

# 사이즈 감소를 위한 이중대역 PIFA 안테나 설계 및 제작

정회원 임 동 철\*, 종신회원 박 효 달\*

## Design and Fabrication of Dualband PIFA for size reduction

Dong-cheol Lim\* *Regular Member*, Hyo-dal Park\* *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문에서는 2.40~2.482GHz 와 5.75~5.85GHz 대역의 무선 LAN용 PIFA(Planar Inverted F Antenna) 안테나를 설계 제작하였다. 패치의 사이즈 감소를 위해 hair-pin 구조와 short-pin 구조를 갖도록 하였으며, 접지면과 기판 사이에 공기층을 삽입하여 VSWR<2.0에서 적절한 대역을 얻고자 하였다. 설계시 주요 파라미터는 hair-pin 길이, 폭, 위치와 공기층의 두께 및 급전위치였으며 최적화된 파라미터를 가지고 실제 제작 및 측정하였다. 제작된 안테나의 측정결과는 다음과 같다. 공진 주파수는 2.37GHz 와 5.86GHz이고, VSWR<2.0에서 각각 약 90MHz 와 350MHz의 대역폭을 얻었으며 1.91~4.37dBi의 이득을 얻었다. 2.4GHz에서 H-평면과 E-평면은 각각 52.83°와 85.90°로 나타났으며 5.8GHz에서 H-평면과 E-평면은 각각 68.68°와 52.143°로 나타났다.

**key Words** : PIFA, Hair-pin, Wireless LAN, Dualband, Antenna

### ABSTRACT

In this paper, PIFA antenna for 2.40~2.482GHz and 5.75~5.85GHz is designed, fabricated, and measured. The prototype consist of hair-pin and short-pin. To obtain suitable bandwidth, the form layer is inserted between ground plane and substrate. Important parameters in the design are hair-pin length, width, position, air-gap height, and feed point position. From these parameters optimized, a PIFA antenna is fabricated and measured. The measured results of the antenna are obtained as follows results. The resonant frequency of the fabrication PIFA antenna is 2.37GHz and 5.86GHz, bandwidth for approximately 90MHz with 350MHz(VSWR<2.0) and the gain is 1.91~4.37dBi. H-plan and E-plan at 2.4GHz and 5.8GHz are shown as 52.83°, 85.90° and 68.68°, 52.143° respectively.

### I. 서론

최근 무선 통신시스템은 무선 환경에서 네트워크의 재구축이 용이하다는 장점으로 인해 높은 선호도를 나타내고 있으며, 무선 네트워크의 장점인 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 효과로 사용이 증가되고 있다. 무선 LAN의 2.4GHz 주파수 대역에서는 11 Mbps의 통신 속도로 응용을 하고 있다. 또한 보다 빠른 데이터 송수신을 원하는 소비자들의 욕구가 증대됨에 따라 IEEE 802.11a의 넓은 대역을

포함하는 5GHz의 무선LAN이 상용화 되고 있으며 이는 2.4GHz 대역과 5GHz 대역에서 모두 적용 가능한 이중공진 안테나의 개발은 필수적이라고 할 수 있다<sup>[1]</sup>.

특히 이동성과 휴대성이 증시되는 단말시스템에 사용되는 안테나는 크기가 매우 작으며 부착이 쉬어야 하며 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 광대역 특성을 가져야 한다<sup>[2]</sup>.

소형 안테나는 전기적으로 소형인 경우와 물리적으로 소형인 경우로 나누어 생각 할 수 있다. 전기

\* 인하대학교 전자공학과 (dclim@inhaian.net)

논문번호 : KICS2006-08-338, 접수일자 : 2006년 8월 7일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 14일

적 소형은 안테나의 전체 크기가 파장에 비하여 매우 작은 것을 의미하고, 물리적 소형은 취급하는데 있어서 안테나 크기가 작을 경우를 나타낸다. 기존 소형화의 방법으로는 고유전체를 사용하는 방법<sup>[3]</sup>, 그라운드 모양을 변형하는 방법<sup>[4]</sup>, 단락핀을 이용하는 방법<sup>[5]</sup>, 그리고 패치 슬롯을 삽입하는 방법<sup>[6]</sup> 등이 있다.

