

GPS/WiMAX/WLAN 시스템에 적용 가능한 다중밴드 모노폴 안테나의 설계와 제작

윤중한* · 이덕환**

A Design and Implementation of Multi-band Monopole Antenna for GPS/WiMAX/WLAN Applications

Joong-Han Yoon* · Deok-Hwan Lee**

요 약

본 논문에서는 GPS/WiMAX/WLAN 시스템에 적용 가능한 다중밴드 대역을 갖는 모노폴 안테나를 설계, 제작 및 측정 하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 급전을 바탕으로 두 개의 사각 링과 한 쌍의 L 선로로 구성되어 삼중 대역의 특성을 갖도록 설계하였다. 최적화된 수치를 얻기 위해 상용 툴인 HFSS를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 제안된 안테나는 $27.0 \times 54.0 \times 1.0$ mm³의 크기로 유전율 4.4인 RF 4 기판 위에 제작되었다. 제작 결과, 제안된 안테나는 -10dB 임피던스 대역폭을 기준으로 300 MHz(1.325~1.625 GHz), 400 MHz (2.275~2.675 GHz), 그리고 600 MHz (3.15~3.75 GHz)의 대역폭을 얻었다. 또한 제안된 안테나는 요구되는 3개 대역에서 측정된 이득과 방사패턴의 특성을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a microstrip-fed multiband monopole antenna for GPS(Global positioning system)/WiMAX(Worldwide interoperability for microwave access)/WLAN(Wireless Local Area Networks) for applications was designed, fabricated and measured. The proposed antenna is based on a microstrip-fed structure, and composed of two rectangular double rings and L strips pair and then designed in order to get triple band characteristics. To obtain the optimized parameters, we used the simulator, Ansoft's High Frequency Structure Simulator(HFSS). The proposed antenna is made of $27.0 \times 54.0 \times 1.0$ mm³ and is fabricated on the permittivity 4.4 FR-4 substrate. The experiment results shown that the proposed antenna obtained the -10 dB impedance bandwidth 300 MHz (1.325~1.625 GHz), 400 MHz (2.275~2.675 GHz), and 600 MHz (3.15~3.75 GHz) covering the GPS/WiMAX/WLAN bands. Also, the proposed antenna measured gain and radiation patterns characteristics for required operating bands.

키워드

Triple-Band Antenna, WLAN, GPS, WiMAX, Rectangular Ring Strip
삼중 대역 안테나, WLAN, GPS, WiMAX, 사각 링 선로

1. 서 론

여러 위성 및 무선 통신의 발달과 더불어 넓은 대역폭과 다중 밴드로 동작하는 안테나의 요구가 계속

** 휴니드테크놀러지(mothello@huneed.com)

* 교신저자 : 신라대학교 전자공학과

• 접수일 : 2015. 09. 01

• 수정완료일 : 2015. 10. 13

• 게재확정일 : 2015. 10. 23

• Received : Sep. 1, 2015, Revised : Oct. 13, 2015, Accepted : Oct. 23, 2015

• Corresponding Author : Joong-Han Yoon

Dept. of Electronic Engineering, Silla University,

Email : jhyoon@silla.ac.kr

적으로 증가하고 있다. 전 세계적인 로밍을 위해서는 이미 알려진 바대로 DCS(Digital Communicaton System), and UMTS(Universal Mobile Telecommunication System) 등과 같은 주파수 대역들이 하나의 모바일 기기로 동시에 동작될 수 있어야 한다. 서비스 되어야 할 주파수 대역이 증가할 수 록 한정된 공간에서 이러한 대역을 모두 만족시키는 안테나를 설계하는 것은 어렵다. 따라서 하나의 안테나로 여러 주파수 대역을 만족시킬 수 있는 다중밴드 안테나에 대한 연구가 활발히 이루어져왔다. 현재 사용되고 있는 모바일 기기의 많은 안테나는 다중 밴드를 만족하도록 설계되고 내장형 마이크로스트립 패치 형태로 구성되어 있으며 특히 마이크로스트립 안테나는 저렴하고 견고하며 대량생산이 가능한 장점을 갖고 있기 때문에 많은 모바일 기기에 사용되고 있다 [1-2].

