

# WLAN System을 위한 U-slot 및 Short-pin 결합한 바람개비 모양의 이중대역(5.2/5.8GHz) 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작

김순섭\*, 최영준°, 주영달\*, 정용주\*

## Design and Fabrication of a Weathercock-Shaped Double Bandwidth Microstrip Patch Antenna that Combines U-slot and Short-pin for WLAN Systems Systems

Soon-Seob Kim\*, Young-June Choi°, Young-Dal Joo\*, Yoong-Joo Jung\*

### 요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11 기반의 WLAN(5.2/5.8GHz)대역에서 동작하는 바람개비 모양의 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 안테나의 크기는  $17.4 \times 17.4 \text{mm}^2$  이며 FR-4 기판을 사용하였다. 이동성을 위해 소형화하였고, 바람개비 패치 모양에 U-slot 및 Short-pin을 삽입하여 이중대역 공진특성 및 적절한 대역폭을 만족하도록 하였다. 또한 단일 양면기판을 사용하였고, 시뮬레이션설계는 바람개비 모양과 U-slot 및 Short-pin의 위치 변화, 패치길이를 최적화하여 제작 및 측정하였다. 제작한 안테나의 대역폭(Return loss<-10dB)은 5.2~5.8GHz대역에서 695MHz의 대역폭을 얻었다. H면과 E면 방사패턴의 3-dB 빔폭이 각각  $81.13^\circ$ ,  $85.43^\circ$ 로 넓은 빔폭을 얻었다. 또한 3.17~4.85dBi의 이득을 얻었다.

**Key Words** : Microstrip patch Antenna, U-slot, Short-pin, WLAN, Access Point

### ABSTRACT

In this paper, IEEE 802.11 based WLAN(5.2/5.8GHz) wideband Weathercock-shaped microstrip patch antenna was designed and manufactured. The antenna has a size of  $17.4 \times 17.4 \text{mm}^2$  and utilized FR-4 board. The size was minimized for mobility, and Weathercock-shaped U-slot and short-pin was inserted to satisfy adequate bandwidth and double bandwidth resonance characteristics. In addition, the antenna incorporated single both-sided patch, and simulation design optimized the Weathercock-shaped, position of the U-slot and the short-pin, and the length of the patch for the measurement. The manufactured antenna achieved a bandwidth of 695MHz from 5.2~5.8GHz zone(Return loss<-10dB). Achieved a beam width of  $81.13^\circ$  and  $85.43^\circ$  for 3-dB beam width of H plane and E plane radiation pattern, there was 3.17~4.85dBi gain.

### I. 서 론

최근 무선통신의 발전과 인터넷 사용의 대중화는

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음  
(NIPA-2013-(H0301-13-2003))

◆ 주저자 : 아주대학교 NCW학과 무선네트워크 연구실, nitekim@hanmail.net, 정회원

° 교신저자 : 아주대 장위 국방 연구소, choiyj@ajou.ac.kr, 종신회원

\* 하이게인 안테나 (주), ydjoo@highgain.co.kr, jyj@highgain.co.kr

논문번호 : KICS2013-02-109, 접수일자 : 2013년 2월 28일, 최종논문접수일자 : 2013년 5월 9일

LAN 분야에 중요한 변화를 확산시켰다. 이를 기초로 IEEE에서는 WLAN 국제표준화를 진행하였고 HiperLan (5.15-5.35GHz)으로 WLAN 표준화가 공식화 되었다<sup>1)</sup>. 이에 WLAN 대역에 사용 가능한 안테나가 꾸준히 연구되고 있다.

무선 채널을 사용하여 LAN을 확장 시킬 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점을 가지는 WLAN의 응용분야가 확산되고 있다. 또한 보다 빠른 데이터 송수신을 원하는 소비자들의 욕구가 증대됨에 따라 기존의 IEEE 802.11b의 2.4-2.4835GHz 대역보다 높은 주파수 일 때 높은 데이터 전송율을 가지며 넓은 대역을 사용할 수 있다는 점에서 5GHz대역의 무선 WLAN의 연구가 활발하게 이루어 지고 있는 실정이다<sup>2,3)</sup>.

