

**소형 광대역 L-형 슬롯 안테나****Compact and Broadband L-shaped Slot Antenna**

장민규 · 이영순*

금오공과대학교 전자공학과

Min-gyu Jang · Young-soon Lee *

Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyoengsangnam-do, 730-701, Korea

[요 약]

본 논문에서는 광대역 특성을 가지는 기울어진 L-형 모노폴 슬롯안테나를 새롭게 제안하였다. 안테나의 소형화 및 광대역화를 위해 접지면의 모서리에 위치하여 슬롯의 양 끝단이 개방되는 L-형 슬롯을 사용하였다. 그리고 낮은 주파수 대역에서 대역폭 증가를 위해 L-형 슬롯의 하단 구조를 기울어진 형태로 하였고, 반면에 높은 주파수 대역에서의 대역폭 증가를 위해 L-형 슬롯의 상단 구조를 테이퍼 형태로 하였다. 급전 구조는 일반적으로 개방 종단보다 대역폭 증가에 유리한 것으로 알려진 단락 종단된 마이크로스트립 급전선을 사용하였다. 제안된 안테나의 제작 및 측정 결과, 임피던스 대역폭($S_{11} \leq -10$ dB)이 4.72 GHz (2.28~7 GHz)인 광대역 특성을 얻을 수 있었으며, 안테나 이득의 경우 전 대역에서 약 3dBi 이상의 높은 이득을 얻을 수 있었다.

[Abstract]

In the present study, oblique L-shaped monopole slot antenna with broadband characteristic is newly proposed. For bandwidth enhancement as well as size reduction, L-shaped slot with two open-terminations on the ground edge is used. The lower part of L-shaped slot comprises oblique form for bandwidth enhancement in low frequency band, whereas its higher part comprise tapered form for its enhancement in high frequency band. The short-circuit terminated microstrip line which is generally known to be more useful for bandwidth enhancement than open-circuit termination is used. The measured impedance bandwidth($S_{11} \leq -10$ dB) and gain of the fabricated antenna have been observed to be 4.72 GHz (2.28~7 GHz) and more than 3dBi over the passband respectively.

Key word : Compact, Broadband, L-shaped slot antenna, Oblique and tapered slot, Microstrip-fed.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.4.376>



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.

Received 15 July 2014; Revised 26 August 2014

Accepted (Publication) 21 August 2014(30 August 2014)