한편 WLAN 시스템은 전 세계적으로 가장 성공적으로 정착된 무선 통신 시스템으로서 무선채널을 사용하여 유선 LAN을 확장시킴으로서 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점을 갖게 된다. 또한 보다 빠른 데이터송수신을 원하는 소자들의 욕구가 증가됨에 따라서 기존의 IEEE 802.11b와 더불어 IEEE 802.11g의 표준화를 통해 2.4-2.484 GHz 주파수의 무선 WLAN의 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다 [3-10].

한편 GPS(Global Position System) 위치 정보 서비스를 통해 육상의 차량용 네비게이션 뿐만 아니라 해상 운항을 위해서도 수신기의 수요가 급격하게 증가하고 있다. 국내의 무선기기를 제조하는 회사들은 무선 단말기에 GPS 수신기와 안테나를 함께 직접화시켜 필요한 응용 서비스를 가능하도록 하는 방향으로 개발하려는 의사를 갖고 있으며 범용 서비스에서 요구되는 GPS 안테나는 위성으로부터의 위치 정보를 수신 받기 위해 원형 편파 특성이 요구되지만, 다중 경로 페이딩 영향이 크고 위성과 기지국 정보를 모두 활용하는 이동 통신 환경에서는 오히려 고효율의 선형 편파 특성을 갖는 GPS 수신 안테나의 개발이 요구되고 있으며 한편으로 근근해에서 원활한 통신환경을 제공하기 위해서 근거리 무선 통신인 WLAN 시스템과 해상에서 위치를 확인해 주는 GPS 시스템에 동시에 적용 가능한 안테나의 개발이 지속적으로 개발

되어 왔다[11-13].

본 논문에서는 모노폴 형태를 바탕으로 1.575 GHz GPS 대역, 2.4 GHz WLAN 대역(2.4~2.484 GHz), 그리고 3.5 GHz WiMAX 대역(3.4~3.8 GHz)을 만족하는 삼중대역 안테나를 설계하였다. 하나의 스트립 선로에서 또 다른 스트립 선로를 분기하여 삼중대역 특성을 갖도록 설계하였다. 다음 장에서 구체적인 설계 구조 그리고 제작 및 측정결과에 대해서 설명하였다.

II. 설계 및 구현

제안된 안테나는 그림 1과 같은 구조로 설계하였다. 마이크로스트립 급전 구조를 기반으로 GPS 대역, WLAN 2.4 GHz 대역 그리고 WiMAX 3.5 GHz 대역에서 동작가능 하도록 사각 링 구조를 제안하였다. 안테나의 전체 크기($W_1 \times L_1$)는 27.0 mm×54.0 mm의 크기를 갖으며 접지면의 크기($W_1 \times L_6$)는 25.0 mm×15.5 mm이다. 두 개의 분기선로 스트립 선로 1, 스트립 선로 2로 각각 구성하였으며 각 선로의 폭은 2.0 mm 길이로 동일하게 설계하였다.

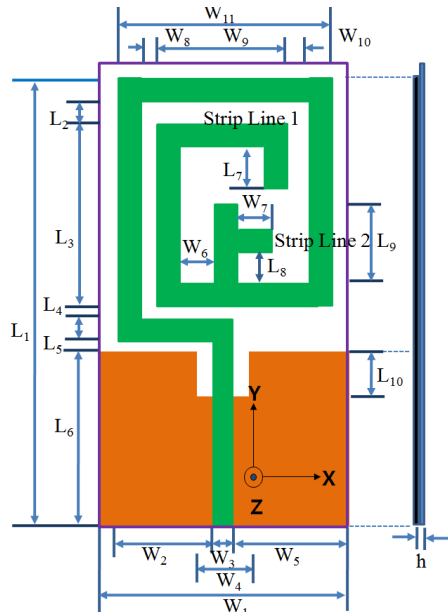


그림 1. 제안된 삼중대역 안테나
Fig. 1 Proposed triple band antenna

삼중 대역 특성을 갖는 안테나를 구현하기 위해 3D 설계가 가능한 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)[14]를 이용하여 최적화된 설계 수치를 도출하였다. 각 파라메타에 대한 연구를 통해 제안된 안테나의 반사손실 특성에 커다란 영향을 주는 수치를 확인하고 최적의 임피던스 특성 변화를 확인하여 최적화된 수치를 얻었다.

