

SRR을 이용한 WLAN 대역 저지용 UWB 안테나의 설계 및 제작

Design and Fabrication of UWB Antenna Using the SRR for WLAN Band Rejection

조남이 · 김당오 · 김채영 · 최동묵

Nam-I Jo · Dang-Oh Kim · Che-Young Kim · Dong-Muk Choi

요 약

본 논문에서는 대역 차단 성질을 갖는 SRR(Split Ring Resonator)을 이용하여 IEEE 802.11a(5.15~5.825 GHz) WLAN 대역이 저지된 UWB(Ultra Wide-band) 안테나를 설계하고 제작하였다. 설계 시는 CST사의 MWS(Micro-wave Studio)를 사용하였다. 제작 시는 Rogers 4003 기판을 사용하였으며, 기판의 두께는 0.8 mm이고, 상대 유전율은 3.38이다. 제작된 안테나의 측정 결과, UWB 통신 대역(3.1~10.6 GHz) 중에서 WLAN 대역이 제외된 나머지 대역에서의 반사 손실은 -10 dB이었고, 군 지연은 1 nsec 이하이었다. 그리고 무지향성 복사 패턴을 보였다.

Abstract

In this paper, a novel UWB(Ultra Wide-band) antenna with suppressed band of IEEE 802.11a(5.15~5.825 GHz) WLAN was designed and fabricated by using SRR(Split Ring Resonator) with band rejection property. MWS(Micro-wave Studio) of CST company was utilized in the design stage. The antenna was fabricated on a substrate, Rogers 4003, with the thickness of 0.8 mm and relative permittivity of 3.38. The measured result shows that the proposed antenna has a good return loss below -10 dB and group delay below 1nsec over UWB communication band(3.1~10.6 GHz) except WLAN band. It also shows the omni-directional radiation pattern.

Key words : UWB Antenna, Split Ring Resonator, Band Rejection, WLAN

I. 서 론

UWB(Ultra Wide Band)는 1990년대까지 미 국방성의 '블랙 프로젝트(Black project)' 레이더 기술에 적용된 기술로서 FCC(Federal Communication Commission: 미 연방위원회)가 2002년 2월 UWB의 상업적 사용을 허가하면서 본격적으로 상용화가 시작되었다^[1]. UWB 통신 시스템은 '중심 주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송 기술'로 정의된다. 일반적인 정의로는 3.1~10.6 GHz 대역에서 100 Mbps 이상의 속도를 가지면서, 매우 넓은 대역

에 걸쳐 저전력으로 초고속 통신을 수행하는 근거리 무선 통신으로 규정되어 있다. UWB의 주요 활용 분야로는 대용량 고속 전송을 요구하는 가전/방송 시스템인 Consumer Electronics와 컴퓨터/인터넷 작업을 위한 주변기기 간 자료 교환인 Personal Computing을 들 수 있다. 또한, PDA/PMP 등의 모바일 멀티미디어 기기를 사용한 Mobile Multimedia와 통신기기/영상기기 사이의 고속 동영상 전송, 그리고 Wireless USB 등을 들 수 있다. 이처럼 다양한 분야에서 UWB가 사용됨에 따라 최근에는 UWB 통신 시스템용 평면형 모노폴과 다이폴 안테나들에 대한 연구

경북대학교 전자전기컴퓨터학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungbook National University)

· 논문 번호 : 20090730-14S

· 수정완료일자 : 2009년 9월 4일

가 활발히 진행되고 있다^{[2],[3]}. 그러나 UWB 통신의 주파수 대역은 IEEE 802.11a WLAN 대역(5.15~5.825 GHz)을 포함하고 있으므로, UWB 및 WLAN간의 전파 간섭 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 여러 가지 방법이 제안되어 왔으며^{[4],[5]}, 최근에는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 SRR을 이용한 대역 저지 방법이 소개되고 있다^{[6],[7]}. 이 구조를 이용하면, 공진 주파수에서 높은 품질계수를 가지면서도 신호의 파장보다 훨씬 작은 크기의 공진기 설계가 가능해진다.