*Corresponding Author; Young-soon Lee

Tel: +82-54-478-7501

E-mail: yslee@kumoh.ac.kr

1. 서론

최근 통신, 방송을 중심으로 한 다양한 신규 무선 기술이 개발되어 서비스가 도입되고 각종 산업에서 무선서비스에 대한 수요가 급격히 확대됨에 따라 주파수에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 상황이다. 게다가 이동통신, 위성통신의 급속한 발달로 인하여 정보화 사회에서의 무선통신 역할이 더욱 더 중요해지고 있다. 또한 하나의 휴대 단말기에 여러 서비스를 탑재한 기술의 필요성이 점점 더 커지고 있는 실정이며 이를 위해 하나의 단말기에 여러 개의 안테나를 동시에 설계하기도 한다. 하지만 안테나의 수가 늘어남에 따라 안테나가 차지하는 부피도 늘어나게 되며 각각의 안테나를 정합하는데도 문제점이 생긴다. 이러한 점들을 해결하기 위해서 다중대역 안테나[1],[2] 및 광대역안테나[3]~[6]에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다중대역 안테나[1],[2]의 경우, 참고문헌 [2]에서와 같이 무선 LAN(WLAN)용으로 특정 공진 주파수대역 (2.4 GHz 및 5 GHz 대역)에서만 사용이 가능하여, 예로 공진이 일어나지 않는 WiMAX(2.30~3.80)와 같은 무선기술의 주파수 대역에서는 다중대역 안테나[1],[2]를 사용할 수 없다. 이러한 문제점을 해소할 수 있는 것이 광대역 안테나로, 예로 참고문헌 [5]에서의 T형 모노폴 슬롯 안테나의 경우 대역폭이 3.32 GHz (2.05~5.3 GHz)인 광대역 안테나로 WLAN 및 WiMAX (2.30~3.80 GHz)와 같은 무선 통신 기술용으로도 사용이 가능하다. 그러나 2.4~2.48 GHz 주파수 대역 사용을 정의하는 IEEE 802.11 WLAN 규격의 경우 ZigBee, Bluetooth, WiFi와 같은 무선기술 뿐만 아니라 가정용 조리기, 의료장비 등이 공통으로 사용되는 ISM 주파수 대역으로, 혼선 가능성이 크기 때문에 ITU(International Telecom. Union)에서는 5.150~5.350 GHz, 5.470~5.727 GHz, 5.725~5.825 GHz 대역을 세계 공통으로 WLAN 등의 고정 접속시스템으로 분배하였다. 따라서 참고문헌 [5]에서의 T형 모노폴 슬롯 안테나의 경우 광대역 안테나 이긴 하나 ITU에서 분배한 5GHz 대역에서 WLAN을 사용할 수 없다는 문제점이 있고, 참고문헌 [6]에서의 안테나의 경우 대역폭이 2.63~7.27 GHz로 광대역이긴 하나 보편상용 적으로 가장 많이 사용되고 있는 2.4 GHz ISM 대역을 사용할 수 없다는 문제점이 있다.

이에 본 논문에서는 2.4 GHz 대역뿐만 아니라 이중대역 WLAN (2.4~2.484 GHz, 5.15~5.825 GHz) 및 WiMAX (2.30~3.8 GHz) 규격의 주파수 대역에서도 사용이 가능한 광대역 소형 안테나의 설계 결과를 제시하고자 한다. 안테나의 소형 및 광대역화를 위하여 참고문헌 [6]에서와 같이 접지면의 모서리에 위치하여 슬롯의 양 끝단이 개방될 수 있는 L-형 모노폴 슬롯 안테나를 새롭게 제안 하고자 한다. 또한 급전구조는 보다 넓은 대역폭 확보를 위하여 참고문헌 [5] 및 [6]에서와 같이 마이크로스트립 선로의 끝단과 슬롯에 의해 floating(접지면과 부유)된 도체면을 비아(conduction via)로 연결하는 단락 중단 급전방식을 사용하고자 한다. 본 논문에서 안테나의 모의실험 설계는 CST사의

MWS[7]를 사용하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

본 논문에서 제안 하고자하는 양 끝단이 개방된 L-형 모노폴 슬롯 안테나를 그림1에 제시하였다. 그림 1에서 보는바와 같이 제안된 안테나는 기판 접지면의 모서리에 위치하고 있으며, 기판 윗면의 마이크로스트립 급전선은 비아를 통해 슬롯에 의해 floating된 도체면과 연결된다. 또한 L-형 슬롯 안테나를 직선 형태가 아닌 기울어진 형태를 하고 있는데, 이는 모의실험설계를 직선형태의 슬롯을 기본형으로 시작하여 설계해본 결과를 통해 광대역화하기에 적합한 구조로 기울어진 형태를 찾아낸 것이다. 우선 기판두께, 유전율 주파수 등 모든 것을 고려하여 슬롯의 폭은 1.5 mm, 급전선의 두께는 1.5 mm로 고정하였으며 슬롯안테나의 높은 임피던스와의 정합문제를 고려하여 급전선의 형태를 수직적인 형태로 하였다. 그림 1의 구조를 통해 본 논문의 주요 아이디어를 언급하자면, 낮은 주파수 쪽으로의 대역폭을 증가시키기 위하여 PCB 뒷면 하단 슬롯의 구조를 기울어진 형태를 적용하여 직선 형태와 비교해 슬롯의 길이가 좀 더 길어지게 되는 효과를 통해 공진주파수를 낮추는 구조로 하였으며, 반면에 높은 주파수 쪽으로의 대역폭을 좀 더 증가시키기 위해 PCB 뒷면 상단의 슬롯의 구조에 테이퍼 형태의 구조를 적용하였다. 모의실험에는 두께 0.8 mm, 유전율 4.3인 FR-4기판을 사용하였으며 기판(PCB)의 전체 크기는 50×80 mm²이며 안테나 설계 가능 공간은 기판의 상단 왼쪽 부분의 15×40 mm²이다.

