

# 무선 LAN 액세스 포인트용 2.4 GHz, 5 GHz 이중공진 안테나의 설계 및 구현

## Design and Implementation of 2.4 GHz and 5 GHz Dual Band Antenna for Access Point of Wireless LAN

김창일 · 오종대 · 양운근 · 김성민\*

Chang Il Kim · Jong Dae Oh · Woon Geun Yang · Sung Min Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 무선 LAN 액세스 포인트용 2.4 GHz, 5 GHz 이중공진 안테나를 제안한다. 두 가지의 서비스를 수용하기 위해서는 양쪽 주파수 대역 모두에서 동등한 이득특성을 보여야 한다. 두 개의 서로 다른 주파수 대역에서 동등한 이득 특성을 나타내기 위하여 선형배열(collinear array)을 적용하였다. 3차원 전산모의실험 프로그램인 CST MWS(MicroWave Studio)를 사용한 선형배열 이중공진 안테나에 대한 전산모의실험결과 최대이득은 2.4 GHz에서 4.7 dBi, 5.7 GHz에서 5.2 dBi를 나타내었다. 2.4 GHz에서 측정된 이득이 선형배열을 적용하여 2.1 dB 증가되었다. 선형배열 이중공진 안테나의 측정결과 무선 LAN에 적용 가능한 성능을 나타내었다.

### Abstract

In this paper, we present the 2.4 GHz and 5 GHz dual band antenna for access point of WLAN(Wireless Local Area Network). The proposed antenna must have equal gains in both frequency bands to accept two services. We proposed using collinear array to compensate gain difference for two different frequency bands. Simulation results using 3D simulation program, CST MWS(MicroWave Studio), for dual band antenna with collinear array show that the maximum gain is about 4.7 dBi at 2.4 GHz, 5.2 dBi at 5.7 GHz. We got additional gain of about 2.1 dB with collinear array for 2.4 GHz in measurement. Measured results for the dual band antenna with collinear array show applicable performances for access point of wireless LAN.

Key words : Dual Band Antenna, Access Point, WLAN

### I. 서 론

최근, 무선 LAN(Local Area Network)은 사무실이나 기타 이동 무선 환경에서 네트워크의 재구축이 용이하다는 장점으로 인해 높은 선호도를 나타내고 있다. 무선 LAN은 기존의 유선 LAN의 기능

을 포함하면서 네트워크 구축시 케이블의 연결이 필요 없다는 장점을 지니고 있다. 이러한 장점은 무선 LAN을 보다 편리하고 자유롭게 사용하게 하여 그 응용 범위를 확장시키고 있다<sup>[1]</sup>. 무선 LAN의 2.4 GHz 주파수 대역에서는 11 Mbps의 통신속도로 상업적으로 많은 응용을 하고 있다.

「본 연구는 한국전자통신연구원의 무선 LAN 핵심기술 개발 중 “5 GHz 무선 LAN용 안테나 설계에 관한 연구”의 연구비의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.」

인천대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)

\*한국전자통신연구원 무선방송연구소(Radio & Broadcasting Technology Lab., ETRI)

· 논문 번호 : 20021226-180

· 수정완료일자 : 2003년 2월 18일

또한, 보다 빠른 데이터 송수신을 원하는 소비자들의 욕구가 증대됨에 따라서 IEEE 802.11b의 2.4 GHz~2.4835 GHz 대역보다 넓은 대역을 포함하는 5 GHz의 무선 LAN이 고려되고 있다. IEEE의 802.11a에서 정의되는 대표적인 주파수 대역은 5.15 GHz~5.25 GHz, 5.25 GHz~5.35 GHz, 5.725 GHz~5.825 GHz 이며 54 Mbps까지의 전송속도를 지원하고 있다. 결국, 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역에서 모두 적용 가능한 이중공진 안테나의 개발은 필수적이라 할 수 있다.

