

논문 2008-45TC-9-9

모노폴 쌍으로 구성된 U자형 평면 UWB 안테나 설계

(Design of a U-Type Planar UWB Antenna Composed of Monopole Pair)

이 호 상**, 장 재 삼**, 정 영 호**, 김 철 복**, 김 재 훈*, 박 승 배*, 이 문 수***

(Ho-Sang Lee, Jae-Sam Jang, Young-Ho Jung, Cheol-Bok Kim, Jae-Hoon Kim, Seung-Bae Park, and Mun-Soo Lee)

요 약

본 논문에서는 UWB(Ultra-wideband) 통신시스템용 CPW(Coplanar Waveguide) 급전 구조의 안테나를 설계 및 제작한다. 초광대역 특성을 구현하기 위하여 두개의 평면형 모노폴 안테나의 상호결합을 이용한다. 안테나의 파라미터(평면형 모노폴의 폭과 두 모노폴 간의 간격) 조정을 통한 모노폴 쌍의 상호결합을 최적화하여 초 광대역 특성을 갖도록 한다. 그리고, 모노폴 쌍 안테나의 상호결합 효과를 확인하기 위해 모노폴 방사소자 사이의 수평부분 길이를 조정한 2개의 UWB 안테나를 제작하여 측정한다. 측정결과, 2개의 안테나 모두 UWB 전대역(3.1~10.6 GHz)뿐 아니라 훨씬 넓은 주파수 대역에서 양호한 결과를 보인다.

Abstract

In this paper, the CPW-fed Ultra-wideband antenna is designed and fabricated for UWB communications. To achieve ultra-wide bandwidth of the antenna, we propose the mutual coupling of two planar monopole antennas. The mutual coupling of monopole pair of the proposed antenna is optimized by adjusting the parameters, the widths of the planar monopoles and the space between two monopoles. Two UWB antennas with different horizontal sections of the CPW-fed monopole antenna are fabricated and measured to examine the mutual coupling effects on the monopole pair antenna. The measured result show that two antennas are satisfied with UWB communication band(3.1~10.6Ghz).

Keywords : CPW, Mutual coupling, UWB antenna, U-type Planar Antenna

I. 서 론

UWB 기술은 기존의 무선통신 기술과 비교하여 매우 넓은 대역폭에 걸쳐 상대적으로 매우 낮은 스펙트럼 전력 밀도가 분포함으로서 별도의 허가 없이 사용이 가능한 새로운 무선 기술로 급부상하고 있다.

UWB 통신 기술은 RF 반송파 대신에 1 nsec 이하의 짧은 펄스를 이용하여 정보를 전송하는 기술로, 펄스의

성질에 의해 광대역에 걸쳐 기저대역 잡음과 같은 낮은 전력 스펙트럼이 존재하므로, 현재 사용하고 있는 무선통신 시스템에 간섭을 주지 않고 송수신이 가능하며, 점유 대역폭을 초 광대역으로 취할 수 있기 때문에 전송속도에 있어서도 100Mbps 이상을 얻을 수 있다.

UWB의 이러한 특징들은 유비쿼터스 시대를 위한 중추 기술로 주목을 받고 있으며, UWB 핵심 기술인 안테나 분야에 대한 많은 연구가 진행 중이다^[1~4]. UWB 무선통신시스템에 적용할 수 있는 안테나는 3.1~10.6 GHz 주파수 대역에서 2 이하의 VSWR을 만족하여야 하며, 신호의 분산을 최소화하여 양호한 방사패턴을 가지고 있어야 한다.