그림 1에서 제안된 광대역안테나 구조에서 몇 가지 중요한 파라미터 변화에 따른 공진 주파수 및 반사계수의 변화를 분석하였다.

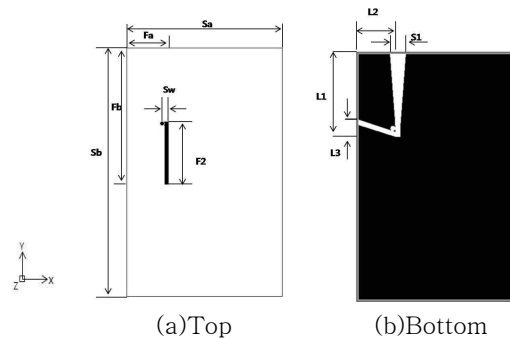


그림 1. 제안된 광대역 안테나
Fig. 1. The proposed broadband antenna.

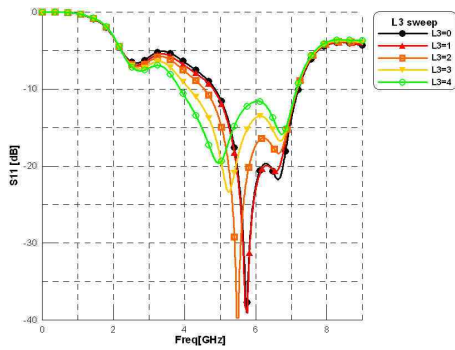


그림 2. L3의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
 Fig. 2. Simulated return losses for different values of parameter L3.

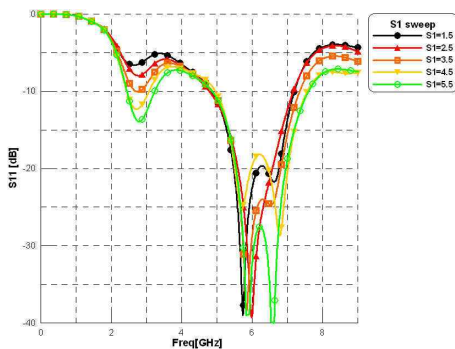


그림 3. S1의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
 Fig. 3. Simulated return losses for different values of parameter S1.

그림 2에서는 파라미터 L3의 변화에 따른 경향을 나타내었다. 파라미터 L3은 PCB 뒷면 슬롯의 꺾인 정도를 나타내는 파라미터이며 수치가 커질수록 기울어진 정도가 높아지며 슬롯의 길이가 증가하게 된다. L3의 길이를 0 mm에서 5 mm까지 1mm 간격으로 증가시키며 주파수 변화 및 반사계수의 크기를 비교 하였을 때, 길이가 길어질수록, 즉 PCB 하단 slot의 길이가 증가 할수록 낮은 주파수 쪽으로의 대역폭이 증가하는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 파라미터 S1의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. S1의 크기가 증가하게 되면 PCB 상단의 슬롯의 폭이 그림 1에 제시한 구조와 같이 테이퍼형 구조로 넓어지게 된다. 슬롯의 두께를 1.5 mm에서 5.5 mm까지 1 mm 간격으로 증가시키며 경향을 분석하였다. 그 결과 3 GHz대역의 공진주파수 대역에서 반사계수의 크기가 감소하는 것과 6 GHz대역의 공진주파수 대역에서 반사계수는 크게 변화가 없으나 대역폭은 소폭 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 4는 PCB 위쪽 슬롯의 폭이 5 mm인 상태에서 L3의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. L3의 크기가 증가할수록, 즉 다른 안테나 구조는 고정 된 상태에서 PCB 하단 슬롯의 길이가 길어질수록 6 GHz대역 공진주파수에서의 반사계수의 크기는 다소 증가하지만 4 GHz대역 공진주파수에서의 반사계수의

