

# 적층구조를 이용한 IEEE 802.11a용 2×1 배열 안테나 설계

박정아\* · 부종배\* · 김갑기\*

\*목포해양대학교

## Design of 2×1 Array Antenna Using Stack Structure for IEEE 802.11a

Jung-ah Park\* · Chong-bae Bu\* · Kab-Ki Kim\*

\*Mokpo National Maritime University

E-mail : laphella@mmu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 문제를 개선하여 IEEE 802.11a의 표준규격(가. 5.15~5.25[GHz], 나. 5.25~5.35[GHz], 다. 5.725~5.875[GHz])을 모두 포함할 수 있는 5[GHz]대역 광대역, 고 이득 안테나를 설계하였다. 설계된 패치 안테나는 소형화를 위해 분리되어진 방사패치와 기생패치 사이에 유전체(폴리우레탄 :  $\epsilon_r=6.5$ )를 삽입하여 공진주파수를 조정하였으며, 공기에 의해 분리되어진 방사패치와 접지면을 폼( $\epsilon_r=1.03$ )으로 고정시켰다. 설계된 안테나의 주파수 대역폭(VSWR 2:1)은 4.9[GHz]~6.1[GHz]까지 약1.2[GHz]의 광대역 특성을 보였으며, 또한 E-평면과 H-평면 이득은 12[dBi]이상, 3[dB] 빔폭은 E-평면 30°와 H-평면 60°이상의 개선된 특성을 보였다.

### ABSTRACT

In this paper, the high gain and the broadband microstrip patch antenna, which is applicable to 5 GHz band wireless LAN, is designed in order to integrate IEEE 802.11a's detailed standards(a:5.15~5.25, b:5.25~5.35, c:5.725~5.875 [GHz]). Designed patch antenna has settled resonance frequency by insert substance(polyurethane :  $\epsilon_r=6.5$ ) between the separated parasitic patch and radiation patch for the purpose of miniaturize. And the form ( $\epsilon_r=1.03$ ) were to fix the separated radiation patch and ground plans by air. Designed frequency bandwidth(VSWR 2:1) of the antenna showed broadband characteristic of 4.9[GHz]~6.1[GHz] to about 1.2[GHz]. Also the E-plan and H-plan profit 12[dBi] above, the 3[dB] beamwidth showed the characteristic over the E-plan 30° and H-plan 60° to be improved.

### 키워드

IEEE 802.11a, broadband, patch, W-LAN, Stack

## 1. 서 론

무선통신망을 활용한 통신, 방송, 교통, 특히 이동통신 분야의 발달에 따라 전파의 이용이 급증하고 있다. 이와 더불어 고속, 대용량 정보의 전송기술에 대한 필요성이 크게 대두되어지며, 다중대역 혹은 광대역에서 동작할 수 있는 안테나 개발이 요구되어지고 있다. 이러한 무선통신의 기반을 형성하는 것이 안테나의 기술인데 최근 W-LAN(Wireless Local Network)을 이용한 무선 기기들의 보급이 확산되고 있으며, 이러한 무선 단말기들의 소형화 추세에 따라 무게가 가볍고 부피가 작으며, 높이가 낮은 등의 장점을 가지고 있는 마이크로스트립 패치 안테나가 상용화되는 추세이다<sup>[1]</sup>.

이러한 상황에서 2003년 6월 스위스 제네바에서

개최된 WRC- 2003 회의에서 5[GHz]대역에 대하여 1차 이동업무용 주파수 대역으로 재분배하였다. 또한 5[GHz]대역 무선랜 시스템 IEEE 802.11a의 표준규격(가. 5.15~5.25[GHz], 나. 5.25~5.35[GHz], 다. 5.725~5.875[GHz])에 대한 제품이 최근 들어 등장하기 시작하면서 5[GHz]대역 무선랜의 활용방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[2]</sup>. 따라서 본 논문에서는 낮은 유전체 기판의 사용<sup>[3]</sup>, 적층구조 방식<sup>[4]</sup> 및 급전방식의 변화<sup>[5]</sup>, 방사패치에 다양한 형태의 Slot 삽입<sup>[6]</sup> 등의 광대역화 기법을 이용하여 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 문제를 개선함으로써, IEEE 802.11a의 표준규격을 모두 포함할 수 있는 5[GHz]대역 광대역, 고 이득 안테나를 설계하고자 한다.

