

광대역 특성을 갖는 이중 원형 링 모노폴 안테나의 설계와 제작

윤중환* · 이영철**

Design and Fabrication of Dual-Ring Monopole Antenna for Wideband Characteristics

Joong-Han Yoon* · Young-Chul Rhee**

요약

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 이중 원형 링 모노폴 안테나를 설계 및 제작 하였다. 제안된 안테나는 평면형 모노폴 형태를 기본으로 이중 원형 링과 접지면으로 구성되어 있으며 광대역 특성을 갖도록 설계하였다. 최적화된 파라메타를 얻기 위해 상용 툴(HFSS)을 사용하여 시뮬레이션 하였으며 안테나 성능에 민감하게 적용받는 파라메타를 찾아내서 최적화된 수치를 얻었다. 얻어진 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 광대역 특성을 갖는 대역에서 반사손실, 이득, 방사패턴의 특성을 측정하였다. 측정결과, -10dB을 기준으로 4,530 MHz(2,510-7,040 MHz)의 광대역 특성을 얻었으며 주어진 이득은 최대이득 0.71~3.38 dBi 그리고 평균이득 -3.85~0.3 dBi을 얻었다. 측정된 방사패턴의 경우, 전체적으로 E면은 전방향성의 방사패턴을 갖고 있으면 H면은 다이폴 안테나의 전형적인 특성을 나타내고 있다

ABSTRACT

In this paper, a double circular ring monopole antenna for wideband applications is designed and fabricated. The proposed antenna is based on a planar monopole design, and composed of double circular ring of radiating patches and ground plane to obtain the wideband characteristics. To get 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, and the return loss coefficient, gain, and radiation patterns are determined. The results of measurement, -10dB impedance bandwidth, measured return loss is 4,530 MHz(2,510-7,040 MHz) and antenna peak and average gains for the frequencies are obtained 0.71~3.38 dBi, -3.85~0.3 dBi, respectively. In case of radiation patterns, the proposed antenna displays nearly omnidirectional radiation characteristics in the E-plane, and monopole-like radiation pattern characteristics in the H-plane.

키워드

Double Circular Ring, Monopole Antenna, Wideband

이중 원형 링, 모노폴 안테나, 광대역

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

** 경남대학교 정보통신공학과(maicrypt@kyungnam.ac.kr)

접수일자 : 2013. 07. 12

심사(수정)일자 : 2013. 08. 23

개제 확정일자 : 2013. 09. 23

I. 서론

최근 이동통신 기술의 급속한 발전으로 인해 이동통신 환경에서도 고속의 데이터를 송수신 할 수 있게 됨에 따라 사용자들에게 다양한 데이터 전송 서비스를 제공할 수 있는 모바일 단말기에 대한 관심과 수요가 급증하고 있다.

또한 최근 로밍 서비스의 확산으로 여러 국가에서 사용할 수 있는 글로벌로밍폰의 수요증가로 인해 수용할 수 있는 대역이 많아짐에 따라 다중대역 안테나의 사용이 증가하고 있으며 더불어 멀티 무선화를 위해 하나의 안테나로 넓은 주파수 범위를 커버하는 광대역 안테나의 개발의 요구가 계속 증가하고 있다.[1-2]