본 논문에서는 상용 서비스화 되어지고 있는 2.4 GHz 대역과 5GHz 대역의 이중대역 무선 LAN용 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하였다. 마이크로스트립 안테나의 단점인 협소한 대역폭을 해결하는 광대역 특성을 가지면서 사이즈 감소를 위하여 hair-pin 형태에 이중으로 접어 단락핀을 결합시키는 구조로 설계하였고 제작의 편의를 고려하여 동축 급전을 사용하였다. 또한 설계 후 제작에 있어서 오차를 줄이기 위하여 CST를 이용한 시뮬레이션을 통하여 설계와 제작에 근사화 작업을 하였다.

## II. 접어진 PIFA 안테나 설계

본 논문에서는 실내용 무선 LAN용으로 상용화 되고 있는 2.4GHz~2.482GHz 와 5.75GHz~5.85GHz 주파수에서 실용 가능한 hair-pin 형태의 PIFA 안테나를 설계하였다. 접지면과 기판 사이에는 대역폭을 개선하기 위해 공기층을 삽입하였으며 실제 제작시 공기층으로는 유전율이 1인 form을 사용하였다. 설계된 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 모든 시뮬레이션은 무선 LAN 규격에 준하여 선형편파가 되도록 하고 동작 대역에서 정재파비  $VSWR < 2.0$ 이 되도록 했으며 2~4dBi의 이득과 Elevation과 Azimuth 모두 빔폭 50. 이상을 갖는 방사패턴이 나오도록 하였다.

먼저 양호한 방사 효율을 얻기 위해 일반적인 마이크로스트립 패치 크기를 결정하였고 hair-pin 모양이 삽입되어 생기는 오차는 반복되는 시뮬레이션을 통해 최적의 패치 크기를 얻었다. 접어진 hair-pin 구조의 두께, 길이, 위치변화에 따른 반사계수 및 공기층의 두께에 따른 반사계수를 시뮬레이션 데이터를 통해서 최적 조건의 수치를 얻었다.

첫째, hair-pin 모양의 길이  $y$ 길이에 따른 반사계수에 변화를 살펴보았다.  $y$ 를 1.0mm에서 2.5mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 2처럼 나타내었다.  $y$ 의 길이가 1.0mm에서 2.5mm로 감에 따라 공진 주파수는 조금씩 낮은 주파수쪽으로 이동되는 것을 관찰할 수 있었고, 길이가 증가함에 따라 손실을 줄

일 수 있었다. 최종적으로 공진주파수 및 반사계수 특성은  $y=2.0$ mm에서 가장 좋은 특성을 얻었다.

둘째, hair-pin 모양의 너비 변화에 따른 반사계수를 살펴보았다. hair-pin 모양의 너비  $x$ 를 9.5mm에서 11.0mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 3처럼 나타내었다. hair-pin 모양의 너비( $x$ )가 증가할

