

5.25GHz 대역의 무선 LAN을 위한 광대역 U-슬롯 Bow-Tie 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

정회원 강석엽*, 준회원 이원종*, 정회원 박효달*

Design and Fabrication of Wideband U-slotted Bow-Tie Microstrip Antenna for 5.25GHz Band Wireless LAN

Suk-Youb Kang* *Regular Members*, Won-Jong Lee* *Associate Member*,
Hoy-Dal Park* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 5.15-5.35GHz 대역의 무선 LAN용 U-슬롯 Bow-Tie 마이크로스트립 안테나에 관하여 연구하였다. Bow-Tie 패치에 U-슬롯을 갖도록 하였으며 집지면과 기판사이에 공기층을 삽입하여 VSWR<1.2 에서 적절한 대역을 얻고자 하였다. 설계시 주요 파라미터는 U-슬롯의 길이, 폭, 위치와 공기층의 두께 및 급전위치였으며 최적화된 파라미터를 가지고 실제 제작 및 측정하였다. 제작된 안테나의 측정결과로 공진주파수는 5.28GHz이고, VSWR<1.2에서 7.76%의 대역폭과 4~7dBi의 이득을 얻었다. Elevation과 Azimuth에서 각각 73.63° 와 65.08° 로 나타났다.

ABSTRACT

In this paper, U-Shaped slot Bow-Tie antenna for 5.15GHz~5.35GHz is designed, fabricated, and measured. The prototype consist of U-Shaped slot. To obtain suitable bandwidth, the form layer is inserted between ground plane and substrate. Important parameters in the design are U-slot length, width, position, air-gap height, and feed point position. From these parameters optimized, a U-shaped slot Bow-Tie antenna is fabricated and measured. The measured results of the antenna are obtained as follows results. The resonant frequency of the Fabrication U-shaped slot Bow-Tie antenna is 5.28GHz, bandwidth for approximately 7.76%(VSWR<1.2) and the gain is 4~7dBi. The experimental far-field patterns are stable across the pass band. The 3dB bandwidth in Elevation and Azimuth are 73.63° and 65.08° , respectively.

1. 서론

LAN의 발달과 함께 고성능의 PC 및 휴대용 컴퓨터의 보급이 활발하게 이루어지면서 기존 유선 LAN이 가지고 있던 설치와 재배치 등의 문제점이 생기게 되었다. 이에 따라 무선 채널을 사용하여 LAN을 확장 시킬 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점을 가지는 무선 LAN의 응용분야가 확

산되고 있다.[1] 또한 보다 빠른 데이터 송수신을 원하는 소비자들의 욕구가 증대됨에 따라서 기존의 IEEE 802.11b의 2.4GHz~2.4835GHz 대역보다 높은 주파수 일 때 높은 데이터 전송율을 가지며 넓은 대역폭을 사용할 수 있다는 점에서 5GHz대역의 무선 LAN의 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 보다 더 큰 이유는 2.4GHz대역은 전자렌지, 가정용 조리기기, 의료용 설비, 기타 무선 기기가 공존하기 때문에 혼신의 가능성이 없는 대역을 찾게 된 것이다.[2][3][4]

