

에지를 가진 역삼각형 구조 평면 모노폴 안테나에 대한 연구

A Study on Inverted Triangle Structural Planar Monopole Antenna with Edge

최홍주*, 이윤민*, 오규중**

Hong - Ju Choi*, Yun - Min Lee* and Kyu - Jong Oh**

요 약

본 논문에서는 UWB(Ultra Wide Band) 통신을 위하여, 에지(edge)를 가진 역삼각형 구조의 평면 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 역삼각형 구조의 모노폴 안테나 양쪽에 에지를 갖는 구조를 구성하여 광대역 특성을 갖도록 한 것으로, 모노폴과 그라운드가 같은 평면에 존재하도록 하고, CPW 급전 방식을 적용하였다. 유전 상수가 4.4인 FR4 유전체 기판을 사용하였고, 안테나 크기는 $20 \times 20 \times 1.6$ mm 이다. 측정 결과 3.1 ~ 10.1 GHz(7.0 GHz)에서 -10 dB 이상의 반사 손실 값을 가졌다. 복사 패턴은 모든 주파수에서 다이폴 안테나 복사 패턴과 비슷한 전방향성(omni - directional) 특성을 보였고 E - plane 최대 이득은 8.44 dBi 이다.

Abstract

In this paper, inverted triangle structural planar monopole antenna with Edge for UWB Communication (3.1 ~ 10.6 GHz) is presented. The antenna have broadband property structurally through inverted triangle structural planar monopole which have edge. Monopole and ground of proposed antenna exist on coplanar plane, and excite as CPW. It used FR4 dielectric substrate of $\epsilon_r = 4.4$, and the size is $20 \times 20 \times 1.6$ mm. Return loss is more than - 10dB in 3.1 ~ 10.1 GHz (7.0 GHz). Radiation pattern is about the same that of dipole antenna at all frequency. At measured result, max gain is 8.44 dBi at E - plane.

Key words : UWB Antenna, Inverted Triangle Structure, Edge of Monopole

I. 서 론

UWB 기술은 1 nsec 이하의 폭이 좁은 펄스를 이용하여 정보를 전송하는 기술로, 초광대역 특성을 보이므로 100 Mbps 이상으로 데이터 전송을 할 수 있

고[1][2] 상대적으로 매우 낮은 전력 밀도 스펙트럼 분포를 보이므로 같은 대역을 사용하는 다른 무선통신에 간섭을 주지 않고 통신할 수 있어서 별도의 허가 없이 사용할 수 있다.

3.1 ~ 10.6 GHz 주파수 대역 UWB 통신에 적용하는 안테나는 $VSWR \leq 2$ 를 만족해야 하고, 신호 분산을 최소화하여 양호한 복사 패턴을 가져야 한

* 건국대학교 전자정보통신공학부(Dept. of Electronics, Information & Communication Engineering, Konkuk University)

** 가천의과학대학교 보건행정과(Dept. of Health Administration, Gachon University of Medicine and Science)

· 제1저자 (First Author) : 최홍주

· 교신저자(Corresponding Author) : 오규중

· 투고일자 : 2011년 7월 15일

· 심사(수정)일자 : 2011년 7월 18일 (수정일자 : 2011년 8월 19일)

· 게재일자 : 2011년 8월 30일

다.[2]

UWB 통신용 소형 안테나로는 원형이나 타원형 또는 사각형의 광대역 모노폴 안테나, 슬롯과 혼 구조의 삼각뿔 구조 모노폴 안테나, 자기상보 안테나 등을 사용할 수 있다. Johnna Powell은 모노폴과 그라운드 가 모두 타원 형태를 가지는 안테나를 설계했고 [3] Nikolay Telzhensky는 Johnna Powell이 제안한 안테나를 바탕으로 differential ended 형태의 안테나를 최적화시켰다.[4] 또한 partial ground plane과 프랙탈 개념을 사용한 트리 구조 안테나[5], 변형된 슬롯 구조를 가지는 보우타이 안테나[6], $\lambda/4$ 공진을 하는 개방 슬롯 구조를 가지는 안테나[7], pellet 모양 평면 모노폴 안테나[8] 등이 제안되었다.

