

900 MHz대 RFID 휴대 리더용 원편파 안테나 소형화

Miniaturization of Circularly Polarized Microstrip Antenna for RFID Portable Reader at 900 MHz Band

강민식 · 최익권*

Min-Sik Kang · Ik-Guen Choi*

요약

본 논문에서는 UHF 대역 RFID 휴대 리더용 안테나로 원편파를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화를 제시한다. 제안된 안테나는 패치에 4개의 I 슬롯을 가지고 있으며, I 슬롯이 없는 같은 구조의 패치 안테나와 비교하여 안테나 크기가 감소하였다. 두께가 6.4 mm인 FR4 기판으로 제작된 안테나는 크기가 76×76 mm로 소형이면서, 반사 손실 -10 dB 대역폭은 938~975 MHz, 대역폭 내 이득은 -0.88~-2 dBi, 그리고 축비는 3.27~13.21 dB를 가진다.

Abstract

This paper presents the miniaturization of circularly polarized microstrip patch antenna for UHF-band RFID portable reader. The proposed antenna has a group of four I-slots on a conventional corner-truncated square microstrip patch and it is shown that the antenna size is reduced compared to the antenna without I-slots. A 76 mm by 76 mm small antenna with four I-slots is fabricated with 6.4 mm thick FR4 substrate and its 10 dB return loss bandwidth, the gain and the axial ratio are measured to be 938~975 MHz, -0.88~-2 dBi, and 3.27~13.21 dB within the 10 dB return loss bandwidth, respectively.

Key words : RFID Reader Antenna, Microstrip Antenna, Circular Polarized, Miniaturization

I. 서론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 인식하고자 하는 대상물에 부착된 태그의 IC 칩에 저장된 정보를 무선으로 읽을 수 있게 하기 때문에 다양한 분야에서 활발하게 연구되고 있다^{[1],[2]}.

RFID는 HF 대역(13.56 MHz), UHF 대역(433 MHz, 860~960 MHz), ISM 대역(2.4 GHz) 등에서 실현되고 있으며, UHF 대역은 수동 태그의 인식율과 인식 거리가 뛰어나고, 저가 생산이 가능해 각광 받고 있는 대역으로, 우리나라는 908.5~914 MHz로 할당되

어 있다.

UHF 대역의 RFID 시스템에서는 리더와 태그를 연결하는 안테나의 역할이 중요하다. 다중 태그의 인식율이 좋도록 하기 위해서 높은 이득과 넓은 방사 패턴을 가져야 하며, 특히 휴대용 리더 안테나는 제작이 용이하고 소형이어야 한다^[4]. 안테나의 소형화를 위한 방법으로는 패치 가장자리에 shorting post를 연결하는 방법^[6], 슬롯을 이용한 방법^[7], 그라운드에 슬롯을 넣는 방법^[8] 등이 있다. 특히 슬롯을 이용한 방법으로는 패치에 네 개의 bent slot을 넣는 방법^[7], 패치 가장자리에서 x축과 y축 방향으로 길이가

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

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

· 논문 번호 : 20071126-132

· 수정완료일자 : 2008년 3월 5일

다른 두 쌍의 inserted slit을 삽입하는 방법^[6] 등이 있다.

본 논문에서는 국내 UHF 대역 휴대형 RFID 리더기에 사용하기 위한 안테나를 소형화하기 위해서 슬롯을 이용한 방법을 사용하여 모서리가 절단된 정사각형 패치에 대각선으로 대칭된 4개의 I자형 슬롯을 갖는 마이크로스트립 안테나를 제안한다.

II. 안테나 설계

국내 UHF 대역(908.5~914 MHz) 휴대 리더에 사용되는 안테나는 원편파 특성을 갖는 것이 바람직하므로 정사각형 패치의 대칭되는 모서리가 절단된 마이크로스트립 안테나를 채택한다^[5].

패치 크기는 프린징 필드에 의한 길이 연장 효과를 고려하여 아래의 식^[3]으로 결정하였다.

$$Lp \cong 0.49 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

먼저 결정된 패치 길이 값을 초기값으로 상용 시뮬레이터 HFSS를 이용하여 패치의 크기를 최적화하여 원편파 특성을 갖는 대칭되는 모서리가 절단된 마이크로스트립 안테나(이후 기준 안테나라 함)를 설계하였다. 설계된 기준 안테나의 최적화된 설계 변수는 표 1에 표기하였으며, 설계시 유전체 기판은 두께 6.4 mm로 유전율 4.4인 FR4 기판을 사용하였다.