*인하대학교 전자공학과 int-ksy@hanmail.net

논문번호 : 030512-1124, 접수일자 : 2003년 11월 24일

휴대용 단말기와 액세스 포인트(AP)간 통신을 위한 무선 LAN 카드와 더불어 저렴한 비용과 대량생산, 경량화, 그리고 초고주파 집적회로에 함께 구현할 수 있는 마이크로 스트립 패치 안테나가 많이 사용되고 있다.[5] 마이크로 스트립 안테나는 두께가 얇고 평면과 비 평면에 부착이 용이하고 프린트 회로기판 기술을 이용하면 제작이 간편하고 값이 싸다. 그러나 저 효율, 저 전력, 높은 Q로 인하여 좁은 대역폭, 편파 특성저하 등의 단점이 존재하고 빔폭이 넓으며, 급전 선에서 원하지 않는 방사 발생한다.[6] 따라서 단점을 개선하기 위해 많은 연구가 진행 중에 있고, 여러 가지 방법들이 제시되어 왔다. 이들 방법 중에는 유전 상수가 작고 두께가 두꺼운 기판을 사용하거나 기생 결합된 소자를 이용해 대역폭을 개선하는 방법 등이 제시되었으나, 기존에 제시된 위의 방법들은 안테나의 크기가 커지는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 최근 안테나 구조 자체를 변화시켜 대역폭을 넓히는 방법들이 제시되어 왔다. 또한 단일 방사 소자로 비교적 넓은 광대역 특성을 갖는 마이크로 스트립 슬롯 안테나도 이와 같은 최근의 흐름에 따라 보다 넓은 대역폭을 갖게 하는 연구가 진행되고 있다.[7][8] 그 중 하나가 Bow-Tie 마이크로 스트립 패치 안테나이다.[9] 그러나 일반적인 Bow-Tie 마이크로 스트립 패치 안테나는 광대역 특성을 가지는 반면 중심주파수에서의 이득이 낮고 일반적인 마이크로 스트립 패치 안테나에 비해 상대적으로 크다는 단점이 있다.

본 논문에서는 새롭게 도입될 것으로 예상되는 5.15GHz에서 5.35GHz 대역의 무선 LAN 용 마이크로 스트립 안테나를 설계 제작하였다. 마이크로 스트립이 가지는 단점인 협소한 대역폭을 해결하는 광대역 특성을 가지면서 충분한 이득을 가지도록 Bow-Tie 형태에 U-슬롯을 적용하는 새로운 구조로 설계하였고 제작의 편의를 고려하여 동축 급전을 사용하였다. 또한 설계 후 제작에 있어서 오차를 줄이기 위하여 Ensemble을 이용한 시뮬레이션을 통하여 설계와 제작에 근사화 작업을 하였다. II장에서는 U-슬롯이 삽입된 마이크로 스트립 안테나의 설계 방법을 제시하고 각각 파라미터들의 분석에 대한 설명을 제시하였으며, III장에서는 U-슬롯 모양을 삽입하여 최적화 된 마이크로 스트립 안테나의 제작 및 측정결과에 대해 설명하였으며 IV장에서는 안테나 제작 및 측정, V장에는 결론을 서술하였다.

II. Bow-Tie 슬롯 안테나 설계

본 논문에서는 실내용 무선 LAN용으로 새롭게 추가될 예정인 5.15GHz~5.35GHz 주파수에서 실용 가능한 Bow-Tie U-슬롯 안테나를 설계하였다. 접지면과 기판 사이에는 대역폭을 개선하기 위해 공기층을 삽입하였으며 실제 제작시 공기층으로는 유전율이 1인 foam을 사용하였다. 설계된 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 모든 시뮬레이션은 무선 LAN 규격에 준하여 선형편파가 되도록 하고 동작 대역에서 정재파비 VSWR<1.2가 되도록 했으며 4~7dBi의 이득과 Elevation과 Azimuth 모두 빔폭 50° 이상을 갖는 방사패턴이 나오도록 하였다.

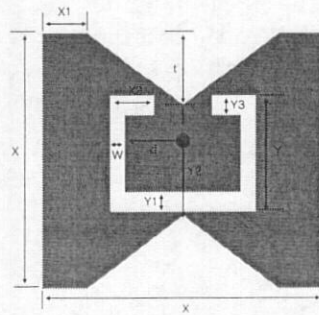


그림1(a). 설계된 안테나 구조

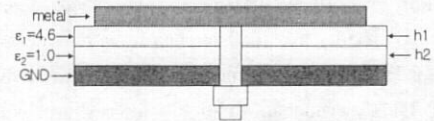


그림 1(b). 측면도 및 급전방법

먼저 양호한 방사 효율을 얻기 위해 일반적인 마이크로 스트립 패치 크기를 결정하였고 U-슬롯 모양이 삽입되어 생기는 오차는 반복되는 시뮬레이션을 통해 최적의 패치 크기를 얻었다. U-슬롯의 두께 길이, 위치변화에 따른 반사계수 및 공기층의 두께에 따른 반사계수를 시뮬레이션 데이터를 통해서 최적 조건의 수치를 얻었다.

