

## 코플래너 도파관으로 급전되는 소형 2-소자 준-야기 안테나 설계

백운석\*

### Design of a compact coplanar waveguide-fed 2-element quasi-Yagi antenna

Woon-Seok Baek\*

Department of Computer and Communication Military Science, Dongyang University, Yeongju 36040, Korea

#### 요 약

본 논문에서는 코플래너 도파관으로 급전되는 소형 2-소자 준-야기 안테나 설계 방법에 대해 연구하였다. 평면 다이폴을 급전하기 위한 코플래너 스트립과 코플래너 도파관 간의 밸런은 코플래너 도파관의 한 쪽 접지 스트립을 신호선과 연결시켜서 구성하였다. 스트립 다이폴과 반사기를 구부리고 밸런을 안테나에 내장하여 소형화하였다. 제안된 구조를 UHF RFID 대역(902–928 MHz)에 적합하도록 설계하였으며, 여러 가지 파라미터들(다이폴 길이, 반사기 길이, 다이폴과 반사기 사이의 거리, 급전 위치 등)에 의한 영향을 점검하였다. FR4 기판 상에 90 mm × 80 mm 크기의 안테나를 제작하고 특성을 실험한 결과 전압 정재파비가 2이하인 주파수 대역은 885–942 MHz, RFID용 주파수 대역 내 이득은 4.3 dBi 이상, 전후방비 7 dB 이상인 특성을 관찰할 수 있었다.

#### ABSTRACT

In this paper, a design method for a coplanar waveguide (CPW)-fed 2-element quasi-Yagi antenna (QYA) is studied. A balun between CPW and coplanar strip (CPS) which feeds a planar dipole is implemented by connecting the one end of ground strips in a CPW to a signal strip. The antenna size is reduced by bent strip dipole and reflector, and an integrated balun. The proposed antenna was designed for the operation in a UHF radio frequency identification (RFID) band of 902–928 MHz, and the effects of various parameters such as dipole length, reflector length, distance between dipole and reflector, feed position were examined. The antenna with a size of 90 mm × 80 mm was fabricated on an FR4 substrate, and the experiment results reveal a frequency band of 885–942 MHz for a voltage standing wave ratio < 2, a gain > 4.3 dBi, and a front-to-back ratio > 7 dB over the frequency band for the UHF RFID.

**키워드** : 준-야기 안테나, RFID 안테나, 코플래너 도파관 급전, 소형안테나, UHF 안테나

**Key word** : quasi-Yagi antenna, RFID antenna, CPW-fed, compact antenna, UHF antenna

Received 24 October 2016, Revised 25 October 2016, Accepted 26 October 2016

\* Corresponding Author Woon-Seok Baek(E-mail:wsbaek@dyu.ac.kr, Tel:+82-54-630-1121)

Department of Computer and Communication Military Science, Dongyang University, Yeongju 36040, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2016.20.12.2199>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

최근 첨단 정보화 시대의 급속한 기술 발전과 더불어 대부분의 생활용 전자기기들은 휴대화, 무선화, 다기능화 되어 가고 있고, 그에 따라 단말기에 장착되는 안테나들도 소형화, 광대역화, 다중 대역화 되고 있다. 이러한 요구 조건을 만족하는 안테나들을 다양한 기법들을 이용하여 설계할 수 있고 빠른 속도로 대량생산할 수 있는 안테나로서 대표적인 것은 PCB 상에 인쇄 혹은 에칭 기법으로 제작 가능한 평면 안테나이다[1, 2].

대표적인 평면 안테나로는 전통적인 선형 안테나(wire antenna)인 모노폴 안테나와 다이폴 안테나를 PCB 상에 구현하는 평면 모노폴과 평면 다이폴이 있다. 평면 모노폴은 모노폴과 동일한 방향의 수직편파를 발생하고 수평면 상에서는 무지향성에 가까운 복사패턴을 보인다. 또한 다양한 변형을 통해 광대역, 다중대역, 대역차단 등의 특성을 구현할 수 있고 비교적 소형이어서 휴대 단말기용으로 가장 많이 사용되고 있다[1, 2]. 모노폴의 급전선로로는 불평형 선로(unbalanced line)인 동축케이블, 마이크로스트립(MS; microstrip) 및 코플래너 도파관(CPW; coplanar waveguide)이 주로 사용된다.