한편, 마이크로스트립 안테나는 1940년 이후로 레이다와 무선분야에서의 적용 가능성을 확인하였다. 마이크로스트립 안테나는 다른 회로들과의 적합한 융합, 작은 사이즈, 적은 주물의 장점들을 가지고 있고 설계했던 모양 표면에 쉽게 일치된다. 이로 인해 마이크로스트립 안테나는 WLAN 적용에서 가장 알맞은 형태라는 것을 나타낸다. 하지만 단점은 근본적으로 좁은 대역폭을 가지고 있다<sup>4)</sup>.

WLAN 대역에서 대역폭을 넓히기 위해 적용 가능한 여러 가지 방법들이 소개되었다. 그중에 Short-pin은 이중 공진뿐만 아니라 안테나의 크기를 줄일 수 있고 대역폭을 개선시키는 것과 장점이 있고 그리고 U-slot은 광대역화하는데 장점이 있다<sup>5)</sup>. Short-pin은 그 전기적 특성에 의해 전류 최소점을 전류 최대점으로 변화시켜 이중모드 특성을 얻어내며 slot은 홀수모드의 전류분포를 변화시켜 이중대역특성을 얻어낸다<sup>6)</sup>.

본 논문에서는 IEEE802.11 기반의 WLAN 5GHz(5.2GHz, 5.8GHz) 대역에서 동작하는 새로운 모양의 작고 집적화에 필요한 단일 양면기판을 사용하는 얇은 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 이 안테나는 U-slot와 Short-pin이 없는 안테나보다 26% 크기가 줄었으며, 마이크로스트립 안테나의 협소한 대역폭 개선과 dual-band 공진 특성을 위해 바람개비 모양의 패치를 사용하고 U-slot 및 Short-pin을 결합하였다. 그리고 동축 급진을 사용하여 임피던스 매칭을 하였다. 안테나의 반사손실, 이득, 전류분포, 방사패턴을 실험을 통하여 최적화하였다.

I 장에서는 서론에 이어 II장에서는 안테나 설계 및 시뮬레이션에 대하여 기술하고, III장에서는 안테나 제작 및 측정결과를 설명하고 IV장에서는 제안된 바

람개비형 마이크로스트립 패치 안테나를 WLAN AP 용으로 적용성을 제시하였다.

## II. 안테나 설계 및 시뮬레이션

제안한 WLAN AP용 안테나의 구조는 그림 1에 나타내었다. 유전율( $\epsilon_r$ )=4.3, 두께 3.2mm, 크기 17.4×17.4mm인 FR-4기판을 사용하였으며, 패치의 크기는 10.6×10.6mm의 면적에 바람개비 모양이다. 주변 회로 집적화를 위해 단일 양면기판을 사용하였고, dual-band 공진특성을 위해 Short-pin 및 광대역화를 위해 U-slot을 삽입하였다. 전체 시뮬레이션 과정은 CST사의 MICROWAVE STUDIO를 이용하였고, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 안테나를 제작하였다.

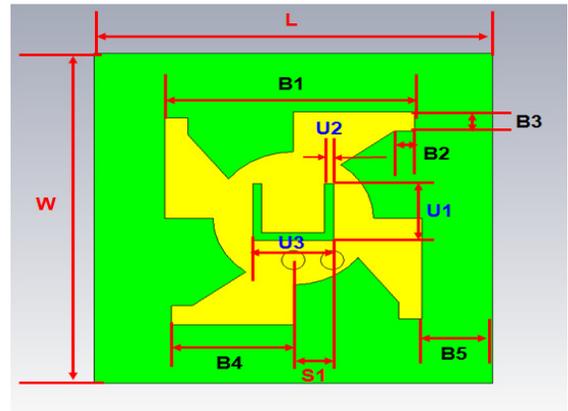


그림 1. 제안된 바람개비 모양 마이크로스트립 안테나 구조 평면도

Fig. 1. Structure of the proposed Weathercock-Shaped Microstrip Antenna structure Front-view

