

# 이중 공진을 갖는 WLAN용 끝이 개방된 원형 링 모노폴 안테나의 설계와 제작

윤중한\*

Design and Fabrication of A Dual-band Open-Ended Circular Ring MoNopole Antenna for WLAN Applications

Joong-Han Yoon \*

요 약

본 논문에서는 WLAN용 끝이 개방된 원형 링 모노폴 안테나를 설계 및 제작 하였다. 제안된 안테나는 평면형 모노폴 설계를 기본으로 끝이 개방된 원형 링과 접지면으로 구성되어 있으며 이중대역 특성을 갖도록 설계하였다. 최적화된 파라미터를 얻기 위해 상용 도구(HFSS)을 사용하여 시뮬레이션 하였으며 안테나 성능에 민감하게 적용받는 파라미터를 찾아내서 최적화된 수치를 얻었다. 얻어진 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 이중 무선랜 대역 (2.4-2.484 GHz, 5.15-5.825 GHz)에서 반사손실, 이득, 방사패턴의 특성을 측정하였다.

ABSTRACT

In this paper, a dual-band open-ended circular ring moNopole antenna for WLAN(Wireless Local Area Networks) applications. The proposed antenna is based on a planar moNopole design, and composed of open-ended one circular ring of radiating patches for dual-band operation. To obtain the optimized parameters, we used the simulator, Ansoft's High Frequency Structure Simulator(HFSS) and found the parameters that effect antenna characteristics. Using the obtained parameters, the proposed antenna is fabricated. The fabricated antenna is measured at the operating frequencies(2.4-2.484 GHz, 5.15-5.825 GHz), and the return loss coefficient, gain, and radiation patterns are determined.

키워드

Dual-band Antenna, Circular Ring, MoNopole Antenna, WLAN Application

이중대역 안테나, 원형 링, 모노폴 안테나, 무선 랜 응용

## 1. 서 론

최신 인터넷과 이동통신 기술의 급속한 발전으로 인해 이동 환경에서도 고속데이터를 송수신할 수 있게 됨에 따라 이동통신서비스는 이전에 단순히 음성

만을 전송하던 서비스에서 고속의 양방향 데이터 전송을 활용한 서비스로 다양해지고 있다[1]-[3]. 이러한 고속 데이터 통신의 수요 증가로 인해 모바일 기기에는 무선 LAN, 지그비, 그리고 블루투스 등 많은 무선 통신 시스템이 내장되어 있으며 이에 따른 무선 인터

교신저자(corresponding author) : 신라대학교 전자공학과(jhyoon@silla.ac.kr)

접수일자 : 2013. 04. 23

심사(수정)일자 : 2013. 06. 20

개제확정일자 : 2013. 07. 23

페이스 기능이 다양한 모바일 기기-스마트 폰, PDA, 노트북, 데스크 탑 컴퓨터 그리고 기타 단말 장치-에 구현되고 있다. 이러한 서비스가 원활히 제공되기 위해서는 관련된 무선시스템 및 단말장치 그리고 관련 부품에 대한 개발이 적절히 이루어져야 한다.

WLAN은 근거리 무선통신으로서 세계에서 가장 성공적이고 빠르게 성장하는 무선통신 기술이다. 현재 표준화는 802.11b에서 2.4~2.484 GHz로 주파수 대역을 정의하였으며, 802.11a에서는 5.150~5.250 GHz, 5.250~5.350 GHz 그리고 5.725~5.825 GHz로 정의되어 있다. 현재의 WLAN 시스템은 2.4 GHz 대역에서 서비스되고 있지만 데이터의 전송속도를 고려하면 향후 표준화되어 있는 5 GHz 대역까지 포함하는 서비스가 구현될 것으로 예측되고 있다. 이러한 상황에서는 기존에 존재하는 2.4 GHz 대역에서 동작하는 시스템과 5 GHz 대역에서 동작하는 시스템이 공존할 것으로 예상되며 이에 따른 통신부품에 대한 개발이 진행되고 있다.