평면 다이폴은 평형 선로(balanced line)인 코플래너 스트립(CPS; coplanar strip), 평행 스트립(PS; parallel strip), 슬롯 선로(slot line) 등으로 급전되며, 불평형 선로로 급전할 경우 밸런(balun)을 삽입하여야 한다. 불평형 선로로 직접 급전시 임피던스 정합은 시킬 수 있으나 다이폴의 비대칭적인 전류 분포에 의해 비대칭적인 복사패턴이 만들어지는 것이 문제점이다.

평면 다이폴로부터 적절한 거리를 두고 기생소자인 도파기와 반사기를 두면 지향성이 개선된 안테나를 구성할 수 있으며, 준-야기 안테나(QYA; quasi-Yagi antenna)라고 한다[3-5]. QYA는 적절한 대역 폭과 이득, 전후방비 등의 양호한 특성을 갖고 있고, 배열 안테나를 구성하기에 용이하여 레이더, RF 트랜시버(transceiver) 등에 응용되고 있다. 평면 안테나를 급전하는 평형 선로와 불평형 선로 간 밸런에 대한 연구는 MS 선로와 CPS 선로 간 밸런[3, 4], CPW와 CPS 간 밸런[5] 등이 있으나 밸런을 위한 별도의 공간이 필요하다는 단점이 있다. CPS에 밸런을 구성하는 내장형 밸런[6, 7]은 별도의 공간을 필요로 하지 않아서 소형화에

유리한 장점을 갖는다.

본 논문에서는 CPW로 급전되는 2-소자 QYA의 설계방법에 대해 연구하였다. CPW 종단에 평면 다이폴이 연결되고, 다이폴로부터 적절한 거리에 접지면에 연결된 스트립 반사기가 부가되어 배열 축 방향으로 지향성이 개선되는 구조이다[7]. 다이폴을 급전하는 CPS와 CPW 간 밸런은 급전점에서 CPW의 신호선과 한 쪽 접지를 단락시키고 나머지 접지와는 개방시킨 것이며, 급전점으로부터 전방으로는 CPS 선로와 다이폴이 연결된다[8]. 급전점으로부터 후방으로는 적절한 거리에 양측 접지면들을 서로 연결하여 단락시키는 구조이다. 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기를 구부리고 밸런을 내장하였으며, 여러 가지 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향을 점검하였다.

국내를 포함한 북미 UHF RFID (Radio Frequency IDentification; 무선인식)용 주파수 대역(902-928 MHz) 동작에 적합하도록 파라미터들을 조정하여 설계하였으며, 안테나의 크기는 90 mm(길이) × 90 mm(폭) 이내로 제한하고, 안테나는 배열 축 방향으로의 이득이 4 dBi 이상, 전후방비가 6 dB 이상이 되도록 설계하였다. 안테나를 제작하고 반사계수, 복사패턴, 이득 등의 특성 실험 결과와 시간영역 기반의 해석 툴을 이용한 시뮬레이션 결과를 비교하여 연구결과의 타당성을 확인하였다.

