

마이크로스트립 라인을 이용한 UWB 원형 패치 안테나 설계 및 분석

김진주*, 김선웅*, 박정진**, 정민아***, 박경우****, 최동유°

Design and Analysis of UWB Circular Patch Antenna Using Microstrip Line

Jin-ju Kim*, Sun-Woong Kim*, Jung-jin Park**, Min-A Jeong***, Kyung Woo Park****, Dong-you Choi°

요약

제안된 UWB 원형 패치 안테나는 FCC에서 규정한 3.1 ~ 10.6 GHz 대역에서 25% 이상의 상대적 대역폭을 갖도록 유도하였다. 안테나는 일반적인 마이크로스트립 라인과 선형적으로 임피던스가 변하는 마이크로스트립 라인의 두 가지 구조를 통해 광대역 특성을 유도하였다. 최종 제안된 안테나는 Ansys사의 HFSS를 활용하여 유전율 4.7, 손실 탄젠트 0.02, 두께 1.6 mm를 갖는 FR4_epoxy 기판에 설계되었다. 안테나 분석을 위하여 주파수 영역에서의 반사손실, VSWR, 방사패턴 및 이득을 시뮬레이션을 하였다. 분석한 결과 2.28 ~ 13.35 GHz 대역에서 -10 dB 반사손실 및 VSWR ≤ 2를 만족하여 약 11.89 GHz의 대역폭을 보였으며, 방사패턴은 전 대역에서 모두 무지향성의 특성을 보였다. 안테나의 이득은 2 ~ 8 GHz 대역에서 점차적으로 증가하여 8 GHz에서 7.92 dB의 가장 큰 이득의 특성을 보였으며, 9 ~ 12 GHz 대역에서 점차적으로 이득이 감소하는 특성을 보였다.

Key Words : UWB, Circular pathc antenna, Microstrip line

ABSTRACT

The proposed circular patch antenna was designed to include relative bandwidth of above 25% as designed by the FCC in the FCC in the 3.1 ~ 10.6 GHz band. The antenna was induced to have a wide band characteristic through two structures of the usual microstrip line and a microstrip line with a linear change in impedance. The proposed finally antenna was designed using an FR4_epoxy substrate with 4.7% permittivity, 0.02 of loss tangent, and 1.6 mm of thickness, and was simulated with the use of HFSS made by Ansys. Return loss at frequency, VSWR, radiation pattern and the gain of the antenna were analysed. As a result, if satisfied a return loss of -10 dB and VSWR ≤ 2 from 2.28 ~ 13.35 GHz, showing about the bandwidth of 11.89 GHz, and the radiation pattern was unidirectional in all bands. The antenna gain gradually increased from 2 ~ 8 GHz and had the highest gain of 7.92 dB at 8 GHz and the gain gradually decreased in the 9 ~ 12 GHz band.

※ 이 연구는 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 융합고급인력과정지원사업(IITP-2015-H8601-15-1006)의 연구결과로 수행되었음

◆ First Author : Chosun University Department of Information and Communication Engineering, kjj3296@naver.com, 학생회원

° Corresponding Author : Chosun University Department of Information and Communication Engineering, dychoi@chosun.ac.kr, 종신회원

* Chosun University Department of Information and Communication Engineering, woongskim1@naver.com, 학생회원

** Chosun University Department of Information and Communication Engineering, jungjin00@hanmail.net

*** Mokpo National University, Department of Computer Engineering, majung@mokpo.ac.kr, 정회원

**** Mokpo National University, Department of Computer Engineering, kwpark@mokpo.ac.kr

논문번호 : KICS2015-04-102, Received April 2, 2015; Revised May 14, 2015; Accepted May 14, 2015

I. 서 론

무선 통신 시스템은 산업·의료·과학 및 기타 여러 목적으로 사용분야가 증가하고 있으며, 무선 통신의 수요와 관심이 증가함에 따라 이용자들의 원활한 통신을 위해 고속의 데이터 통신 기능이 요구되고 있는 시점이다. 그 중에서도 UWB (Ultra Wide Band) 무선 기술은 사용자들의 요구에 부응하고 있으며, UWB 무선 기술은 고속 데이터 무선통신 어플리케이션을 위한 가장 유망한 해결책이 되고 있다.

