

직선과 원호가 결합된 WLAN/WiMAX용 삼중대역 안테나 설계 및 제작

권만재* · 윤중환**

A Design and Manufacture of Triple Band Antenna with Line and Arc shaped Strips for WLAN/WiMAX system

Man-Jea Kwon* · Joong-Han Yoon**

요 약

본 논문에서는 WLAN/WiMAX 시스템에 적용 가능한 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 두 개의 원호와 한 개의 직선 선로로 설계하여 세 개의 전류흐름을 갖도록 구성하여 세 개 대역의 공진특성을 갖도록 설계하였다. 두 개의 원호 길이와 한 개의 직선 선로의 길이를 상호결합을 고려하여 본 논문에서 요구되는 특성을 얻기 위한 최적화 수치를 얻었다. 제안된 안테나는 23.5 mm(W1)×32.0 mm(L1)×1.0 mm(t)의 유전율이 4.4인 RF-4 기판 위에 21.0 mm (W6) × 31.0 mm (L7)의 크기로 제작되었다. 측정결과로부터, 927 MHz (1.844~2.771 GHz), 926 MHz (3.33~4.256 GHz), 그리고 1,415 MHz (5.13~6.545 GHz)의 대역폭을 얻었다. 또한 요구되는 삼중대역에서 측정된 이득과 방사패턴의 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a microstrip-fed triple-band monopole antenna for WLAN/WiMAX applications was proposed. The proposed antenna is consist of two arc-shaped and one strip line structure, then get the three current path and then designed in order to get triple resonant characteristics. We carried out simulation about parameters. Taking account of coupling effect, Adjusted the length of the two arc-shaped and one strip line, we get the optimized parameters. The proposed antenna is fabricated on an FR-4 substrate, the dielectric constant is 4.4, and total size is 23.5 mm(W1) × 32.0 mm(L1) × 1.0 mm(t), and its proposed antenna size is 21.0 mm(W6) × 31.0 mm(L7). From the measured results, return loss of the proposed antenna satisfied return loss 927 MHz (1.844~2.771 GHz), 926 MHz (3.33~4.256 GHz), and 1,415 MHz (5.13~6.545 GHz). And measured results of gain and radiation patterns displayed for operating bands.

키워드

Two Arc-Shaped and One Strip Line, Triple Band, WLAN/WiMAX Application
두 개 원호, 한 개 직선 선로, 삼중 대역, WLAN/WiMAX 활용

1. 서 론

무선 통신시스템은 지난 수년간 급속한 성장을 거듭해 왔다. 과거 음성위주, 유선 기반의 초고속 인터

넷 서비스에서 벗어나 현재는 고속으로 대용량의 데이터 전송이 가능한 수준까지 도달하였다. 더불어 다양한 기능을 요구하는 소비자들을 만족시키기 위해서 최근 단말기들은 점점 소형화, 경량화, 다기능화가 되

* 신라대학교 스마트전기전자공학부

** 교신저자 : 신라대학교 스마트전기전자공학부

• 접수 일 : 2017. 09. 26

• 수정완료일 : 2017. 12. 06

• 게재확정일 : 2018. 02. 15

• Received : Sep. 26, 2017, Revised : Dec. 06, 2017, Accepted : Feb. 15, 2018

• Corresponding Author : Joong-Han Yoon

Division of Smart Electrical and Electronic Engineering

Email : jhyoon@silla.ac.kr

어가고 있는 추세이다. 특히 최근 스마트폰 태블릿 PC의 사용 증가로 인해 대용량의 데이터 전송 기술과 새로운 통신 서비스에 대한 요구는 계속 증가하고 있다.

근거리 무선 통신 서비스의 하나인 WLAN(Wireless Local Area Network)은 세계에서 가장 성공적이고 광범위하게 사용되는 무선통신 기술이다. 현재 표준화는 802.11b에서 2.4 ~ 2.484 GHz로 주파수 대역을 정의하였으며, 802.11 a에서는 5.150 ~ 5.250 GHz 그리고 5.725 ~ 5.825 GHz로 정의 되어 있다. 또한 다양한 주파수 대역에 대한 표준화가 진행되고 있다[1-2].