### 2.1. U-slot 및 Short-pin의 유무에 대한 반사손실 및 방사패턴 비교

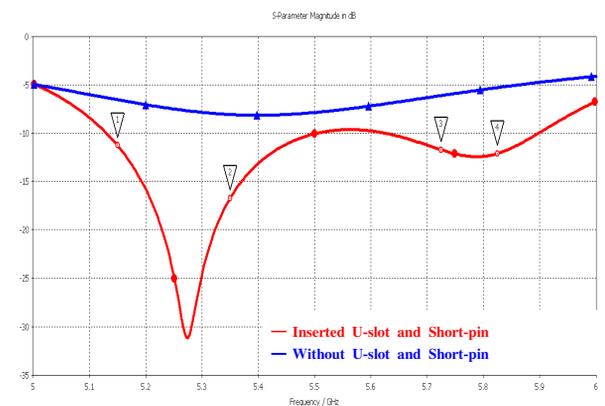
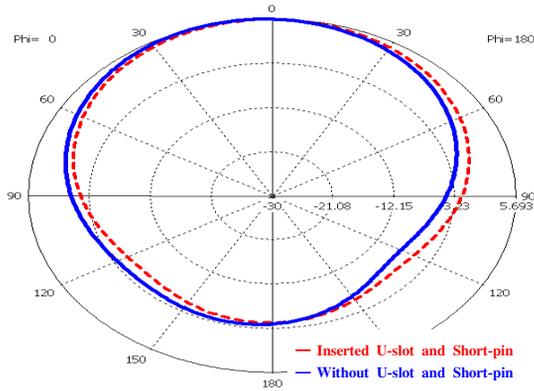


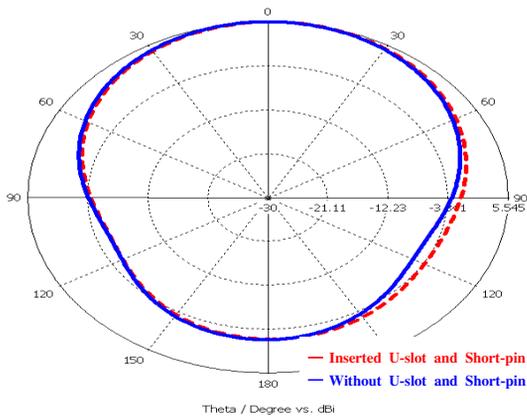
그림 2. U-slot 및 Short-pin의 유무에 대한 반사손실  
Fig. 2. Return loss for existence of U-slot and Short-pin

그림 2는 U-slot 및 Short-pin의 유무에 대한 반사 손실을 비교한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 반사손실(Return loss)은 U-slot 및 Short-pin가 있는 실선에 원형표시로 나타내고 없는 경우는 실선에 삼각형표시로 나타냈으며 큰영향이 미치는 결과로 나타났다.

그림 3은 U-slot 및 Short-pin의 유무에 대한 방사 패턴을 비교한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.



(a) 5.3GHz H-plane



(b) 5.3GHz E-plane

그림 3. U-slot 및 Short-pin의 유무에 대한 방사패턴  
Fig. 3. Radiation pattern for existence of U-slot and Short-pin

(a)은 5.3GHz 주파수 H-면에서 U-slot 및 Short-pin가 있는 경우는 실선이고 없는 경우는 점선으로 나타내고, (b)은 5.3GHz 주파수 E-면에서 U-slot 및 Short-pin가 있는 경우는 실선으로 없는 경우는 점선으로 나타내며 측정된 결과 특성변화가 거의 일치하였다.

### 2.2. U1(U-slot)폭의 길이에 대한 특성변화

그림 4은 slot의 폭 길이를 2.8mm에서 3.4mm로 변

화해 본 결과 3mm가 이상적인 대역폭과 공진주파수를 얻었다. 폭의 길이가 최대 3.4mm로 변경하면 높은 주파수대역으로 미소하게 이동하였다<sup>8)</sup>.

