

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.2.257>

JIIBC 2017-2-37

하프 커팅을 이용한 이중 슬리브를 갖는 직사각형 평면 모노폴 안테나에 관한 연구

A Study on Rectangular Planar Monopole Antenna with a Double Sleeve Using Half Cutting

강상원*, 장대순**, 최광제***

Sang-Won Kang*, Tae-Soon Chang**, Gwang-Je Choe***

요 약 본 논문에서는 이중 슬리브를 갖는 직사각형 평면 모노폴 안테나에 하프 커팅과 불연속 급진 구조를 적용하여 안테나 특성을 확인하였다. 이중 슬리브를 갖는 직사각형 평면 모노폴 안테나를 자기 대칭 라인을 중심으로 하프 커팅을 하고, 급전부에 불연속 구조를 적용과 이중 슬리브 간격을 조정하여 임피던스 매칭을 하였다. 안테나 파라미터 특성을 확인하기 위하여 ANSYS사의 HFSS 시뮬레이터를 이용하였고, 안테나 크기는 $21 \times 40mm^2$ 이다. 제안한 안테나에서 VSWR이 2 이하인 시뮬레이션 주파수 대역은 2.6GHz~10.25GHz이다. 주파수 대역폭은 7.65GHz이다. 실제로 제작한 안테나의 주파수 대역은 3.3GHz~9.75GHz이며, 주파수 대역폭은 6.45GHz이다. 측정된 복사패턴 주파수는 3.5GHz, 5.5GHz, 7.5GHz, 9.5GHz이다. 모든 주파수에서 다이폴안테나 패턴과 유사한 복사패턴 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract In this paper, we proposed a rectangular planar monopole antenna with a double sleeve that applied to a half-cut and a discontinuous feed structure. A rectangular planar monopole antenna with a double sleeve was cut in half along the magnetic symmetry line, and impedance matching was achieved by a discontinuous structure was applied to a feeder and by adjusting the double sleeve gap. We used the HFSS simulator of ANSYS company to confirm the antenna parameter property, and the antenna size was $21 \times 40mm^2$. In the proposed antenna, the simulation frequency range with VSWR of 2 or less was 2.6GHz to 10.25GHz. The bandwidth was 7.65GHz. The frequency range of the fabricated antenna was 3.3GHz to 9.75GHz, and the bandwidth was 6.45GHz. The measured radiation pattern frequencies were 3.5GHz, 5.5GHz, 7.5GHz, and 9.5GHz. A radiation pattern similar to the dipole antenna pattern was obtained at all frequencies.

Key Words : Double Sleeve, Monopole Antenna, half Cut, Dipole

I. 서 론

초광대역 통신을 위한 평면형 모노폴 안테나가 계속 제안되고 있다.^[1] 초광대역 안테나를 위해서 최근에는 프랙탈 형태의 모노폴^[2], 하프 커팅 방법^[3], 변형된 슬리브

추가^{[5],[6]} 등이 계속 연구되고 있다.

본 연구에서는 이중 슬리브 직사각형 평면 모노폴 안테나에 하프 커팅을 적용하여 안테나 성능을 분석하였다. 일반적으로 평면형 모노폴 안테나에 슬리브 구조를 추가함으로써 기생요소 변화에 따른 광대역 동작과 크기의

*정희원, (주) 페스엔유 기술연구소

**정희원, 서일대학교 정보통신과

***정희원, 한라대학교 전기전자공학과

접수일자 2017년 1월 13일, 수정완료 2017년 3월 13일

게재확정일자 2017년 4월 7일

Received: 13 January, 2017 / Revised: 13 March, 2017 /

Accepted: 7 April, 2017

*Corresponding Author: kangsan7@hanmail.net

FESnU, Gocheon-dong, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

소형화를 이룰 수 있다. 더불어 하프 커팅을 시도함으로써 안테나의 크기를 반 정도로 줄일 수 있다. 급전부에 불연속 구조를 도입했다.^[4] 임피던스 매칭을 위해 복사기와 슬리브 사이 간격 조정, 갭 슬리브 간격 조정, 접지와 슬리브 간격을 조정, 급전은 마이크로스트립 라인으로 다단 형태로 하였다.

제안된 안테나의 검증을 위하여 ANSYS사의 HFSS 시뮬레이션 툴을 이용하였고, 안테나 측정을 위하여 Agilent사의 HP8722ES Vector Network Analyzer를 이용하여 반사손실을 측정하였으며, Far Filed Chamber를 통하여 안테나의 복사 특성을 측정하여 성능을 검증하였다.