## II. 본 론

### 2.1. 안테나 구조

그림 1은 제안된 2-소자 준-야기 안테나 구조이다. 두께  $t=0.8$  mm의 FR4 기판(비유전율 = 4.4, 손실 탄젠트 = 0.025)의 한 면에 안테나 형상이 금속 패턴으로 구현되어 설계 및 제작이 용이하고 공정과 비용이 절감되는 장점을 지닌다. 기판의 폭  $W_0$ , 기판의 길이  $L_0$ , 다이폴의 폭  $w_d$ , 반사기의 폭  $w_r$ , 다이폴과 반사기 사이의 거리  $d_0$ , 반사기로부터 급전점까지 거리  $d_f$ , 다이폴과 반사기의 구부러진 부분 길이는 각각  $A_d$ 와  $A_r$ , CPW의 신호선 폭  $w_1$ , 접지선 폭  $w_2$ , 간격  $s$  등이다. 안테나는 SMA 커넥터를 통해 50 옴 동축 케이블과 연결되고, SMA 커넥터는 두 개의 스트립 접지선들을 납땜을 통

해서 서로 연결(단락)시킨다[8]. 밸런은 급전 CPW에 내장되어 있고 별도의 공간을 필요로 하지 않아서 소형화에 유리한 구조이다.

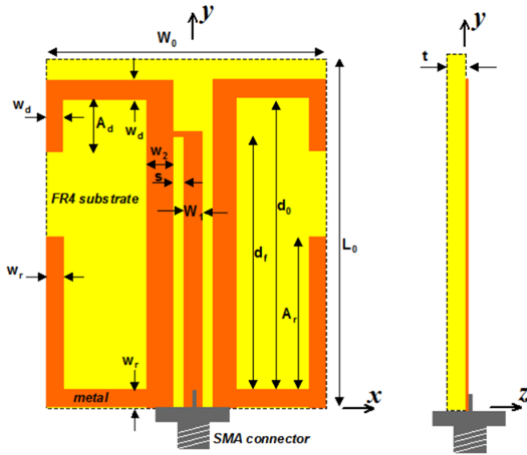


Fig. 1 Geometry of proposed 2-element quasi-Yagi antenna

### 2.2. 안테나 설계

CPW의 치수( $w_1$ ,  $w_2$ ,  $s$ )는 특성 임피던스가 50 옴에 근접하도록 결정하였다. 시뮬레이션을 통해 얻은 여러 가지 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향은 다음과 같이 정리된다.

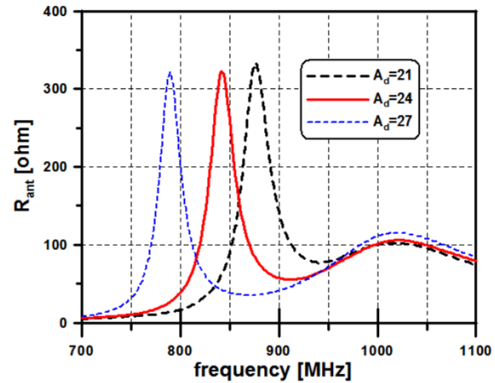
- 다이폴과 반사기의 구부러진 부분의 길이  $A_d$ 와  $A_r$ 은 안테나의 임피던스와 공진 주파수에 영향을 미친다.
- 다이폴과 반사기의 거리  $d_0$ 는 안테나의 임피던스, 지향성, 전후방비 등에 영향을 미친다.
- 급전점  $d_f$ 는 다른 파라미터들에 비해 미치는 영향이 크지 않다.

제안된 안테나 구조가 UHF RFID용 주파수 대역(902–928 MHz)에서 휴대용 리더기 안테나로 동작하도록 파라미터 값들을 조절하였으며, 표 1에 제시된 바와 같다. 표 1에 제시된 치수를 갖는 안테나의 특성을 살펴보기 위해 여러 가지 파라미터들에 대한 안테나의 특성(입력 임피던스 혹은 반사계수, 이득, 전후방비 등) 변화를 점검해 본다.

