

CPW 급전 방식을 이용한 UWB 모노폴 안테나 설계 및 구현

Design and Implementation of CPW-Fed UWB Monopole Antenna

유주봉 · 전준호 · 안찬규 · 김우찬 · 양운근

Ju Bong Yu · Jun Ho Jeon · Chan Kyu An · Woo Chan Kim · Woon Geun Yang

요 약

본 논문에서는 UWB(Ultra Wide Band) 통신 시스템에서 사용할 수 있는 CPW(Coplanar Waveguide) 급전 방식을 이용한 새로운 UWB 안테나를 설계 제작하여 측정하였다. CPW-fed 평면 슬롯 안테나는 광대역, 저비용과 무선 주파수 프론트 엔드 회로와 함께 간단히 집적화 시킬 수 있는 이점들을 가지고 있다. 제안된 안테나의 전산 모의실험에는 Ansoft사의 FEM(Finite Element Method) 방식의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하였다. 두께 1.6 mm, 유전율 4.4의 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 제안된 안테나는 UWB 통신 시스템에서 사용되는 3.1~10.6 GHz에서 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) ≤ 2임을 만족하였다. 측정된 최대 이득은 3 GHz에서 2.61 dBi, 6 GHz에서 4.95 dBi, 8 GHz에서 2.89 dBi, 11 GHz에서 7.35 dBi이다.

Abstract

In this paper, a novel CPW(Coplanar Waveguide)-fed UWB(Ultra Wide Band) antenna is designed, implemented, and measured for UWB communications. CPW-fed planar antenna has advantages of wide-bandwidth, low-cost and easy interaction with radio frequency front end circuitry. We have used HFSS(High Frequency Structure Simulator) of Ansoft which is based on the FEM(Finite Element Method) to simulate the proposed antenna. FR-4 substrate of thickness 1.6 mm and relative permittivity 4.4 is used for implementation. The proposed antenna showed VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) ≤ 2 for the frequency band from 3.1 GHz to 10.6 GHz which is used for ultra wide band communication. Measured peak gains are 2.61, 4.95, 2.89, 7.35 dBi at 3, 6, 8, 11 GHz, respectively.

Key words : UWB(Ultra Wide Band), CPW(Coplanar Waveguide)

I. 서 론

UWB(Ultra Wide Band) 통신 기술은 1 nsec 이하의 좁은 펄스를 이용하여 정보를 전송하는 기술로, 광대역에 걸쳐 기저대역 잡음과 같이 낮은 전력 스펙트럼 밀도로 존재하므로 같은 대역에서 사용하는 다른 통신 스펙트럼과의 간섭을 주지 않고 송수신이 가능하며, 고속 데이터 전송이 가능하기 때문에 새로운 무선 기술로 급부상하고 있다^{[1],[2]}.

2002년 2월 미국 FCC(Federal Communications Commission)가 UWB의 민간 사용 규제를 해지함에 따라 유, 무선 통신과 위치 정보 및 레이더 시스템 등 본격적으로 상용화가 가능해졌으며, UWB 안테나에 관한 많은 연구 개발이 이루어지고 있다^{[1],[3],[4],[5]}.

UWB 통신 시스템은 기존 무선 랜에 비해 5~10배 정도 빠른 100~500 Mbps의 무선 전송 속도를 가지며, 1/3 이하의 저전력을 사용한다는 장점이 있다. 그리고 3.1~10.6 GHz를 만족하는 광대역 안테나가

인천대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, University of Incheon)

· 논문 번호 : 20091127-15S

· 교신저자 : 양운근(e-mail : wgyang@incheon.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 1월 29일

필수이며, 파장이 약 28~96 mm이므로 소형화된 안테나가 요구된다^[6]. 최근 CPW(Coplanar Waveguide) 급전 구조나 마이크로스트립 라인 방식을 이용한 슬롯 안테나가 많은 관심을 받고 있다^{[7]-[9]}.