이러한 무선 통신 시스템의 부품 중에서 안테나는 RF단의 맨 끝에 존재하며 무선기기의 전체 특성을 결정짓는데 중요한 역할을 담당하고 있으며 따라서 공존할 것으로 예상되는 이중 대역의 시스템을 동시에 만족시키기 위한 WLAN용 이중대역 안테나의 개발이 필요하며 이에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다.[4]-[15] 한편 원형 링 안테나에 대해서는 이중대역, 광대역 특성 등에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. [16]-[21]

본 논문에서는 WLAN 시스템에서 사용가능한 이중 공진을 갖는 변형된 원형 링 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 특징으로 끝단이 개방된 원형 링 모양의 선로와 접지면으로 구성되어 있다. 2장에서는 제안된 설계사양, 안테나 구조 그리고 최적화 수치를 얻는 과정을 설명하였고 3장에서는 최적화된 설계파라미터를 바탕으로 안테나를 제작 및 측정된 결과를 제시하였으며 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

## II. 안테나 설계

제안된 안테나 설계의 최종목표는 이중대역의 WLAN 주파수 대역(2.4GHz~2.484GHz, 5.15~5.85

GHz) 을 만족시키며 이득은 0dBi 이상의 값을 갖는 안테나를 설계하는 것이다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 안테나의 구조를 나타내었다. 제안된 안테나의 전체 크기는  $W_3 \times L_1$ ,  $21 \times 45 \text{ mm}^2$ 이며 접지면의 크기는  $W_3 \times L_3$ ,  $21 \times 18.2 \text{ mm}^2$ 이다. 제안된 안테나의 기본 구조는 원형모양의 형태에 바탕에 두고 끝이 개방된 원형 링 형태이다. 반지름이  $R_2$ 인 원형모양에서 반지름이  $R_1$ 인 원형모양을 제거하여 원형 링 형태를 얻었으며 링 선로의 두께(R)는 2.0mm으로 설정하였다. 또한 정합특성을 고려하여 링 선로의 끝단을 개방된 형태로 선택하였다. 한편 제안된 안테나는 기본적인 모노폴 형태로서 설계하였으며 끝단이 개방된 원형 링 선로는 기판 윗면에 설계되었으며 그 반대면, 즉 아랫면에 접지면을 구성하여 윗면에 끝단이 개방된 원형 링 선로와 아랫면의 접지면 사이에 갭( $L_2$ )이 존재하도록 설계하였다. 제안된 안테나는 두께가 1.0mm이고 유전율이 4.4인 저가격의 FR4 기판(일반적으로 인쇄회로기판으로 사용되고 있는)에 설계되었다.

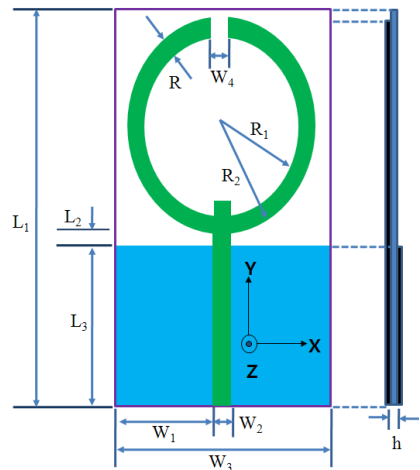


그림 1. 제안된 변형된 원형 링 안테나의 구조  
Fig. 1 Geometry of the proposed modified circular ring monopole antenna with open-ended

제안된 안테나에 대한 최적화된 수치를 얻기 위해 Ansoft사의 HFSS (High Frequency Structural Simulator)를 이용하여 최적의 임피던스 특성 변화 및 최적의 방사특성을 갖기 위한 설계를 진행하였다. 그림 2는 원형 링의 반지름( $R_1, R_2$ ) 변화에 따른 시물

레이션 반사손실을 나타내고 있다. 원형 링 반지름의 길이를  $R_1=11.5$  mm,  $R_2=13.5$  mm 에서  $R_1=13.5$  mm,  $R_2=14.5$  mm로 변화시켰을 때 시뮬레이션을 통해 반사손실을 비교하였다. 그림에서 보듯이  $R_1=11.5$  mm,  $R_2=13.5$  mm일 경우 5GHz 대역에서 반사손실 특성이 다른 경우보다 좋은 특성을 얻었지만 2.4 GHz 대역에서는 좁은 대역폭의 특성을 얻었다. 원형 링 반지름의 길이에 대한 시뮬레이션 결과, 이중대역에서 적절한 반사손실 특성을 보인  $R_1=12.0$  mm,  $R_2=14.0$  mm을 최적화된 수치로 선택하였다.