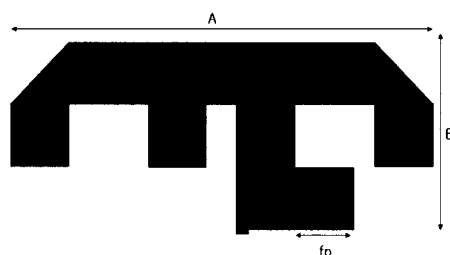


그림 1(a). 설계된 안테나 구조

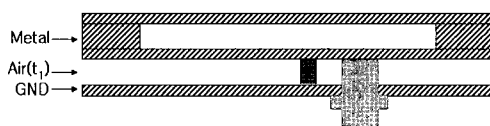


그림 1(b). 측면도 및 급전방법

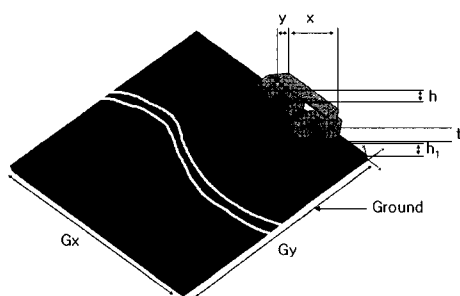


그림 1(c). 설계 안테나의 3차원 구조도

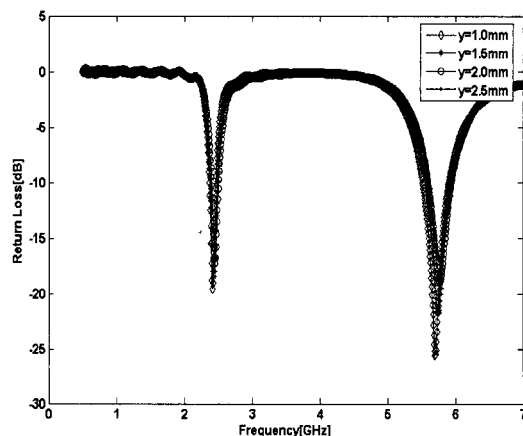


그림 2. 길이  $y$  변화에 따른 반사계수

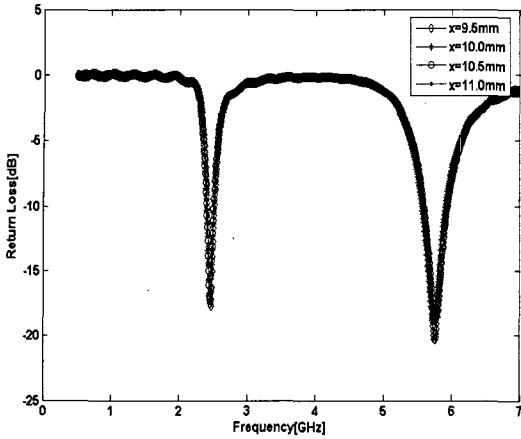


그림 3. 너비 x 변화에 따른 반사계수

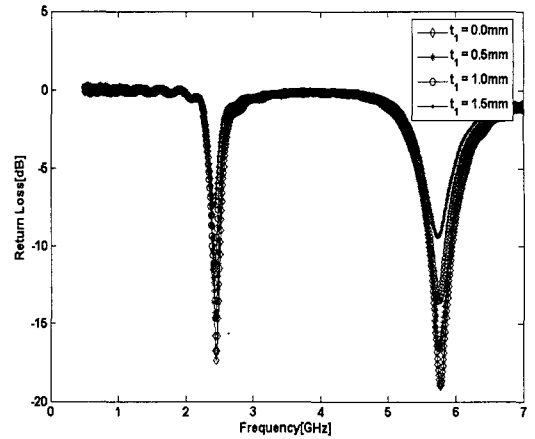


그림 5. 위치 t1 변화에 따른 반사계수

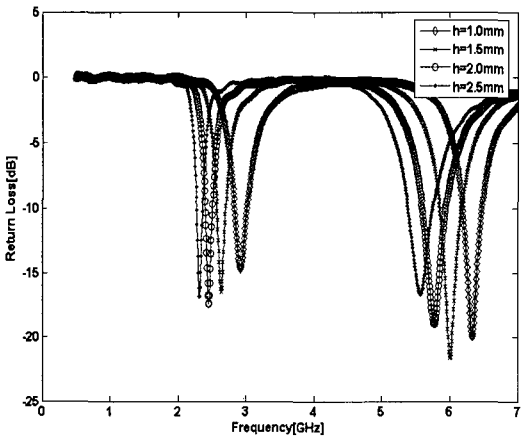


그림 4. 높이 h 변화에 따른 반사계수

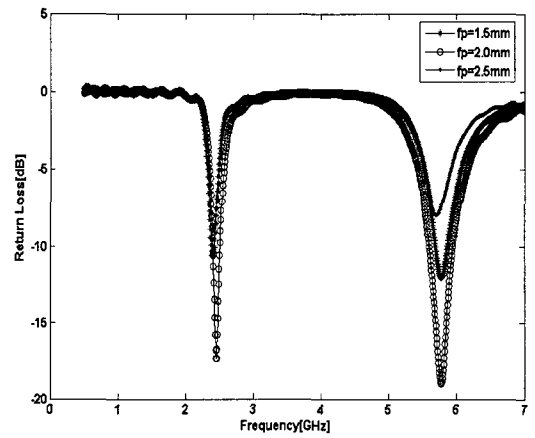


그림 6. 급전 위치 fp 변화에 따른 반사계수

수록 반사손실은 감소하였으며, 너비 11.0mm에서 최적의 공진주파수와 반사계수 특성을 얻을 수 있었다.

셋째, hair-pin 모양의 높이 h의 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. h를 1.0mm에서 2.5mm 까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다. h를 1.0mm에서 2.5mm로 증가함에 따라 주파수 대역은 낮은주파수 쪽으로 이동했으며 원하는 동작 주파수에서 최적의 h값은 2.0mm임을 얻었다.

넷째, short-pin 길이에 t1 위치에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. hair-pin 모양의 끝 부분을 기준점 0mm 로 하여 1.5mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 5에 나타내었다. t1을 0mm에서 1.5mm 로 이동함에 따라 반사손실은 점점 나빠지는 것을 확인하였다. 원하는 동작 주파수에서의 최적의 t1값은 hair-pin 기준점 값인 0mm로 나타났다.