그림 2는 스트립 2의 길이(L_7) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 스트립 1의 길이인 L_7 의 길이를 1.5 mm에서 3.5 mm까지 1.0 mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성을 비교하였다. L_7 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과, 2.4 GHz 대역에서는 반사손실 특성에서 주파수 이동이 발생하였으며 GPS 및 3.5 GHz 대역에서는 커다란 변화가 없었다. L_7 길이의 변화가 GPS 대역의 특성에 커다란 영향을 줄 것으로 판단하였으나 시뮬레이션 결과로부터 오히려 2.4 GHz 대역에서 더 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스트립 2의 분기 선로에 의해 L_7 길이의 변화가 GPS 대역에서의 반사손실 특성에 강한 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 $L_7 = 2.5$ mm 일 때 제일 우수한 결과를 얻었다.

그림 3은 스트립 선로 2의 길이(L_9) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 스트립 선로 2의 길이인 L_9 의 길이를 5.0 mm에서 7.0 mm까지 1.0 mm 간격으로 변화시켰을 때 반사손실 특성을 비교하였다. L_9 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과, GPS 대역에서는 반사손실 특성 및 공진주파수 특성에 변화가 없었으며 2.4 GHz 대역 및 3.5 GHz 대역에서는 반사손실 특성 및 공진주파수에 큰 변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 스트립 2의 길이 변화가 2.4 GHz 및 3.5 GHz 대역 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 비록 $L_9 = 7.0$ mm 일 때 3.5 GHz 대역에서의 반사손실 특성이 우수하지만 2.4 GHz 대역에서의 대역폭은 요구되는 2.4 GHz 주파수 대역을 벗어난다. 따라서 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 $L_8 = 6.0$ mm 일 때 제일 우수한 결과를 얻었다. 그림 4는 접지면에 슬릿이 존재할 경우와 존재하지 않을 경우를 비교한 시뮬레이션 반사손실 특

성을 나타내었다. GPS 대역에서는 슬릿이 존재하는 경우와 슬릿이 존재하지 않은 경우 모두 비슷한 반사손실 특성을 얻었다. 반면 2.4 GHz 대역에서는 슬릿이 존재할 경우 우수한 반사손실 특성을 얻었다. 한편 3.5 GHz 대역에서는 슬릿이 존재하는 경우 반사손실 특성이, 슬릿이 존재하지 않은 경우 대역폭이 상대적으로 더 우수한 결과를 얻었다. 이러한 결과로부터 비록 3.5 GHz 대역에서 슬릿이 존재하지 않는 경우 더 큰 대역폭을 얻었지만 2.4 GHz 대역에서 더 우수한 특성을 보인 슬릿이 있는 경우를 기본 설계로 설정하였다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 최적화 수치는 다음과 같다.

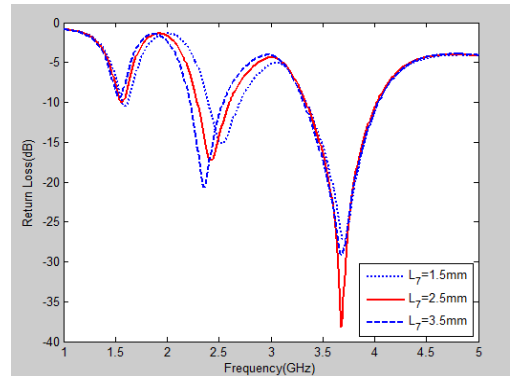


그림 2. 스트립 선로 1의 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 2 Characteristics of simulation return loss of effect of strip line 1.

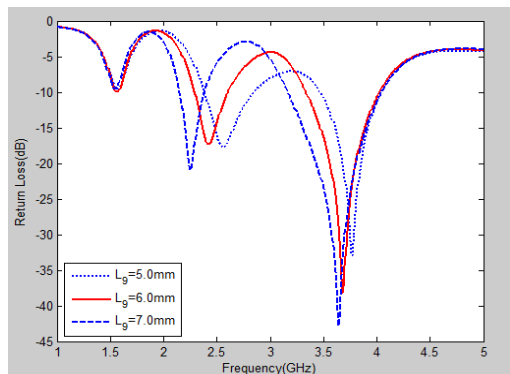


그림 3. 스트립 선로 2의 스텐브 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 3 Characteristics of simulation return loss of stub effect of strip line 2.