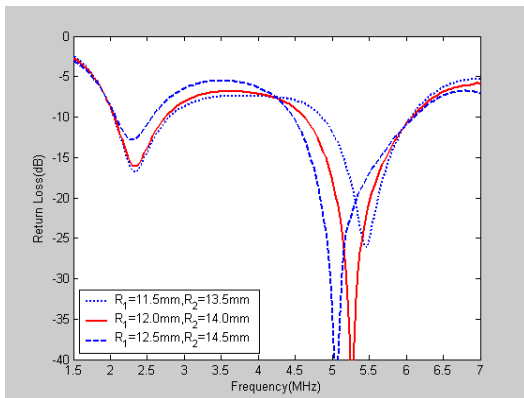


그림 2. 원형 링 반지름( $R_1$ ,  $R_2$ )의 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실

Fig. 2 Simulated return loss of the proposed antenna with different values of circular ring radius( $R_1$ ,  $R_2$ )

그림 3는 원형 링과 접지면 사이의 갭 길이( $L_2$ )의 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실을 나타내고 있다.  $L_2$ 의 길이를 1.2 mm에서 3.2 mm로 변화시켰을 때 시뮬레이션을 통해 반사손실을 비교하였다. 그림 3 에서 갭 길이의 변화가 전체 안테나 특성에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있으며 특히 5 GHz 대역에서 반사손실의 특성에 큰 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있다. 갭 길이( $L_2$ )에 대한 시뮬레이션 결과, 이중대역에서 좋은 반사손실 특성을 보인 2.2mm를 최적화된 수치로 선택하였다.

그림 4는 접지면의 넓이( $W_3$ )에 따른 반사손실의 특성을 나타내었다. 그림 4 에서 2.4 GHz 대역에서 반사손실의 특성은 큰 변화를 보이지 않았지만 5 GHz 대역에서는 접지면의 넓이( $W_3$ )변화가 제안된 안테나의 반사손실 특성에 영향을 미치고 있음을 확인

하였다. 접지면의 넓이( $W_3$ )에 대한 시뮬레이션 결과, 이중대역에서 좋은 반사손실 특성을 보인 21.0mm를 최적화된 수치로 선택하였다.

위에서 언급한 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 최적화된 수치는 표1에 나타내었다. 시뮬레이션 결과로 얻어진 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였으며 그림 5에 나타내었다.

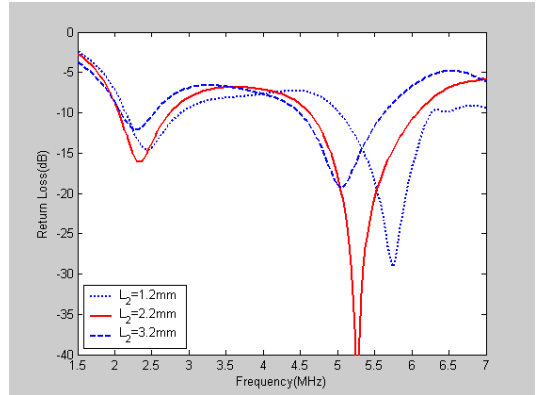


그림 3. 원형 링과 접지면 사이의 갭 길이( $L_2$ )의 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실  
Fig. 3 Simulated return loss of the proposed antenna with different values of gap length between circular ring ( $R_2$ ) and ground plane ( $L_2$ ).