다섯째, 동축급전의 위치에 따른 변화를 관찰하

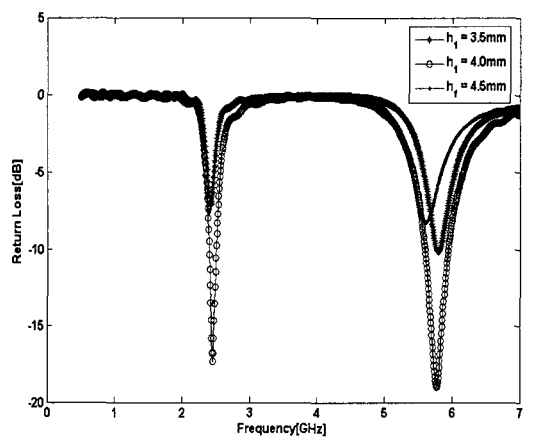


그림 7. 공기층의 두께 h1 변화에 따른 반사계수

였다. fp 의 길이를 1.5mm에서 2.5mm까지 늘려가면서 시뮬레이션 한 결과 그림 6과 같이 나타났다. 급

전의 위치가  $f_p=1.5\text{mm}$ 에서  $2.5\text{mm}$ 로 증가함에 따라 손실은 악화 되었으며 반사계수 특성은  $f_p$ 가  $2.0\text{mm}$  일 때 가장 좋았다.

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  $4.0\text{mm}$ 를 기준으로 더 두꺼워지면 공진주파수는 낮은 쪽으로 이동되었고, 얇아지면 공진주파수가 높아진다는 것을 관찰하였다. 공진주파수가 이동함에 따라 반사계수의 특성에도 좋지 않은 결과를 보였다. 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 1에 나타내었다. 패치 크기는  $A=15.0\text{mm}$   $B=6.0\text{mm}$  이고, 동축 급전의 위치는 패치의 우측으로부터  $f_p=2.0\text{mm}$  이고 공기층은 유전율이 1인 foam을 사용하였으며 최적 두께는  $h_1=4.0\text{mm}$ 이다.

표 1. 최적화된 안테나 파라미터 (단위 mm)

hair-pin 길이	y	2.0
hair-pin 너비	x	11.0
hair-pin 높이	h	2.0
공기층 높이	$h_1$	4.0
단락핀 위치	t1	0
급전 위치	$f_p$	2.0

### III. 안테나 제작 및 측정

안테나는 copper를 사용하여 제작하였다. 접지면과 기판 사이에는 유전율이 1인 foam을 삽입하였으며, 동축급전 방식으로 제작하였다. 제작된 안테나는 HP 8510C Network Analyzer를 이용하여 반사손실을 측정하였으며 무반사실에서 방사패턴을 측정하였다.

