

육각 슬롯 구조를 가진 UWB 안테나 설계

Design of a UWB Antenna with Hexagonal Slot

안상철 · 김용희 · 정 훈 · 정천석

Sang-Chul Ahn · Yong-Hee Kim · Hoon Jung · Chun-Suk Jung

요 약

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에서 사용될 수 있는 CPW 급전을 이용한 새로운 육각 슬롯 구조를 가지는 UWB 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 임피던스 대역폭을 넓히기 위해서 육각 패치(patch)를 가진다. 또한 IEEE 802.11a 대역과 상호 간섭 문제를 피하기 위해서 패치 위에 다각형 슬롯을 삽입하였다. 제안된 안테나는 유전율이 4.7이며, 두께가 1.6 mm인 FR-4 기판으로 제작하였으며, VSWR 특성과 그룹딜레이를 측정하였다. 제작된 안테나는 IEEE 802.11a 대역을 제외하고는 4 dBi의 이득 변화량을 나타내었다.

Abstract

This paper suggests a CPW-fed UWB antenna with new hexagonal slot. To increase the impedance bandwidth of an antenna, the proposed antenna is designed with the hexagonal patch. Polygonal slot is inserted in the hexagonal patch to avoid interference with IEEE 802.11a. The proposed antenna was fabricated on FR-4 substrate with a relative dielectric constant 4.7 and thickness of 1.6 mm and measured for VSWR Characteristic and group delay. The fabricated antenna shows that the gain flatness is 4 dBi except at the band for IEEE 802.11a.

Key words : Ultra-wideband, Notch, CPW, Slot Antenna, Hexagon

I. 서 론

최근에 CPW(Coplanar Waveguide) 급전이나 마이크로스트립 라인(microstrip line) 급전을 이용한 슬롯 안테나는 많은 관심을 받고 있다. 이러한 이유는 제작하기 쉽고, 양방향 방사 패턴을 가지고 광대역 특성을 가지는 장점 때문이다. 다양한 형태의 안테나들이 제안되고 발전되어 왔다^{[1]~[2]}. 이러한 광대역 특성으로 인해 UWB(Ultra-Wideband) 통신에 활용되어 오고 있다^{[3]~[4]}.

UWB 통신 기술은 중심 주파수의 20 % 이상의 점유 대역폭을 가지거나, 500 MHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송 기술로 정의되어 있고, 3.1 ~10.6 GHz의 주파수 대역에서 최대 -41.3 dBm/MHz의 방사 전력 제한이 있다. 방사 전력에 제한을

둔 것은 다른 시스템과의 간섭을 최소화하며, 허가 없이 사용할 수 있도록 하였다^[5]. 그러나 UWB 주파수 대역에 IEEE 802.11a 대역(5,150~5,350 MHz, 5,725~5,825 MHz)이 포함되어 있어서 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라 IEEE 802.11a 대역을 저지하는 특성을 가지는 UWB 안테나가 연구되어 오고 있는 중이다^{[6]~[9]}.

본 논문에서는 주파수 대역 저지 특성을 나타내고 CPW 급전 구조를 이용하여 육각 슬롯 UWB 안테나를 설계·제작하였다. 제안된 안테나는 육각 슬롯 구조를 가지며, 패치의 크기를 조절하여 광대역 특성을 가지게 하였다. 또한, IEEE 802.11a 대역 저지 특성을 위해 중심 주파수 5.5 GHz에서 $\lambda/2$ 정도의 길이를 갖는 다각형 슬롯을 패치 위에 구현하였다. 제안된 안테나의 -10 dB 이하 방사 손실과 이득

「이 논문은 2007년 울산대학교 연구비에 의하여 연구되었음.」

울산대학교 전기전자정보시스템공학과(School of Electrical Engineering, University of Ulsan)

· 논문 번호 : 20071210-142

· 수정완료일자 : 2008년 2월 12일

의 결과를 모의 실험과 측정을 통해 제시하였다.