설계된 기준 안테나의 크기를 줄이기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 서로 대칭이며 대각선으로 놓여있는 4개의 I자형 슬롯을 패치면에 삽입하였다. 제안하는 안테나는 유전체 기판의 두께, 패치 크기와 절단된 모서리의 길이, 접지면의 크기, 슬롯의 길이와 폭에 따라 이득, 축비, 반사 손실, 대역폭 등 특성이 변화하므로 설계 변수에 따른 안테나 특성 변화를 시뮬레이션 하여 중심 주파수 911 MHz에서 최적

표 1. 기준 안테나의 치수(단위: mm)
Table 1. Dimension of reference antenna(unit: mm).

항목	규격
패치 크기($L_p=W_p$)	76×76
접지면 크기	84×84
절단된 모서리 길이(C)	10
급전 위치(P)	14

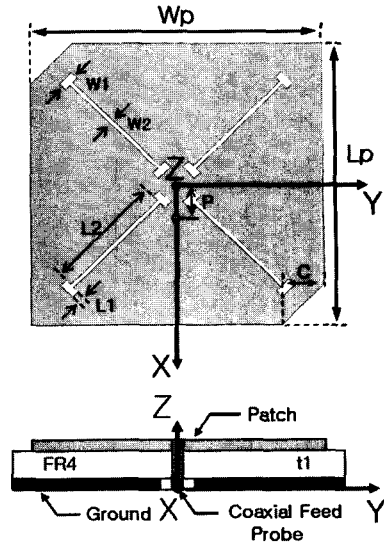


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

의 조건을 갖도록 안테나를 설계하였다. 급전 프로브 위치는 X축을 따라 입력 임피던스가 50 Ω이 되도록 하였다.

그림 2는 I자형 슬롯의 폭 W_1 의 길이에 따른 반사 손실의 변화를 시뮬레이션한 결과이다. W_1 을 2 mm부터 4 mm까지 1 mm 간격으로 변화시켜 시뮬레이션 하였으며, W_1 의 길이가 증가할수록 공진 주파수가 왼쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 가장 좋은 특성을 갖게 되는 $W_1=4$ mm를 선택하였다. 슬롯의 폭 W_2 는 길이에 따라 공진 주파수가 이동하지 않으므로 1 mm로 고정하였다.

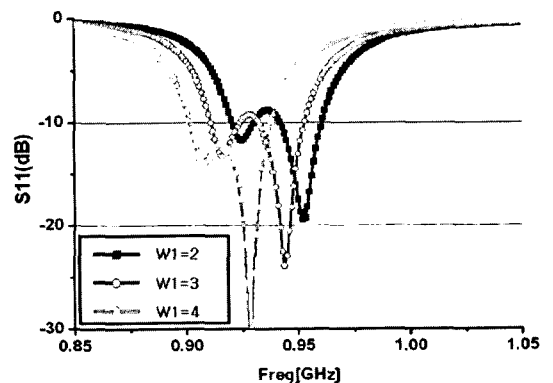


그림 2. W_1 의 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss for various values of W_1 .

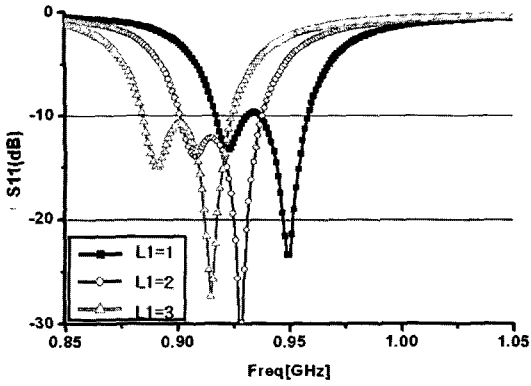


그림 3. L_1 의 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 3. Return loss for various values of L_1 .