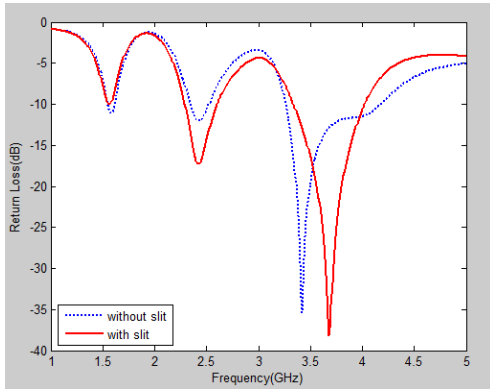


그림 4. 접지면에 슬릿의 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 4 Characteristics of simulation return loss of effect of slit in the ground plane.

표.1 최적화된 설계 파라메타들

Table 1. Optimized design parameters

Parameter	Unit(mm)	Parameter	Unit(mm)
L ₁	47.0	W ₂	11.25
L ₂	4.0	W ₃	2.0
L ₃	20.0	W ₄	4.0
L ₄	2.0	W ₅	13.25
L ₅	2.0	W ₆	5.0
L ₆	15.5	W ₇	1.0
L ₇	2.5	W ₈	3.0
L ₈	4.0	W ₉	13.0
L ₉	12.0	W ₁₀	4.0
L ₁₀	2.5	W ₁₁	24.0
W ₁	28.0		

얻어진 최적화된 파라미터를 사용하여 $\epsilon_r=4.4$, $h=1.0\text{mm}$ 인 FR-4기판으로 안테나를 제작하였다. 제안된 최적화 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하고 측정하였다. 그림 5은 실제 최적화된 수치로 제작된 안테나이다.

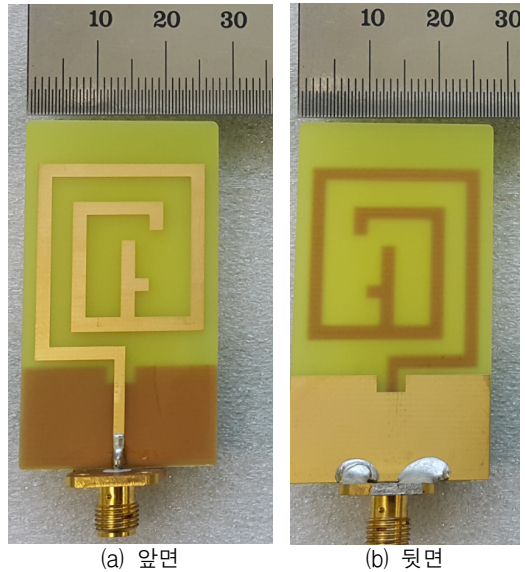


그림 5. 제작된 안테나 (a) 앞면 (b) 뒷면

Fig. 5 Fabricated antenna (a) front view (b) back view

III. 검증

제작된 안테나는 신라대학교 공과대학 공동기기실 내에 있는 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 반사손실을 측정하였으며 방사 패턴은 안양에 위치한 이노링크의 무반사실에서 측정하였다. 그림 6는 제안된 안테나의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 제작 후 측정된 결과를 비교하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 측정 결과에 어느 정도의 오차가 있으나 측정결과는 시뮬레이션 결과와 유사한 경향을 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 이러한 오차는 여러 가지 요인에 의한 것으로 판단된다. 첫 번째는 제작상의 오류이다. 제작 과정상에서 정확한 길이와 두께가 형성되지 않을 수 있다. 두 번째로는 기판의 유전율 오차이다. 기본적으로 유전율이 4.4인 FR-4 기판을 사용하지만 기판제작 시 존재하는 오류는 항상 존재한다. 세 번째는 시뮬레이션 상에 존재하지 않는 SMA 커넥터에 의한 영향 때문인 것으로 판단된다. 시뮬레이션 과정 중 존재하지 않고 실제 측정 시에는 존재하므로 오류 중 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

GPS 대역에서 시뮬레이션 결과보다 더 우수한 특성을 얻었다. 즉, 1.575 GHz GPS 주파수 대역에서 -17.03 dB의 반사손실 특성을 얻었으며 -10dB을 기준으로 300 MHz (1.325~1.625 GHz) 대역폭을 얻었다. 한편 2.4 GHz 대역에서는 400 MHz(2.275~2.675 GHz)의 대역폭을 얻어 2.4 GHz WLAN 대역을 만족시켰으며 3.5 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 600 MHz (3.15~3.75 GHz)의 대역폭을 얻어 WiMAX 대역에서 요구하는 대역폭을 만족하고 있음을 확인하였다.