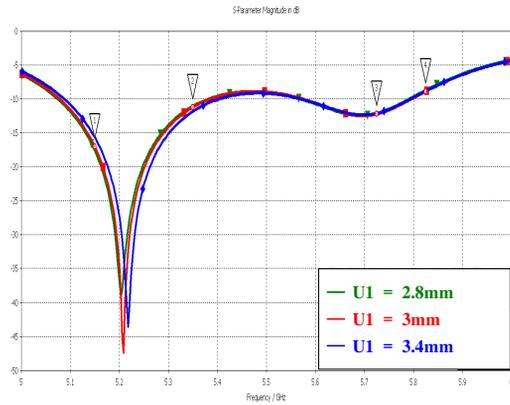


그림 4. U1 (U-slot) 폭의 길이에 대한 특성  
Fig. 4. Characteristic for Patch of U1(U-slot) wing

### 2.3. S1 (Short-pin)의 간격에 대한 특성 변화

그림 5은 Short-pin의 간격을 1.6mm에서 1.8mm로 변화해 본 결과 1.7mm가 이상적인 대역폭과 공진주파수를 얻었다. Short-pin의 위치가 패치 가운데 부분으로 이동 할수록 공진주파수는 점점 낮은주파수 대역으로 이동하는 결과를 얻었다.

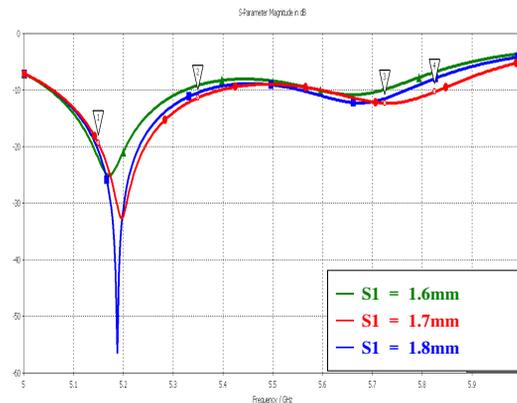


그림 5. S1 (Short-pin)의 간격에 대한 특성  
Fig. 5. Characteristic for Patch of S1(Short-pin)

### 2.4. B4 (바람개비 날개) 폭의 길이에 대한 특성 변화

그림 6은 바람개비 날개 폭 길이를 5.1mm에서 5.3mm로 변화해 본 결과 5.3mm가 이상적인 대역폭과 공진주파수를 얻었다. 5.1mm인 경우에는 낮은 주파수 대역, 5.3mm 이상인 경우에는 높은 주파수 대역으로 이동하는 결과를 얻었다.

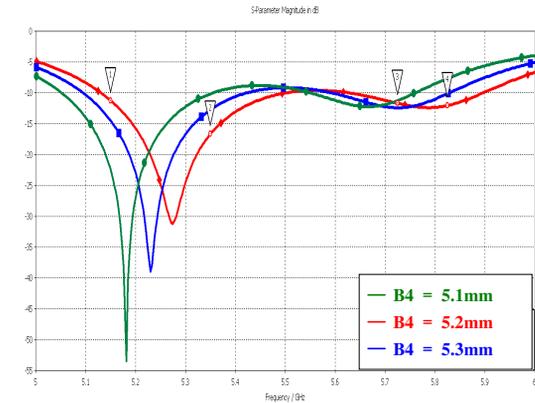


그림 6. B4 (바람개비 날개) 폭의 길이에 대한 특성  
Fig. 6. Characteristic for Path of B4(weathercock wing) width

2.5. B5 (복소소자와 유전체 및 반사판 크기)의 간격 길이에 대한 특성 변화

그림 7은 복소소자와 유전체 및 반사판 크기의 간격을 4.6mm에서 4.8mm로 변화해 본 결과 4.6mm가 이상적인 대역폭과 공진주파수를 얻었다. 간격 길이가 4.8mm로 변경하면 낮은 주파수대역으로 미소하게 이동하였다.