무선 LAN용 안테나에서 대표적으로 요구되는 특성은 전방향성의 방사패턴과 최소 3 dBi 이상의 이득 특성을 나타내는 것이다. 하지만 이중공진 안테나의 대표적인 특징이 낮은 주파수 대역에서의 이득이 높은 주파수에 비해 현저히 낮다는 것이다. 두 개의 무선 LAN 대역에서 양호한 성능을 발휘하기 위해서는 이중공진 안테나의 낮은 주파수 대역에서의 이득특성을 향상시켜 높은 주파수 대역에서의 이득특성과 동등한 성능을 발휘하게 해야 한다.

본 논문에서는 무선 LAN의 2.4 GHz와 5 GHz 주파수 대역에 모두 적용 가능한 액세스 포인트용 이중공진 안테나를 제안하며, 선형배열<sup>[2]</sup>을 통하여 낮은 주파수에서의 이득특성을 개선하고 전산모의실험결과와 측정결과를 분석한다.

2장에서 이중공진 안테나의 기본적인 구조를 살펴보고 3장에서 제안된 안테나의 전산모의실험결과와 측정결과를 분석하며 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 이중공진 안테나의 기본구조

이중공진 안테나의 설계는 광대역 안테나의 설계 방법에서 힌트를 얻을 수 있다. 광대역 안테나는 보통 물리적으로 급격한 변화를 갖지 않는 구조로 구성되며, 표면이 매끄러운 재료를 이용한다. 표면이 매끄러운 물리적인 구조들은 또한 주파수에 따라 부드럽게 변하는 입력 임피던스 특성을 보이는 경향이 있다. 이러한 개념은 광대역 안테나에서 잘 알려져 있다<sup>[3]~[5]</sup>. 물리적으로 매끄러운 구조에서 구조 중간의 일부분을 제거함으로써 안테나의 특성을 광대역에서 이중공진이나 다중공진의 특성으로 유도할 수 있다.

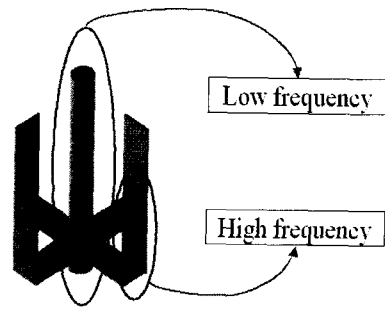


그림 1. 제안된 안테나의 기본구조  
Fig. 1. Basic structure of the proposed antenna.

안테나가 이중대역이나 다중대역에서 동작하도록 설계하는 방법 중 하나는 두 개 혹은 여러 개의 서로 다른 공진 소자를 사용함으로써 두 개의 서로 다른 주파수나 여러 개의 주파수 대역에서 공진하도록 하는 설계하는 방법이 있다<sup>[6],[7]</sup>. 또한 실제 무선환경에 적용하기 위해서는 대칭구조를 갖는 방사 특성을 나타내어야 하기 때문에 안테나 구조 역시 대칭구조를 이루어야 한다.

그림 1은 제안된 이중공진 안테나의 구조를 나타내고 있다. 기본 개념은 두 종류의 서로 다른 크기의 공진 소자를 사용하는 것이다. 제안된 안테나는 중심부에 낮은 주파수 대역에서 동작하는 모노폴 안테나와 높은 주파수에서 공진 특성을 가지는 네 개의 대칭구조로 구성된 공진 소자로 되어 있다. 네 개의 공진 소자를 사방으로 위치시켜 전방향성의 방사패턴을 유도하였다. 또한, 전산모의실험을 통하여 샘플 안테나의 크기를 2.4 GHz와 5 GHz 대역에 적용되도록 설정하였다.

그림 2는 제안된 안테나의 파라미터 구조를 나타내고 있다. 각각의 주파수 대역에서 동작하는 두 종류의 공진 소자로 이루어져 있으며 급전방식은 SMA 커넥터를 사용한 동축 급전 방식을 적용하였다.

