

무선 USB 동글 장치를 위한 프린트형 미앤더 모노폴 안테나

Printed Meander-Monopole Antenna for Multiband Wireless USB Dongle Applications

정 성 재 · 황 금 철 · 신 재 호

Seong-Jae Jeong · Keum-Cheol Hwang · Jae-Ho Shin

요 약

본 논문에서는 이동 통신 기기에 적합하고 다중 대역을 지원하는 무선 USB 동글(dongle)용 내장형 안테나를 제안하였다. 제안된 무선 USB 동글용 안테나는 프린트형 미앤더 모노폴 안테나를 사용하여 이중 광대역 특성을 구현하였고, 50-Ω 동축 케이블을 이용하여 급전하였다. 안테나는 두께가 1 mm, 비유전율이 4.6인 FR-4 기판 위에 설계되었고, 전체 크기는 10×50 mm²로 내장형 안테나에 적합하다. 제작된 안테나는 측정 결과, VSWR < 2 기준으로 2.3~2.7 GHz, 5.15~5.825 GHz의 이중 대역을 만족시킨다. 따라서 제안된 안테나는 WiBro, Bluetooth/ISM, WLAN, S-DMB, WiMAX의 대역을 만족하는 무선 USB 동글용 안테나로 유용하게 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

Abstract

In this paper, a novel printed meander monopole antenna is proposed for wireless USB dongle applications. Dual-wideband resonance is obtained by utilizing a printed meander monopole radiator. The proposed antenna was fabricated on a thin FR-4 substrate with a thickness of 1 mm and a dielectric constant of 4.6. The antenna is fed by a 50 Ω coaxial cable. This novel USB dongle antenna measures only 10×50 mm². The measured results demonstrates that the antenna supports WiBro, Bluetooth/ISM, WLAN, S-DMB, and WiMAX service bands.

Key words : Wireless USB Dongle, Multiband Antenna, Internal Antenna

I. 서 론

최근 무선 통신의 발달과 더불어, 이동 중에도 다양한 서비스를 이용할 수 있는 모바일 기기에 대한 관심과 수요가 급증하고 있다. 모바일 기기는 무선 초고속 인터넷인 WiBro(Wireless Broad-band Internet) 위성 디지털 멀티미디어 방송 S-DMB(Satellite Digital Multimedia Broadcasting), 무선 랜 WLAN(Wireless Local Area Network), Bluetooth 등을 포함하는 수많은 무선 인터페이스를 필요로 한다. 이러한 다양한 인

터페이스를 하나의 단말기로 제공하기 위해서는 다수의 안테나 설치가 필수적이다. 하지만 제공하는 인터페이스의 증가로 시스템이 차지하는 공간이 증가함에 따라 안테나 장착 공간은 더욱 협소해지고 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 안테나의 초소형 및 내장형 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^[1]. 이와 더불어 PCS(Personal Communication System) 단말기, UMPC(Ultra-Mobile PC)와 같은 핸드 헬드(hand-held) 단말기의 급속한 수요와 함께 다중 대역을 커버할 수 있으면서도 경량화

「이 논문은 2010학년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0004088).」

동국대학교 전자전기공학부(Division of Electronics & Electrical Engineering, Dongguk University)

· 논문 번호 : 20100629-085

· 교신저자 : 황금철(e-mail : kchwang@dongguk.edu)

· 수정완료일자 : 2010년 8월 17일

가 가능한 안테나 기술이 각광을 받고 있다.

최근에는 통신 단말기뿐만 아니라, PDA, 노트북 컴퓨터, 내비게이션 장치 등과 같은 소형 모바일 기기들이 USB(Universal Serial Bus) 포트를 사용하여 유무선 통신이 가능하게 되었다. 다시 말해 사용자는 무선 통신을 위해서 소형 기기의 USB 포트에 무선 통신이 가능한 USB 동글(dongle) 장치를 결합시켜 무선 네트워크에 접속하거나, 디지털 멀티미디어 방송을 시청할 수 있게 되었다. 무선 USB 기술의 전송 속도는 3 m 내에서 유선 USB 2.0 규격의 속도와 같은 480 Mbps, 10 m 이내에서 110 Mbps를 목표로 하기 때문에 사용자는 무선 USB 동글 장치를 이용하여 WiBro, WLAN 등의 다양한 무선 서비스에 빠르고 쉽게 이용할 수 있다^{[2]~[4]}. 기존 기술에도 다중 대역의 신호 송수신 장치 및 이러한 송수신 장치에 이용되는 다중 대역 안테나 구조를 제안한 바 있다^{[5],[6]}. 하지만 이러한 기술은 상대적으로 규모가 큰 전용 통신 단말기에 최적화되도록 설계되어 무선 USB 동글 장치와 같은 소형 모바일 기기에 적용하기 힘들다.