현재 이동통신용으로 많이 사용되고 있는 안테나로는 PIFA(Planner Inverted-F Antenna), CPW(Coplanar Waveguide), 평면형 안테나 등의 방법이 제시되고 있다. PIFA 안테나의 경우 소형이면서 경량의 구조를 갖는 반면에 제한된 안테나의 높이에 따라 협대역이 되는 단점이 있다. CPW(Coplanar Waveguide) 방식의 안테나는 급접선과 접지면이 같은 평면에 놓여 있으므로 마이크로스트립과는 달리 완전한 TEM 모드를 구현할 수 있어서 높은 주파수까지 좋은 전송특성을 유지할 수 있다는 장점이 있으며 또한 비아(via)를 사용할 필요가 없으며 MMIC 회로와 집적화하기가 쉽다는 구조적인 장점이 있다. 그러나 방사체와 급접선이 같은 평면에 위치하므로 방사패턴의 경우 원하는 특성을 얻기가 어렵다는 단점이 존재한다. 평면형 모노폴 안테나의 경우, 광대역 혹은 이중대역을 사용하는 안테나에 많이 사용되고 있으며 방사체의 모양에 따라 동작 특성이 달라지는데 지금까지 사각형, 원, 타원, 삼각형, 육각형 등 다양한 형태의 패치에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 평면형 모노폴 안테나는 제작이 용이할 뿐만 아니라 인쇄 회로 기술에 의한 대량생산이 가능하다는 장점이 있지만, 임피던스 대역폭이 협대역이라는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 안테나의 크기를 줄이기 위해 비유전율이 높은 기판을 사용하는 방법, 적층하는 방법, 구조를 변형시키는 방법 등이 활발히 연구되고 있다. [3]-[6]

안테나는 RF단의 맨 끝에 존재하며 무선기기의 전

체 특성을 결정짓는데 중요한 역할을 담당하고 있으며 따라서 수요가 급증하고 있는 멀티 광대역 안테나의 개발이 필수적이며 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다.[7]-[12] 한편 원형 링 안테나에 대해서도 이중대역, 광대역 특성 등에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. [13]-[19]

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 이중 원형 링 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 평면형 모노폴 형태를 바탕으로 두 개의 원형 링모양을 갖도록 설계하였다. 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 최종목표는 광대역 특성을 지니고 이득은 0dBi 이상의 값을 갖도록 설계하는 것이다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 안테나의 구조를 나타내었다. 제안된 안테나의 전체 크기는 $W_3 \times L_1$, 27.0×42.0 mm²이며 접지면의 크기는 $W_3 \times L_4$, 27.0×18.2 mm²이다. 제안된 안테나는 기본적인 모노폴 형태로서 이중 원형 링 모양을 갖도록 설계하였다. 첫 번째 원형 링의 두께는 $R_2 - R_1$ 이며 두 번째 원형 링의 두께는 $R_4 - R_3$ 이다. 링 선로의 두께는 시뮬레이션 및 제작상의 편의를 위해서 각각 2.0 mm으로 설정하였다. 한편 두 개의 원형 링 선로는 기판 윗면에 설계되었으며 그 반대면, 즉 아랫면은 접지면으로 구성하여 윗면의 원형 링 선로와 아랫면의 접지면 사이에 갭(L_3)이 존재하도록 설계하였다. 제안된 안테나는 두께가 1.0 mm이고 유전율이 4.4인 저가격의 FR4 기판(일반적으로 인쇄회로기판으로 사용되고 있는)에 설계되었다. 제안된 안테나에 대한 최적화된 수치를 얻기 위해 Ansoft사의 HFSS (High Frequency Structural Simulator)[20]를 이용하여 최적의 임피던스 특성 변화 및 최적의 방사특성을 갖기 위한 설계를 진행하였다.

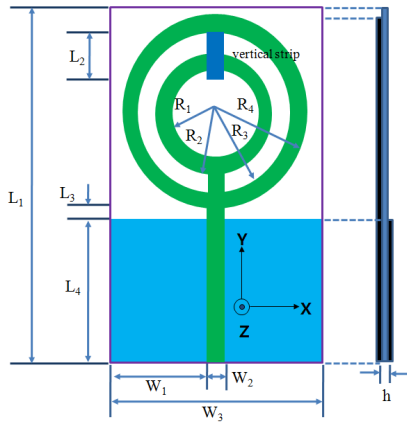


그림 1. 제안된 변형된 원형 링 안테나의 구조
Fig. 1 Geometry of the proposed modified circular ring monopole antenna with open-ended

그림 2는 하나의 원형 링 모델과 이중 원형 링 모델의 경우에 대한 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내고 있다. 첫 번째 원형 링 안테나의 반지름 길이는 $R_1=5.0$ mm, $R_2=7.0$ mm이며 두 번째 원형 링 안테나의 반지름 길이는 $R_3=9.0$ mm, $R_4=11.0$ mm이다. 시뮬레이션 결과에서 보듯이 단일 원형 링 모델의 경우 이중대역 특성을 갖고 있음을 확인하였고 이중 원형 링 모델을 통해 광대역 특성이 얻어지고 있음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 요구하는 광대역을 특성을 얻기 위해서는 이중 원형 모델을 선택하여 최적화된 수치를 얻었다.

