

# UWB 통신용 대수 주기 보우타이 다이폴 배열 안테나

여준호<sup>1</sup>, 이종익<sup>2\*</sup>

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

## Log-Periodic Bow-tie Dipole Array(LPBD A) Antenna for UWB Communications

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

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

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

**요 약** 본 논문에서는 UWB 통신용으로 사용할 수 있는 대수 주기 보우타이 다이폴 배열 (LPBDA) 안테나에 대하여 연구하였다. 일반적인 LPDA 안테나에서 사용되는 다이폴 소자 대신에 보우타이 형태의 다이폴 소자를 사용하였고, 보우타이 소자의 양끝으로 벌어진 각도에 따른 LPBDA 안테나의 입력 반사계수와 이득 특성을 분석하였다. 양끝으로 벌어진 각도가 증가할수록 LPBDA 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파수 대역으로 이동하여 주파수 대역폭이 늘어나지만, 평균이득은 줄어들었다. 그러나, LPDA 안테나에 비해 이득의 변화는 적고 전후방비가 향상되었다. 표준 LPDA 안테나와 양끝으로 벌어진 각도가 13도인 LPBDA 안테나를 FR4(비유전율 4.4, 두께 0.8 mm) 기판 상에 제작하였다. 측정된 이득은 3.1~10.6 GHz 대역에서 표준 LPDA 안테나는 4~6.5 dBi 범위에 있고 LPBDA 안테나는 4.2~5 dBi 범위에 있다.

**Abstract** In this paper, a log periodic bow-tie dipole array (LPBDA) antenna for UWB communications is investigated. Bow-tie shaped dipole elements are used instead of general dipole elements for LPDA antennas and the input reflection coefficient and realized gain characteristics of the LPBDA as a function of a flare angle are analyzed. It turns out that as the flare angle of the bow-tie dipole elements is increased, the lowest operating frequency is shifted toward lower frequency and the operating frequency band is increased, but the average gain is decreased. However, the gain variation of the LPBDA is much decreased and the front-back ratio is improved compared to the LPDA. Standard LPDA and LPBDA with a flare angle of 13 degrees are fabricated on an FR4 substrate with a dielectric constant of 4.4 and a thickness of 1.6 mm. Measured gain for the LPDA ranges from 4 to 6.5 dBi at 3.1 to 10.6 GHz band, while that for the LPBDA is in the range of 4.2 to 5 dBi.

**Key Words** : Log-periodic Dipole Antenna(LPDA), Bow-tie Dipole Antenna, Ultra-Wideband(UWB) Communications

### 1. 서론

무선 통신과 이동 통신의 발달로 다양한 무선 통신 서비스가 보급되고 있으며 점차 고품질 및 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하는 방향으로 발전하고 있다. 이에 따라 무선 통신 시스템의 핵심소자인 안테나도 다양한 주파수 대역에서 동작하는 다중대역 혹은 광대역 특성을

가져야 한다[1].

특히 3.1~10.6 GHz 대역에서 100Mbps 이상의 전송 속도를 가지는 저전력 근거리 무선 통신인 UWB(Ultra-Wideband) 통신 기술은 2002년 2월 미국 FCC(Federal Communications Commission)에 의해 민간 사용 규제가 완화되어 상업적 목적으로 사용이 가능해지고 무선 통신, 위치 추적 및 레이더 시스템 등의 분야에서 활발하게 연구되고 있다. 이러한 UWB 통신을 위해서는 UWB 주파

본 논문은 2011년도 동서대학교 학술연구조성비를 지원받았음.

\*교신저자 : 이종익(leeji@gdsu.dongseo.ac.kr)

접수일 11년 07월 25일

수정일 11년 08월 31일

게재확정일 11년 09월 08일

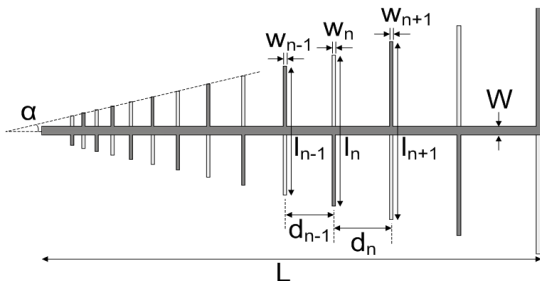
수 대역의 신호를 송, 수신할 수 있는 광대역 안테나가 반드시 필요하며, UWB 통신 기술에 적합한 광대역 안테나에 대한 많은 연구 개발이 이루어지고 있다[2].

