어든다. a'가 커질수록 2 GHz 서비스 대역은 유지되지만 3 GHz 대역의 공진주파수는 저주파 대역으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

그림 2(c)는 a'=5 mm, θ=109.2°일 때 b' 변화에 따른 반사계수 특성을 보여주고 있다. b'는 원(2) 중심의 y좌표로 hook형 패치 좌우의 폭 비율을 조절한다. b'가 -0.3 mm, 0 mm, 0.3 mm로 커질수록 2 GHz, 3 GHz의 공진주파수가 고주파 대역으로 이동한다. 따라서 a', b'를 변화시켜 hook형 패치의 폭을 조절을 함으로서 2.4 GHz, 3.5 GHz의 공진 주파수를 매칭 할 수 있다.

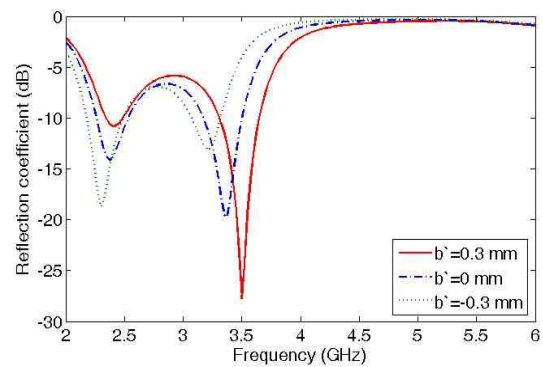
그림 3은 모노폴 element 유/무에 따른 반사계수 특성을 비교한 그래프이다. 시뮬레이션 결과 모노폴 element가 없는 경우, 802.11a 무선랜 서비스 대역(5.15 GHz-5.825 GHz)에서 공진 주파수가 유도되지 않는다. 그러나 모노폴 element를 결합시켰을 경우 2 GHz, 3 GHz 공진 서비스 대역은 유지하면서 5.15 GHz-5.825 GHz에서 공진 주파수가 유도됨을 확인할 수 있다. 앞서 수행한 시뮬레이션을 바탕으로 최적화 된 파라미터를 추출하였고 결과를 표 1에 정리하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. (a) 각도 θ에 따른 반사 계수
(b) a' 길이 변화에 따른 반사계수
(c) b' 길이 변화에 따른 반사계수

Fig. 2. (a) Reflection coefficient according to θ.
(b) Reflection coefficient according to a'.
(c) Reflection coefficient according to b'.

1에 정리하였다.

이러한 안테나 요소별 동작원리는 각 공진 주파수에서의 전류 분포를 통해서도 확인할 수 있다. 그림 4 (a), (b)는 2.45 GHz와 3.5 GHz 대역의 전류 분포 변화이다. 2.45 GHz와 3.5 GHz의 대역은 hook형 패치에 대부분의

전류가 집중되어 있다. 그림 4 (c)는 5.5 GHz 대역의 전류 분포로서 모노폴 element에 전류가 집중되어 있음을 알 수 있다. 따라서 제안된 안테나는 2.4 GHz WLAN, 3.5 GHz WiMAX대역은 hook형 패치, 5 GHz WLAN 대역은 모노폴 element가 공진 주파수 특성에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

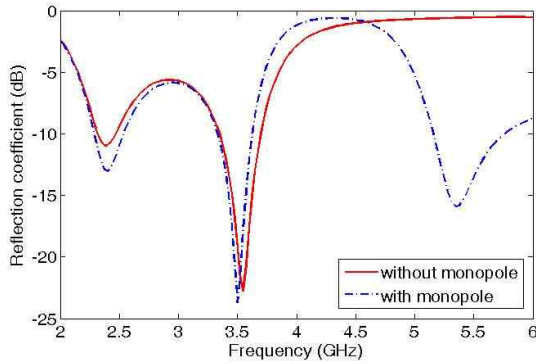
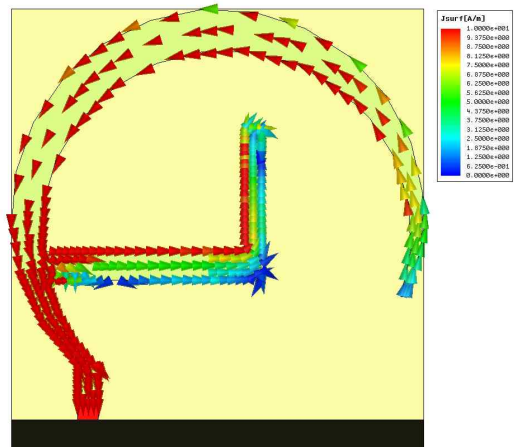