제작한 안테나의 정면도와 측면도, 3차원 구조도는 그림 11(a), 그림 11(b),그림 11(c)와 같다.

실제 측정한 반사계수와 시뮬레이션의 반사계수 값은 그림 12와 같다. 초기값은  $0.5\text{GHz}$  최종값은  $7.0\text{GHz}$ 로 하고 801개의 point를 주어 측정한 결과 시뮬레이션에서의 공진주파수는  $2.43\text{GHz}$ 와  $5.80\text{GHz}$ 이며 약  $-20\text{dB}$ 의 반사손실을 갖은 반면, 실제 제작된 안테나의 공진주파수는  $2.37\text{GHz}$  과  $5.86\text{GHz}$ 였으며 이 때

반사계수는 각각  $-18.1\text{dB}$ 와  $-24.2\text{dB}$ 였다.  $VSWR<2.0$ 에서  $90\text{MHz}$ 와  $350\text{MHz}$  대역폭을 얻었으며,  $2.40\sim 2.482\text{GHz}$ 에서 조금 이동 되었으나 상위대역인  $5.75\sim 5.85\text{GHz}$ 에서는 모두  $VSWR<2.0$ 를 만족하였다.

방사패턴은 Elevation과 Azimuth에서 각각  $2.3\text{GHz}$ 에서  $2.5\text{GHz}$ 까지  $0.05\text{GHz}$  간격으로  $2.3, 2.35, 2.4, 2.45, 2.5\text{GHz}$  와  $5.7\text{GHz}$ 에서  $5.9\text{GHz}$ 까지 동일한  $0.05$  간격으로  $5.7, 5.75, 5.8, 5.85, 5.9\text{GHz}$ 에서 측정하였다.