표 1은 무선 LAN에 적용된 안테나의 크기를 나타내고 있다. 2.4 GHz에서 동작하는 중심의 공진 소자 지름( $T$ )은 3.87 mm이며 높이  $L_1$ 은 31.82 mm이다. 5 GHz 무선 LAN 대역에서 동작을 유도하는 공진 소자의 폭은 4.18 mm이고  $L_2$ 의 길이는 12.20 mm,  $L_3$ 는 3.37 mm이며 소자간 거리( $D$ )는 9.25 mm

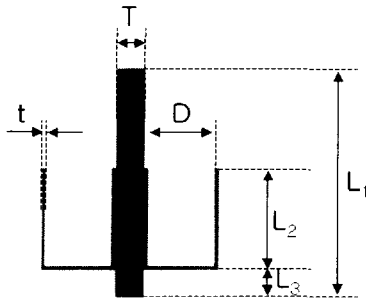


그림 2. 제안된 무선 LAN용 안테나의 파라미터  
Fig. 2. Parameters of the proposed antenna for WLAN.

표 1. 제안된 안테나의 크기  
Table 1. The sizes of suggested antenna.

Parameter	Length [mm]	Remark
$L_1$	31.82	2.4 GHz WLAN
$L_2$	12.20	5.7 GHz WLAN
$L_3$	3.37	
$D$	9.25	Distance of elements
$t$	0.40	
$T$	3.78	
Width	4.18	

이다.  $L_1$ 의 길이가 낮은 주파수의  $\lambda/4$  길이보다 약간 작게 설정되면 낮은 주파수에서 공진하는 특성을 갖는다. 그리고,  $L_2$ 와  $L_3$ 의 합이 높은 주파수의  $\lambda/4$  길이 정도가 되면 높은 주파수에서 공진하는 특성을 갖는다. 또한 제안된 안테나의 설계시 중요 파라미터는 중심소자의 지름( $T$ )이다.  $T$ 는 낮은 주파수에서의 대역폭 결정과 상대적으로 짧아지는  $D$ 의 길이 변화를 유도하는데 낮은 주파수에서의 공진 특성과 높은 주파수에서의 공진 특성의 상호결합을 나타내는 척도로 볼 수 있다.

그림 3은 제안된 안테나의 중심소자 지름( $T$ )의 변화에 따른  $S_{11}$  특성변화를 나타내고 있다.  $T$ 가 증가함에 따라 공진 소자간의 거리가 변하게 되는데 이에 따라서 이중공진 안테나의 전기적 특성이 민감하게 변하는 것을 볼 수 있다.

### III. 전산모의실험 및 측정결과

선형배열은 안테나 이득증가 기법중 대표적인 방

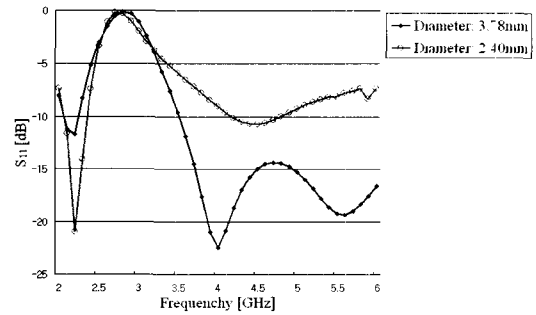


그림 3. 지름  $T$ 의 변화에 따른  $S_{11}$  특성변화  
Fig. 3.  $S_{11}$  characteristic according to changing diameter  $T$ .

법으로, 낮은 주파수대역에서의 낮은 이득특성을 보상하기 위하여 안테나 중심소자에 적용하여 2단으로 구성하였다.

이중공진 안테나의 낮은 주파수에서의 이득특성을 비교하기 위하여 안테나의 기본모델과 선형배열을 적용하여 변형된 구조를 각각 전산모의실험 및 측정을 통하여 비교 분석하였다. 전산모의실험 프로그램을 통하여 안테나의 전기적 특성과 방사패턴을 구하였으며 구현된 안테나는 HP 8720C 네트워 분석기를 사용하여 측정하였다.