따라서 본 논문에서는 안테나의 소형화뿐만 아니라 다중 대역의 특성을 유도하기 위해 기존 평면형 모노폴 안테나를 수정한 미앤더 모노폴 안테나를 사용하여 WiBro(2.3~2.39 GHz), WLAN(2.4~2.483 GHz, 5.15~5.825 GHz), WiMAX(2.5~2.7 GHz), S-DMB(2.605~2.655 GHz), ISM/Bluetooth(2.4~2.480 GHz) 5 개 서비스 대역에서 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)<2의 기준을 만족시키는 무선 USB 동글용 초 소형/다중 대역 안테나를 제안하였다. 2장에서는 접힌 패치 안테나의 구조, 설계 사양 및 3차원 구조 해석용 툴인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 시뮬레이션을 수행한다^[7]. 3장에서는 최적화된 설계 파라미터를 바탕으로 안테나를 제작하여 성능을 측정하고, 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

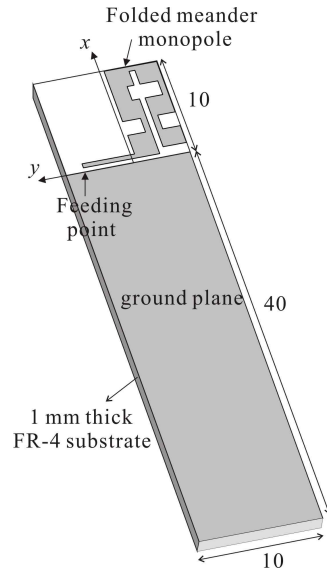
II. 안테나 구조 및 시뮬레이션

2-1 제안된 안테나의 구조

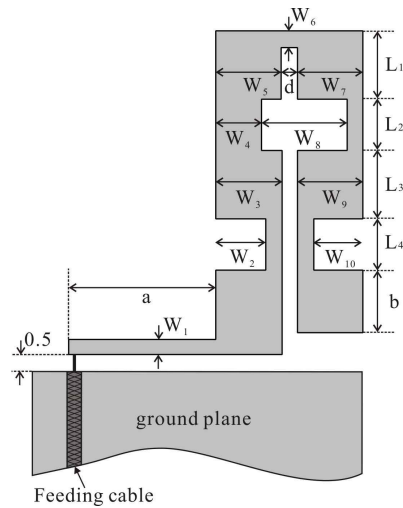
기존의 평면형 모노폴 안테나는 우수한 방사 특성과 간단한 제작 공정으로 현재 활발한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 평면형 모노폴 안테나의 경

우, $\lambda/4$ 길이에서 공진 주파수를 갖기 때문에 부피가 큰 단점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 접힌 미앤더 모노폴 안테나의 형태를 구현하여 안테나가 차지하는 면적을 줄이고, 다중 대역 형성을 위해서 안테나의 패치를 변형시킨다.

본 논문에서 제안하는 프린트형 미앤더 모노폴 안테나의 기본 구조는 그림 1(a)와 같다. 제안된 안



(a) 사시도
(a) Perspective view



(b) 앞면
(b) Front view

그림 1. 제안하는 안테나의 구조

Fig. 1. Configuration of the proposed antenna.

테나에 사용된 기판은 유전율 4.6, loss tangent가 0.025, 두께가 1 mm인 글래스 에폭시(FR-4)며, 전체 크기는 10 mm(W)×50 mm(L)이다. 안테나와 시스템 그라운드 면은 동일면에 위치하고, 0.5 mm 간격을 두고, 50-Ω 동축 케이블로 급전되었다.

프린트형 미앤더 모노폴 안테나의 전체 길이는 25 mm로써 앞서 살펴보았던 평면형 모노폴 안테나 특성에 따라 2 GHz에서 공진 주파수를 발생시킨다. 하지만 안테나의 공진 주파수는 안테나의 길이 및 간격, 패치의 슬릿에 영향을 받기 때문에 이를 고려해야 한다.