본 논문에서는 에지를 가진 역삼각형 구조 평면 모노폴 안테나를 설계하고 제작하여, CPW(Coplanar Waveguide) 급전 방식을 적용하여 UWB 통신에 사용할 수 있음을 보인다. 역삼각형 구조의 모노폴에 에지 각과 에지 높이 그리고 그라운드 간격 등의 파라미터를 조정함으로써 안테나 반사 손실 및 복사 패턴이 UWB 특성에 적합하도록 최적화 하였다.

II. 안테나 구조

안테나의 기본 구조는 역삼각형 구조의 평면형 모노폴 형태이며 CPW 급전을 하였다. CPW 급전 방식은 같은 면에 급전선과 접지 면을 함께 놓은 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) 형태로 능동 소자와 함께 집적화하기 쉽다는 장점을 갖는다. 급전선과 접지 면 사이에 수직으로 전자계가 형성되어 마이크로스트립과 달리 완전한 TEM 모드를 구현할 수 있으므로 고주파로 갈수록 마이크로스트립 급전 방식보다 CPW 급전 방식의 전송 특성이 더 좋아진다.[9][10]

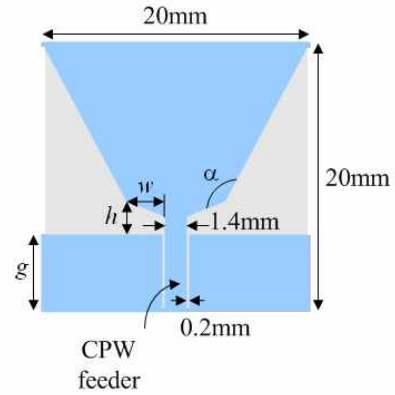


그림 1. 제안한 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

그림 1 에 제안한 안테나를 보인다. 그림에서 보듯이 접지 면과 에지 사이에 갭(gap)이 존재하는데 갭이 커지면서 에지 각 α 가 변화하는 형태를 보인다. 안테나 역삼각형 구조에 에지를 형성하면서 갭이 각도 α 로 표현되는 기하학적 구조를 가질 때 자기 상보 구조가 되어 광대역 특성을 갖는다. 에지 각 α 가 커지면 입력 임피던스 실수부가 주파수 변화에 대해 덜 민감해지므로 광대역 안테나 특성을 얻을 수 있는 것이다.

안테나 폭과 길이는 20 mm로 고정하였고 CPW 급전을 위한 급전선 폭은 1.4 mm, 급전선과 접지 면 사이는 0.2 mm 이다. 기판은 유전 상수가 4.4인 FR4를 사용하였고 두께는 1.6 mm이다.

III. 안테나 설계

표 1 에 안테나 특성 변화에 관여하는 파라미터를 나타내었다. 에지의 높이(h)와 넓이(w)에 따라 에지 각 α 가 변화되면 역삼각형 구조 모노폴 도체 단면적의 증감으로 인하여 안테나 특성이 변화되고 또, 그라운드 폭(g)을 변화시켜도 안테나 특성이 변화 한다.

표 1. 안테나 파라미터
Table. 1. Parameter of the antenna.

	내용	크기
h	그라운드와 모노폴 간격	0.2 ~ 4.0mm
w	에지 폭	1.2 ~ 3.2mm
g	그라운드 폭	2.2 ~ 5.0mm

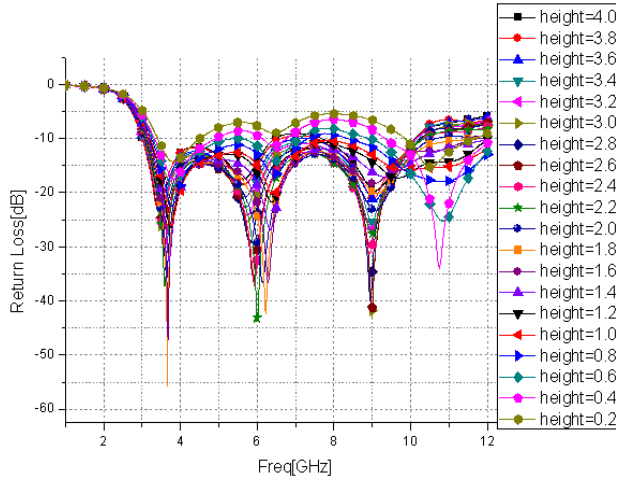


그림 2. h 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss for various h .