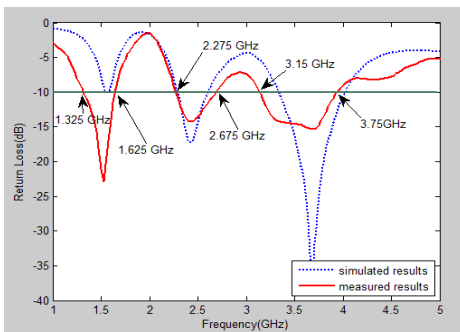


그림 6. 제안된 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사손실 결과

Fig. 6 The simulated and measured return loss results of the proposed antenna

그림 7, 8, 9는 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내고 있다. 방사패턴이 측정된 주파수는 GPS 대역인 1.575 GHz, 2.4 GHz WLAN 대역(2.4~2.484 GHz)의 중심인 2.44 GHz, 그리고 3.5 GHz 대역(3.4~3.7 GHz)의 3.5 GHz로 설정하였다. 그림 7은 1.575 GHz 주파수에서 방사패턴을 나타낸 것이며 그림 8은 2.44 GHz 주파수에서의 방사패턴을 나타낸 것이다. 그리고 그림 9는 3.5 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였다. 제안된 안테나의 3-D 방사패턴은 전체적으로 전방향성 특성을 보여주고 있다.

GPS/WLAN/WiMAX 각 주파수 대역에서의 최대 이득과 평균 이득은 다음과 같다. GPS대역에서 최대 이득은 0.2 dBi 그리고 평균 이득은 -5.71 dBi값을 얻었다. 2.4 GHz 대역에서 최대이득은 3.89~3.98 dBi 그리고 평균 이득은 -0.95~-0.69 dBi로 값을 얻었다. 또한 3.5 GHz 대역에서 최대이득은 4.02~4.38 dBi 그리고 평균 이득은 -0.86~-0.61 dBi로 값을 얻었다.

