

# 이동통신 기지국용 광대역 직렬 급전 보우타이 다이폴 쌍 안테나 설계

여준호<sup>1</sup>, 이종익<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 정보통신공학부, <sup>2</sup>동서대학교 전자공학과

## Design of a Broadband Series-Fed Bow-tie Dipole Pair Antenna for Mobile Base Station

Junho Yeo<sup>1</sup> and Jong-Ig Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Computer and Communication Engineering, Daegu University

<sup>2</sup>Department of Electronics Engineering, Dongseo University

**요약** 본 논문에서는 1.7–2.7 GHz 대역에서 동작하는 이동통신 기지국용 광대역 직렬 급전 보우타이 다이폴 쌍(series-fed bow-tie dipole pair; SBDP) 안테나를 제안하였다. 기존의 직렬 급전 다이폴 쌍(series-fed dipole pair; SDP) 안테나에서 사용하는 직선 스트립 다이폴 소자 대신에, 제안된 안테나는 보우타이 모양의 다이폴 소자를 사용하였다. 시뮬레이션 분석 결과, 양 끝으로 벌어진 각도가 증가할수록 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파수 대역으로 이동하였으며, 이를 이용하여 저주파수 대역으로 이동한 만큼 다이폴 소자의 길이를 줄일 수 있다. 양 끝으로 벌어진 각도가 10도인 SBDP 안테나를 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 1.6 mm) 상에 제작하였고, SDP 안테나와 비교하여 폭이 10% 줄어들었다. 제작된 SBDP 안테나를 측정된 결과, 전압 정재파비(voltage standing wave ratio; VSWR)가 2 이하인 임피던스 대역폭은 48.8% (1.69–2.78 GHz), 이득은 5.8–6.3 dBi, 전후방비는 14–17 dB이다.

**Abstract** In this paper, a broadband series-fed bow-tie dipole pair (SBDP) antenna operating in the band of 1.7–2.7 GHz for mobile communication base station applications is proposed. The proposed antenna uses bow-tie-shaped dipole elements instead of straight strip dipole ones used in a conventional series-fed dipole pair (SDP) antenna. The simulation results show that the lowest operating frequency is shifted toward lower frequency as the flare angle increases, and so the lengths of the bow-tie dipole elements can be reduced in proportion to the frequency shift toward lower frequency. An SBDP antenna with a flare angle of 10 degrees is fabricated on an FR4 substrate (dielectric constant = 4.4 and thickness = 1.6 mm) and total width of the fabricated antenna is reduced by 10% compared to that of the conventional SDP antenna. The measured impedance bandwidth for voltage standing wave ratio (VSWR) < 2 is 48.8% (1.69–2.78 GHz), gain is 5.8–6.3 dBi, and the front-to-back ratio (FBR) is 14–17 dB.

**Key Words** : Base station antenna, Bow-tie shape, Broadband antenna, Compact antenna, Series-fed dipole pair antenna

### 1. 서론

무선통신의 발달로 인해 평면상에 프린트 기법으로 제작하여 저가격, 경량화, 집적화가 가능한 평면안테나에

대한 관심이 증가하고 있다. 프린트된 모노폴과 다이폴 안테나는 가장 간단한 형태의 평면 안테나이며 다양한 분야에서 응용되고 있다. 프린트된 모노폴 안테나는 간단한 구조, 작은 크기와 전방향 방사패턴과 같은 성질을 이

이 논문은 2011년도 동서대학교 Dongseo Frontier Project 지원에 의하여 이루어진 것임.

\*Corresponding Author : Jong-Ig Lee(Dongseo Univ.)

Tel: +82-51-320-1761 email: [leeji@dongseo.ac.kr](mailto:leeji@dongseo.ac.kr)

Received December 24, 2012 Revised February 8, 2013 Accepted March 7, 2013

용하여 다중 대역과 광대역 응용분야에 사용되고 있다. 프린트된 다이폴 안테나도 모노폴 안테나와 유사한 성질을 가지며 여러 배열 안테나를 구성하는 기본 소자로서 사용되고 있다. 그러나, 일반적인 프린트된 다이폴 안테나의 대역폭은 다양한 무선통신 서비스에서 요구하는 광대역 특성을 만족시키기에는 충분하지 않다[1-3].

