

휴대용 UHF RFID 리더기용 원편파 마이크로스트립 안테나의 대역폭 개선

Bandwidth Improvement of Circularly Polarized Microstrip Antenna for an UHF RFID Portable Reader

김 상 기 · 최 익 권*

Sang-Gi Kim · Ik-Guen Choi*

요 약

이 논문에서는 900 MHz 대 RFID 휴대 리더용 안테나의 대역폭을 광역화하기 위해 동축 프로브 주위에 실린더 형태의 비아를 갖는 구조의 원편파 마이크로스트립 안테나를 제안한다. 유전율 4.4의 FR4 기판으로 제작한 두께 6.4 mm, 크기 84×84 mm 안테나의 반사 손실 10 dB 대역폭은 92 MHz로 비아가 없는 같은 치수의 마이크로스트립 안테나에 비해 대역폭이 약 3배 이상 확장되는 것을 측정을 통해 확인하였다. 10 dB 대역폭 내에서 이득과 축비는 각각 0.01~1.825 dB, 2.3~8.2 dB 범위에 있다.

Abstract

In this paper, circular polarized microstrip antenna with a conducted hollow cylinder-typed via around the coaxial probe is proposed to enhance the bandwidth of an RFID portable reader microstrip antenna. An antenna of thickness of 6.4 mm and size of 84×84 mm is manufactured with FR4 substrate and its 10 dB return loss bandwidth is measured to be 92 MHz, which is about three times large than the same size's microstrip antenna without hollow cylindrical via. The measured antenna gain and the axial ratio at each are 0.01~1.825 dB and 2.3~8.2 dB within 10 dB return loss bandwidth, respectively.

Key words : Cylinder, Via, Bandwidth, Gain, Axial ratio, RFID, UHF, Reader, Antenna

I. 서 론

RFID는 무선 주파수(radio frequency)를 이용하여 사물에 부착된 태그에 저장되어 있는 정보를 인식하여 측위, 원격 처리·관리 및 사물 간 정보 교환 등 다양한 서비스를 제공할 수 있는 시스템으로 태그와 리더, 미들웨어 및 응용 서비스 플랫폼으로 구성되며, 저주파(125 kHz, 135 kHz), 고주파(13.56 MHz), 극초단파(433 MHz, 860~960 MHz) 마이크로파(2.45 GHz) 등 여러 주파수 대역을 이용하고 있다. 이 중

UHF 대역은 증장거리 신호 전송이 가능하며, 대역폭이 넓고 고속 전송이 가능하기 때문에 많은 분야에서 연구중이다^{[1],[2]}.

UHF 대역의 RFID 시스템에서는 리더와 태그를 연결하는 안테나의 역할이 중요하다. 특히 태그 전원을 리더 안테나로부터 공급받는 수동형 RFID에서는 리더 안테나가 시스템의 통신 효율 향상에 매우 중요하다. 현재 상용화 되어 있는 기존의 RFID 리더 안테나는 마이크로스트립을 이용한 패치형 안테나가 일반적이다. 그러나 패치형 안테나는 반사 손실

충북대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungbuk National University)

*충북대학교 전기전자컴퓨터공학부(School of Electrical & Computer Engineering and Telecommunications, Chungbuk National University)

· 논문 번호 : 20071123-130

· 수정완료일자 : 2008년 3월 5일

대역폭과 원형 편파 대역폭이 협소하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 대역폭을 넓히는 방법에 대한 많은 연구가 있어 왔는데^{[3]~[10]} 예를 들면 물리적 구조에 의한 방법, 슬롯 결합 구조를 이용한 방법, 적층 구조를 이용한 방법, 기생 구조를 이용한 방법, tuning stub나 reactive load를 이용한 방법, U 슬롯 구조를 이용한 방법 등이 있다.

이에 본 논문에서는 UHF 대역 RFID 리더 안테나의 대역폭을 광역화하기 위한 방안으로 실린더 형태의 비아를 유전체 기판에 삽입한 구조를 제안한다.

II. 안테나 설계

제안된 UHF 대역 RFID 리더 안테나는 원형 편파 마이크로스트립 안테나의 설계 이론^{[11],[12]}으로 기본틀을 잡고 여기에 실린더 형태의 비아를 유전체 기판에 삽입한 구조로 설계하였다. 안테나의 최적화는 Ansoft사의 상용 시뮬레이션 프로그램인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하였다.