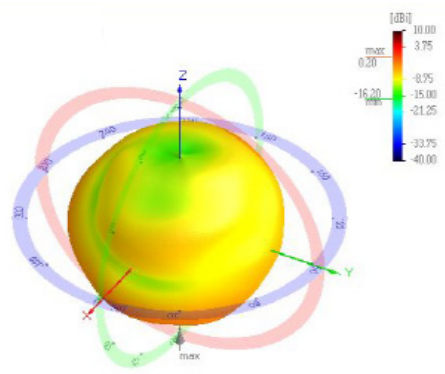


그림 7. 1.575 GHz에서 3-D 방사패턴

Fig. 7 3-D measured radiation pattern of 1.575 GHz

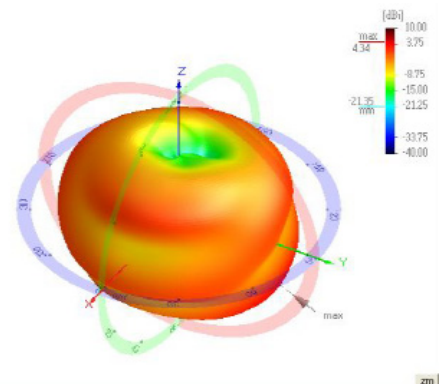


그림 8. 2.44 GHz에서 3-D 방사패턴

Fig. 8 3-D measured radiation pattern of 2.44 GHz

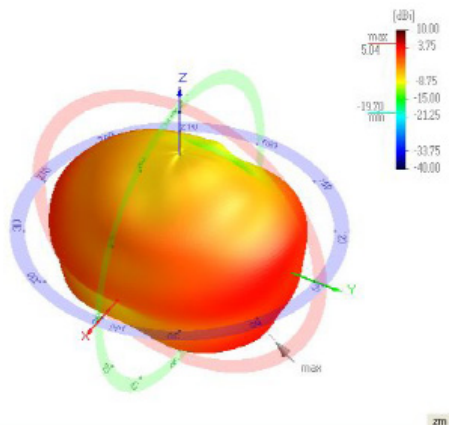


그림 9. 3.5 GHz에서 3-D 방사패턴

Fig. 9 3-D measured radiation pattern of 3.5 GHz

IV. 결론

본 논문에서는 GPS/WLAN/WiMAX 시스템에 적용 가능한 삼중대역 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 급전 구조를 갖고 있는 두 개의 스트립 구조를 이용하여 삼중 공진이 가능하도록 설계하였다. 반사손실 측정결과, 시뮬레이션 결과와 측정결과가 어느 정도 일치하고 있음을 확인하였으며 제안된 안테나는 -10dB을 기준으로 300 MHz (1.325~1.625 GHz), 2.4 GHz 대역에서는 400 MHz (2.275~2.675 GHz), 그리고 3.4 GHz 대역에서는 600 MHz (3.15~3.75 GHz)의 대역폭을 얻었으며 GPS/WLAN/WiMAX 시스템에서 요구하는 대역폭을 모두 만족시켰다. 또한 방사패턴 측정결과, 전방향성의 방사패턴 그리고 GPS 대역에서 최대이득 0.2, 2.4 GHz대역에서 최대이득 3.89~3.985 dBi, 3.5 GHz 대역에서 최대이득 4.02~4.3 dBi을 얻었다. 따라서 제안된 안테나는 GPS /WLAN/WiMAX 시스템이 함께 적용되는 시스템에 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후에는 5 GHz WLAN 대역까지 동시 만족하는 안테나 설계가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국 산업기술평가 관리원[10045152, 해상용 아날로그 디지털 융합형 VHF 무선설비 개발] 글로벌전문기술개발사업의 일환으로 수행하였음

References

- [1] W. Stutzman G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2012.
- [2] G. Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, 2003.
- [3] Y. Park, "Characteristics of patch antenna for WLAN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 6, 2011, pp. 803-808.
- [4] O. Kim, "Desing of dual band microstrip antenna for wireless communication applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1275-1279.
- [5] T. Choi, B. Bum, and S. Lim, "Modified monopole antenna for multi resonance wideband," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, 2008, pp. 53-57.
- [6] S. Lee, N. Kim, and S. Lee, "Design and fabrication of the antenna for Wibro and WLAN communications using CPWG structure," *J. of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 19, no. 10, 2008, pp. 1086-1095.
- [7] Y. Seo, J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Design of circualr monopole antenna with symmetrically folded stub for WLAN operation," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 7, 2012, pp. 1549-1552.
- [8] J. Yoon, Y. Rhee, and Y. Jang, "A study on the rectangular ring open-ended monopole antenna with a vertical strip for WLAN dual band operations," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 3, 2013, pp. 619-624.
- [9] Y. Koo and D. Im, "Design and manufacture of modified ring antenna with stub and ground slot for WLAN applications," *J. of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 17, no. 10, 2013, pp. 2285-2272.
- [10] C. B0ark, M. Kim, H. Sung, "Design of compact microstrip patch antenna for WLAN of IEEE 802.11a," *J. of Korea Information Science*, vol. 19, no.12, 2013, pp. 611-617.
- [11] S-J. Chen, M-G. Fang, D-C. Dong, M. Han, and G. Liu, "Compact multiband antenna for GPS/WiMAX/WLAN applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 57, no. 8, 2015, pp. 1769-1773.
- [12] M. R. Ahsan, M. T. Islam, and M. H. Ullah, "A microstrip-fed reformed rectangular shaped slotted patch antenna for simultaneous operatgion in GPS and WLAN bands," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 57, no. 9, 2015, pp. 2204-2207.
- [13] S. I. Rosaline and S. Reahavan, "CSRR-based compact penta band printed antenna for GPS/GSM/WLAN/WiMAX applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 57, no. 7, 2015, pp. 1538-1542.
- [14] Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) Version 10.0, Ansoft Corporation, 2005.

저자 소개

윤종한(Joong-Han Yoon)



1992년 인하대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1994년 인하대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학석사)

2003년 인하대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학박사)

2005년 8월 인하대학교 Post-Doc.

2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.

2008년 8월 삼성전기 책임연구원

2008년 ~ 현재 신라대학교 전자공학과 조교수

※ 관심분야 : RF & Antenna, RFID, Radar

이덕환(Deok-Hwan Lee)



2001년 호서대학교 전파공학과
졸업(공학사)

2003년 호서대학교 대학원 정보
통신공학과 졸업(공학석사)

2003 ~ 2007년 한국해양연구원
(MOERI) 연수학생

2007년 ~ 현재 (주)휴니드테크놀러지스 기술연구소
통신전자개발팀 모뎀담당

※ 관심분야 : 이동통신시스템, 수중통신, 군통신