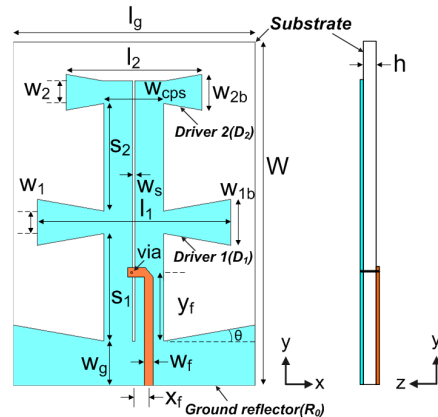
대역폭을 증가시키기 위해 집적형 밸런(integrated balun)을 사용한 프린트된 다이폴, 직렬 급전된 프린트된 다이폴 쌍, 평면 quasi-Yagi 안테나, 두 개의 층에 프린트된 다이폴 안테나 등의 방법이 시도되었다[4-7]. 참고문헌 [4]의 연구에서 마이크로스트립(microstrip; MS) 선로와 슬롯(slot) 선로로 구성된 집적형 밸런에 의해 급전되는 프린트된 다이폴 안테나 구조를 등가회로를 이용하여 해석하였으며, 제안된 안테나의 임피던스 대역폭이 40% 이상이었다. 직렬 급전을 이용하여 프린트된 다이폴 쌍 안테나는 두 개의 길이가 다른 다이폴과 접지면으로 구성되며, 전압 정재파비(voltage standing wave ratio; VSWR)가 2 이하인 대역폭이 40%이다[5]. 평면 quasi-Yagi 안테나는 접지면 가장자리를 반사기(reflector)로 사용하고 다이폴 투사기(driver)를 코플러너 스트립(coplanar strip; CPS) 선로로 급전하며, 적절한 거리에 도파기(director)를 뒀으로써 지향성을 얻을 수 있고 VSWR이 2 이하인 대역폭이 48%이다[6]. 또한, 유전체를 사이에 두고 두 개의 층에 프린트된 다이폴 안테나는 대역폭을 50% 이상으로 향상시키고 교차 편파를 줄일 수 있는 방법으로 제안되었다[7].

본 논문에서는 1.7-2.7 GHz 대역에서 동작하는 이동통신 기지국용 광대역 직렬 급전 보우타이 다이폴 쌍 안테나를 제안하였다. 기존의 직렬 급전 다이폴 쌍 안테나는 두 개의 서로 다른 길이의 직선 스트립 다이폴이 CPS 급전선으로 바로 연결되어 있으며[8], 제안된 안테나는 직선 다이폴 소자 대신에 보우타이 모양의 다이폴 소자를 사용하였다. 보우타이 다이폴의 양끝으로 벌어진 각도(flare angle)에 따른 안테나의 입력 반사계수, 이득 및 입력 임피던스 특성을 분석하였다. 양 끝으로 벌어진 각도가 10도인 SBDP 안테나를 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 1.6mm) 상에 제작하여 SDP 안테나와 특성을 비교하였다. 상용 툴인 CST사의 Microwave Studio (MWS)를 이용하여 안테나의 특성을 시뮬레이션하고 설계 변수를 최적화하였다.

## 2. 안테나 구조 및 설계

### 2.1 안테나 구조

제안된 SBDP 안테나의 구조는 그림 1에 나타나 있다. 안테나가 인쇄된 기판의 전면에는 두 개의 길이가 다른 보우타이 모양의 다이폴 안테나( $D_1$  및  $D_2$ ), 반사기 역할을 하는 접지면( $R_0$ ), 그리고 이들을 연결하는 CPS 선로로 구성된다. 뒷면에는 MS 선로가 있으며 끝부분을 단락시키기 위해 비아(via)를 이용해 전면의 CPS의 한쪽과 연결된다. MS 선로의 길이 즉 급전점의 위치 $y_f$ 를 조정하여 특성 임피던스 50옴( $\Omega$ )인 MS 선로와 안테나를 광대역 정합을 시킬 수 있다. 이 때, 단락이 중단된 MS 선로와 슬롯 선로는 내장형 밸런을 구성한다. Fig. 1에서 첫 번째 및 두 번째 보우타이 다이폴의 길이와 폭은 각각  $l_1$ ,  $w_{1b}$ ,  $l_2$ ,  $w_{2b}$ 이고, 첫 번째 다이폴과 반사기 사이의 간격과 두 다이폴 사이의 간격은  $s_1$ 과  $s_2$ 이다. 보우타이 다이폴의 양 끝으로 벌어진 각도는  $\theta$ 이며, CPS 선로쪽의 폭은 각각  $w_1$ 과  $w_2$ 이고 SDP 안테나의 폭과 같다. 접지면인 반사기의 길이와 폭은  $l_g$ 과  $w_g$ 이다. 슬롯 선로의 중심으로부터 MS 선로의 중심까지의 거리는  $x_f$ 이고 반사기로부터 급전점까지 MS 선로의 길이는  $y_f$ 이다.