그림 1(b)에 안테나 길이 및 안테나의 간격에 따른 파라미터를 제시하였다. d 는 접힌 미앤더 모노폴 안테나 사이의 간격을 나타낸 것으로서 패치 간의 커플링을 조절할 수 있는 변수이다. a 는 급전 부분에서 접힌 미앤더 패치 사이의 거리로서 임피던스 매칭을 통해 대역폭을 조절할 수 있다. b 는 미앤더 모노폴 안테나의 물리적 길이를 조절할 수 있는 변수로 커질수록 안테나 길이는 증가하고 패치와 접지면 사이의 간격은 줄어든다. b 를 조절함으로써 안테나의 물리적 길이 변화에 따른 VSWR 및 미앤더 모노폴 안테나와 접지면 사이의 상호 간섭 영향을 확인할 수 있다.

2-2 안테나의 설계 목표

현재 서비스 중인 WiBro(2.3~2.39 GHz), WLAN(2.4~2.483 GHz), S-DMB(2.605~2.655 GHz), ISM/Bluetooth(2.4~2.480 GHz) 뿐만 아니라 앞으로 사용될 WiMAX(2.5~2.7 GHz), WLAN(5.15~5.825 GHz)

표 1. 안테나 설계 사양

Table 1. Specification of the antenna.

구분	규격
주파수 범위	WiBro(2.3~2.39 GHz) WLAN(2.4~2.483 GHz, 5.15~5.825 GHz) WiMAX(2.5~2.7 GHz), S-DMB(2.605~2.655 GHz) ISM/Bluetooth(2.4~2.48 GHz)
이득	2 dBi 이상
복사 패턴	전방향성

를 지원하기 위해서는 2.3~2.7 GHz와 5.15~5.825 GHz 대역에서 VSWR<2를 만족하는 공진 대역폭을 확보해야 한다. 또한, 무선 USB 동글용 내장형 안테나로서의 필요 충분 조건을 갖추기 위해 2 dBi 이상의 이득과 서비스 주파수 대역에서 전방향성의 복사 패턴이 요구된다. 안테나 설계 시 설정한 설계 사양을 표 1에 제시하였다.

2-3 안테나의 시뮬레이션

그림 2(a)는 변수 $a=2.5$ mm, $b=2$ mm일 때 커플링을 조절할 수 있는 d 의 길이 변화에 따른 VSWR이다. d 가 0.5 mm, 1.5 mm, 2.5 mm로 길어질수록 공진 주파수는 저주파 대역으로 하향되지만 5 GHz 대역의 WLAN 서비스 대역은 만족시키지 못하는 것을 확인할 수 있다.

그림 2(b)는 $d=0.5$ mm, $b=2$ mm일 때 a 의 길이 변화에 따른 VSWR의 변화를 나타내었다. 임피던스 매칭을 통하여 대역폭을 조절할 수 있는 변수 a 는 2 GHz의 서비스 대역에 영향을 주지 않으면서도 5 GHz 대역의 서비스 대역을 만족시킬 수 있다.

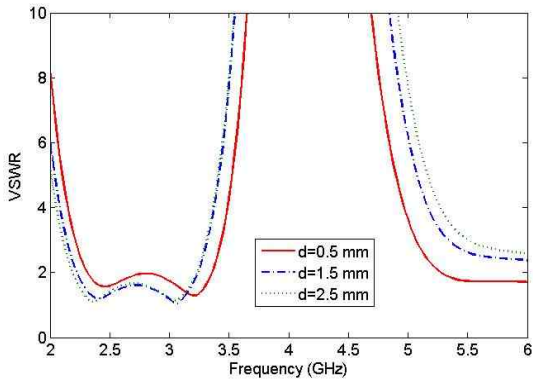
그림 2(c)는 $a=4.5$ mm, $d=0.5$ mm일 때 b 에 따른 VSWR 변화이다. b 가 커질수록 미앤더 안테나의 길이는 증가하고, 패치와 접지면 사이의 간격은 줄어든다. b 를 조절함으로써, 안테나 길이에 따른 VSWR 변화와 안테나와 접지면 사이의 상호 간섭에 따른 영향을 확인할 수 있다.

b 가 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm으로 커질수록 공진 주파수는 3 GHz, 3.2 GHz, 3.4 GHz로 고주파 대역으로 이동한다.