UWB 통신시스템의 대역폭을 만족하는 광대역 특성을 갖는 안테나로는 모노폴(monopole), 다이폴(dipole), 바이코니컬(biconical), 혼(horn), 스파이럴(spiral) 안테나 등이 있다. 이 중에서 소형 UWB 안테나를 위해서는 평면형 모노폴 및 다이폴 안테나가 사용되며, 고이득 지향성 UWB 안테나를 위해서는 혼 안테나나 스파이럴 안테나가 사용된다[2].

본 논문에서는 광대역 안테나 중에서 넓은 주파수 대역에서 비교적 높은 이득을 제공하는 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나를 일반적인 다이폴 안테나 대신 보우타이(Bow-tie) 다이폴 안테나를 이용하여 설계하였다. 보우타이 안테나는 다이폴 안테나의 양쪽 팔(arm)을 보우타이 모양으로 변형한 안테나로서 유한 쌍원추 안테나의 평면 형태이며, 양끝으로 벌어진 각도(flare angle), 급전선의 위치에 따라 그 특성이 정해진다[3,4]. 양끝으로 벌어진 각도에 따른 대수 주기 보우타이 다이폴 배열(LPDA) 안테나의 주파수 대역과 이득 특성을 표준 LPDA 안테나와 비교하였다.

## 2. LPBDA 안테나 설계

### 2.1 LPDA 안테나 설계



[그림 1] LPDA 안테나 구조  
[Fig. 1] Geometry of an LPDA antenna

일반적인 LPDA 안테나의 구조는 그림 1에 나타나 있다. 배열 축 상에 선형 다이폴 안테나들을 평행하게 순차적으로 배열한 LPDA 안테나는 반사기(reflector), 여진기(driver), 도파기(director)로 구성된 Yagi-Uda 안테나와 비슷한 지향성을 가지나 훨씬 더 넓은 대역폭을 얻을 수 있다. LPDA 안테나에서는 동작주파수별로 반 파장 길이의 다이폴에 인접한 수 개의 다이폴들이 Yagi-Uda 안테나의

반사기, 여진기, 도파기처럼 동작한다. 그러므로 방사는 배열축 방향으로 이루어지며, 동작주파수의 한계는 가장 짧은 다이폴과 가장 긴 다이폴의 길이에 의해 결정된다[5,6].

LPDA 안테나의 확장계수(scale factor)  $\tau$ 와 간격계수(spacing factor)  $\sigma$ 는 다음 식과 같이 주어진다[7].

$$\tau = \frac{l_{n-1}}{l_n} = \frac{w_{n-1}}{w_n} = \frac{d_{n-1}}{d_n} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{d_{n-1}}{2l_n} = \frac{1 - \tau}{4 \tan(\alpha)} \quad (2)$$

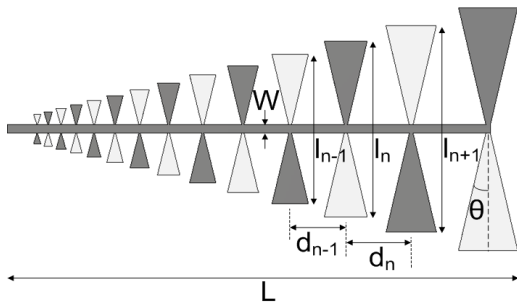
여기에서  $l_n$ 은 n번째 다이폴 소자의 길이,  $w_n$ 은 n번째 다이폴 소자의 폭,  $d_{n-1}$ 은 n번째 다이폴 소자와 n-1번째 다이폴 소자 간의 간격,  $\alpha$ 는 LPDA의 중심선과 다이폴 소자들의 끝이 이루는 각이다.

LPDA 안테나는 임피던스와 복사 특성이 주파수의 대수 주기적으로 반복되는 특성을 가지며, 설계 파라미터인 확장계수  $\tau$ , 간격계수  $\sigma$ , 그리고 안테나의 동작 주파수 대역폭에 의해 그 크기가 결정되며, 급전선과의 좋은 임피던스정합특성과 비교적 높은 이득을 갖기 위해서는 확장계수와 간격계수가 커져야 하므로 안테나의 크기가 커지게 된다.

