

무선 액세스 포인트용 광대역의 고지향성 이중대역 슬롯 결합 다중 패치안테나

염인수¹, 강성훈¹, 정창원^{*}
¹서울과학기술대학교, NID융합기술대학원

DUAL BAND SLOT COUPLED MULTIPLE PATCH ANTENNA WITH BROAD BANDWIDTH AND HIGH DIRECTIVITY FOR WIRELESS ACCESS POINT

Insu Yeom¹, Seonghun Kang¹ and Changwon Jung^{*}
**¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National Univ.
of Science and Technology**

요약 본 논문은 무선 근거리 네트워크(WLAN)대역의 Access Point(AP)용 이중대역 슬롯결합 패치(SCP)안테나에 관한 것이다. 본 논문의 안테나는 세 개의 적층 구조로 구성되었고, 두 개의 방사체로 이루어져있다. 첫 번째 방사체는 2.4-2.483 GHz대역에서 동작하는 슬롯형태의 나비넥타이(bow-tie) 안테나이다. 두 번째 방사체는 4.095-5.845 GHz에서 동작하는 기생 소자(parasitic element)들을 포함한 패치안테나이다. 높은 이득과 넓은 대역폭은 우수한 무선 접속의 중요한 요소이다. 대역폭을 넓히기 위해서 첫 번째 방사체에서 커플링 급전(coupling feed)이 사용되었고, 두 번째 방사체에 기생 패치(parasitic patch)를 사용하였다. 그리고, 지향성(directivity)과 격리도(isolation)를 향상시키기 위해 기생 패치(parasitic patch)와 초크(chock)를 고안하였다. EM 시뮬레이션을 통하여 분석하였고, 측정하여 결과를 확인하였다. 동작 주파수에서 -11dB 이하의 반사계수(S11)를 보여준다. 최대이득은 첫 번째 안테나에서 6 dBi 이상, 두 번째 안테나에서 8 dBi 이상이다.

Abstract We implemented a dual-band slot-coupled patch (SCP) antenna for the external access point (AP) of the wireless local area network (WLAN) band. The antennas consist of two radiators on three layers. The first radiator is a slotted bow tie antenna operating at the 2.4 - 2.483 GHz band. The second radiator is a patch antenna with parasitic elements operating at 4.095 - 5.845 GHz. The high gain and broad bandwidth is important element of wireless access. To enhance the bandwidth, a coupled feeding was used in the first radiator and a parasitic patch was used in the second radiator. We used a parasitic patch and chock to improve the directivity and isolation in both radiators. The proposed antenna was designed by EM simulation tool and measured. The S11 of the antenna was less than -11dB (VSWR 1.8:1) at operating frequency. The peak gain was more than 6 dBi in the first antenna and more than 8 dBi in the second antenna.

Key Word : Access Point, Broad Bandwidth, Dual Band Slot-Coupled Patch (SCP) Antenna, High Directivity, WLAN

1. 서론

무선 근거리 네트워크(WLAN)는 홈 네트워크나 공공

의 장소에서 무선접속을 제공하기 위해 사용된다. 무선
근거리 네트워크는 IEEE 802.11 규격을 기반으로 한다.
IEEE 802.11b/g, IEEE 802.11a/j의 주파수 대역폭은 각각

본 연구는 서울과학기술대학교 교내학술연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Changwon Jung(Seoul National Univ. of Science and Technology)