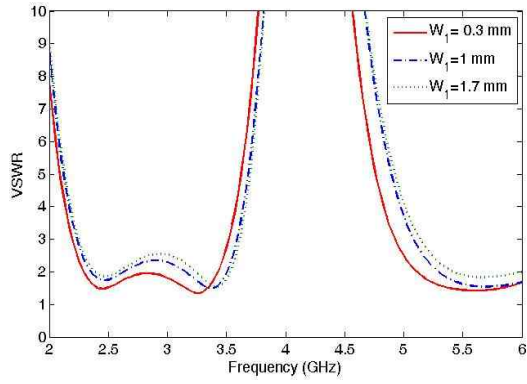
그림 3(a)는 접지면과 패치 사이의 간격을 0.5 mm로 고정하고 W_1 두께 변화에 따른 VSWR을 나타낸 것이다. W_1 을 조절함으로써 임피던스 매칭 및 접지면과 패치 사이의 커플링 크기를 조절할 수 있다. $W_1=0.3$ mm일 때 5 GHz WLAN(5.15~5.825 GHz) 대역을 만족시키는 것을 확인할 수 있다.

그림 3(b)는 W_4 에 따른 VSWR 변화이다. W_4 를 조절함으로써 2.3~2.7 GHz, 5.15~5.825 GHz 서비스 대역을 유지하면서도 3.25 GHz 대역의 독립적 주파수 튜닝이 가능하다.

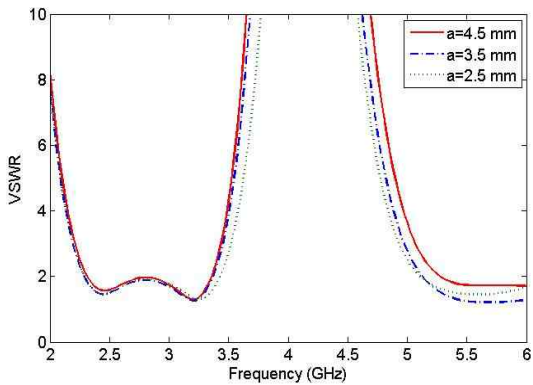
그림 3(c)는 $d=0.5$ mm일 때, W_6 에 따른 VSWR 변



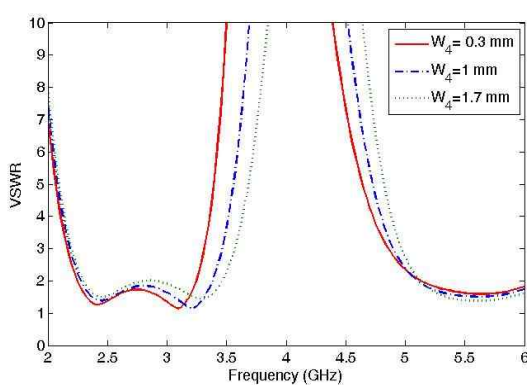
(a) d 에 길이에 따른 VSWR
(a) VSWR versus length d



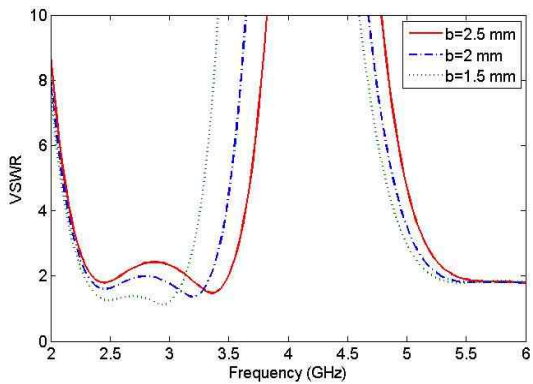
(a) W_1 에 폭 변화에 따른 VSWR
(a) VSWR versus width W_1