첫째 U-슬롯 모양의 길이 Y길이에 따른 반사계수에 변화를 살펴보았다. Y를 6.9mm에서 7.5mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 2처럼 나타내었

다. Y의 길이가 6.9mm에서 7.5mm로 감에 따라 공진 주파수는 왼쪽으로(낮은 주파수쪽으로) 이동되는 것을 관찰할 수 있었고 이중 공진에서 단일공진 광대역으로 변화하는 것을 관찰 할 수 있었다. 최종적으로 공진주파수 및 반사계수 특성은 Y=7.5mm에서 가장 좋은 특성을 얻었다.

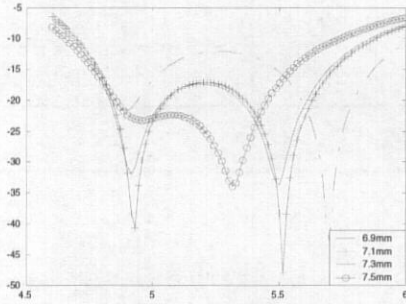


그림 2. 슬롯 Y 길이 변화에 따른 반사계수

둘째, U-슬롯 모양의 너비 변화에 따른 반사계수를 살펴보았다. U-슬롯 모양의 너비W를 1.0mm에서 1.6mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 3처럼 나타냈다. U-슬롯 모양의 너비(W)가 증가할수록 반사손실은 감소하였으며, 너비 1.3mm에서 최적의 공진주파수와 반사계수 특성을 얻을 수 있었다.

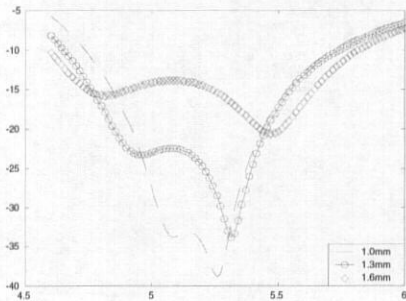


그림 3. 슬롯 W 변화에 따른 반사계수

셋째, U-슬롯 모양의 길이 Y1의 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. Y1 을 0.8mm에서 1.2mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타 내었다. Y1을 0.8mm에서 1.2mm로 증가함에 따라 주 파수 대역은 점점 왼쪽으로 이동했으며 원하는 동

작 주파수에서 최적의 Y1값은 1mm임을 얻었다.

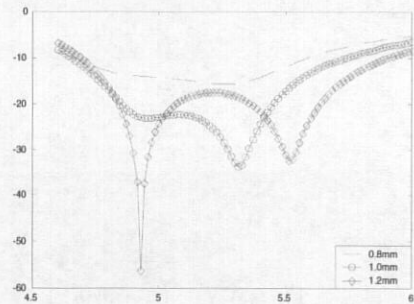


그림 4. 슬롯 Y1 변화에 따른 반사계수

넷째, U-슬롯 모양의 길이 X2의 길이에 따른 반 사 계수의 변화를 살펴보았다. X2를 2.4mm에서 2.7mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 5에 나타 내었다. X2를 2.4mm에서 2.7mm로 증가함에 따라 주파수 대역은 점점 왼쪽으로 이동하고 이중공진에서 광대역 단일공진으로 변화하는 것을 관찰할 수 있었다. 원하는 동작 주파수에서의 최적의 X2값은 2.6mm로 나타났다.

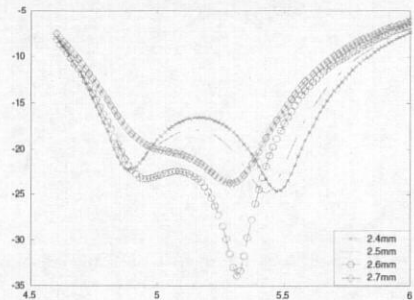


그림 5. 슬롯 X2 변화에 따른 반사계수

다섯째, 동축급전의 위치에 따른 변화를 관찰하였 다. d=3.5mm로 고정시키고 Y2의 길이를 3.0mm에서 4.5mm까지 늘려가면서 시뮬레이션 한 결과 그림 6과 같이 나타났다. 급전의 위치가 Y2=3.0mm에서 4.5mm 로 증가함에 따라 공진주파수는 왼쪽으로 이동되었 고 반사계수 특성은 Y2가 4.0mm일 때 가장 좋았다.

