

# 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 배열안테나 설계

박기동\*

## Design of Modified H-slot Aperture-coupled Circular Polarization Microstrip Array Antenna

Ki-dong Park\*

요약

본 논문에서는 개구결합 원형편파 마이크로스트립 배열안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 2.4GHz ISM 대역용이고 개구모양은 변형된 H형 슬롯을 사용하였다. 전자파 해석 툴인 HFSS를 반복적으로 사용하여 최적의 안테나 설계 파라미터 값을 찾았다. 배열안테나의 반사손실, 축비, 방사패턴 및 이득을 단일안테나와 비교하였다. 제안한 배열안테나가 2.4GHz ISM 대역 등 여러 분야에서 충분히 사용될 수 있음을 확인하였다.

**Key Words** : ISM band, modified H-slot, circular polarization, microstrip array antenna

### ABSTRACT

Aperture-coupled circular polarization microstrip array antenna is proposed in this paper. The proposed antenna is useful for 2.4GHz ISM band and its aperture shape is a modified H-slot. The optimal design parameters for the antenna structure is found by using electromagnetic analysis tool HFSS repeatedly. The HFSS simulation results, such as return loss, axial ratio, radiation pattern and gain of the proposed array antenna are compared with results of the single antenna. It is able to verify that the proposed array antenna is valuable enough to be used in various applications as well as 2.4GHz ISM band.

### I. 서론

최근 스마트 센서의 대중화, 스마트기기의 보급 확산, 무선통신망의 확대 등의 통신기술 및 환경의 변화로 고속, 대용량 정보 전송에 대한 필요성이 커지고 있는 상황이다. 특히, 사물통신(M2M : Machine to Machine)이 본격적으로 활용될 전망이며, 사물인터넷(IoT : Internet of Things) 및 USN 시장이 본격적으로 함께 성장할 것으로 예상된다. 사물인터넷을 구현하는 통신 근거리무선통신기술(NFC : Near Field

Communication)을 빼놓을 수 없다. 다양한 근거리무선통신기술이 나오긴 했지만 가장 오래되고 널리 사용되고 있는 기술은 블루투스(Bluetooth)이다. 블루투스는 2.4GHz 주파수 대역을 사용하여 근거리내에서 휴대폰, 휴대장치, 네트워크 AP 및 기타 주변 장치 간 무선으로 자유로운 데이터 교환이 가능한 기술이다.

이와 같이 ISM 대역으로 일컬어지는 2.4GHz 대역(2.4~2.483GHz)을 이용한 무선 네트워크 기반 기술이 광범위하게 사용되어져 왔다. 현재 2.4GHz 대역을 이용하는 무선통신 기술은 블루투스 외에도 무선 랜

\* First Author : Dongkang College Department of Electric & Information Communication, keedong0@nate.com, 정희원  
논문번호 : KICS2015-05-142, Received May 6, 2015; Revised July 2, 2015; Accepted July 2, 2015

(Wireless LAN), 지능형 교통 시스템의 서브시스템 분야인 주차관리 시스템, 자동요금징수 시스템 등에 적용되고 있다. 따라서 2.4GHz ISM 대역을 이용한 무선통신망이 차세대 정보통신망의 근간을 이룰 것은 확실시 되고 있다. 이 같은 상황 속에서 무선통신망의 구축을 위해 가장 기본적이고 핵심적인 요소 중 하나는 바로 신호를 송수신 할 수 있는 고성능 안테나의 개발일 것이다.

본 논문에서는 2.4GHz ISM 대역에서 사용할 수 있는 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 배열안테나를 제안하였다. 전자과 해석 툴인 HFSS를 이용하여 배열안테나를 설계하였다. 설계한 배열안테나에 대한 반사손실(return loss), 축비(axial ratio) 및 방사패턴(radiation pattern) 등의 해석 결과를 단일 안테나의 해석 결과와 비교하였다.