UWB 안테나는 중심 주파수 25% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 혹은 1.5 GHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 통신 시스템을 의미하며, 신호의 확산 특성을 이용한 기술로서 시간 축 상에서 주기가 매우 짧은 펄스를 송신하게 되면 그 신호는 주파수 축 상에서 매우 넓게 펼쳐진다¹⁻³.

본 논문에서는 원형 패치 구조를 통해 UWB 안테나를 제안하였으며, 패치 안테나의 단점인 협대역을 보완하기 위해 마이크로스트립 라인의 형태 및 물리적 길이 변화를 통해 UWB 안테나의 주파수 대역 및 안정적인 임피던스 정합 특성을 유도하였다.

UWB 원형 패치 안테나의 최적화 설계를 위하여 유전율 4.7, 손실 탄젠트 0.02, 두께 1.6 mm의 FR4 기판을 사용하였으며, Ansys사의 HFSS를 통하여 주파수 영역에서의 반사손실, 정재파비, 방사패턴 및 이득의 특성을 분석하였다.

이를 위해 제2 장에서는 UWB 안테나의 설계를 제안하였으며, 제3 장에서는 HFSS를 통해 시뮬레이션 하였다. 제4 장에서는 결론을 맺는다.

II. 본 론

제안한 UWB 안테나는 원형 패치 구조를 기반으로 하여 유전율 4.7, 손실 탄젠트 0.02, 두께 1.6 mm의 FR4_epoxy 기판에 설계되었으며, 일반적인 마이크로스트립 라인과 선형적으로 임피던스가 변하는 마이크로스트립 라인의 두 가지 구조를 통해 광대역 특성을 유도하였다.

안테나는 유전체 기판을 중심으로 한쪽 면에는 안테나 역할을 하는 복사소자가 있고 반대쪽에는 접지 평면을 갖는 구조이다. 안테나의 방사를 이루는 원형 패치의 r_1 은 $\lambda_g/2$ 를 기반으로 제안되었으며, 식 (1)과 같이 정의된다⁴이.

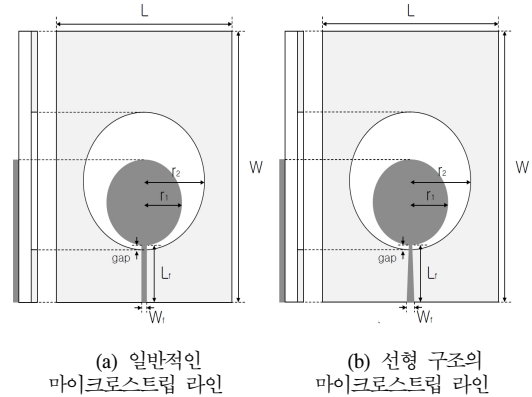


그림 1. 제안된 원형 패치 UWB 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed circular patch UWB antenna

표 1. 제안된 안테나의 실제 크기 [mm]
Table 1. Specific size of the antenna proposed [mm]

L	70	W	58
Lf	18.8	Wf	3
r1	21	r2	12
gap	1.51		

$$r_1 = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{c}{2f_{\min} \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

여기서 λ_g 는 관내 파장(m), C는 빛의 속도(m/s), ϵ_{eff} 은 실효 유전율이다. 실효 유전율 ϵ_{eff} 은 마이크로스트립 기판의 전자장 일부가 유전체 안에 있으며, 일부는 공기 중에 있어 $1 < \epsilon_{eff} < \epsilon_r$ 의 관계를 만족하고 ϵ_{eff} 은 기판의 두께와 선로 폭에 의해 결정된다.

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

제안된 원형 패치 구조 및 상세 크기는 그림 1, 표 1과 같다⁷⁻⁹.

여기서 L과 W는 유전체 기판의 크기이며, Lf와 Wf는 마이크로스트립 라인의 폭과 길이이다. 두 구조의 마이크로스트립 라인의 폭과 길이는 동일하다. r1은 원형 패치의 반지름이며, r2는 그라운드에 삽입된 원형 슬릿의 반지름이다. gap은 원형패치와 그라운드의 원형 슬릿 간의 간격이다.