II. 안테나 구조

2-1 제안된 안테나의 구조

제안된 CPW 급전 육각 슬롯 UWB 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 지금까지는 원형, 타원형 슬롯 구조를 가진 광대역 안테나가 연구되어 왔다^{[10],[11]}. 참고문헌 [10]에서는 원형 슬롯 구조를 사용하여 UWB 주파수 대역을 만족시키지 못하였다. 이것은 CPW 급전 원형 슬롯 안테나의 매칭에 어려움을 보여준다. 또한, 참고문헌 [11]에서는 매칭을 위해서 급전 구조의 변화를 주었다. 따라서 본 논문에서는 설계 파라미터가 적으며, 구조가 간단한 육각 슬롯 구조를 제안하였다.

사용된 기판은 유전율이 4.7이고 두께가 1.6 mm 인 FR-4 기판($\tan \delta = 0.02$)을 사용하였으며, 사용된 전체 기판 크기는 $44 \times 44 \text{ mm}^2$ 이다. 제안된 안테나는 CPW 급전 방식을 이용하였다. 이 방식은 마이크로 스트립 라인 급전 방식에 비해 다른 마이크로파 회로들과 집적화가 가능하며, 복사 손실이 적고 광대역 특성이 있으며, 급전 손실을 줄일 수 있는 장점이 있다. 입력 임피던스 50 Ω 정합을 위해서 급전 라인 폭(W)과 급전 라인과 그라운드 면 사이에 간격(S)

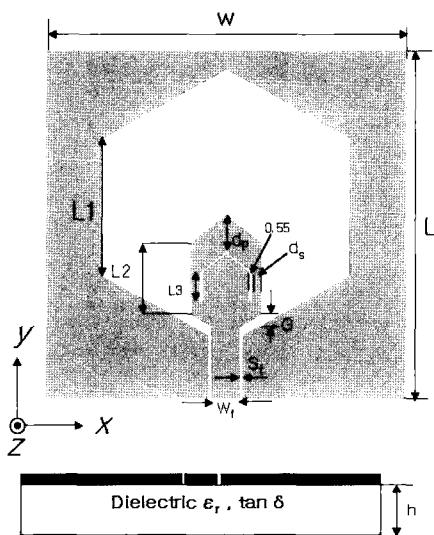


그림 1. 제안된 UWB 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed UWB antenna.

을 CPW 특성 임피던스 공식을 이용하여 계산하였다. 공식을 이용하여 급전 라인의 폭은 3.3 mm, 급전 라인과 그라운드 면 사이 간격은 0.44 mm로 구하였다. 이때 급전라인의 특성 임피던스는 50 Ω 이고, 유효 유전율은 약 2.548이다. 유효 유전율을 이용하여 슬롯의 길이인 L_1 을 구할 수 있다. 육각형의 패치 위에 IEEE802.11a 대역 저지 특성을 가지기 위해서 다각형 모양의 슬롯을 삽입하였다. 그 슬롯의 길이(L_3)의 변화를 통해 대역 저지 특성을 구할 수 있다. 패치의 가장자리와 슬롯 사이의 간격에서 수직 간격을 d_p , 수평 간격을 d_s 라 정하였다. 이때 d_p 는 3 mm 로, d_s 는 1 mm로 고정하였다.

2-2 제안된 안테나 설계 파라미터

제안된 안테나는 육각형 모양의 슬롯을 가진다. 슬롯의 한 변의 길이인 L_1 에 따른 반사 손실을 그림 2에 나타내었다.

슬롯은 정육각형으로 한 변의 길이가 중심에서부터 반지름 길이와 동일하다. 슬롯의 한 변의 길이는 가장 낮은 주파수인 3.1 GHz의 약 $\lambda_g/4$ 이다. 모의 실험 결과로 L_1 이 커짐에 따라 주파수 대역이 왼쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 모의 실험 결과를 바탕으로 L_1 은 17.6 mm($0.29 \lambda_g$)로 정하였다. 임피던스 매칭(impedance matching)을 시켜 주기 위한 패치 길이 L_2 의 변화에 따른 결과를 그림 3에 나타내었다. L_2 가 짧을 경우에는 매칭이 제대로 되지 않아 대역을 만족하지 않게 된다. L_2 가 8.85 mm일 경우에 3.05~11