## II. 안테나 구조

마이크로스트립 안테나의 방사 손실을 줄이기 위한 급전 방식으로 개구결합 급전이 제안되어졌고 원형편파를 발생시키기 위해 접지면의 슬롯은 주로 직교 십자형 슬롯(Orthogonal cross-slots)<sup>[1-3]</sup>, 경사 비선형 결합 슬롯(Inclined nonlinear coupling slot)<sup>[4]</sup>, 링 슬롯<sup>[5]</sup>, 바람개비형 슬롯<sup>[6]</sup>, H형 슬롯<sup>[7]</sup>, 변형된 H형 슬롯<sup>[8]</sup> 등이 사용되었다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 접지면의 개구로 알파벳 H 모양을 변형한 슬롯을 사용하여 원형편파 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 변형된 H형 슬롯에서  $SL_1+2SL_3+2SL_4$  길이는 직교 십자형 슬롯의 장축에 해당되고  $SL_1+2SL_2$  길이는 직교 십자형 슬롯의 단축에 해당된다. 즉, 변형된 H형 슬롯은 직교 십자형 슬롯과 같이 충분히 원형편파를 만들 수 있는 슬롯으로 사용할 수 있다.

그림 1은 변형된 H형 슬롯을 사용한 개구결합 원형편파 마이크로스트립 단일 안테나의 구조를 나타낸다. 기판 재질은  $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r2} = 4.4$ ,  $\tan\delta = 0.002$  인 FR4 에폭시이고  $H1=0.8\text{mm}$ ,  $H2=1.6\text{mm}$ 의 두께의 기판을 사용하였다.

설계중심주파수를 2.43GHz로 설정하고, 방사소자는 정사각형으로 길이  $L=27\text{mm}$ , 급전선로는 폭  $Wf=1.5\text{mm}$ 로 임피던스가 50Ω이 되도록 하였다. 슬롯 폭  $Sw=1.0\text{mm}$ , 급전선로의 스텔브 길이  $Ls=15.2\text{mm}$ 로 설정하였다.

단일 안테나의 변형된 H형 슬롯에 대한 설계 파라미터는  $SL_1=3.4\text{mm}$ ,  $SL_2=4.6\text{mm}$ ,  $SL_3=2.9\text{mm}$ ,  $SL_4=4.1\text{mm}$

를 사용하였다<sup>[8]</sup>.

그림 2는 그림 1의 단일 안테나를 2×2로 배열한 안테나의 구조이다. 이 배열안테나의 급전망구조는 이중 주파수 마이크로스트립 배열안테나를 위해 제시된 것이다<sup>[9]</sup>. 대부분 직선편파 배열안테나에 사용되는 급전

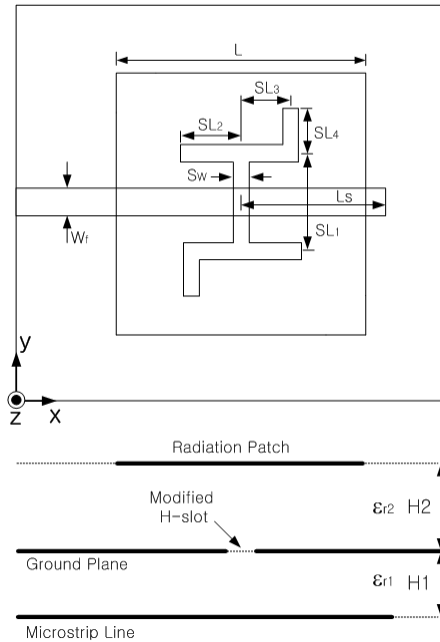


그림 1. 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 단일 안테나  
Fig. 1. Modified H-slot aperture-coupled circular polarization microstrip single antenna.

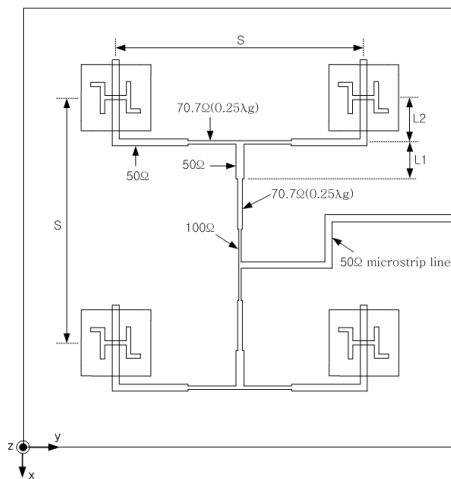


그림 2. 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 2×2 배열 안테나  
Fig. 2. Modified H-slot aperture-coupled circular polarization microstrip 2×2 array antenna.