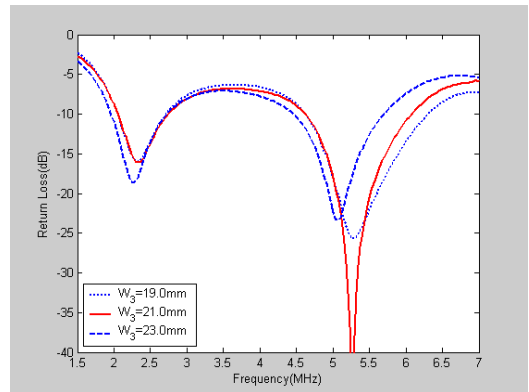
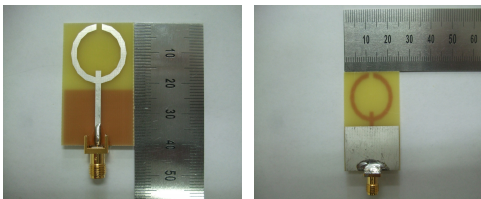


그림 4. 접지면의 길이( $W_3$ )에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실  
Fig. 4 Simulated return loss of the proposed antenna with different values of ground plane ( $W_3$ ).

표 1. 최적화된 수치  
Table 1. Optimized parameters.

parameter	Value(mm)	parameter	Value(mm)
R	2.0	W <sub>1</sub>	8.1
R <sub>1</sub>	12.0	W <sub>2</sub>	2.0
R <sub>2</sub>	14.0	W <sub>3</sub>	21.0
L <sub>1</sub>	45.0	W <sub>4</sub>	2.0
L <sub>2</sub>	2.2	h	1.0
L <sub>3</sub>	18.2		



(a) 앞면 (a) Front view  
(b) 뒷면 (b) Back view

그림 5. 제작된 안테나  
Fig. 5 Fabricated antenna

### III. 제작 및 측정

제작된 안테나의 반사손실은 회로망 분석기 (Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 측정하였으며 방사패턴은 대전에 위치한 맥스웨이브의 무반사실에서 측정하였다. 그림 6은 제안된 안테나의 시뮬레이션과 실제 제작 후 측정된 결과를 비교하고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 값과 측정값이 비슷한 경향을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 오차는 제작상의 오류라기보다는 기관의 유전율 오차와 시뮬레이션 상에 존재하지 않은 입력포트에 의한 영향 때문인 것으로 판단된다. 측정결과 광대역의 임피던스 대역폭을 갖으며 2.05와 5.275 GHz에서 공진모드가 발생함을 알 수 있다. 2.4 GHz 대역에서 -10dB을 기준으로 1620 MHz(1.465-3.085 GHz)의 대역폭을 갖으며 2.4 GHz WLAN 대역(2.4-2.484)을 포함하고 있음을 확인하였다. 또한 5 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 1850 MHz (4.475-6.325 GHz)의 대역폭을 갖으며 5 GHz WLAN 대역(5.15-5.875 GHz)을 만족하고 있음을 확인하였다.

그림 7과 8은 제안된 안테나의 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 6은 2.4 GHz 대역의 방사패턴을 나타낸 것으로서 2.4 그리고 2.45 GHz 주파수에서 표시하였으며 그림 7은 5 GHz 대역의 방사패턴을 나타낸 것으로서 5.3 그리고 5.7 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였고 있다. 제안된 안테나의 방사패턴은 2.4 GHz에서 전체적으로 전 방향성을 갖지만 5 GHz 대역에서는 각 면에 따라 전 방향성 특성이 약화됨을 볼 수 있다. 이러한 특성은 주파수가 높아짐에 따라 5 GHz 대역에서 집지면에 의해 방사영향이 커짐으로서 전 방향성이 약화되는 것으로 판단된다.