본 논문에서는 CPW 급전 방식을 이용한 UWB 모노폴 안테나를 설계 및 제작하고, 그 성능을 측정하여 제시한다. 제안된 안테나가 UWB에서 사용되는 주파수 3.1~10.6 GHz의 대역에서 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) ≤ 2를 만족함을 전산모의실험과 측정을 통하여 제시한다. 2장에서는 안테나의 구조와 동작 특성을 제시하고, 3장에서는 제안된 안테나를 구현하여 그 성능을 측정하여 제시하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 안테나 구조 및 동작 특성

2-1 CPW 급전 방식의 구조 및 특성

CPW 급전 방식은 선로와 평행한 면에 일정 거리에 그라운드가 존재하는 구조로서 신호선과 그라운드간 한 면에 있기 때문에 via를 구현하기 쉬우며, 무엇보다도 CPW 한 면에 공존하는 신호선과 그라운드 사이에 수직으로 전계가 걸리기 때문에 마이크로스트립과 달리 완전한 TEM 모드를 구현할 수 있어 고주파가 될수록 마이크로스트립 방식보다 CPW 급전 구조의 전송 특성이 좋아진다. 특히 신호선과 그라운드가 동일 평면상으로 전계를 이루어 보다 좀더 뚜렷한 TEM 모드를 이룰 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 CPW 급전 방식은 동일 평면상에 급전선과 접지면을 함께 놓은 형태로 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) 회로와 집적화하기가 용이하고, 능동 소자와의 집적이 쉽다는 장점을 가지고 있다^{[4],[5]}.

2-2 모노폴 안테나의 특성

모노폴 안테나는 우수한 방사 특성과 간단한 제작 과정 등의 장점으로 인하여 개발되고 있으며, 초광대역 모노폴 안테나의 구현을 위해 다양한 안테나 방사면 구조가 제시되고 있다. 이러한 구조들은 대부분 안테나가 방사면에서 복수개의 다중 공진을 일으킬 수 있도록 각각의 공진 주파수에 따른 전류 경로를 형성시켜 주거나 기본 공진으로부터 고조파를

형성시키고, 이들 공진에 의한 주파수 대역들을 겹치게 하는 방법 등을 이용하고 있다.

특히 방사면과 접지면이 동일한 평면에 있는 평면형 모노폴 안테나는 집적화가 가능하며 CPW 급전 구조를 이용한 안테나는 제작이 비교적 간단하고 구조적 특성상 광대역 임피던스 대역폭을 얻을 수 있다는 장점이 있다^{[8],[10]}.

2-3 제안된 안테나의 구조

본 논문에서 제안하는 CPW 급전 모노폴 형태 UWB 평면형 안테나의 기본 구조는 그림 1과 같으며, 각각의 파라미터 값은 표 1과 같다. 그림 1에서 알 수 있듯이 제안된 안테나에 사용된 기판은 유전율 4.4, 높이가 1.6 mm인 FR-4이며, 전체 크기는 40.00 mm(W)×60.00 mm(L)이다.

안테나의 입력 임피던스 매칭은 CPW 급전 방식의 특성 임피던스 공식과 실효 유전율을 이용하여 급전 폭(W_{12}), 급전선 양쪽의 유한한 그라운드 평면, W_{11} , W_{13} 의 틈새 사이로 임피던스 50 Ω을 매칭시키는 전송 선로를 구성한다. 사각 패치와 그라운드 사이의 간격(L_{11} , L_{12})은 1.00 mm이며, 두 개의 그라운드 면의 크기는 17.50 mm(W_1), 29.00 mm(L_1)로 CPW 급전 선로 양쪽에 같은 크기로 위치한다.