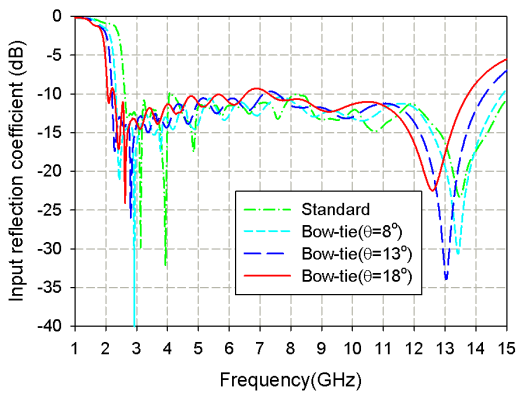
먼저 위의 LPDA 안테나 설계 공식을 이용하여 UWB 대역을 충분히 포함할 수 있는 3~12 GHz 대역에서 8 dBi의 지향성을 가지는 표준 LPDA를 설계한다. 이를 위해 확장계수  $\tau = 0.85$ , 간격계수  $\sigma = 0.15$ 로 정하였다. 3~12 GHz 대역에서 동작하기 위해 필요한 다이폴 안테나 소자의 수는 Carrel의 설계 식으로부터 14개이다[8]. LPDA 안테나는 제작을 위해 비유전율  $\epsilon_r = 4.4$ 이고 두께 0.8 mm인 FR4 기판 상에 설계되었고, 가장 긴 다이폴 소자의 길이는 가장 낮은 동작주파수인 3 GHz의 반파장 길이보다 조금 작은 43 mm로 정하였다. 다른 LPDA 안테나의 설계 변수들은 위의 설계 공식을 이용하여 계산되었고 전체 LPDA 안테나의 길이(L)는 82 mm이다. 전송선로의 폭(W)는 1.5 mm이다.

### 2.2 대수 주기 보우타이 다이폴 배열 안테나 설계

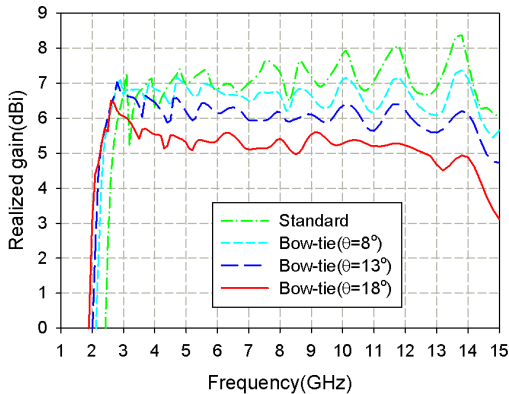
그림 2는 다이폴 소자 대신에 보우타이 다이폴 소자를 사용한 LPBDA 안테나의 구조를 나타내고 있으며, 보우타이 다이폴 안테나의 양끝으로 벌어진 각도(flare angle)는  $\theta$ 이다.



[그림 2] LPBDA 안테나 구조  
[Fig. 2] Geometry of an LPBDA antenna



[그림 3] 양끝으로 벌어진 각도  $\theta$ 에 따른 LPBDA 안테나의 입력 반사계수 특성  
[Fig. 3] Input reflection coefficient characteristics of the LPBDA antenna vs. flare angle  $\theta$



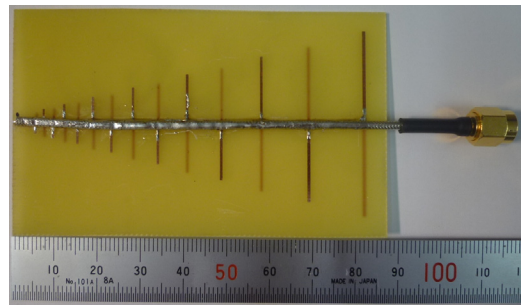
[그림 4] 양끝으로 벌어진 각도  $\theta$ 에 따른 LPBDA 안테나의 이득 특성  
[Fig. 4] Realized gain characteristics of the LPBDA antenna as a function of flare angle  $\theta$

양끝으로 벌어진 각도  $\theta$ 에 따른 LPBDA 안테나의 입력 반사계수와 이득에 대한 시뮬레이션 결과가 그림 3과

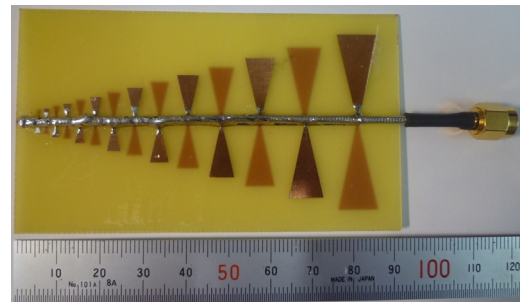
그림 4에 나타나 있다. 이 때, 보우타이 다이폴 소자의 길이와 소자간의 간격은 LPDA안테나와 동일하게 고정되었다. 모든 시뮬레이션 결과는 CST Microwave Studio (MWS)를 이용하여 계산하였다.