본 논문에서는 UWB 전 대역(3.1~10.6 GHz)에 적용

* 학생회원, ** 정회원, 경상대학교 전자공학과
(Gyeongsang National University, Dept. Electronic Engineering)

*** 종신회원, 경상대학교 공학연구원
(Engineering Research Institute, Gyeongsang National University)

접수일: 2008년5월20일, 수정완료일: 2008년9월15일

할 수 있는 초 광대역 안테나를 설계하기 위하여 두 개의 평면형 모노폴 안테나의 상호결합을 이용한다. 모노폴 쌍의 파라미터를 조정함으로써 안테나의 반사손실 및 방사패턴이 UWB 특성을 갖도록 최적화한다. 그리고, 모노폴 쌍 안테나의 상호결합 특성을 확인하기 위해 방사소자 사이의 수평부분 길이를 조정한 2개의 안테나를 제작하여 특성을 측정한다.

안테나 제작을 위한 기판은 비유전율 2.5이고 기판 두께 0.508mm인 타코닉사의 TLX-9을 사용한다. 안테나 설계를 위한 시뮬레이션 도구로 CST사의 Microwave Studio 소프트웨어를 이용한다. 설계·제작한 안테나는 벡터 회로망 분석기(Vector Network Analyzer : Anritsu 37369A)와 근계 측정장비(Near-Field Measurement System : ORBIT FR959)를 사용하여 안테나의 반사손실과 방사패턴을 실험적으로 측정하여 성능을 검토한다.

II. 안테나 구조 및 설계 변수

본 논문에서 설계하는 CPW 급전 UWB 평면형 안테나의 기본 구조는 그림 1과 같다. CPW 급전구조는 접지선과 신호선이 같은 평면에 존재하므로 MMIC 회로와 접적화가 용이하며, 한 면에 공존하는 신호선과 그라운드 사이에 수직으로 전자계가 형성되어 마이크로스 트립과 달리 완전한 TEM 모드를 구현할 수 있는 장점

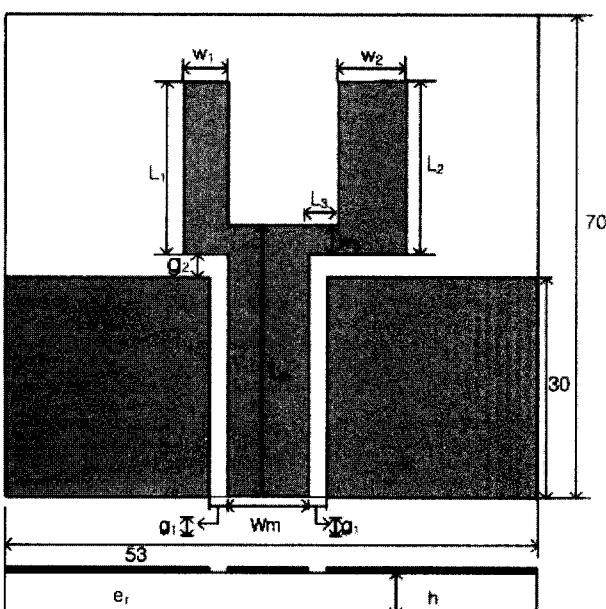


그림 1. 설계한 CPW 급전 UWB 평면형 안테나의 구조
Fig. 1. The structure of a designed CPW-fed UWB planar type antenna.

이 있다. 또한, CPW 급전 모노폴 안테나는 구조적 특성상 광대역 임피던스 대역폭을 얻을 수 있다^[5].

안테나의 입력 임피던스 매칭은 CPW 급전 방식의 특성 임피던스 공식과 실효 유전율 공식을 이용하여 급전선 폭($W=8.0\text{mm}$)과 급전선 양옆으로 접지면 사이 공간($g=0.3\text{mm}$)을 삽입하여 입력 임피던스 50Ω 을 갖는 전송선로를 구성한다.

설계한 안테나는 초 광대역의 주파수 대역폭을 얻기 위하여 두개의 별별 대칭구조인 모노폴 안테나의 길이와 폭을 변화시켜 안테나 대역폭을 넓히고, 두 모노폴의 상호결합을 통한 최대의 광대역 특성을 얻기 위해 수평 부분($L_3 \times W_3$)의 길이를 조절한다. 그리고, 방사소자와 그라운드 사이의 간격을 조절하여 최적의 반사손실을 갖도록 한다.