그림 3는 역 직각 스트립 라인($W_2 \times L_2$)이 존재하는 경우와 존재하지 않은 경우에 대한 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 역 직각 스트립 라인이 존재하지 않는 경우 5 GHz 에서 반사손실 특성이 열화되며 전체적인 대역 폭이 역 직각 스트립 라인이 존재하는 경우에 비해 감소하고 있음을 확인하였다. 따라서 역 직각 스트립 라인은 제안된 안테나의 광대역 특성에 큰 영향을 끼치는 것으로 판단되며 적절한 길이를 선택하여 최적화된 광대역 특성을 얻었다.

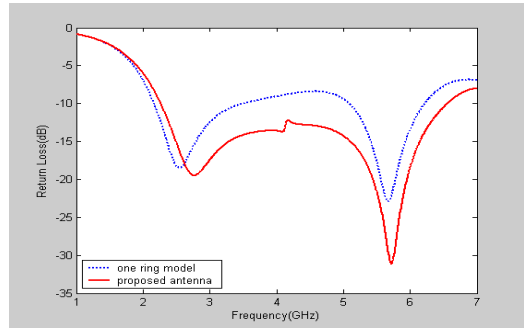


그림 2. 단일 원형 링 모델과 제안된 이중 원형 링 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실
Fig. 2 Simulated return loss of the proposed antenna with one and double circular ring model

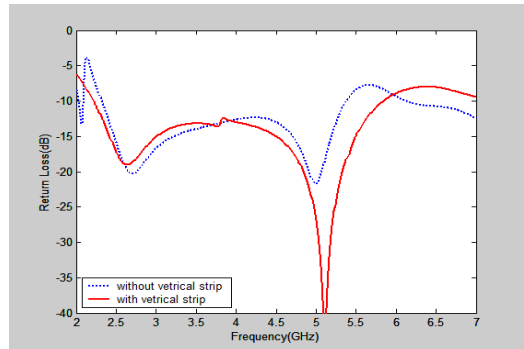


그림 3. 역 직각 스트립 라인 ($W_2 \times L_2$)이 존재하는 경우와 존재하지 않은 경우 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실
Fig. 3 Simulated return loss of the proposed antenna with vertical strip and without vertical strip

그림 4는 원형 링과 접지면 사이의 갭 길이(L_3) 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내고 있다. L_3 의 길이를 0.24 mm에서 1.24 mm로 변화시켰을 때 시뮬레이션을 통해 반사손실 특성을 비교하였다. 그림에서 보듯이 갭 길이의 변화가 전체 안테나 특성에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있으며 갭의 길이가 증가할수록 첫 번째 공진 주파수는 낮은 주파수 대역으로 두 번째 공진 주파수는 높은 주파수 대역으로 이동하고 있음을 확인하였다. 갭 길이(L_3)에 대한 시뮬레이션 결과, 광대역에서 좋은 반사손실 특성을 보인 0.74 mm를 최적화된 수치로 선택하였다.

그림 5는 접지면의 넓이(W_3)에 따른 제안된 안테

나의 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. W_3 의 길이를 25.0 mm에서 29.0 mm으로 변화시켰을 때 시뮬레이션을 통해 반사손실 특성을 비교하였다. 그림에서 보듯이 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 확인하였다. 접지면의 넓이(W_3)에 대한 시뮬레이션 결과, 광대역에서 좋은 반사 손실 특성을 보인 27.0 mm을 최적화된 수치로 선택하였다.