Tel: +82-10-9969-4078 email: changwoj@snut.ac.kr

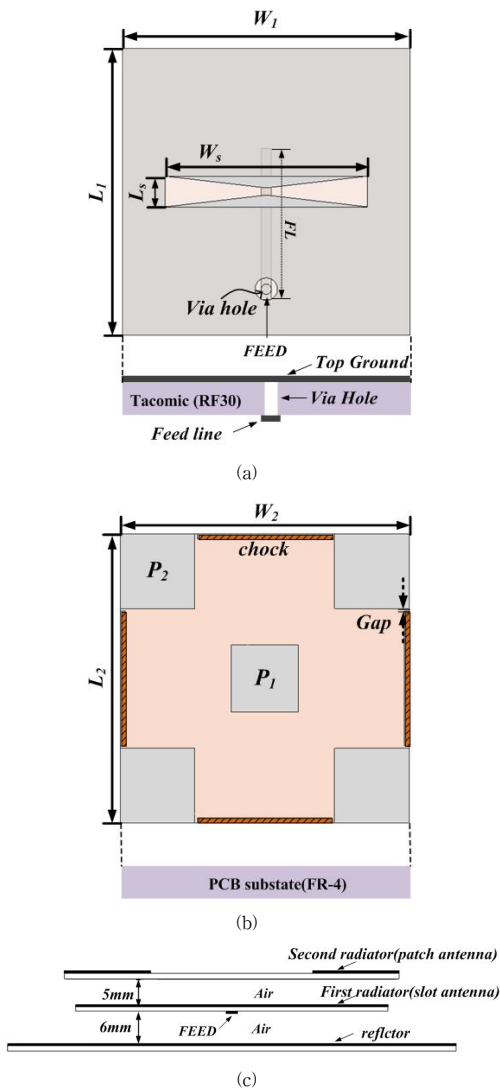
Received April 8, 2014

Revised April 28, 2014

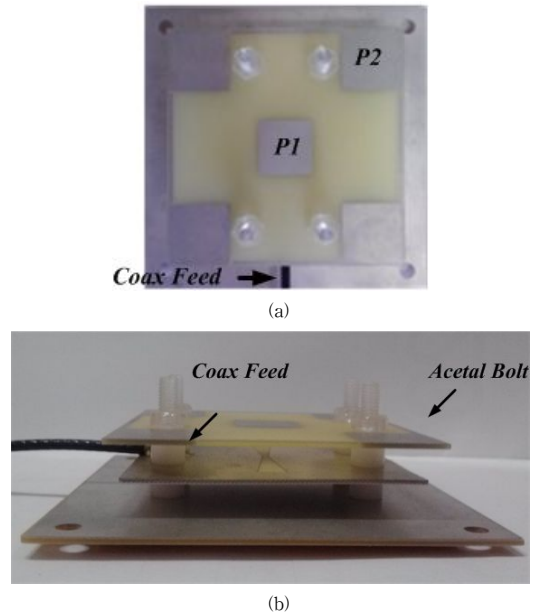
Accepted May 8, 2014

2.400-2.483 GHz와 4.905-5.845 GHz이다. 그러나 일정한 공간에 다수의 장비들의 접속과 더 빠른 전송 속도를 위해서는 넓은 대역폭을 가진 이중대역의 안테나가 필요하다[1,2]. 다이폴안테나는 전방향성의 특성을 보이며 무선 통신 시스템에서 이중대역 안테나로 많이 사용되고, 적은 비용으로 제작이 가능하다. 그러나 이러한 종류의 안테나는 사무실, 야외, 공항과 같이 우수한 RF신호가 필요한 곳에서 비교적 낮은 이득을 가진다. 게다가 높은 이득을 얻기 위해 많은 배열들(arrays)을 사용하므로 크기에

대한 문제가 있다[3]. 패치안테나는 상대적으로 높은 이득을 가지기 때문에 WLAN 응용을 위한 패치안테나들이 여러 종류로 개발되어있다[4-6]. 앞의 장점과는 반대로 패치안테나는 일반적으로 대역폭이 좁고, 높은 대역의 방사패턴에서 고조파(harmonic)에 의한 방사 특성이 나타나는 단점이 있다.



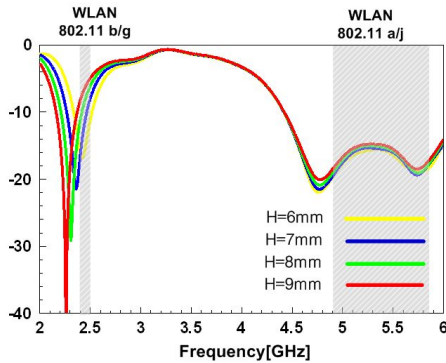
[Fig. 1] Geometry of the proposed antenna
 (a) first radiator (slotted bow tie antenna)
 (b) second radiator (patch antenna)
 (c) side view of the proposed antenna



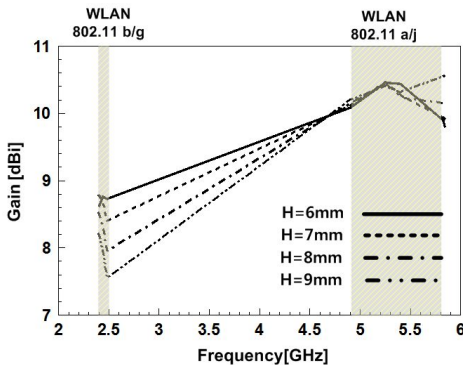
[Fig. 2] Fabricated dual-band, slot-coupled, patch antenna for the access point
 (a) top view (b) side view