본 논문에서는 안테나의 최적 파라미터를 얻기 위하여 FIM(Finite Integration Method)을 적용한 고주파 수치해석 프로그램인 CST사의 MWS를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

그림 2는 그림의 내부에 표시된 바와 같이, 좌측 방사소자의 길이(L_1)와 폭(W_1)의 변화에 따른 반사 손실의 특성을 보여 준다. 먼저 길이 L_1 변화에 따른 특성을

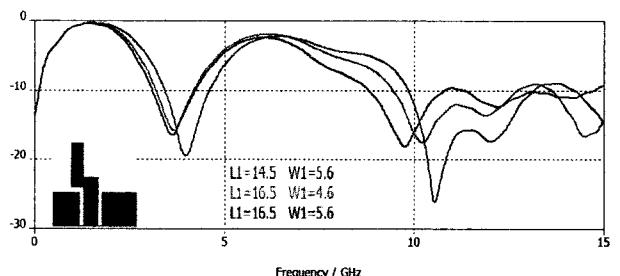


그림 2. 좌측 방사 소자의 크기(길이와 폭) 변화에 따른 반사손실

Fig. 2. Return loss for various size of the left radiation patch.

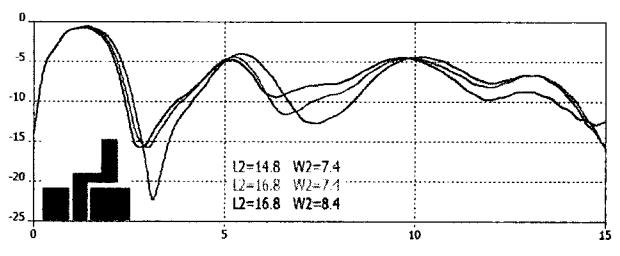


그림 3. 우측 방사 소자의 크기(길이와 폭) 변화에 따른 반사손실

Fig. 3. Return loss for various size of the right radiation patch.

고려하고, 다음으로 폭 W_1 를 변화시키며 시뮬레이션한 결과이다.

그림 3도 그림의 내부에 표시된 바와 같이, 우측 방사소자의 길이 L_2 및 폭 W_2 을 변화시키며 시뮬레이션한 결과로 반사손실 특성을 보여 준다.

이와 같이 좌측 및 우측 각각의 방사소자 길이와 폭을 조정하여 안테나의 반사손실 특성을 파악하였다. 좌측 방사소자는 저주파 영역에서 공진점의 위치 변화가 적고, 고주파 영역에서 공진점의 위치 변화가 큰 특성이 있으며, 중간주파수 영역에서 공진이 발생하지 않았다. 우측 방사소자는 저주파 영역에서 공진 특성이 뚜렷하나 고주파 영역에서 공진이 거의 발생하지 않으며, 중간주파수 영역에서 공진점의 위치 변화가 큰 특성이 있다.

두 개의 모노폴 안테나를 결합하여 최적의 상호결합을 갖도록 하기 위해 방사소자 사이에 수평 부분의 길이(L_3)와 폭(W_3)을 조절하였다. 이 때 수평 부분의 변화에 따른 반사손실 특성을 그림 4에 나타나 있으며, UWB 안테나를 위한 반사손실이 -10dB 이하의 규격을 만족하지 않았다.