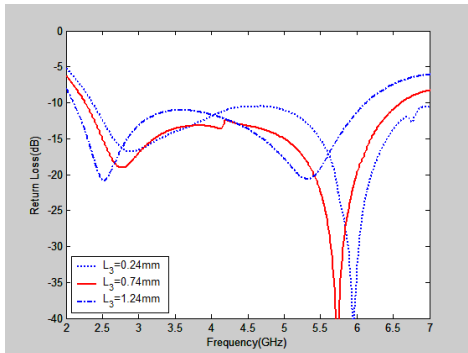


그림 4. 원형 링과 접지면 사이의 갭 길이(L_3) 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실
 Fig. 4 Simulated return loss of the proposed antenna with different values of gap length between circular ring (R_2) and ground plane (L_3)

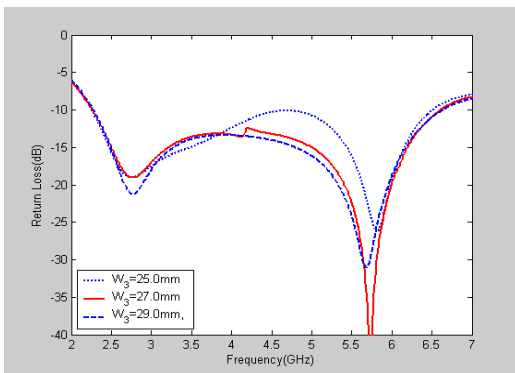


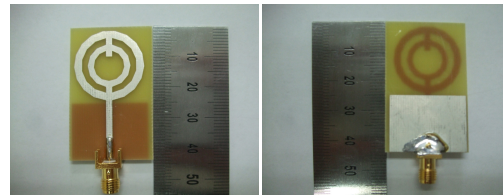
그림 5. 접지면의 길이(W_3) 변화에 따른 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실
 Fig. 5 Simulated return loss of the proposed antenna with different values of ground plane (W_3)

위에서 언급한 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 최적화된 수치는 표1에 나타내었다.

표 1. 최적화된 수치
 Table 1. Optimized parameters.

Parameter	Value(mm)	Parameter	Value(mm)
R_1	5.0	L_3	0.75
R_2	7.0	L_4	18.2
R_3	9.0	W_1	12.5
R_4	11.0	W_2	2.0
L_1	42.0	W_3	27.0
L_2	6.2	h	1.0

시뮬레이션 결과로 얻어진 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였으며 그림 6에 나타내었다.



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

그림 6. 제작된 안테나
 Fig. 6 Fabricated antenna

III. 제작 및 측정

제작된 안테나의 반사손실은 회로망 분석기 (Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 측정하였으며 방사패턴은 대전에 위치한 맥스웰의 무반사실에서 측정하였다. 그림 7은 제안된 안테나의 반사 손실 특성에 대해 시뮬레이션 결과와 실제 제작 후 측정된 결과를 비교한 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 값과 측정값에 오차가 존재하지만 전체적인 반사손실 특성이 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 3.035와 5.87 GHz에서 공진모드가 발생함을 알 수 있다. 임피던스 대역폭은 -10dB을 기준으로

4,530 MHz (2.51-7.04 GHz) 으로서 광대역 특성을 갖고 있음을 확인하였다.

그림 8, 9, 10 그리고 11은 제안된 안테나의 방사패턴을 나타내고 있으며 각각 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 GHz 주파수에서 방사패턴을 나타내었다. 전체적으로 E면은 전방향성의 방사패턴을 갖고 있으면 H면은 다이폴 안테나의 전형적인 특성을 나타내고 있다.