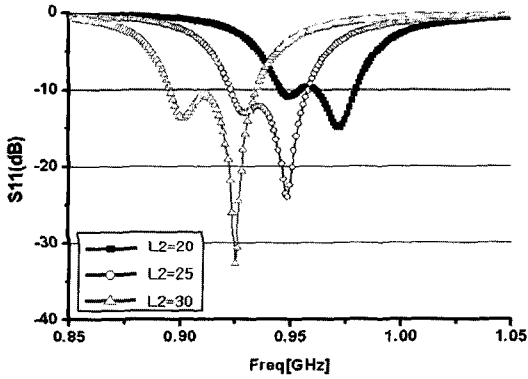


그림 4. L_2 의 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 4. Return loss for various values of L_2 .

그림 3은 슬롯의 길이 L_1 에 따른 반사 손실을 나타낸 것으로 L_1 의 길이를 1 mm부터 3 mm까지 1 mm 간격으로 변화시켜 시뮬레이션 하였다. L_1 의 길이가 증가할수록 공진 주파수가 왼쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

그림 4는 슬롯의 길이 L_2 에 따른 반사 손실을 나타낸 것으로 L_2 의 길이를 20 mm부터 30 mm까지 5 mm 간격으로 변화시켜 시뮬레이션 하였다. L_2 의 길이가 증가할수록 공진 주파수가 왼쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 결과 W_1 , L_1 , L_2 는 공진 주파수에 많은 변화를 보이는 것을 알 수 있다. W_1 과 L_2 의 길이가 증가할수록 공진 주파수가 낮아지나, W_1 과 L_2 의 길이가 각각 5 mm, 30 mm보다 커질 경우 패치 중심 부분의 슬롯이 겹쳐지기 때문에 더 넓은 범위에 대해 시뮬레이션하지 못하였다.

표 2. 그림 1의 안테나 치수(단위: mm)
Table 2. Dimension of antenna in Fig. 1(unit: mm).

$W_p=L_p$	C	W_1	L_1
69	10	4	2
W_2	L_2	P	t_1
1	30	8	6.4

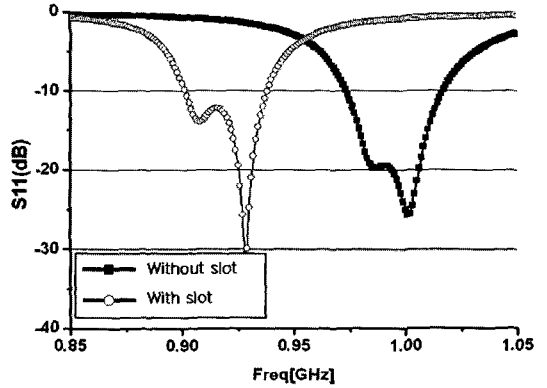
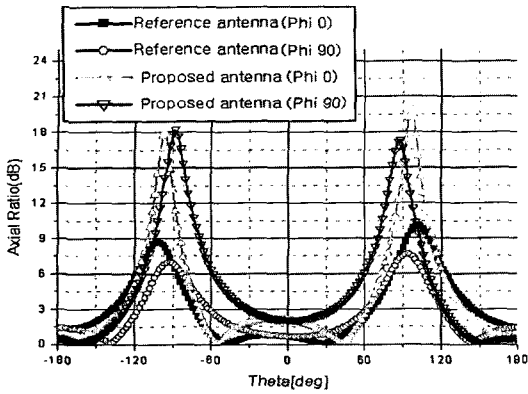


그림 5. 제안된 안테나 반사 손실
Fig. 5. Return loss of the proposed antenna.

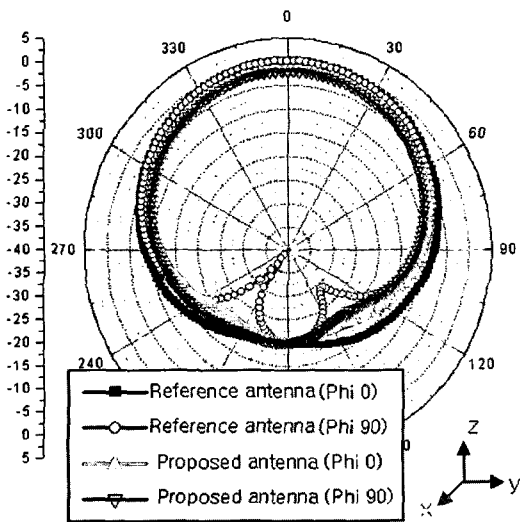
이러한 과정을 거쳐 제안하는 안테나가 중심 주파수 911 MHz를 가지도록 설계하여 얻어낸 안테나 파라미터를 표 2에 표기하였다. 안테나 접지면의 크기는 76×76 mm로 하였으며, 패치 중심으로부터 슬롯까지의 간격은 4 mm로 하였다.