이와 같이 좌측 및 우측 방사소자의 상호결합만으로 광대역 특성을 얻을 수 없어 안테나 임피던스 매칭을 최적화 하였다. CPW 금전의 특성 임피던스는 중앙선로와 양측 접지면 사이의 간격에 의해 결정된다. 따라서,

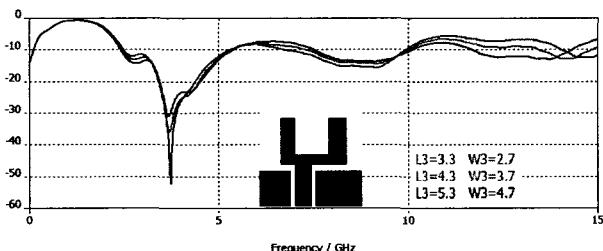


그림 4. 수평부분의 길이와 폭 변화에 따른 반사손실
Fig. 4. Return loss for various size of the horizontal section.

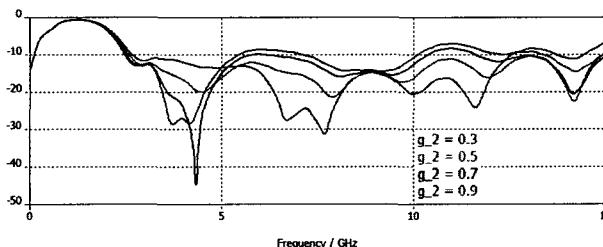


그림 5. 방사소자와 접지면의 간격변화에 따른 반사손실
Fig. 5. Return loss for different gap size of radiation patch and ground plane.

최적의 임피던스 매칭을 위해 방사소자와 접지면 사이의 간격을 조절할 필요가 있다.

그림 5는 안테나의 수평부분 길이(4.3mm) 및 폭(3.7mm)을 고정하고, 방사소자와 접지면 사이의 간격 g_2 변화에 따른 반사손실 특성이다. 간격 g_2 가 0.3mm에서 0.5mm까지는 반사손실이 -10dB 이하로 양호하나, 0.7mm를 넘으면서 반사손실이 -10dB 이상이 된다. 방

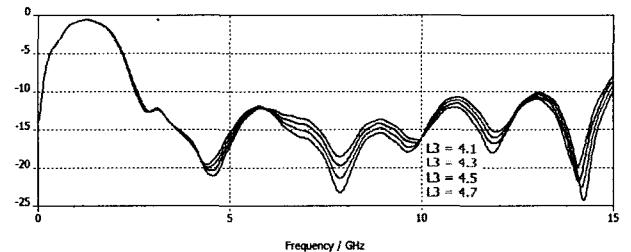
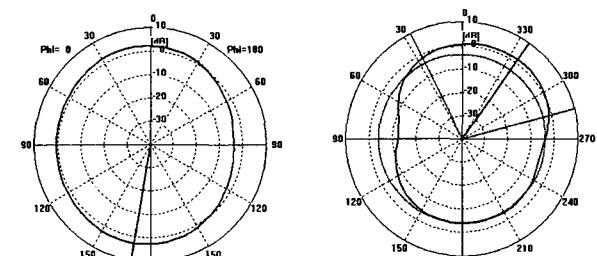
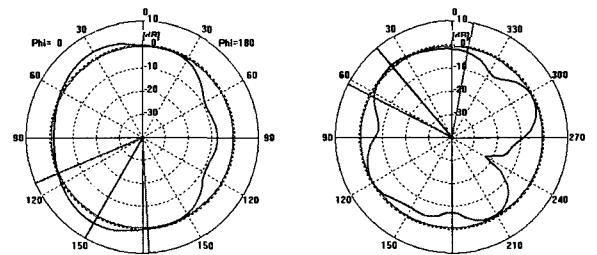


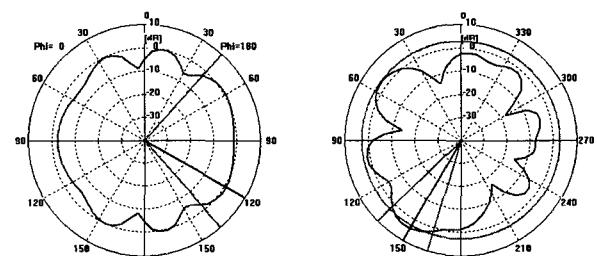
그림 6. 수평 영역의 길이 변화에 따른 반사손실
Fig. 6. Return loss for various length of the horizontal section.