#### 3-1 전산모의실험 I

그림 4는 제안된 안테나의 모델링이다. 낮은 주파수에서의 공진 소자와 높은 주파수에서 공진을 유도하는 소자 그리고 접지면으로 구성되어 있으며 SMA 커넥터를 사용하여 동축 급전방식을 적용하였다.

그림 5는 제안된 이중공진 안테나의 전기적 특성 전산모의실험결과이다. 그림 5(a)는  $S_{11}$ 을, 그림 5(b)는 임피던스 궤적을 나타낸다. 2.4324 GHz에서  $S_{11}$ 이  $-15.89$  dB로 양호한 특성을 보이며 5 GHz 대역에서 역시 공진 특성을 나타내고 있다.

그림 6은 방사패턴에 대한 전산모의실험결과를 보여주고 있다. 그림 6(a)와 6(b)는 무선 LAN의 양쪽 주파수 대역인 2.4 GHz와 5.7 GHz 각각에서의 방사 특성을 나타내고 있으며 그림에서 표시된  $0^\circ$ 는 z축을 나타낸다. 전산모의실험결과, 안테나의 최대 이득은 2.4 GHz에서 3.0 dBi, 5.7 GHz에서 5.3 dBi로 나타나 낮은 주파수의 이득이 상대적으로 낮

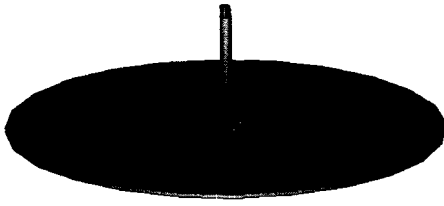
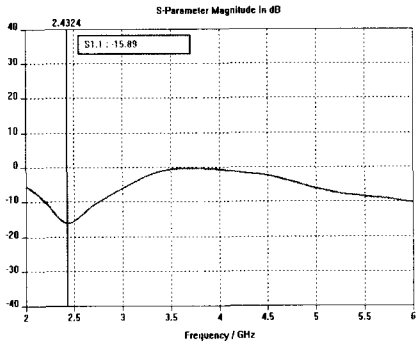
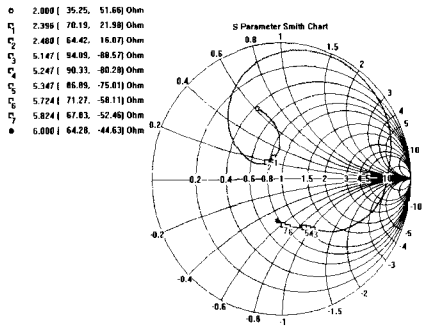


그림 4. 제안된 이중공진 안테나의 구조  
Fig. 4. Structure of the proposed dual band antenna.



(a)



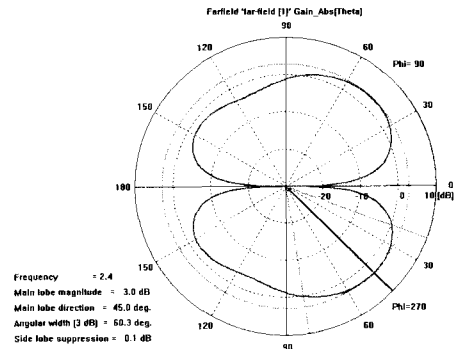
(b)

그림 5. 그림 4의 전기적 특성 전산모의실험결과  
Fig. 5. Simulated electrical characteristics for Fig. 4.  
(a)  $S_{11}$ , (b) 임피던스 궤적

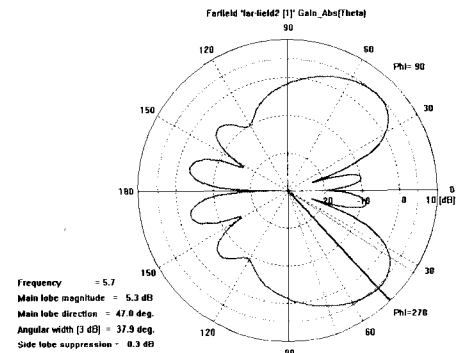
게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