설계된 안테나는 초 광대역의 사용 주파수를 얻기 위해 직사각형 모양의 방사 구조에서 각각 크기가 다른 사각형 모양을 깎아내었다. 공진을 유도하

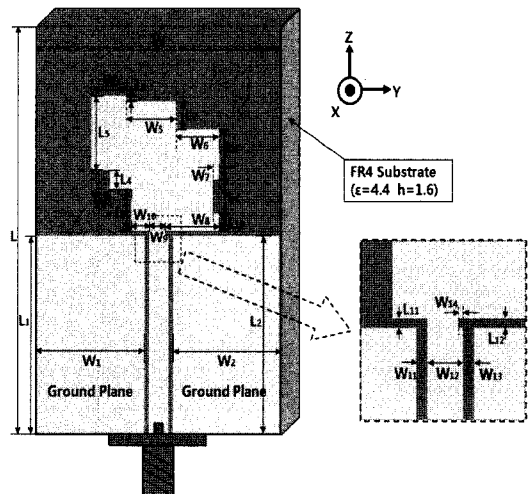


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

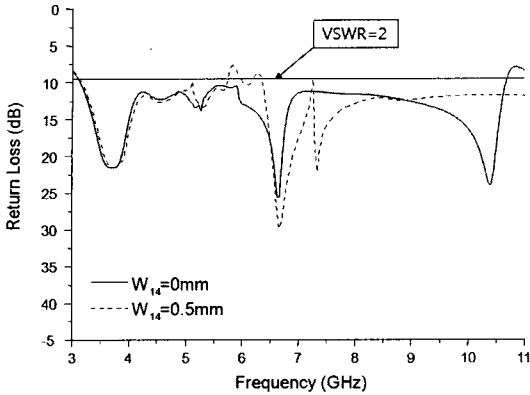


그림 2. W_{14} 의 길이에 따른 반사 손실
Fig. 2. Return loss according to length of W_{14} .

기 위하여 표면 전류 흐름 분포를 이용하였으며, 표면 전류 흐름 분포가 많은 부분의 길이를 변화시켜 반사 손실의 정도를 살펴 UWB 특성을 만족하도록 하였다. 또한 최적의 반사 손실을 갖기 위해 방사 구조와 맞물려 있는 급전선 부분인 W_{14} 의 길이를 조절하였다. 그림 2는 방사 구조와 맞물려 있는 급전선

표 1. 제안된 안테나의 파라미터

Table 1. Design parameters of the proposed antenna.

파라미터	길이(mm)	파라미터	길이(mm)
W	40.00	W	60.00
W_1	17.50	L_1	29.00
W_2	17.50	L_2	29.00
W_3	3.00	L_3	6.03
W_4	5.50	L_4	3.00
W_5	8.50	L_5	1.87
W_6	7.00	L_6	1.00
W_7	1.00	L_7	4.00
W_8	9.00	L_8	7.40
W_9	2.50	L_9	5.00
W_{10}	3.00	L_{10}	2.50
W_{11}	1.00	L_{11}	1.00
W_{12}	6.00	L_{12}	1.00
W_{13}	1.00		
W_{14}	0.50		

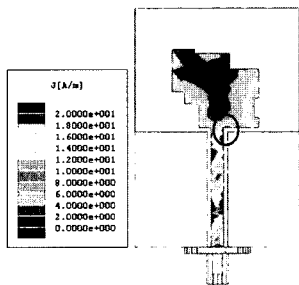
부분인 W_{14} 의 길이에 따른 반사 손실의 변화를 나타낸 그림으로서 W_{14} 의 길이를 조절하여 5.5~6.4 GHz 대역에서 $VSWR \leq 2$ 를 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 그림 3은 W_{14} 의 길이에 따른 표면 전류 흐름 분포를 나타낸 그림으로 W_{14} 의 길이에 따른 영향을 알 수 있다.