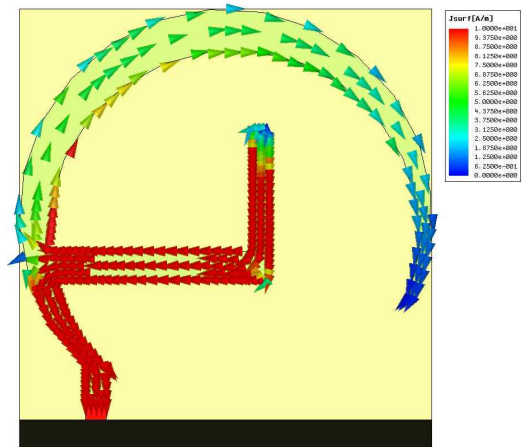
그림 3. 모노폴 element 유/무에 따른 반사계수
Fig. 3. Reflection coefficient with and without monopole element.

표 1. 제안된 안테나의 파라미터
Table 1. Design parameters of the proposed antenna.

| 변수 | 설계 값 | 변수 | 설계 값 |
|----|--------|----------------|---------|
| a | 5 mm | L ₁ | 0.85 mm |
| b | 0 mm | L ₂ | 2.05 mm |
| r | 5 mm | L ₃ | 3 mm |
| a' | 4.5 mm | L ₄ | 4.95 mm |
| b' | 0.2 mm | W ₁ | 0.5 mm |
| r' | 4.5 mm | W ₂ | 0.7 mm |
| θ | 109.2° | W ₃ | 0.4 mm |

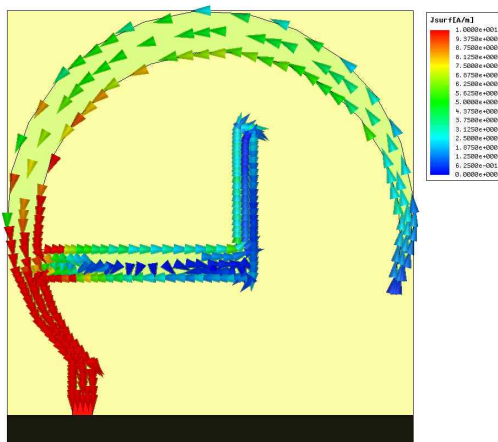


(b)



(c)

그림 4. (a) 2.45 GHz의 전류분포
(b) 3.5 GHz의 전류분포
(c) 5.5 GHz의 전류분포
Fig. 4. (a) Current distribution at 2.45 GHz.
(b) Current distribution at 3.5 GHz.
(c) Current distribution at 5.5 GHz.



(a)

IV. 안테나 제작 및 측정

그림 5는 제작된 안테나를 실제 USB 동글 장치에 사용되는 플라스틱 케이스에 실장 한 사진이다. SME사의 포지티브 감광기판(FR-4)을 이용하여 제작하였고 50-Ω 동축케이블로 급전하였다. 쿼터 달러 동전과 비교해 볼 때 USB 동글용 초소형 안테나로 적합한 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 제작된 안테나의 반사계수 특성을 시뮬레이션 결과와 비교한 그래프이다. 측정 결과 WLAN (2.4 GHz-2.483 GHz, 5.15 GHz-5.825 GHz), WiMAX (3.4

GHz-3.6 GHz), ISM/Bluetooth (2.4 GHz-2.480 GHz)대역에서 $S_{11} < -10$ dB을 만족하므로 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

그림 7은 제작된 안테나의 3D 방사패턴이다. MTG사의 전자파 무반향실에서 측정한 결과 2.45 GHz, 3.5 GHz, 5.5 GHz 대역에서 전방향성 패턴을 갖는다.