망 구조를 원형편파 배열안테나에 적용할 경우 반사손실 S11의 중심주파수와 축비의 중심주파수가 편차를 보이며 일치하지 않게 되는데, 두 중심주파수에서 동시에 좋은 임피던스 정합을 얻기 어렵기 때문인 것으로 보인다.

따라서 본 논문에서는 제안한 원형편파 배열안테나의 S11 중심주파수와 축비 중심주파수 사이의 편차를 줄이기 위해 이중주파수 급전망 구조를 적용하였다.

### III. 해석 결과 검토

먼저 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하여, 단일안테나의 설계 파라미터를 그대로 적용하고 L1, L2, S 값을 변화시켜 기본형 배열안테나(prototype array antenna)를 설계하고 그 배열안테나에 대한 반사손실, 축비의 해석 결과를 단일 안테나의 해석 결과와 비교·분석하였다. 그런 다음 기본형 배열안테나의 설계 파라미터를 약간 조정함으로써 2.4GHz ISM 대역에서 사용할 수 있는 최적 배열안테나(optimal array antenna)를 설계하였다.

반복적인 시뮬레이션 과정을 통해 기본형 배열안테나에 대한 L1=10.3mm, L2=15mm, S=73.5mm의 설계파라미터 값을 얻었다.

그림 3은 단일안테나와 기본형 배열안테나의 반사손실 S11을 비교하여 도시한 것이다. -10dB 대역폭은 단일안테나의 경우 135MHz(2.36-2.495GHz), 기본형 배열안테나의 경우 195MHz(2.165-2.36GHz)로 나타났다. -10dB 대역폭의 중간 주파수를 중심주파수로 정의할 때, 기본형 배열안테나의 중심주파수가 단일안테나의

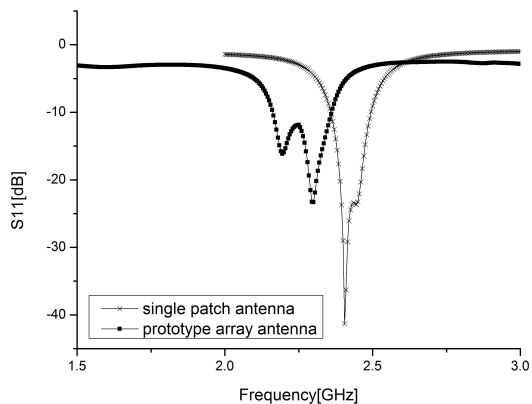


그림 3. 단일안테나와 기본형 배열안테나의 반사손실 S11 비교  
Fig. 3. Comparison prototype array antenna's return loss S11 with single antenna's one.

중심주파수보다 165MHz 더 낮아짐을 확인할 수 있다.

그림 4는 단일안테나와 기본형 배열안테나의 축비를 비교하여 도시한 것이다. 3dB 축비 대역폭은 단일안테나의 경우 30MHz(2.415-2.445GHz), 기본형 배열안테나의 경우 25MHz(2.335-2.36GHz)로 나타났고 축비의 최저값은 단일안테나의 경우 0.57dB(2.43GHz), 기본형 배열안테나의 경우 0.73dB(2.345GHz)로 나타났다. 축비의 중심주파수가 반사손실 S11의 -10dB 대역폭에서와 같이 단일안테나 보다 85MHz 더 낮아짐을 확인할 수 있다. 이는 기본형 배열안테나의 입력임피던스 정합이 단일안테나에 비해 더 낮은 주파수에서 이루어지는 것을 보여준다.

단일안테나의 급전은 단순히 50Ω 마이크로스트립 선로에 의해서만 이루어지는 반면, 배열안테나의 급전은 다수의 70.7Ω λ/4변환기, 50Ω 및 100Ω 마이크로스트립 선로로 구성된 이중주파수 급전망구조에 의해 이루어지게 된다. 이 같은 급전망구조의 복잡성에 의해 기본형 배열안테나의 입력임피던스가 설계중심주파수인 2.43GHz에서 50Ω 마이크로스트립 선로와 정합되지 못하고 더 낮은 주파수에서 정합이 이루어졌기 때문에 기본형 배열안테나의 반사손실 S11과 축비의 중심주파수가 단일안테나에 비해 더 낮은 주파수에서 결정된 것으로 볼 수 있다.