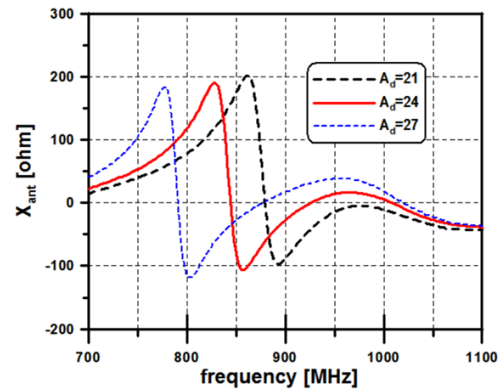
그림 2는 다이폴의 구부러진 부분  $A_d$ 에 의한 영향을 나타내는 것으로 나머지 파라미터들은 표 1에서와 동일하며, 예상대로  $A_d$ 가 증가되면 공진 주파수는 낮아지는 것은 볼 수 있다.

Table. 1 Parameters of antenna designed for UHF RFID reader

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
$L_0$	80	$W_0$	90
$w_d$	8	$w_r$	10
$A_d$	24	$A_r$	25
$d_0$	55	$d_f$	45
$w_1$	2	$w_2$	5
$s$	0.3	$t$	0.8



(a)



(b)

Fig. 2 Effects of bent dipole length on antenna impedance

그림 3은 반사기의 구부러진 부분  $A_r$ 에 의한 영향을 나타내는 것이며,  $A_r$ 에 의해 공진 주파수 뿐만 아니라 임피던스의 크기도 변화되는 것을 볼 수 있다.

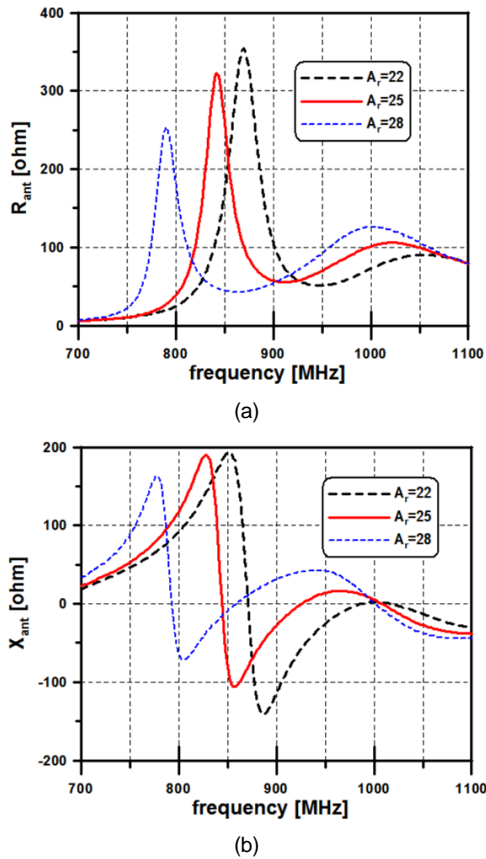


Fig. 3 Effects of bent reflector length on antenna impedance

그림 4는 반사기와 다이폴 간의 거리  $d_0$ 에 의한 영향을 나타내며, 안테나의 임피던스 뿐만 아니라 이득과 전후방비에 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 그림 4에서 급전점은  $d_f=45$ 로 고정된 상태에서 거리  $d_0$ 만 변화된 것이다.

그 외 다른 파라미터들은 고정된 상태에서 급전점  $d_f$ 에 의한 영향을 분석한 결과 앞에서 제시된 다른 파라미터들에 비해 영향이 적은 것을 관찰할 수 있었다. 그림 4에서  $d_0=55$ 인 경우 표 1에서 제시된 파라미터들과 동일하며, 전압정재파비(VSWR; voltage standing wave ratio)가 2 이하인 주파수 대역은 893-998 MHz로

UHF RFID용 주파수 대역(902-928 MHz)을 포함하고, 대략 이득이 4 dBi 이상, 전후방비 7 dB 이상인 양호한 특성을 보이므로 RFID용으로 적합한 것이라 볼 수 있다.

