

# UHF 대역의 원형 RFID 태그 안테나 설계

## A Circular UHF RFID Tag Antenna Design

김 구조 · 김 신 환 · 정 유 정

Goojo Kim · Sinh Hwan Kim · You Chung Chung

### 요 약

원형 모양 UHF 대역의 수동형 RFID 태그 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 외부 반지름과 내부 반지름의 두 개의 파라미터 변화로 최적화 할 수 있도록 간단하게 제작하였으며, 외부 반지름과 내부 반지름의 변화에 따른 임피던스 변화를 분석하였다. 그리고 실제 제작, 측정하여 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

### Abstract

A circular UHF RFID tag has been designed. This circular tag antenna can be optimized simply by controlling two parameters, outer radius and inner radius of the tag antenna. The resistance and reactance values of the tag antenna have been researched based on the variation of inner and outer radii of the circular tag antenna. The simulation and measurement results are compared.

Key words : RFID Tag Antenna, RFID, Circular RFID Tag

### I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선 통신을 이용하여 사물을 인식하는 기술이다. 세계 2차 대전 후 기본 원리는 개발된 기술로써 완전히 새로운 기술은 아니지만, 최근 자동 인식 기술 분야에서 빠르게 개발되고 있다. RFID 시스템은 리더, 태그(트랜스폰더) 그리고 리더와 연결된 컴퓨터로 구성된다. 태그는 안테나와 RFID IC칩으로 구성되어 있으며, 리더는 전기자기장을 리더용 안테나를 통하여 전송하여 수동형(passive) 태그에 파워를 공급하면서 태그와 데이터를 주고 받는다<sup>[1]</sup>. 태그의 마이크로 칩은 태그 안테나의 급전점에 위치하여 리더의 신호로부터 필요한 모든 에너지를 받게 되는데, 태그는 코딩된 신호를 전자기 역산란(electromagnetic backscattering) 방식으로 UHF 주파수에서 태그의 정보를 리더에게 다시 보낸다. 즉, 태그는 리더로부터 받은 에

너지의 한 부분을 다시 보내게 되는 것이다. 태그의 전원 인가 방식으로는 Schottky 정류 회로를 이용하여 마이크로웨이브 에너지를 직류로 변환한다<sup>[2]~[4]</sup>. 수동형(passive) 태그의 경우 바로 그 정류되어진 직류 전압을 사용하여 동작하게 된다.

본 논문에서는 원형 모양의 UHF 대역의 RFID 태그 안테나를 설계, 제작하였다. 현재 시판되고 있는 여러 종류의 태그 안테나는 거의 대부분 직사각형이나 정사각형 모양을 하고 있다. 사각형 모양의 태그를 박스나 평면 물체에 부착할 경우는 문제가 되지 않으나, 원통 모양과 잘 어울리게 하기 위하여 본 논문에서는 원형 모양의 태그 안테나를 설계, 제작하고 측정, 분석하였다.

본 논문의 II장에서는 태그 안테나 설계 시 고려하여야 할 사항을 정리하였으며, III장에서는 본 논문에서 제안한 원형 태그 안테나의 디자인 방법을, IV장에서는 실제 제작하여 시뮬레이션 결과와 비교

「이 논문은 대구대학교 학술연구비의 지원으로 연구되었음.」

대구대학교 정보통신공학과(Dept. of Information and Communication Engineering, Daegu University)

· 논문 번호 : 20061019-130

· 수정완료일자 : 2007년 3월 12일

하였다. 그리고 V장에서는 결론을 내렸다.

## II. Tag 안테나 제작시 고려하여야 할 사항

- 사용 주파수 대역
- 태그 안테나의 가격
- 태그와 리더의 통신 속도
- 태그 안테나의 모양과 크기
- 태그 칩과의 임피던스 매칭
- 사용되어지는 환경
- 태그의 인식 거리
- 태그 안테나의 측정 가능성

RFID 시스템의 표준으로는 ISO 18000 계열, Class 0, Class 1 Gen 1, Gen 2 등을 사용하고 있으며, ISO-18000-6에 따르면 UHF RFID 주파수 범위는 860~960 MHz로 정의하였다. 그리고 각 나라들은 각자 자기 나라의 RFID 주파수가 할당되어 있는데, 예를 들어 유럽은 865~868 MHz, 미국과 캐나다는 902~928 MHz, 그리고 한국은 908.5~914 MHz이다.

