

원형 패치와 포크형 구조가 결합된 UWB 안테나

하윤상 · 김기래 · 최영규 · 윤중환*

Design of UWB Antenna with Fork-type structure and circular patch

Yun-Sang Ha · Gi-Rae Kim · Young-Kyu Choi · Joong-Han Yun*

Department of Electronic Engineering, Silla University, Busan 46958, Korea

요 약

본 논문에서는 UWB (Ultra Wide Band) 주파수 대역 (3.1 ~ 10.6 GHz)에서 동작하는 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 UWB 대역 특성을 얻기 위하여 기존 포크형 구조에 원형 패치를 결합하고, 접지면을 원호 구조로 구현하였다. 구현된 안테나는 유전율 4.4인 FR-4 기판 위에 설계되었고 전체 크기는 34 mm(W) × 50 mm(L) × 1 mm(t) 이다. 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였으며 특성을 실험한 결과 UWB 대역에서 약 -10 dB 이하의 반사 손실, 전류분포, 이득, 방사패턴의 특성을 측정하였다. 이와 같은 실험결과로 광대역 통신시스템에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This paper proposes an antenna of the fork type structure that operates in the UWB (Ultra Wide Band) frequency band (3.1 ~ 10.6 GHz). The proposed antenna is attached a circular patch in order to obtain the UWB band characteristics to the fork-type patch antenna. The ground plane is implemented in a arc-shape configuration. The effect of various parameters of the modified fork type radiating patch and partial arc ground plane for UWB operation is investigated. The proposed antenna is made of 34.0 × 50.0 × 1.0 mm³ and is fabricated on the permittivity 4.4 FR-4 substrate. The experiment results shown that the proposed antenna obtained the -10 dB impedance bandwidth 8200 MHz (2.7 ~ 10.9 GHz) covering the UWB bands. This result satisfied the characteristics of ultra-wideband and the proposed antenna will be applicable to an ultra wideband system.

키워드 : UWB, 안테나, 원형 패치 구조, 포크 타입 구조, 원호 모양 접지면

Key word : UWB(ultra-wide band), Antenna, Circular patch structure, Fork-type structure, Arc shape ground plane

Received 29 June 2016, Revised 29 June 2016, Accepted 07 July 2016

* Corresponding Author Joong-Han Yoon (jhyoon@silla.ac.kr, Tel : +82-51-999-5875)

Department of Electronic Engineering, Silla University, Busan 46958, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.10.1837>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무선 통신 기술과 서비스가 발전함에 따라, 다양한 무선 통신 서비스를 하나의 휴대용 무선 통신 단말기로 통합하여 사용하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 이를 위해서는 여러 주파수 대역의 신호를 하나의 안테나로 송수신할 수 있는 다중 대역 안테나 기술이나 음성 및 멀티미디어 응용의 대용량 고속 데이터 처리를 위하여 광대역 안테나 기술이 요구되고 있다[1].

UWB 무선 통신 기술은 2002년 미국 연방통신 위원회 (FCC)에서 점유대역폭이 20% 이상이거나 500 MHz 이상의 RF 대역폭을 갖는 시스템으로 정의하였다. 그리고 한정된 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 활용하는 새로운 통신 시스템이 필요했기에 군사용으로 사용하던 초광대역 무선 통신 기술을 상업용으로 3.1 ~ 10.6 GHz 대역에서 사용할 수 있도록 허가하였다[2, 3]. 이에 따라 UWB 시스템에 적용하기 위한 안테나와 여파기 등을 포함한 많은 RF 소자들에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. UWB 무선 통신 방식은 기존 LAN에 비해 5 ~ 10배가량 빠른 100 ~ 500 Mbps의 무선 전송 속도를 가지며, 1/3이하의 저전력을 사용하여 기존 시스템에 대한 간섭을 최소화하고 초고속 통신이 가능한 획기적인 무선 통신 기술이다. 초 광대역 안테나 설계 방법 중 대부분의 형태는 기존에 이용되는 패치 안테나의 형태에서 다양한 모양의 패치형태를 적용하여 초 광대역 특성을 나타내도록 최적화 시키는 방안이 요구되고 있으며 다양한 형태의 패치 안테나의 물리적 크기에 따른 주파수 동작 특성에 따라 안테나 특성의 물리적 이해 방안이 요구되고 있다[4-8].