(a) E-Plane (3 GHz) (b) H-Plane (3 GHz)



(a) E-Plane (7 GHz) (b) H-Plane (7 GHz)



(a) E-Plane (11 GHz) (b) H-Plane (11 GHz)

그림 7. UWB 안테나의 시뮬레이션 방사패턴
Fig. 7. Simulated radiation patterns for the UWB antenna.

표 1. UWB 안테나의 설계 파라미터

Table 1. Design parameters for UWB antenna.

Parameter	Value(mm)	Parameter	Value(mm)
L_1	16.5	W_1	4.6
L_2	16.8	W_2	7.4
L_3	4.3/4.5	W_3	3.7
L_m	34.2	W_m	8.0
g_1	0.3	g_2	0.5

사소자와 접지면 사이의 간격이 좁을 경우에 임피던스 매칭이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

마지막 단계로 모노폴 쌍 안테나의 상호결합 특성을 확인하기 위해 방사소자와 접지면 사이의 간격 g_2 를 0.5mm로 고정하고, 두개의 방사소자 사이의 수평 영역 길이 L_8 를 4.1mm에서 4.7mm까지 변화시키며 시뮬레이션 하였다. 그림 6은 시뮬레이션한 반사손실 특성을 나타내고 있으며, 모두 -10dB 이하로 매우 양호함을 알 수 있다.

그림 7은 두개의 모노폴 안테나의 상호결합 및 임피던스 매칭이 최적화 되었을 때의 주파수에 따른 방사패턴을 나타내고 있다. 방사패턴은 모든 방향으로 송수신이 가능한 무지향성을 가진다.

위의 과정을 통하여 UWB 대역에서 반사손실 특성을 만족하고 최적의 방사패턴을 갖는 안테나를 설계하였으며, 표 1에 최적화된 특성 변수의 설계치를 나타내었다.

III. 안테나 제작 및 측정

그림 8은 제작한 안테나의 실제 사진을 보여 주고 있다. 제작에 사용한 기판은 비유전율(ϵ_r) 2.5, 기판 두께 0.508mm인 TLX-9 기판이다. 최적의 상호 결합을 통해 광대역 특성에 영향을 미치는 변수는 방사소자와 접지면 사이의 간격(g_2) 및 방사소자의 수평부분 길이(L_3)로 판단된다. 본 논문에서는 광대역 특성을 확인하기 위하여 $L_3=4.3\text{mm}$ 및 $L_3=4.5\text{mm}$ 인 안테나를 각각 제작하였다. 안테나 반사손실은 Anritsu 37369A 벡터 회로망 분석기를 사용하였고, 방사패턴과 이득은 ORBIT FR959 근계 측정장비를 사용하여 측정하였다.

제작한 안테나의 반사손실 측정결과를 그림 9에 나타내 있으며, -10dB 이하를 만족하는 주파수는 2.8~12.8 GHz로 초광대역 특성을 가지고 있어 UWB 시스

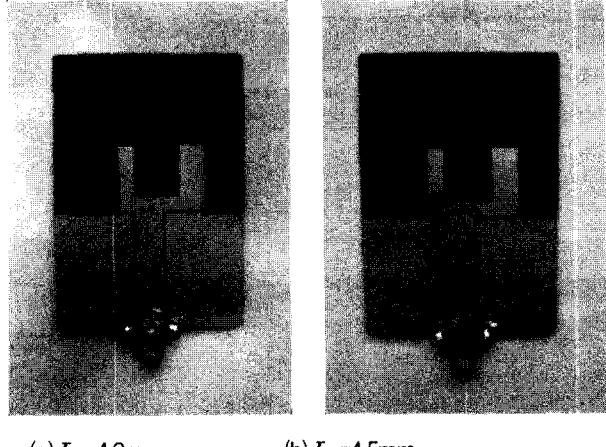
(a) $L_3=4.3\text{mm}$ (b) $L_3=4.5\text{mm}$

그림 8. 제작한 UWB 안테나의 사진

Fig. 8. Photograph of the fabricated UWB antennas.