그림 5는 제안된 안테나와 기준 안테나의 반사 손실을 나타낸 것으로 표 2의 제안하는 안테나와 동일한 치수에서 슬롯을 가지는 안테나와 슬롯이 없는 안테나의 반사 손실을 비교하였다. 그림에서 보는 바와 같이 -10 dB 대역은 902~938 MHz로 36 MHz의 대역폭을 가지며, 슬롯을 삽입함으로써 공진 주파수가 왼쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

제안하는 안테나와 기준 안테나의 패치 크기는 76×76 mm에서 69×69 mm로, 접지면의 크기는 84×84 mm에서 76×76 mm로 작아져 제안하는 안테나의 크기가 기준 안테나에 비해서 소형화되었다. 그림 6은 제안하는 안테나와 기준 안테나의 축비와 이득을 911 MHz에서 시뮬레이션한 결과로 기준 안테나의 이득과 축비는 각각 0.1 dBi, 0.65 dB이며, 제안하는 안테나의 이득과 축비는 각각 -2.07 dBi, 2.1 dB를 가진다.



(a) 축비(911 MHz)
(a) Axial ratio(911 MHz)



(b) 이득(911 MHz)
(b) LHCP(911 MHz)

그림 6. 안테나의 축비와 이득(dB)
Fig. 6. Axial ratio and gain of antenna.

Ⅲ. 안테나 제작 및 측정

안테나는 유전율이 4.4이고, 두께가 6.4 mm인 FR4 기판을 사용하여 제작하였다. 제작한 안테나는 패치에 I자형 슬롯을 가지는 구조로 표 2의 안테나 치수를 가진다. 그림 7은 제작된 안테나의 정면도이다.

HP사의 HP8720C 회로망 분석기를 이용하여 측정 한 반사 손실을 그림 8에 나타내었다. 시뮬레이션과 측정 결과 간에 37 MHz의 오차가 발생하였다. 그림에서 보는 바와 같이 제안된 안테나의 반사 손실 10 dB 대역폭은 938~75 MHz로 37 MHz의 대역폭을 가

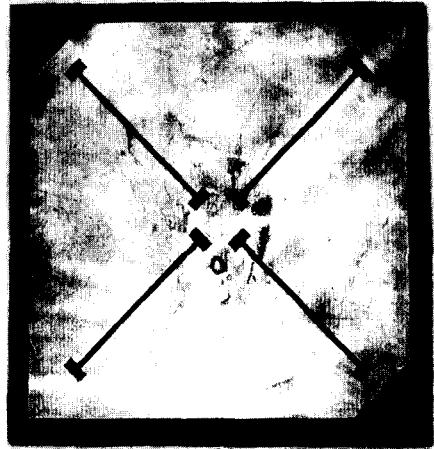


그림 7. 제작된 안테나 사진
Fig. 7. Picture of manufactured antenna.

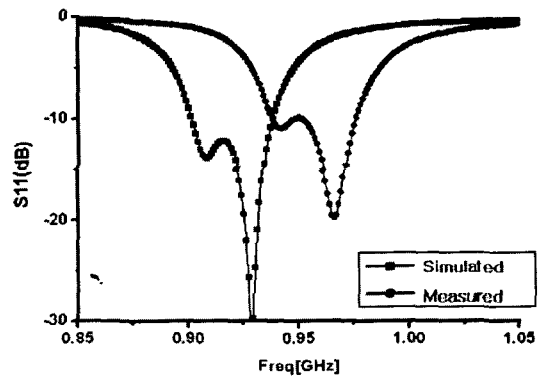


그림 8. 측정된 반사 손실
Fig. 8. Measured return loss.