그림 2 는 그라운드와 모노폴 에지 간격 h 를 변화시키면서 반사 손실 특성을 관찰한 결과이다. h 가 0.2 ~ 0.8 일 때는 반사 손실 변화 폭이 작고 10 dB 이상의 반사 손실을 얻을 수 없으나, h 가 1.0보다 클 때 UWB 대역 즉 3.1 ~ 10.6 GHz에서 10 dB 이상의 반사 손실을 얻을 수 있고 h 가 1.4 ~ 2.2 일 때 UWB 대역 아래쪽 주파수에서 반사 손실이 가장 크게 나타나며, h 가 1.6 ~ 2.6 일 때 UWB 대역 중간 주파수에서 반사 손실이 가장 크게 나타남을 보여준다. 또 h 가 2.2 ~ 3.0 일 때 UWB 대역 위쪽 주파수에서 반사 손실이 가장 크게 나타남을 알 수 있다. 결국 h 가 2.0 일 때 UWB 대역 전체 특성이 가장 우수함을 알 수 있다.

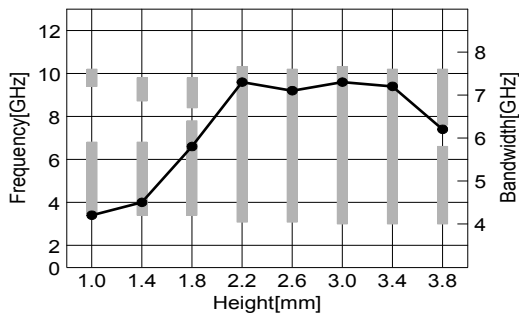


그림 3. h 변화에 따른 10dB 안테나 대역폭
(막대그래프 : 10dB 대역 주파수 분포, 선 그래프 : 10dB 대역폭)
Fig. 3. 10dB bandwidth of the antenna for various h .
(Bar graph : 10dB band frequency distribution, line graph : 10dB bandwidth)

그림 3 은 10 dB 대역폭을 나타낸 그래프이다. 막대그래프는 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 분포를 나타내고, 선 그래프는 UWB 대역 내에서 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 대역폭을 표현한 것이다. 선 그래프를 통해 보면 $2.2 \leq h \leq 3.4$ 일 때 대역폭이 비슷한 값을 유지하고 있다. $h \leq 1.8$, $h \geq 3.8$ 일 때 반사 손실 특성이 불안정함을 알 수 있다.

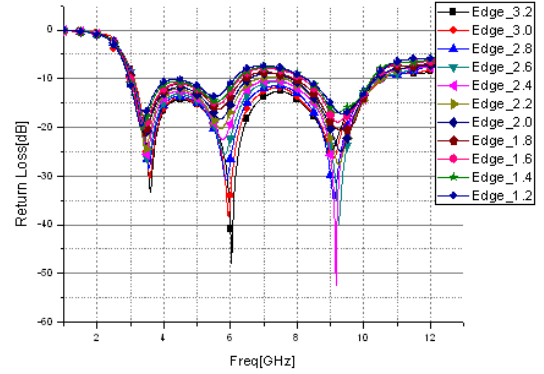


그림 4. w 변화에 따른 반사 손실
Fig. 4. Return loss for various w

그림 4 는 모노폴 에지 폭 w 를 변화시키면서 반사 손실 특성을 관찰한 결과이다. $h \geq 2.2$ 일 때 아래쪽과 중간 주파수에서 반사 손실이 가장 크게 나타나고 $2.2 \leq h \leq 2.8$ 일 때 위쪽 주파수에서 반사 손실이 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