III. 안테나 특성 분석

제안된 원형 패치 구조의 UWB 안테나는 마이크로 스트립 라인의 구조 및 물리적 길이 변화를 주어 안테나와 신호간의 임피던스 정합을 통해 안테나로 재 방사되는 신호의 양을 줄이는데 목적이 있다. 이를 반사 손실(return loss, S_{11}) 및 정재파비(VSWR: Voltage Standing Wave Ratio)를 통하여 분석하였으며, 식 (3), 식(4)와 같이 정의된다^[10].

$$Return Loss [dB] = -20 \log |I| \quad (3)$$

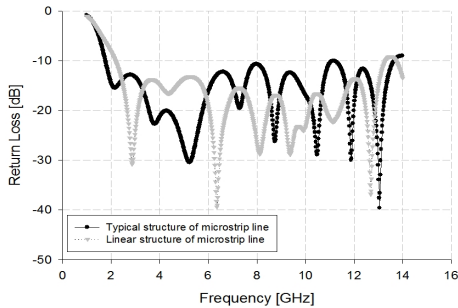
$$VSWR = \frac{1 + |I|}{1 - |I|} \quad (4)$$

통상적인 UWB 안테나의 임피던스 대역폭 기준은 -10 dB 이하의 반사손실 및 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 하며, 제안된 그림 1 (a), (b)의 마이크로스트립 라인 구조의 변화에 대한 반사손실 및 정재파비 시뮬레이션 예측 결과는 그림 2와 같다.

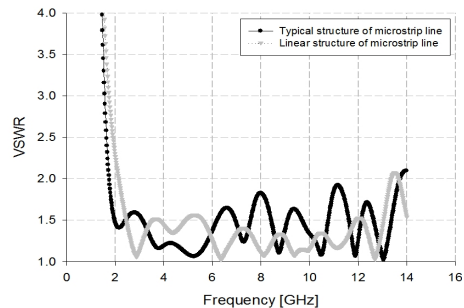
그림 2의 결과, 그림 1 (a) 일반적인 구조의 UWB 마이크로스트립 라인 안테나는 1.78 ~ 13.67 GHz 대역에서 -10 dB 이하의 반사손실 및 $VSWR \leq 2$ 를 만족하여 약 11.89 GHz의 대역폭을 보였다. 그림 1 (b) 선형 마이크로스트립 라인 구조의 UWB 안테나는 2.18 ~ 13.30 GHz 대역에서 -10 dB 이하의 반사손실 및 $VSWR \leq 2$ 를 만족하여 약 11.12 GHz의 대역폭을 보였다. 두 형태의 안테나는 비슷한 대역폭의 특성을 보인다. 하지만 그림 1 (a) 구조의 대역폭은 반사손실이 -10 dB, VSWR은 2 부분을 기준으로 정해진 반면 그림 1 (b) 구조의 대역폭은 약 반사손실에서 -15 dB, VSWR은 1.5을 기준으로 정해되었다. 이는 부정합으로 인한 반사되는 신호의 양이 적음을 의미함에 따라 그림 1 (b)의 구조를 선택하였다.

더욱 안정적인 임피던스 대역폭의 정합을 위하여 마이크로스트립 라인의 물리적 길이를 변화시켰으며, 반사손실 및 정재파비 예측 결과는 그림 3과 같다.

그림 3의 결과, $L_f = 18.8$ mm일 때 가장 우수한 반사손실 및 정재파비 결과를 나타냄에 따라 최종 안테나로 선정하였다.

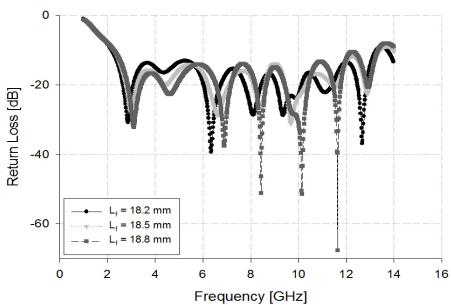


(a) 반사손실

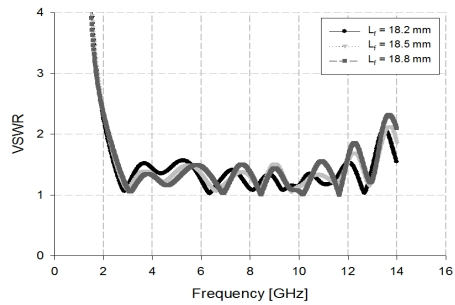


(b) VSWR

그림 2. 제안된 안테나의 반사손실 및 정재파비 예측 결과
Fig. 2. Return loss and VSWR simulation results of the proposed antenna



(a) 반사손실



(b) VSWR

그림 3. L_f 변화에 따른 반사손실 및 정재파비 예측 결과
Fig. 3. Return loss and VSWR prediction result due to changes L_f

제안된 선형 구조의 마이크로스트립 UWB 원형 패치 안테나는 대역폭에 포함된 각각의 대역으로부터 E-평면(XZ plane)과 H-평면(YZ plane)에서의 방사패턴 예측 결과는 그림 4와 같다.