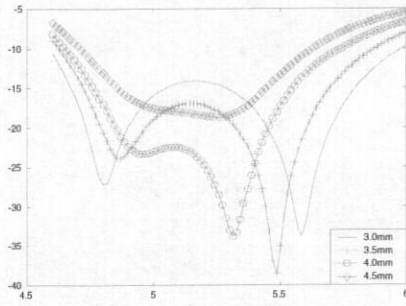


그림 6. 동축 급전의 위치 Y2 변화에 따른 반사계수

마지막으로, 공기층의 두께 변화에 따른 반사계수 특성은 그림 7에 나타내었다. 공기층은 foam으로써 유전율이 1인 것을 사용하였는데, 작은 변화에도 반사계수에 상당히 큰 영향을 미쳤다. 최적의 두께 4.8mm를 기준으로 더 두꺼워지면 공진주파수는 왼쪽으로 이동되었고, 얇아지면 공진주파수가 높아진다는 것을 관찰하였다. 공진주파수가 이동함에 따라 반사계수의 특성에도 좋지 않은 결과를 보였다.

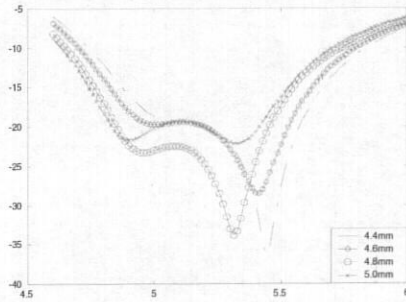


그림 7. 공기층의 두께 h2 변화에 따른 반사계수

동축 급전의 위치와 공기층의 두께는 다른 파라미터들에 비해 반사계수 특성에 상당히 민감한 반응을 보이는 것을 확인할 수 있었고 이는 안테나 실제 제작시 가장 주의해야 할 부분이었다.

이러한 과정을 거쳐 얻어낸 최적의 안테나 파라미터를 <표 1>에 나타내었다. 패치 크기는 가로 X=20mm, 세로 Y=20mm로 정사각형이다. U-슬롯의 파라미터는 세로 Y=7.5mm, Y1=1.0mm, Y3=2.0mm, 이고 가로 W=1.0mm X2=2.6mm이다. 동축 급전의 위치는 패치의 좌측으로부터 d=3.5mm Y2=4.0mm 이고

공기층은 유전율이 1인 foam을 사용하였으며 최적 두께는 h2=4.8mm이다.

<표 1> 최적화된 안테나 파라미터 (단위 mm)

슬롯의 길이		슬롯의 간격		급전 위치	
X2	2.60	W	1	d	3.5
Y	7.5	Y1	1	Y2	4.0
		Y3	2		

III. 시뮬레이션 결과 해석

<표 1>의 조건으로 안테나를 설계하여 시뮬레이션한 반사계수와 이득은 그림 8과 같다. 시뮬레이션 결과 모든 동작대역에서 VSWR<1.2로 적절한 특성을 나타내었고, 이득도 동작대역에서 5~7dBi로 무선 LAN 규격에 합당함을 보이고 있다. U-슬롯 안테나는 VSWR<2 대역폭은 매우 넓은 것으로 관찰되었다. 이러한 결과는 U-슬롯이 각각 전류교란을 일으키는 전류와 특성이 다른 전류를 흐르게 함으로써 전류교란을 약화시키는 결과에서 기인한 것이라고 해석된다.