$\theta$ 가 8도에서 18도로 증가할수록 LPBDA 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파수 대역으로 이동하여 주파수 대역폭이 늘어나지만, 이득은 줄어들음을 알 수 있다. -10 dB이하인 입력반사계수의 주파수 대역을 보면, LPDA 안테나의 경우는 2.62~15 GHz(1:5.73)이다. 반면에, LPBDA 안테나의 경우,  $\theta=8$ 도 일 때 2.32~14.87 GHz(1:6.41)이고,  $\theta=13$ 도 일 때 2.2~14.3 GHz(1:6.5)이다.  $\theta=18$ 도 일 때 주파수 대역은 2.06~13.75 GHz(1:6.68)이다. LPDA 안테나의 이득은 3.1~10.6 GHz 대역에서 5.2~8 dBi 범위에 있으며, LPBDA 안테나는  $\theta=8$ 도 일 때 6.2~7.2 dBi 범위에 있다. 또한,  $\theta=13$ 도 일 때 5.7~6.7 dBi 범위에 있으며,  $\theta=18$ 도 일 때 5~6.1dBi 범위에 있다. 이를 통해 LPBDA 안테나의 이득의 변화가 LPDA 안테나에 비해 적음을 알 수 있다.

### 3. 제작 및 측정결과



(a) LPDA 안테나

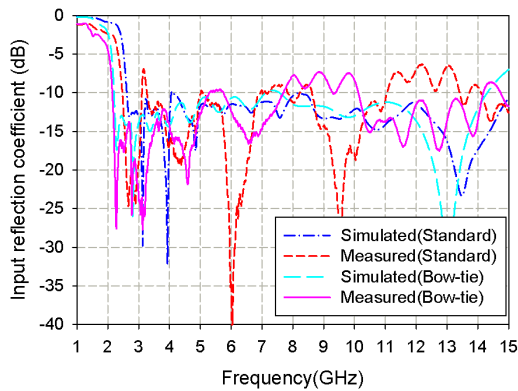


(b) LPBDA 안테나

[그림 5] 제작된 LPDA 안테나와 LPBDA 안테나의 사진  
[Fig. 5] Photographs of the fabricated LPDA and LPBDA antennas

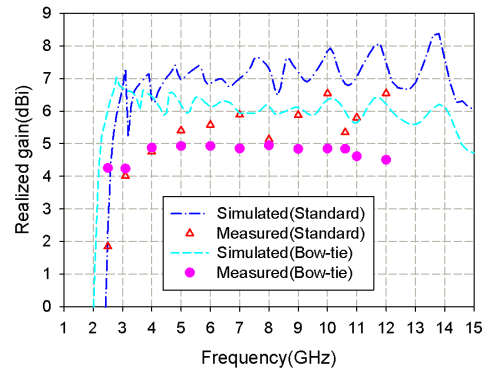
시뮬레이션 결과를 검증하기 위해 FR4 기판( $\epsilon_r = 4.4$ , 두께 = 0.8 mm, loss tangent = 0.025)을 이용하여 LPDA 안테나와 LPBDA 안테나를 제작하였다. 그림 5의 나타난 LPDA 안테나와 LPBDA 안테나는 동축선로로 급전되었으며, LPBDA 안테나의 양끝으로 벌어진 각도  $\theta$ 는 13도이다.

제작된 LPDA 안테나와 LPBDA 안테나의 입력 반사계수 특성을 시뮬레이션 결과와 비교한 그래프가 그림 6에 나타나 있다. LPDA 안테나의 경우, 측정 결과에서 가장 낮은 주파수가 2.47 GHz로 이동하였고 3.11~3.27 GHz 대역과 11.1~13.4 GHz 대역에서 -10dB 이상으로 임피던스 매칭 특성이 나빠짐을 알 수 있다. LPBDA 안테나의 경우, 가장 낮은 주파수가 2.15GHz로 시뮬레이션 결과와 유사하나 7.7~10.1 GHz 대역에서 -10dB 이상으로 임피던스 매칭 특성이 나빠지는 이유는 동축선로 급전 제작에서 발생하는 오차 등에 의한 것으로 판단된다.