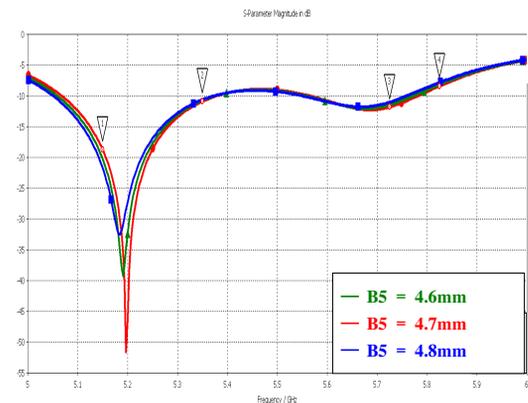


그림 7. B5 (복소소자와 유전체 및 반사판 크기)의 간격 길이에 대한 특성  
Fig. 7. Characteristic for Patch of B5(copy element and dielectric substance and reflector size)

아래와 같이 시뮬레이션 과정에 의해 얻은 최적화된 안테나 파라미터 값은 표1에 나타내었다.

III. 안테나 제작 및 측정결과

안테나 설계 및 시뮬레이션 과정을 기반으로 최적화된 파라미터 값으로 안테나를 제작하였고 그림 8는 제작된 안테나의 정면도, 측면도 및 후면도이다.

표 1. 최적화된 안테나 파라미터 값  
Table 1. Optimize antenna parameter value

구분	파라메타	값(mm)
패치	L	17.4
	W	17.4
바람개비형	B1	10.6
	B2	2.1
	B3	1
	B4	5.3
	B5	4.6
U-slot	U1	3
	U2	0.4
	U3	3.5
Short-pin	S1	1.7



안테나 정면도 Front-view



안테나 측면도 Side-view

안테나 후면도 Back-view

그림 8. 제안된 바람개비 모양의 안테나  
Fig. 8. Antenna of proposed weathercock-shape

그림 9.은 제작한 안테나를 Agilent N5230A 회로망 분석기를 이용하여 측정하였고 측정된 결과 값을 나타낸다.

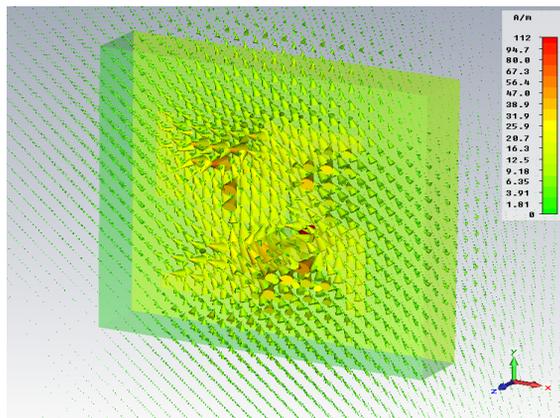


그림 9. 파형분석기로 측정된 반사손실 결과  
Fig 9. Rutten loss results for measurements of Wave analyzer

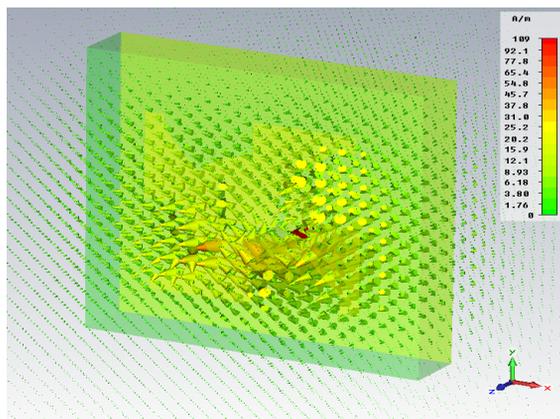
급전선을 통해 반사손실이 측정된 모습이다. 실제 제안한 안테나의 주파수 대역 5.15 ~ 5.825GHz까지 반사손실(Return loss < -10dB) 지점에서 측정하였고 밴드폭이 675MHz로 측정되었다.

그림 10은 (a) 5.2GHz, (b) 5.8GHz 주파수 대역 안테나의 표면 전류분포 특성을 나타내고 있다.