본 논문에서는 UWB 전대역 (3.1 ~ 10.6 GHz)에서 정재파비가 2이하를 만족하며 -10 dB이하의 입력대비 반사손실을 갖게 하기 위하여 기본 포크 형 구조를 가진 안테나에 원형 패치 구조를 결합하고 기존 논문들과 달리 접지면을 원호 구조로 설계하였다. 또한 상용틀을 사용하여 최적화된 모델과 수치를 얻었으며 전류 분포를 통하여 안테나의 동작원리를 확인하였다. 제작 및 측정 결과를 토대로 안테나의 반사손실, 전류분포, 방사패턴을 얻었다.

II. 본 론

2.1. 안테나 구조

그림 1은 기본 포크 형 구조 안테나에서 UWB 대역을 맞추기 위해 원형 패치가 결합된 안테나의 상세한 구조를 나타낸 것이다. 안테나 앞면에는 도체 패치가 구현되어 있고 뒷면에는 접지면이 있다. 안테나를 제작하는데 사용된 기판의 크기는 34 mm(W) × 50 mm(L)이며 유전율(ϵ_r) = 4.4, 두께 1 mm인 FR-4 기판 위에 좌우대칭 구조를 갖도록 안테나를 설계하였다. 원형 패치는 UWB 대역의 넓은 대역폭을 만족시키기 위해 결합되며, 접지면은 불필요한 부분을 제거하고 전류를 중심부로 집중시키기 위해 원호형으로 제안하였다. 포크형 구조에 반지름 6 mm(R1)인 원형 패치를 결합하였고, 접지면은 반지름 29.5 mm(R2)인 원호로 제작 하였다. UWB 대역에 많은 영향을 주는 부분 중 하나인 포크형 구조 하단 부분에 한 면의 길이가 3.5 mm(W2)인 직각 삼각형을 양쪽으로 제거하였다. 마지막으로 L3의 길이를 8 mm로 설계하여 원형 패치와 공진이 되면서 최적의 반사손실 특성이 나타났다. 제안된 안테나의 시뮬레이션 과정은 3D 설계가 가능한 상용틀을 사용하여 최적의 패턴 구조와 방사특성을 갖도록 설계 하였다. 표1에는 최적화된 UWB 대역 안테나의 파라미터가 나타나 있다.

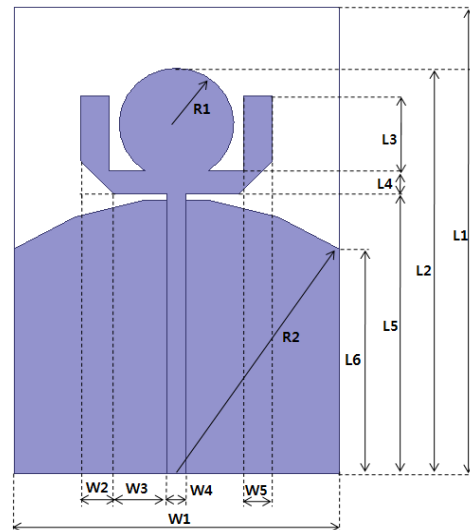


Fig. 1 Structure of proposed antenna

Table. 1 Optimized parameters of proposed antenna

| Parameter | Value [mm] | Parameter | Value [mm] |
|-----------|------------|-----------|------------|
| W1 | 34 mm | L1 | 50 mm |
| W2 | 3.5 mm | L2 | 43.5 mm |
| W3 | 5.5 mm | L3 | 8 mm |
| W4 | 2 mm | L4 | 2.5 mm |
| W5 | 3 mm | L5 | 30 mm |
| R1 | 6 mm | L6 | 24.1 mm |
| R2 | 29.5 mm | | |