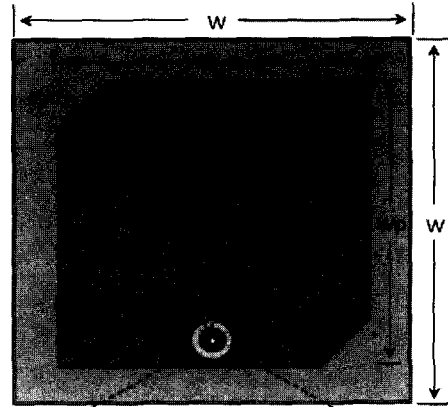
그림 1(a)와 그림 1(b)는 제안된 안테나를 위에서 내려다 본 조감도와 단면도로 급전점을 중심으로 삽입된 실린더의 구조를 보여준다.

그림 1에서 보는 바와 같이 제안하는 안테나에서 급전부의 중심과 실린더의 중심은 동일하며, 실린더 벽면의 두께 C_w 는 via로 패치 두께와 동일한 0.017 mm로 고정하고, 실린더의 내부는 전체 유전체와 동일한 FR4($\epsilon_r = 4.4$)로 되어 있다.

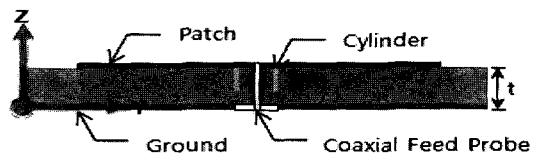
그림 2는 실린더 벽면과 급전점간 거리(C_g)에 대한 반사 손실의 변화를 시뮬레이션한 결과이다. 이때 실린더의 높이 t_c 는 3.2 mm로 고정하였다. 그림 2에서 보듯 C_g 가 커질수록 광역화 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

그림 3은 C_g 의 변화에 따른 중심 주파수(915 MHz)에서의 이득과 축비의 변화를 시뮬레이션한 결과이다. C_g 가 커질수록 원편파 이득과 축비가 개선되는 것을 알 수 있다.

그림 4은 실린더 벽면과 급전점 간 거리 C_g 는 8.5 mm 고정하고, 실린더 높이(t_c)의 변화에 따른 반사 손실의 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 4에서 보듯 t_c 가 3~4 mm 사이에서 광역화 특성을 갖는 것을 알 수 있다.



(a) 윗면
(a) Top view



(b) 옆면
(b) Side view

그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed antenna.

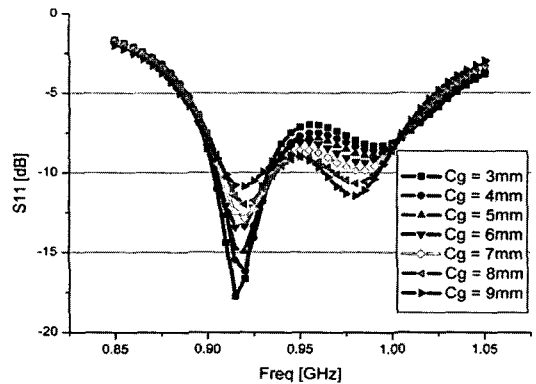


그림 2. C_g 의 변화 값에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss(S_{11}) for various values of the C_g .

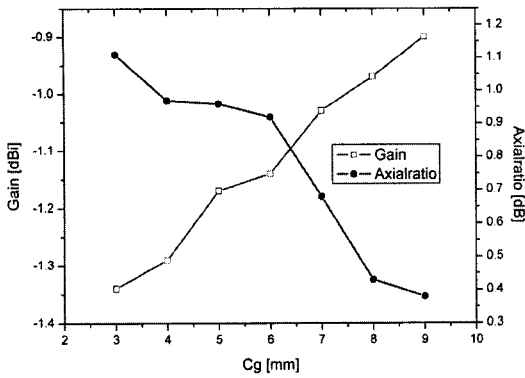


그림 3. C_g 의 변화 값에 따른 축비와 이득
Fig. 3. Axial ratio and LHCP for various values of the C_g .