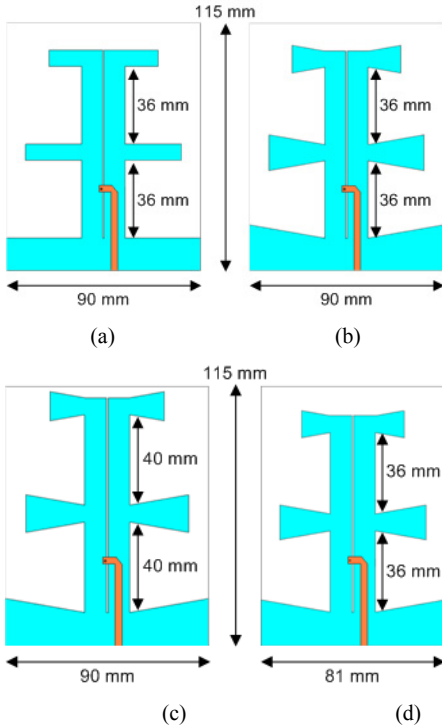


[Fig. 1] Geometry of proposed SBDP antenna.

### 2.2 안테나 설계

Fig. 2는 기존의 SDP 안테나에 보우타이 형태의 다이폴을 적용하여 SBDP 안테나를 설계하는 절차를 나타내었다. 첫 번째 단계에서는, Fig. 2(a)에 나타나 있는 SDP 안테나를 1.7-2.7 GHz 대역에서 5 dBi 이상의 안정된 이득을 가지도록 설계하여 기준 안테나로 사용한다. 임피던스 대역폭을 최대화하고 안정된 이득을 얻기 위해 시뮬레이션을 통해 최적화된 파라미터는 다음과 같다[8].  $l_g = 90$  mm,  $w_g = 15$  mm,  $x_f = 5$  mm,  $y_f = 23$  mm,  $l_1 = 72$  mm,  $l_2 = 50.4$  mm,  $w_1 = w_2 = 7.5$  mm,  $w_{cps} = 20$  mm,  $s_1 = s_2 = 36$  mm,  $w_s = 0.7$  mm,  $W = 115$  mm. 시뮬레이

선 결과, VSWR < 2인 대역폭은 47.62% (1.68–2.73 GHz)이고 이득은 5.4-6.1 dBi이다.

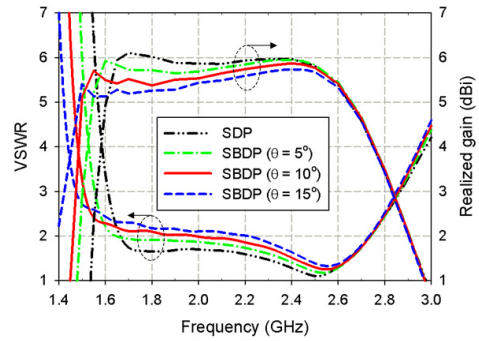


[Fig. 2] Design procedure of proposed SBDP antenna.

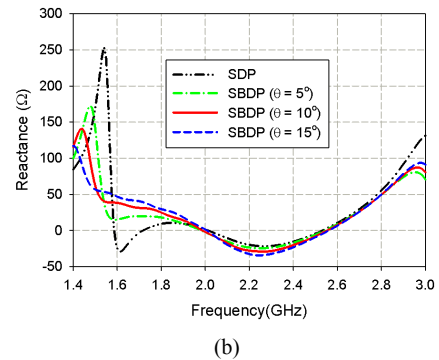
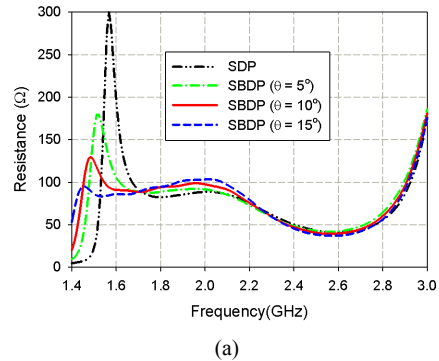
다음 단계에서는, 설계된 SDP 안테나의 직선 다이폴 소자 대신에 보우타이 다이폴 소자를 Fig. 2(b)와 같이 적용하여 양끝으로 벌어진 각도에 따른 안테나 특성변화를 조사하였다. 이 때, 접지면에도 보우타이 모양의 절반인 V 모양의 패치가 추가되었다.

