

# 이중대역 무선 랜용 굴곡형 슬롯 루프 안테나

## Bent slot loop antenna for the dual band wireless LAN

이영순\*, 임성균\*\*

Young-Soon Lee\*, Seong-Gyun Im\*\*

### 요 약

본 논문에서는 무선 LAN 2중 대역용(2.4GHz~2.4835GHz, 5.15GHz~5.825GHz) CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나를 제안하였다. 요구된 대역의 2중 공진 주파수는 슬롯 루프와 슬롯 폭의 공진 길이의 변화로써 조절되며, 제안한 안테나의 소형화를 위해 슬롯 루프를 구부렸다. 특히, 용량성 결합 CPW 급전 방식은 정합 회로의 추가 없이 급전부와 방사부 사이의 간격(offset)으로 전자기의 커플링 양을 조절함으로써 임피던스 정합을 가능하게 한다. 그 결과, 제안된 안테나는 각 대역에서는 10dB 이하의 반사손실과 80%이상의 높은 효율을 가진다. 제안된 안테나의 타당성을 보여주기 위해 시뮬레이션 및 측정 결과를 비교하여 제시하였다.

### Abstract

In this paper, Coplanar waveguide(CPW)-fed slot loop antenna, which is applicable to the dual band(2.4GHz~2.4835GHz, 5.15GHz~5.825GHz) for the wireless LAN, is proposed. In order to miniaturize the proposed antenna, slot loop is bent by meandering. The resonant frequencies in the required dual band are adjusted by variation of the resonant length of slot loop as well as slot width. In particular, use of capacitive coupling CPW feed provides impedance matching without a separate matching circuit, because the amount of electromagnetic coupling can be controlled by the offset between feed and radiator. As a result, it has been observed that the proposed antenna satisfies not only the required return loss( $\leq 10\text{dB}$ ) but also has high efficiency( $\geq 80\%$ ) over the whole frequency band. In order to check the validity of the proposed antenna, some simulated results for return loss and radiation pattern are presented in comparison with the measured results.

Key words : dual band, wireless LAN, CPW-fed, slot loop antenna, bent slot

### I. 서 론

정보 통신 기술의 발달에 따라 유지 및 보수의 어려움 등 기존 유선 LAN(Local Area Network) 설비의 단점을 보완하기 위하여 1994년도 도입된 무선 LAN은 초기 투자비용이 많이 들고 전송 속도가 너무 낮

아 크게 각광을 받지 못했다 [1]. 하지만 최근 통신, 방송, 교통, 특히 개인 휴대 통신 분야에서 전파의 이용이 급증하고 있는 가운데 무선 통신 시스템의 기능도 기존의 음성, 영상, 데이터 통신에서 Zigbee, Bluetooth, DMB, WiFi 등 핫스팟(hot spot)을 이용한 인프라(infrastructure) 네트워크 방식으로 생활 속 곳

\* 금오공과대학교 전자공학부 (School of Electronic Engineering, Komoh National Institute of Technology)

\*\* 금오공과대학교 전자공학과 (Department of Electronic Engineering, Komoh National Institute of Technology)

· 제1저자 (First Author) : 이영순

· 투고일자 : 2011년 12월 19일

· 심사(수정)일자 : 2011년 12월 21일 (수정일자 : 2012년 2월 23일)