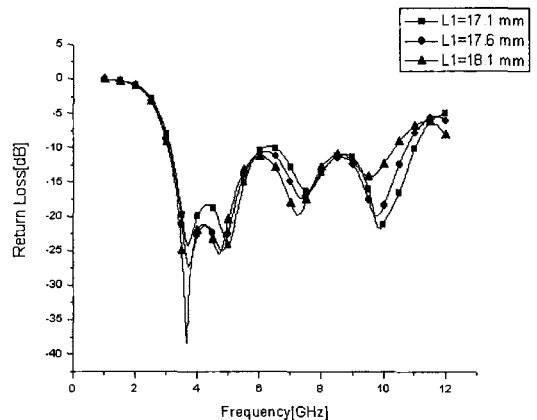


그림 2. L_1 에 따른 모의 실험된 반사 손실
Fig. 2. Simulated return loss in terms of L_1 .

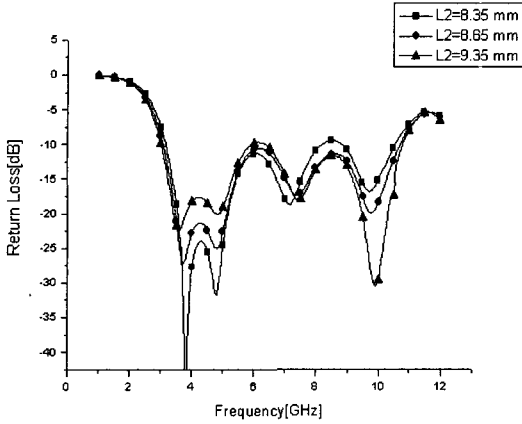


그림 3. L_2 에 따른 모의 실험된 반사 손실
Fig. 3. Simulated return loss in terms of L_2 .

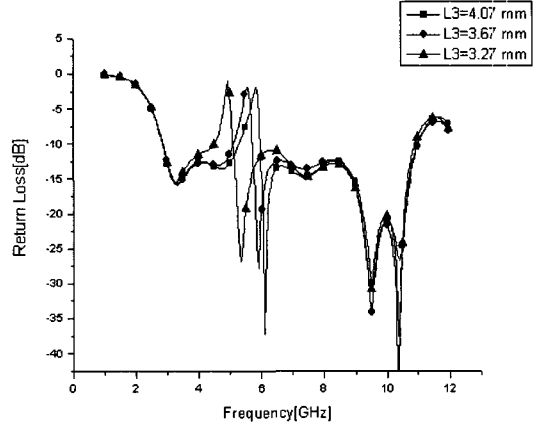


그림 5. L_3 에 따른 모의 실험된 반사 손실
Fig. 5. Simulated return loss in terms of L_3 .

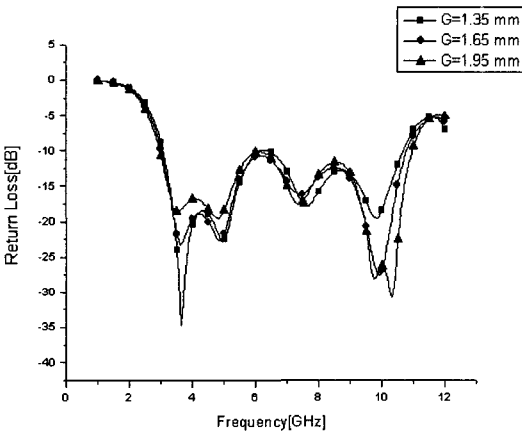


그림 4. G 에 따른 모의 실험된 반사 손실
Fig. 4. Simulated return loss in terms of G .

타내는 슬롯의 전체 길이는 대역 저지 중심 주파수에서 약 $\lambda_g/2$ 이다^[12]. 모의 실험을 통해 최적화된 L_3 는 3.67 mm이다. 이때 대역 저지 특성이 나타나는 대역은 5.11~5.74 GHz이다.