본 논문에서는 무선 근거리 네트워크(WLAN) access point(AP)용 이중대역, 슬롯결합 패치(SCP)안테나를 설계하였다. 본 안테나는 적층 구조로 설계되었다. 기존의 적층구조를 통한 광대역의 고 지향성 안테나에 관한 연구는 주로 단일 대역의 안테나로 진행되어왔다. 제안된 안테나는 2 GHz대역에서 동작하는 슬롯형태의 나비넥타이(bow-tie)안테나와 5 GHz대역에서 동작하는 패치안테나가 적층 구조로 제작 되었다. 2 GHz대역에서 대역폭을 넓히기 위해 첫 번째 방사체는 나비넥타이(bow-tie) 형태의 슬롯 안테나로 설계하였다. 그리고 첫 번째 방사체에서 발생하는 커플링(coupling) 급전과 4개의 기생 패치들로 둘러싸인 두 번째 방사체를 통해 5 GHz대역에서의 대역폭이 18%이상 향상되었다. 또한, 기생 패치 및 초크를 사용함으로써, 동작 주파수에서의 지향성(directionality)

과 격리도 (isolation)를 향상시켰다.



[Fig. 3] simulated reflection coefficient(S_{11}) to various height with reflector



[Fig. 4] simulated peak gain to various height with reflector

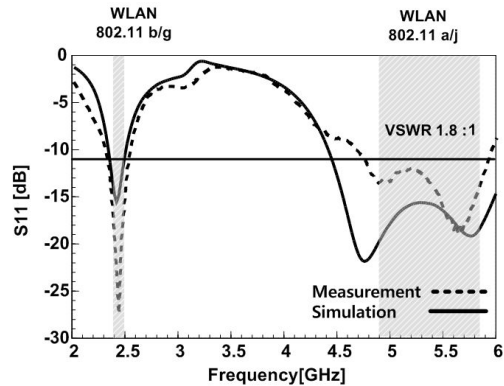
2. 본론

2.1 안테나 구조와 배치

Fig. 1은 설계된 안테나의 구조를 보여준다. 그리고 Fig. 1(a)은 나비넥타이(bow-tie) 슬롯 안테나의 구조를 보여준다. 반사판의 크기는 $80\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ 이다. 설계된 안테나는 0.8 mm 두께의 Taconic(RF 30) 기판($\epsilon_r = 2.9$)에 제작되었다.

기판의 크기는 $56\text{ mm} (W_1) \times 56\text{ mm} (L_1)$ 이다. 그리고 슬롯의 크기는 2.4 GHz 에서 동작하기 위해 $39.4\text{ mm} (W_s) \times 6\text{ mm} (L_s)$ 으로 설계되었다. 슬롯 안테나 밑면의 급전 길이는 29.5 mm , 너비는 2 mm 이고 $50\ \Omega$ 임피던스 특성을 보여준다. 제안된 급전방식은 일반적으로 패치안테나에서 사용되는 급전방식인 동축 케이블

를 이용한 방법에 비해 제작하기 쉽다. Fig. 1(b)는 패치안테나의 구조를 보여준다. 5 GHz 대역에서 동작하는 두 번째 방사체의 패치안테나의 기판 크기는 $60\text{ mm} (W_2) \times 60\text{ mm} (L_2)$ 이고, 패치(P_1)의 길이는 $14\text{ mm} \times 14\text{ mm}$ 이다. 제안된 안테나는 1 mm 두께의 FR-4 기판($\epsilon_r = 4.4$)에 제작되었다. 4개의 기생 패치들(P_2)의 크기는 각각 $15.5\text{ mm} \times 15.5\text{ mm}$ 이고 패치(P_1)와 5 GHz 에서의 $1/2\lambda_g$ (7.5 mm)거리만큼 떨어져 있다. 초크($28\text{ mm} \times 1\text{ mm}$)는 패치안테나 위에서 기생패치(P_2)로부터 1 mm 의 간격을 가지고 있다. Fig. 1(c)는 설계된 안테나의 측면도이다. 나비넥타이(bow-tie) 슬롯 안테나와 반사판의 거리는 6 mm 이고, 나비넥타이(bow-tie) 슬롯 안테나와 패치안테나의 거리는 5 mm (5 GHz 대역에서 $1/8\lambda_g$)이다. Fig. 2는 제작된 access point(AP)용 이중 대역 패치안테나의 사진을 보여준다.