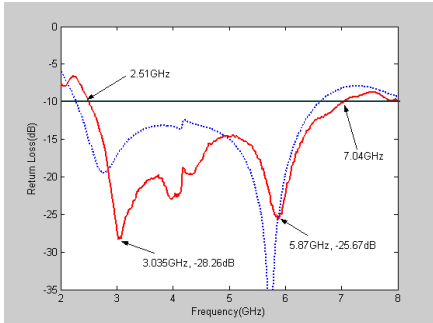
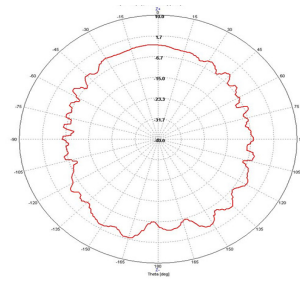
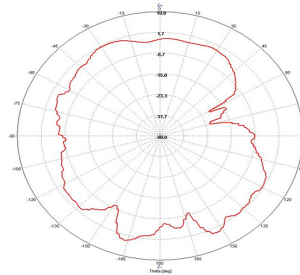


그림 7. 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실과 측정된 반사손실

Fig. 7 Return loss coefficient simulated and measured

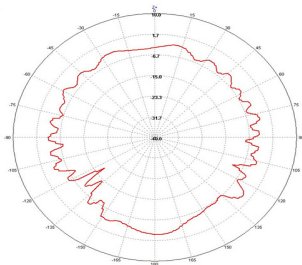


(a) 4.0 GHz에서 E-면
(a) E-plane at 4.0 GHz

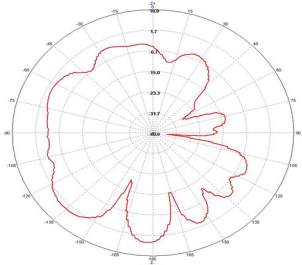


(b) 4.0 GHz에서 H-면
(b) H-plane at 4.0 GHz

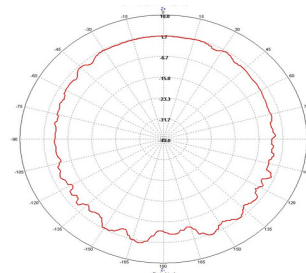
Fig. 9 4.0 GHz에서 방사패턴
Fig. 9 Radiation pattern at 4.0 GHz



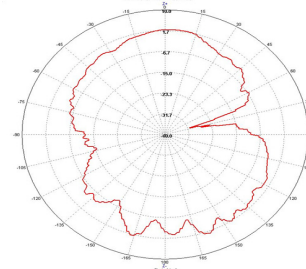
(a) 3.0 GHz에서 E면
(a) E-plane at 3.0 GHz



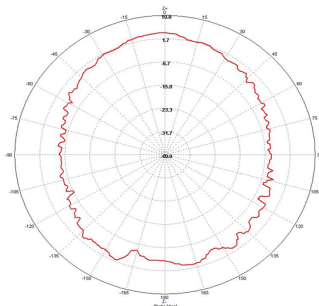
(b) 3.0 GHz에서 H면
(b) H-plane at 3.0 GHz
Fig. 8 3.0 GHz에서 방사패턴
Fig. 8 Radiation pattern at 3.0 GHz



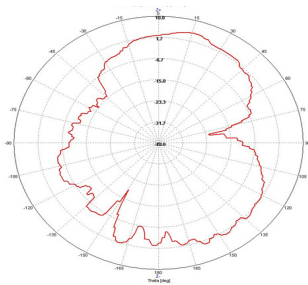
(a) 5.0 GHz에서 E-면
(a) E-면 at 5.0 GHz



(b) 5.0 GHz에서 H-면
(b) H-plane at 5.0 GHz
Fig. 10 5.0 GHz에서 방사패턴
Fig. 10 Radiation pattern at 5.0 GHz



(a) 6.0 GHz에서 E면
(a) E-plane at 6.0 GHz



(b) 6.0 GHz에서 H면
(b) H-plane at 6.0 GHz

Fig. 11 6.0 GHz 대역에서 방사패턴
Fig. 11 Radiation pattern at 6.0 GHz band

그림 12은 제안된 안테나의 이득을 나타내고 있다. 주어진 광대역 (2.51~7.04 GHz)에서 최대이득은 0.7~3.38 dBi 그리고 평균이득은 -3.85~0.3 dBi로 얻어졌다. 특히 최대이득은 6.0 GHz에서 3.73 dBi값을 얻었다.