패치면 위에 슬롯의 유무에 따른 반사 손실을 그림 6에 나타내었다. 패치면 위에 슬롯을 삽입하였을 때 대역 저지 특성이 나타나는 것을 알 수 있다. 위에 모의 실험 결과를 바탕으로 설계 파라미터를 최적화하여 표 1에 나타내었다.

Ⅲ. 제작 및 측정

GHz의 대역을 얻을 수 있다.

슬롯 안테나의 급전 구조에서 패치 면과 그라운드면 사이의 길이인 G 는 안테나의 특성에 영향을 미치는 주요 변수 중의 하나이다. G 의 변화에 따른 반사 손실을 그림 4에 나타내었다. G 가 너무 좁거나 멀어지면 매칭이 제대로 이루어지지 않아 원하는 대역폭을 얻을 수 없다. 모의 실험을 통하여 최적화된 G 는 1.65 mm이다. 이때에 대역폭은 3~10.8 GHz로 최대 대역폭을 가진다. 육각형 패치위에 삽입된 다각형 슬롯의 길이인 L_3 의 변화에 따른 반사 손실을 그림 5에 나타내었다. 패치면의 슬롯이 존재함으로써 대역 저지 특성이 나타난다. 대역 저지 특성을 나

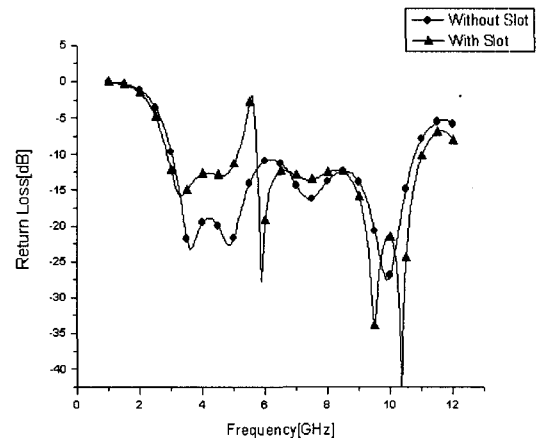


그림 6. 슬롯 유무에 따른 모의 실험된 반사 손실
Fig. 6. Simulated return loss of the proposed antenna with and without slot.

표 1. 제안된 안테나의 파라미터(단위: mm)

Table 1. The optimized parameters of the proposed antenna(unit: mm).

W	L	L_1	L_2	L_3
44	44	17.6	8.85	3.67
W_f	d_p	d_s	S_f	G
3.3	3	1	0.44	1.65

제작된 육각 슬롯 UWB 안테나의 단면을 그림 7에 나타내었다. 안테나의 설계는 Ansoft사의 HFSS (High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 최적화된 안테나 파라미터를 추출하였고, 추출된 파라미터를 바탕으로 제작하였다. 제작한 안테나의 반사 손실 특성은 Agilent사의 8719ES 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였다. 측정된 반사 손실을 시뮬레이션 결과와 비교하여 그림 8에 나타내었다.

제안된 안테나의 모의 실험 결과로 대역폭(-10 dB 이하)은 2.85~11 GHz로 나타났다. 대역 저지 특성은 5.11~5.74 GHz로 나타났다. 측정된 안테나의 대역폭은 2.838~11.7 GHz이며, 대역 저지 특성은 4.87~6.365 GHz에서 나타나 모의 실험 결과보다 대역 저지 폭이 넓어졌다. 측정 결과를 통해서 3.1~10.6 GHz인 UWB 통신 대역폭을 만족하며, IEEE802.11a 대역과 상호 간섭을 피할 수 있다. 그림 9에서는 3 GHz, 7 GHz, 9 GHz에서 측정된 방사 패턴을 나타낸다. 대역 저지 특성이 나타나는 6 GHz 대역을 제외하고 전 주파수대에서 전방향 방사 패턴이 나타났다.