그러나 무선 랜은 반경 수십 미터 내외의 제한적인 지역만을 기술적으로 커버 할 수 있고, 사용자가 핫스팟 사이를 옮겨 갈 때 이동성을 보장하지 못하므로 실외 환경에서 높은 신뢰성과 끊임 없는 서비스를 제공하지 못하는 한계를 갖는다.

한편 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)는 무선 랜을 통한 핫스팟 서비스의 제공은 노트북이나 PDA와 같은 휴대형 컴퓨터 단말기 등을 이용하여 IEEE 802.11 표준 기술에 기반을 둔 무선인터넷 접속 및 사용이 가능 하도록 한다. 건물 밖으로 인터넷 사용 반경을 대폭 넓힐 수 있도록 기존의 무선랜(802.11a/b) 기술을 보완한 것으로 약 48km 반경에서 70Mbps 속도로 데이터 전송을 보장한다.

다양한 서비스에 대한 요구가 증가함에 따라 하나의 단말기에 여러 이동통신 서비스를 위한 시스템이 부가되며 이에 따라 각 시스템에 맞는 부품 및 모듈이 필요하다. 안테나 역시 시스템에 매우 중요한 부품으로서 하나의 안테나로 여러 대역의 서비스가 가능하도록 설계되는 다중 밴드 안테나에 대한 연구가 광범위하게 진행되고 있다[3-6]. 특히 WLAN과 WiMAX 시스템에 적용 가능한 안테나에 대한 연구가 광범위하게 진행되어 왔다[7-16].

본 논문에서는 원호모양과 직선선로 모양을 결합한 형태의 삼중대역 안테나를 설계 제작하고자 한다. 제안된 안테나는 WLAN/ WiMAX 시스템에서 요구되는 주파수 대역과 대역폭을 만족하도록 설계하였다. 설계사양은 안테나로 동작하기 위해 반사손실이 -10dB이하의 대역을 얻어야 하며 요구되는 WLAN

(2.4~2.484, 5.15~5.35 그리고 5.75~5.85 GHz)밴드와 WiMAX(2.5~2.69 GHz, 3.4~3.69 그리고 5.25~5.85 GHz) 밴드를 만족시켜야 한다.

II. 설계 및 제작

제안된 안테나는 그림 1과 같은 구조로 설계하였다. 제안된 안테나는 두 개 원호와 한 개의 직선 스트립 선로를 갖도록 설계하였다. 유전율 4.4, 두께 1.0 mm인 FR-4 기판의 크기는 23.5 mm(W_1) × 32.0 mm(L_1)이며 제안된 안테나는 기판 위에 두 개의 원호 구조 (스트립 1 (R_1)과 스트립 2 (R_2)), 직선 선로인 ($L_3 \times W_5$), 그리고 접지면에 슬릿 ($W_4 \times L_5$, 3.5 mm × 2 mm)을 삽입한 구조로 구성되어 있다.

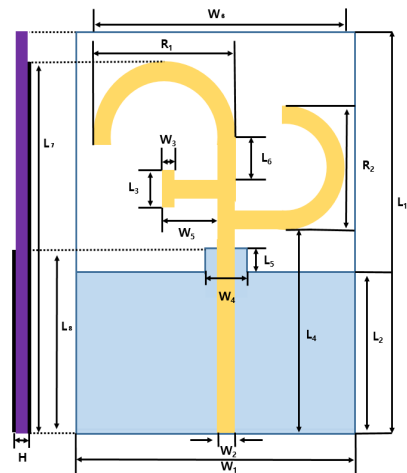


그림 1. 제안된 WLAN/WiMAX 안테나의 구조
Fig. 1 Configuration of the proposed WLAN/WiMAX antenna.

전체 시뮬레이션 과정은 3D 설계가 가능한 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator)[17]를 활용하여 최적의 반사손실 특성 변화를 확인하고 최대 이득 및 방사특성을 얻을 수 있도록 설계하였다. 제안된 안테나의 최적화된 수치는 표1에 나타내었다.