일반적으로 태그 안테나의 재질은 구리, 알루미늄, 그리고 silver ink를 사용하게 된다. 최근 silver ink는 제조 가격을 낮추는데 많은 관심을 모으고 있다. 참고논문 [5]에서 RFID 태그 안테나를 구리로 제조했을 때와 silver ink(DuPont 5029)로 제조했을 때를 일반 dipole 안테나와 meandered dipole 안테나일 때를 서로 비교 분석하였으며, silver ink로 만든 안테나는 구리로 만든 안테나를 대체할 수 있음을 보였다. Silver ink로 제작되는 태그의 경우 도체성 잉크의 두께는 microwave 주파수에서 skin depth, 즉 전류가 흐르는 깊이보다 큰 것이 좋다. 태그 제작시 최소 두께는 아래의 수식을 이용할 수 있다.

$$\delta_s = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{\pi f\mu_0\sigma}} \quad (1)$$

여기서  $\mu$ 는 투자율,  $\sigma$ 는 전도율을 나타낸다. 구리의 경우 910 MHz에서 skin depth의 값은 0.06 oz. (2.18  $\mu$ m)이기 때문에 이보다 더 두껍게 제조하여야 한다.

이동하는 물체에 태그가 부착된 경우, 이동하는 속도에 따라서 인식률에는 영향을 받게 된다. 일반적으로 태그가 부착된 물건이 conveyor 벨트로 이동할 때, 보통의 conveyor 벨트의 최대 속도는 600

ft/min나 10 mph이다<sup>[6]</sup>. 이 경우의 Doppler shift는 915 MHz에서 30 Hz 이하이기 때문에<sup>[6]</sup> RFID 동작에는 별다른 영향을 주지 않는다. 하지만 고속으로 이동하는 태그의 경우, 태그를 인식하기 위해서는 RFID 리더의 리더 전자장 안에서 서로간의 통신 시간은 줄여야 하므로 인식 속도가 빠른 Gen 2 태그의 사용이 권장되어진다.

태그 제조시 크기와 형태는 사용 용도에 맞게 물건에 부착되거나 삽입할 수 있어야 한다. 그렇기 때문에 사용되어지는 제품의 크기와 모양에 맞도록 태그는 디자인되어야 한다. 월마트와 같은 몇몇 회사에서는 태그 크기에 제한을 두었으며, 2x2 inch, 1x2 inch는 월마트에서 정한 태그 크기 규격 중의 하나이다.

RFID IC 칩의 임피던스는 RFID 칩의 기생 커패시턴스에 의해 실수부와 용량성 허수부를 가진다. 따라서 태그 안테나 임피던스는 RFID 칩 임피던스와 공액 정합시켜야 한다. 그리고 현재 상용의 RFID 칩은 각자 다른 임피던스를 가지고 있기 때문에 각 상용 RFID 칩 임피던스에 맞추어서 안테나를 제작하여야 한다. 보통 태그 칩과 태그 안테나의 임피던스 매칭과 태그 칩을 정전기로부터 보호하기 위해서 안테나를 루프 모양이나 T-매칭 방법<sup>[7]</sup>을 많이 사용하며, 또는 유전자 알고리즘과 같은 알고리즘을 이용하여 RFID 칩과 태그 안테나 임피던스 매칭에 최적화하기도 한다<sup>[8]</sup>.

태그는 부착되어지는 곳의 환경(습도, 온도 등), 부착되어지는 물건(종이, 플라스틱, 유리 등)에 따라서 특성이 많이 변하게 된다. 특히 금속에 부착하기 위해서는 높은 유전체를 태그와 금속 물체 사이에 넣거나 태그 안테나의 그라운드를 금속 물체와 접시키기를 사용하여 제작되고 있다<sup>[9]</sup>.