본 논문에서는 기존의 UWB 안테나의 구조, 반사 손실 특성 및 설계법에 대해 기술하였다. 그리고 대역 저지 성질을 갖는 SRR 등가 회로 모델을 사용하여 특성을 분석하였으며, 제안된 구조가 저지 대역이 제외된 원하는 주파수 대역에서 정상 동작하도록 하였다. 또한, UWB 안테나에 SRR을 삽입하여 IEEE 802.11a(5.15~5.825 GHz) WLAN 대역에서 우수한 저지 특성을 갖는 안테나가 되도록 하였다.

II. 안테나의 구조 및 특성

2-1 UWB 안테나

그림 1은 원형 패치 형태를 갖는 기존의 평면형 UWB 안테나 구조이다^[8]. 사용된 기판은 유전율이 3.38이고 두께가 0.8 mm인 Rogers 4003기판이며, 전체 기판의 크기는 36×35 mm²이다. 자세한 수치는 표 1에 주어져 있다.

UWB 안테나는 CPW(Coplanar Waveguide) 급전 방

표 1. UWB 안테나의 설계 파라미터(단위: mm)

Table 1. Design parameter of the UWB antenna(unit: mm).

R	10.5	G	0.3
W	36	L	35
W_1	14.63	L_1	8.72
W_2	1.65	L_2	1
W_f	2.84		

식을 이용함으로써 마이크로스트립 급전 방식에 비해 분산이 작아지며 또한 광대역 특성이 얻어진다. 그리고 접지면과 동일한 면상에 급전 구조가 구현되었기 때문에 급전 손실이 줄어든다. 또한 뒷면의 접지면을 이용하게 되면 기존의 마이크로스트립 구조와는 다르게, Via hole을 사용하지 않고도 수동소자나 능동소자의 직·병렬 부착이 용이하며 회로를 소형화 할 수도 있다. 이는 공정상의 이점뿐만 아니라, 밀리미터 파 영역에서 Via 등에 의한 기생 효과가 줄어드는 장점을 갖게 된다. 그 결과, CPW 급전방식은 수 GHz~수십 GHz 이상의 회로에서 주로 이용되곤 한다^[9].

그림 2는 SRR이 제외된 UWB 안테나이다. SRR을 제거한 이유는 SRR 삽입 전후의 특성을 조사하여 그 차이점을 분석하고, 분석 결과를 최종 안테나 설계에 반영하기 위함이다. 안테나의 반사 손실 측정시는 Anritsu사의 Vector Network Analyzer(38397C)를 사용하였다. 그림 3은 그림 2에 보인 UWB 안테나에 대해 측정 및 모의 실험된 반사 손실 결과이다. 안테나의 설계 시에 접지면과 원형 패치 간의 거리를 조

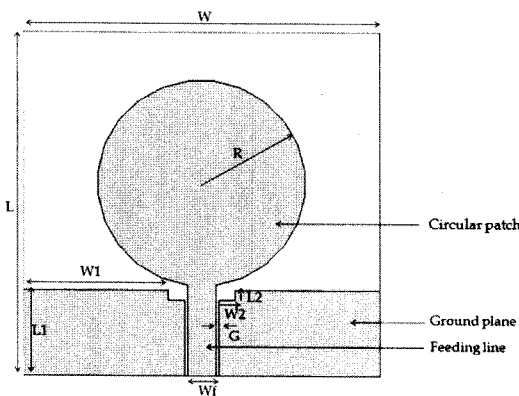


그림 1. UWB 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the UWB antenna.

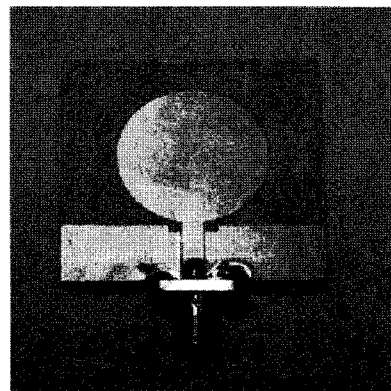


그림 2. 제작된 UWB 안테나 사진
Fig. 2. Photograph of fabricated UWB antenna.