II. 안테나 디자인과 설계

제안된 안테나는 이중 슬리브를 갖는 직사각형 형태의 평면형 모노폴 구조를 기본으로 한 것이다.^[1] 그림 1(a)에서 기준 안테나(RMA: reference monopole antenna)의 구조와 치수를 볼 수 있다. 안테나 기판은 유전상수가 4.7인 FR4로 구성되었으며, 두께는 1.2mm이다. 급전은 CPW로 하며, 모노폴과 접지면 사이의 간격, 갭 슬리브 사이의 간격, 복사기와 슬리브 사이 간격을 조정하여 임피던스 매칭을 하였다. 그림 1(b)는 급전부를 수정한 하프 커팅 안테나(FMHCA1: feed modified half cutting antenna)이다. 이 안테나는 Magnetic Symmetry line을 기준으로 해서 RMA를 정확하게 반으로 줄인 후 급전부에 계단 형태로 마이크로 스트립 라인을 구현하였다.^[4] 이를 통해 안테나의 크기가 RMA에 비해 52.5%로 작아지는 효과를 가져왔다. 특히 안테나 크기가 반으로 줄었음에도 다이폴 안테나의 전기적 대칭 조건에 만족하여 모노폴 안테나의 특성을 가진 Quasi-Monopole 구조로서 역할을 하게 된다. 그림 1(c)는 FMHCA1에서 급전부를 다시 한번 변형시킨 구조(FMHCA2)이다. 급전라인을 3단의 계단 형태로 변형시켜 임피던스 매칭을 시도하였다.

제안된 안테나 전체 크기는 $21 \times 40 \text{mm}^2$ 이고, 한쪽 접지면 크기는 $18.75 \times 17.4 \text{mm}^2$ 이다. 접지면과 급전라인 사이 간격은 0.15mm로 설계하였다. 이중 슬리브를 갖는 평면 모노폴 구조를 기본으로 하고 광대역을 이루기 위해 급전라인의 다단구조 이용하였으며, 갭 슬리브 간격(SG) 조정과 복사기와 슬리브 간격(RG) 조정으로 인한 기생요소 변화로 광대역 특성이 나타나고, 고주파 대

역에서 임피던스 정합이 향상되는 것을 예측할 수 있다. 그림 1의 단위는 mm이다.

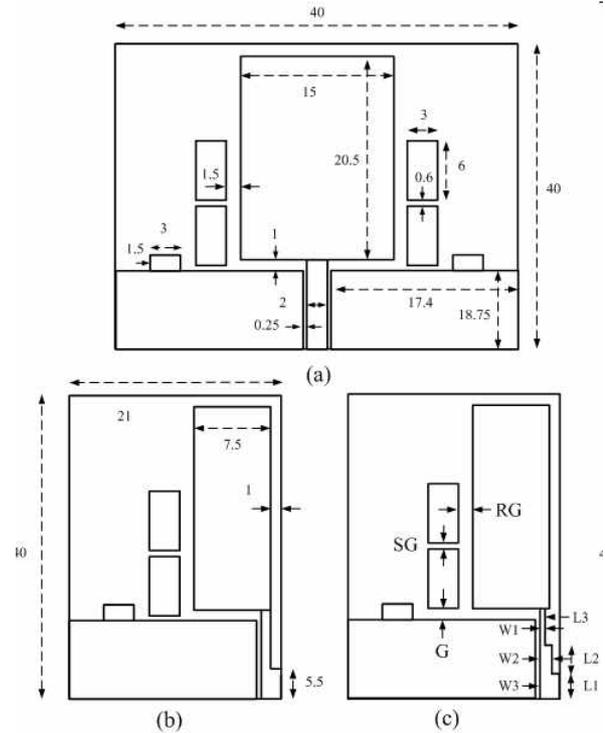


그림 1. 안테나 구조
Fig. 1. Antenna structure
(a) RMA (b) FMHCA1 (c) FMHCA2

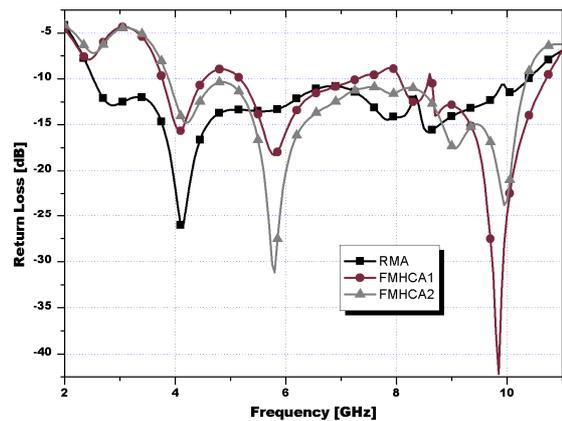


그림 2. 반사손실의 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 2. Simulation result of the return loss