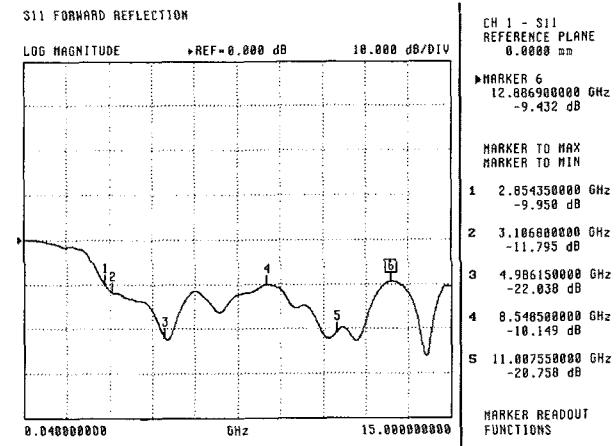
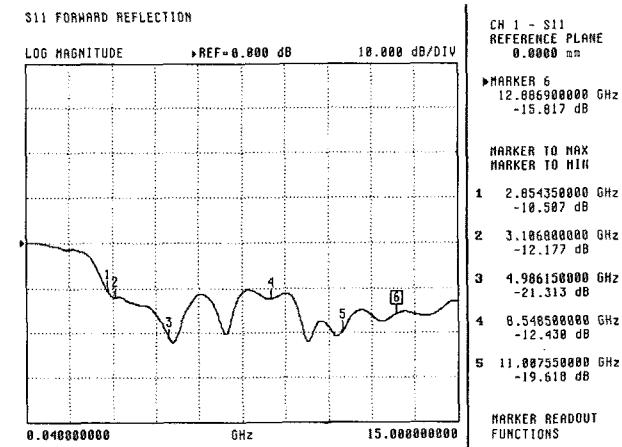
(a) $L_3=4.3\text{mm}$ (b) $L_3=4.5\text{mm}$

그림 9. UWB 안테나의 측정된 반사손실

Fig. 9. Measured return loss for the UWB antennas.

템용 안테나로 매우 양호하다.