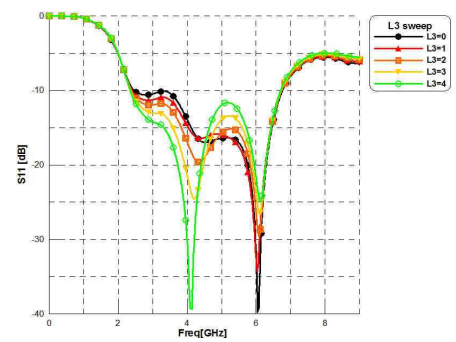


그림 4. S1의 수치가 5mm인 상태에서 L3의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
 Fig. 4. Simulated return losses for different values of parameter L3 when S1 is 5 mm.

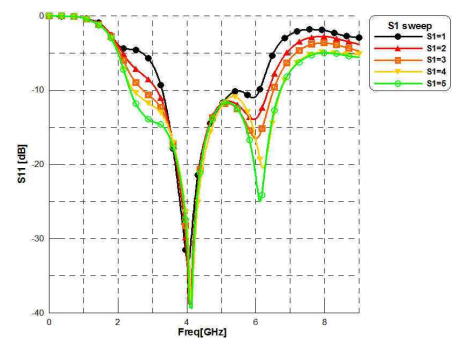


그림 5. L3의 수치가 4mm인 상태에서 S1의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
 Fig. 5. Simulated return losses for different values of parameter S1 when L3 is 4 mm.

크기는 감소하면서 넓은 대역폭을 확보하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 5는 파라미터 L3의 수치가 4 mm인 상태에서 S1의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. S1의 크기가 증가할수록, 즉 PCB 위쪽 슬롯의 폭이 테이퍼형태로 증가할수록 6 GHz대역 공진주파수에서의 반사계수의 크기가 감소하면서 대역폭이 증가하고 4 GHz대역 공진주파수는 낮은 주파수 쪽으로 대역폭이 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

표 1. 제안된 광대역 안테나의 최적화 파라미터
 Table. 1. Optimization parameter of the proposed broadband antenna.

파라미터	값(mm)	파라미터	값(mm)
Sa	50	Fw	2.3
Sb	80	Fl	20.5
Fa	13.5	L1	24
Fb	44	L2	10
S1	5	L3	4

앞서 나타난 그림 2~5에 제시된 각 파라미터의 변화에 따른 경향을 토대로 하여, 모의실험결과 최적의 안테나 구조 세부 파라미터 수치를 표 1에 제시하였다.

III. 제작 및 측정결과

앞서 분석된 결과를 토대로 최적화 된 구조를 적용하여 제작한 안테나를 그림 6에 제시하였다. 제작에는 모의실험에서와 같이 두께 0.8 mm, 유전율 4.3인 FR-4기판이 사용되었다.

그림 7은 모의실험 결과와 실제 제작된 안테나의 반사손실 측정결과를 비교하여 나타난 그림이다. 모의실험 결과 약 4.54 GHz (2.24 GHz ~ 6.78 GHz)의 대역폭을 가지는 것을 알 수 있으며, 실제 제작된 안테나의 측정결과 약 4.72 GHz (2.28 GHz ~ 7 GHz)로 다소 증가한 대역폭을 가지는 것을 확인할 수 있다.



그림 6. 제작된 안테나
Fig. 6. Fabricated antenna.