그림 2의 급전망 구조를 살펴보면 급전망 전체를 들여다 본 입력임피던스는 50Ω으로 설계되지만 급전망의 T점접부에서 바라본 각각의 단일안테나에 대한 입력임피던스는 100Ω에서 정합이 이루어도록 설계되므로, 단일안테나에 사용한 최적의 설계파라미터가 동일하게 배열안테나에 적용되지 못하고 약간의 조정이 필요하게 된다. 또한 안테나 전체를 들여다 본 임피던스

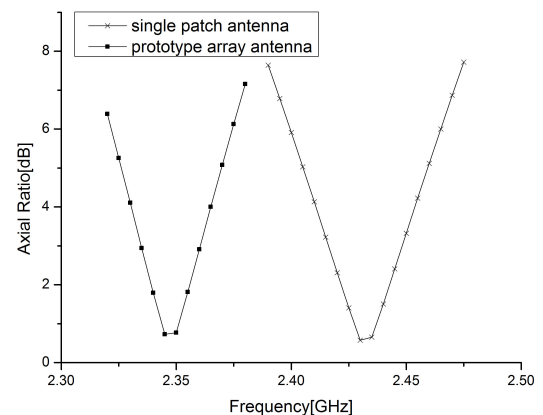


그림 4. 단일안테나와 기본형 배열안테나의 축비 비교  
Fig. 4. Comparison prototype array antenna's axial ratio with single antenna's one.

는 급전망 구조의 L1, L2, S 값에 따라 변할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 기본형 배열안테나의 설계파라미터를 조정하여 설계중심주파수 2.43GHz에서 동작하는 최적 배열안테나를 설계하였고, 그 안테나의 설계파라미터를 표 1에 제시하였다. 나머지 설계파라미터는 단일안테나의 값을 그대로 사용하였다.

그림 5와 6은 최적 배열안테나의 반사손실 S11과

표 1. 최적 배열안테나의 설계 파라미터(단위 : mm)  
Table 1. Design parameters for the optimal array antenna.(unit : mm).

Parameter	Value	Parameter	Value
SL <sub>1</sub>	3.4	SL <sub>2</sub>	4.5
SL <sub>3</sub>	2.9	SL <sub>4</sub>	4.2
L	26	L <sub>1</sub>	9.8
L <sub>2</sub>	15	S	73.1

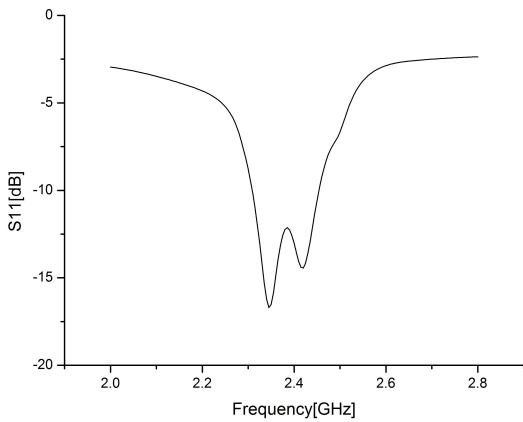


그림 5. 최적 배열안테나의 반사손실 S11  
Fig. 5. Prototype array antenna's return loss S11.

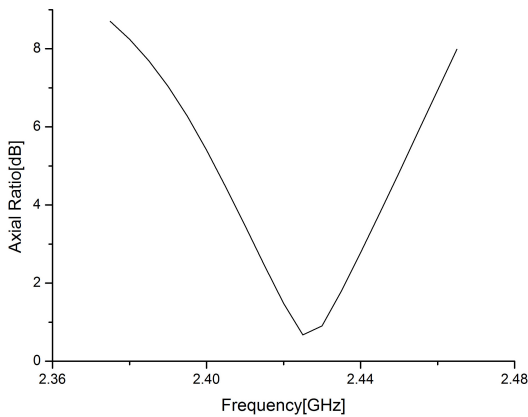
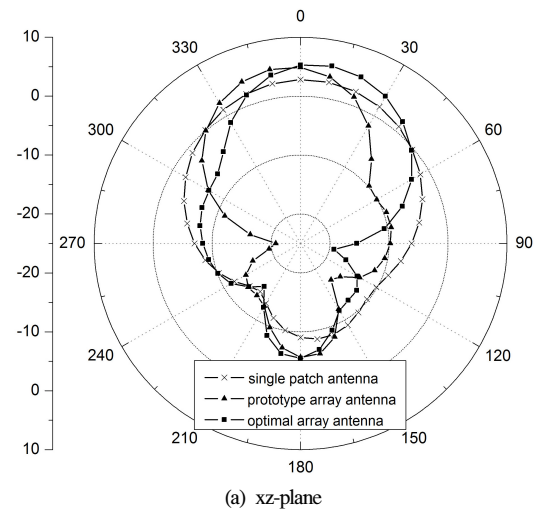