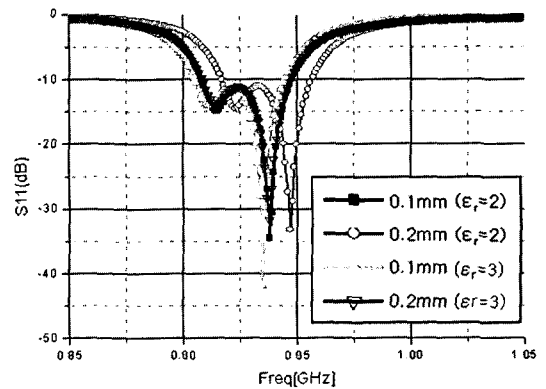
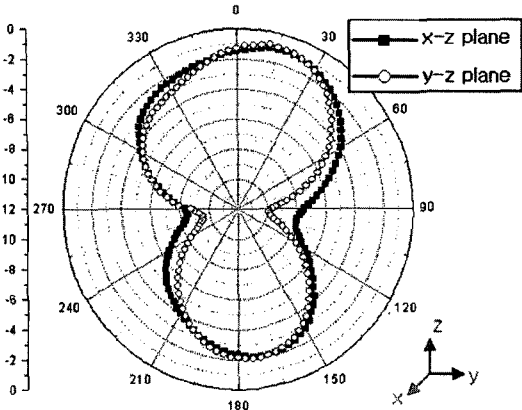
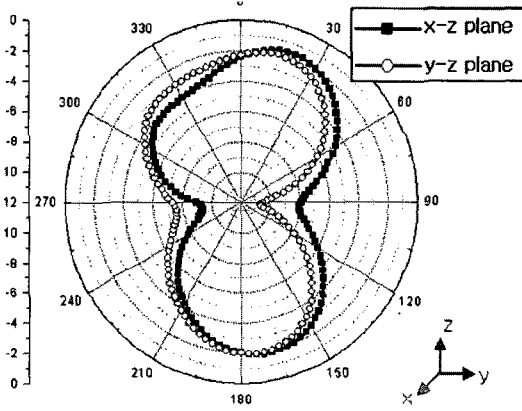


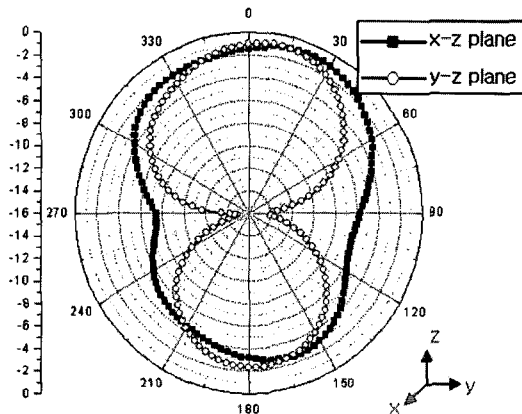
그림 9. 제작 상 오차에 따른 반사 손실
Fig. 9. Return loss of manufacture error.



(a) 935 MHz



(b) 955 MHz



(c) 975 MHz

그림 10. 측정된 방사 패턴
Fig. 10. Measured radiation patterns.

진다. 이것은 제작상의 오차에 기인한 것으로 제작 시 3.2 mm의 FR4 기판 두 장을 적층하는 과정에서

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

	935 MHz	955 MHz	975 MHz
x-z 평면	3.27	4.25	13.21
y-z 평면	3.85	4.19	10.68

접합부에 들어가는 접착제에 의한 영향으로 간주된다. 그림 9는 두 기판 사이에 접합부의 영향을 고려하여 시뮬레이션한 결과이다. 안테나의 치수는 표 2와 동일하며, 유전율이 2이고 두께가 0.2 mm일 경우 -10 dB 대역이 917~956 MHz로 접합부가 없을 경우보다 17 MHz 상향 주파수로 이동함을 볼 수 있다.

방사 패턴은 (주)파트론의 전자파 무반사실에서 반사 손실 10 dB 대역폭 내 주파수에서 각각의 이득을 측정하였으며, 측정된 방사 패턴을 그림 10에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 통상 마이크로스트립 안테나의 방사 패턴과 유사한 패턴을 보이고 있다. 935 MHz에서 x-z 평면, y-z 평면의 최대 이득은 $\theta=18^\circ$ 에서 각각 -1.66 dBi, -1.99 dBi이고, 동일 θ 각에서의 -3 dB 빔 폭은 각각 114° , 118° 이다.

955 MHz에서 x-z 평면, y-z 평면의 최대 이득은 각각 $\theta=18^\circ$ 에서 -1.07dBi, $\theta=12^\circ$ 에서 -0.88 dBi이고, 동일 θ 각에서의 -3 dB 빔 폭은 각각 117° , 103° 이다. 975 MHz에서 x-z 평면, y-z 평면의 최대 이득은 각각 $\theta=18^\circ$ 에서 -0.95 dBi, $\theta=9^\circ$ 에서 -0.91dBi이고, 동일 θ 각에서의 -3 dB 빔 폭은 각각 133° , 92° 이다.