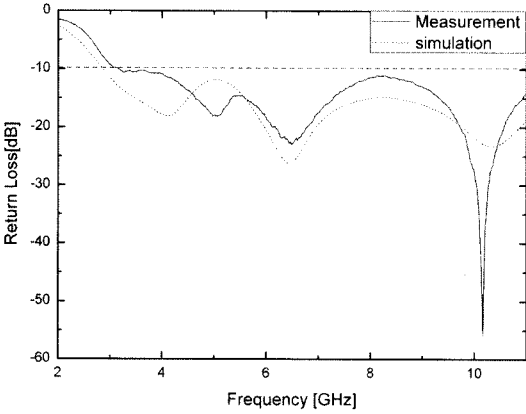


그림 3. 측정 및 모의 실험의 반사 손실 결과
Fig. 3. Measured and simulated return loss results.

정하여 UWB 통신 주파수 전체 대역에 걸쳐서 -10 dB 이하의 반사 손실을 얻었고, 접지면에 틸(Slit)을 내어 고주파 대역(8~10.6 GHz)에서 -10 dB 이하의 반사 손실을 얻었다^[10]. 측정 결과와 모의 실험 결과가 비교적 서로 잘 일치됨을 그림 3으로부터 볼 수 있다.

2-2 WLAN 대역 저지 특성을 갖는 UWB 안테나

그림 4는 J. B. Pendry에 의해 제시된 전형적인 SRR 구조이고, 그림 5는 그 등가 회로 모델이다^{[11][12]}.

SRR은 전자기적으로는 인덕턴스 성분과 분포 커패시턴스 성분을 가진 LC 공진회로의 일종이다. z축 방향으로 관통하는 시변 자계에 의해서 공진 전류가 흐르며, 그 결과 외부 회로와 유도성 결합이 형성된다^[13]. 그 공진 전류에 의하여 자기 에너지가 발생되

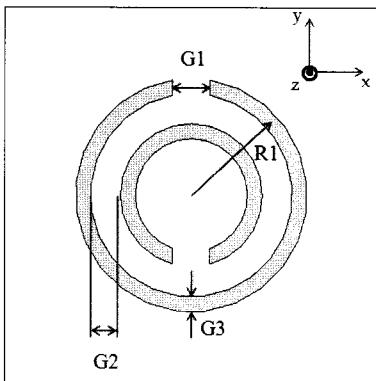


그림 4. SRR의 구조
Fig. 4. Geometry of the SRR.

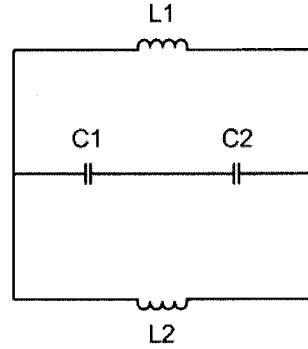


그림 5. SRR의 등가 회로 모델
Fig. 5. Equivalent circuit model of the SRR.

며, 그 에너지는 인덕턴스(L_1, L_2)에 저장된다. 또한 틸이 있는 두 링에는 전기 에너지가 발생되며, 그 에너지는 용량(C_1, C_2)에 저장된다. 그림 5의 등가회로 모델은 L, C 가 병렬로 연결된 대역 저지 필터의 공진 회로와 동일하다. 이 등가 회로 모델의 공진 주파수는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2}{\pi r_0 LC}} \tag{1}$$

여기서 C 는 링 사이의 단위 길이 당(per unit length) 커패시턴스, L 은 SRR의 총 인덕턴스, r_0 는 두 링에 대한 평균 반지름이다^[13]. 식 (1)에서 알 수 있듯이, SRR의 공진 주파수는 링의 반지름과 밀접한 관련이 있으며, SRR 설계 시에 주파수를 결정하는 중요한 파라미터는 R_1 이다. SRR의 대역 저지 특성은 R_1 및 나머지 파라미터, 그리고 외부 자계의 크기에 좌우된다^[14]. 설계 시는 이러한 특징을 이용하였고, 최적화된 설계 수치가 표 2에 주어져 있다.