RFID 시스템에서 인식 거리라 함은 리더가 보내는 에너지로 태그가 활성화 될 수 있는 파워를 얻을 수 있는 거리와 태그가 리더로 보내는 신호가 제대로 복조될 수 있는 거리를 말한다. 이론적으로 최대 인식 거리  $r_{max}$ 는 Friis 공식에 의해서 많이 계산되어진다<sup>[10]</sup>.

$$r_{max} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_r G_r G_t \tau}{P_{th}}} \quad (2)$$

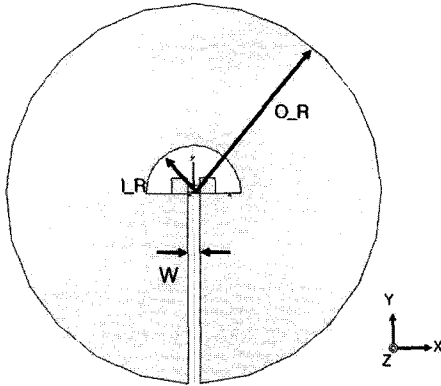
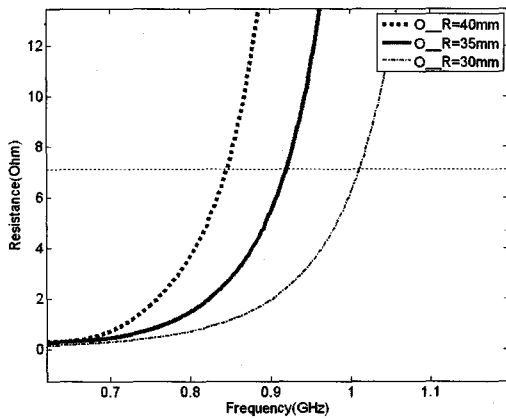


그림 1. 제안한 원형 태그 안테나의 형태  
 Fig. 1. Configuration of the proposed circular tag antenna.

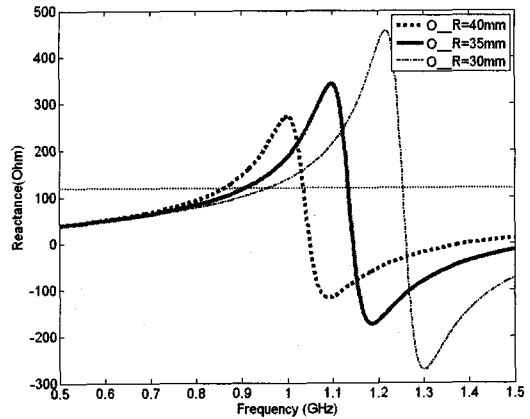
여기서  $\lambda$ 는 파장,  $P_r$ 는 리더에서 전송되어지는 파워,  $G_r$ 은 리더 안테나 이득,  $G_t$ 는 수신하는 태그 안테나의 이득, 그리고  $P_{th}$ 는 RFID 태그 칩이 동작하기 위해 필요한 최소 문턱 전력이다.  $\tau$ 는 파워 전송 계수로써 태그 안테나와 태그 칩 임피던스가 얼마나 잘 정합되었는지 나타내는 값으로 아래와 같이 주어진다.

$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2}, \quad 0 \leq \tau \leq 1 \quad (3)$$

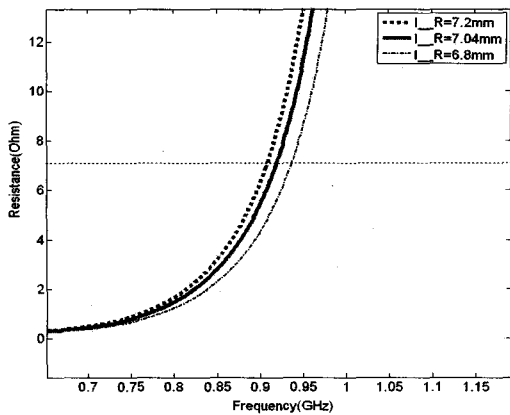
여기서  $Z_c = R_c + jX_c$ 는 칩 임피던스이고  $Z_a = R_a + jX_a$ 는 태그 안테나 임피던스이다. 여기서 리더기의 보내는 파워(EIRP)는 각 국가 또는 지역의 local