표 1. 설계된 안테나의 파라메타들
Table 1. Parameters of designed antenna

Parameter	Value [mm]	Parameter	Value [mm]
L ₁	32.0	W ₁	23.5
L ₂	13.0	W ₂	1.5
L ₃	3.0	W ₃	1.05
L ₄	16.5	W ₄	3.5
L ₅	2.0	W ₅	4.65
L ₆	3.5	W ₆	21.0
L ₇	31.0	R ₁	12.8
L ₈	15.0	R ₂	10.0
		H	1.0

그림 2는 스트립 2의 길이(R₁) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 스트립 1의 길이인 R₁의 길이를 12.8 mm에서 14.8 mm까지 1mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. R₁ 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과, 2.4/2.5 GHz 대역에서는 반사 손실 특성에서 주파수 이동이 발생하였으며 3.5 GHz 역에서는 커다란 변화가 없었다. 이러한 시뮬레이션 결과는 스트립 1의 길이 변화가 2.4 GHz 대역 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 또한 스트립 1의 길이 변화가 5 GHz 대역에도 일부 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 R₁ = 12.8 mm 일 때 제일 우수한 결과를 얻었다.

그림 3은 스트립 선로 2의 길이(R₂) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 스트립 선로 2의 길이인 R₂의 길이를 9 mm에서 11 mm까지 1 mm 간격으로 변화를 시켰을 때 반사손실 특성을 나타내었다. R₂ 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과 3.5 GHz 대역에서는 반사손실 특성 공진 주파수에 큰 변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 스트립 2의 길이 변화가 3.5 GHz 대역 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. R₂ = 10 mm 일 때 3.5 GHz 역에서의 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 제일 우수한 결과를 얻었다.

그림 4는 스트립 선로 3의 길이(W₅) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 스트립 선로 3의 길이인 W₅의 길이를 3.65mm에서 5.65 mm까지 1 mm 간격으로 변화시켰을 때 반사손실 특성을 나타내었다. W₅ 길이 변화

에 따른 시뮬레이션 결과 5 GHz 대역에서는 반사손실 특성 공진 주파수에 큰 변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 스트립 3의 길이 변화가 5 GHz 대역 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. W₅ = 4.65 mm 일 때 5 GHz 대역에서의 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 제일 우수한 결과를 얻었다.

그림 5는 슬릿(W₄×L₅)의 유무에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 슬릿의 유무에 따른 시뮬레이션 결과, 전체 주파수대역에서 반사손실 특성 공진 주파수에 큰 특성변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 그라운드층의 넓이 변화가 전체 주파수대역 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다.

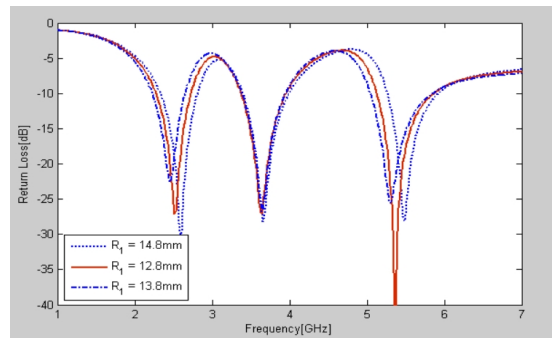


그림 2. R1 길이 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 2 Characteristics of simulation return loss due to effect of length R1.

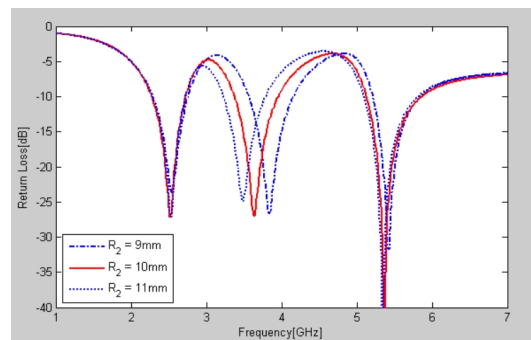


그림 3. R2 길이 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 3 Characteristics of simulation return loss due to effect of length R2.

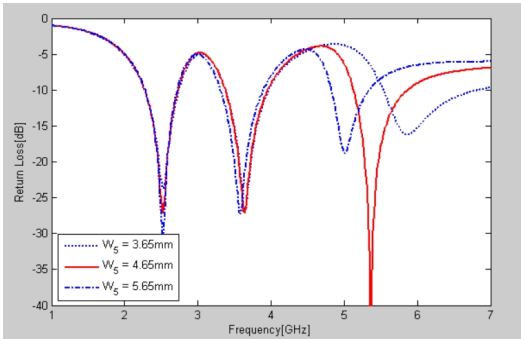


그림 4. W_5 길이 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 4 Characteristics of simulation return loss due to effect of length W_5 .