그림 6은 50 Ω 전송선로 양쪽 면에 표 2의 수치를 갖는 동일 형상의 SRR이 삽입된 구조이다^[15]. CST사의 MWS를 이용하여 모의 실험을 하였고, 유전율 3.38의 두께가 0.8 mm인 Rogers 4003 기판을 사용하였다. 기판의 크기는 20×28.8 mm이고, 전송 선로와 각 SRR 간의 거리는 0.11 mm이다. 그림 7은 그림 6 구조에 대한 산란계수 측정 결과이다. S_{21} 결과

표 2. SRR의 설계 파라미터(단위: mm)
Table 2. Design parameter of the SRR(unit: mm).

R_1	3	G_1	1
G_2	0.7	G_3	0.4

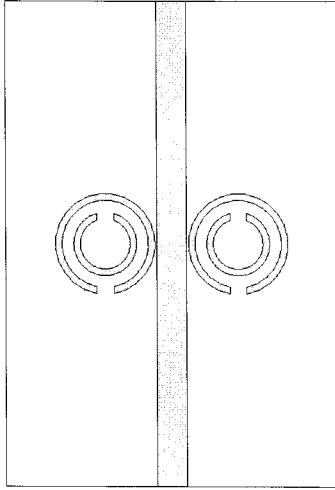


그림 6. 50 Ω 전송 선로
Fig. 6. 50 Ω transmission line.

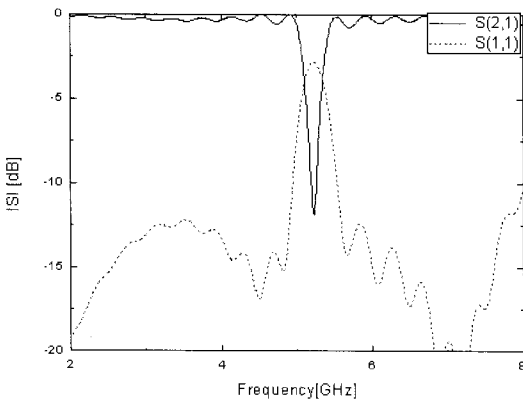


그림 7. 그림 6에 보인 전송 선로의 산란 계수 모의 실험 결과
Fig. 7. Simulated result of scattering parameter for the transmission line seen in Fig. 6.

를 보면, 5.2 GHz 대역에서 저지 특성이 나타나 있음을 볼 수 있다.

그림 6의 구조와 그 특성인 그림 7을 참고하여서, 대역 저지 특성을 갖는 UWB 안테나를 제작하였고 그 사진이 그림 8에 나타나 있다. 그림 8에는 UWB 안테나의 방사 패치 양 옆에 삽입된 SRR이 보이고 있다. 설계 시는 UWB 시스템에게 전파 간섭을 야기 시킬 WLAN 대역이 차단되도록 하였다. 그림 9는 제작된 UWB 안테나의 반사 손실 결과이며, 측정 및 모의 실험의 결과가 거의 일치함을 볼 수 있다. 이 결과로부터 UWB 대역에서 반사 손실은 -10 dB 이

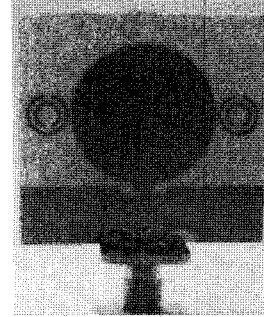


그림 8. 제작된 대역 저지 성능을 갖는 UWB 안테나
Fig. 8. Fabricated UWB antenna with a band rejection performance.