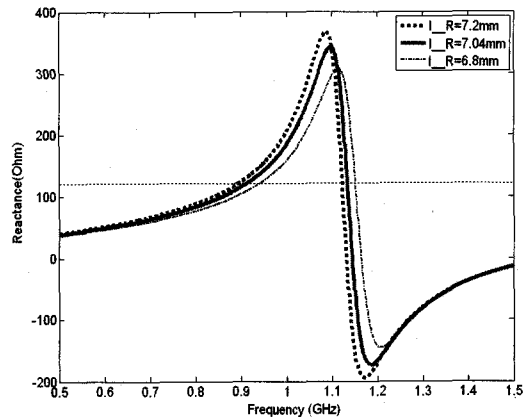
(a) 외부 반지름의 변화에 대한 Resistance 값의 변화  
 (a) The resistance value vs. outer radius(O\_R)



(b) 외부 반지름의 변화에 대한 Reactance 값의 변화  
 (b) The reactance value vs. outer radius(O\_R)



(c) 내부 반지름의 변화에 대한 Resistance 값의 변화  
 (c) The resistance value vs. inner radius(I\_R)



(d) 내부 반지름의 변화에 대한 Reactance 값의 변화  
 (d) The reactance value vs. inner radius(I\_R)

그림 2. 제안한 안테나의 파라미터 변화에 따른 임피던스 변화  
 Fig. 2. The input impedance vs. parameters of the proposed antenna.

regulation에 의해 고정된 값이고 태그 칩의 문턱 전력도 고정된 값이기에 인식 거리를 길게 하기 위해서는 태그 안테나의 이득을 크게 하여야 한다.

### III. 안테나 디자인

ISO 18000-6에 따르면 UHF 대역의 RFID 주파수 범위는 860~960 MHz이다. 따라서 중심 주파수는 910 MHz로 정하여 디자인하였다. RFID 칩은 Alien사의 Gen1 칩을 사용하였으며, 태그 칩의 임피던스는  $7-120j$ 이기에 안테나의 임피던스는 공액 정합시킨  $7+120j$ 로 디자인하였다. 디자인을 위한 시뮬레이션 툴은 Ansoft사의 HFSS 시뮬레이션 툴을 사용하였다. 그림 1은 디자인된 RFID 태그 안테나이며, RFID IC 칩은 안테나의 가운데 부분에 위치하게 된다. 표 1은 910 MHz에 최적화된 각 파라미터 값으로 외부반지름( $O_R$ )은 35 mm, 내부 반지름( $I_R$ )은 7.04 mm이며 두께는 0.035 mm의 값을 가진다.

그림 2는 제안된 안테나의 파라미터 변화에 따른 특성을 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 외

표 1. 제안된 안테나의 파라미터 값

Table 1. Design parameters of the proposed tag antenna.

안테나 구성	$O_R$	$I_R$	$W$	$T$ (두께)
크기(mm)	35	7.04	2	0.035

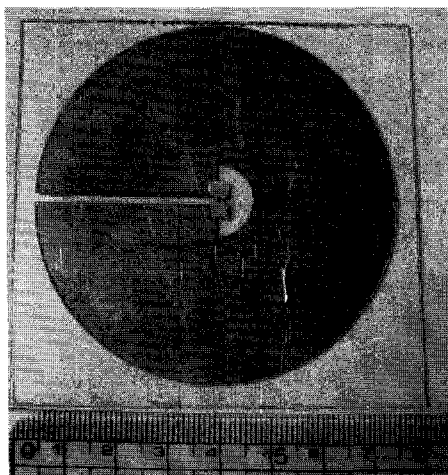
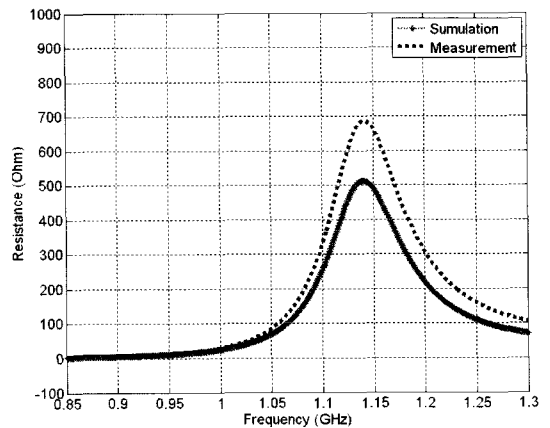


그림 3. 제작된 안테나의 사진  
Fig. 3. The picture of a fabricated antenna.