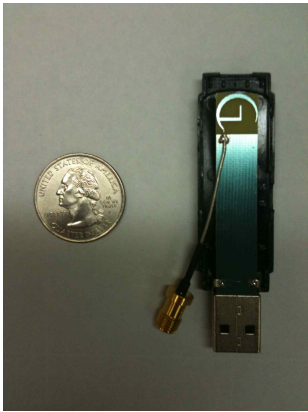


그림 5. 제작된 안테나 사진
Fig. 5. Photograph of the fabricated antenna.

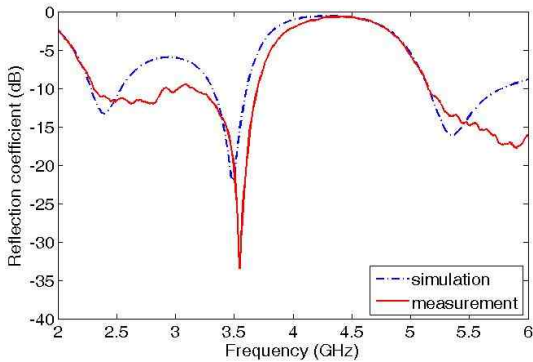
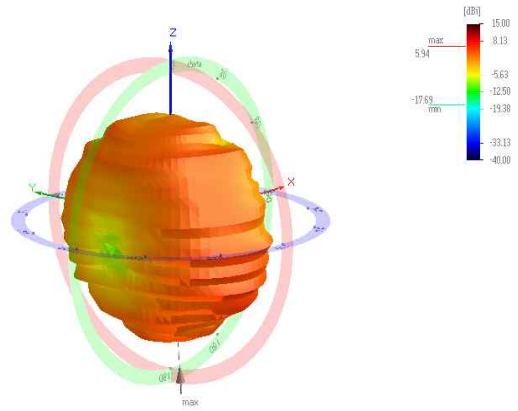
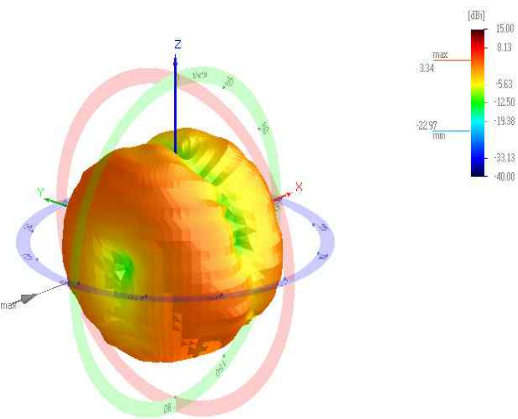


그림 6. 반사 계수에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과
Fig. 6. Simulated and measured reflection coefficients.



(b)



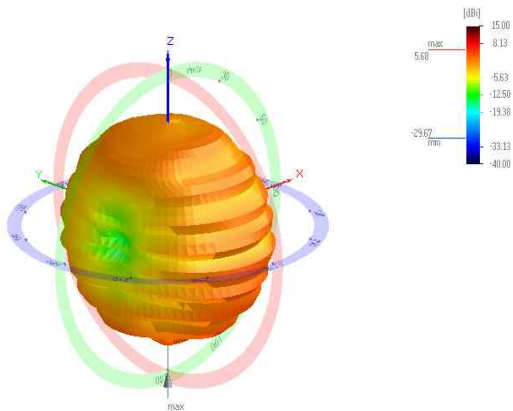
(c)

그림 7. (a) 2.45 GHz의 3D 방사패턴
(b) 3.5 GHz의 3D 방사패턴
(c) 5.5 GHz의 3D 방사패턴

Fig. 7. (a) 3D radiation pattern at 2.45 GHz.
(b) 3D radiation pattern at 3.5 GHz.
(c) 3D radiation pattern at 5.5 GHz.