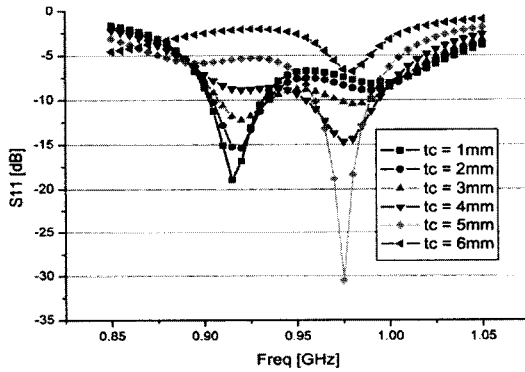


그림 4. t_c 의 변화 값에 따른 반사 손실
Fig. 4. Return loss(S_{11}) for various values of the t_c .

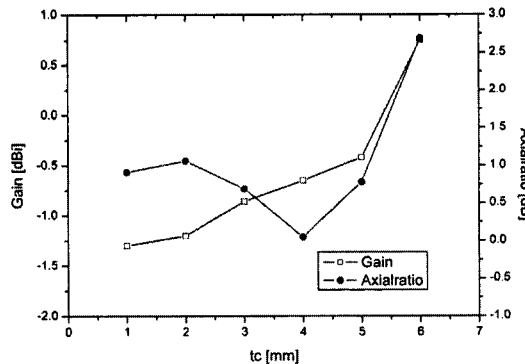


그림 5. t_c 의 변화 값에 따른 축비와 이득
Fig. 5. Axial ratio and LHCP for various values of the t_c .

그림 5는 실린더 높이 t_c 의 변화에 따른 중심 주파수(915 MHz)에서의 이득과 축비의 시뮬레이션 결과

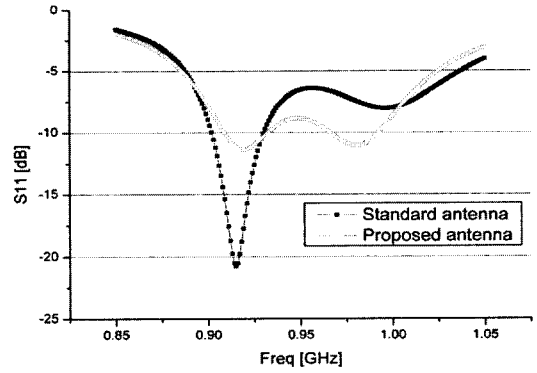


그림 6. 안테나의 반사 손실
Fig. 6. Return loss(S_{11}) of the antenna.

로 t_c 가 커질수록 원편파 이득은 좋아지고 축비는 나빠지는 것을 알 수 있다. 실린더가 없는 동일한 치수의 안테나(이후는 기준 안테나라 함)와 본 논문에서 제안하는 안테나 간 특성 비교를 한 결과는 그림 6~8과 같다.

그림 6은 기준 안테나와 제안된 안테나의 반사 손실이다. 기준 안테나의 경우 10 dB 대역폭은 902~930 MHz로 약 28 MHz이다. 제안된 안테나의 10 dB 대역폭은 906~986 MHz로 매우 광대역이다. 932~956 MHz 대역에서는 최대 반사 손실이 -8.8 dB이다.

그림 7은 기준 안테나와 제안된 안테나의 915 MHz에서의 복사 패턴을 보이고 있다. 기준 안테나의 원편파 이득은 -1.41 dB, -3 dB 빔 폭은 약 120°

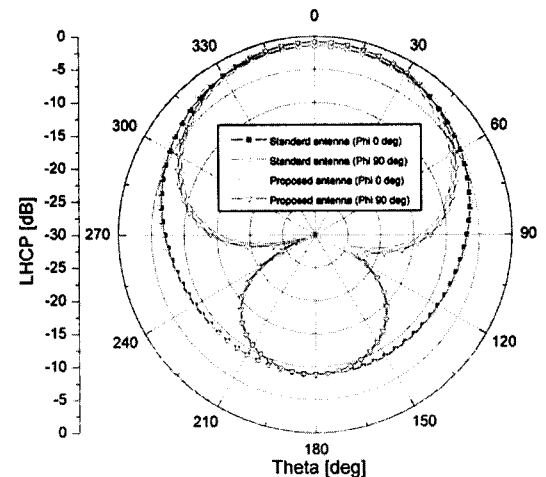


그림 7. 안테나의 복사 패턴 및 이득
Fig. 7. Radiation pattern and gain of the antenna.