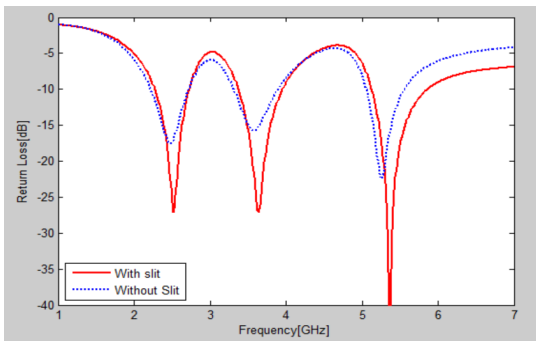


그림 5. 슬릿 유무에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성

Fig. 5 Characteristics of simulation return loss due to effect of with and without slit.

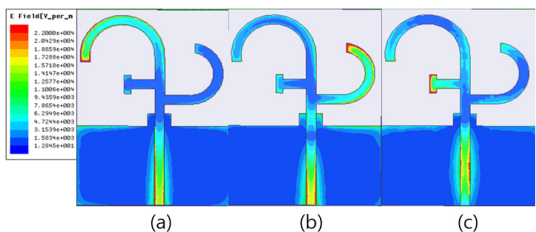


그림 6. 제안된 안테나의 전류분포 (a) 2.41 GHz, (b) 3.40 GHz, and (c) 5.50 GHz.

Fig. 6 The current density of the proposed antenna (a) 2.41 GHz, (b) 3.40 GHz, and (c) 5.50 GHz.

제안된 안테나의 공진 원리를 파악하기 위해 상용틀을 활용하여 그림 7과 같이 전류밀도 분포를 나타내었다. 그림 6(a)는 2.41 GHz 주파수에서, 그림 6(b)

는 3.40 GHz 주파수에서, 그리고 그림 6(c)는 5.50 GHz 주파수에서 각각 제안된 안테나의 표면 전류분포를 나타내었다. 그림에서도 알 수 있듯이 2.41 GHz 주파수에서는 긴 스트립 라인에 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 확인하였다. 이 결과로부터 스트립 1의 길이가 2.4 GHz 대역에 더 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 또한 3.40 GHz 주파수에서는 두 번째로 긴 스트립 라인에 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 확인하였다. 이 결과로부터 스트립 2의 길이가 3.42 GHz 대역에 더 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 5.50 GHz 주파수에서는 가장 짧은 스트립 라인에 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 확인하였다. 이러한 결과로부터 스트립 선로의 길이가 안테나 특성에 미치는 영향을 확인할 수 있었다.

III. 제작 및 측정결과

그림 7은 최적화된 시뮬레이션 결과로부터 얻어진 각 파라미터의 폭과 길이로부터 제작된 안테나이다. 그림 8은 제안된 안테나의 반사손실 특성에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 제작 후 측정된 결과를 비교하여 나타내었다. 반사손실 측정 결과, -10dB를 기준으로 2.4/2.5 GHz 대역에서는 927 MHz (1.844~2.771 GHz), 3.5 GHz 대역에서는 926 MHz (3.33~4.256 GHz), 그리고 5.0 GHz 대역에서는 1,415 MHz (5.13~6.545 GHz)의 대역폭을 얻었으며 요구되는 WLAN/WiMAX 대역을 만족하는 것을 확인하였다.