III. 안테나 제작 및 측정

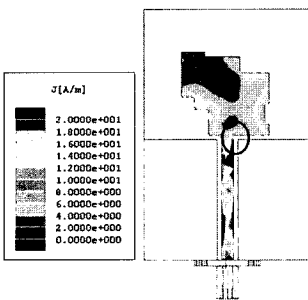
그림 4는 제작된 CPW 급전 방식을 이용한 UWB 모노폴 안테나의 실제 사진을 보여주고 있다. 안테나 설계는 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 최적화된 안테나 파라미터를 추출하였고, 추출된 파라미터를 바탕으로 제작되었다. 제작된 안테나의 VSWR, 방사 패턴, 반사 손실의 특성은 Agilent사의 HP 8510C 네트워크 분석기를 이용하여 전자파 무반사실에서 측정하였다.

그림 5은 반사 손실에 대한 전산모의실험 결과 및 측정 결과를 나타낸 그림으로서 초광대역 시스템에 사용하는 주파수 대역인 3.1~10.6 GHz에서 $VSWR \leq 2$ 을 만족함을 보이고 있다.

그림 6는 제작된 안테나를 전자파 무반사실에서



(a) $W_{14}=0$



(b) $W_{14}=0.5$

그림 3. W_{14} 의 변화에 따른 6 GHz에서의 표면 전류 흐름 분포

Fig. 3. Surface-current distribution due to W_{14} variation at 6 GHz.

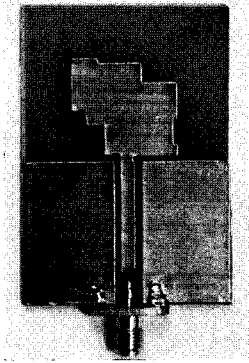


그림 4. 제작된 안테나의 사진
Fig. 4. Photograph of the implemented antenna.

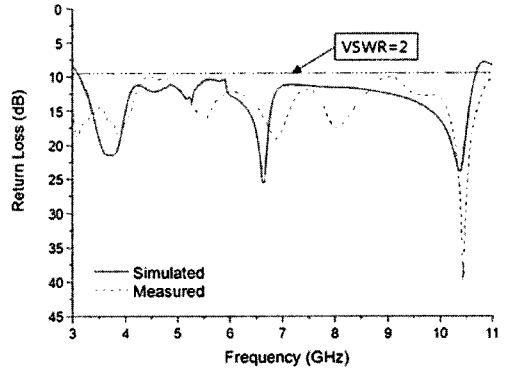


그림 5. 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 및 측정 결과
Fig. 5. Simulated and measured return loss.