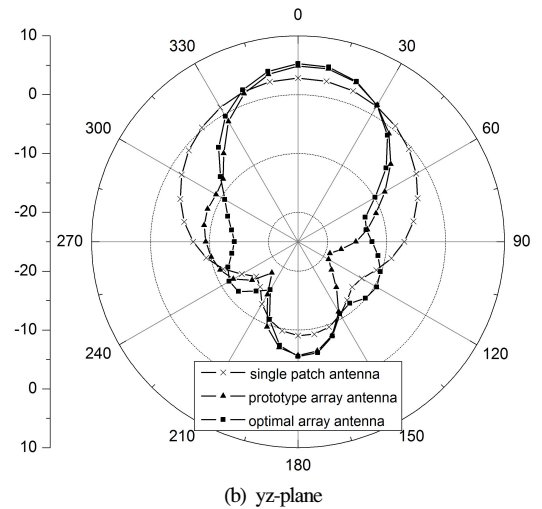
그림 6. 최적 배열안테나의 축비  
Fig. 6. Prototype array antenna's axial ratio.

축비를 도시한 것이다. -10dB 대역폭은 145MHz (2.31-2.455GHz), 3dB 축비 대역폭은 29MHz(2.412-2.441 GHz)로 나타났고 축비의 최저값은 0.9dB(2.43GHz)로 나타났다.

그림 7은 최저 축비값을 갖는 주파수에서의 단일안테나와 배열안테나들의 방사패턴을 비교한 것이다. -3dB 빔폭은 단일안테나의 경우 xz-plane( $\phi=0^\circ$ ) 및 yz-plane( $\phi=90^\circ$ ) 모두에서  $92^\circ$  정도, 기본형 배열안테나의 경우 xz-plane( $\phi=0^\circ$ )에서  $51^\circ$ , yz-plane( $\phi=90^\circ$ )에서  $49^\circ$ , 최적 배열안테나의 경우 xz-plane( $\phi=0^\circ$ )에서  $55^\circ$ , yz-plane( $\phi=90^\circ$ )에서  $49^\circ$ 로 나타났다.



(a) xz-plane



(b) yz-plane

그림 7. 최저 축비값을 갖는 주파수에서 방사패턴(단일안테나 : 2.43GHz, 기본형 배열안테나 : 2.35GHz, 최적 배열안테나 : 2.43GHz)  
Fig. 7. Radiation patterns for frequency of minimum axial ratio(single : 2.43GHz, prototype array : 2.35GHz, optimal array : 2.43GHz).

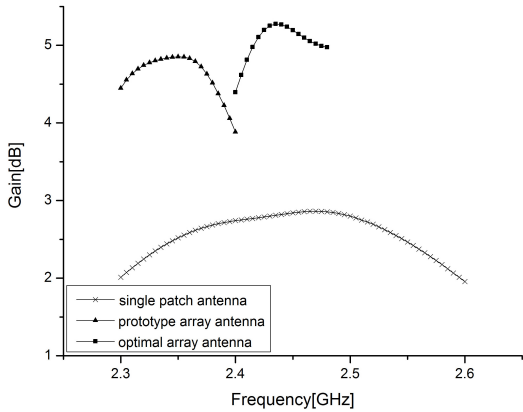


그림 8. 단일안테나와 배열안테나들의 이득 비교  
 Fig. 8. Comparison array antennas' gain with single antenna's one.