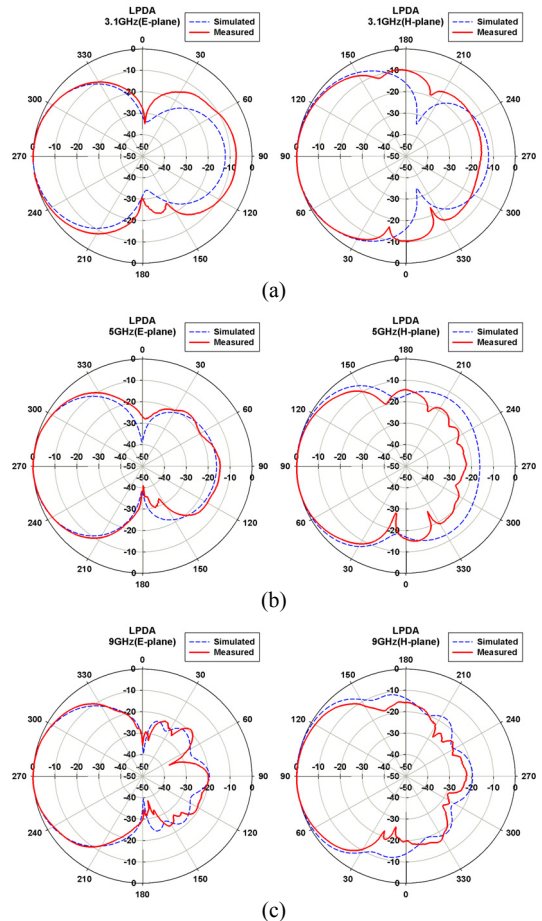


[그림 6] 제작된 LPDA 및 LPBDA 안테나의 입력 반사계수 특성  
[Fig. 6] Input reflection coefficient characteristics of the fabricated LPDA and LPBDA antennas

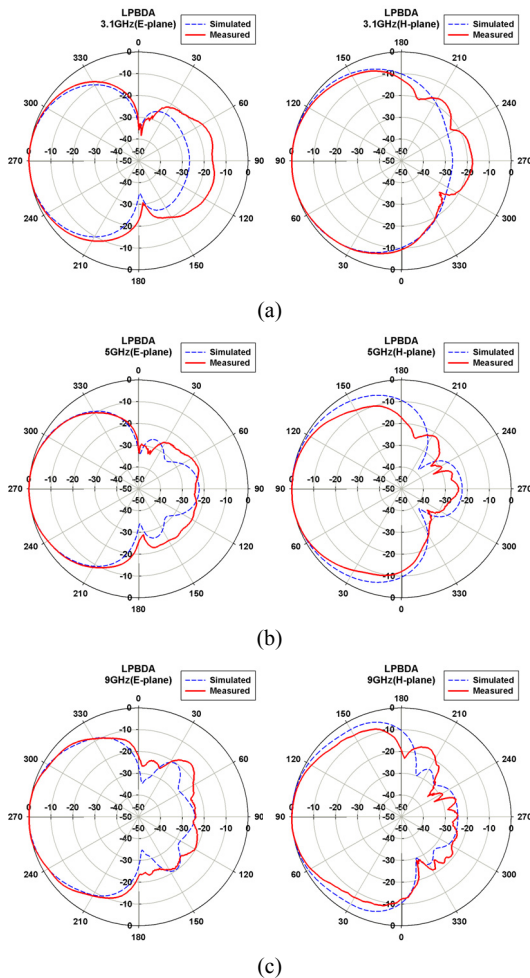
그림 7에는 제작된 LPDA 안테나와 LPBDA 안테나의 이득 특성을 비교하고 있다. LPDA 안테나의 경우, 3.1~10.6 GHz 대역에서 시뮬레이션한 이득은 5.2~8 dBi 범위에 있으며, 측정된 이득은 4~6.5 dBi 범위에 있다. LPBDA 안테나의 경우, 시뮬레이션한 이득은 5.7~6.7 dBi 범위에 있으며, 측정된 이득은 4.2~5 dBi 범위에 있다. 측정된 이득이 시뮬레이션한 이득과 차이를 보이는 이유는 동축선로 급전에서 발생하는 반사로 인한 손실과 동축선로 자체의 손실에 의한 것으로 보인다.