· 게재일자 : 2012년 2월 28일

곳에서 다양한 기능의 서비스를 제공하고 있다. 이러한 서비스를 위한 주파수 대역은 무선 LAN 규격 중 IEEE 802.11의 규격을 적용하고 있다. IEEE 802.11은 1990년대 무선 LAN 사업자들이 모여 결성한 그룹을 중심으로 하여 1997년에 발표되었다 [2]. IEEE 802.11 무선 LAN 규격 중 2.4GHz~2.4835GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11b와 5.15GHz~5.25GHz, 5.25GHz~5.35GHz, 5.725GHz~5.825GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11a가 있다 [3],[4]. 초기에 등장한 것이 802.11b로 기업이나 가정 등에 유선 네트워크를 대체하기 위한 목적으로 폭넓게 보급되었으나 11Mbps 정도로 전송속도가 낮다. 이런 단점을 보완하고자 등장한 전송방식이 802.11a이다. 802.11a는 54Mbps의 전송 속도를 지원하고 802.11b에 비해 다른 통신기와 간섭이 적고, 더 넓은 전파 대역을 사용할 수 있다는 장점이 있지만 신호의 특성상 장애물이나 도심 건물 등 주변 환경에 쉽게 영향을 받는 단점이 있다. 이리하여 최근에는 802.11b와 802.11a의 주파수 대역을 함께 사용하는 802.11n이 차세대 네트워크 기반으로 주목 받고 있다. 이런 시점에서 이 두 2.4GHz 대역과 5GHz 대역에서 모두 적용 가능한 안테나 개발은 필수적이라 할 수 있다. 또한, 무선 통신 시장의 변화는 통신 기기의 다기능화와 소형화, 경량화를 요구하고 있으며, 보다 빠른 전송 속도를 요구하고 있다. 따라서 전술한 바와 같이 무선접속장치(AP)가 설치된 곳을 기준으로 일정 거리 안에서 초고속 인터넷을 사용할 수 있는 근거리 통신망인 Wi-Fi가 사용자에게 각광 받고 있으며, 보다 넓은 지역으로 확장 되고 있다. 하지만 최근 무선 통신에서 사용되는 안테나는 외부로 돌출되어 부러지기 쉽고, 외관상 보기 좋지 않은 단점을 가지고 있어 단말기에 내장 가능한 안테나에 대한 관심이 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 PCB 일체형으로 설계하여 단말기에 내장 가능한 소형 안테나를 제안하였다. PCB 일체형 설계로 인해 생산 비용 절감, 신뢰성 향상 등의 부가적인 효과 또한 기대 된다. 지금까지 제안된 PCB 일체 소형 안테나 기술 중 대표적인 것이 헬리컬 안테나, meander 안테나, Inverted-F 안테나 그리고 접지판을 이용한 안테나 등이 있다 [5]-[7]. 접지판을 이용한 안테나의 경우 별도의 공정이 필요

하며, 헬리컬 안테나와 Inverted-F 안테나는 본 논문에서 제안하는 무선 LAN 대역을 모두 만족하는 대역폭을 가지기가 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 비교적 광대역 설계가 용이한 기존의 슬롯 루프 안테나(slot loop antenna)에 CPW 급전 선로를 적용하였고 이를 소형화 하기 위해 구부림(meander) 구조를 적용하였다. 최종적으로 파라미터를 조절하여 2중대역(IEEE 802.11b, 802.11a)에서 동작하는 CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나를 제안하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

먼저 본 논문에서는 급전 방식에 따른 슬롯 루프 안테나의 특성을 비교해 보기 위하여, 그림 1과 그림 2에 각각 마이크로스트립 급전 슬롯 루프 안테나와 CPW 급전 슬롯 루프 안테나의 구조를 제시 하였다. 그림 1에서와 같이 마이크로스트립 급전 방식은 방사부와 급전부에 의한 양방향의 방사패턴을 얻을 수 있는 장점이 있지만 급전부가 뒷면에 위치하여 안테나 제작 시 슬롯과 급전선의 위치를 맞추어야 하는 어려움이 있다 [8]. 하지만 그림 2에서와 같이 CPW 급전 방식은 급전부와 방사부를 한 면에 배치 할 수 있어 마이크로스트립 급전 방식의 단점을 보완 할 수 있는 구조적인 이점이 있다고 볼 수 있겠다.

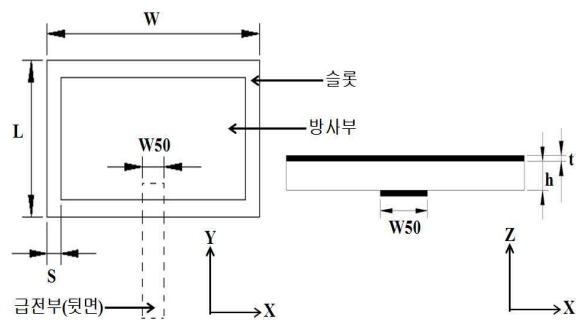


그림 1. 마이크로스트립 급전 슬롯 루프 안테나  
Fig 1. Microstrip-fed slot loop antenna.