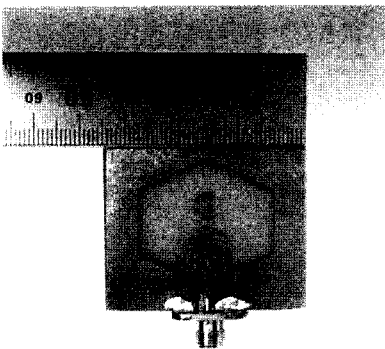


그림 7. 제작된 UWB 안테나 사진
Fig. 7. Photograph of fabricated UWB antenna.

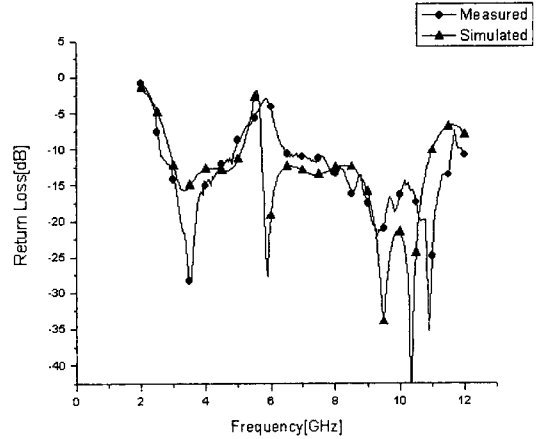


그림 8. 모의 실험과 측정된 반사 손실
Fig. 8. Measured and simulated return loss.

제작된 안테나의 그룹 딜레이를 그림 10에 나타내었다. 송·수신 안테나 거리를 30 cm 거리를 두고 그룹 딜레이를 측정하였다. 그룹 딜레이 변화량이 저지 대역을 제외하고는 그룹 딜레이 변화량이 1 ns와 2 ns 사이에서 일정하게 변화하였다. 이것은 far-field의 위상이 UWB 대역에서 선형 특성이 나타나 펄스 특성이 왜곡 없이 송·수신될 것이라 예상할 수 있다.

제작된 안테나의 최대 이득을 그림 11에 나타내었다. 3 GHz에 3.15 dBi로 최대 이득이 나타났으며, 6 GHz에서 0.85 dBi로 대역 저지 특성 영향으로 최대 이득이 크게 떨어지는 것을 보여준다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CPW 급전을 이용한 새로운 육각 슬롯 구조를 가지는 UWB 안테나를 제안하였다. 또한, IEEE 802.11a와 상호 간섭을 피하기 위해서 육각형 급전 패치위에 다각형 슬롯을 삽입하였다. 모의 실험을 통해 최적의 파라미터를 추출하였으며, 그 결과를 바탕으로 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나를 측정한 결과, 주파수 대역폭(-10 dB 이하)이 2.838~11.7 GHz으로 UWB 대역을 만족하였고, 또한 IEEE 802.11a 대역에서 저지 특성이 나타났다. 따라서 본 논문에서 제안한 안테나는 IEEE 802.11a 대역과 상호 간섭을 피하는 안테나로 UWB 통신 시