그림 2는 그림 1에서 보여준 각각의 안테나에 대한 반사손실의 시뮬레이션 결과이다. RMA의 시뮬레이션 주파수는 2.5-10.5GHz이고, -10dB 대역을 만족한다. 반면 FMHCA1과 FMHCA2를 비교해 보면 4GHz 이하, 낮은

주파수 대역에서는 -10dB 대역을 만족하지 못하고 있다. FMHCA1에 비해 FMHCA2가 -10dB 대역폭이 더 넓은 것을 알 수 있다. FMHCA2의 주파수는 3.85-10.4GHz이고, 대역폭은 6.5GHz이다. 이를 통해 불연속 급전 라인이 효과적으로 임피던스 매칭에 도움을 주는 것을 확인할 수 있다. 3.85GHz이하 대역에서 임피던스 미스매칭을 해결하기 위해서 안테나의 각종 요소의 파라미터 스윙을 시도하였다. 표 1의 제안된 안테나의 치수를 나타내었다.

표 1. 제안한 안테나 치수

Table 1. The dimensions of proposed antenna, Unit : [mm]

G	1.5	SG	1.5
RG	1.5	W1	0.5
W2	1	W3	2
L1	6.5	L2	4
L3	8		

III. 안테나 파라미터 분석

하프 커팅을 이용한 이중 슬리브 직사각형 평면 모노폴 안테나 특성 분석 결과 반사손실에 가장 많은 영향을 미치는 부분은 급전(feed), 갭 슬리브 사이 간격(SG), 접지면과 슬리브 간격(G), 복사기와 슬리브 간격(RG)인 것을 확인하였다. 이 값들을 파라미터로 정하고 변화시키며 임피던스 매칭을 시도하였다.

1) 갭 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성

갭 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 변화를 그림 3에 나타내었다. 갭 슬리브 간격을 0.5~2mm 변화를 주었다. 갭 슬리브 간격이 0.5mm 일 때는 5.55GHz 이상에서는 -10dB 대역을 만족하지 못하였고, 주파수 대역폭은 3.25GHz이다. 갭 슬리브 간격이 1mm 일 때 주파수 대역폭은 7.6GHz이다. 0.5mm 일 때보다 대역폭이 133% 확대되었다. 갭 슬리브 간격이 1.5mm 일 때 주파수 대역은 2.6~10.3GHz이고, 대역폭은 7.7GHz이다. 2mm 일 때도 주파수 대역폭이 7.65GHz이다. 갭 슬리브 간격은 1.5mm로 정하였다. 이 결과를 분석해 보면 갭 슬리브 간격이 1mm 이상일 때 대역폭이 확장되는 것을 알 수 있었고, 갭 슬리브 간격이 고주파 영역에서 영향을 받는 것을 알 수 있다.

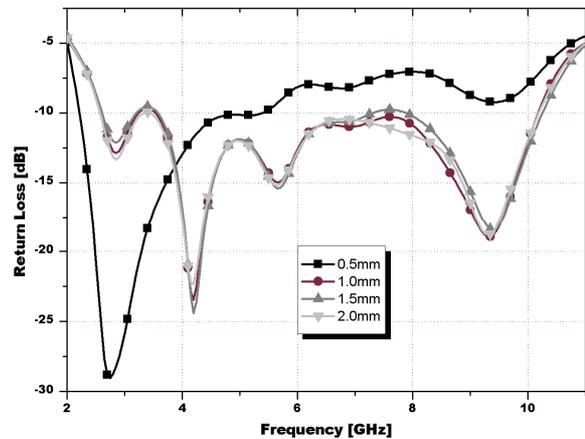


그림 3. 갭 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성
 Fig. 3. Return loss for gap variation of gap sleeve

2) 복사기와 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성

복사기와 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 변화를 그림 4에 나타내었다. 복사기와 슬리브 간격을 0.5~2mm 변화를 주었다. 0.5mm 일 때는 주파수 대역은 2.5~9.9GHz이고, 대역폭은 7.4GHz이다. 1.5mm 일 때 주파수 대역폭은 7.7GHz로 최대 대역폭을 확인하였다.