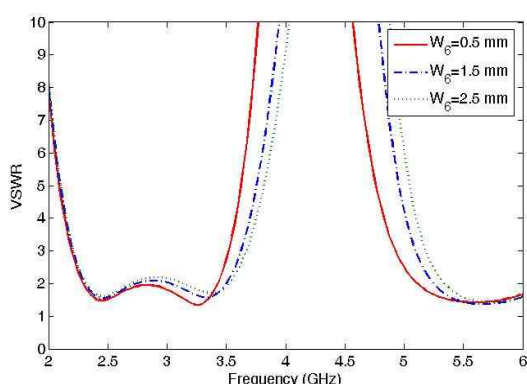
(b) a 에 길이에 따른 반사 계수
(b) VSWR versus length a



(b) W_4 에 폭 변화에 따른 VSWR
(b) VSWR versus width W_4



(c) b 의 길이에 따른 VSWR
(c) VSWR versus length b



(c) W_6 에 폭 변화에 따른 VSWR
(c) VSWR versus width W_6

그림 2. 변수 d , a , b 의 길이 조정에 따른 VSWR
Fig. 2. VSWR for variation of length d , a and b .

그림 3. 변수 W_1 , W_4 , W_6 의 폭 조정에 따른 VSWR
Fig. 3. VSWR for variation of width W_1 , W_4 and W_6 .

화이다. W_6 이 2.5 mm, 1.5 mm, 0.5 mm로 작아질수록 VSWR<2 기준으로 공진 주파수가 5.36 GHz, 5.25 GHz, 5.1 GHz로 저주파 대역으로 이동한다.

시뮬레이션 된 파라미터를 바탕으로 HFSS의 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 사용하여 최적화

표 2. 설계된 안테나의 최적 파라미터

Table 2. Optimized parameters of designed antenna.

변수	설계 값(mm)	변수	설계 값(mm)
W_1	0.44	W_{10}	1.5
W_2	1.53	L_1	2
W_3	2.03	L_2	1.5
W_4	1.4	L_3	2
W_5	2	L_4	1.5
W_6	0.5	a	4.5
W_7	2	b	1.83
W_8	2.62	d	0.5
W_9	2		

파라미터를 추출하였고, 결과를 표 2에 제시하였다.

III. 안테나 제작 및 측정

그림 4는 최적화된 설계 파라미터를 바탕으로 제작된 안테나를 실제 USB 동글 장치에 사용되는 플라스틱 케이스에 실장한 사진이다.

그림 5는 설계된 안테나의 시뮬레이션과 측정 결과, 그리고 안테나에 케이스를 실장한 경우의 VSWR을 보여주고 있다. 설계된 안테나의 시뮬레이션은 측정 결과와 잘 일치한다. 안테나에 케이스를 실장한 경우 $VSWR < 2$ 기준으로 2.3 GHz와 3.3 GHz 대역의 공진 주파수가 2.2 GHz, 3.2 GHz로 이동하는데, 이는 안테나에 유전체 기판을 실장하였을 경우 공진 주파

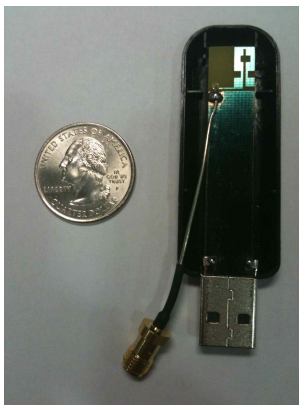


그림 4. 제작된 안테나 사진
Fig. 4. Photograph of the fabricated antenna.

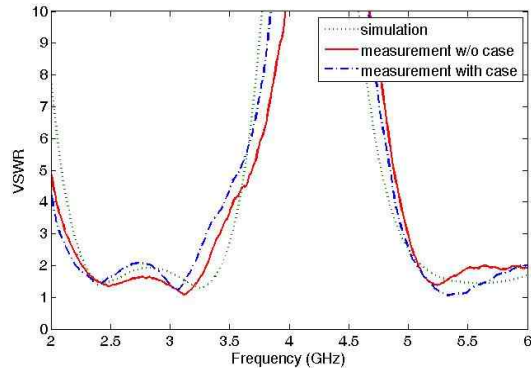


그림 5. 시뮬레이션 및 측정된 VSWR 결과
Fig. 5. Simulated and measured VSWRs.

수 특성이 저주파 대역으로 이동하는 경향과 잘 부합한다.

그림 6(a)는 2.5 GHz 대역에서 케이스와 USB 포트를 결합한 안테나의 3D 복사 패턴이고, 그림 6(b)는 5.5 GHz 대역에서 동일한 방식으로 측정된 안테나의 3D 복사 패턴이다.