[그림 7] 제작된 LPDA 및 LPBDA 안테나의 이득 특성  
[Fig. 7] Realized gain characteristics of the fabricated LPDA and LPBDA antennas



[그림 8] 제작된 LPDA 안테나의 복사패턴: (a) 3.1 GHz, (b) 5 GHz, (c) 9 GHz  
[Fig. 8] Radiation patterns of the fabricated LPDA antenna: (a) 3.1 GHz, (b) 5 GHz, and (c) 9 GHz



[그림 9] 제작된 LPBDA 안테나의 복사패턴: (a) 3.1 GHz, (b) 5 GHz, (c) 9 GHz  
 [Fig. 9] Radiation patterns of the fabricated LPBDA antenna: (a) 3.1 GHz, (b) 5 GHz, and (c) 9 GHz

3.1 GHz, 5 GHz 및 9 GHz에서 LPDA 안테나의 E-면과 H-면 복사 패턴에 대한 시뮬레이션과 측정 결과에 대한 비교가 그림 8에 나타나 있다. 측정된 복사패턴은 시뮬레이션 결과와 비교적 잘 일치하며, E-면 빔 폭은 각각 73 도, 67 도, 62 도로, H-면 빔 폭은 89 도, 77 도, 75 도로 측정되었다. 전후방비(Front-back ratio)는 E-면은 각각 7.3 dB, 14.6 dB, 20.1 dB이고, H-면은 각각 15.7 dB, 22.6 dB, 22.6 dB이다. 그림 9에는 LPBDA 안테나의 3.1 GHz, 5 GHz 및 9 GHz에서 E-면과 H-면 복사 패턴이 나타나 있다. E-면 빔 폭은 각각 81 도, 68 도, 69 도로, H-면 빔 폭은 99 도, 76 도, 63 도로 측정되었다. 전후방비(Front-back ratio)는 E-면은 각각 16.3 dB, 24 dB, 23.8 dB

이고, H-면은 각각 17.6 dB, 24 dB, 24.7 dB이다. LPDA 안테나와 비교할 때 빔 폭은 조금 증가 혹은 감소하나 전후방비는 2~9 dB정도 개선됨을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 UWB 통신용으로 사용할 수 있는 대수 주기 보우타이 다이폴 배열 안테나에 대하여 연구하였으며, 보우타이 소자의 양끝으로 벌어진 각도에 따른 LPBDA 안테나의 입력 반사계수와 이득을 분석하였다. 양끝으로 벌어진 각도가 증가할수록 LPBDA 안테나의 가장 낮은 동작 주파수가 저주파수 대역으로 이동하여 주파수 대역폭이 늘어나지만, 평균이득은 줄어들었다. 그러나, LPDA 안테나에 비해 이득의 변화는 적고 전후방비가 향상되었다.

제안된 LPBDA 안테나는 UWB 통신용 지향성 안테나 혹은 휴대용 방향탐지용 안테나로서 전파 스펙트럼 측정을 위해 사용될 수 있다.

#### References

- [1] R. Waterhouse, Printed Antennas for Wireless Communications, John Wiley & Sons Ltd., 2007.
- [2] Hans Schantz, The Art and Science of Ultrawideband Antennas, Artech House. 2005.
- [3] G. H. Brown and O. M. Woodward, "Experimentally determined radiation characteristics of conical and triangular antennas," RCA Rev., pp. 425-452, Dec. 1952.
- [4] R. L. Carrel, "The characteristic impedance of two infinite cones of arbitrary cross section," IRE Trans. Antennas Propag., vol. 6, pp. 197-201, Apr. 1958.
- [5] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, Antenna theory and design, 2nd ed., Wiley, 1998.
- [6] C. A. Balanis, Antenna theory - Analysis and design, 3rd ed., Wiley-Interscience, 2005.
- [7] R. L. Carrel, "The design of log periodic dipole antenna," Proc. IRE Int. Convention Rec., 1961, pp. 61-75, pt. 1.

**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 박사후과정
- 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 ~ 1998년 12월 : 금오공과대학교 연구교수
- 1999년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 전자공학과 부교수

<관심분야>

전자기산란, 평면안테나