(a)은 5.2GHz에서는 U-slot과 Short-pin 부분, 그리고 (b) 5.8GHz에서는 Short-pin 부분에서만 활발한 전류 흐름이 있는 것을 확인할 수 있었다.



(a) 5.2GHz

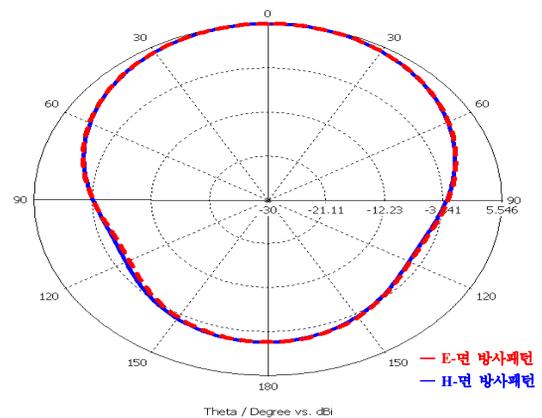


(b) 5.8GHz

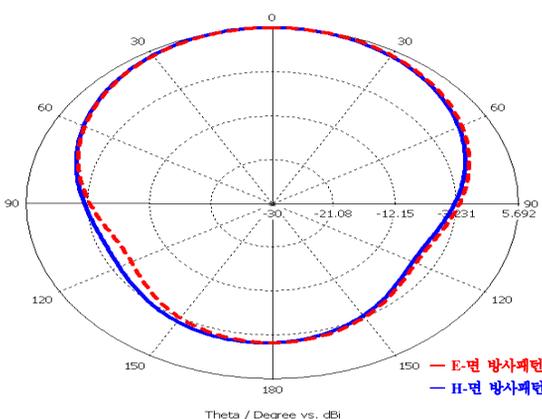
그림 10. 제안한 안테나의 표면 전류분포  
Fig. 10. Surface current of the proposed antenna

그림 11은 제안 안테나를 실제 제작하여 (a) 5.15GHz, (b) 5.35GHz, (c) 5.8GHz 대역 일 때 H-면은 실선으로 E-면은 점선으로 방사패턴을 측정한 결과이다. H면과 E면 방사패턴이 저주파 일때는 거의 동일하고 고주파일때는 E-면이 크게 나타났다.

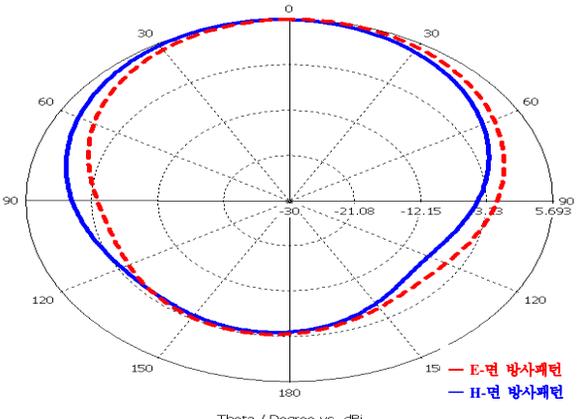
안테나 이득은 시뮬레이션 값과 실제 제작된 안테나의 경우와 거의 동일하게 3.17-4.85dBi의 이득을 얻을 수 있었다.



(a) 5.15GHz



(b) 5.35GHz



(c) 5.8GHz

그림 11. 제안된 안테나 H 와 E-Plane 방사패턴  
Fig. 11. H-plane and E-plane radiation pattern of proposed Antenna

#### IV. 결론

제안된 안테나는 바람개비 모양의 마이크로스트립 패치 안테나는 IEEE 802.11a의 표준대역인

5.2-5.8GHz 대역에서 WLAN에 사용할 수 있도록 적절한 대역폭을 갖기 위해 U-slot 및 Short-pin을 삽입하여 이동성을 위해 작고 얇게 소형화하였고 이중대역화 구현하였으며 높은 Gain과 넓은 빔 폭을 갖도록 실현하였다.

측정결과는 5.15~5.825GHz 대역의 (Return loss < -10dB)에서 675MHz 대역폭을 얻었다.