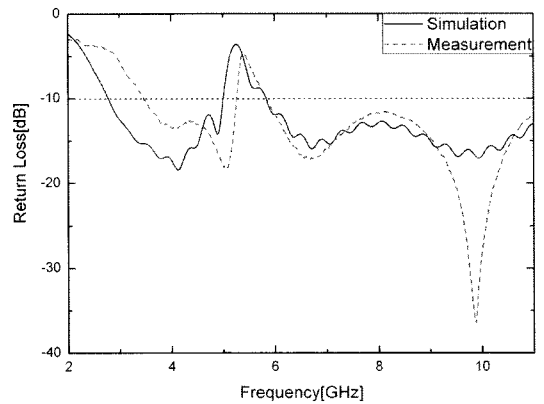
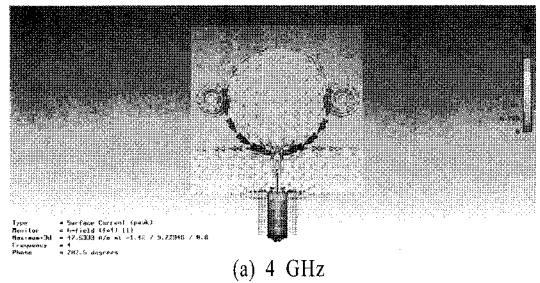
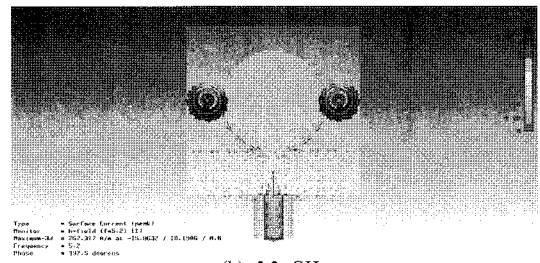


그림 9. 측정 및 모의 실험의 반사 손실 결과
Fig. 9. Measured and simulated return loss results.



(a) 4 GHz



(b) 5.2 GHz

그림 10. 표면 전류 분포
Fig. 10. Surface current distribution.

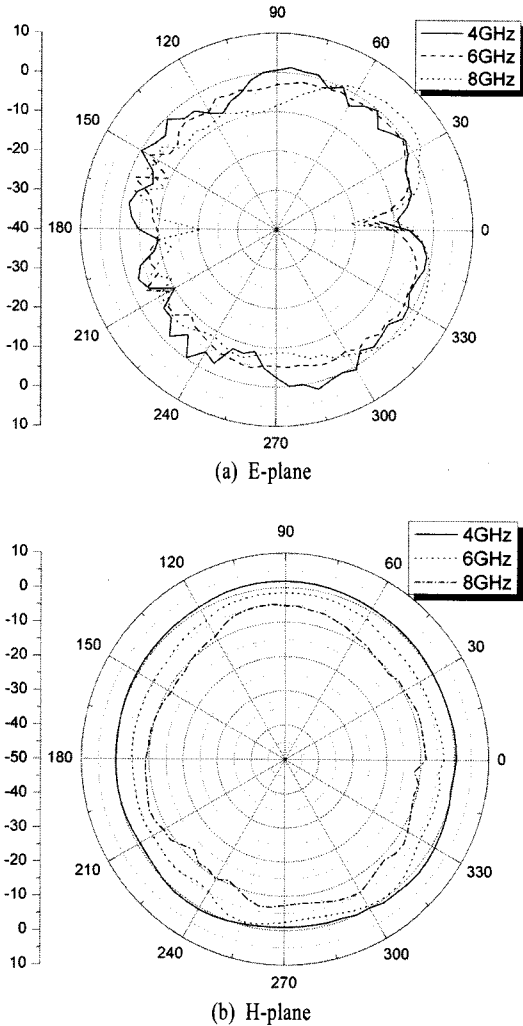


그림 11. 방사 패턴
Fig. 11. Radiation pattern.

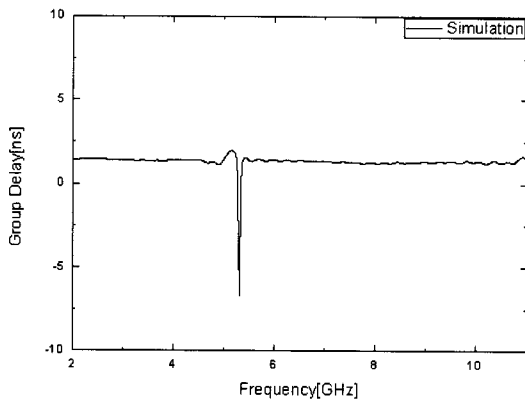


그림 12. 군 지연
Fig. 12. Group delay.