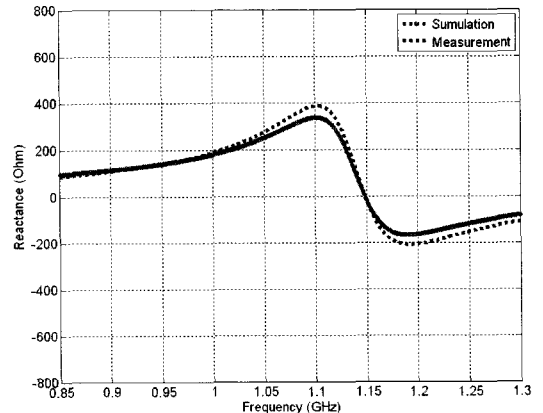
부 반지름( $O_R$ )이 작아짐에 따라 910 MHz에서의 Resistance 값은 작아지며 Reactance 값도 작아지고 있다. 그리고 내부 반지름( $I_R$ )이 작아짐에 따라 910 MHz에서의 Resistance, Reactance 값도 작아는 것을 알 수 있다.

### IV. 제작 및 측정

그림 3은 실제 제작한 RFID 태그 안테나로써, 두께 1 oz.의 구리판으로 제작하였으며, 측정을 위하여 반을 자른 안테나의 한 부분을 급전하고 그 아래에



(a) 제안된 안테나의 입력 저항  
(a) Input resistance of proposed antenna



(b) 제안된 안테나의 입력 리액턴스  
(b) Input reactance of proposed antenna.

그림 4. 제안된 안테나의 입력 임피던스  
Fig. 4. Input impedance of proposed antenna vs. frequency variation.

1×1 m의 그라운드 판을 두어 미러 효과를 이용하여 측정하였다. 그림 4는 시뮬레이션과 측정된 임피던스의 값을 서로 비교한 그림이며, 그림 5는 반사 계수 그림이다. 그림에서 보듯이 시뮬레이션에서는 중심 주파수는 910 MHz, 반사계수는 약 -26 dB, BW는 약 20 MHz이며, 실제 측정 결과는 중심 주파수 915 MHz, 반사계수는 약 -23 dB, BW는 약 15 MHz로 나타났다. 그리고 실제 제작한 안테나의 빔 패턴을 얻기 위해서 그림 6과 같이 제작한 태그를 방향에 따른 인식 거리를 측정하였다. 사용한 리더기는 Ali-

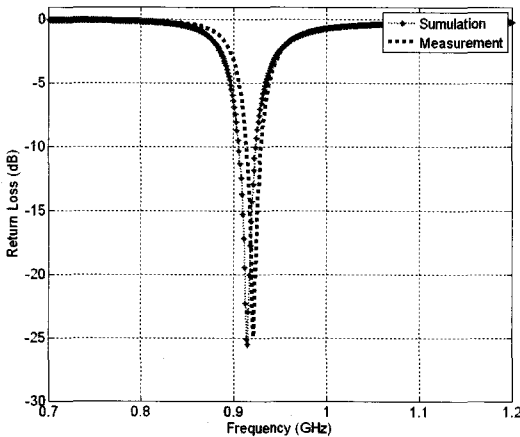


그림 5. 제안된 안테나의 반사계수  
Fig. 5. Return loss of proposed antenna vs. frequency variation.

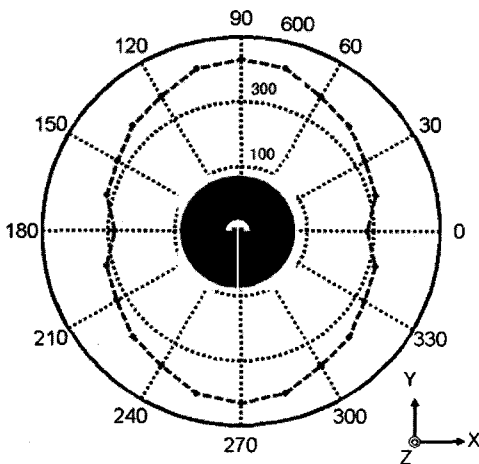


그림 6. 방향에 따른 태그의 인식 거리  
Fig. 6. The reading range of the tag vs. orientation.