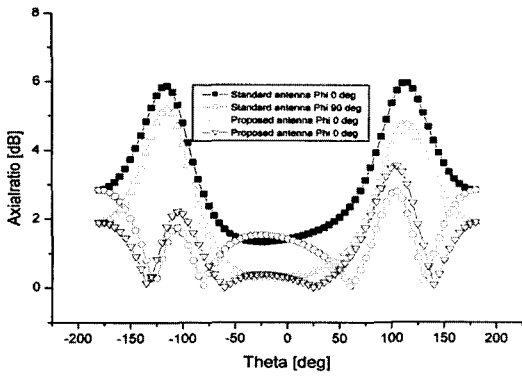


그림 8. 안테나의 축비
Fig. 8. Axial ratio of the antenna.

이다.
제안된 안테나의 원편파 이득은 -0.87 dB, -3 dB 빔 폭은 약 120° 이다.

그림 8은 기준 안테나와 제안된 안테나의 축비를 보여주고 있다. 기준 안테나의 경우, 축비는 약 1.4 dB이며, 제안된 안테나의 축비는 약 0.2 dB이다.

III. 제작 및 측정

이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 두께 6.4 mm의 FR4 기판에 제작된 안테나는 그림 9와 같다. 실린더와 급전점의 거리(C_g)는 대역폭을 고려하여 8.5 mm로 하고, 실린더의 높이(t_c)는 3.2 mm로 정하였다. 그리고 실린더 벽면의 두께 C_w 의 경우, 실버 페이스트를 이용하여 비아 형태로 제작하기 위해 0.017 mm로 정하였다. 이에 따른 최종적인 안테나의 치수는 표 1에 나타내었다. 두께 6.4 mm에 유전율 4.4의 FR4 기판을 사용하고, 접지면이 84×84 mm 크기로 제작된 안테나는 그림 9와 같다.

HP사의 HP8720C 회로망 분석기(vector network analyzer)를 이용하여 측정된 반사 손실과 시뮬레이션 결과를 함께 그림 10에 나타내었다. 측정된 반사

표 1. 안테나 치수(단위: mm)
Table 1. Dimension of antenna(unit: mm).

W	W_p	P_c	t
84	75	18	6.4
C_g	C_w	t_c	
8.5	0.017	3.2	

손실은 993~1,004 MHz에서 최고 -9.8 dB이며, 이 대역을 포함한 10 dB 대역폭은 944~1,036 MHz로 약 92 MHz이다. 시뮬레이션 결과에 비해 10 dB 대역폭은 약 12 MHz 정도 넓어졌으나, 약 40 MHz 정도 상향 이동되었다.

이는 3.2 mm Fr4 기판 두 장을 적층하는 과정에서 접합부에 들어가는 접착제에 의한 영향(이후 제작상의 오차라 함)으로 간주된다. 그림 11은 접착제의 유전율과 두께에 따른 반사 손실을 시뮬레이션한 결과이다. 유전율이 2이고 두께가 0.2 mm일 때 10 dB 대역폭은 927~997 MHz 접합부가 없을 때보다 약 25 MHz 상향 천이되었다.

방사 패턴은 (주)파트론의 전자파 무반사실에서 반사 손실 10 dB 대역폭 내 주파수에 대해 각각의 이득을 측정하였고, 각 주파수별 측정 결과를 표 2와

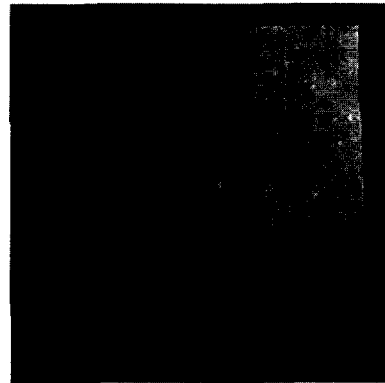


그림 9. 제작된 안테나 사진
Fig. 9. Picture of manufactured antenna.

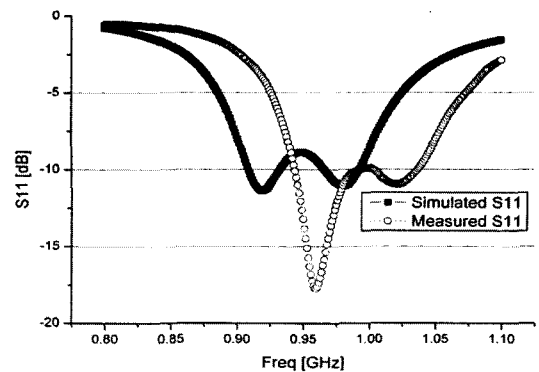


그림 10. 측정된 반사 손실
Fig. 10. Measured return loss(S_{11}).