표 1. 마이크로스트립 급전 슬롯 루프 안테나 설계 파라미터  
Table 1. Design parameters of the microstrip-fed slot loop antenna.

	W	L	S	W50	h
길이 (mm)	30.5	18.2	2	3	1.6

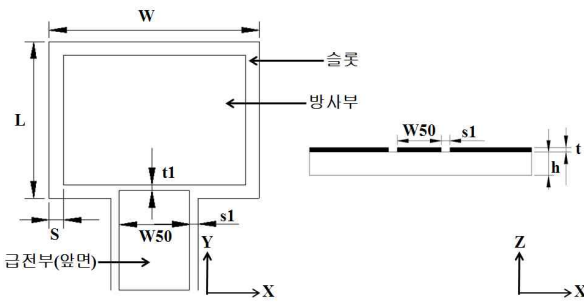


그림 2. 용량성 결합 CPW 급전 슬롯 루프 안테나  
Fig 2. Capacitive coupling CPW-fed slot loop antenna.

표 2. 용량성 결합 CPW 급전 슬롯 루프 안테나 설계 파라미터  
Table 2. Design parameters of the capacitive coupling CPW-fed slot loop antenna.

	W	L	S	W50	s1	t1	h
길이 (mm)	30	23	2	10	1.2	0.2	1.6

CPW 급전에는 급전 위치에 따라 중앙급전, 오프셋 급전이 있으며, 급전 구조에 따라 용량성 결합, 유도성 결합 급전이 있다. 이러한 CPW 급전 방식 중 본 논문에서는 용량성 결합 CPW 급전을 이용하였다. 용량성 결합 CPW 급전 방식은 유도성 커플링 CPW 구조에 비해 외부의 정합 회로를 따로 요구하지 않고, 구조면에서 상당히 단순하다는 장점이 있다. 그 이유는 용량성 결합 CPW 급전 구조는 급전선과 방사부 사이에 간격(offset) t1을 주어 이 간격으로 임피던스 매칭을 위한 커플링 양을 조절할 수 있는 구조이기 때문이다. 따라서 별도의 정합회로가 필요치 않은 장점이 있다.

일반적으로 CPW 급전은 마이크로스트립 급전 방식에 비해 대역폭이 넓은 것으로 알려져 있다. 이를 확인하기 위하여 EM simulator인 CST사의 MWS(Microwave Studio)를 이용하며, 두 급전 방식에 의한 슬롯 루프 안테나를 시뮬레이션 하였다. 비유전

율 4.34, 두께 1.6mm, tangent loss 0.04인 FR-4를 기본으로 설정하고 기준 주파수는 2.4GHz 로 하였다. 마이크로스트립 급전 슬롯 루프 안테나는 공진 주파수 2.4GHz에서 공진 길이 64mm( $\lambda_g$ ), 용량성 결합 CPW 급전 슬롯 루프 안테나는 동일 주파수에서 공진 길이 87mm( $\lambda_g$ )를 최초 설계 길이로 했을 때 최적화한 설계 파라미터 값은 표 1과 표 2에 각각 제시하였으며, 두 안테나의 시뮬레이션 반사손실 결과를 그림 3에 제시하였다.