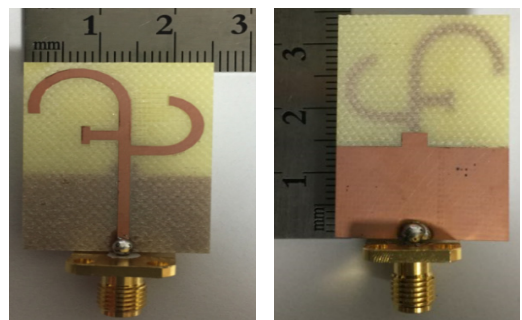


그림7. 제안된 안테나의 프로토타입 (a)앞면 그리고 (b) 뒷면

Fig. 7 Prototype of the proposed antenna: (a) front view and (b) back view

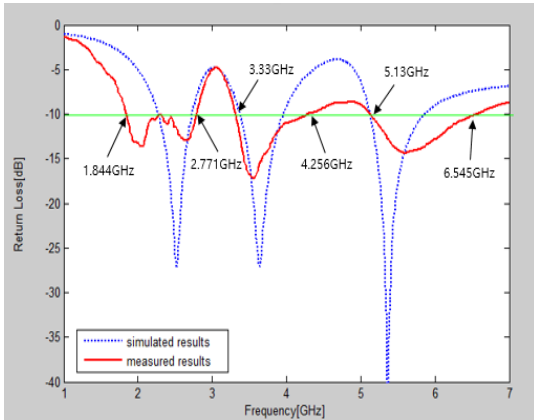


그림 8. 제안된 안테나의 측정된 반사손실
Fig. 8 Measured return loss of the proposed antenna

그림 9, 10, 11, 그리고 12는 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 9는 2.44 GHz 주파수에서, 그림 10는 3.6 GHz 주파수에서, 그림 11는 5.35 GHz 주파수에서, 그림 12는 5.75 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였다. 측정된 안테나의 방사패턴은 3D 패턴으로 제시하였으며 동작대역에서 전체적으로 전방향성 특성을 나타내고 있다. 그림 13은 측정된 안테나의 이득을 나타내었다. 2.4/2.5 GHz 대역에서 평균이득은 $-0.854 \sim -0.546$ dBi, 최대이득은 $6.313 \sim 6.934$ dBi, 3.5 GHz 대역에서 평균이득은 $-0.774 \sim -1.172$ dBi, 최대이득은 $4.685 \sim 4.971$ dBi, 그리고 5.0 GHz 대역에서 평균이득은 $-3.762 \sim -1.01$ dBi, 최대이득은 $1.88 \sim 5.285$ dBi를 얻었다.

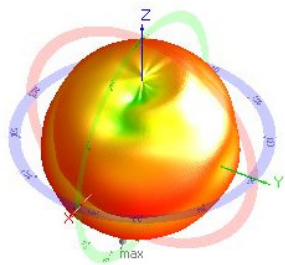


그림 9. 2.48 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 9 Measured 3-D radiation pattern of 2.44 GHz

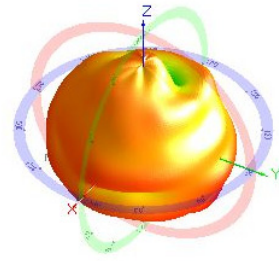


그림 10. 3.60 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 10 Measured 3-D radiation pattern of 3.60 GHz

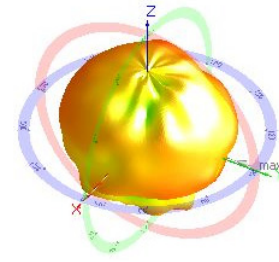


그림 11. 5.35 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 11 Measured 3-D radiation pattern of 5.35 GHz

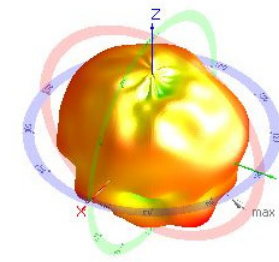


그림 12. 5.75 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 12 Measured 3-D radiation pattern of 5.75 GHz

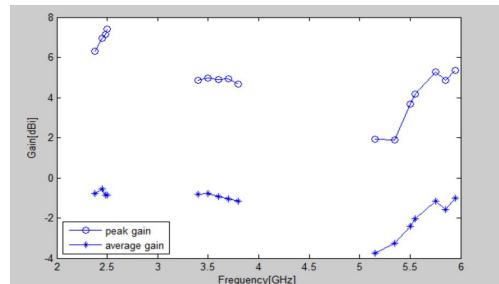


그림 13. 제안된 안테나의 측정된 평균 그리고 최대이득
Fig. 13 Measured average and peak gain of the proposed antenna