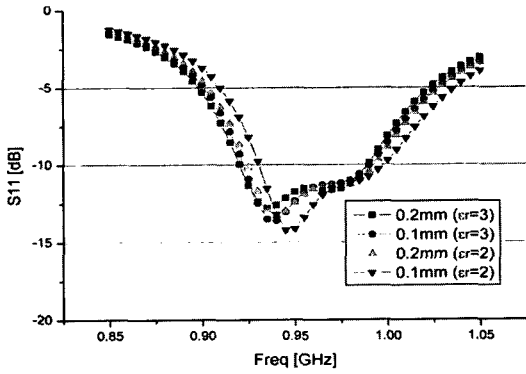


그림 11. 제작상의 오차에 따른 반사 손실
Fig. 11. Return loss(S_{11}) of manufacture error.

표 2. 측정된 이득
Table 2. Measured gain.

주파수 [MHz]	평면	Gain [dBi]	HPBW [deg]
950	X-Z	0.295	129
	Y-Z	0.01	113
995	X-Z	1.042	114
	Y-Z	1.497	120
1,040	X-Z	1.04	135
	Y-Z	1.825	96

표 3. 계산된 축비(단위: dB)
Table 3. Calculated of axial ratio(unit: dB).

	950 MHz	995 MHz	1,040 MHz
X-Z평면	3.4	7.1	2.3
Y-Z평면	5.5	8.2	7.6

그림 12에 나타내었다.

측정 데이터를 바탕으로 $\theta=0^\circ$ 에서 계산된^[13] 축비는 표 3과 같으며, 최소 2.3 dB에서 최대 8.2 dB의 범위 내에 있다.

IV. 결 론

RFID 휴대 리더용 안테나의 대역폭 개선을 위한 방안으로 실린더 형태의 비아를 유전체 기판에 삽입한 구조를 갖는 광대역 원형 편파 마이크로스트립 안테나를 설계·제작하였다. 급전 방식은 동축 프로브 급전 방식이며, 제작된 안테나의 반사 손실 10 dB

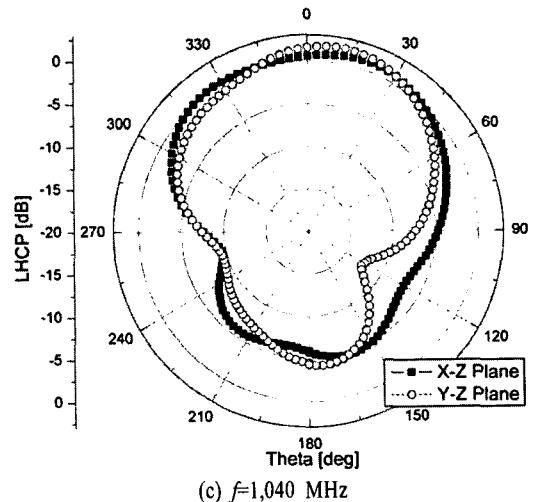
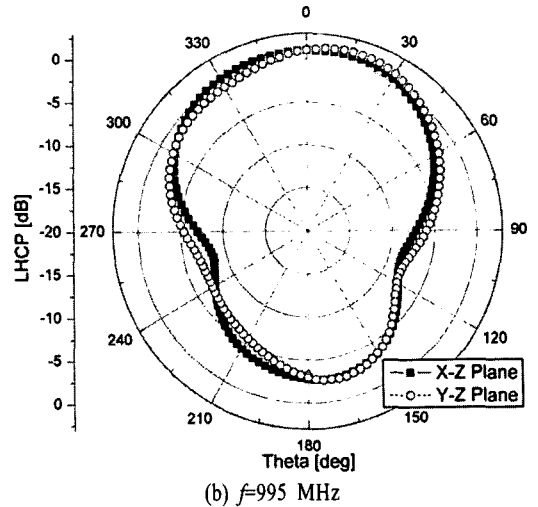
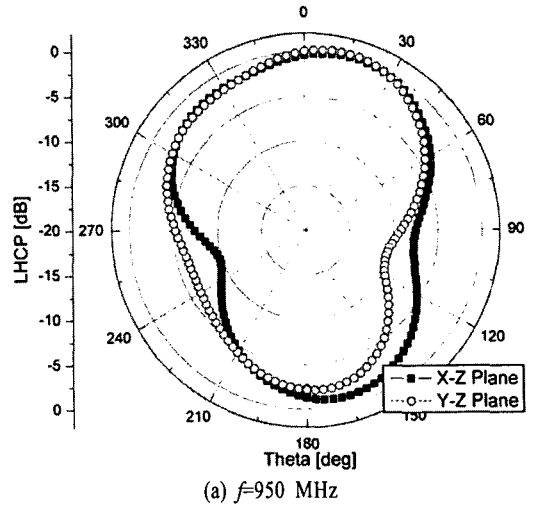


그림 12. 측정된 복사 패턴
Fig. 12. Measured radiation pattern.