2.2. 안테나 설계

그림 2는 기본 포크 구조 안테나에서 UWB 대역 안테나를 만들기 위해 설계하는 과정을 나타내며 그림 2 (a), (b)는 Strip 1, Strip 2, Combine 1의 존재 유무에 따른 영향을 분석하기 위하여 표시한 그림이다. 그림 2 (c)는 제안된 UWB 대역 안테나를 표시한 그림이다. Strip 1은 대칭되는 직각삼각형으로 한 면의 길이가 3.5 mm (W2)이며, Strip 2는 34 mm(W) × 29.5 mm(L)의 직사각형에서 반지름이 R2인 원호만 남긴 나머지 부분을 제거한 접지면을 표시하며, Combine 1은 R1이 반지름인 원을 표시한다. 제안된 안테나를 최적화 하는 과정 중에서 가장 영향이 큰 부분을 그림 2에 나타낸 것이며 Strip 1,2가 제거되고 Combine 1을 결합함으로써 안테나 대역폭에 우수한 결과를 보인다. 상용툴을 이용한 시뮬레이션 결과를 통해 앞면의 패치와 뒷면의 접지면

사이의 거리가 제안된 안테나에 큰 영향을 준다는 것을 확인하였고, 제안된 안테나가 최적화된 특성을 얻기 위해 L5의 길이를 30 mm로 설정 하였다. 동시에 L4의 두께도 제안된 안테나의 특성에 많은 영향을 주는 것으로 확인되었으며 시뮬레이션 결과상 가장 적절한 2.5 mm로 설정 하였다. 급전라인 두께인 W4의 길이 변화에 따라 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실 특성 분석을 통해 W4의 길이가 2 mm일 때 최적화된 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다. 원호 접지면에 Strip 2를 제거함으로써 급전선로와 접지면의 커플링을 적절히 유도시켜 최적화된 UWB 특성을 얻었다.

그림 3은 제안된 안테나에서 Strip 1의 영향에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내며 그림 2 (b)에서 점선으로 표시된 Strip 1이 제거되었을 때 시뮬레이션 결과이다. Strip 1이 제거되지 않았을 때 반사손실 특성은 3 GHz대역에서 -10 dB 이하로 떨어지고, 8.8 GHz대역에서 -10 dB 이상으로 올라가면서 반사손실 특성이 UWB 대역 중 고주파 부분을 만족하지 못하였다. 즉, Strip 1의 유무가 고주파에 영향을 많이 끼친다는 것을 알게 되었으며, Strip 1이 제거 되었을 때 UWB 대역 폭을 만족 할 수 있게 되었다. 그림 10 (b)를 보면 8 GHz대역에서 전류분포가 제거된 Strip 1 때문에 전류분포가 밀집되는 것을 알 수 있다. 따라서 Strip 1인 포크형 구조 하단 부분에 최적화된 길이로 한 면이 W2 = 3.5 mm인 직각삼각형을 양쪽으로 제거하였다.