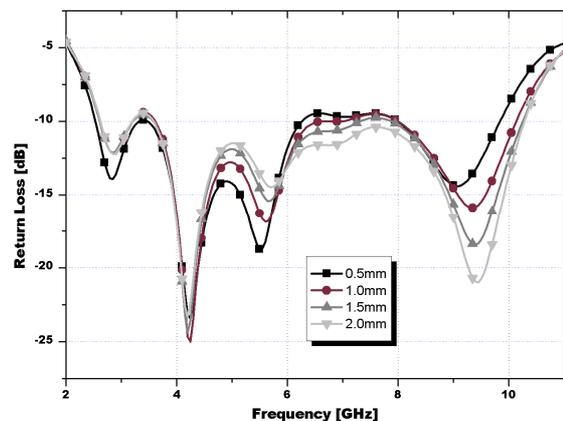


그림 4. 복사기와 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성
 Fig. 4. Return loss for gap variation between radiator and sleeve

복사기와 슬리브 간격이 1mm 이하 일 때 대역폭은 7GHz 이상이나, 6~8GHz 사이의 반사손실이 -10dB에 만족하지 못하고 있다. 복사기와 슬리브 간격이 1.5mm 이상 일 경우 -10dB이하 대역을 만족하며 대역폭도 증대되는 것을 확인할 수 있다. 그래서 복사기와 슬리브 사이의 간격은 1.5mm로 정하였다.

3) 접지면과 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성

접지면과 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 특성을 그림 5에 나타내었다. 접지면과 슬리브 간격을 0.5mm~2.5mm까지 변화를 주었다. 0.5mm, 1mm일 때 주파수 대역은 2.6~10.2GHz이다. -10dB 대역을 만족하지 못하는 대역이 3.15~3.5GHz와 6.3~8.05GHz이다. 이 구간의 대역폭은 2.1GHz이다. 1.5mm일 때 대역폭의 27%가 된다. 접지면과 슬리브 간격이 1.5mm 일 때 주파수 대역이 2.6~10.3GHz이고, 대역폭은 7.7GHz이다. 2.5mm일 경우 -10dB 대역을 만족하는 대역폭은 7.65GHz이다. 이 결과를 분석해 보면 접지면과 슬리브 간격이 커질수록, -10dB 반사손실 값을 만족하면서 대역폭이 증대되는 것을 알 수 있다. 접지면과 슬리브 간격은 1.5mm로 정하였다.

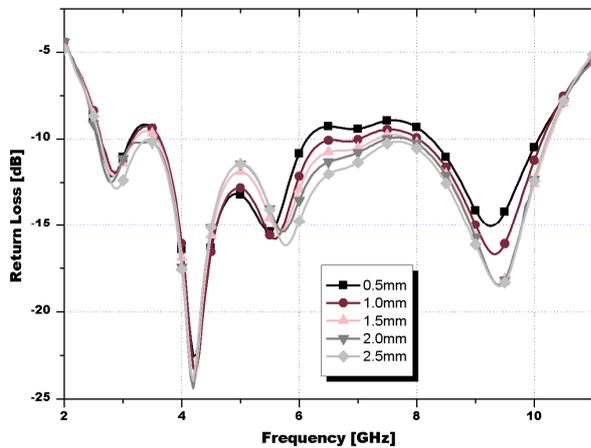


그림 5. 접지면과 슬리브 간격 변화에 따른 반사손실 변화
Fig. 5. Return loss for gap variation between ground plane and sleeve

IV. 안테나 제작 및 측정

최적화된 시뮬레이션 결과를 이용하여 안테나를 제작하였다. 안테나 기판 재질은 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$ 인 FR4이며 안테나 기판 높이는 1.2mm이다. 안테나와 접지면 재질은 1온스의 동(copper)을 사용하여 제작하였다. 안테나 급전은 SMA 컨넥터를 이용하였고, 그림 6은 제작된 안테나 사진을 나타내었다. 안테나 특성 파라미터인 반사손실 측정은 예질런트사의 HP8722ES Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다.