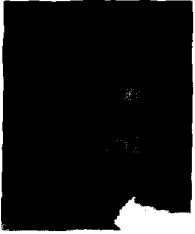
대역폭은 944~1,036 MHz로 약 92 MHz로 매우 광대역이다. 그리고 10 dB 대역폭 내에서의 이득($\theta=0^\circ$)은 0.01~1.825 dB이며, 축비는 2.3~8.2 dB이다.

시뮬레이션과 제작상의 오차를 최소화하고 공진 주파수 대역(902~956 MHz)을 맞춘다면 본 논문에서 제안하는 광대역화 기법에 의해 우리나라는 물론이고, 미국, 일본의 UHF 대 RFID 대역에서도 동작하는 안테나의 제작이 가능하리라 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, Reading, MA, Addison Wiley, 2002.
- [2] W. Rankl, W. Effing, *Smart Card Handbook*, New York, John Wiley & Sons, 2003.
- [3] 김대중, 문명호, 김갑기, 이종약, "이동 통신용 마이크로스트립 안테나의 대역폭 개선에 관한 연구", *한국전자과학회논문지*, 9(1), pp. 8-15, 1998년 2월.
- [4] J. Watkins, S. Uysal, "Experimental investigation of broadband microstrip antennas", *IEEE International Radar Conference*, May 1990.
- [5] A. Henderson, J. R. James, and C. W. Hall, "Bandwidth techniques in printed conformal antennas", *Military Microwaves*, MM 86, pp. 329-334, Jun. 1986.
- [6] F. Croq, A. Papiernik, and P. Brachet, "Wideband aperture coupled microstrip subarray", in *IEEE Antennas and Propagation Symp. Dig.*, pp. 1128-1131, 1990.
- [7] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse, "Design of wide-band aperture-staked patch microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 46, no. 9, pp. 1245-1251, Sep. 1998.
- [8] G. Kumar, K. C. Gupta, "Nonradiating edges and four edges gap coupled multiple resonator broadband microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 33, no. 3, pp. 173-178, 1985.
- [9] M. D. Plessis, J. H. Cloete, "Tuning stubs for microstrip patch antennas", *IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium*, pp. 964-967, 1993.
- [10] Y. L. Chow, Z. N. Chen, K. F. Lee, and K. M. Luk, "A design theory on broadband patch antenna with slot", *IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium*, pp. 1124-1127, 1998.
- [11] J. R. James, P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, Peter Peregrinus Ltd., 1989.
- [12] D. W. Pozar, "Microstrip antennas", *IEEE Proceedings*, vol. 80, pp. 79-91, Jan. 1992.
- [13] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, pp. 64-69, 1997.

김 상 기



2006년 2월: 충북대학교 전기전자
컴퓨터공학부 (공학사)

2008년 2월: 충북대학교 전파공학
과 (공학석사)

2008년 3월~현재: 충북대학교 전
파공학과 박사과정

[주 관심분야] Multi Band 안테나,
RFID 안테나, 능동회로 및 수동회로 설계

최 익 권



1974년 2월: 서울대학교 자원공학
과 (공학사)

1976년 2월: 서울대학교 자원공학
과 (공학석사)

1986년 8월: 미국 오하이오 주립대
학 전자공학과 (공학박사)

1976년 3월~1979년 6월: 육군 3사
관학교 교수부 물리학 교관

1982년 10월~1986년 8월: 미국 오하이오 주립대학교 El-
ector Sience Laboratory 연구조교

1986년 9월~1987년 8월: 미국 메사추세츠 주립대학교
Antenna Laboratory 연구원

1987년 9월~1993년 8월: 한국전자통신연구원 이동통신연
구단 전파공학연구실 실장

1993년 9월~1994년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 조
교수

1994년 3월~현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교
수

[주 관심분야] DBF 배열안테나, 위상배열 안테나, 휴대용
단말용 소형안테나