Fig. 3은 Fig. 2(b)의 안테나에서 보우타이 다이폴 소자와 V 모양 접지면의 각도에 따른 입력 VSWR과 이득 특성의 변화를 나타내고 있다. 각도가 증가할수록 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파 대역으로 이동하지만 저주파 대역에서의 임피던스 정합이 나빠져서 이득은 줄어들음을 알 수 있다.

양끝으로 벌어진 각도에 따른 안테나의 입력 임피던스 특성의 변화는 Fig. 4에 나타나 있다. Fig. 4(a)로부터 저주파 대역인 1.45–1.7 GHz 대역에서 입력 저항 값이 각도가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있고, Fig. 4(b)로부터 1.8 GHz 이하의 저주파 대역에서 입력 리액턴스가 변화된 것을 볼 수 있다. 이에 따라 Fig. 3과 같이 입력 VSWR과 이득 특성도 변화된다.



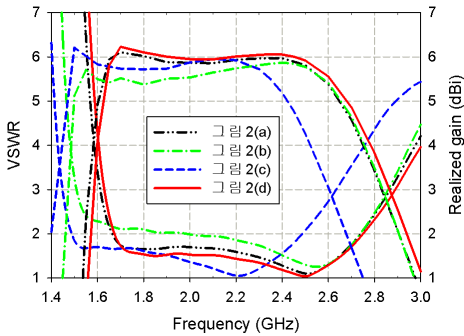
[Fig. 3] Input VSWR and realized gain characteristics as a function of flare angle.



[Fig. 4] Input impedance characteristics vs. flare angle: (a) resistance and (b) reactance.

앞서 Fig. 2(b)처럼 보우타이 다이폴 소자와 V 모양 접지면을 SDP 안테나에 적용할 경우 주파수 대역은 저주파 대역으로 이동하나 임피던스 정합특성을 개선시킬 필요가 있다. 세 번째 단계에서는, Fig. 2(c)에 나타나 있듯이, 두 다이폴 소자와 접지면 사이의 간격( $s_1$ 과  $s_2$ )을 주파수 이동에 비례하도록 증가시켜서 임피던스 정합특성을 개선한다. 이 경우 주파수 대역은 전체적으로 저주파 쪽으로 이동하게 된다.

마지막 단계에서는 저주파수 쪽으로 이동한 주파수 대역을 원래 설계하고자 했던 동작 영역인 1.7–2.7 GHz 대역으로 이동시키기 위해서 Fig. 2(d)와 같이 전체 안테나의 크기를 줄여주면 된다.

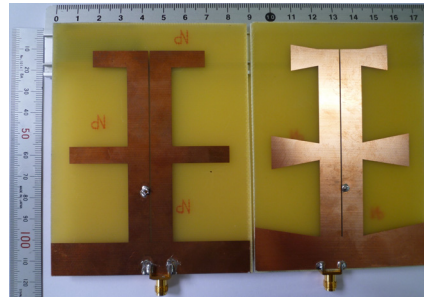


[Fig. 5] Input VSWR and realized gain characteristics of antennas shown in Fig. 2 for  $\theta = 10^\circ$ .

Fig. 5에는 각도가 10도인 경우 Fig. 2에 제시된 설계 절차에 따른 안테나의 입력 VSWR과 이득 특성을 비교하고 있다. 이 때, Fig. 2(c)에 나타나 있는 세 번째 단계에서 두 다이폴과 접지면 사이의 간격은  $s_1 = s_2 = 40$  mm로 SDP 안테나의 간격( $s_1 = s_2 = 36$  mm)에 비해 4 mm 증가하였다. Fig. 2(d)의 마지막 단계에서 두 다이폴 소자와 접지면 각각의 길이와 소자 간의 간격을 10% 줄여서  $l_g = 81$  mm,  $l_1 = 64.8$  mm,  $l_2 = 45.4$  mm,  $s_1 = s_2 = 36$  mm이고 다른 파라미터들은 SDP 안테나와 동일하다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 Fig. 2(d)의 구조가 Fig. 2(a)의 구조에 비해 폭이 10% 축소된 것임에도 불구하고 임피던스 대역폭과 이득의 두 가지 모두 대등한 특성을 보이는 우수한 성능을 갖는다.