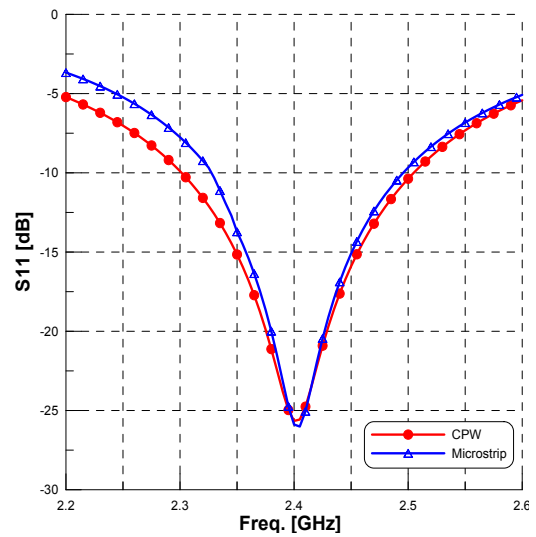


그림 3 마이크로스트립 근접 급전 슬롯 루프 안테나와 용량성 결합 CPW 급전 슬롯 루프 안테나의 대역폭 비교

Fig. 3 Compare microstrip-fed slot loop antenna with capacitive coupling CPW-fed slot loop antenna.

그림 3에서와 같이 마이크로스트립 급전 슬롯 루프 안테나는 약 170MHz의 10dB 대역폭(2.32~2.49GHz)과 약 3.68dBi의 이득을 가진다. 반면에 CPW 급전 슬롯 루프 안테나의 10dB 대역폭은 약 200MHz(2.3~2.5GHz)로 마이크로스트립 급전 방식보다 약 30MHz 넓다. 또한 이득은 4.1dBi로 약 0.4dBi 높은 것을 확인 할 수 있다. 이 결과는 참고 문헌 [1]에서도 확인 가능하다. 이와 같이 CPW 급전방식은 이득과 대역폭 면에서 마이크로스트립 급전 방식보다 다소의 개선 효과가 있다. 따라서 본 논문에서는 CPW 급전 방식을 사용 하였다.

그림 3의 반사손실 비교를 위하여 설계된 CPW 급

전 슬롯 루프 안테나의 경우 점유하는 면적이 넓어 이를 축소하기 위하여 상단 슬롯에 미엔더 구조를 적용하였다. 또한 설계하려는 이중대역의 공진 주파수를 별도로 조절하기 위하여 슬롯의 폭을 달리한 비대칭 구조로 설계하였다. 제안된 안테나의 구조와 파라미터를 그림 4 및 표 3에 각각 제시하였다.

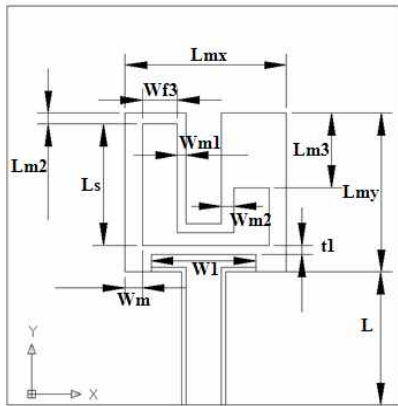


그림. 4 제안된 CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나 구조  
Fig. 4 Geometry of the proposed CPW-fed meander slot loop antenna.

표. 3 CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나 설계 파라미터  
Table. 3 Design parameters of the capacitive coupling CPW-fed slot loop antenna.

파라미터	Lmx	Lmy	L	Lm2	Ls
길이 (mm)	16	20	15	2	15
파라미터	Lm3	Wf3	Wm	Wm1	t1
길이 (mm)	0	3	1	1	0.5

제안된 안테나의 슬롯 루프는 전체적으로 U자로 구부러져 있으며 U자의 양쪽은 슬롯의 폭을 달리한 비대칭 구조인 것을 볼 수 있다. 또한, 급전선의 종단은 방사부와와의 커플링 양 조절이 용이하도록 결합되는 구간의 폭을 증가시킬 수 있도록 전체적인 급전부의 구조를 T자 형태로 설계하였다.