그림 12와 같이 챔버실에서 측정된 안테나 이득은 시뮬레이션 값과 실제 제작된 안테나의 경우와 거의 동일하게 3.17-4.85dBi의 이득을 얻을 수 있었다.

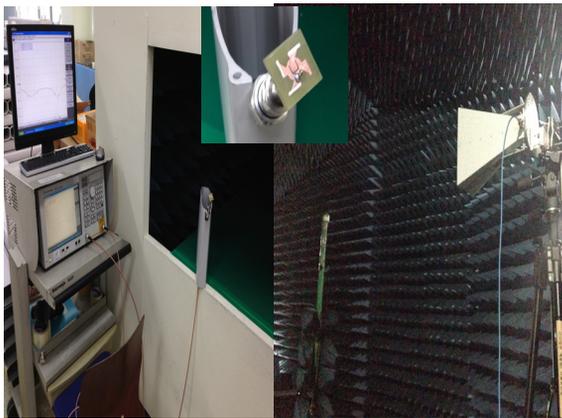
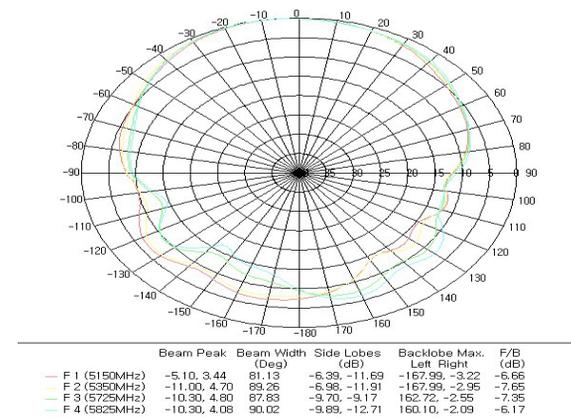


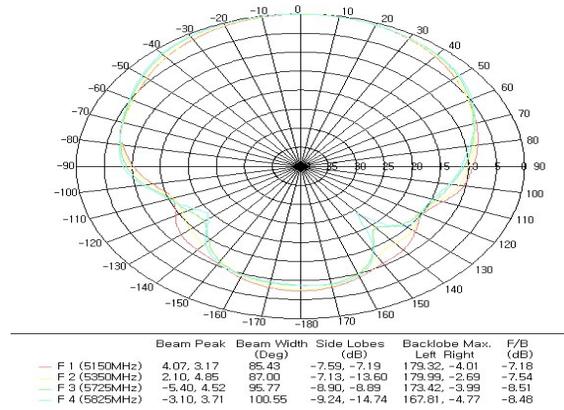
그림 12. 파형분석기 측정 및 챔버시험 모습  
Fig 12. Wave analyzer measurement and chamber test image

그림 13은 5.2GHz에서 5.8GHz대역 일 때 (a) H-면 방사패턴의 3-dB 빔폭(HPBW)은 측정해 본 결과 81.13°넓은 빔폭을 얻었다.



(a) H-면 방사 패턴

(b) E-면 방사패턴의 3-dB 빔폭(HPBW)은 측정해 본 방사패턴을 측정해 본 결과 85.43°넓은 빔폭을 얻었다.



(b) E-면 방사 패턴

그림 13. H-면과 E-면 방사패턴  
Fig. 13. Radiation pattern of H-plane and E-plane

이 결과로 5.2-5.8GHz 대역에 WLAN 시스템에서 바람개비 모양의 U-slot 및 Short-pin을 삽입한 마이크로스트립 패치 안테나는 패치만 있는 안테나 크기 (23mm)보다 26%,<sup>[10]</sup> 안테나 크기(80mm) 79%<sup>[11]</sup> 작게 제작하였다.

유전율이 높은 기판을 선정할 경우 파장이 짧아지면서 손실이 커지며, 그리고 두께가 크면 대역폭이 넓어지므로 이와 같은 특성을 안테나 제작에 활용하는데 주의해야할 점이다.

제한한 바람개비 모양의 안테나는 5.2-5.8GHz 주파수 대역에 적용 가능할 것으로 판단된다.