## II. 패치안테나 설계 이론

### 2.1. 패치의 폭과 길이

공진 주파수  $f_r$ 에서 동작하도록 유전율이  $\epsilon_r$ 이고 두께가  $h$ 인 기판위에 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 폭  $W$ 는

$$W = \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

이 된다. 여기서  $C$ 는 광속도,  $f_r$ 은 안테나의 공진주파수이다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에 대해서 프린징이 발생하게 된다. 총 프린징 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야 한다. 마이크로스트립 선로에서 대부분의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. 즉, 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 프린징과 전파 전파를 계산하기 위하여 실효 유전율을 도입한다. 실효유전율  $\epsilon_{re}$ 은  $W/h > 1$ 인 경우,

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

으로 나타낼 수 있다. 프린징 효과 때문에 마이크로스트립 안테나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다.

기본 E-평면(x-y평면)에서 길이에 대한 공진패치 크기는 각 종단에서  $\Delta l$ 만큼 확장되었다.

$\Delta l$ 은 Hammerstad 실험식으로 프린징 필드에 의한 확장효과이며 식(3)과 같다.

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{re} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실효유전율  $\epsilon_{re}$ 와 선로확장  $\Delta l$ 에 의해 방사체 길이  $L$ 은

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta l \quad (4)$$

이 된다. 사각형 공진패치의 경우 길이  $L$ 은 일반적으로  $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다.

### 2.2. 공진주파수의 결정

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수  $f_r$ 은 식(4)에 의해

$$f_r = \frac{c}{2(L + 2\Delta l) \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (5)$$

과 같이 나타낼 수 있다. 공진주파수는 안테나 소자의 전기적인 길이  $(L + \Delta l)$ , 실효유전율과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다<sup>[7]</sup>.

## III. 적층 2x1 배열 안테나 설계

안테나의 이득을 개선하기 위해서 2x1로 배열하였고, 대역폭의 개선을 위해 마이크로스트립 라인-동축 프로브 급전방식으로 급전하였으며, 기생패치를 적층하는 형태로 구현하였다. 또한, 소형화를 위해 분리되어진 방사패치와 기생패치 사이에 유전체(폴리우레탄  $\epsilon_r=6.5$ )를 삽입하여 공진주파수를 조정하였으며, 공기에 의해 분리되어진 방사패치와 접지면을 폼( $\epsilon_r=1.03$ )으로 고정시켰다. 시뮬레이션은 CST사의 Micro wave studio 5.0을 사용하였으며, 최적화된 각 변수들의 값은 다음과 같다. 방사 패치의  $W=20$ [mm],  $L=21$ [mm], 기생패치의  $W=20$ [mm],  $L=16.6$ [mm], 임피던스 결합기의  $W=1.8$ [mm],  $L=16.4$ [mm], Ground의  $W=70$ [mm],  $L=90$ [mm] 임을 알 수 있었다.

그림 1과 그림 2는 본 논문에서 제안한 적층구조 2x1 배열 광대역 마이크로스트립 패치 안테나의 측면도와 정면도를 보여주고 있다. 최적화 설계된 적층구조 2x1배열 마이크로스트립 패치 안테나의 시뮬레이션 결과로 그림3에서 안테나의 입력 반사손실이 -10[dB](VSWR 2:1) 이하인 주파수 범위가 4.9[GHz]~6.1[GHz]까지 약1.2[GHz]의 광대역 특성을 보였다.

그림 4~11은 5.15[GHz], 5.25[GHz], 5.725[GHz], 5.875[GHz]에 대한 E-평면과 H평면의 방사패턴을 보여주고 있다. 이득은 12[dBi], 3[dBi] 빔폭은 E-평면에서 30°, H-평면에서 60°라는 양호한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다.