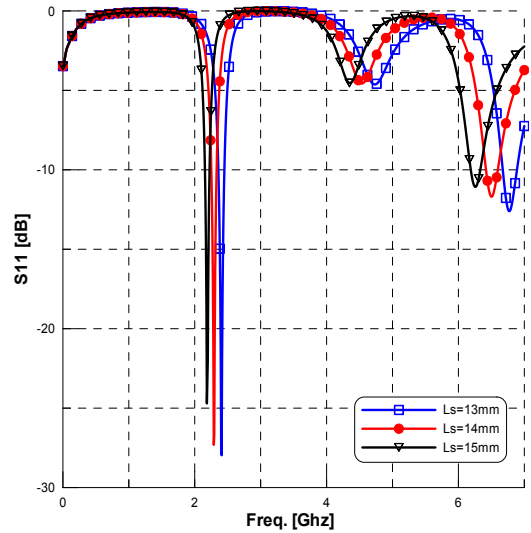


그림. 5 슬롯의 전체 길이에 의한 반사손실 변화(Ls)  
Fig. 5 Variation of return loss for the total length of slot(Ls)

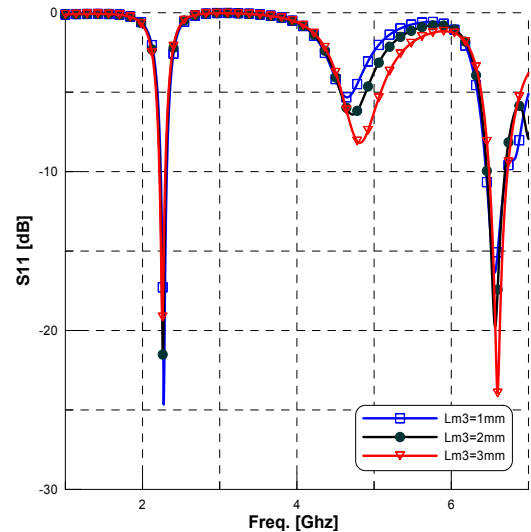


그림. 6 Lm3에 의한 반사 손실의 변화  
Fig. 6 Variation of return loss for the Lm3.

그림 5와 그림 6은 표 3의 파라미터로 설계한 안테나를 기준으로 파라미터 변화에 의한 반사 손실을 비교한 그래프이다. 슬롯의 길이 변화에 따른 경향을 확인 하기 위하여 Ls 값을 변화 시킨 결과 슬롯의 길이가 길어질수록 주파수가 낮아지는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 6에서와 같이 비대칭적인 방사부의 한쪽 길이를 1mm씩 제거하여 경향을 분석한 결과 두 번째 공진의 주파수만 높아지고, 반사손실 특성이 좋아지는 것을 볼 수 있다. 이러한 파라미터 분석 결과를 토대로 각각의 공진 주파수를 IEEE 802.11a, IEEE 802.11b 대역으로 이동 하는 것이 가능하였다.

그림 7은 급전 선로와 방사부 간의 간격(offset) t1에 따른 경향을 비교한 반사손실 그래프이다.

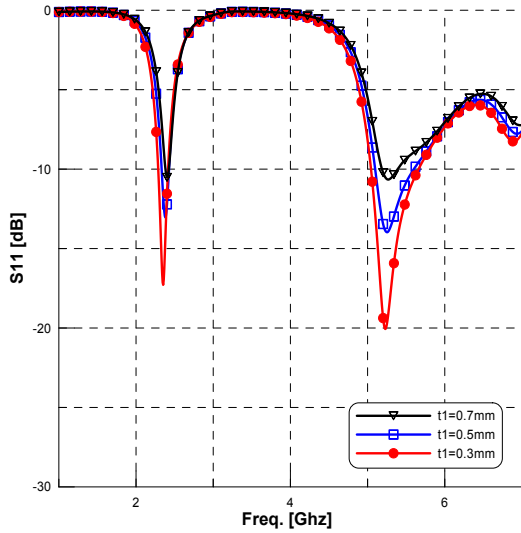


그림. 7 offset(t1) 간격에 의한 반사손실 변화  
Fig. 7 Variation of return loss for the offset(t1).

t1 값을 0.7mm에서 0.3mm 까지 0.2mm 간격으로 좁혀 본 결과 급전선과 방사부가 가까워질수록 캐패시턴스가 증가하며 두 공진 주파수의 반사손실이 모두 감소하는 것을 볼 수 있다.

최적화 된 안테나 제원을 토대로 무선 LAN 대역에서 사용 가능한 CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 실물 사진과 제원은 각각 그림 8과 표 4에 나타내었다.