표 2. 제안된 안테나의 측정된 효율과 이득
Table 2. Measured total efficiency and gain of the proposed antenna.

| Freq. (GHz) | Efficiency(%) | Gain(dBi) |
|-------------|---------------|-----------|
| 2.45 | 89.16 | 5.56 |
| 3.5 | 99.86 | 5.94 |
| 5.3 | 78.61 | 3.32 |
| 5.5 | 83.02 | 3.34 |
| 5.7 | 84.55 | 3.81 |



(a)

표 2는 측정된 안테나의 방사 효율 및 이득을 나타낸 것이다. 주파수 대역별 최대 방사 효율은 2.45 GHz 대역에서 89.16%, 3.5 GHz 대역에서 99.86%, 5 GHz WLAN 대역에서는 평균 80% 효율을 나타내고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 USB 동글용 초소형/다중대역 안테나를 제안하였다. 안테나의 전체 크기는 10 mm(W) × 50 mm(L) × 0.8 mm(t)이고, hook형 패치와 모노폴 element로 구성되어있다. Hook형 패치 길이, 폭, 모노폴 element 유/무에 따른 공진 주파수 특성을 분석하였고, 전류 분포를 통해 동작원리를 확인하였다. 시뮬레이션을 바탕으로 최적화 파라미터를 추출하였고 FR-4 기판위에 제작되었다. 제작된 안테나의 측정결과 2.4 GHz-2.483 GHz, 3.4 GHz-3.6 GHz, 5.15 GHz-5.825 GHz대역에서 $S_{11} < -10$ dB를 만족시켰다. 따라서 본 연구에서 제안하는 안테나는 WLAN (2.4 GHz-2.483 GHz, 5.15 GHz-5.825 GHz), WiMAX (3.4 GHz-3.6 GHz), ISM/Bluetooth (2.4 GHz-2.480 GHz)대역을 동시에 지원하는 무선 USB 동글용 초소형/다중대역 안테나로서 그 응용이 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Wikipedia, the free encyclopedia, available at: <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>.

[2] Q. Luo and J. R. Pereira and H. M. Salgado, "Fractal monopole antenna for WLAN USB dongle," in proc. 2009 Loughborough Antennas and Propag. Conf., pp. 245-247, Nov. 2009.

[3] S. J. Jeong and K. C. Hwang, "Compact loop-coupled spiral antenna for multiband wireless USB dongles," IET Electron. Lett., vol. 46, no. 6, pp. 388-390, Mar. 2010.

[4] C. Y. Pan and T. S. Horng and W. S. Chen and C. H. Huang, "Dual wideband printed monopole antenna for WLAN/WiMAX applications," IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett., vol. 6, pp. 149-151, 2007.

[5] K. G. Thomas and M. Sreenivasan, "Compact triple band antenna for WLAN/WiMAX applications," IET. Electron. Lett., vol. 45, no. 16, pp. 811-813, Jul. 2009.

[6] 임정섭, 김철복, 장재삼, 이호상, 정영호, 조동기, 이문수, "CPW 급전 삼중대역 내장형 평면 모노폴 안테나 설계", 전자공학회논문지, 제44권 TC편, 제 12호, 73-78쪽, 2007년 12월.

[7] 김종성, "GSM/DCS/Bluetooth대역에서 동작하는 단락된 폴딩 구조의 안테나", 전자공학회논문지, 제 45권 TC편, 제1호, 97-102쪽, 2008년 1월.

[8] HFSS (High Frequency Structure Simulator) ver. 11, Ansoft Corp.

저 자 소 개



정 성 재(학생회원)
2010년 동국대학교 전자공학과
학사 졸업.
2010년~현재 동국대학교
전자전기공학부 석사과정.
<주관심분야 : 무선 USB 동글용
안테나>



황 금 철(정회원)
2001년 부산대학교 전자공학과
학사 졸업.
2003년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사 졸업.
2006년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 박사 졸업.
2006년~2008년 삼성탈레스 기술연구소
책임연구원.
2008년~현재 동국대학교 전자전기공학부
조교수.
<주관심분야 : 전자파 복사 및 산란해석, 통신 및
레이다 안테나, 최적화 알고리즘 등>



신 재 호(정회원)
1979년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업.
1982년 서울대학교 전자공학과
석사 졸업.
1987년 서울대학교 전자공학과
박사 졸업.
1983년~1988년 명지대학교 전자공학과 조교수.
1988년~현재 동국대학교 전자전기공학부 교수.
<주관심분야 : 음향신호처리 등>