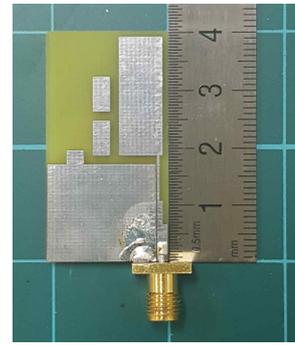


그림 6. 제작된 안테나 사진
Fig. 6. Photograph of fabricated antenna

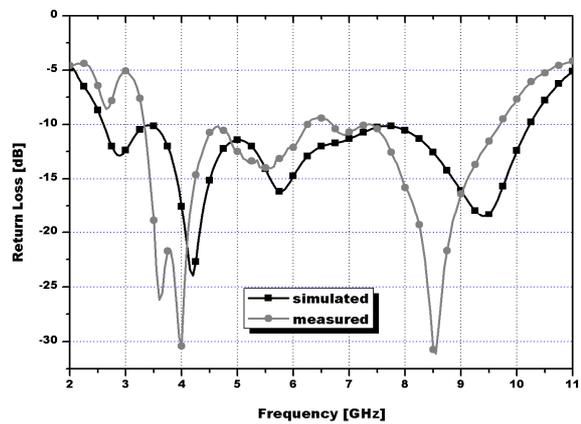


그림 7. 시뮬레이션 결과와 측정 결과 비교
Fig. 7. Comparing with simulation and measurement results

그림 7은 최적화된 시뮬레이션 반사손실 결과와 측정된 반사손실 결과를 비교하여 나타내었다. 반사손실 기준은 -10dB 이하로 정하였다. VSWR 기준으로는 2이하 값이다. 최적화된 시뮬레이션 반사손실 결과의 주파수 범위는 2.6GHz - 10.25GHz이고, 대역폭은 7.65GHz이다. 측정된 결과의 주파수 범위는 3.3GHz - 9.75GHz이고, 대역폭은 6.45GHz이다. 시뮬레이션 결과와 측정된 반사손실 값을 살펴보면, 전 대역에서 반사손실 특성이 매우 유사하나 대역폭의 차이가 1.2GHz임을 확인하였다. 기존의 이중 슬리브 평면 모노폴 안테나에 비해 크기가 반으로 줄어도 측정된 대역폭이 6.45GHz 이상이므로 초광대역 통신에 사용 가능 할 수 있다고 판단된다.

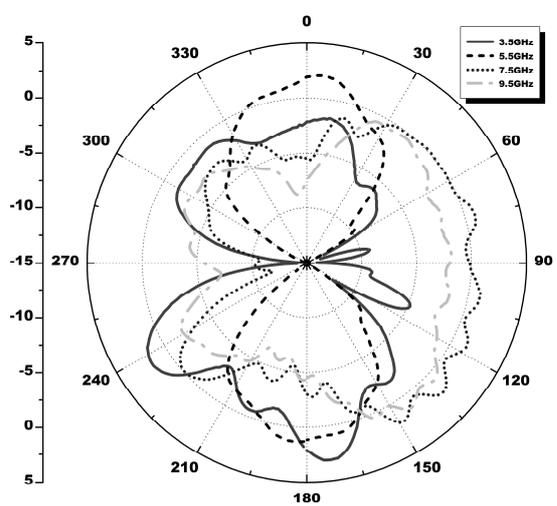
복사패턴 측정은 대전 테크노파크의 Antenna Far Field Chamber를 이용하였다. 그림 8은 측정된 안테나의 복사패턴을 나타내었다. 측정 패턴은 XY-plane과 YZ-plane을 측정하였고, 측정 주파수는 3.5GHz와 5.5GHz, 7.5GHz, 9.5GHz이다. 표 2에 각각의 주파수 별 이득(gain)을 나타내었다. 최대 이득은 4.94dBi이고, 최소 이

득은 0.01dBi임을 알 수 있다. 각각의 복사패턴을 살펴보면 270°와 90°부분에서 Null 부분이 형성 되므로 다이폴 복사패턴과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

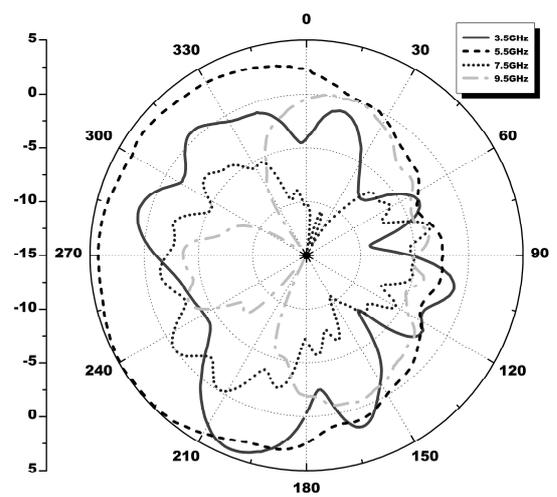
표 2. 측정된 이득 비교

Table 2. Comparing with measurement gain results

XY-plane [dBi]	3.5GHz	3.13
	5.5GHz	2.11
	7.5GHz	2.15
	9.5GHz	1.27
YZ-plane [dBi]	3.5GHz	4.36
	5.5GHz	4.94
	7.5GHz	0.01
	9.5GHz	0.10