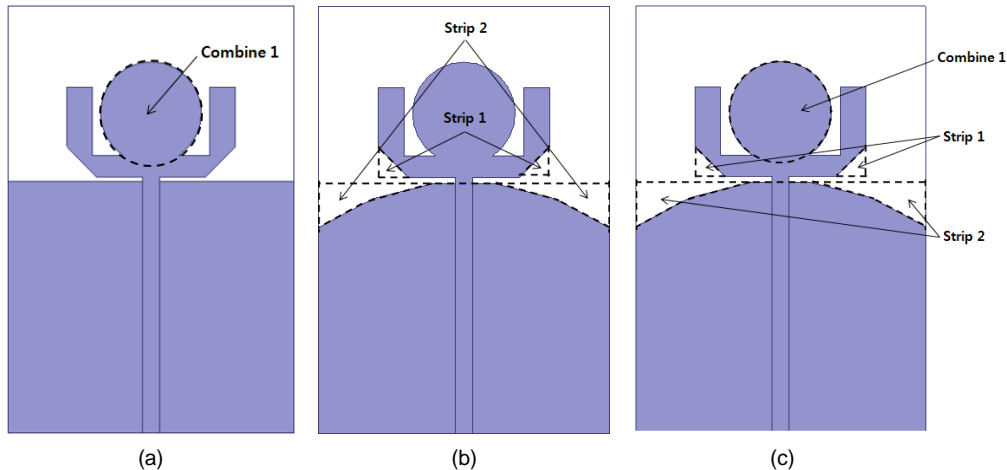


Fig. 2 Design process of Proposed UWB band antenna (a) Combined circular patch antenna, (b) Removed strip 1 and strip 2, (c) Proposed UWB band antenna

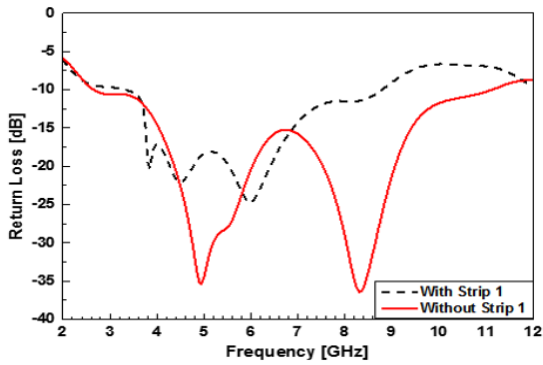


Fig. 3 The effect of the Strip 1

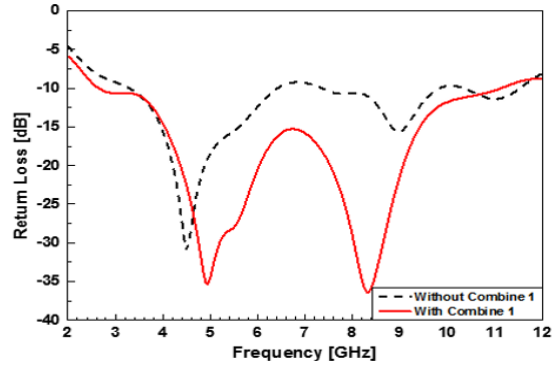


Fig. 5 The effect of the Combine 1

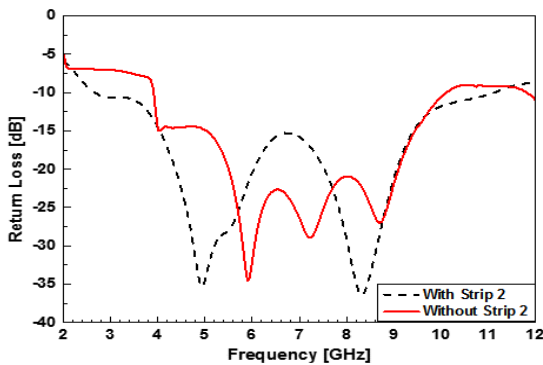


Fig. 4 The effect of the Strip 2

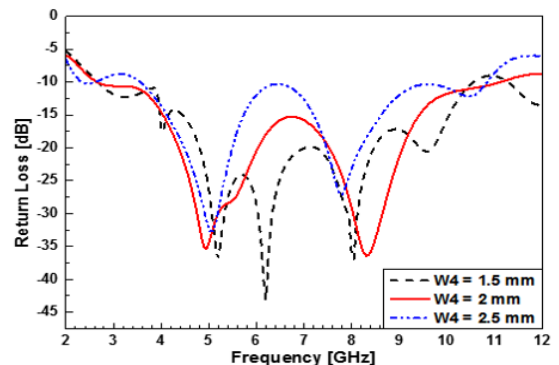


Fig. 6 The effect of the W4

그림 4는 제안된 안테나에서 Strip 2의 영향에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내며 그림 2 (c)에서 점선으로 표시된 Strip 2가 제거되었을 때 시뮬레이션 결과이다. Strip 2가 제거되지 않았을 때 3.1 ~ 3.9 GHz 대역에서 반사손실 특성이 UWB 대역을 만족하지 못하였고, 10.3 GHz에서 반사손실 특성이 -10 dB 이상으로 올라가면서 UWB 대역 중 저주파 대역을 만족하지 못하였다.