그림 10은 제작한 안테나의 방사패턴 측정결과를 나

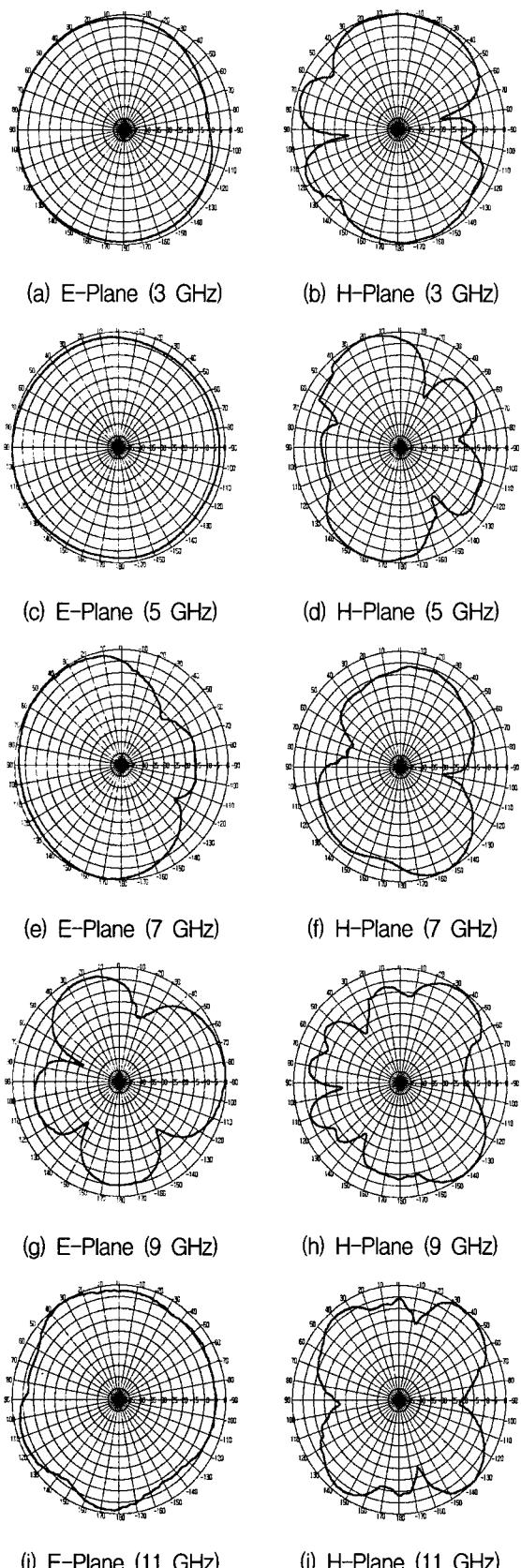
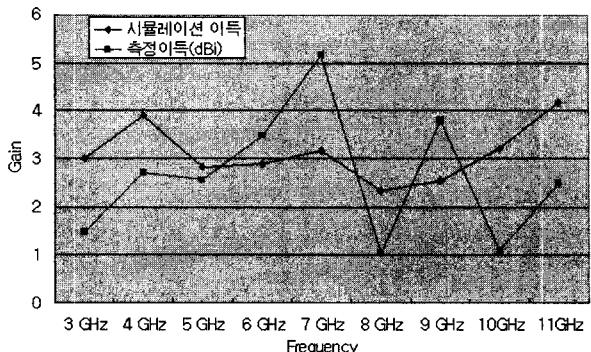


그림 10. UWB 안테나의 측정된 방사패턴

Fig. 10. Measured radiation patterns for the UWB antenna.

표 2. UWB 안테나의 이득
Table 2. Gains of UWB antenna.



타낸다. 그럼에 나타나 있는 바와 같이 안테나는 모든 방향으로 송수신이 가능한 무지향성 특성을 가진다.

표 2는 제작한 안테나의 측정한 이득과 시뮬레이션한 이득을 비교한 것이다. 안테나의 측정 이득은 1.03~5.17 dB로 확인되었다. 이들 결과로부터 모노폴 쌍의 상호결합을 이용한 안테나가 UWB 통신시스템용 안테나로 적합함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신시스템용으로 CPW 급전 구조의 초 광대역 안테나를 설계 제작하였다. UWB 안테나 특성을 구현하기 위하여 두 개의 평면 모노폴 안테나의 상호결합을 이용하였다.

광대역 특성을 위한 모노폴 쌍 안테나의 상호결합 효과를 확인하기 위하여 모노폴 사이의 수평 부분의 길이 L_3 가 각각 4.3mm 및 4.5mm인 두개의 안테나를 제작하고, 반사손실과 방사패턴을 측정하였다. 측정결과 두 개의 안테나 모두 UWB 대역에서 반사손실은 -10dB 이하이고, 최대 이득이 1.03~5.17dB인 전방향 방사패턴을 보였다. 또한 UWB 주파수 대역뿐 아니라 매우 넓은 대역에서 안테나의 성능을 만족하여, 모노폴 쌍 방사소자의 각 파라미터들이 최적화되어 있음을 알 수 있었다.