그림 1. 적층구조의 2x1 배열 안테나 측면  
Fig 1. Side view of 2x1 array antenna using the stack structure

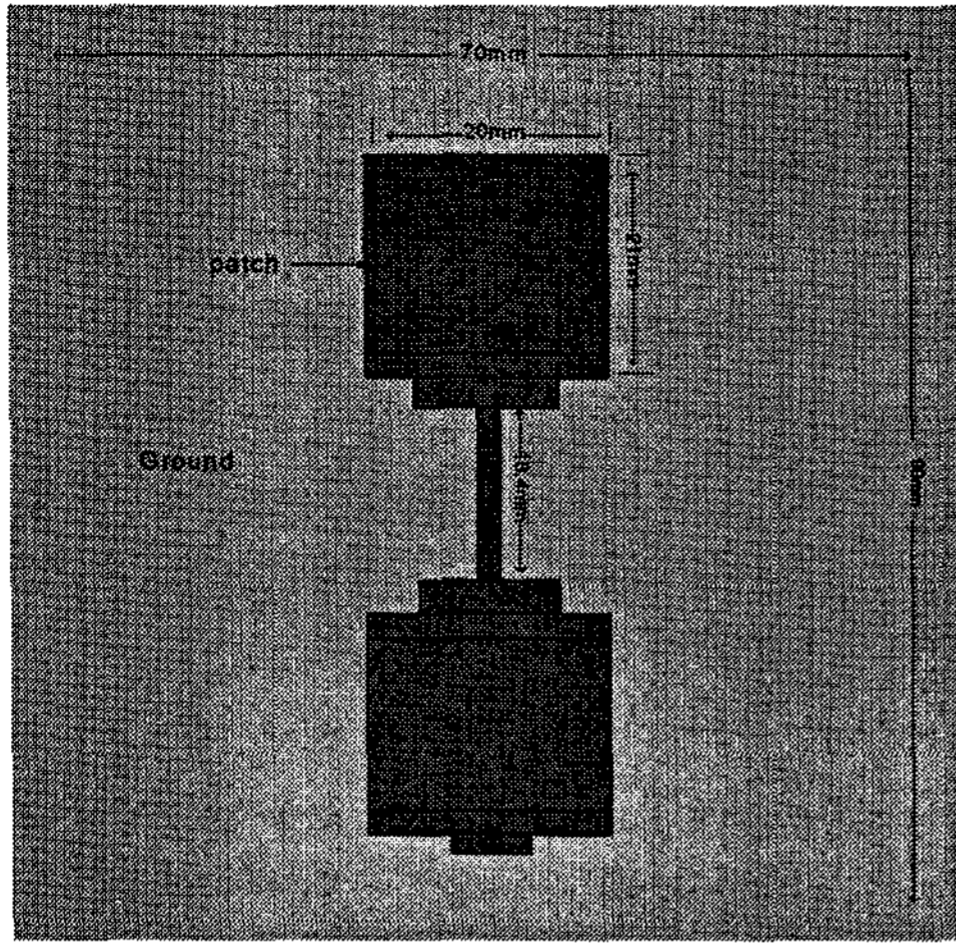


그림 2. 적층구조의 2x1 배열 안테나 정면  
Fig 2. Front view of 2x1 array antenna using the stack structure