즉, Strip 2가 제거 되었을 때 저주파 대역에 영향을 주는 것을 알 수 있고, 반사손실 특성의 대역폭이 넓어지면서 제안된 안테나는 UWB 대역폭을 만족 할 수 있게 되었다. 그림 10 (a)를 보면 3 ~ 5 GHz 대역에서 Strip 2를 제거하면 전류가 이동하는 거리가 길어지면서 저주파 대역을 얻을 수 있었다. 따라서 Strip 2를 제거하여 최적화된 반지름 길이인 $R2 = 29.5 \text{ mm}$ 를 갖는 원호 접지면을 설계 하였다.

그림 5는 제안된 안테나에서 Combine 1의 영향에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내며 그림 2 (c)에서 점선으로 표시된 Combine 1을 결합하였을 때 시뮬레이션 결과이다. Combine 1이 제거되었을 때 3.2 GHz대역에서 반사손실 특성이 -10 dB 이하로 떨어졌고, 6.4 GHz대역부터 -10 dB 이상으로 올라가 이중 공진이 되는데 반사손실 특성이 좋지 않아 UWB 전대역을 만족하지 못하였다. 이를 개선하기 위해 Combine 1을 결합하면서 반사손실 특성곡선을 전체적으로 향상 시켰다. 즉, Combine 1이 결합되었을 때 반사손실 특성이 향상되고 4.9 GHz와 8.3 GHz 대역에서 이중 공진 현상이 일어나면서 UWB 대역을 만족하게 되었다. Combine 1이 반사손실 특성에 영향을 끼친다는 것을 알게 되었다. 따라서 Combine 1인 포크형 구조에 반지름 길이가 $R1 = 6 \text{ mm}$ 인 원형패치를 삽입하였다.

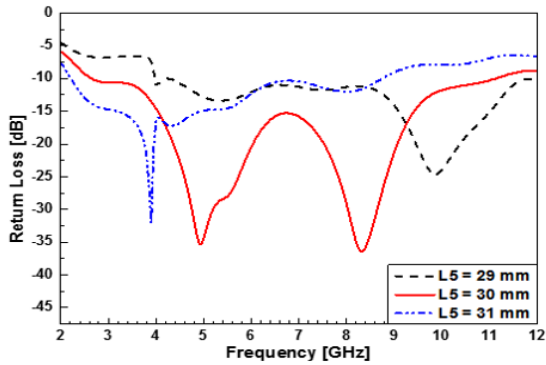


Fig. 7 The effect of the L5

그림 6은 제안된 안테나에서 급전선로 폭인 W4의 길이 변화에 따른 반사손실 특성의 변화를 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이 W4의 길이를 1.5 mm에서 2.5 mm로 0.5 mm씩 변화 시켰을 때 반사손실 특성변화를 비교하였다. W4 = 1.5 mm일 때 9.5 GHz에서 반사손실 특성이 UWB 대역을 만족하지 못하였다. 안테나의 최적화 길이인 W4 = 2 mm일 때와 비교하면 9.5 GHz에서 반사손실 특성의 차이를 알 수 있다. W4 = 2 mm일 때 반사손실 특성 곡선의 대역이 2.7 ~ 11.3 GHz로 UWB 대역을 만족하였다. 그리고 W4 = 2.5 mm일 때 저주파와 고주파 영역에서 UWB 대역을 만족하지 못하였다. W4의 길이가 2 mm일 때 UWB 대역과 반사손실 특성을 만족시키며 가장 우수한 결과를 확인할 수 있다.