ne사의 ALR-9800 모델을 사용하였으며, 이 리더기의 RF 파워는 30 dBm, 4 W EIRP로 설정하였다. 리더용 안테나는 원형 편파에 약 6 dBi의 게인을 가지는 ALR- 9610-BC 모델의 안테나를 사용하였다. 최대 인식 거리는 약 4 m이며, 모든 방향으로 약 2.7 m 이상에서 인식되는 것을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역(860~960 MHz)에서 동작하는 원형 모양의 태그 안테나를 디자인 하였다. 원형 모양의 태그 안테나는 원형 모양의 물체에 부착이 용이한 장점을 가지고 있다. 제안된 안테나는 외부 반지름과 내부 반지름, 두 개의 파라미터를 이용하여 최적화 할 수 있는 간단한 디자인으로써, 외부 반지름과 내부 반지름의 변화에 대한 파라미터 분석을 완료하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, England, 2003.
- [2] B. Strassner, K. Chang, "Integrated antenna system for wireless RFID TAG in monitoring oil drill pipe", *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, vol. 1, pp. 208-211, Jun. 2003.
- [3] B. Strassner, K. Chang, "5.8 GHz Circular polarized rectifying antenna for microwave power transmission", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 1859-1862, May 2001.
- [4] T. Razban et al., "Passive transponder card system - identifying objects through microwave interrogation", *Microwave Journal*, pp. 135-146, Oct. 1987.
- [5] P. V. Nikitin, S. Lam, "Low cost silver ink RFID Tag antennas", *2005 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2B, pp. 353-356, 2005.
- [6] R. Redemske, R. Fletcher, "Design of UHF RFID Emulators with Applications to RFID Testing and Data Transport", *Automatic Identification Advanced Technologies*, pp. 193-198, Oct. 2005.
- [7] Xianming Qing, Ning Yang, "A folded dipole

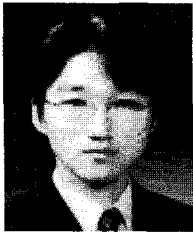
antenna for RFID", *Antennas and Propagation Society Symposium, IEEE*, vol. 1, pp. 97-100, Jun. 2004.

- [8] G. Kim, Y. C. Chung, "Optimization of UHF RFID tag antennas using a genetic algorithm", *IEEE Antenna Propagation Symposium Digest*, Albuquerque, NM., pp. 2087-2091, Jul. 2007.
- [9] W. K. Choi, H. W. Son, et al., "An RFID tag using

a planar inverted-F antenna(PIFA) capable of being stuck to metallic objects", *ETRI Journal*, vol. 28, no. 2, pp. 216-218, Apr. 2006.

- [10] P. V. Nikitin, K. V. S Rao, "Power reflection coefficient analysis for complex impedances in RFID tag design", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 53, pp. 2721- 2725, Sep. 2005.

### 김 구 조



2002년 2월: 대구대학교 전자공학과 (공학사)  
 2002년 10월: (주)GT Telecom 연구원  
 2005년 2월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 석사과정

[주 관심분야] 안테나 설계, RFID, RF 회로 설계, Embedded 회로설계

### 정 유 정



1990년 2월: 인하대학교 전기공학과 (공학사)  
 1994년 12월: University of Nevada 전기전자공학과 (공학석사)  
 1999년 12월: University of Nevada 전기전자공학과 (공학박사)  
 2000년 1월: Utah State University,

연구조교수

2003년 5월: University of Utah, 연구조교수

2004년: IEEE Senior Member

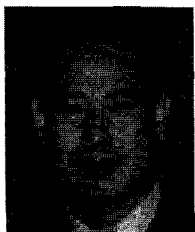
2006년: Associate Editor of International Journal of Antenna Propagation(IJAP)

2006년: Guest Editor of RFID special issue of IJAP

2004년 9월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 교수

[주 관심분야] RFID, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화

### 김 신 환



1975년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)

1983년 2월: 전북대학교 전기공학과 (공학석사)

1888년 3월: University of Tokyo 전자공학과 (공학박사)

1983년 3월~현재: 대구대학교 정

보통신공학부 교수

[주 관심분야] 영상신호처리, 영상통신, 무선통신