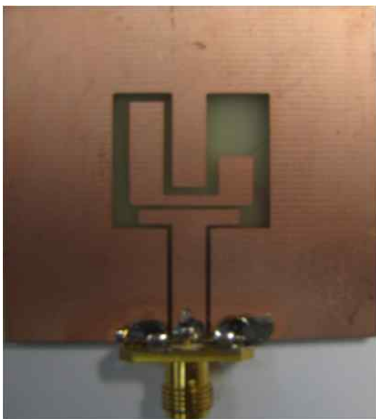


그림. 8 제작된 안테나  
Fig. 8 Fabricated antenna.

표. 4 안테나의 최적화된 크기

Table. 4 The optimized size of the proposed antenna

파라미터	Lmx	Lmy	Lm2	Lm3	W1
길이 (mm)	18.5	17.9	1.2	7.2	12
파라미터	Wf2	Wf3	Wm	Wm1	t1
길이 (mm)	4	4	2	1	0.5

제작에 사용된 PCB의 크기는 45mm×45mm이며, 비유전율 4.34, 두께가 1.6mm인 FR-4 기판의 단면만을 사용하여 제작되었다.

### III. 측정 및 분석

#### 3-1 반사손실

최적화된 안테나 제원을 토대로 설계 및 제작된 안테나의 성능을 분석하기 위하여 Agilent사의 PNA Series Network Analyzer(E83588A)을 사용하여 안테나의 반사손실을 측정하였다. 측정된 결과는 그림 7에 시뮬레이션과 결과와 비교하여 나타내었으며, 또한 표 5에 수치로 명료화 하여 나타내었다.

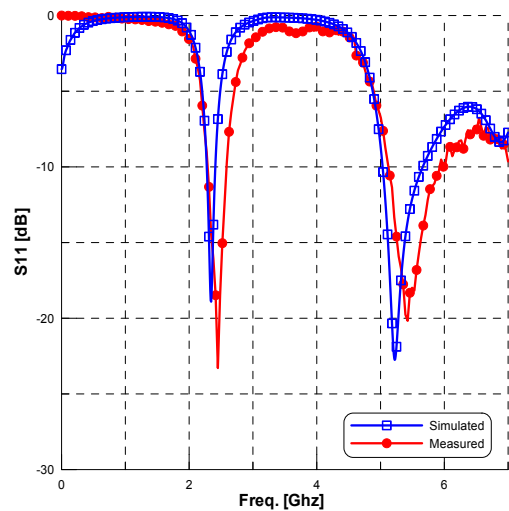


그림. 7 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실과 측정 결과의 반사손실 비교

Fig. 7 The result of the compared return loss between simulation and measurement

표. 5 제안된 안테나의 반사손실

Table. 5 Return loss of proposed antenna

	10dB 대역폭	
	802.11b	802.11a
Simulated	130MHz (2.27~2.4GHz)	550MHz (5.05~5.6GHz)
Measured	340MHz (2.26~2.60GHz)	810MHz (5.1~5.91GHz)

그림 7에서 보는 바와 같이 제작된 안테나의 공진 주파수는 시뮬레이션에 비해 다소 높게 측정되었지만 전체적으로 유사한 형태를 보인다. 이는 시뮬레이션에서의 수렴 정도와 제작상의 오차 때문인 것으로 판단된다.

제작된 안테나의 10dB 대역폭은 두 공진 대역에서 목표로 하는 IEEE802.11b, IEEE 802.11a 대역을 모두 만족하였다.

### 3-2 방사패턴

제작된 안테나의 방사패턴을 3D 무반사 챔버인 OTA(Over The Air Performance System)를 이용하여 측정하였다. 아래의 그림 8~11은 각 대역의 중심주파수에서 측정된 2D 방사패턴이다.