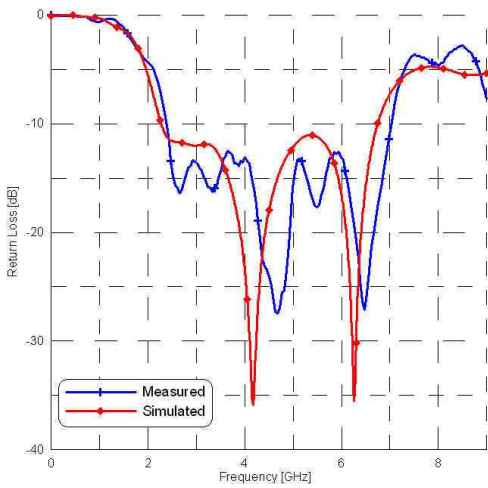
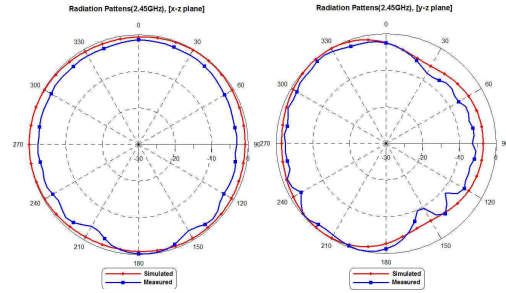
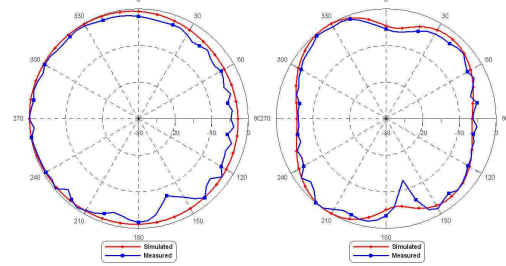


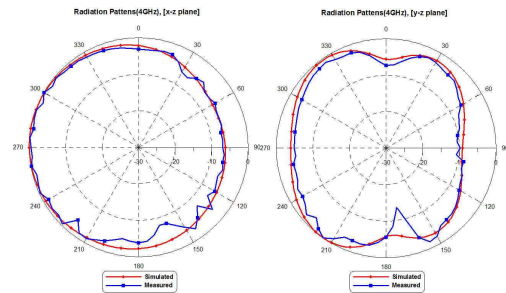
그림 7. 제작된 안테나의 반사계수
Fig. 7. Measured return losses of fabricated antenna.



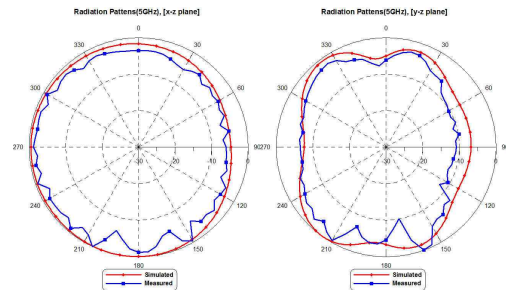
(a) 2.45GHz



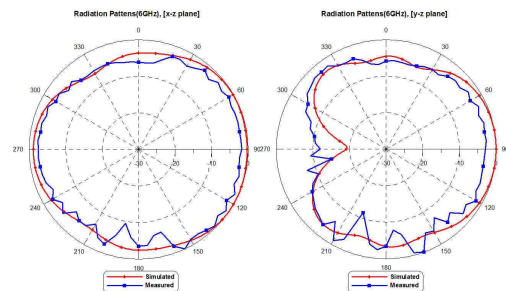
(b) 3GHz



(c) 4GHz



(d) 5GHz



(e) 6GHz

그림 8. 제작된 안테나의 2D 방사패턴
Fig. 8. Measured 2D radiation patterns of fabricated antenna.