### 3-2 전산모의실험 II

그림 7은 제안된 선형배열 이중공진 안테나의 구조이다. 중심 소자의 구성을 살펴보면 하단의 공진



(a)



(b)

그림 6. 그림 4의 방사특성 전산모의실험결과  
Fig. 6. Simulated radiation properties for Fig. 4.  
(a) Polar plot(2.4 GHz WLAN)  
(b) Polar plot(5.7 GHz WLAN)

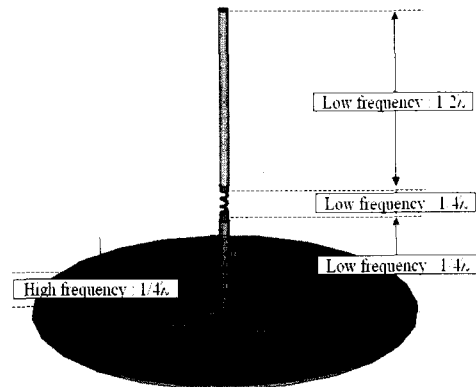


그림 7. 제안된 선형배열 이중공진 안테나의 구조  
Fig. 7. Structure of the proposed dual band antenna with collinear array.

소자와 중앙의 위상 천이기인 코일과 반파장 길이의 공진소자의 결합으로 되어있다. 그림 4의 구조에서 낮은 주파수(2.4 GHz)에서의 낮은 이득특성을 보상하기 위하여 선형배열을 적용한 구조로, 낮은 주파수의 공진 소자들이 선형배열을 형성하고 있다. 급전 방식은 SMA 커넥터를 사용하여 동축 급전방식을 적용하였다.

그림 8은 선형배열 구조가 추가된 이중공진 안테나에서의  $S_{11}$ 과 임피던스 궤적과 같은 전기적 특성에 관한 전산모의실험결과를 나타내고 있다. 그림 5의 실험결과와 거의 비슷한 특성을 나타내고 있다.

그림 9는 선형배열 구조가 추가된 이중공진 안테나에서의 방사패턴에 관한 전산모의실험결과를 나타내고 있으며, 그림에서  $0^\circ$ 는 z축을 나타낸다.

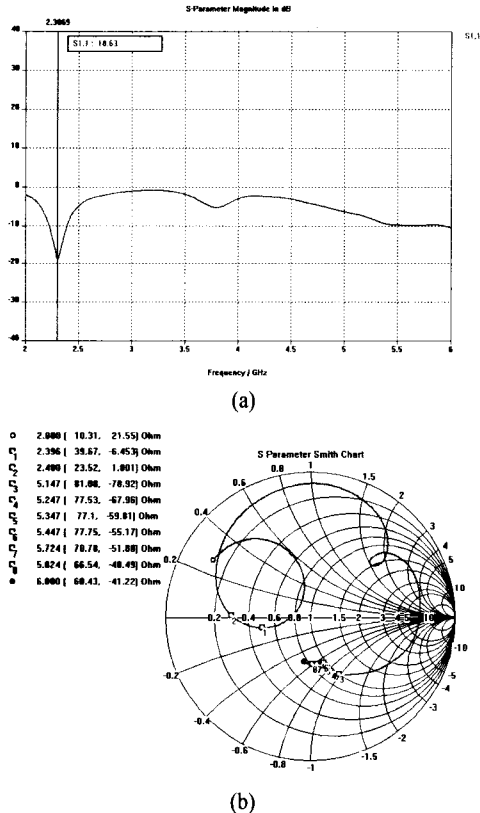


그림 8. 그림 7의 전기적 특성 전산모의실험결과  
(a)  $S_{11}$ , (b) 임피던스 궤적  
Fig. 8. Simulated electrical characteristics for Fig. 7.  
(a)  $S_{11}$ , (b) Impedance loci