### 3. 제작 및 측정결과

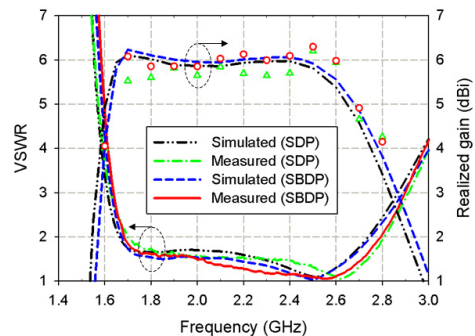
제안된 설계 방법과 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 FR4 기판( $\epsilon_r = 4.4$ , 두께 = 1.6 mm, loss tangent = 0.025)을 이용하여 Fig. 6과 같이 SDP 안테나와 각도가 10도인 SBDP 안테나를 제작하였다. 제작된 SDP 안테나와 SBDP 안테나의 크기는 각각 90 mm × 115 mm와 81 mm × 115 mm이다.



[Fig. 6] Photograph of fabricated SDP and SBDP antennas.

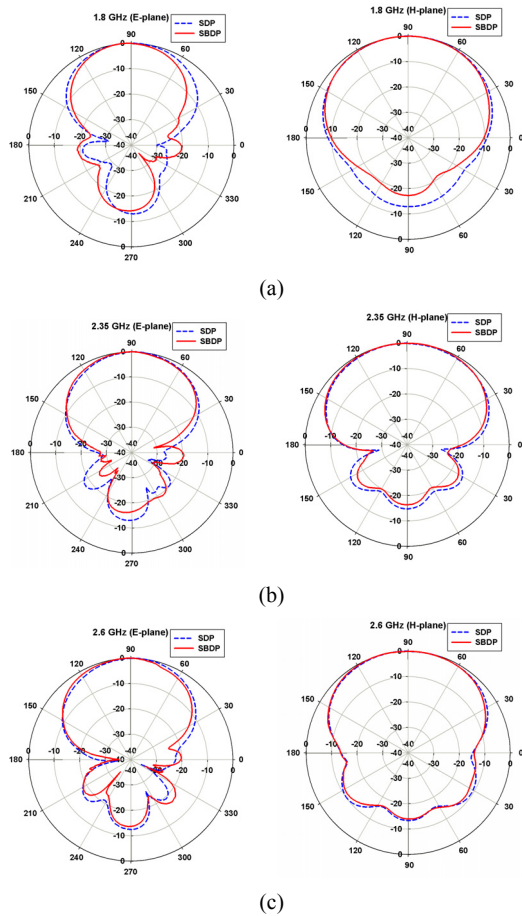
Fig. 7은 제작된 SDP 안테나와 SBDP 안테나의 입력 VSWR과 이득 특성을 비교하고 있다. VSWR < 2인 임피던스 대역폭은 시뮬레이션 결과 각각 47.3% (1.68–2.72 GHz)와 47.96% (1.68–2.74 GHz)이고, 측정결과는 각각 47.8% (1.72–2.8 GHz)와 48.8% (1.69–2.78 GHz)이다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 잘 일치함을 알 수 있으며, 측정 결과를 기준으로 SBDP 안테나의 대역폭이 약간 (2.1%) 증가하였음을 알 수 있다. 측정 이득의 경우, 1.7–2.6 GHz 대역에서 각각 5.5–6.2 dBi와 5.8–6.3 dBi로 0.1–0.3 dB 향상되었음을 알 수 있다.

Fig. 8은 1.8 GHz, 2.35 GHz 및 2.6 GHz에서 SDP 안테나와 SBDP 안테나의 E-면과 H-면 복사 패턴에 대한 측정 결과이다. 반전력 빔폭의 경우 1.8 GHz에서 줄어들었고 2.35 GHz와 2.6 GHz에서는 비슷함을 알 수 있다. 전후방비(front-back ratio)는 E-면과 H-면에 대해서 14-17 dB를 유지하며 SDP 안테나에 비해 0.8-4.4 dB 증가하였음을 알 수 있다.