그림 7은 제안된 안테나에서 급전선로의 길이인 L5의 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 L5의 길이를 29 mm에서 31 mm로 1 mm씩 변화 시켰을 때 반사손실 특성변화를 비교하였다. L5 = 29 mm일 때 10 GHz 대역에서 공진이 되면서 UWB 대역을 만족하지 못하였다. 제안된 안테나에서 최적화된 길이인 L5 = 30 mm일 때와 비교한다면 전체적인 반사손실 특성이 좋지 않은 점을 확인할 수 있다. L5 = 31 mm일 때 반사손실 특성 곡선이 WLAN 대역을 포함하고, 저주파 대역에서만 반사손실 특성이 나타나면서 UWB 대역을 만족하지 못하였다. L5의 길이가 29 mm와 31 mm일 때 각각 10 GHz, 4 GHz 대역에서만 공진하며 UWB 대역을 만족하지 못했고, 30 mm일 때 UWB 전대역을 만족시켰고, 충분한 반사손실 특성을 가지는 가장 우수한 결과를 확인할 수 있다.

III. 제작 및 측정

상용 툴 시뮬레이션을 통해 최적화 된 수치를 사용하여 안테나를 제작하였고 반사손실 특성을 측정하였다. 그림 8은 실제 제작된 안테나의 사진이다. 그림 8 (a)는 제작된 안테나의 앞면을 나타내며 그림 8 (b)는 제작된 안테나의 뒷면을 나타낸다. 제작된 안테나는 신라대학교 공과대학 공동기기실 내에 있는 회로망 분석기 (Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 사용하여 반사손실 특성을 측정하였다. 그림 9에서는 제안된 안테나의 반사손실 특성곡선에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교하였다.