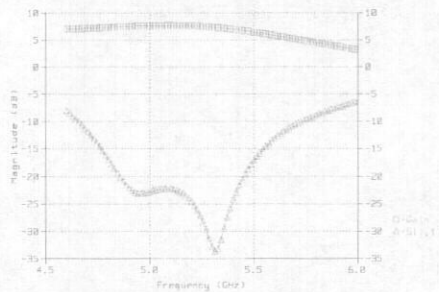


그림 8. 시뮬레이션상의 반사계수 및 이득

설계한 안테나의 정재파비는 그림 9과 같다. 시뮬레이션 결과 VSWR<1.2에서 4.8GHz에서 5.4GHz까지 약 7.7%의 대역폭을 얻었으며 모든 동작대역이 만족하였다.

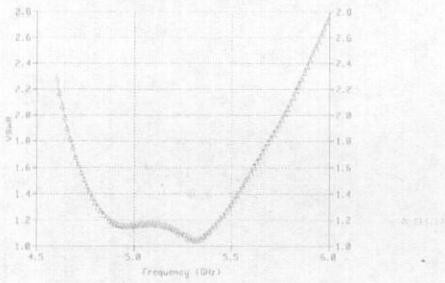


그림 9. 시뮬레이션상의 정재파비

방사패턴을 시뮬레이션한 결과는 그림 10과 같으며 만족스러운 결과를 얻었다.

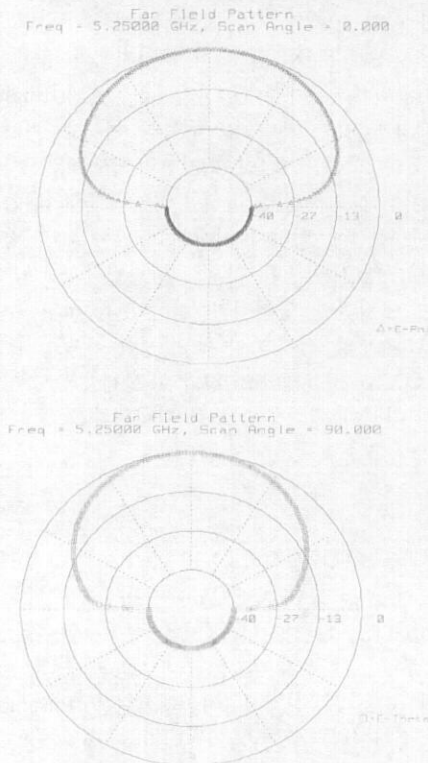


그림 10. 시뮬레이션상의 방사패턴

IV. 안테나 제작 및 측정

안테나는 유전율이 4.6, 두께가 0.8mm인 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 접지면과 기판 사이에는 유전율이 1인 foam을 삽입하였으며, 동축급전 방식

으로 제작하였다. 제작된 안테나는 HP 8510C Network Analyzer를 이용하여 반사손실을 측정하였으며 송도 테크노 파크 무반사실에서 방사패턴을 측정하였다.

실제 제작한 안테나의 정면도와 측면도는 그림 11-a와 그림 11-b와 같다.

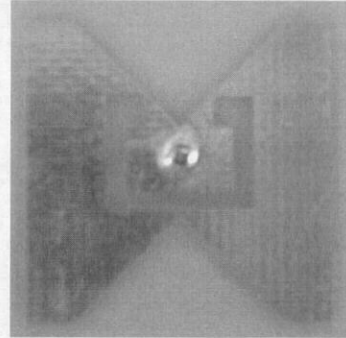


그림 11-a. 안테나 정면도

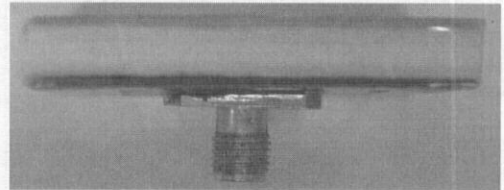


그림 11-b. 안테나 측면도

실제 측정된 반사계수는 그림 12과 같다. 초기값은 4.5GHz 최종값은 6.0GHz로 하고 201개의 point를 주어 측정한 결과 시뮬레이션에서의 공진주파수는 5.3GHz이며 약 -34.4dB의 반사손실을 갖은 반면 실제 제작된 안테나의 공진주파수는 5.28GHz였으며 그때 반사계수는 -43.57dB였다. VSWR<1.2에서 405MHz (7.76%), 대역폭을 얻었으며, 4.6~5.73GHz 대역 모두 VSWR<2.0 를 만족하였다.