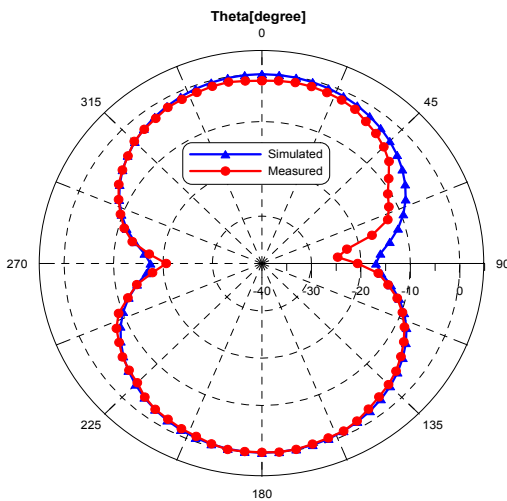


그림. 8 2.44GHz에서의 E평면  
Fig. 8 E-plane at 2.44GHz

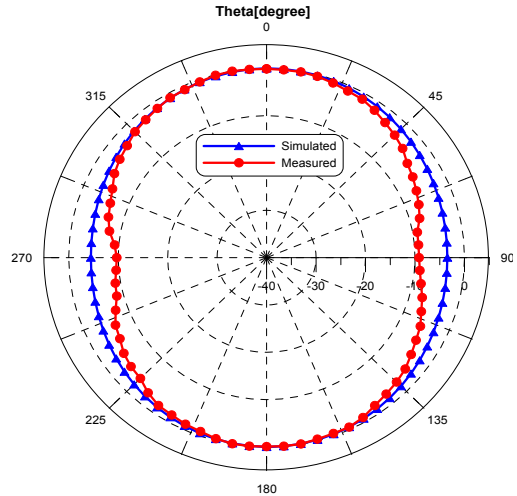


그림. 9 2.44GHz에서의 H평면  
Fig. 9 H-plane at 2.44GHz

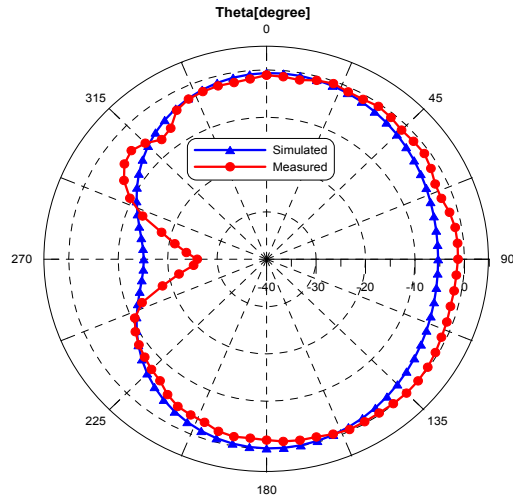


그림. 10 5.5GHz에서의 E평면  
Fig. 10 E-plane at 5.5GHz

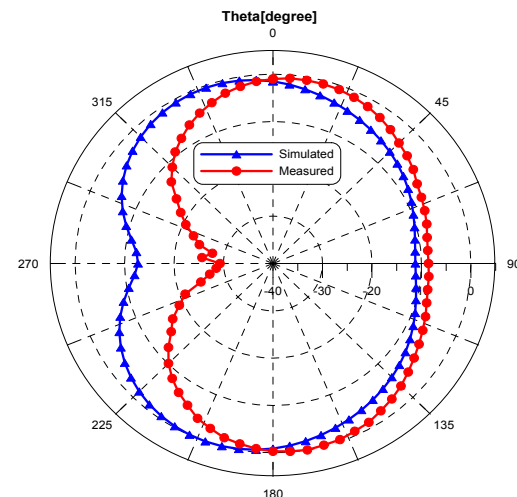


그림. 11 5.5GHz에서의 H평면  
Fig. 11 H-plane at 5.5GHz

표 6 제작된 안테나의 이득과 효율  
Table. 6 Gain and Efficiency of Fabricated antenna

	시뮬레이션		측정	
	2.31GHz	5.5GHz	2.44GHz	5.5GHz
Gain (dBi)	2.84	4.24	4.01	-
Efficiency (%)	82	80	89	-

그림 8~11에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과가 유사함을 확인 할 수 있다. 제작된 안테나의 2D 방사패턴 측정결과 2.44GHz에서는 E평면의 90°와 270°에서 Null이 발생하며, 5.5GHz에서는 E평면과 H평면 모두 270°에서 Null이 발생함을 볼 수 있다. 또한 표 6에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과가 모두 80% 이상의 높은 효율이 측정 되었다. 제작된 안테나에서 5.5GHz의 효율은 측정 장비의 5GHz 대역 Loss값이 적용되지 않아 측정이 불가하였다. 하지만 2.44GHz에서 시뮬레이션과 비교하였을 때 유사한 효율이 측정되었으므로 5.5GHz에서도 시뮬레이션 결과와 유사하게 측정 될 것으로 예상된다.