(a) XY-plane



(b) YZ-plane

그림 8. 측정된 안테나의 복사패턴

Fig. 8. The radiation patterns of the measured antenna

측정된 이득을 살펴보면 주파수가 높을수록 이득이 감소하는 특징을 나타내고 있고, 주파수가 높을수록 Null의 개수가 증가하는 것을 알 수 있다. 그 이유는 표면 전류 변화에 의해 나타난다. 주파수가 높을수록 표면 누설 전류가 커지기 때문이다.

VI. 결론

본 논문은 하프 커팅을 이용한 이중 슬리브 직사각형 평면 모노폴 안테나에 관한 것이다. 깎 슬리브 간격 변화(SG), 복사기와 슬리브 간격변화(RG), 접지면과 슬리브 간격 변화(G), 다단의 급전라인 설계를 통해 안테나 특성 변화를 확인하였다. 기준 안테나를 하프 커팅을 통해 안테나 크기가 반을 줄어 $21 \times 40 \text{mm}^2$ 이다. 깎 슬리브 간격(SG)은 1.5mm이고, 복사기와 슬리브 간격변화(RG)도 1.5mm, 접지면과 슬리브 간격 변화(G)도 1.5mm로 최적화 되었다. 시뮬레이션 주파수 대역폭은 7.65GHz이고, 측정된 주파수 대역폭은 6.45GHz이다. 측정된 최대 이득 값은 4.94dBi이다. 기존의 직사각형 평면 모노폴 구조에 이중 슬리브를 추가 임피던스 매칭을 할 수 있고, 안테나 크기를 소형화하기 위해, 하프 커팅과 파라미터 스위프 통해 임피던스 매칭이 가능했다. 이러한 결과를 바탕으로 하프 커팅을 이용한 이중 슬리브 직사각형 평면 모노폴 안테나가 초광대역용 안테나에 적용가능구조라는 것을 확인 할 수 있었다.

References

- [1] Sang-Won Kang, Tae-Soon Chang, "Design of Rectangular Planar Monopole Antenna with a Double Sleeve", Journal of IIBC, Vol. 16, No 1, pp. 215-220, Feb. 2016.
- [2] A. Pandey, S. Singhal, and A. K. Singh, "CPW-fed third iterative square-shaped fractal antenna for UWB applications", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, Vol. 58, pp. 92-99, Jan. 2016.
- [3] W.-J. Liu, and Q.-X. Chu, "Half-cut disc UWB antenna with tapered CPW structure for USB application", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, Vol. 52, pp. 1380-1384, Jun. 2010.

- [4] G. P. Gao, B. Hu, and J. S. Zhang, "Design of a miniaturization printed circular-slot UWB antenna by the half-cutting method", *IEEE antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 12, pp. 567-570, 2013.
- [5] Mohammad Matin, "Ultra Wideband Communications, Novel Trends - Antennas and Propagation", pp. 215-218, InTech, 2011.
- [6] Sang-Won Kang, Tae-Soon Chang, Yun-Min Lee, "Implementation of DTV Indoor Receiving Antenna with Gap Sleeve Structure", *Journal of IIBC*, Vol. 16, No 2, pp. 145-150, Apr. 2016.

저자 소개

장 상 원(정회원)



- 1999년 : 세명대학교 전자공학과(공학사)
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학석사)
- 2013년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학박사)
- 2006년 8월 ~ 현재 : (주)페스엔유 연구 소장

<주관심분야 : 안테나 및 위성통신>

장 대 순(정회원)



- 2001년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신과 강의교수

<주관심분야 : 안테나 설계, UWB system, 무선전력전송 등>

최 광 제(정회원)



- 1979년 : 광운대학교 무선통신과(공학사)
- 1989년 : 건국대학교 전자공학과(공학석사)
- 1997년 : 건국대학교 전자공학과(공학박사)
- 현재 : 한라대학교 전기전자공학과 교수

<주관심분야 : 안테나 및 무선기기>