[Fig. 7] Input VSWR and gain characteristics of the fabricated STDA antennas.

이상의 결과들로 볼 때, 제안된 SBDP 안테나는 SDP 안테나에 비해 폭이 10% 소형화되었음에도 불구하고 대등한 성능을 유지하는 우수한 특성을 갖는 것으로 볼 수 있다.



[Fig. 8] Measured radiation patterns of fabricated SDP and SBDP antennas: (a) 1.8 GHz, (b) 2.35 GHz, and (c) 2.6 GHz.

#### 4. 결론

본 논문에서는 1.7-2.7 GHz 대역에서 동작하는 이동통신 기지국용 광대역 SBDP 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 기존의 SDP 안테나의 직선 다이폴 소자 대신에 보우타이 모양의 다이폴 소자를 사용하였다. 보우타이 다이폴의 양끝으로 벌어진 각도에 따른 안테나의 입력 반사계수, 이득 및 입력 임피던스 특성을 비교 분석하였다. 시뮬레이션 분석 결과, 양 끝으로 벌어진 각도가 증가할수록 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파수 대역으로 이동하였으며, 이를 이용하여 저주파수 대역으로 이동한 만큼 다이폴 소자의 길이를 줄일 수 있다.

제안된 설계 방법과 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 양 끝으로 벌어진 각도가 10도인 SBDP 안테나를 FR4

기판 상에 제작하였고, SDP 안테나와 비교하여 안테나의 전체 폭이 10% 줄어들었다. 제작된 SBDP 안테나의 VSWR이 2 이하인 측정된 임피던스 대역폭은 48.8% (1.69–2.78 GHz)이고, 이득은 5.8–6.3 dBi이며, 전후방비는 14–17 dB이다. 임피던스 대역폭은 SDP 안테나에 비해 2.1% 증가하였고, 이득은 0.1–0.3 dB 향상되었고, 전후방비는 0.8–4.4 dB 증가하였다.

제안된 안테나는 PCS, IMT2000, LTE 등의 다양한 이동통신을 지원하는 기지국 안테나 혹은 소출력 중계기용 안테나로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

- [1] R. Waterhouse, *Printed Antennas for Wireless Communications*. Chichester, U.K.: Wiley, 2007.
- [2] M.A. Antoniades, G.V. Eleftheriades, "Multiband compact printed dipole antennas using NRI-TL metamaterial loading," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 60, no. 12, pp. 5613–5626, Dec. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2012.2211324>
- [3] A.R. Behera and A.R. Harish, "A novel printed wideband dipole antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 60, no. 9, pp. 4418–4422, Sep. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2012.2207042>
- [4] R.L. Li, T. Wu, B. Pan, K. Lim, J. Laskar, and M.M. Tentzeris, "Equivalent-circuit analysis of a broadband printed dipole with adjusted integrated balun and an array for base station applications," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 57, no. 7, pp. 2180–2184, Jul. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2009.2021967>
- [5] F. Tefiku and C.A. Grimes, "Design of broad-band and dual-band antennas comprised of series-fed printed-strip dipole pairs," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 48, no. 6, pp. 895–900, Jun. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/8.865221>
- [6] N. Kaneda, W.R. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band planar quasi-Yagi antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 50, no. 8, pp. 1158–1160, Aug. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2002.801299>
- [7] Z. Zhou, S. Yang, and Z. Nie, "A novel broadband printed dipole antenna with low cross-polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 55, no. 11, pp. 3091–3093, Nov. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2007.908570>

- [8] J. Yeo, and J.-I. Lee, "Broadband series-fed two dipole array antenna with an integrated balun for mobile communication applications," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 54, no. 9, pp. 2166–2168, Sep. 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mop.27009>
- 

**여 준 호(Junho Yeo)**

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 미국 Pennsylvania State University 전기공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1999년 6월 : 국방과학연구소 연구원
- 2003년 9월 ~ 2004년 6월 : 미국 Pennsylvania State University 박사 후 과정
- 2004년 8월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원 RFID 시스템연구팀 선임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 조교수

<관심분야>

AMC, EBG, FSS 설계 및 안테나 응용, RFID 및 광대역 안테나, 전자파 산란

---

**이 종 익(Jong-Ig Lee)**

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1998년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 3월 ~ 12월 : 금오공과대학교 연구교수
- 1999년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

전자파 산란, 평면 안테나