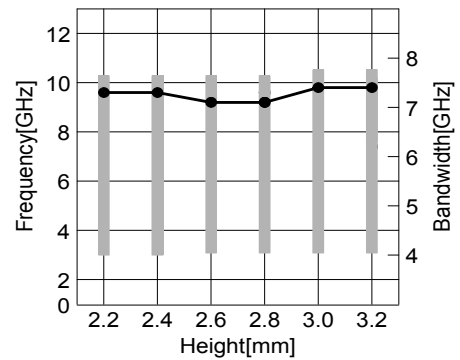


그림 5. w 변화에 따른 10dB 안테나 대역폭
(막대그래프 : 10dB 대역 주파수 분포, 선 그래프 : 10dB 대역폭)
Fig. 5. 10dB bandwidth of the antenna for various w .
(Bar graph : 10dB band frequency distribution, line graph : 10dB bandwidth)

그림 5 는 10 dB 대역폭을 나타낸 그래프이다. 그림 3 과 마찬가지로 막대그래프는 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 분포를 나타내고, 선 그래프는 UWB 대역 내에서 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 대역폭을 표현한 것이다.

그라운드와 모노폴 에지 간격 h 와 모노폴 에지 폭 w 를 변화시키며 관찰한 결과, 공진 주파수 이동은 미세하였으나 임피던스 매칭에는 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

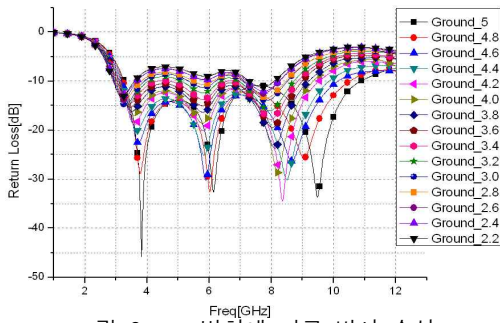


그림 6. g 변화에 따른 반사 손실
Fig. 6. Return loss for various g

그림 6 은 그라운드 폭 g 를 변화시키면서 반사 손실 특성을 관찰한 결과이고, 그림 7 은 10 dB 대역폭을 나타낸 그래프이다. 그림 7 과 마찬가지로 막대그래프는 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 분포를 나타내고, 선 그래프는 UWB 대역 내에서 반사 손실이 10 dB 이상인 주파수 대역폭을 표현한 것이다.

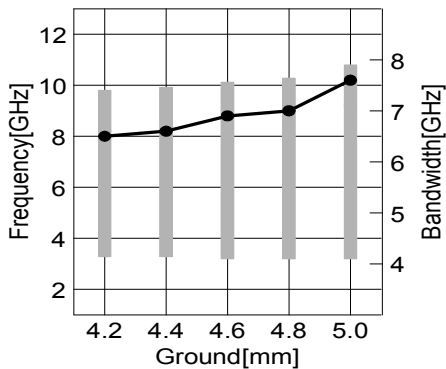


그림 7. g 변화에 따른 10 dB 안테나 대역폭
(막대그래프 : 10dB 대역 주파수 분포, 선 그래프 : 10dB 대역폭)

Fig. 7. 10 dB bandwidth of the antenna for various g
(Bar graph : 10dB band frequency distribution, line graph : 10dB bandwidth)

그림 6 과 그림 7 에서 g 가 4.8 ~ 5.0 일 때 전체적인 특성이 우수하게 나타남을 확인할 수 있다. 3개 변수 h, w 및 g 를 변화시키며 안테나 특성을 최적한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 최적화된 안테나 파라미터
Table. 2. Optimized parameter of the antenna.

파라미터	크기
h	2.0mm
w	2.8mm
g	4.8mm

IV. 안테나 제작 및 측정

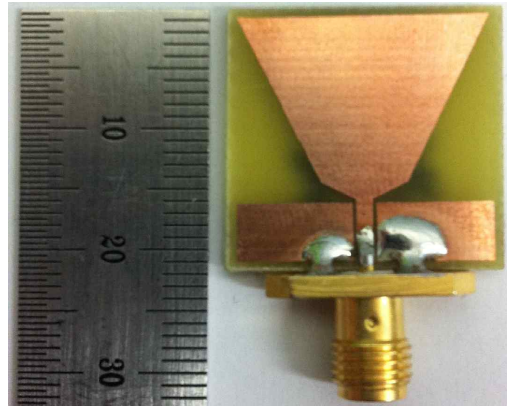


그림 8. 제작한 안테나 실물 사진
Fig. 8. Photograph of fabricated antenna

그림 8 에 제작한 안테나 실물 사진을 나타내었고 안테나 측정은 HP8720C network analyzer를 사용하였다.