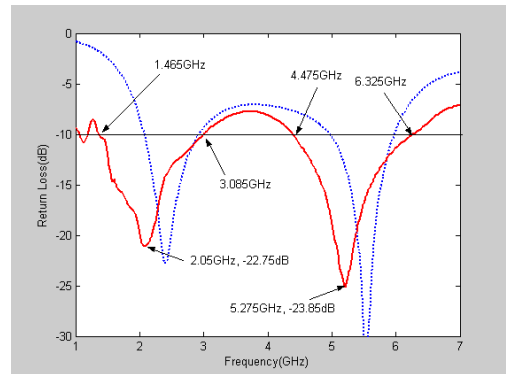
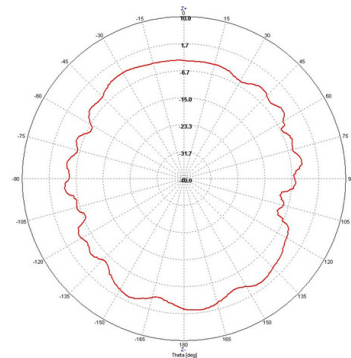
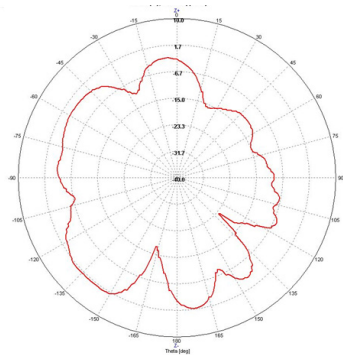


그림 6. 제안된 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사손실

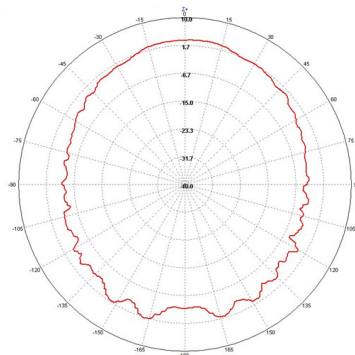
Fig. 6 Return loss coefficient simulated and measured



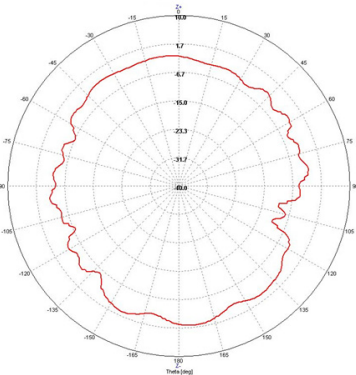
(a) 2.4GHz에서 E면  
(a) E-plane at 2.4GHz



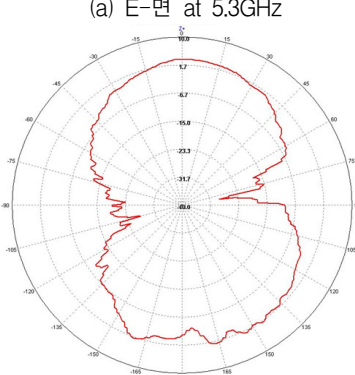
(b) 2.4GHz에서 H면  
(b) H-plane at 2.4GHz



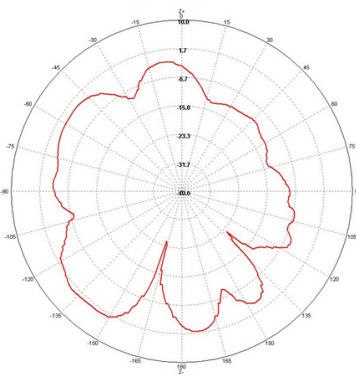
(a) 5.3GHz에서 E-면  
(a) E-면 at 5.3GHz



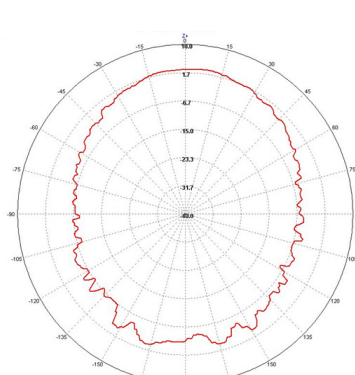
(c) 2.45GHz에서 E-면  
(c) E-plane at 2.45GHz