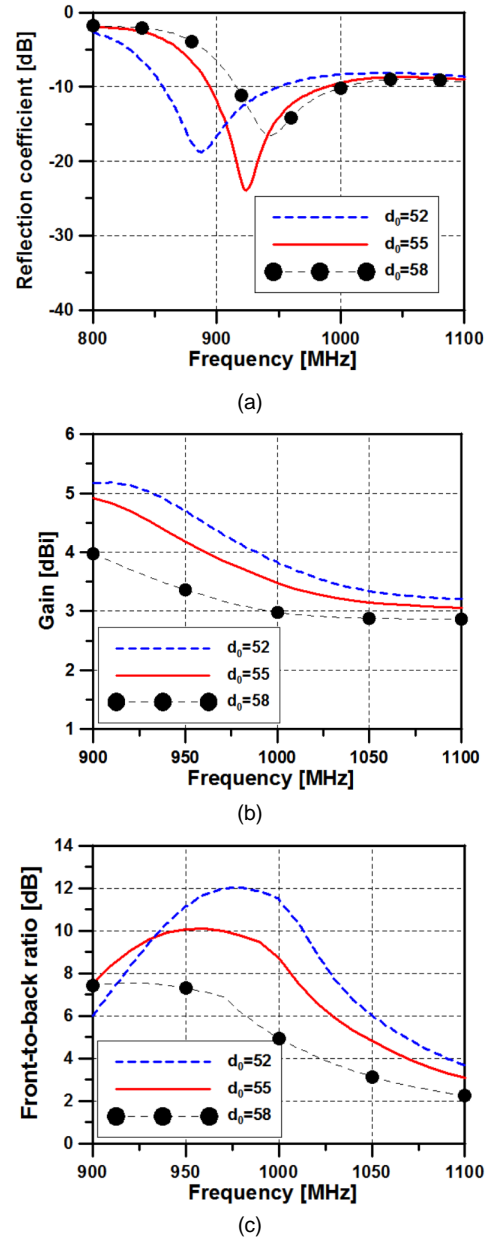


Fig. 4 Effect of distance  $d_0$ . (a) reflection coefficient, (b) gain, and (c) front-to-back ratio

그림 5는 표 1에서 제시된 파라미터 값들을 갖는 안테나의 복사패턴을 계산한 것으로 주파수는  $f = 915$  MHz이다. 최대복사 방향을 기준으로 대칭적인 복사패턴을 보이고 E-면과 H-면의  $-3$  dB 빔폭은 각각  $94.4^\circ$  및  $143.1^\circ$  이다. 안테나의 이득은  $4.67$  dBi, 전후방비는 약  $9.1$  dB, 안테나 효율은 약  $92\%$  정도로서 양호한 특성을 보인다.

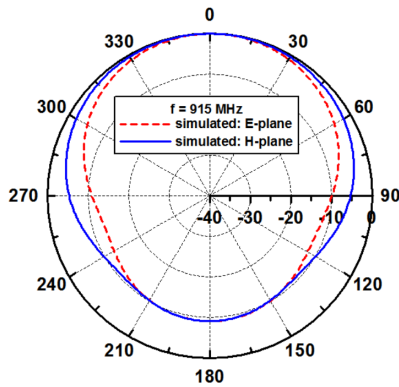


Fig. 5 Radiation pattern of the antenna designed for RFID reader ( $f = 915$  MHz)

### 2.3. 안테나 제작 및 측정결과

표 1에 제시된 치수를 갖는 안테나의 특성을 살펴보기 위해 FR4 기판(비유전율 =  $4.4$ , 손실 탄젠트 =  $0.025$ , 두께 =  $0.8$  mm) 상에 그림 6과 같이 제작하였다.