특히 통신 시스템에서 사이즈의 감소는 매우 중요하기 때문에 5GHz대역의 WLAN AP용 마이크로스트립 안테나를 설계하는데 크게 도움이 될 것이다.[9]

### 참고문헌

- [1] IEEE, IEEE 802.11 standard, Retrieved 12, 2010, from <http://standards.ieee.org/getieee802>.
- [2] S.-Y. Kang, W.-J. Lee, and H.-D. Park, "Design and fabrication of wideband U-slotted Bow-Tie microstrip antenna for 5.25GHz band wireless LAN," *J. KICS*, vol. 29, no. 2A, pp. 195-201, Nov. 2003.
- [3] L. Setian, *Practical Communication Antennas with Wireless Applications*, Prentice Hall. 1998
- [4] D. M. Pozar, "Microstrip antennas" in *Proc. IEEE*, vol. 80, no. 1, pp. 79-91, Jan. 1992.
- [5] A. K. Shakelford, K. F. Lee, K. M. Luk, and R. C. Chair, "U-slot patch antenna with

- shorting pin” *Electron. Lett.*, vol. 37, no. 12, pp. 729-730, June 2001.
- [6] S.-W. Kwon, S.-H. Lee, B.-M. Lee, H.-R. Kim, and Y.-J. Yoon, “A study on a shorting pin and slot-loaded antenna for harmonic suppression,” *J. KIEES*, vol. 13, no. 8, Sep. 2002.
- [7] W.-J. Lee, J.-H. Yoon, S.-Y. Kang, H.-C. Lee, and H.-D. Park, “Design and fabrication of four L-slotted microstrip antenna for 5.25GHz band wireless LAN,” *J. KICS*, vol. 29, no. 3A, July 2003.
- [8] C. Li, J. Li, and X. Cai, “A novel self-adaptive transmission scheme over IEEE 802.11 WLAN for supporting multi-service,” *J. Wireless Commun. Mobile Comput.*, vol. 6, no. 4, pp. 467-474, June 2006.
- [9] S. Reed, L. Desclos, C. Terret, and S. Toutain, “Patch antenna size reduction by means of inductive slots,” *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 29, no. 2, pp. 79-81, Apr. 2001.
- [10] R. K. Raj, M. Joseph, C. K. Aanannandan, K. Vasudevan, and P. Mohanan, “A new compact microstrip-fed dual-band coplanar antenna for WLAN applications,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 54, no. 12, pp. 3755-3762, Dec. 2006.
- [11] R. R. Ramirez and F. De Flaviis, “Triangular microstrip patch antennas for dual mode 802.11a,b WLAN application,” in *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, vol. 4, pp. 44-47, San Antonio, U.S.A., June 2002.

**김 순 섭 (Soon-Seob Kim)**



1992.8월 한양대학교 대학원  
전자통신공학과 석사 졸업  
2010.3월~현재 아주대학교  
대학원 NCW학과 박사수료  
1993.7월~현재 국방부 서기  
관  
<관심분야> 이동통신시스템,  
무선인지통신(Cognitive Radio),  
전술네트워크,  
마이크로스트립 안테나 설계

**최 영 준 (Young-June Choi)**



2000년 2월 서울대학교 전기  
컴퓨터공학부 학사  
2006년 2월 서울대학교 전기  
컴퓨터공학부 박사  
2006년 9월~2007년 7월  
University of Michigan,  
Research Fellow

2007년 8월~2009년 7월 NEC Laboratories  
America, Research Staff Member  
2009년 9월~현재 아주대학교 정보컴퓨터공학부 조  
교수  
<관심분야> 전술네트워크, 무선자원관리, 인지무선

**주 영 달 (Young-Dal Joo)**

~ 현재 하이게인안테나(주) 수석연구원  
<관심분야> 안테나 공학, 마이크로스트립 안테나  
설계/개발

**정 용 주 (Yoong-Joo Jung)**

~ 현재 하이게인안테나(주) 주임연구원  
<관심분야> 안테나 공학, 마이크로스트립 안테나  
설계/개발