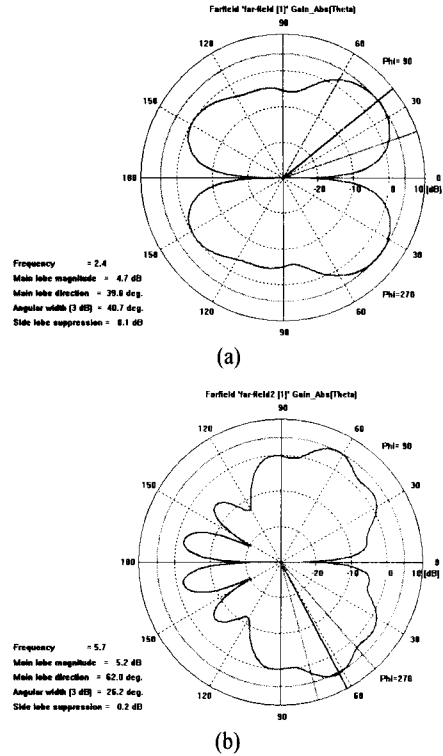


그림 9. 그림 7의 방사특성 전산모의실험결과  
(a) Polar plot(2.4 GHz WLAN)  
(b) Polar plot(5.7 GHz WLAN)  
Fig. 9. Simulated radiation properties for Fig. 7.  
(a) Polar plot(2.4 GHz WLAN)  
(b) Polar plot(5.7 GHz WLAN)

그림 9(a)와 9(b)는 무선 LAN의 2.4 GHz, 5.7 GHz에서의 방사패턴을 나타내고 있다. 전산모의실험결과와 안테나의 최대이득은 2.4 GHz에서 4.7 dBi, 5.7 GHz에서 5.2 dBi로 나타났다. 그림 4에서 제안된 안테나 보다 2.4 GHz에서의 이득이 약 1.7 dBi 증가하였음을 확인할 수 있다.

### 3-3 측정 결과 I

그림 10은 구현된 이중공진 안테나의 샘플 사진이다. 무선 LAN의 양쪽 주파수 대역에 적용 가능한 크기의 이중공진 안테나를 제작하였다.

그림 11은 구현된 이중공진 안테나의  $S_{11}$ 과 임피던스 궤적의 측정결과이다. 적용대역 전체적으로  $S_{11}$  값이  $-14.0$  dB 이하이며 임피던스궤적 또한  $50 \Omega$  근처로 매칭 됨을 확인할 수 있다.

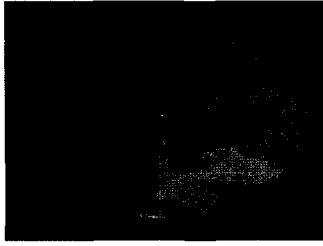


그림 10. 구현된 이중공진 안테나의 사진  
Fig. 10. Photograph of implemented dual band antenna.

그림 12는 낮은 주파수에서의 이득 특성을 개선하기 위하여 선형배열을 적용시킨 이중공진 안테나의 샘플사진이다.

그림 13은 구현된 선형배열 이중공진 안테나의

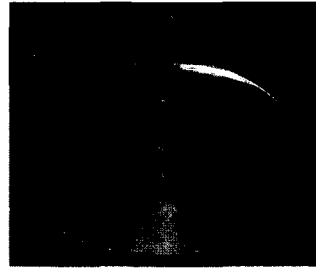


그림 12. 구현된 선형배열 이중공진 안테나의 사진  
Fig. 12. Photograph of implemented dual band antenna with collinear array.