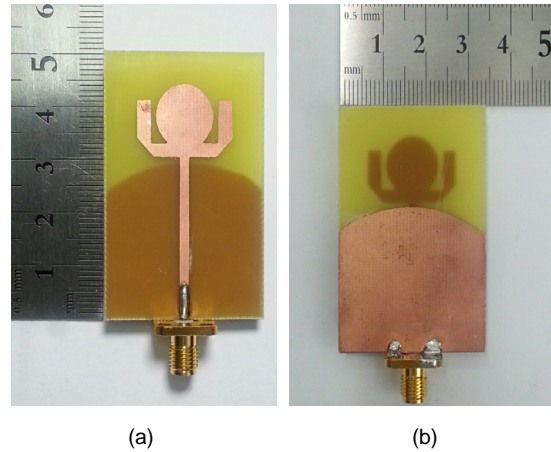


Fig. 8 Fabricated antenna (a) Top (b) Bottom

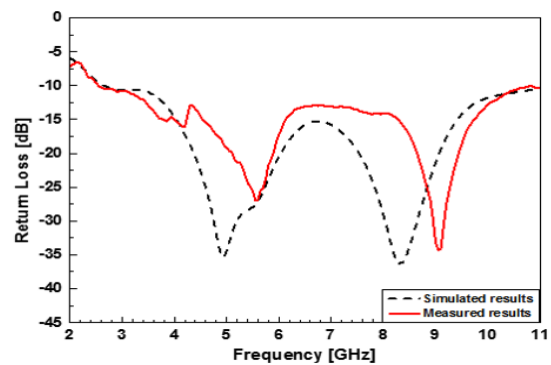


Fig. 9 The simulated and measured return loss results of the proposed antenna

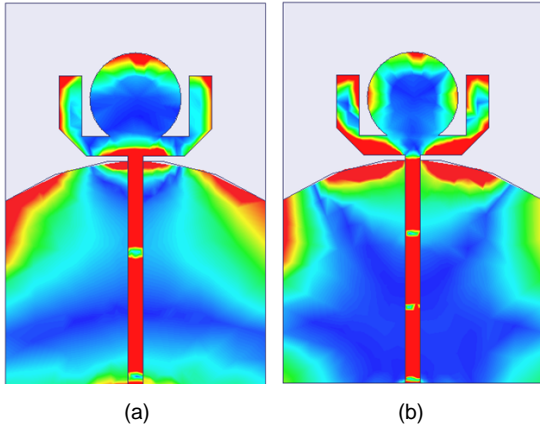


Fig. 10 The current density of proposed antenna (a) 5GHz, (b) 8GHz

제안된 안테나의 측정결과가 시뮬레이션 결과보다 오른쪽으로 이동 되었지만 2.7 ~ 10.9 GHz 대역에서 반사손실 -10 dB 이하 기준을 모두 만족한다. 그러므로 제안된 안테나는 UWB 대역을 만족한다고 할 수 있다. 그림 10은 각각 5, 8 GHz에서 제안된 안테나의 전류 분포도를 나타내었다. 5 GHz 대역에서의 전류분포는 대부분 원호 접지면 끝부분과 원형 패치 윗부분에 많이 분포하며 8 GHz 대역에서는 포크형 패치의 아랫부분과 원호 접지면 중심에서 많이 분포하였다. 5, 8 GHz에서 전류분포가 많은 부분이 방사에 영향을 많이 주는 부분임을 알 수 있다. 그림 11은 제안된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내었다. 그림 11 (a)는 4 GHz, (b)는 7 GHz, (c)는 10GHz 대역에서 x-y 평면에서 E-plane,

H-plane을 나타내었다. 방사패턴을 전체적으로 모두 전 방향성을 나타내었다. 그림 12는 제작된 안테나의 이득을 측정한 그래프이다.

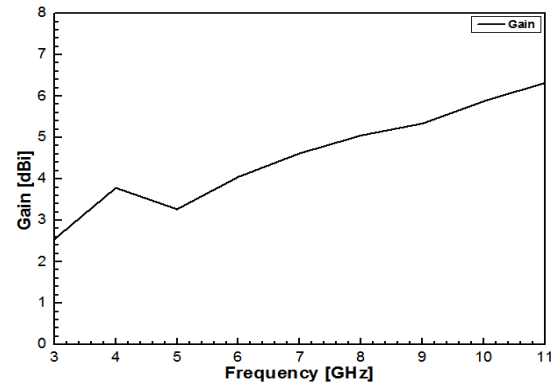


Fig. 12 Measured gain of the proposed antenna

IV. 결 론

본 논문에서는 포크 형 구조를 가진 UWB 안테나를 설계, 제작 및 측정을 하였다. 최종 안테나의 전체 크기는 34 mm(W) × 50 mm(L) × 1 mm(t)이며, 포크 형 구조에 적절히 Strip 1, 2 구조를 제거하고 Combine 1 구조를 결합하여 UWB 대역 안테나를 설계하였다. 안테나의 길이, 급전 선로의 두께, Strip 1,2와 Combine 1 유/무의 변화에 대한 상용툴 시뮬레이션을 진행하여 반사손

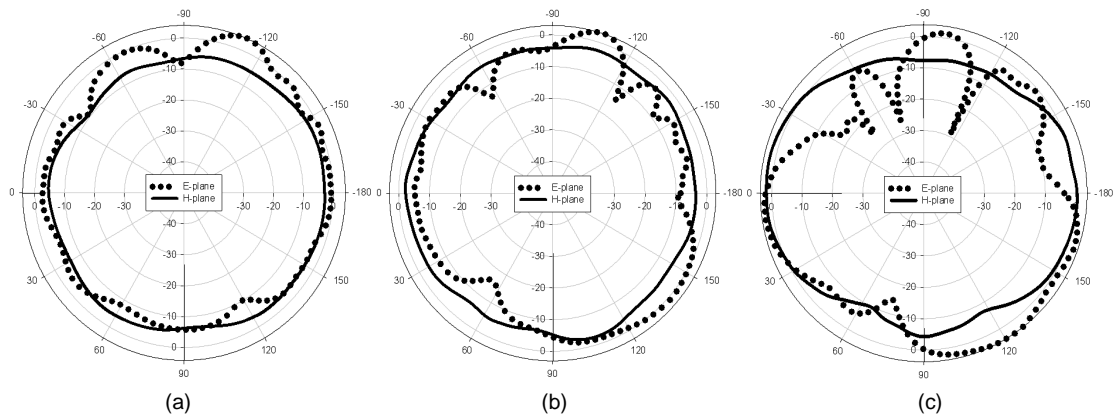


Fig. 11 Measured radiation pattern of the proposed antenna (a) 4 GHz, (b) 7 GHz, (c) 10 GHz

실 특성을 분석하였다.