(b) 5.3GHz에서 H-면  
(b) H-plane at 5.3GHz

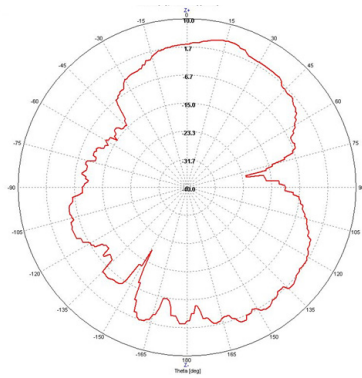


(d) 2.45GHz에서 H-면  
(d) H-plane at 2.45GHz



(c) 5.7GHz에서 E-면  
(c) E-plane at 5.7GHz

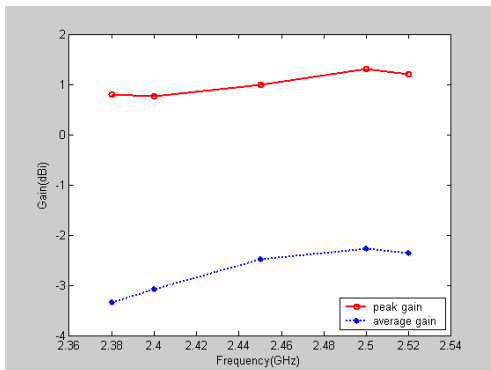
Fig. 7 2.4GHz 대역에서 방사패턴  
Fig. 7 Radiation pattern at 2.4GHz bands



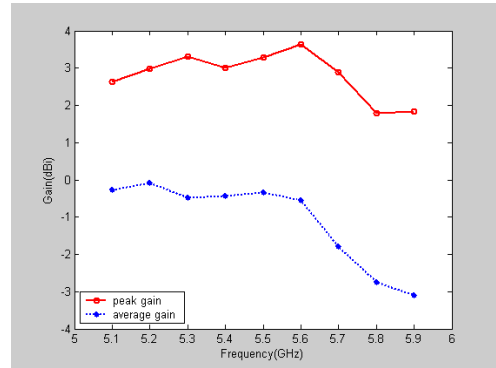
(d) 5.75GHz에서 H면  
(d) H-plane at 5.7GHz

Fig. 8 5GHz 대역에서 방사패턴  
Fig. 8 Radiation pattern at 5GHz band

그림 9는 제안된 안테나의 이득을 나타내고 있다. 그림 9(a)는 2.4 GHz 대역에서의 최대이득과 평균이득을 나타내면 그림 9(b)는 5 GHz 대역에서 최대이득과 평균이득을 나타내고 있다. 그림 9(a)에서 볼 수 있듯이 2.4 GHz 대역에서 최대이득은 0.77~1.31 dBi 그리고 평균이득은 -3.34~2.28 dBi로 얻어졌다. 특히 최대이득은 2.5 GHz에서 1.31 dBi값을 얻었다. 한편 5 GHz 대역에서 이득은 그림 9(b)에서 볼 수 있듯이 최대이득은 1.8~3.63 dBi 그리고 평균이득은 -3.11~-0.09dBi로 얻어졌다. 특히 최대이득은 5.6 GHz에서 3.63 dBi값을 얻었다.



(a) 2.4 GHz 대역  
(a) 2.4 GHz band



(b) 5 GHz 대역  
(b) 5 GHz band

Fig. 9 측정된 이득  
Fig. 9 Measured gains

#### IV. 결론

본 논문에서는 이중 대역 WLAN 시스템용 끝단이 개방된 원형 링 모노폴 안테나의 설계, 제작 및 측정하였다. 끝이 개방된 원형 링 모양 그리고 접지면으로 구성되어 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN 대역을 만족시켰다. 여러 가지 파라메타에 대한 해석을 HFSS 상용툴을 사용하여 수행하였으며 그 결과 최적화된 수치를 얻었다. 최적화된 수치를 사용하여 제작하였고 측정을 통해 제작 결과를 분석하였다. 측정결과, -10dB을 기준으로 WLAN 이중대역에서 각각 1620 그리고 1850 MHz (1.465~3.085 그리고 4.475~6.325 GHz)의 결과를 얻었다. 또한 전방향성의 만족할 만한 방사패턴과 이득을 얻었다.

#### 참고 문헌

[1] Y. W. Park, "Characteristics of patch antenna for WLAN," The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 6, pp. 803-808, 2011.  
[2] O. W. Kim, "Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications," The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 7, No. 6, pp. 1275-1279, 2012.