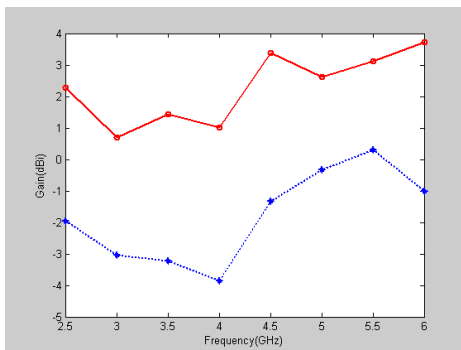


Fig. 12 측정된 최대이득과 평균이득
Fig. 12 Measured peak and average gains

IV. 결론

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 이중 원형 링 모노폴 안테나를 대한 설계, 제작 및 측정하였다. 제안된 안테나는 이중 원형 링 모양 그리고 접지면으로 구성되었다. 여러 가지 파라메타에 대한 해석을 HFSS 상용 툴을 사용하여 수행하였으며 그 결과 최적화된 수치를 얻었다. 최적화된 수치를 사용하여 제작하였고 측정을 통해 제작 결과를 분석하였다. 측정 결과, -10dB을 기준으로 4,530 MHz(2,510~7,040 MHz)의 광대역 특성을 얻었다. 다이폴 안테나의 방사패턴 결과와 유사한 전방향성의 방사패턴을 얻었으며 또한 만족할만한 이득을 얻었다. 제안된 안테나는 주어진 광대역에서 적용 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참고 문헌

- [1] J. G. Kim, "The trend of technical and mark for mobile antenna", The Journal of The Korea Institute of Communications Sciences, Vol. 28, No. 11, pp. 41-48, 2011.
- [2] 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.
- [3] K. F. Lee and W. Chen, "Advanced in microstrip and printed antenna", Wiley Interscience 52, No. 4, pp. 957-959, 2010.
- [4] 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.
- [5] S. U. Kim, W. J. Lee, S. H. Oh C. H. Lee, and H. D. Park, "The design of wideband dipole antenna using for ring", The Journal of The Korea Institute of ITS Sciences, Vol. 10, No. 5, pp. 53-59, 2011.
- [6] W. L. Stutzman and G. A. Thile, Antenna Theory and Design, Wiley, 2012.

- [7] T. H. Yoo and T. H. Kim, "A CPW-fed ultra wideband planar monopole antenna for UHF band application", The Journal of The Korea Institute of Electromagnetic Engineering and Sciences, Vol. 23, No. 7, pp. 761-767, 2012.
- [8] O. W. Kim, "Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications", The Journal of The Korea Institute of Navigation and Port Research Sciences, Vol. 16, No. 5, pp. 766-772, 2012.
- [9] 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.
- [10] H. J. Lee and Y. M. Lim, "A Broadband monopole antenna with ring loop by modified ground plane," The Transaction of Korea Institute of Electrical Engineering Sciences, Vol. 61, No. 3, pp. 149-152, 2012.
- [11] S. T. Fan, Y. Z. Yin, W. Hu, B. Li, and J. H. Yang, "Bandwidth enhancement of a printed dipole antenna for wideband applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 54, No. 7, pp. 1585-1590, 2012.
- [12] S. M. Nair, V. A. Shameena, S. Sreenath, and P. Mohanan, "Slotline-fed ultra-compact antenna for wideband application", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 55, No. 3, pp. 526-530, 2013.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Ansoft Corporation High Frequency Structure Simulator (HFSS), Available, <http://www.ansoft.com/products/hf/hfss>.

저자 소개



윤중환(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



이영철(Young-Chul Rhee)

1981년~현재 경남대학교 정보통신공학과 교수