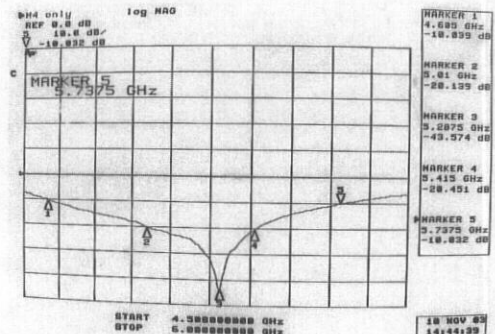


그림 12. 실제 측정된 반사계수

방사패턴은 Elevation과 Azimuth에서 각각 4.5에서 6.0GHz까지 0.2GHz 간격으로 4.5, 4.7, 4.9, 5.1, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9, 6.0GHz에서 측정하였다. 실제 측정된 Elevation과 Azimuth의 방사패턴은 그림 13-a와 그림 13-b와 같다. 5.35GHz에서 Elevation과 Azimuth의 3-dB 빔폭은 각각 73.63° 와 65.08° 로 나타났다.

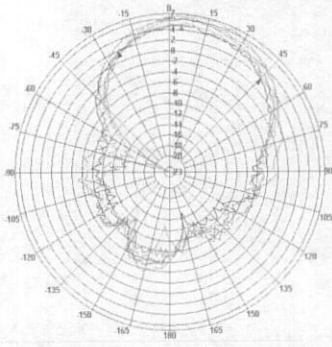


그림 13-a. Azimuth 방사패턴

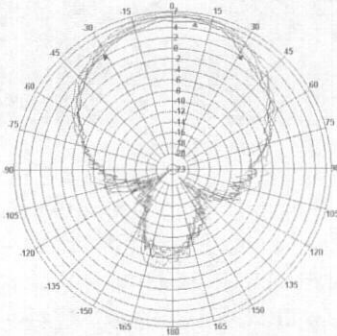


그림 13-b. Elevation 방사패턴

설계시에는 VSWR<1.2의 동작대역을 충분히 얻기 위해 공진주파수를 5.3GHz로 하였는데 실제 측정결과는 공진주파수가 5.28GHz로 나타났으며, VSWR<1.2 대역폭은 시뮬레이션상에서 약 650 MHz의 12.68%이고 측정결과는 약 405MHz의 7.76%로 나타났다.

그림 14는 이득에 대한 설계시 결과와 측정된 결과를 함께 나타내었다. 시뮬레이션상의 이득값은 5dBi에서 7dBi로 실내용 무선 LAN 안테나에서 요구하는 이득보다 높게 나왔으며 실제 제작하여 측정한 결과도 4~7dBi로 시뮬레이션 결과와는 약간의 차이는 있으나 실내용 무선 LAN 안테나에서 요구하는 이득에 대한 요구조건을 보다 높게 나왔다.