끝으로 국내에서는 4.8~7.2 GHz 주파수 대역을 비허가 대역으로 결정함에 따라 특정 주파수 대역을 소거할 수 있는 기술이 요구된다. 이를 위해 분할 링 공진기 (Split Ring Resonator : SRR)^[6~7]구조를 안테나의 급전 면에 삽입하여 특정 대역에서의 신호 저지 특성을 이용한 Frequency Notched UWB 안테나 구현을 위한 연구를 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] X. M. Qing, M. Y. W. Chia, and X. H. Wu, "Wide-slot antenna for UWB application," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Vol. 1, pp. 834-837, 2003.
- [2] K. Y. Yazdandoost and R. Kohno, "Bow-tie antenna for UWB communication frequency," *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, Vol. 1, pp. 2520-2523, 2004.
- [3] 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.
- [4] 김철복, 임정섭, 이호상, 장재삼, 정영호, 조동기, 이문수 "넓은 대역폭이 소거된 소형 UWB 안테나 설계," 전자공학회논문지, 제44권 TC편, 제9호, 54-62쪽, 2007년 9월
- [5] W. C. Liu, "Wideband dual-frequency double inverted-L CPW-Fed monopole antenna for WLAN application," *IEEE Microwaves, Antennas and Propagation*, Vol. 152, No. 6, pp. 520-526, Dec. 2005.
- [6] F. Falcone, T. Lopetegi, J. D. Baena, R. Margues, F. Martin and M. Sorolla, "Effective Negative- ϵ Stopband Microstrip Lines Based on Complementary Split Ring Resonators," *IEEE Microwave and Wireless components Letters*, Vol. 14, No. 6, June. 2004.
- [7] I. Gil, J. Bonache, J. G. Garcia and F. Martin, "Tunable Metamaterial Transmission Lines Based on Varactor-Loaded Split-Ring Resonators," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 54, No. 6, June. 2006.

저자 소개



이 호 상(정회원)
 1997년 경상대학교
 전자공학과 석사 졸업.
 2005년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사 과정.
 1994년 ~ 현재 한국수자원공사.
 <주관심분야 : 안테나, 무선통신,
 레이더 시스템>



장 재 삼(정회원)
 1999년 경상대학교
 전자공학과 석사 졸업.
 2006년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사 과정.
 2000년 ~ 현재 A-Telecom 근무.
 <주관심분야 : 이동통신, 안테나,
 마이크로파 회로>



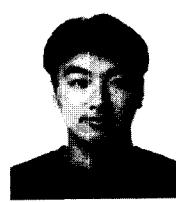
정 영 호(정회원)
 2001년 경상대학교
 전자공학과 석사 졸업.
 2003년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사 과정.
 2001년 ~ 현재 KAI 선임연구원.
 <주관심분야 : 무선통신, 안테나,
 전자장 수치해석>



김 철 복(정회원)
 2006년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 2008년 경상대학교
 전자공학과 석사 졸업.
 <주관심분야 : RF 회로, 안테나,
 Particle swarm optimization,
 Matamaterial>



김 재 훈(학생회원)
 2007년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 2007년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 석사 과정.
 <주관심분야 : RF 회로, 안테나,
 이동통신, Matamaterial>



박 승 배(학생회원)
 2007년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 2007년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 석사 과정.
 <주관심분야 : 무선통신, 안테나,
 마이크로파, Matamaterial>



이 문 수(종신회원)
 1970년 한국항공대학교
 통신공학과 학사 졸업.
 1980년 한양대학교
 전자통신공학 석사 졸업.
 1984년 한양대학교
 전자통신공학 박사 졸업.
 1981년 ~ 1986년 제주대학교 통신공학과 부교수.
 1986년 9월 ~ 1987년 9월 미국 COMSAT 연구소
 연구원.
 1999년 6월 ~ 1999년 8월 미국 Syracuse 대학교
 방문교수.
 2004년 1월 ~ 2005년 2월 미국 미시시피 대학교
 방문교수.
 1987년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 정교수.
 <주관심분야 : 마이크로파, 무선통신, 안테나,
 Matamaterial>