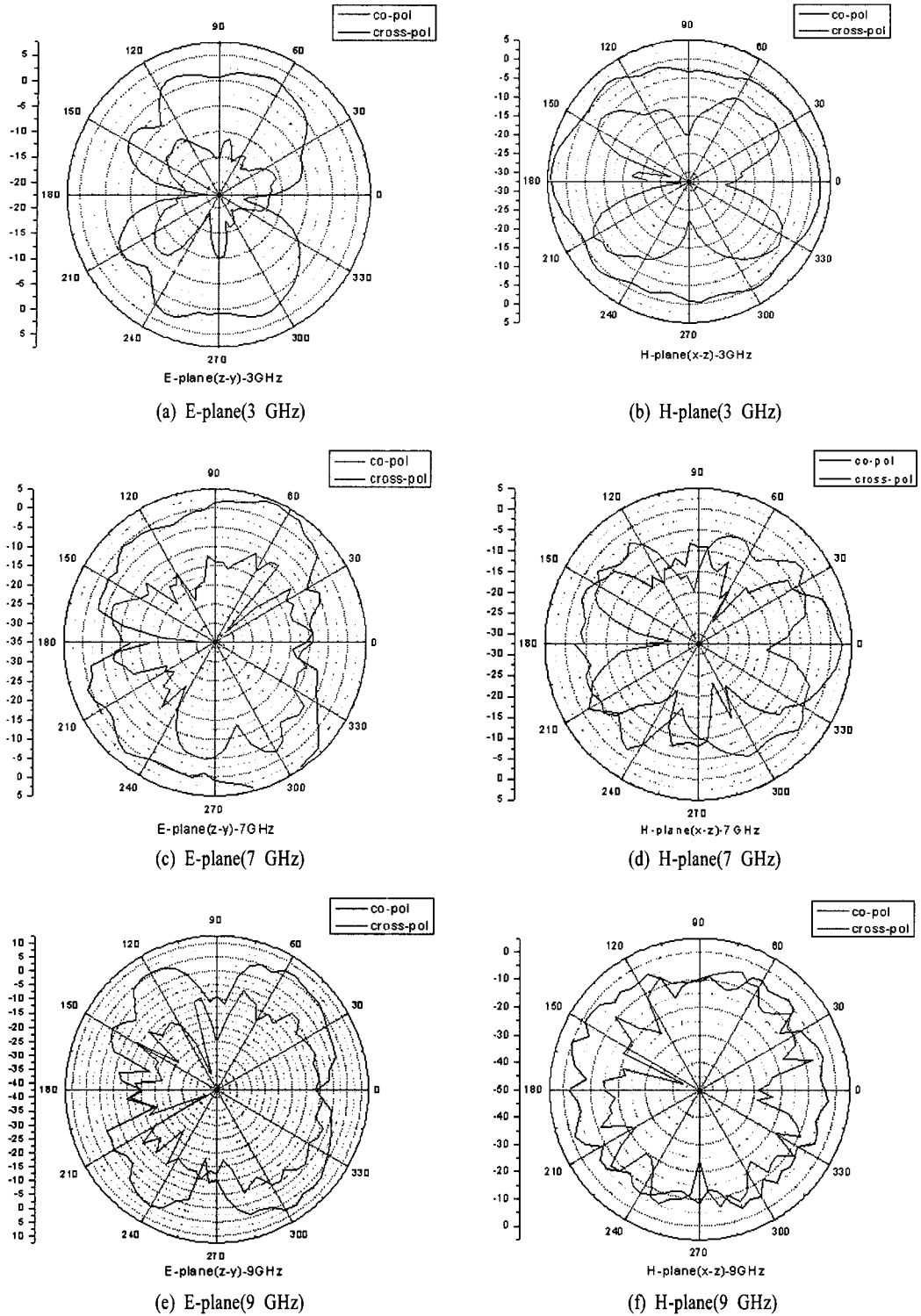


그림 9. 측정된 방사 패턴
 Fig. 9. Measured radiation patterns.

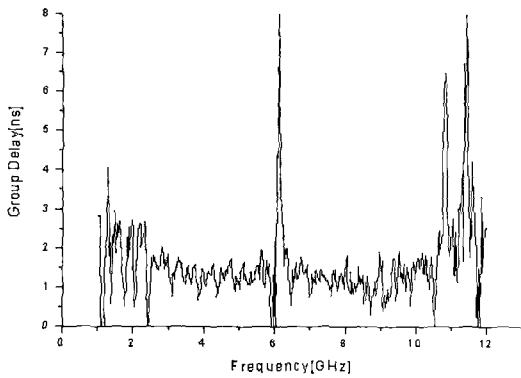


그림 10. 제안된 안테나의 그룹 딜레이
Fig. 10. Measured group delay of proposed antenna.