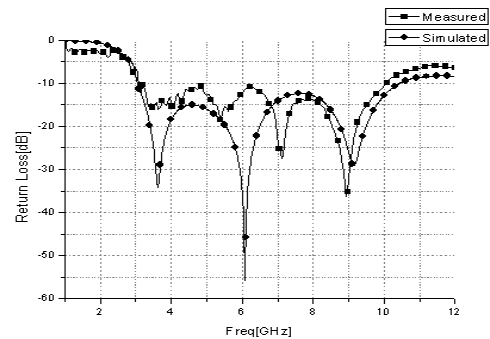
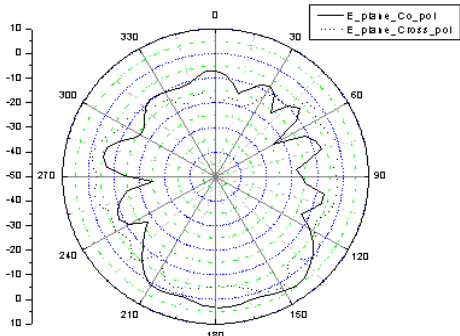


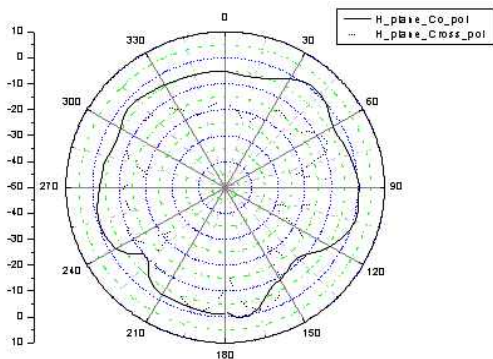
그림 9. 시뮬레이션과 측정 결과를 비교한 반사 손실
Fig. 9. Return loss compared simulated result with measure result.

그림 9 에 시뮬레이션 결과와 측정 결과에 대한 반사 손실 비교 그래프를 보인다.

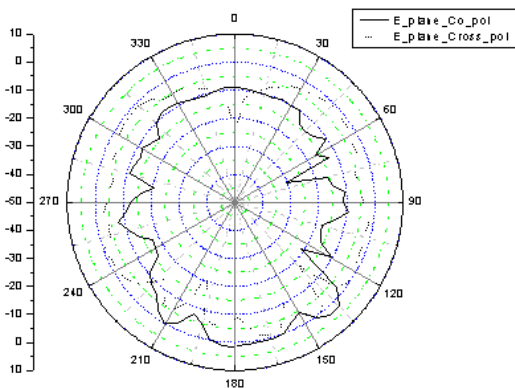
시뮬레이션 결과 3.1 ~ 10.42 GHz (7.52 GHz)에서 10 dB 이상의 반사 손실 값을 가졌고 측정 결과는 3.1 ~ 10.1 GHz (7.0 GHz)에서 10 dB 이상의 반사 손실 값을 가졌다. 측정치가 시뮬레이션 결과보다 조금 작은 10 dB 대역폭을 얻었다. UWB 대역과 비교해서 시뮬레이션 결과와 측정치 모두 약간 작은 10 dB 대역폭을 보였다.



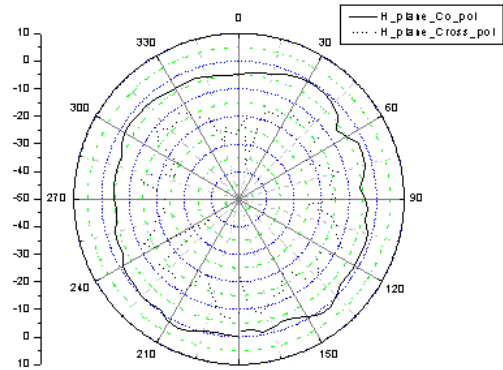
(a) 3.5 GHz 복사 패턴(E-plane)
(a) 3.5 GHz radiation pattern(E-plane)