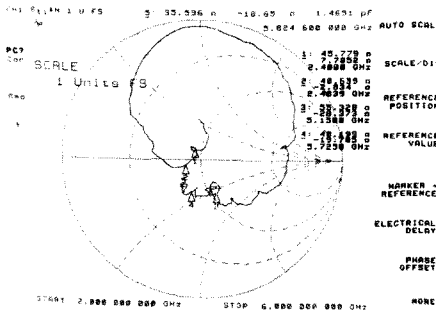
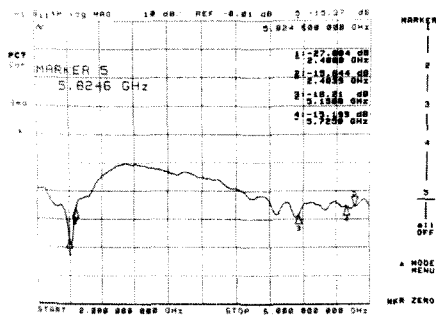


그림 11. 구현된 이중공진 안테나의 전기적 특성 측정결과  
(a)  $S_{11}$ , (b) 임피던스 궤적  
Fig. 11. Measured electrical characteristics for implemented dual band antenna.  
(a)  $S_{11}$ , (b) Impedance loci

전체적으로 전산모의실험과 유사한 결과를 나타내었으며 무선 LAN의 액세스 포인트용 안테나로 적용 가능한 성능을 보여주고 있다.

### 3-4 측정 결과 II

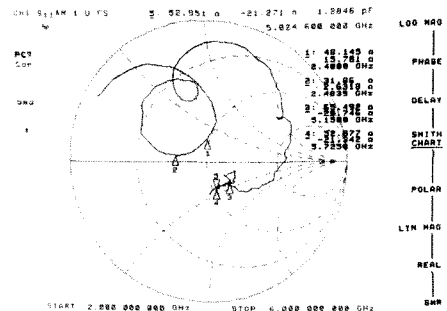
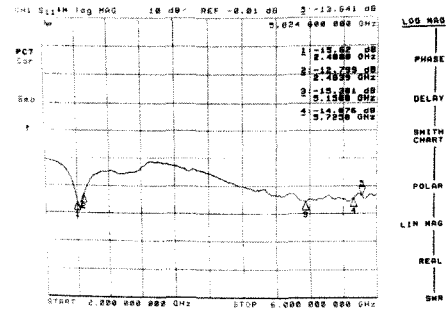


그림 13. 구현된 선형배열 이중공진 안테나의 전기적 특성 측정결과  
(a)  $S_{11}$ , (b) 임피던스 궤적  
Fig. 13. Measured electrical characteristics of implemented dual band antenna with collinear array.  
(a)  $S_{11}$ , (b) Impedance loci

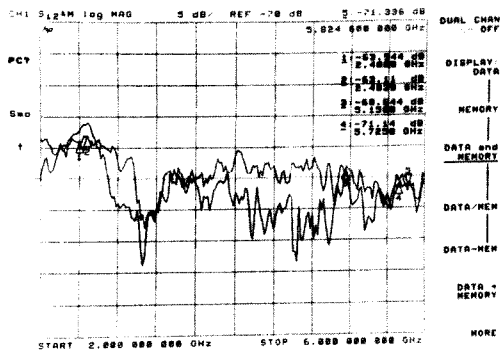


그림 14. 구현된 이중공진 안테나들의 이득특성 비교  
Fig. 14. Comparison of gain characteristics of implemented dual band antennas.

측정결과이다. 적용 주파수 대역에서  $S_{11}$  값이  $-12.7$  dB 이하이며 전압 정재파비는 1.6 이하의 양호한 특성을 나타내었다. 전산모의실험결과와 유사한 특성을 보여주고 있어 2.4 GHz와 5 GHz 대역의 무선 LAN 액세스 포인트용 안테나로 적용 가능한 성능을 보여주고 있다.

그림 14는 앞서 제시된 두 개의 이중공진 안테나의 상대이득 특성을 비교한 결과이다. 표준혼과 네트워크 분석기를 사용한 상대이득 측정방법으로  $S_{12}$  값으로 상대이득을 분석하였다. 그림 14의 메모리된 이득 특성은 이중공진 안테나의 중심소자를 선형배열을 적용하여 낮은 주파수에서의 이득특성을 개선한 결과이며, 측정된 이득특성은 이중공진 안테나의 중심소자에 선형배열을 적용하지 않았을 때의 결과를 나타내고 있다. 그림 14에서 보면 선형배열을 적용하였을 경우 2.4 GHz에서의  $S_{12}$ 의 값이 2.1 dB 증가하였음을 확인할 수 있으며 5.7 GHz에서의  $S_{12}$ 는 거의 동일한 수준으로 나타남을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 서로 다른 공진 특성을 갖는 두 종류의 공진 소자를 결합하여 무선 LAN의 액세스 포인트용으로 적용 가능한 2.4 GHz와 5 GHz 대역의 무선 LAN 액세스 포인트용 이중공진 안테나를 제안하였다.