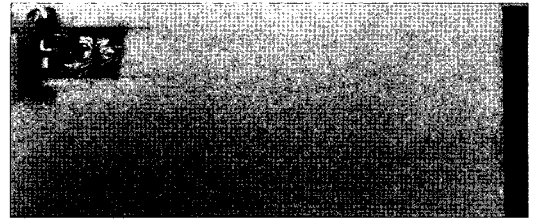


그림 11(a). 안테나 정면도

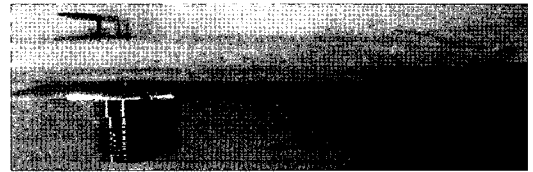


그림 11(b). 안테나 측면도

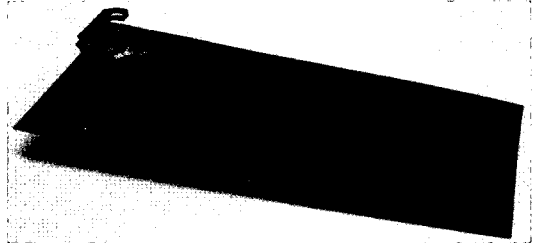


그림 11(c). 안테나 3차원 구조도

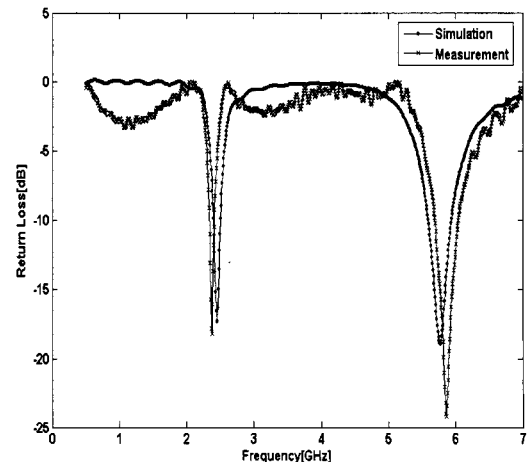


그림 12. 시뮬레이션과 측정 값의 반사계수 비교

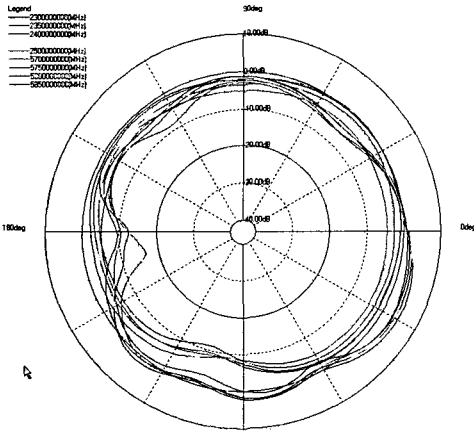


그림 13(a). Azimuth 방사패턴

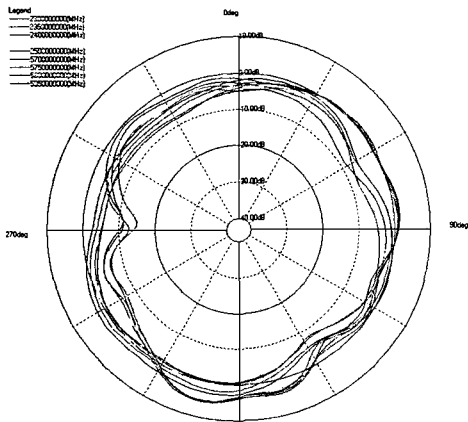
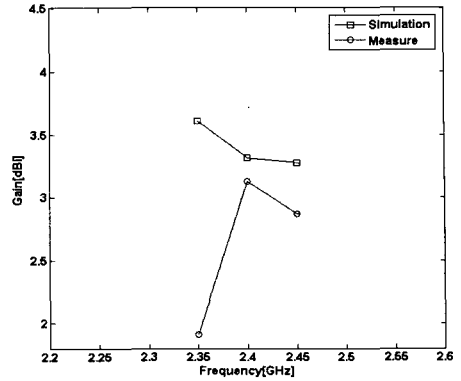


그림 13(b). Elevation 방사패턴

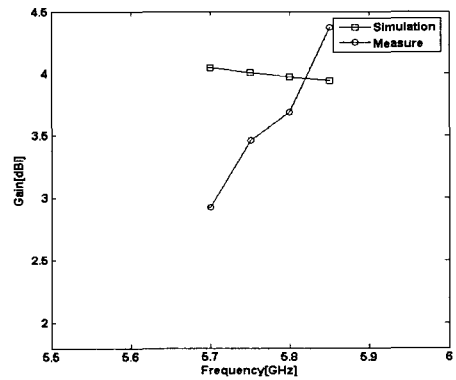
실제 측정된 Elevation과 Azimuth의 방사패턴은 그림 13과 같다. 2.45GHz와 5.8GHz 에서 Elevation과 Azimuth의 3-dB 빔폭은 각각 52.83°와 85.90° 5.8 GHz 에서는 68.68°와 52.143°로 나타났다.

그림 12의 반사계수 특성에서 나타난 시뮬레이션과 실제 측정 값의 차이에 따른 공진주파수 이동과 그림 13의 방사패턴 측정 결과에서 보이는 후엽은 다음과 같은 요인에 의해 발생된 것으로 고찰될 수 있다. 첫째, 제작시 접지면과 급전의 정확한 접합이 이루어지지 않아 접지면 밑으로 흘러나가는 전류 누수 현상에 의하여 반사계수의 손실 및 방사패턴상의 후엽이 발생한 것으로 판단된다. 둘째, 정밀성이 요구되었던 short-pin의 위치와 foam의 두께 그리고 hair-pin의 접어진 각도 등에서 발생한 제작상의 오차에 의해서도 시뮬레이션 결과와 실제제품 측정결과와의 차이점이 생겼을 것으로 판단된다.