- [3] G. T. Jeong, Y. R. Ju, and J. H. Yoon, "Design and Fabrication of Dual-band Compact MoNopole Antenna with Two Branches for Wi-Fi Mobile Applications," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 8, No. 1, pp. 41-47, 2013.
- [4] Y. Liu, Z. Niu, and X. Wang, "Dual band H-shaped slot antenna for 2.4 and 5 GHz wireless communication", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 52, No. 4, pp. 957-959, 2010.
- [5] S. I. Park, "Modified dual moNopole antenna for WLAN operation", *International Journal of KIMICS*, Vol. 8, No. 5, pp. 489-492, 2010.
- [6] S. W. Su and F. S. Chang, "Compact, printed mobile unit antenna for 2.4 GHz and 5 GHz WLAN applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 52, No. 12, pp. 2648-2653, 2010.
- [7] M. Harmouzi and M. Essaaidi, "A Novel compact dual band antenna for IEEE 802.11a/b/g/n, WLAN", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 2, pp. 315-317, 2011.
- [8] W. S. Chen, B. Y. Lee, and P. Y. Chang, "A compact and small printed moNopole antenna for WLAN applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 7, pp. 1518-1522, 2011.
- [9] W. C. Liu and Y. Dai, "A dual band shorted moNopole antenna for WLAN band applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 9, pp. 2142-2145, 2011.
- [10] N. Zang, Y. J. Wang, and X. W. Shi, "Compact dual band printed dipole antenna with parallel winding lines and tapered structure for WLAN applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 11, pp. 2492-2494, 2011.
- [11] S. A. Rahim, Z. Nor, N. Md. Jizat, M. Sabran, and M. F. Jamlos, "Dual band printed moNopole slot antenna with combination of L-slot and arm slot for WLAN application", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 11, pp. 2668-2673, 2011.
- [12] Y. S. Seo, J. W. Jung, H. J. Lee, and Y. S. Lim, "Modified dual moNopole antenna for WLAN operation", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 12, pp. 2768-2770, 2011.
- [13] W. C. Liu and Y. L. Chen, "Compact strip moNopole antenna for WLAN band USB dongle applications", *Electronics Letters*, Vol. 47, No. 8, pp. 479-480, 2011.
- [14] J. H. Yoon, "Rectangular Ring Open-Ended MoNopole Antenna with Inverted L-Strip for WLAN Dual-Band Operations", *International Journal of KIMICS*, Vol. 10, No. 4, pp. 321-328, 2012.
- [15] J. Liang, C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Printed circular ring moNopole antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 45, No. 5, pp. 372-375, 2005.
- [16] M. R. Aghda, M. R. Kamarudin, and H. U. Iddi, "M shape surrounded with ring patch wideband moNopole printed antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 54, No. 2, pp. 482-486, 2012.
- [17] F. J. Wang, X. X. Yang, J. S. Zhang, G. P. Gao, and J. X. Xiao, "A band Notched ring moNopole antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 50, No. 7, pp. 1882-1884, 2008.
- [18] R. H. Li, X. J. X. Xiao, M. F. Wang, and G. J. Li, "A printed circular ring moNopole antenna with band Notched feature for UWB applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 52, No. 4, pp. 827-830, 2010.
- [19] L. Liu, S. W. Cheung, R. Azim, and M. T. Lslam, "A compact circular ring antenna for ultra wideband applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 53, No. 4, pp. 2283-2288, 2011.
- [20] H. J. Lee and Y. M. Lim, "Printed dual ring loop antenna for wide dual band frequency band of wireless application", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 54, No. 5, pp. 1317-1318, 2012.
- [21] M. K. Yang, G. P. Gao, S. F. Niu, and J. S. Zhang, "Study of a compact ring moNopole UWB antenna with band Notched characteristic", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 54, No. 10, pp. 2387-2392, 2012.
- [22] Ansoft Corporation High Frequency Structure



Simulator (HFSS), Available,  
<http://www.ansoft.com/products/hf/hfss>.

### 저자 소개



#### **윤중한(Joong-Han Yoon)**

1994년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1996년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2004년 8월 인하대학교 Post-Doc.

2005년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.

2008년 8월 삼성전기 책임연구원

현재 신라대학교 전자공학과 조교수

※ 관심분야 : RF & Antenna, RFID, Radar