그림 8에는 각 주파수 별로 모의실험 한 2D 방사패턴 결과 값과 실제 측정된 2D 방사패턴 결과값을 비교하여 나타내었다. X-Z 평면에서는 전체적으로 등방성 특성이 나타나는 것을 확인할 수 있으며 Y-Z평면에서는 4 GHz, 5 GHz,에서 90°, 180° 방향 보다 0°, 180° 방향으로 방사세기가 좀 더 센 것을 볼 수 있지만 크게는 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 단락 마이크로스트립 급전을 이용한 광대역 특성을 가지는 기울어진 소형 L-형 모노폴 슬롯안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 50 mm × 80 mm의 PCB기판 중에서 한쪽 모서리부분에 설계 하였으며 각각의 중요한 파라미터에 대한 경향분석과 그 결과를 토대로 최종적인 구조의 안테나를 제작하였다. 최종 제작된 안테나는 임피던스 대역폭이 약 4.72 GHz (2.28 GHz ~ 7 GHz)로 참고문헌 [5]에서의 3.32 GHz (2.05~5.3 GHz) 및 참고문헌 [6]에서의 4.67 GHz (2.63~7.27 GHz)의 대역폭 결과에 비해 가장 대역폭이 넓어진 결과임을 알 수 있다. 또한 안테나 효율 및 이득 측정 결과 전 주파수대역에서 78.1% 및 3.08 dBi 이상의 높은 효율과 이득을 가지는 것도 확인 하였다. 그러므로 본 논문에서 제안된 안테나는 2.4 GHz ISM 주파수 대역뿐만 아니라 이중대역 WLAN (2.4~2.484 GHz, 5.15~5.825 GHz) 및 WiMAX (2.30~3.8 GHz) 규격의 주파수 대역에서도 사용이 가능한 통합 무선기기용 안테나로 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

그리고 제안된 안테나의 활용 가능한 영역으로, 제안된 안테나가 소형 인쇄기판(printed) 평면형 안테나 이면서 점유공간이 작아, 무선기기의 회로들(증폭기, 위상 천이기, Mixer 등)과의 집적화가 가능하며, 집적화 회로의 안테나 부분으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 제안된 안테나가 PCB 한쪽 좌측 모서리에 위치하고 있으므로 본 논문의 안테나를 좌우 대칭으로 배치할 경우, 충분히 격리된 거리로 인해 격리도가 높은 MIMO 안테나로도 활용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.

참고문헌

- [1] S. T. Fam, Y. Z. Yin, W. Hu, K. Song and B. Li, "Novel CPW-Fed printed monopole antenna with an n-shaped slot for dual-band operations," *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 54, No. 1, pp. 240-242, Jan. 2012.
- [2] Y. S. Koo and D. S. Im, "Design and manufacture of modified ring antenna with stub and ground slot for WLAN applications," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 1, No. 10, pp. 2265-2272, Oct. 2013.
- [3] S. K. Sharma, L. Shafai and N. Jacob, "Investigation of wide-band microstrip slot antenna," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, Vol. 52, No. 3, pp. 865-872, Mar. 2004.
- [4] S. I. Latif, L. Shafai and S. K. Sharma, "Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip slot antenna," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, Vol. 53, No. 3, pp. 994-1003, Mar. 2005.
- [5] Y. S. Lee and Y. K. K. Cho, "Design of wideband microstrip monopole slot antenna," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 16, No. 5, pp. 766-772, Oct. 2012.
- [6] J. H. Yoo and Y. S. Lee, "Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip-fed Folded-Slot Antenna," *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 55, No. 10, pp. 2248-2251, Oct. 2013.
- [7] Trade mark of CST corp.



장 민 규 (Min-Gyu Jang)

2012년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부 (공학사)
2014년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부 (공학석사)
2014년 3월 ~ 현재 : EXODUS ADVANCED COMMUNICATIONS 연구원
※관심분야: 안테나 설계 및 해석, RF 회로설계, 마이크로파 증폭기 필터 등



이 영 순 (Young-Soon Lee)

1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)
1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
1981년 ~ 현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수
※관심분야: 전자기이론, 안테나 산란문제, 도파관 불연속, 개구결합