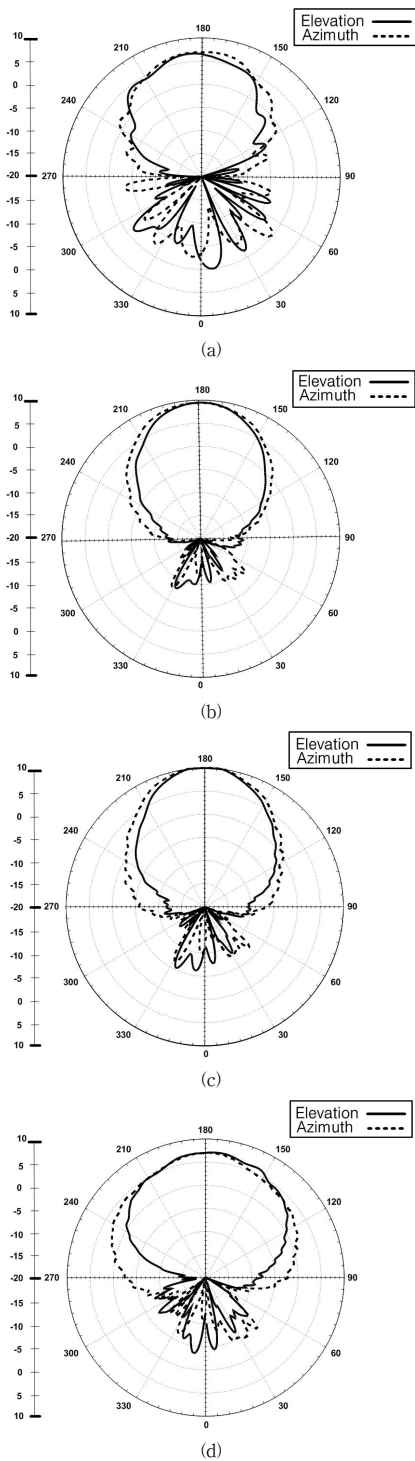


[Fig. 5] Measured and simulation reflection coefficient (S_{11})

2.2 시뮬레이션 및 측정 결과

Fig. 3은 반사판과 나비넥타이(bow-tie) 슬롯 안테나와의 거리에 따른 반사계수(S_{11})의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 거리에 따라 5 GHz 대역은 변화가 없고, 간격이 6 mm 되었을 때, $2.400\text{ GHz} - 2.483\text{ GHz}$ 에서 일치하게 동작한다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig.4는 반사판과 나비넥타이(bow-tie) 슬롯 안테나와의 거리에 따른 이득 값의 변화를 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

Fig. 5는 설계된 안테나의 반사계수(S_{11})의 측정결과와 시뮬레이션 결과를 보여준다. 안테나의 S_{11} 은 $2.400 - 2.483\text{ GHz}$ 와 $4.095 - 5.845\text{ GHz}$ 에서 -11 dB



[Fig. 6] The radiation pattern of the proposed antenna (a) 2.44 GHz (b) 4.905 GHz (c) 5.4 GHz (d) 5.845 GHz

(VSWR 1.8:1) 미만이다. 패치(P_1)와 기생패치(P_2)사이의 커플링(coupling)은 5 GHz 대역의 대역폭을 증가시켰다. Fig. 6은 설계된 안테나의 방사패턴(Elevation, Azimuth) 측정값을 나타낸다. 동작 대역에서 측정된 최대이득은 6 dBi 이상이다.