그림 4의 결과, 최종 제안된 안테나는 3 GHz 대역에서 E-plane은 0°, 180°에서 최대 집중되어 방사되는 지향성의 특성을 보였으며, H-plane은 무지향성의 양호한 패턴을 보인다. 5 GHz 이상에서는 무지향성의 패턴을 보이고 있다.

최종 제안된 안테나의 이득을 분석하였으며, 그림 5와 같다.

그림 5의 결과, 제안된 안테나의 이득은 2 ~ 8 GHz

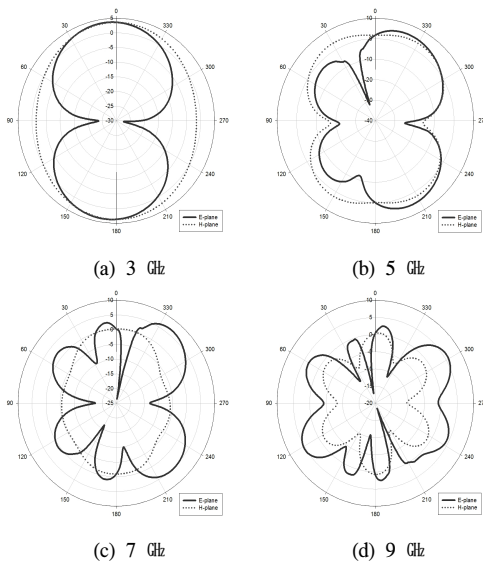


그림 4. 제안된 안테나의 방사패턴 예측 결과
Fig. 4. Radiation pattern simulation result of the proposed antenna

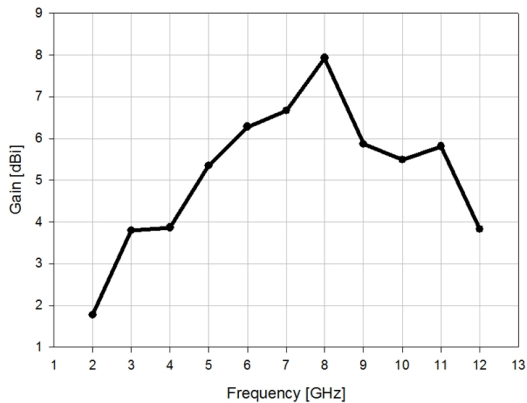


그림 5. 제안된 안테나의 이득 예측 결과
Fig. 5. Gain simulation result of the proposed antenna

대역에서 점차적으로 증가하여 8 GHz 대역에서 7.92 dB i의 가장 큰 이득의 특성을 보였으며, 9 ~ 12 GHz 대역에서 점차적으로 이득이 감소하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 원형 패치 구조를 갖는 UWB 안테나를 제안하였으며, 패치 안테나의 단점인 협대역을 보완하기 위해 마이크로스트립 라인의 형태 및 물리적 길이 변화를 통해 FCC의 기준인 3.1 ~ 10.6 GHz 대역폭 및 25% 이상의 상대적 대역폭을 만족하도록 설계하였다.

제안한 안테나는 유전율 4.7, 손실 탄젠트 0.02, 두께 1.6 mm의 FR4_epoxy 기판을 사용하였으며, 전체 크기는 70 × 58 mm이다. Ansys사의 HFSS를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 주파수 영역에서의 반사손실, VSWR, 방사패턴 및 이득을 분석하였다.

시뮬레이션 결과 원형 패치 안테나는 2.28 ~ 13.35 GHz 대역에서 -10 dB 이하의 반사손실 및 VSWR ≤ 2를 만족하며, 11.07 GHz의 대역폭을 보였으며, 방사패턴은 모든 대역에서 무지향성의 패턴을 보였다. 안테나 이득은 8 GHz 대역에서 7.92 dBi의 가장 높은 이득을 보였으며, 평균적으로 모든 대역에서 5 dBi 이상의 이득을 보였다.