시뮬레이션을 통해 얻은 최적화된 수치를 바탕으로 제안된 안테나를 FR-4 기판에 제작하고 네트워크분석기를 이용하여 측정하였다. 반사손실 측정 결과 -10 dB 기준으로 2.7 ~ 10.9 GHz의 결과를 얻어 UWB 대역 (3.1 ~ 10.6 GHz) 특성을 만족시켰다. 이러한 결과로 본 연구에서 제안하는 UWB 안테나는 여러 서비스 대역에서 사용 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] R. Waterhouse, *Printed antennas for wireless communications*, Chichester, U. K.: Wiley, 2007.
- [2] V. Daniel, S. Ignacio, and P. David, *Ultra wide band Antennas : Design and Applications*, London, Imperial College Press, 2010.
- [3] FCC, "First order and report, revision of part 15 of the commission's rules regarding UWB transmission systems," Fed Commun. Comm, FCC 02-48, Apr. 2002.
- [4] G. Y. Chen, J. S. Sun, S. Y. Huang, Y. D. Chen and C. H. Lin, "Characteristics of UWB antenna and wave propagation," *International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, vol.13, pp.713-716, Dec. 2005.
- [5] Zhi Nin Chen, "UWB antennas: Design and application," *2007 6th International Conference on Information, Communications & Signal Processing (ICICS)*, Singapore, pp. 1-5, Dec. 2007.
- [6] P. G. Kim, "Study on the Design and Fabrication of 2x1 Array Antenna Using Stack Structure for W-Lan Applications," M. S. dissertation, *Mokpo Maritime University*, pp. 38-40, 2007.
- [7] P.Gao, L.Xing, J. Dai, S. He, and Y. Zheng, "Compact printed wide slot UWB antenna with 3.5/5.5 GHz dual band notched characteristics," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 983-986, Aug. 2013.
- [8] E.Lim, Z. Wang, C. Lei, Y. Wang, and K. Man, "Ultra Wideband Antennas Past and Present," *IAENG International journal of computer science*, vol. 37, no. 3, pp. 304-314, Aug. 2010.



하윤상(Yun-Sang Ha)

2014년 : 신라대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2015년 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석사 과정
 ※ 관심분야 : 위성통신, 레이더, UWB 안테나



김기래(Gi-Rae Kim)

1986년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1988년 ~ 1993년 : 삼성전자(주) 정보통신연구소 선임연구원
 1993년 ~ 1998년 : 마산대학 정보통신학과 조교수
 1998년 2월 : 경남대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1999년 ~ 현재 : 신라대학교 공과대학 전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : RF / Microwave, 무선통신시스템



최영규(Young-Kyu Choi)

1987년 : 중앙대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
 1988년 : 교토대학교(일본) 전자공학과 (공학석사)
 1992년 : 교토대학교(일본) 대학원 졸업 (공학박사)
 1992년 ~ 1995년 : 국립 후쿠이대학(일본) 전자공학과 전임강사
 1998년 ~ 현재 : 신라대학교 공과대학 전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 초고주파, MMIC, 광통신, 광센서



윤중한(Joong-Han Yoon)

1992년 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 : 인하대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2003년 : 인하대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
2003년 3월 ~ 2004년 8월 : 인하대학교 Post-Doc.
2004년 9월 ~ 2005년 10월 : 일본 요코하마 국립대학 Post-Doc.
2005년 11월 ~ 2008년 8월 : 삼성전기 책임연구원
2008년 9월 ~ 현재 : 신라대학교 공과대학 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 전파 및 안테나, Radar