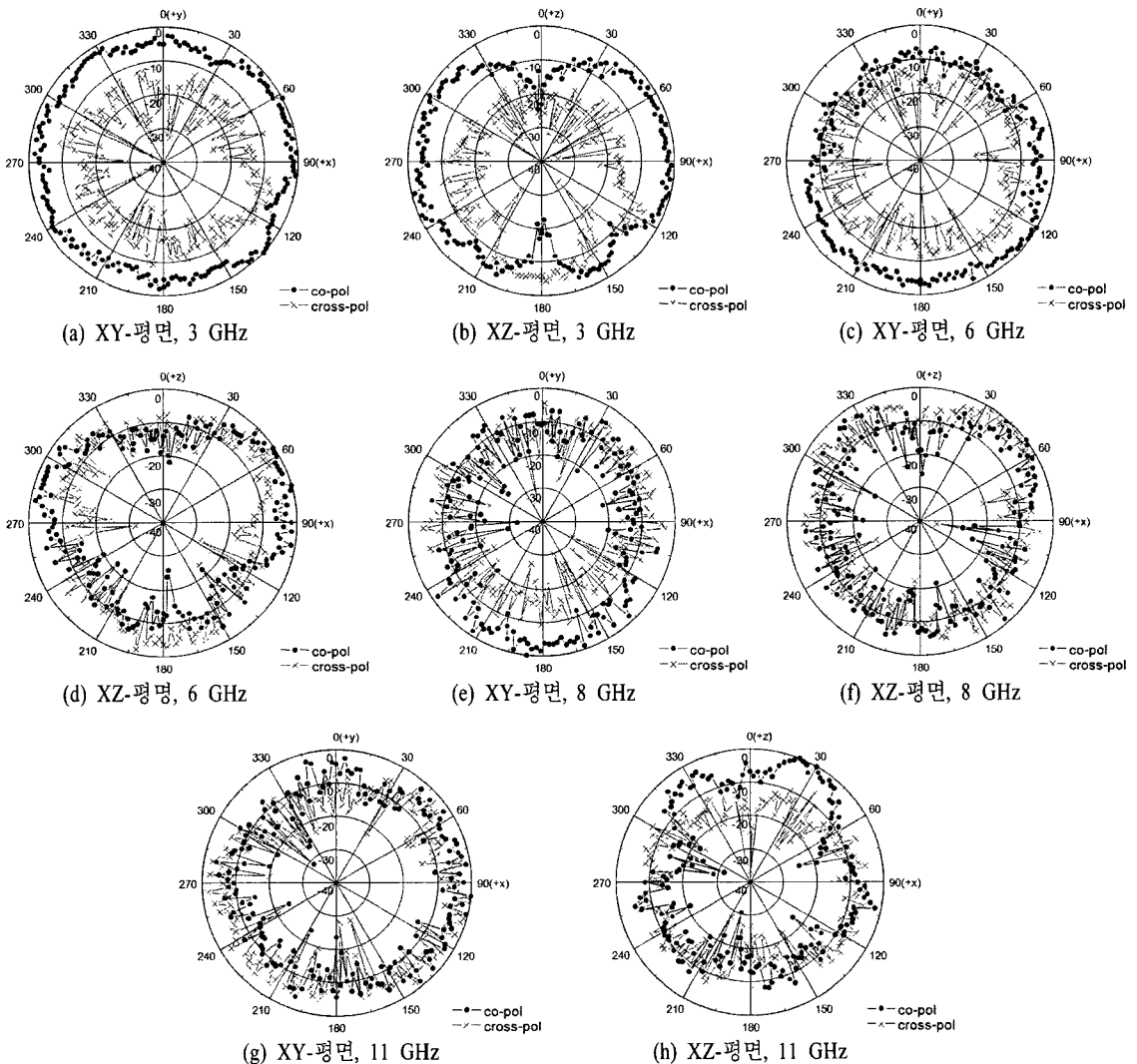


그림 6. 구현된 안테나의 방사 패턴 측정 결과
Fig. 6. Measured radiation patterns for the implemented antenna.

측정한 방사 패턴을 보여주고 있다. 3, 6, 8, 11 GHz에서 XY-평면과 XZ-평면의 co-polarization과 cross-polarization을 나타내었으며, 측정된 최고 이득 값은 3 GHz에서 2.61 dBi, 6 GHz에서 4.95 dBi, 8 GHz에서 2.89 dBi, 11 GHz에서 7.35 dBi이다. 그림 5에서 방사 패턴은 다소 +x축 방향으로 치우침이 보인다. 이것은 안테나 구조의 비대칭에서 나타나는 결과로 추정된다.

제작된 안테나의 효율을 측정한 결과, 3.1 GHz에서 80.47 %, 6 GHz에서 71.04 %, 8 GHz에서 72.62 %, 10.6 GHz에서 70.65 %로 나타났으며, 최고 효율은 5.5 GHz에서 87.93 %로 나타났다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CPW 급전 방식 UWB 대역을 만족하는 모노폴 안테나를 제안하고 설계, 구현하였다. 안테나의 크기는 40 mm×60 mm이며, 제안된 안테나는 UWB 대역인 3.1~10.6 GHz까지 7.5 GHz 대역의 광대역 특성을 만족하였고, 사용 대역에서 VSWR ≤ 2를 만족하였다.