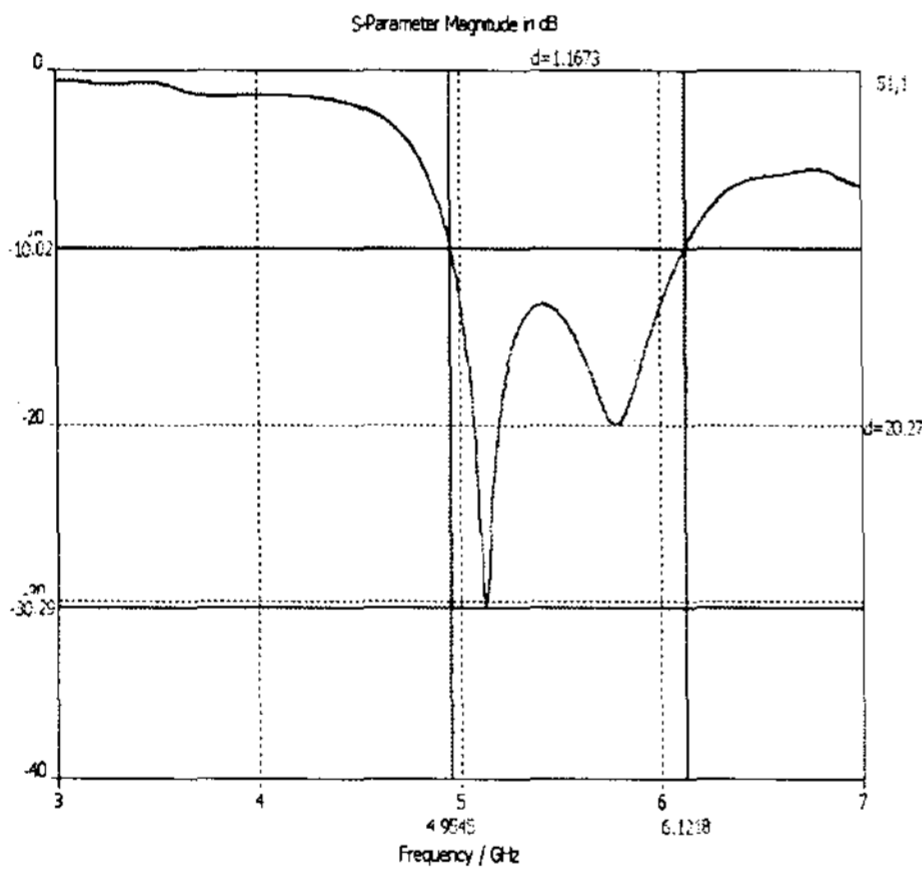


그림 3. 입력 반사손실  
Fig 3. Input return-loss

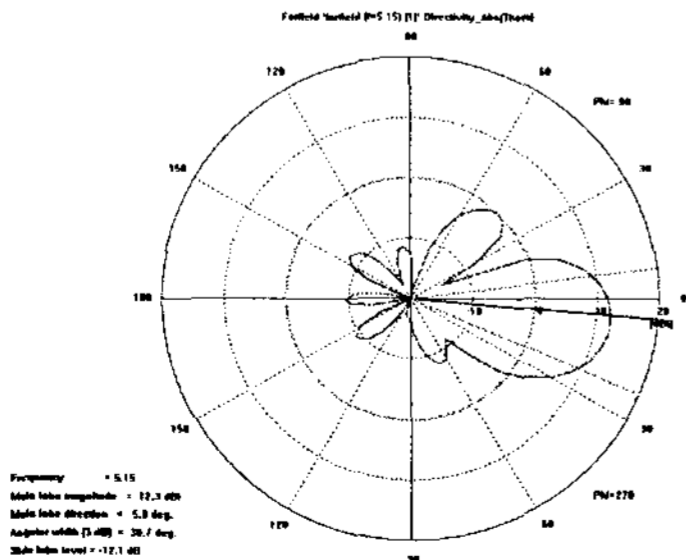


그림 4. 5.15GHz E-평면 방사패턴  
Fig 4. Radiation pattern of the E-plane at 5.15 [GHz]