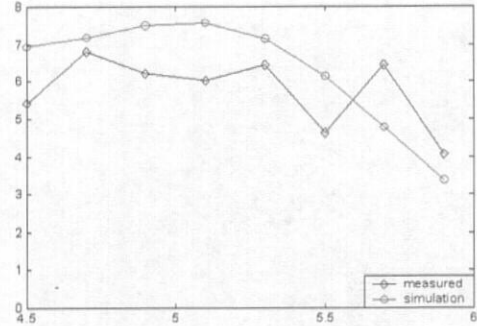


그림 14. 시뮬레이션값과 측정값의 이득 비교

그림 13에서 보여진 방사패턴 측정 결과에서 보이는 후엽과 공진주파수의 이동은 다음과 같은 요인에 의해 발생된 것으로 고찰될 수 있다. 첫째, 설계시 시뮬레이터상의 안테나 패치는 무한 크기의 접지면과 무한 크기의 기판 위에 존재하는 반면 실제 제작된 안테나는 유한 크기의 접지면과 유한 크기의 기판위에 존재하여 가장자리 효과(fringing field)에 의해 반사 계수 및 이득의 차이를 가졌다고 판단된다. 둘째, 제작시 접지면과 급전의 정확한 접합이 이루어지지 않아 접지면 밑으로 흘러나가는 전류 누수 현상에 의하여 반사계수의 손실 및 방사패턴상의 후엽이 발생한 것으로 판단된다. 셋째, 정밀성이 요구되었던 급전점의 위치와 foam의 두께 그리고 U-슬롯의 길이 등에서 발생한 제작상의 오차에 의해서도 시뮬레이션 결과와 실제제품 측정결과와의 차이점이 생겼을 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 논문은 무선 통신의 수요 증가에 따라 IEEE 802.11에서 무선 LAN의 새로운 사용주파수로 논의되는 5.15~5.35GHz 까지의 영역을 동작주파수로 하여 U-슬롯에 공기층을 추가한 새로운 구조를 설계하고 제작하였다. 설계시 시뮬레이션은 Ensemble 5.0을 사용하였다. 주요 파라미터값을 변화시켜 최적화된 값을 얻었으며, 특히 U-슬롯, 공기층 및 급전 위치변화에 민감한 반응을 보인다는 것을 알 수 있었다. 제작된 안테나는 5.28GHz의 공진주파수와 4~7 dBi의 이득을 얻었으며 3dB 빔폭은 Elevation과 Azimuth에서 각각 73.63° 와 65.08° 을 얻어 5.15GHz~5.35GHz대역의 무선 LAN용 사용에 적합한 결과를 얻었다. 얻은 결과를 기반으로 한다면 Bow-Tie 형태에 U-슬롯을 추가한 형태는 주변대역

에서도 약간의 수정 설계만으로 좋은 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

References

- [1] L. Setian, Antennas with Wireless Applications, Prentice Hall, 1998.
- [2] Jim Geier, Wireless Lans,Sams, 2002.
- [3] K. Pahlavan & A. H. Levesque, Wirless information Network, Wiley Interscience, 1995.
- [4] 오승곤, "국내의 5GHz대역 주파수 이용 동향", 한국통신학회지, 제19권, 제5호, pp646-654, 2000, 5.
- [5] 고영호, "무선 LAN을 위한 적층 구종의 Bow-tie Antenna의 설계",전자파학회지, 제11권, 제8호, pp1455-1461, 2000, 12
- [6] C. A. Balanis, "Antenna Theory analysis and design" John Wiley & Sons, INC Chater 14.
- [7] E.Chang, S.A Long, and W.F. Richards, "An experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-34, pp. 767-773, June 1986.
- [8] P.B. Katehi, N.G. Alexopoulos, and I. Y. Hsia, "A bandwidth enhancement method for microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-35, pp. 5-12, Jan. 1987.
- [9] K.W.Lo "Design of a wideband microstrip bowtie patch antenna", IEE, Proc-Microw, AP, Vol. 145, No. 2, April 1998.

강 석 엽 (Suk-Youb Kang) 정회원



1997년 2월 : 인천대학교
전자공학과
(공학사)
1999년 2월 : 인하대학교
전자공학과
(공학석사)
2002년 2월 : 인하대학교
전자공학과
(박사수료)

<관심분야> 무선통신 시스템 설계, 안테나 설계,
초고주파 시스템 설계

이 원 중 (Won-Jong Lee) 준회원



2002년 2월 : 초당대학교
전자공학과(공학사)
2004년 2월 : 인하대학교
전자공학과(공학석사)
2004년 2월~현재 :
인하대학교 전자공학과
박사과정

<관심분야> 안테나 설계, 전자장 이론,
능동소자 설계

박 효 달 (Hyo-Dal Park) 정회원



1978년 2월 : 인하대학교
전자공학과(공학사)
1987년 : (불)국립항공
우주대학 전자공학과
(공학박사)
1992년~현재 : 인하대학교
전자공학과 부교수

<관심분야> 항공통신 시스템 설계, 초고주파 공학
전자장 이론, 안테나공학