하이코, WLAN 대역(즉 5.2~5.85 GHz 대역)에서는 저지 특성이 나타남을 알 수 있다.

그림 10은 (a) 4 GHz, (b) 5.2 GHz에서의 표면 전류 분포이다. 4 GHz에서 전류는 원형 패치 둘레에 집중되어 있고, 대역 저지가 요구되는 5.2 GHz에서는 SRR에 전류가 집중되어 있음을 알 수 있다. 이는 SRR이 5.2 GHz 대역에서 동작하여 대역 저지 특성을 가지게 되었음을 의미하는 것이다.

그림 11은 그림 8 구조에 대한 4 GHz, 6 GHz, 8 GHz 주파수 대역에서의 (a) E-Plane과 (b) H-Plane에 대한 방사 패턴 측정 결과를 각각 나타낸다. H-plane은 모든 방향으로 송·수신이 가능한 무지향성(Omni-directional) 패턴을 보이며, E-plane의 방사 패턴은 모노폴 안테나의 방사 패턴과 유사한 8자형 패턴을 가짐을 확인할 수 있다. 즉 이는, 방사 패턴은 무지향성을 가져야 한다는 UWB 안테나의 방사 패턴 특성을 만족함을 알 수 있다.

UWB는 펄스를 이용한 통신 방식이므로, 펄스의 왜곡 정도를 나타내는 군 지연은 중요한 파라미터이며 규격으로서 1 ns를 넘어서면 안된다. 그림 12는 그림 8 구조에 대한 군 지연 모의 실험 결과이다. 이 결과를 보면, 저지 대역이 제외된 UWB 대역에서 1 ns 이하의 수치를 가지므로 규격을 만족함을 알 수 있다. 단, WLAN 대역에 속하는 약 5.29 GHz 근처에서 매우 좁은 spike성 군 지연 변화가 보이지만, 이 지역은 관심 대역이 아니므로 이 영역의 군 지연 수치는 무의미하게 된다.

III. 결 론

본 논문에서는 SRR을 기존의 UWB 안테나에 삽입함으로써, WLAN 대역에서 우수한 저지 특성을 갖는 UWB 안테나가 되도록 하였고 그 설계법과 측정결과를 보였다. 설계 과정을 보이고자, SRR 제거된 구조(그림 2), SRR 자체 형상(그림 4), SRR이 설치된 전송선로(그림 6) 및 이들이 결합된 최종 구조(그림 8)를 설계 단계별로 보였다. 또한 각 단위 구조 및 통합 구조에 대한 특성 변화를 보였고, 이로부터 목표 설계 충족 여부의 판단이 용이하였다.