그림 6(c)는 2.5 GHz, 5.5 GHz 대역에서 케이스와 USB 포트를 결합한 안테나의 Y-Z 평면 복사 패턴을 나타내고, 그림 6(d)는 동일한 방식으로 측정된 X-Z 평면의 복사 패턴이다. Y-Z 평면의 경우, 다이폴 안테나의 복사 패턴과 유사한 전방향성 패턴을 가지는 반면 X-Z 평면의 경우, USB 포트 영향과 고차 모드 공진에서 동작하는 특성으로 패턴이 지향성을 가진다.

표 3은 케이스와 USB 포트를 실장한 안테나의

표 3. 케이스와 USB 포트를 결합한 안테나의 측정된 효율과 이득

Table 3. Measured total efficiency and gain of the proposed antenna with case/USB port.

Freq.(GHz)	Efficiency(%)	Gain(dBi)
2.3	43.43	2.72
2.5	36.55	1.3
2.7	55.73	2.87
5.2	68.78	4.07
5.3	66.57	3.27
5.5	66.08	4.14
5.7	61.15	3.7

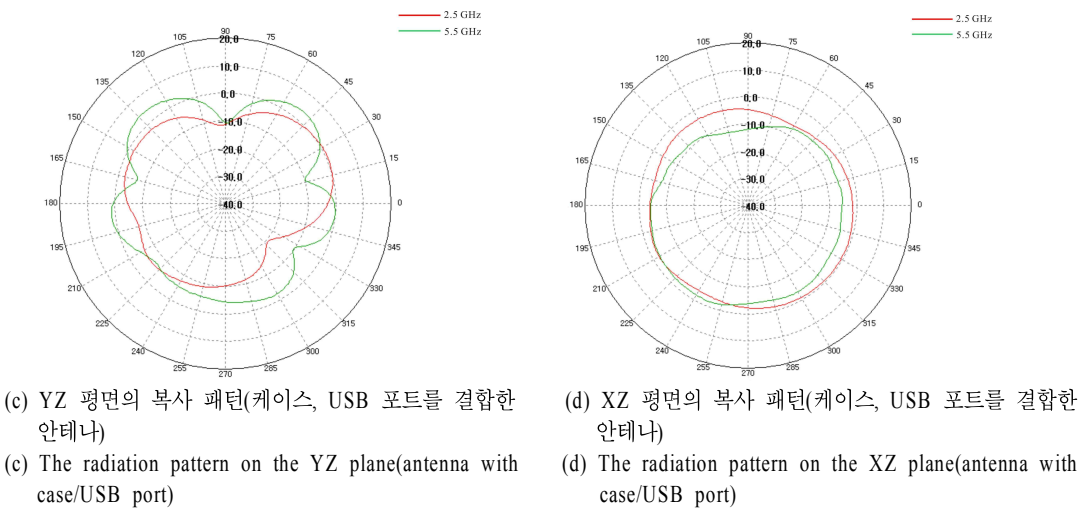
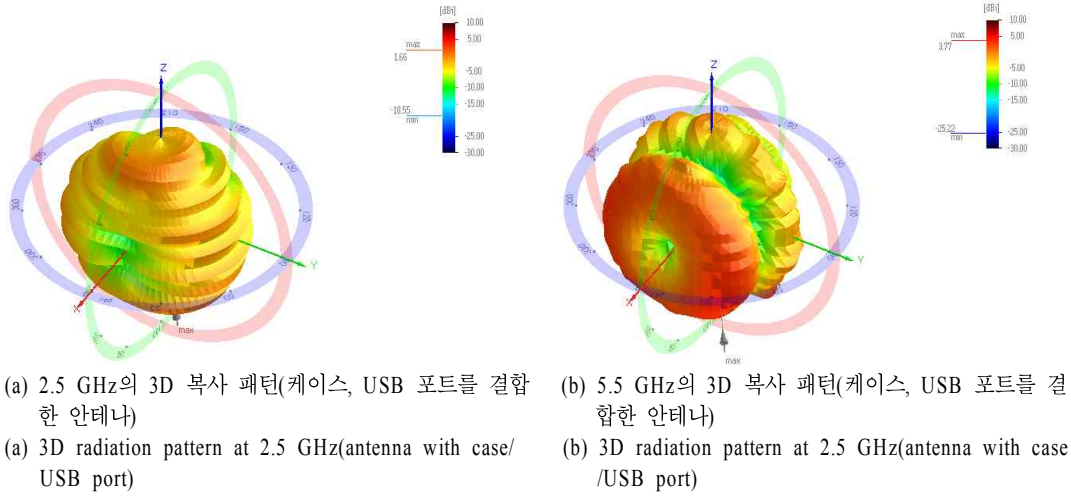


그림 6. 안테나의 측정된 복사 패턴
 Fig. 6. Measured radiation pattern of the antenna.