5.5~6.4 GHz 대역의 반사 손실을 -10 dB 이하로 떨어뜨리는 문제를 해결하기 위해 방사 구조와 맞물려 있는 급전선 부분인 W_1 의 길이를 조절하였다. 3.1 GHz, 6 GHz, 8 GHz, 11 GHz에서 XY-평면과 XZ-평면의 co-polarization과 cross-polarization을 측정하여 제시하였으며, 사용에 적합한 방사 패턴을 보였다. 측정된 최대 이득은 3 GHz에서 2.61 dBi, 6 GHz에서 4.95 dBi, 8 GHz에서 2.89 dBi, 11 GHz에서 7.35 dBi이다.

제안된 안테나는 사각 모양을 깎아낸 형태로서 구현이 보다 용이하며 저지 대역 특성을 이끌어 내기 쉬운 장점을 가질 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 이호상, 장재삼, 정영호, 김철복, 김재훈, 박승배, 이문수, "모노폴 쌍으로 구성된 U자형 평면 UWB 안테나 설계", 전자공학회논문지, 45(9), pp. 60-66, 2008년 9월.
- [2] 주창복, "UWB용 사다리꼴 모노폴 마이크로스트립 안테나", 전자공학회논문지, 46(2), pp. 126-133, 2009년 2월.
- [3] J. H. Maeng, Y. J. Lee, and W. G. Yang, "Design and implementation of UWB CPW-fed planar monopole antenna", *Microwave and Optical Technliogy Letters*, vol. 51, no. 3, pp. 650-653, Mar. 2009.
- [4] 김남, 손귀범, 박상명, "CPW 급전 단일 평면 부채꼴 UWB 안테나 설계 및 제작", 한국전자과학기술회논문지, 18(3), pp. 305-314, 2007년 3월.
- [5] 이호상, 장재삼, 정영호, 김철복, 김재훈, 박승배, 이문수, "모노폴 쌍으로 구성된 U자형 평면 UWB 안테나 설계", 전자공학회논문지, 45(9), pp. 764-770, 2008년 9월.
- [6] 김태근, 민경식, "대칭 미앤더 급전 선로를 이용한 사다리꼴 평면 UWB 안테나 설계", 한국전자과학기술회논문지, 20(8), pp. 739-745, 2009년 8월.
- [7] 조성식, 임태균, 박정아, 김갑기, "UWB용 디스크 모노폴 안테나 설계", 한국정보기술학회 하계 학술대회 논문집, pp. 697-702, 2009년 6월.
- [8] 김준일, 이원택, 장진우, 지용, "초광대역(UWB) coplanar waveguide 급전 L자 평면형 모노폴 안테나 설계", 한국전자과학기술회논문지, 18(1), pp. 82-89, 2007년 1월.
- [9] D. C. Chang, "UWB antennas and their applications", *Antenna Technology: Small Antennas and Novel Metamaterials*, 4(6), pp. 14-19, Mar. 2008.
- [10] W. C. Liu, "Wideband dual-frequency double inverted-L CPW-fed monopole antenna for WLAN application", *IEE Proceedings, Microwaves, Antennas and Propagat.*, pp. 505-510, Dec. 2005.

유 주 봉



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] UWB 안테나, 내장형 안테나

김 우 찬



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 9월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RFID, 내장형 안테나

전 준 호



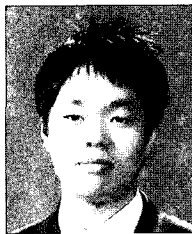
2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 내장형 안테나, 단말기안테나

양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
1997년 3월~2001년 12월, 2004년 2월~2005년 1월: (주) LG전자 (구 (주)LG정보통신 포함) 자문교수
2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 위원장
2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙연구원
2003, 2004, 2005년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's who in the world" 등재
2005년~2006년판: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's who in Science and Engineering" 등재
[주 관심분야] 이동 통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율

안 찬 규



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 단말기 안테나, RFID