전방향성의 방사패턴을 얻기 위하여 높은 주파수 대역에서 4개의 공진 소자를 사방에 대칭구조로 구성하였다. 이중공진 안테나의 2.4 GHz 주파수 대역에서의 낮은 이득 특성을 보상하기 위하여 안테나 중심의 낮은 주파수에서의 공진 소자에 선형배열을 적용하였다.

전산모의실험결과, 제안된 선형배열 이중공진 안테나의 최대이득은 2.4 GHz에서 4.7 dBi, 5.7 GHz에서 5.2 dBi로 나타났으며 낮은 주파수에서의 공진 소자에 선형배열을 추가하여 약 1.7 dB의 이득 증가를 보였다. 방사패턴 또한 무선휘환경에 적용 가능한 결과를 나타내었다.

구현된 선형배열 이중공진 안테나의 전기적 특성 측정결과 무선 LAN의 적용 주파수대역 양쪽 모두에서  $S_{11}$  값이  $-12.7$  dB 이하, 전압 정재파비는 1.6 이하의 양호한 특성을 나타내었다. 또한 표준혼을 이용한 상대이득 측정결과 2.4 GHz에서의 공진 소자에 선형배열을 적용하지 않은 경우보다  $S_{12}$  값이 2.1 dB 증가함을 보였다.

무선 LAN의 양쪽 시스템에 적용시 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역에서의 개선된 이득특성을 바탕으로 무선 LAN의 기능을 향상시키리라 기대된다.

#### 참 고 문 헌

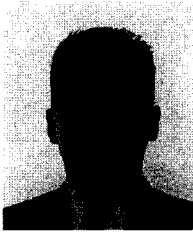
- [1] Jim Geier, *Wireless Lans*, Sams, 2002.
- [2] Brian S. Coillins, *Vhf and Uhf Communication Antennas, chapter 27 in Antenna Engineering Handbook*, 3rd ed., Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [3] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1998.
- [4] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1997.
- [5] Paul E. Mayes, *Frequency-Independent Antennas, chapter 9 in Antenna Handbook : volume 2*, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [6] Woon Geun Yang, Kyu Ho Lee, Joo Sung Kim, and Seong Min Kim, "Design and implementation of dual band antenna for access point of wireless lan", *North-east Asia IT Symposium*

2002, pp. 423-426, January 2002.

[7] Chang Il Kim, Joo Sung Kim, Sung Shin Kong and Woon Geun Yang, "Design and implementa-

tion of dual band antenna for IMT-2000 and 5.7GHz wireless local area network", *Proceeding of KEES*, vol.12, no.1, pp. 237-240, Nov. 2002.

김 창 일



1999년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)  
 1999년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론

양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
 1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1997년~현재: (주)한국안테나 자문, 기술지도  
 1997년 3월~2001년 12월: (주) LG전자(구 (주)LG정보통신 포함) 단말연구소 자문교수  
 2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 분과위원장  
 2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙연구원  
 1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수  
 [주 관심분야] 변조 및 복조방식, 부호이론, 데이터 통신, 지능형 도로망/차량에서의 통신방식, GPS, PLL, U-n 슬롯 안테나

오 종 대



2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)  
 2003년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론

김 성 민



1997년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1999년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1999년 2월~1999년 9월: (주)한원텔레콤 연구원  
 2001년 3월~현재: 한국전자통신연구원 연구원  
 [주 관심분야] RF, 안테나, 통신공학, 무선LAN