그림 7은 회로망분석기(N5230A, Agilent社)를 이용하여 제작된 안테나의 반사계수를 측정하는 것이며,  $VSWR < 2$  인 대역은  $885 - 942$  MHz로서 RFID 대역( $902 - 928$  MHz)을 포함하며, 시뮬레이션 결과( $893 - 998$  MHz)과는 약간 차이가 있지만 전체적인 경향은 유사함을 볼 수 있다. 시뮬레이션과 실험 결과의 차이는 안테나를 제작하는 과정에서 발생하는 오차에서 기인한 것으로 생각되며 정확한 치수로 제작하면 차이는 많이 감소될 것으로 기대된다. 제작된 안테나의 크기는  $90$  mm  $\times$   $80$  mm로 차단 주파수  $885$  MHz에서 자유공간 파장을 기준으로 할 때, 약  $0.27$  파장  $\times$   $0.24$  파장이다. 기존 연구 논문들[9-12]에서 제시된 이와 유사한 기능을 갖는 안테나들의 크기가  $90$  mm  $\times$   $90$  mm 정도인 것을 감안하면, 제안된 안테나는 소형 휴대용 RFID 리더기 안테나로 사용하기에 적합한 것임을 볼 수 있다.

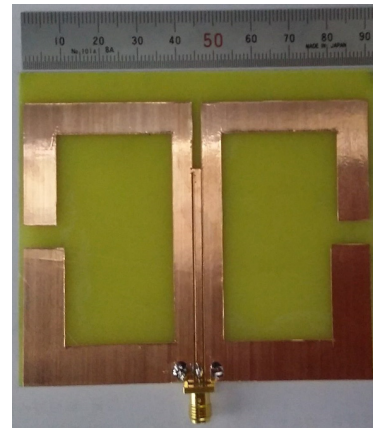


Fig. 6 Fabricated antenna

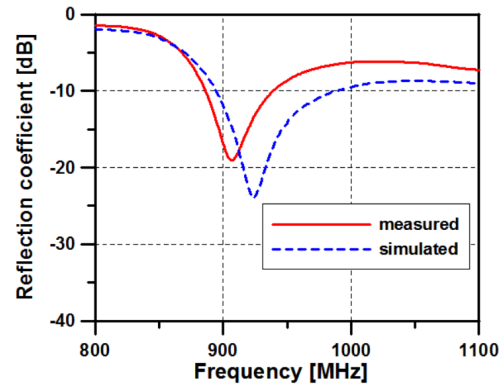


Fig. 7 Reflection coefficient of the fabricated antenna

그림 8은 제작된 안테나의 복사패턴을 전파 무반사실에서  $915$  MHz에서 측정하는 결과이다. E-면은 그림 1에서 x-y 평면에 해당되고, H-면은 y-z 평면이다. 배열 축(y축)에 근접한 방향으로 최대복사가 일어나고 전후방비가  $7$  dB 이상, 이득은  $4.6$  dBi 이다. RFID 대역 내 측정된 이득은  $4.3$  dBi 이상이다. 그림 8에서 복사패턴이 최대 복사 방향을 기준으로 좌우 대칭적인 것은 제안된 안테나에 내장된 밸런이 제대로 동작하여 다이플과 반사기의 전류가 좌우 상호 대칭적인 것임을 알 수 있다.

이상의 결과들을 볼 때, 측정결과가 시뮬레이션 결과와 잘 일치하므로 연구결과의 타당성을 확인할 수 있고, 본 연구에서 제안된 안테나가 휴대용 RFID 리더기 안테나로서 적합한 크기와 성능을 갖는 것을 알 수 있다.

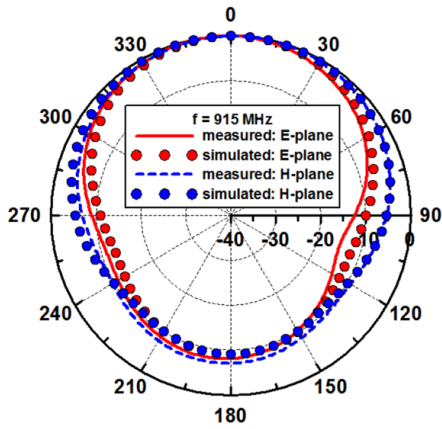


Fig. 8 Radiation pattern of the fabricated antenna ( $f = 915$  MHz)