Fig. 6(a)는 2.44 GHz에서의 Elevation과 Azimuth 패턴을 보여준다. 최대이득은 각각 6.77 dBi, 6.97 dBi 이다. 반전력 빔 폭(HPBW)은 각각 70° , 64° 이다. 4.905 GHz, 5.4 GHz, 그리고 5.845 GHz에서의 Elevation과 Azimuth패턴은 Fig.6(b),(c),(d)에서 보여준다. 4.905 GHz에서 Elevation과 Azimuth의 최대이득은 각각 9.19 dBi, 9.40 dBi이고 반전력 빔 폭은 각각 47° , 56° 이다. Fig. 6(c)와 같이 5.4 GHz에서 Azimuth의 최대이득은 10.29 dBi이고 반전력 빔 폭은 53° 이다. 그리고 Elevation의 최대이득은 10.37 dBi이고 반전력 빔 폭은 44° 이다. 마지막으로 5.845 GHz에서 Elevation과 Azimuth의 최대이득은 각각 8.04 dBi, 8.25 dBi이고 반전력 빔 폭은 각각 52° , 56° 이다. Fig. 6의 결과에서와 같이 Elevation패턴과 Azimuth패턴의 반전력 빔 폭이 10° 미만으로 유사함을 알 수 있다. 두 번째 방사체의 초크(chock)는 Azimuth의 빔 폭을 감소시키고 빔 격리도(isolation)를 감소시킨다. 또한, 반사판과 기생소자를 사용함으로써 설계된 안테나의 지향성을 향상시켰다.

3. 결론

넓은 대역폭과 높은 지향성을 갖는 이중대역 (SCP) 안테나를 설계하고 측정 및 분석하였다. 그 결과 설계된 안테나의 최적 주파수는 각각 2.4-2.4835 GHz, 4.905-5.825 GHz이다. 커플링(coupling)급전과 기생 소자로 구성된 안테나는 동작 주파수에서 지향성과 대역폭을 향상시켰다. 제안된 안테나는 높은 이득을 갖고 있기 때문에 우수한 RF 신호가 필요한 환경에서 사용할 수 있다. 그리고 아세탈 볼트(Acetal Bolt)를 이용한 적층 구조와 급전 방법은 제작하기 쉬운 뿐 아니라 공통의 방사체에 다수의 안테나를 배열하여 확장할 수 있다. 이를 통해 단일 안테나에서 다수의 MIMO 안테나로 적용 가능하다.

References

- [1] O'Hara, B., and Petrick, A.: 'IEEE 802.11n higher data rates beyond 54 Mbit/s' (IEEE 802.11n Handbook, A Designer's Companion, 2005, pp.327-331)
- [2] Daniel Halperin, Wenjun Hu, Anmol Sheth, and David Wetherall.: '802.11 with Multiple Antennas for Dummies', ACM SIGCOMM Computer Communication Review., 2010, 40, pp. 19 - 25
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1672308.1672313>
- [3] Y.J. Wu, B.H. Sun, J.F. Li, and Q.Z. Liu.: 'Triple-Band Omni-Direction Antenna For WLAN Application', Progress In Electromagnetics Research., 2007, 76, pp. 477 - 484
DOI: <http://dx.doi.org/10.2528/PIER07080601>
- [4] Balanis, C.A.: 'Antenna Theory Analysis and Design' (John Wiley & Sons, Inc, 1997)
- [5] S. Maci, and G.B. Gentili.: 'Dual-frequency Patch Antennas', IEEE Antenna and Propagation Magazine., 1997, 39(6), pp. 13 - 20
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/74.646798>
- [6] C. W. Jung, and F. D. Flaviis.: 'A dual-band antenna for WLAN applications by double rectangular patch with 4-bridges', IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium., 2004, 4, pp. 4280 - 4283
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/APS.2004.1330297>

염인수(In-Su Yeom)

[준회원]



- 2009년 2월 : 서울과학기술대학교 전자공학과 학사 졸업
- 2011년 2월 : 서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원 나노IT융합 프로그램(석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 나노IT 융합프로그램(박사과정)
- 2011년 1월 ~ 2013년 7월 : 에이스테크놀로지, 연구원
- 2013년 7월 ~ 현재 : 한국전파진흥협회, 전자과 기술원 주임 연구원

<관심분야>

RF, 재구성 안테나, 안테나 측정

강성훈(Seong-Hun Kang)

[준회원]



- 2014년 2월 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 학사 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 나노IT 융합프로그램(석사과정)

<관심분야>

Wearable antenna, Beam steering antenna

정창원(Chang-Won Jung)

[정회원]



- 2001년 12월 : University of Southern California, 전자공학(석사)
- 2005년 6월 : University of California, Irvine, 전자공학(박사)
- 1997년 1월 ~ 2000년 6월 : LG 정보통신, 연구원
- 2005년 7월 ~ 2005년 10월 : University of California, Irvine, Post Doctor
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성종합기술원, 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교, NID 융합기술대학원, 조교수

<관심분야>

안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서