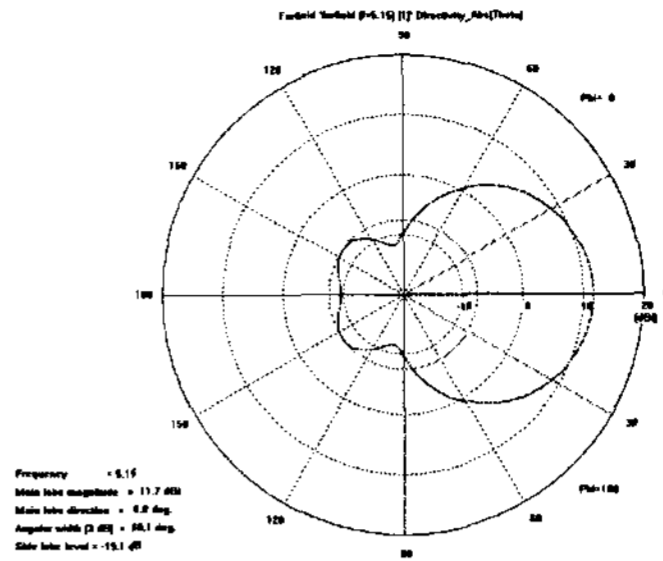


그림 5. 5.15GHz H-평면 방사패턴  
Fig 5. Radiation pattern of the H-plane at 5.15 [GHz]

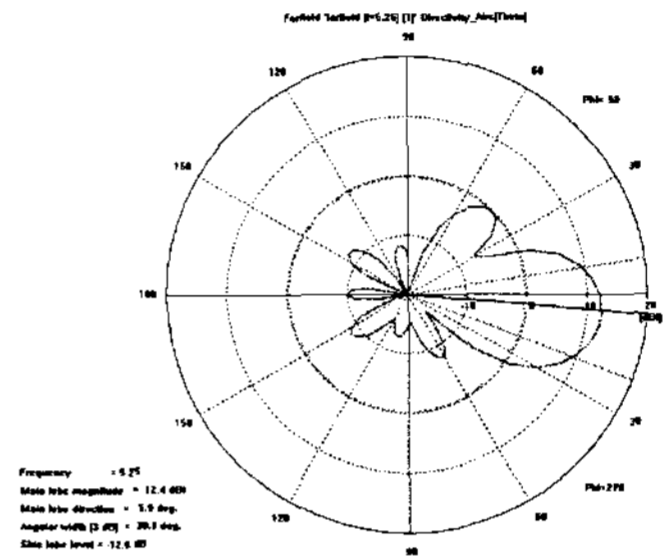


그림 6. 5.25GHz E-평면 방사패턴  
Fig 6. Radiation pattern of the E-plane at 5.25 [GHz]

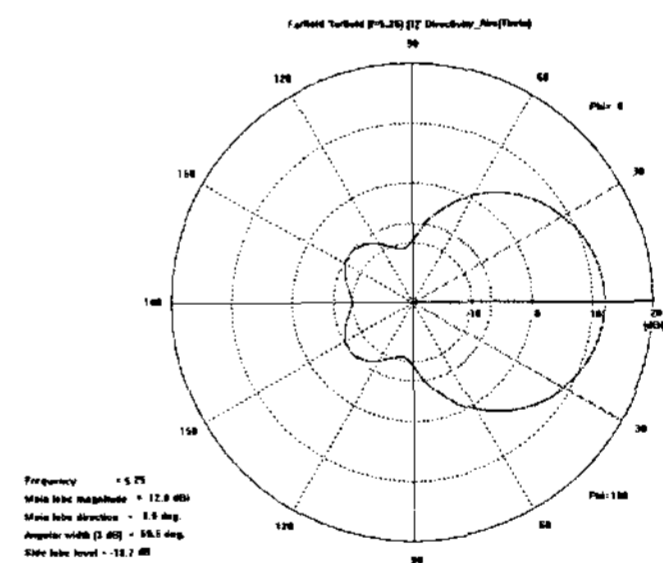


그림 7. 5.25GHz H-평면 방사패턴  
Fig 7. Radiation pattern of the H-plane at 5.25 [GHz]