IV. 결론

본 논문에서는 두 개의 원호모양과 한 개의 직선 선로를 설계하여 삼중대역 특성을 갖는 안테나를 제안하였다. 시뮬레이션 반사손실 결과로부터 제안된 안테나를 제작하고 네트워크분석기를 이용하여 반사손실 특성을 측정하였다. 반사손실측정 결과, -10dB 를 기준으로 2.4/2.5 GHz 대역에서는 927 MHz (1.844~2.771 GHz), 3.5 GHz 대역에서는 926 MHz (3.33~4.256 GHz), 그리고 5.0 GHz 대역에서는 1,415 MHz (5.13~6.545 GHz)의 대역폭을 얻어 요구되는 WLAN/ WiMAX 대역을 만족하고 있음을 확인하였다. 방사패턴은 3D 방사패턴을 제시하였으며 전체적으로 전방향성 특성을 나타내고 있고 2.5 GHz 대역에서 최대 7.407 dBi, 3.5 GHz 대역에서 최대 4.971 dBi, 5.75 GHz에서 최대 5.285 dBi를 얻었다.

References

- [1] M. Cheong, S. Lee, and S. Bang, "Recent trends to next-generation wireless LANs," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 27, no. 2, 2012, pp. 1 - 10.
- [2] B. Jeong, S. Jang, S. Yoon, and D. Kim, "Development direction of WLAN technology trends to IEEE 802.11ax standardization," *Information and Communications Magazine*, vol. 32, no. 3, 2015, pp. 69 - 76.
- [3] G. Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Boston London : Artech House, 2003.
- [4] Y. Huang and K. Boyle, *Antennas from theory to practice*, Singapore : John Wiley & Sons, 2008.
- [5] 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.
- [6] O. Wim, "Design 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.
- [7] Y. Wang, B. Sun, K. He, R. Li, and Y. Wang, "A compact tri-band antenna for WLAN/WiMAX applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, no. 10, 2011, pp. 2371-2375.
- [8] Y. Han, Y. Yin, Y. Wei, Y. Zhao, B. Li, and X. Li, "A novel triple band monopole antenna with double coupled C-shaped strips for WiMAX/WLAN applications," *J. of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 25, no. 8-9, 2012, pp. 1308-1316.
- [9] X. Li, W. Hu, Y. Wang, X. Shi, and X. Gu, "Printed triple band rectangular ring monopole antenna with symmetrical L strips for WLAN/WiMAX applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 4, 2012, pp. 1049-1052.
- [10] J. Yoon, Y. Rhee, and Y. Jang, "Compact monopole antenna design for WLAN/WiMAX triple-band operations," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 8, 2012, pp. 1838-1846.
- [11] J. Yoon, Y. Rhee, and W. Kim, "A Rectangular Ring Open-Ended Monopole Antenna with Two Symmetric Strips for WLAN and WiMAX Applications," *Int. J. of Antennas and Propagation*, vol. 2013, Article ID 109450, pp.1-9.
- [12] Y. Pan, K. Liu, and Z. Hou, "A novel printed microstrip antenna with frequency reconfigurable characteristics for Bluetooth/WLAN/WiMAX applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 6, 2013, pp. 1341-1345.
- [13] D. Kim and J. Yoon, "Design and manufacture of modified circular ring antenna for WLAN/WiMAX applications," *J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 2, 2014, pp. 268-275.
- [14] J. Yoon, S. Ha, and T. Rhee, "A novel monopole antenna with two arc-shaped strips for WLAN/WiMAX applications," *J. of Electromagnetic engineering and Science*, vol. 15, no. 1, 2015, pp. 6-13.
- [15] W. Kim and J. Yoon, "A design for a CPW-fed monopole antenna with two modified half circular rings for WLAN/WiMAX operations,"

J. of Information and Communication Convergence Engineering, vol. 13, no. 3, 2015, pp. 159-166.

- [16] M. Fakharian and P. Rezaei, "Design of splitting antennas for WLAN and WiMAX applications," *Microwave and Optics Technology Letters*, vol. 58, no. 9, 2016, pp. 2117 - 2122.
- [17] Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) Version 10.0, Ansoft Corporation, Oct. 2005.

저자 소개



권만재(Man-Jea Kwon)

2018년 2월 신라대학교 스마트전기전자공학부 졸업예정

※ 관심분야 : RF & Antenna



윤중환(Joong-Han Yoon)

1992년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2005년 8월 인하대학교 Post-Doc.

2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.

2008년 8월 삼성전기 책임연구원

2008년 ~현재 신라대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : RF & Antenna, RFID, Radar