복사 효율과 이득을 나타낸다. 효율은 2.5 GHz 대역에서 36.55 %로 가장 낮고, 5.2 GHz 대역에서 68.78 %로 가장 높다. 이득은 2 GHz 서비스 대역에서 평균 2.3 dBi이고, 5 GHz WLAN 대역에서 평균 3.8 dBi이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 프린트형 미앤더 모노폴 안테나를 이용한 무선 USB 동글용 초소형/다중 대역 안테나를 제안 및 구현하였다. 안테나 파라미터에 따른 공진 주파수 특성을 분석하였고, 이를 바탕으로 최적

화 파라미터를 추출하여 제작하였다. 제작한 안테나를 플라스틱 케이스의 부착 유/무에 따라 측정하였고, 분석하였다. 안테나의 크기는 10 mm(W)×50 mm(L)이며, 제안된 단일 안테나는 VSWR<2 기준으로 2.3~2.7 GHz, 5.15~5.825 GHz의 다중 대역 특성을 만족하여 WiBro(2.3~2.39 GHz), WLAN(2.4~2.483 GHz, 5.15~5.825 GHz), WiMAX(2.5~2.7 GHz), S-DMB(2.605~2.655 GHz), ISM/Bluetooth(2.4~2.480 GHz) 5개의 서비스 대역을 동시에 지원할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안하는 안테나는 무선 USB 동글용 초소형/다중 대역 안테나 구현에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 최재훈, 김정표, 한민석, "안테나 최근 기술 동향-휴대 단말기용 안테나를 중심으로", 한국전자과학회지, 전자과학기술, 20(6), 2009년 11월.
- [2] A. Kuramoto, "Small UWB antenna using triangular elements on UWB unit", in *Proc. EuCAP*, Nov. 2006.
- [3] S. W. Su, J. H. Chou, and K. L. Wong, "Internal ultrawideband monopole antenna for wireless USB dongle applications", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 55, no. 4, pp. 1180-1183, Apr. 2007.
- [4] C. C. Lin., S. W. Kuo, and H. R. Chuang, "A 2.4-GHz printed meander-line antenna for USB WLAN with notebook-PC housing", *IEEE Microw. Wireless Compon Lett.*, vol. 15, no. 9, pp. 546-548, Sep. 2005.
- [5] J. Y. Jan, C. Y. Hsiang, "Wideband CPW-fed slot antenna for DCS, PCS, 3G and Bluetooth bands", *Electron. Lett.*, vol. 42, no. 24, pp. 1377-1378, Nov. 2006.
- [6] R. Li, B. Pan, J. Laskar, and M. M. Tentzeris, "A novel low-profile broadband dual-frequency planar antenna for wireless handsets", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 56, no. 4, pp. 1155-1162, Apr. 2008.
- [7] Ansoft High Frequency Structure Simulator(HFSS), Ver. 11.0 www.ansoft.com.

정 성 재



2010년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)
 2010년~현재: 동국대학교 전자전기공학부 석사과정
 [주 관심분야] 무선 USB 동글용 안테나

신 재 호



1979년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1987년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
 1983년 3월~1988년 2월: 명지대학교 전자공학과 조교수
 1988년 3월~현재: 동국대학교 전자전기공학부 교수
 [주 관심분야] 음향 신호 처리 등

황 금 철



2001년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자전공 (공학석사)
 2006년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자전공 (공학박사)
 2006년 1월~2008년 7월: 삼성탈레스 기술연구소 책임연구원

2008년 9월~현재: 동국대학교 전자전기공학부 조교수
 [주 관심분야] 전자파 복사 및 산란 해석, 통신 및 레이다 안테나, 최적화 알고리즘 등