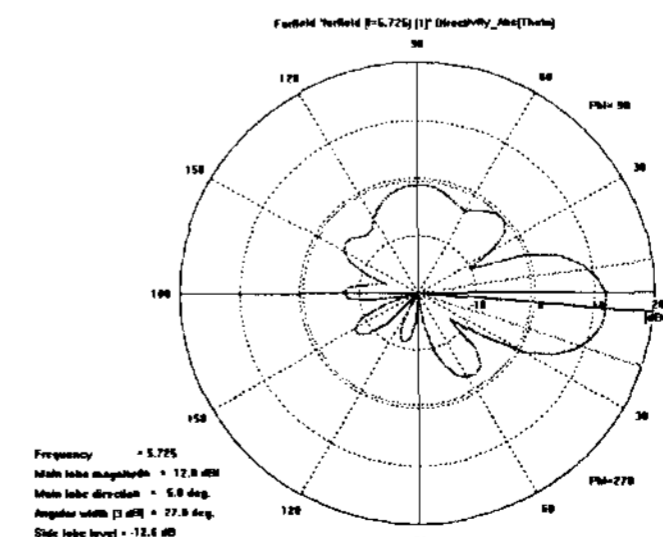


그림 8. 5.725GHz E-평면 방사패턴  
Fig 8. Radiation pattern of the E-plane at 5.725 [GHz]

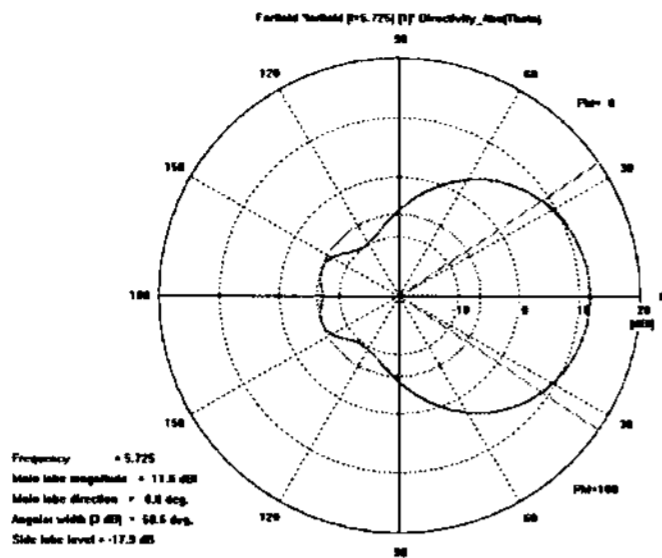


그림 9. 5.725GHz H-평면 방사패턴  
Fig 9. Radiation pattern of the H-plane at 5.725 [GHz]

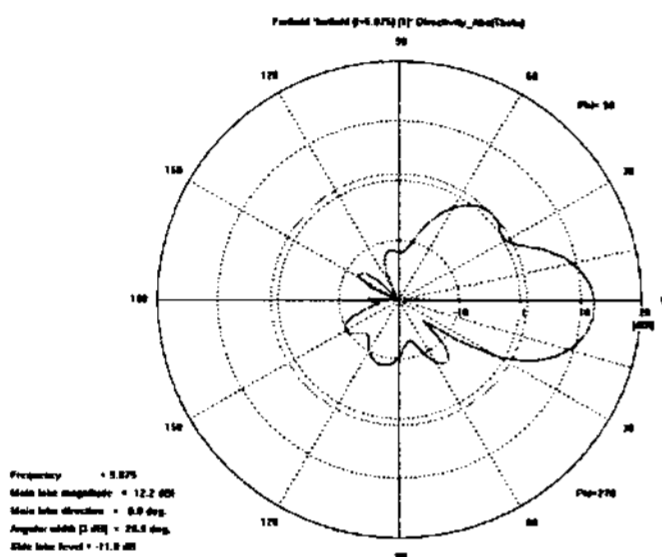


그림 10. 5.875GHz E-평면 방사패턴  
Fig 10. Radiation pattern of the E-plane at 5.875 [GHz]