V. 결 론

본 논문에서 무선 LAN 대역 IEEE 802.11b(2.4GHz ~2.4825GHz), IEEE 802.11a(5.15GHz~5.825GHz) 또는 IEEE 802.11b와 IEEE 802.11a의 대역을 모두 사용하는 차세대 무선 네트워크 기술인 IEEE 802.11n에 적용 가능하도록 하는 용량성 결합 CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나가 설계되었다.

제안한 안테나는 마이크로 스트립 급전 슬롯 루프 안테나의 단점을 보완하고자 용량성 결합 CPW 급전을 사용하여 임피던스 매칭 및 제작이 용이 했으며, 기본 슬롯 루프 안테나를 구부려 설계함으로써 소형화를 가능했다. 또한 본 논문에서 제안하는 무선 LAN 대역을 모두 만족하는 2중 대역 안테나의 설계를 위하여 방사부의 비대칭 구조를 가져왔다.

제안한 안테나의 검증을 위하여 크기가 45mm×45mm인 FR-4 기판에 제작하여 시뮬레이션과 제작된 안테나의 측정결과를 비교하였다. 그 결과 IEEE 802.11b(2.4GHz~2.4825GHz), IEEE

802.11a(5.15GHz~5.825GHz) 대역 모두에서 10dB 이하의 반사손실을 갖고, 방사패턴 측정결과 80% 이상의 높은 효율을 가져 무선 LAN 네트워크 단말기의 적용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참 고 문 헌

- [1] 권종훈, "CPW 급전 미엔더 슬롯 루프 안테나에 관한 연구," 2002, 2.
- [2] 정의석, 조용수, "IEEE 802.11a 고속무선 LNA 모델기술," *한국통신학회지* 논문지, 제16권, 제10호, pp. 1144-1165, 1999, 10.
- [3] 김용진, 이상철, "5GHz 대역의 무선 LNA용 평면 역-F 안테나 설계 및 제작," *한국전자과학회 논문지*, 제13권, 제5호, pp.459-467, 2002, 5.
- [4] J. H. Lu and K. L. Wong, "Slot-loaded Meandered Rectrangular Microstrip Antenna with Compact Dual-frequency Operation," *Electron Lett*, vol. 34, no. 11, pp. 11, May 1998.
- [5] D. Liu, and P. S. Hall, "Dual-band antenna for Hand Held Portable Telephones," *Electron Lett*, vol. 32, pp. 609-610, 1997.
- [6] C. D. Rowell and R. D. Murch, "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone hand sets," *IEEE Trans*, AP-45, pp. 837-842, 1997.
- [7] K. J. Wong, and C. L. Tang, and J. T. Chen, "A compact Meandered Circular Microstrip Antenna with a Shorting Pin" *Microwave Opt Technol Lett*, vol. 15, 1997.
- [8] 임정섭, 김철복, 장재삼, 이호상, 저영호, 조동기, 이문수, "CPW 급전 삼중대역 내장형 평면 모노폴 안테나 설계," *전자공학회 논문지*, 제44권, 제12호, pp. 73-77, 2007.

## 이 영 순 (李永淳)



1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전자  
공학과(공학석사)

1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과  
(공학박사)

1981년 ~ 현재 : 금오공과대학교

전자공학부 교수

관심분야: 전자기 이론, 안테나의 산란문제, 도파관 불연속,  
개구결합

## 임 성 균 (任成均)



2011년 2월 : 금오공과대학교 전자  
공학부(공학사)

2011년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교  
전자공학과 석사과정

관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF  
회로설계