References

- [1] W. Zuang, X. Shan, and Q. Bi, "Ultra-wideband wireless communication," *Wirel Commun. Mob. Comput.*, vol. 3, pp. 663-685, 2003.
- [2] M. A. Peyrot-Solis, G. M. Galvan-Tejada, and H. Jardón-Agular, "A novel planar uwb monopole antenna formed on a printed circuit board," *Microwave and Optical Technol. Lett.*, vol. 5, pp. 933-935, May 2006.
- [3] S. Hong, K. Chung, J. Lee, S. Jung, S. S. Lee, and J. Choi, "Design of a diversity antenna with stubs for UWB application," *Microwave and Optical Technology Lett.*, vol. 50, no. 50, pp. 1352-1356, Mar. 2008.
- [4] K. H. Lee, E. H. Kwak, and B. G. Kim, "Effect of substrate thickness, perforation position and size on the bandwidth and radiation characteristics of a proximity coupled

- perforated microstrip patch antenna,” *J. KICS*, vol. 39A, no. 6, pp. 301-321, Jun. 2014.
- [5] D. Y. Choi, S. W. Kim, J. J. Park, M. A. Jeong, and S. R. Lee, “Design and Implementation of Tapered Slot Antenna for Ship’s Indoor Location-Aware System,” *J. KICS*, vol. 39C, no. 12, pp. 1307-1313, Dec. 2014.
- [6] K. Y. Kim, “Design of UWB beam scanning antenna systems based on time domain analysis,” Ph.D. Dissertation, Electronic Engineering, Kwangwoon Univ., Dec. 2013.
- [7] K. J. Jeon, B. H. Ko, S. C. Myung, S. R. Lee, and K. S. Kim, “Protograph-based block LDPC code design for marine satellite communications,” *J. KICS*, vol. 39C, no. 7, pp. 515-520, Jul. 2014.
- [8] S. Shrestha, S. K. Noh, and D. Y. Choi, “Comparative study of antenna design for RF energy harvesting,” *Int. J. Ant. Propaga.*, vol. 2013, pp. 1-10, 2013.
- [9] D. Y. Choi, Sika Shrestha, J. J. Park, and S. N. Noh, “Design and performance of an efficient rectenna incorporating a fractal structure,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 2014, no. 27, pp. 1-19, Jul. 2014.
- [10] K. Chang, *RF and Microwave Wireless System*, NY: WILEY, pp. 74-75, 2000.

김진주 (Jin-ju Kim)



2012년 3월~현재 : 조선대학교
정보통신공학과 학사과정
<관심분야> UWB 안테나

김선웅 (Sun-woong Kim)



2012년 2월 : 조선대학교 정보통신공학과 학사
2014년 2월 : 조선대학교 정보통신공학과 석사
2014년 3월~현재 : 조선대학교 정보통신공학과 박사과정
<관심분야> 에너지 하베스팅, UWB 안테나

박정진 (Jung-jin Park)



1999년 2월 : 조선대학교 전자공학과 졸업
2003년 8월 : 조선대학교 전자공학과 석사
2013년 2월 : 조선대학교 정보통신공학과 박사
<관심분야> 에너지 하베스팅, 전파전파, UWB 안테나

정민아 (Min-A Jeong)



1992년 2월 : 전남대학교 이학사
1994년 2월 : 전남대학교 이학석사
2002년 2월 : 전남대학교 이학박사
2002년 4월~2003년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 Post-Doc
2003년 4월~2005년 2월 : 전남대학교 전자통신기술연구소 Post-Doc
2011년 9월~2013년 2월 : Cleveland Clinic Research
2005년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수
<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템

박 경 우 (Kyung Woo Park)



1986년 2월 : 전남대학교 전산
통계학과 학사
1988년 2월 : 전남대학교 전산
통계학과 이학석사
1994년 2월 : 전남대학교 전산
통계학과 이학박사
2006년 4월~현재 : 목포대학교
컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 분산 및 병렬처리, 데이터베이스, 전산
학

최 등 유 (Dong-you Choi)



1999년 2월 : 조선대학교 전자
공학과 학사
2001년 2월 : 조선대학교 전자
공학과 석사
2004년 2월 : 조선대학교 전자
공학과 박사
2007년~현재 : 조선대학교 정보
통신공학과 부교수

<관심분야> 에너지 하베스팅, 전파잡음, 마이크로파
강우감쇠