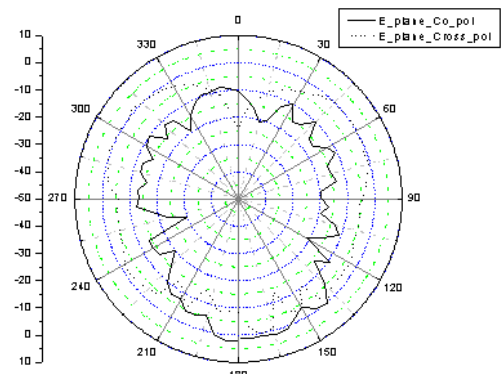
(b) 3.5 GHz 복사 패턴(H-plane)
(b) 3.5 GHz radiation pattern(H-plane)



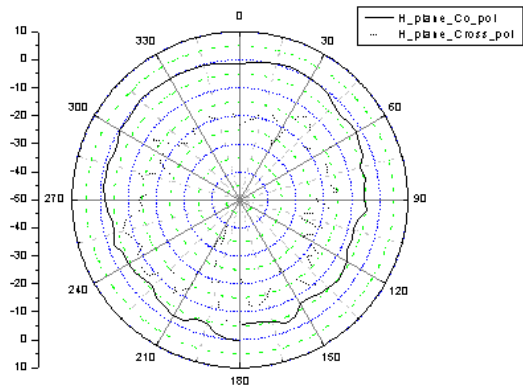
(c) 5.5 GHz 복사 패턴(E-plane)
(c) 5.5 GHz radiation pattern(E-plane)



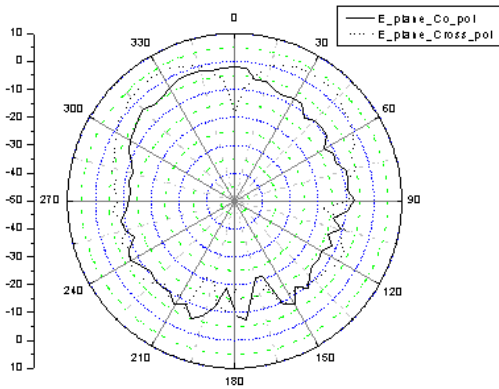
(d) 5.5 GHz 복사 패턴(H-plane)
(d) 5.5 GHz radiation pattern(H-plane)



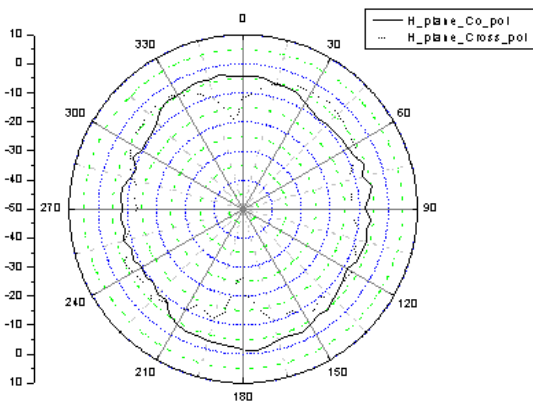
(e) 7.5 GHz 복사 패턴(E-plane)
(e) 7.5 GHz radiation pattern(E-plane)



(f) 7.5 GHz 복사 패턴(H-plane)
(f) 7.5 GHz radiation pattern(H-plane)



(g) 10.5 GHz 복사 패턴(E-plane)
(g) 10.5 GHz radiation pattern(E-plane)



(h) 10.5 GHz 복사 패턴(H-plane)
(h) 10.5 GHz radiation pattern(H-plane)

그림 10. 복사 패턴
Fig. 10. Radiation pattern

그림 10 에 제작한 안테나의 복사 패턴을 측정된 결과를 보인다. 3.5 GHz, 5.5 GHz, 7.5 GHz, 10.5 GHz 각 주파수 별로 E - plane(x - z 평면)과 H - plane(x - y 평면)에서 복사 패턴을 나타내었다. 4개 주파수 모두 전방향성(omni - directional)의 좋은 형태를 보이며 반파 다이폴처럼 무지향성 복사 패턴을 보이고 있다. E - plane 최대 이득은 각각 8.44 dBi, 6.24 dBi, 5.67 dBi 및 4.37 dBi이다.

V. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신을 위하여, 예지를 가진 역삼각형 구조의 평면 모노폴 안테나와 그라운드와 같은 평면에 존재하는 구조를 제안하고 CPW 급전

방식을 적용하였다. 그라운드 부분에서 모노폴 복사 도체 사이로 슬롯이 형성되고, 도체 면과 슬롯이 각도로 표현되는 기하학적 구조를 가지므로 자기 상보 구조와 유사한 형태의 구조로 광대역 특성을 갖는다. 측정 결과 3.1 ~ 10.1 GHz(7.0 GHz)에서 10 dB이상의 반사 손실 값을 가졌다. E - plane 최대 이득은 8.44 dBi 이고 복사 패턴은 모든 주파수에서 다이폴 안테나 복사 패턴과 비슷한 형태의 전방향 특성을 확인하였다. 집적화가 용이한 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) 형태로 장차 소형화 에 크게 이용될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Zhi Ning Chen, "UWB Antennas : Design and Application", Information, Communication & Signal Processing, 2007 6th International Conference on Vol. Issue 10-13, pp. 1-5, Dec. 2007.
- [2] D. C. Chang, "UWB antennas and their applications", Antenna Technology, *Small Antennas and Novel Metamaterials*, 4(6), pp. 14-19, Mar. 2008.
- [3] Johnna Powell, "Antenna Design for Ultra Wideband Radio", Master of science in electrical engineering at the massachusetts institute of technology, 2004. 7.
- [4] Nikolay Telzhensky, Yehuda Leviatan, "Planar Differential Elliptical UWB Antenna Optimization", *IEEE Transactions on Antennas and Propagations*, Vol. 54, No. 11, Nov. 2006.
- [5] Jong K. Park, Hee S. An, and Jung N. Lee, "Design of the tree-shaped UWB antenna using fractal concept", *Microwave and optical technology letters*, Vol. 50, No. 1, Jan. 2008.
- [6] Mehdipour, A., Mohammadpour-Aghdam, K., Faraji-Dana, R., Sebak, A. R., "Modified slot bow-tie antenna for UWB applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 50, No. 2, Feb. 2008.
- [7] Chen, W. S., Ku, K. Y., "Bandwidth enhancement of open slot antenna for UWB applications", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 50 No. 2, Feb. 2008.
- [8] C. H. Chan, T. K. Lee, and W. S. Chan, "Printed

UWB pellet-shape microstrip-fed monopolar antenna for 3.1 to 17 GHz”, *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 50, No. 2, Feb. 2008.

[9] Seong H. Lee, Jong K. Park and Jung N. Lee, “A novel CPW-Fed ultra-wide band antenna design,” *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 44, No. 5, Mar. 2005.

[10] W. C. Liu, “Wideband dual-frequency double inverted-L CPW-Fed monopole antenna for WLAN application,” *IEEE Microwaves, Antennas and Propagations*, Vol. 152, No. 6, pp.520-526, Dec. 2005.

[7] 이동현, 박위상, “표면 전류 분포를 이용한 T자형 UWB 평면형 모노폴 안테나 해석”, *한국전자과학 회논문지 제16권 제9호*, pp.883-892, 2005.9.

오 규 종(吳圭鐘)



1984년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)

1987년 8월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

2011년 8월: 순천향대학교 정보통신공학과 (공학박사)

1993년~2005년: 가천의과대학교 전산과 교수

2006년~현재: 가천의과대학교 보건행정과 교수

관심분야 : 휴대폰 내장형 안테나 설계, 필터, 데이터 마이닝, 안테나 설계, 마이크로파 설계

최 홍 주(崔泓主)



1993년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)

1995년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

2000년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학박사)

1999년~2000년: (주)배달정보통신 연구소 근무

2000년~2003년: (주)휴먼테크 연구소장

2004년~2009년: (주)창흥텔레콤 연구소장

2009년~현재: 건국대학교 전자공학부 강의교수

관심분야 : 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로설계, 마이크로파 소자 등

이 윤 민(李倫旻)



2006년 2월: 한국산업기술대학교 전자공학과 (공학사)

2008년 8월: 건국대학교 정보통신대학원 전자 및 정보통신공학과(공학석사)

2009년 3월~현재: 건국대학교 전자공학과 박사 과정

관심분야 : RF, 안테나 설계, 차세대 이동통신 System