### III. 결론

본 논문에서는 CPW로 급전되는 소형 2-소자 QYA 설계 방법에 대해 연구하였다. 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기를 구부리고 안테나 내장형 밸런을 이용하여 설계하였다. 여러 가지 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향을 분석하고 UHF RFID용 주파수 대역(902-928 MHz) 동작에 적합한 안테나를 설계하였다. FR4기판에 제작된 안테나의 특성을 실험한 결과  $VSWR < 2$ 인 대역은 885-942 MHz, RFID 대역 내 안테나의 이득 4.3 dBi 이상, 전후방비 7 dB 이상으로 시뮬레이션 결과와 잘 일치하는 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안된 안테나 구조가 휴대형 RFID 리더용 안테나로 사용하기에 적합하며, 향후 유사한 특성을 요구하는 다양한 소형 지향성 안테나 설계에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

### ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by grant from Dong Yang University in 2015

### REFERENCES

- [ 1 ] R. Waterhouse, *Printed antennas for wireless communications*. Chichester: Wiley; 2007.
- [ 2 ] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipibon, *Microstrip antenna design handbook*. Norwood (MA): Artech House; 2001.
- [ 3 ] Y. Qian, W. R. Deal, N. Kaneda, and T. Itoh, "Microstrip-fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics," *Electron. Lett.*, vol. 34, no. 23, pp. 2194-2196, Nov. 1998.
- [ 4 ] N. Kaneda, W. R. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band quasi-Yagi antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 50, no. 8, pp. 1158-1160, Aug. 2002.
- [ 5 ] J. Sor, Y. Qian, and T. Itoh, "Coplanar waveguide fed quasi-Yagi antenna," *Electron. Lett.*, pp. 1-2, vol. 36, no. 1, Jan. 2000.
- [ 6 ] J. Yeo and J. I. Lee, "Broadband compact series-fed dipole pair antenna with simplified integrated balun," *Microw. & Opt. Tech. Lett.*, vol. 56, no. 8, pp. 1731-1734, Aug. 2014.
- [ 7 ] J. Yeo and J. I. Lee, "Design of miniaturized quasi-Yagi antenna for portable RFID reader applications," *Progress In Electromagnetics Research C*, vol. 58, pp. 97-104, July 2015.
- [ 8 ] A. M. Sanchez, M. Ribo, L. Pradell, J. Anguera, and A. Andujar, "CPW balun for printed balanced antennas," *Electron. Lett.*, vol. 50, no. 11, pp. 785-786, May 2014.
- [ 9 ] P. V. Nikitin, K. V. S. Rao, "Compact Yagi antenna for handheld UHF RFID reader," *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, pp. 1-4, July 2010.
- [ 10 ] J. Yeo and J. I. Lee, "Design of miniaturized quasi-yagi antenna for portable RFID reader applications," *Progress In Electromagnetics Research C*, vol. 58, pp. 97-104, 2015.
- [ 11 ] Hua, R. C. and T. G. Ma, "A printed dipole antenna for ultra high frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) handheld reader," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 12, pp. 3742-3745, Dec. 2007.
- [ 12 ] Hsu, H. T. and T. J. Huang, "A Koch-shaped log-periodic dipole array (LPDA) antenna for universal ultra-high-frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) handheld reader," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 9, pp. 4852-4856, Sep. 2013.



**백운석(Woon-Seok Baek)**

1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
1997년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)  
1988년 2월 ~ 1995년 8월 : 국방과학연구소 선임연구원  
1995년 9월 ~ 2000년 1월 : 동양대학교 정보통신공학과 조교수  
2000년 2월 ~ 2010년 12월 : ㈜우리텔레콤 전무이사  
2011년 1월 ~ 현재 : ㈜엘엔비 이사  
2014년 3월 ~ 현재 : 동양대학교 컴퓨터정보통신군사학과 부교수  
※관심분야 : EMI/EMC, 평면 안테나, 전자파 산란