그림 8은 단일안테나와 배열안테나들의 이득을 비교하여 도시한 것이다. 최대 이득은 단일안테나의 경우 2.86dB(2.47GHz), 기본형 배열안테나의 경우 4.85dB(2.35GHz), 최적 배열안테나의 경우 5.25dB(2.435GHz)로 나타났다. 그림 7과 8은 단일안테나를 배열하여 사용할 경우 빔폭은 좁아지고 이득은 증가하는 배열안테나의 전형적인 특징을 보여준다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 2.4GHz ISM 대역에서 사용가능한 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편과 마이크로스트립 배열안테나를 제안하였다.

먼저 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하여 반복적인 해석 과정을 거쳐, 기본형 배열안테나(prototype array antenna)를 설계하고 그 배열안테나에 대한 산란손실, 축비의 해석 결과를 단일 안테나의 해석 결과와 비교·분석하였다. 그런 다음 기본형 배열안테나의 설계 파라미터를 약간 조정함으로써 2.4GHz ISM 대역에서 사용할 수 있는 최적 배열안테나(optimal array antenna)를 설계하였다.

배열안테나의 급전방식으로는 이중주파수 마이크로스트립 배열안테나를 위해 이미 제시되었던 급전망 구조를 사용하였다.

설계한 배열안테나에 대한 해석 결과의 타당성 및 실효성을 검증하기 위해 단일안테나의 해석 결과와 비교하였다. 기본형 배열안테나의 반사손실 S11과 축비 대역폭이 단일안테나에 비해 더 낮게 나타났지만 최적 배열안테나의 반사손실 S11과 축비 대역폭은 단일안테나와 거의 일치하게 나타났다. 방사패턴과 이득

은 배열안테나의 전형적인 특징을 나타내었다.

따라서 본 논문에서 제안한 배열안테나는 설계주파수에서 입력입피던스의 정합이 이루어지도록 급전망을 구성하는 선로와 방사소자의 크기에 대한 조정을 통해 충분히 유용하게 2.4GHz ISM 대역용 원형편과 배열안테나로서 사용될 수 있음을 확인하였다.

향후 과제는 설계한 최적 배열안테나를 제작하여 반사손실, 축비 및 방사패턴 등을 측정함으로써 안테나의 실용성을 확인하고 제안한 배열안테나의 다양한 설계파라미터를 고찰 및 분석하여 등가회로 모델링을 구현하는 것이다.

#### References

- [1] C. Y. Huang, J. Y. Wu, and K. L. Wong, "Cross-slot-coupled microstrip antenna and dielectric resonator antenna for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 47, no. 4, pp. 605-609, Apr. 1999.
- [2] T. Vlasits, et al., "Performance of a cross aperture coupled single feed circularly polarized patch antenna," *Electronic Lett.*, vol. 32, no. 7, pp. 612-613, Mar. 1996.
- [3] D. M. Pozar and S. M. Duffy, "A dual-band circularly polarized aperture-coupled stacked microstrip antenna for global positioning satellite," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 45, no. 11, pp. 1618-1625, Nov. 1997.
- [4] C. Y. Huang, J. Y. Wu, and K. L. Wong, "Slot-coupled microstrip antenna for broadband circular polarization," *Electronic Lett.*, vol. 34, no. 9, pp. 835-836, Apr. 1998.
- [5] J.-S. Row, "Design of aperture-coupled annular-ring microstrip antennas for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 5, pp. 1779-1784, May 2005.
- [6] K. Park, "The Pinwheel-slot-coupled Microstrip Antenna for Circular Polarization," *J. KICS*, vol. 35, no. 10, pp. 220-224, Oct. 2010.
- [7] K. Park, "A Circularly Polarized H-Shape Slot-coupled Microstrip Antenna," *J. KICS*, vol. 36, no. 4, pp. 52-56, Apr. 2011.
- [8] K. Park, "Modified H-slot Aperture-coupled Circular Polarization Microstrip Antennas for 2.4GHz ISM band," *J. KICS*, vol. 37, no. 3,

pp. 109-114, Jun. 2012.

- [9] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip antennas*, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

**박기동 (Ki-dong Park)**



1995년 2월 : 전남대학교 전자  
공학과 석사

2000년 8월 : 전남대학교 전자  
공학과 박사

1997년 3월~현재 : 동강대학교  
전기정보통신과 부교수

<관심분야> 전자파 수치해석,  
안테나 설계