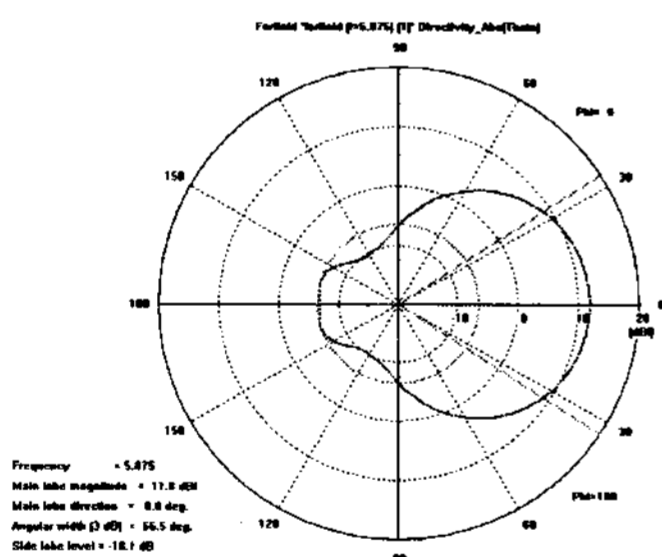


그림 11. 5.875GHz H-평면 방사패턴  
Fig 11. Radiation pattern of the H-plane at 5.875 [GHz]

#### IV. 결 론

본 논문에서는 IEEE802.11a의 표준규격(가. 5.15~5.25[GHz], 나. 5.25~5.35[GHz], 다. 5.725~5.875[GHz])을 모두 포함할 수 있는 5[GHz]대역 광대역, 고이득 안테나를 설계하였다. 안테나의 이득을 개선하기 위해서 2×1로 배열하였고, 대역폭의 개선을 위해 마이크로스트립 라인-동축 프로브 급전방식으로 급전하였으며, 적층구조 기생패치를 구현하였다. 또한, 소형화를 위해 분리되어

진 방사패치와 기생패치 사이에 유전체(폴리우레탄  $\epsilon_r=6.5$ )를 삽입하여 공진주파수를 조정하였으며, 공기에 의해 분리되어진 방사패치와 접지면을 폼( $\epsilon_r=1.03$ )으로 고정시켰다. 그 결과 설계된 안테나의 입력 반사손실이 -10[dB](VSWR 2:1) 이하인 주파수 대역폭은 4.9[GHz]~6.1[GHz]까지 약1.2 [GHz]의 광대역 특성을 보였으며, 또한 이득은 12[dBi], 3[dB] 빔폭은 E-평면에서 30°, H-평면에서 60°라는 양호한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 사용한 설계방식이 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 개선하는데 효과적이며, IEEE 802.11a 표준규격을 모두 포함하고 이득 광대역 특성을 가지고 있으므로 추후에 시뮬레이션 데이터를 가지고 제작 할 것이며, 제작된 안테나는 W-LAN 시스템에서 충분히 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 김용희, 한준희, 이원규, 양운근 "폴리드 구조와 단락 구조를 이용한 5 GHz 무선 랜용 광대역 패치 안테나 설계 및 구현" 한국전자과학회 논문지, 제17권, 제8호, pp, 760-765, 8. 2006.
- [2] K. F. Lee, K. M. Luk, F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. O. Lee., " Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna," IEEE Proc, Vol. 144, pp. 354-358, Oct. 1997.
- [3] J. R. James and P. S. Hall., Handbook of microstrip antenna. London : Peter Peregrinus. 1989.
- [4] D. M. Pozar., Microstrip Antennas., Proc. IEEE, Vol. 80, pp 79-91. Jan 1992.
- [5] S. D. Targonski and R. B. Waterhouse., "An Aperture Coupled Stacked Patch Antenna with 50% Bnadwith", IEEE AP-S. Baltimore. Maryland, pp. 18-21, July 1996.
- [6] Naftall Herscovici, " A wide-band single-layer patch antenna", IEEE AP-S, Atlanta. Georgia. pp. 1108-1111. June. 1998.
- [7] 김평국 "적층구조를 이용한 광대역 무선랜용 2×1 배열 안테나 설계 및 제작에 관한 연구" 석사학위논문집, pp, 38-40, 7. 2004.