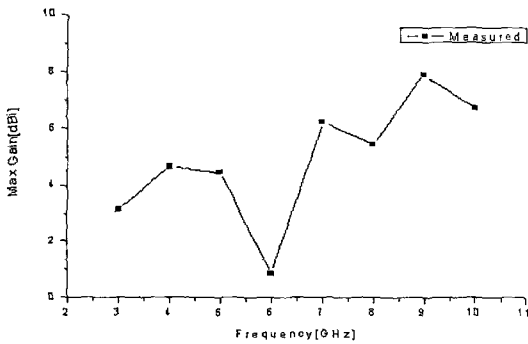


그림 11. 제안된 안테나의 측정된 이득
Fig. 11. Measured gains of proposed antenna.

스텝에 적용이 가능하다.

참고 문헌

- [1] Horng-Dean Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened tuning stub", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 51, no. 8, pp. 1982-1986, Aug. 2003.
- [2] S. -W. Qu, C. Ruan, and B. -Z. Wang, "Bandwidth enhancement of wide-slot antenna fed by CPW and microstrip line", *IEEE Antennas and Wireless Propag. Lett.*, vol. 5, no. 1, pp. 15-17, Dec. 2006.
- [3] R. Chair, A. A. Kishk, and K. F. Lee, "Ultrawideband coplanar waveguide-fed rectangular slot antenna", *IEEE Antennas and Wireless Propag. Lett.*, vol. 3, no. 1, pp. 227-229, Jul. 2004.
- [4] Pengcheng Li, Jianxin Liang, and Xiaodong Chen, "Study of printed elliptical/circular slot antennas for ultrawideband applications", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 54, no. 6, pp. 1670-1675, Jun. 2006.
- [5] Federal Communications Commission, *Frist Report and Order, Revision of Part 15 of the Commission's rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems*, FCC 02-48, Washington, D.C., Apr. 2002.
- [6] Yi-Cheng Lin, Kuan-Jung Hung, "Compact ultrawideband rectangular aperture antenna and band-notched designs", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 54, no. 11, pp. 3075-3081, Nov. 2006.
- [7] A. M. Abbosh, M. E. Bialkowski, J. Mazierska, and M. V. Jacob, "A planar UWB antenna with signal rejection capability in the 4-6 GHz band", *IEEE Microwave and Wireless Components Lett.*, vol. 16, no. 5, pp. 278-280, May 2006.
- [8] W. C. Liu, "Wideband dual-frequency double inverted-L CPW-fed monopole antenna for WLAN application", in *Proc. IEEE Microwaves, Antenna and Propagation*, vol. 152, no. 6, pp. 520-526, Dec. 2005.
- [9] K. Chung, S. Hong, and J. Choi, "Ultrawide-band printed monopole antenna with band-notch filter", *IET Microwave Antennas and Propagation*, vol. 1, no. 2, pp. 518-522, Apr. 2007.
- [10] Pengcheng Li, Jianxin Liang, and Xiaodong Chen, "Study of printed elliptical/circular slot antennas for ultrawideband applications", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 54, no. 6, pp. 1670-1675, Jun. 2006.
- [11] Fabrizio Consoli, Fabio Maimone, and Sebastiano Barbario, "Study of a CPW-fed circular slot antenna for uwb communications", *Microwave and Optical Technology Lett.*, vol. 48, no. 11, pp. 2272-2277, Nov. 2006.
- [12] Shun-Yun Lin, Yean-Cheng Chen, and Wen-Shiang Chen, "A compact planar monopole antenna for band-notched ultra-wideband operation", *IEEE*

안 상 철



2003년 2월: 울산대학교 전자공학과 (공학사)
2005년 2월: 울산대학교 전기전자정보시스템공학과 (공학석사)
2005년 3월~현재: 울산대학교 전기전자정보시스템공학과 박사과정 수료

[주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템

정 훈



2003년 8월: 한동대학교 전산전자공학부 (공학사)
2007년 3월~현재: 울산대학교 전기전자정보시스템공학과 석사과정
[주 관심분야] 유비쿼터스 및 무선 네트워크 시스템

김 용 희



2006년 2월: 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 (공학사)
2006년 3월~현재: 울산대학교 전기전자정보시스템공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템

정 천 석



1969년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
1980년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
1995년 11월~현재: 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수

[주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템