그림 14는 이득에 대한 설계시 결과와 측정된 결



(a) 2.4GHz 대역의 이득 비교



(b) 5.8GHz 대역의 이득 비교

그림 14. 시뮬레이션 값과 측정 값의 이득 비교

과를 함께 나타내었다. 시뮬레이션상의 이득값은 3.27 dBi에서 4.048dBi로 실내용 무선 LAN 안테나에서 요구하는 이득보다 높게 나왔으며 실제 제작하여 측정한 결과도 1.91~4.37dBi로 시뮬레이션 결과와는 약간의 차이는 있으나 실내용 무선 LAN 안테나에서 요구하는 이득에 대한 요구조건을 보다 높게 나왔다.

#### IV. 결론

본 논문은 무선 통신의 수요 증가에 따라 IEEE 802.11 a/b에서 무선 LAN의 주파수로 실용화 되고 있는 2.40~2.482GHz 와 5.75~5.85GHz 까지의 영역을 동작주파수로 하여 hair-pin 구조에 접어진 형태의 PIFA 안테나를 설계, 제작하였다. 설계 시뮬레이션은 CST를 사용하였고, 주요 파라미터값을 변화시켜 최적화된 값을 얻었으며, 특히 hair-pin의 길이, 공기층 및 급전 위치변화에 민감한 반응이 보이는 것을 알 수 있었다. 제작된 안테나는 2.37GHz와 5.86GHz의 공진주파수와 1.91~4.37dBi의 이득

을 얻었으며 3dB 빔폭은 Elevation과 Azimuth에서 각각 52.83° / 68.68° 와 85.90° / 52.143°을 얻어 2.40GHz~2.482와 5.75GHz~5.85GHz대역의 무선LAN용 주파수 사용에 적합한 결과를 얻었다. 연구 결과를 기반으로 한다면 hair-pin 구조의 접어진 형태는 동일 주파수의 기존 사각 패치 안테나보다 넓은 대역폭 특성과 10%이상의 사이즈를 줄였으며, 주변대역에서도 약간의 수정 설계만으로 5GHz의 전 대역을 커버할 수 있는 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

**참 고 문 헌**

[1] 김창일, 오종대, 양운근, 김성민 “무선 LAN 액세스 포인트용 2.4GHz, 5GHz 이중공진 안테나의 설계 및 구현”, 한국통신학회, 제 14권, 제 3호, 2003.3, pp304-311

[2] 오경진, 한영태, 최재훈, “추가 단락편을 이용한 소형 및 광대역 특성의 PIFA(Planar Inverted F Antenna) 설계”, 한국통신학회, Vol.28 No.8A ,2003.8

[3] D.H. Schaubert, D.M. Pozar and A. Adrian, “Effect of microstrip antenna substrate thickness and permittivity”, IEEE Trans. Antenna and propagat., vol.37, no.6, pp. 677-682, June 1989.

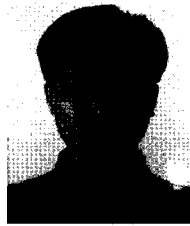
[4] 김기진, 유종원 “모바일 소형 안테나의 유한 그라운드 활용”, 한국 전자과학회지 제 16권, 제 4호, 2005.10, pp38-47

[5] R. Waterhouse, “Small microstrip patch antenna”, Electron. Lett., vol.31,, pp. 604-605, 1995.

[6] K.L. Wong, J.Y. Wu, “Single-feed small circularly polarizes square microstrip antenna”, Electron. Lett., vol, 33, pp. 1833-1834. Oct. 1977.

**임 등 철 (Dong-cheol Lim)**

정회원



1992년 2월 인하대 전자공학과 학사  
 1998년 2월 인하대 전자공학과 석사  
 1998년 3월~현재 인하대 전자공학과 박사과정  
 1992년 1월~1996년 2월 LG전자 <관심분야> 이동통신, 안테나, 광통신, 광송수신기

**박 호 달 (Hyo-dal Park)**

종신회원



1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사  
 1984년 (불)국립항공우주대 전자공학과 석사  
 1987년 (불)국립항공우주대 전자공학과 박사  
 1992년~현재 인하대학교 전자공학과 정교수  
 <관심분야> 항공통신 시스템 설계, 초고주파 공학, 전자장 이론, 안테나 공학