방사 패턴의 측정 데이터를 바탕으로 타원 편파의 축비 계산식^[10]을 이용하여 동일 θ 각에서 계산된 축비는 표 3에 나타내었다.

IV. 결 론

원편파 특성을 갖는 UHF 대역 RFID 휴대 리더용 소형 원편파 안테나를 설계 제작하였다. 제안된 안테나는 동축 프로브 급전 방식을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화를 위한 방법으로 패치에 I자형 슬롯을 가지는 구조를 사용하였다. 패치에 I자형 슬롯을 가지는 방법을 사용함으로써 슬롯이 없는 경우와 비교하여 전체적인 안테나의 크기를 감소시켰다.

제작된 안테나는 76×76 mm로 소형이면서, 10 dB 대역폭이 938~975 MHz, 중심 주파수(955 MHz)에서 x-z 평면, y-z 평면의 최대 이득은 각각 -0.88 dBi, -1.07 dBi를 가진다. 축비는 중심 주파수(955 MHz)에서 4.25 dB를 가진다.

또, 최대 이득 방향이 $\theta=0^\circ$ 에서 이탈해 있는 원인은 프로브로부터의 방사에 기인한 것으로 보이며, 시뮬레이션과 제작상의 오차를 최소화하고 공진 주파수를 조정한다면 국내 UHF 대역 RFID 휴대 리더용 안테나로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] John R. Tuttle, "Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification(RFID) industry", *IEEE Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium*, pp. 5-8, 1997.
- [2] 최익권 외, "UHF 대역의 편파다이버시티 특성을 갖는 안테나 설계 연구에 관한 연구", 한국전자통신연구원, 2004년.
- [3] 박정흠, "2.45 GHz RFID용 원형편파안테나의 설계 및 제작", 한국전자공학회논문지, 42(4), pp. 231-236, 2005년 12월.
- [4] 주재율, 추호성, 박익모, 오이석, "UHF 대역 RFID 리더용 Crooked Wire 안테나 설계", 한국전자공학회논문지, 16(5), pp. 472-481, 2005년 5월.
- [5] J. R. James, P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, Peter Peregrinus Ltd, 1989.
- [6] R. Waterhouse, "Small microstrip patch antenna", *IEE Electronics Lett.*, vol. 31, no. 8, pp. 604-605, 1995.
- [7] Wen-Shyang Chen, Chun-Kun Wu, and Kin-lu Wong, "Compact circularly polarized microstrip antenna with bent slots", *IEE Electronics Lett.*, vol. 34, no. 13, pp. 1278-1279, 1998.
- [8] H. D. Chen, "Compact circularly polarised microstrip antenna with slotted ground plane", *IEE Electronics Lett.*, vol. 38, no. 13, pp. 616-617, 2002.
- [9] K. L. Wong, J. Y. Wu, "Single-feed small circularly polarized square microstrip antenna", *IEE Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 1833-1834, 1997.
- [10] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, pp. 64-69, 1997.
- [11] ANSI-C63.5-1988, American National Standard for Calibration of Antennas

강 민 식



2006년 2월: 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 (공학사)
2008년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학석사)
2008년 2월~현재: 충북대학교 전파공학과 박사과정
[주 관심분야] 안테나, 초고주파 회

로 설계

최 익 권



1974년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학사)
1976년 2월: 서울대학교 자원공학과 (공학석사)
1986년 8월: 미국 오하이오 주립대학교 전자공학과 (공학박사)
1976년 3월~1979년 6월: 육군 3사

관학교 교수부 물리학 교관
1982년 10월~1986년 8월: 미국 오하이오 주립대학교 Elec-
Elector Sicence Laboratory 연구조교
1986년 9월~1987년 8월: 미국 메사추세츠 주립대학교 An-
tenna Laboratory 연구원
1987년 9월~1993년 8월: 한국전자통신연구원 이동통신연
구단 전파공학연구실 실장
1993년 9월~1994년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 조
교수
1994년 3월~현재: 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교
수
[주 관심분야] DBF 배열안테나, 위상배열안테나, 휴대단
말용 소형안테나