제안된 안테나의 방사 손실은 -10 dB 이하를 기준으로 하였을 때, UWB 전체 대역(3.1~10.6 GHz)을

만족하였고, WLAN 대역(5.2~5.85 GHz)에서는 저지 특성을 가졌다. 또한, UWB 안테나의 펄스 특성인 군 지연 수치가 만족스러웠고 또한 방사 패턴 요구 조건인 무지향성을 가졌다. 그러므로 본 논문에서 제시된 UWB 안테나는 WLAN 대역의 제거 필요성이 있는 UWB 시스템의 구축 시에 사용 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Anon, *FCC First Report and Order on Ultra-Wideband Technology*, 2002.
- [2] Y. Rikuta, R. Kohno, "Planar monopole antenna with dual frequency for UWB system", *IEEE conference on Ultra-Wideband Systems and Technologies*, pp. 176-179, 2003.
- [3] E. Lule, T. Babij, "Koch island fractal ultra wide-band dipole antenna", *IEEE Int'l Symposium on Antenna and Propagation*, vol. 2, pp. 2516-2519, 2004.
- [4] Y. Kim, D. H. Kwon, "CPW-fed planar ultra wideband antenna having a frequency band notch function", *IEE Electronics Letter*, vol. 40, pp. 403-405, 2004.
- [5] A. Kerkhoff, H. Ling, "Design of a planar monopole antenna for use with ultra-wideband(UWB) having a band-notched characteristic", *IEEE Int'l Symposium on Antenna and Propagation*, vol. 1, pp. 830-833, 2003.
- [6] Wentao Wang, Shuxi Gong, Zhen Cui, Jianfu Liw, and Jin Ling, "Dual band-notched ultra-wideband antenna with codirectional SRR", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 51, pp. 1032-1034, 2009.
- [7] V. Oznazi, V. B. Ertukk, "A comparative investigation of SRR- and CSRR-based band-reject filter: simulation, experiment, and discussions", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 50, pp. 519-523, 2008.
- [8] 김범, 손범귀, 박상명, "CPW급전 단일 평면 부채꼴형 UWB 안테나 설계 및 제작", *한국전자과학회논문지*, 18(3), pp. 305-314, 2007년 3월.
- [9] 이효경, 이정남, 장화열, 박종권, "반원형태의 UWB 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 16(9), pp. 932-940, 2005년 9월.
- [10] X. L. Bao, M. J. Ammann, "Investigation on UWB printed monopole antenna with rectangular slitted groundplane", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 49, pp. 1585-1587, 2007.
- [11] 이종혁, 오영철, 명로훈, "Split Ring 공진기와 Spiral 공진기를 이용한 새로운 소형의 마이크로스트립 대역 저지 필터 설계", *한국전자과학회논문지*, 18(7), pp. 796-808, 2007년 7월.
- [12] J. B. Pendry, A. J. Holden, D. J. Robbins, and W. J. Stewart, "Magnetic from conductors and enhanced nonlinear phenomena", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 47, pp. 2075-2084, 1999.
- [13] 이왕주, 주정호, 김동호, 최재익, "SRR과 단순한 루프안테나를 유도 결합시킨 자기장 검출기", *대한전자공학회논문지*, 45(8), pp. 28-34, 2008년 8월.
- [14] 조남이, 김당오, 김채영, 최동목, "SRR구조를 이용한 UWB system용 대역 저지 안테나", *한국전자과학회 학회논문지*, vol. 13, pp. 127, 2009년 7월.
- [15] J. Garcia-Garcia, F. Martin, J. D. Baena, R. Marques, and L. Jelinek, "On the resonances and polarizabilities of split ring resonator", *J. Appl. Phys.* 98, pp. 033103-9, 2005.

조 남 이



2009년 2월: 한밭대학교 전파공학과 (공학사)
 2009년 3월~현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정
 [주 관심분야] UWB, Mobile용 안테나 설계

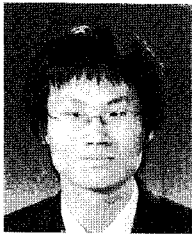
김 채 영*



1976년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1978년 2월: 한국과학원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1985년 9월~1986년 8월: 미국 Syracuse대학 방문연구원
 1991년 9월~1993년 2월: 미국 MIT 공대 연구과학자
 1979년 4월~1992년 9월: 경북대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수
 1992년 10월~현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
 [주 관심분야] 이동통신 전파환경, 전자파 수치해석, 전자파 이론 및 응용, 메타 물질

* 교신저자

김 당 오



2007년 2월: 한밭대학교 전파공학과 (공학사)
 2009년 2월: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학석사)
 2009년 3월~현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정
 [주 관심분야] EMI/EMC, 마이크로파 소자 및 안테나 설계

최 동 복



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 8월: 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 3월~1992년 4월: LG전자 연구원
 1993년 4월~1998년 10월: 국방품질관리연구소 연구원
 2004년 3월~2006년 8월: 한국해양대학교 산업기술연구소 전임연구원
 2006년 8월~현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 BK21 계약교수
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및 안테나 설계