

# 무선랜용 적층구조를 이용한 마이크로스트립 패치안테나의 설계와 제작에 관한 연구

## A Study on the Design and Fabricated of the Microstrip Patch Antenna Using a Stack Structure for Wireless LAN

국정형\*, 최병하\*, 박정률\*, 이경석\*

Jung-Hyoung Goog\*, Byoung-Ha Choi\*, Jung-Ryul Park\* and Kyoung-Seok Lee

### 요 약

이 논문에서는 무선랜 대역에 사용가능한 마이크로스트립 형태의 적층 구조 패치안테나를 설계 및 제작하였다. 복사패치 및 접지면은 PEC(Perfect electronics conductor) 완전 전기도체를 의미하는 금속으로 두께 0.5 mm인 도체를 사용하였다. 안테나의 대역폭과 이득을 개선하기 위해서 직사각형 패치를 적층하여 프로브 급전방식으로 급전시켰다. 제작된 적층형 마이크로스트립 패치 안테나는 5 [GHz] 대역에서 VSWR 2:1인 범위가 5100 Mhz ~ 6140 Mhz 까지 약 1040 Mhz의 광대역 특성을 보였고, 안테나 이득은 13 [dBi] 그리고 3dB 빔폭은 약 40°라는 양호한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다.

### Abstract

In this paper, Stack structure patch antenna has been designed and fabricated for wireless LAN applications. The patch and ground plane were used by PEC metal. It was 0.05 [mm] thick. In order to broaden the bandwidth of the antenna and improve of gain, the stack structured antenna with probe feed. The measured input return loss showed less than -10 [dB] at the broadband from 5100 to 6140 [MHz]. It's measured bandwidth was 1040 MHz. The gain of antenna in the E-plane and H-plane was 13 dBi and 3 dB beam width was 40°.

Key Words: wireless LAN, wideband, stack structure, patch antenna

### I. 서 론

오늘날 무선통신의 급격한 발전으로 인해 음성뿐만이 아닌 다양한 형태의 데이터 전송 서비스가 상용

화되기 시작하고 있다. 장소에 상관없이 사용자가 소형의 통신장비를 이용하여 무선으로 기간통신망에 자유롭게 접속 할 수 있는 장점 때문에 무선랜을 사용한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 급격히

\* 목포해양대학교 해양전자통신공학부(Div. of Marine Electro. & Comm. Eng., Mokpo National Maritime University)

· 제1저자 (First Author) : 국정형

· 투고일자 : 2008년 9월 17일

· 심사(수정)일자 : 2008년 9월 19일 (수정일자 : 2008년 10월 13일)

· 게재일자 : 2008년 10월 30일

증가되고 있다.

이러한 상황에서 2003년 6월 스위스 제네바에서 개최된 WRC- 2003 회의에서 5 GHz 대역에 대하여 1차 이동업무용 주파수 대역으로 재분배하였다. 무선랜 전용대역으로 할당된 5 [GHz] 대역은 기존의 2.4 [GHz] 무선랜 대역처럼 다른 기기의 영향을 받지 않으며, 최대 통신속도 54 [Mbps]의 고속 무선랜 서비스를 제공할 수 있기 때문에 이에 대한 관심이 고조되고 있다. 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 활용 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

이처럼 무선 통신이 급속도로 발달함에 따라서 하나의 통신장비로 여러가지 통신 서비스를 제공할 수 있는 통신장비의 개발과 이것을 뒷받침하기 위한 이중대역 혹은 광대역에서 동작할 수 있는 안테나 개발이 요구되고 있다[2].

휴대용 단말기 및 무선랜 시스템에서 사용되는 내장형 안테나에는 부피가 작고, 제작이 간편하며, MMIC 설계에 적합한 마이크로스트립 안테나가 주로 사용된다. 하지만 대역폭이 좁다는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 개선하기 위해 최근 들어 낮은 유전체 기판을 사용하거나 적층구조 방식 및 급전방식의 변화 그리고 방사패치에 여러가지 형태의 Slot을 삽입 등의 방법을 사용하는 광대역화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3-5].

인터넷전화, 무선허브, 무선 아이피 공유기 등을 이용자가 증가하면서 여러 개의 시스템을 하나의 안테나로 활용할 수 있는 초소형, 초광대역, 고이득 안테나의 수요가 증가하고 있다.

이 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 문제를 개선하여 IEEE 802.11a의 표준규격을 모두 포함할 수 있는 5 [GHz]대역 초소형, 광대역, 고이득 안테나를 설계 제작하고자 한다.

안테나의 대역폭을 개선하기 위해서 첫 번째 직사각형 패치에 두 번째 직사각형 패치를 적층으로 배열하여 안테나의 이득을 개선하고, 이중 공진 효과를 이용하였으며, 동축 프로브 급전방식을 적용하였다.

## II. 안테나 특성

이동통신 기술의 발달로 단말기의 크기는 점점 작아지고 기능의 다양성은 더욱 요구되고 있다. 특히, 단말기에서 크기를 제한하는 가장 큰 부분이 바로 안테나 부분이며 이는 또 외관상 부담이 되기 때문에 이를 줄이는 것이 과제로 대두되고 있다. 또한 단말기 휴대의 편리성과 외관상 부담이 되는 기존의 고정형 안테나를 단말기의 내부로 내장하는 내장 안테나 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 안테나를 소형화하면서 멀티밴드화 및 광대역화 하는 연구는 오래전부터 진행되어 왔으며, 그 결과 광대역화하면서 경량, 박형, 소형의 특성을 갖는 안테나가 개발되고 있다[6].

### 2-1 안테나 광대역화 기법

마이크로스트립 안테나는 원래 그 대역폭이 매우 협소하다는 큰 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 현재까지도 많은 연구가 진행되고 있으며, 단일 소자의 대역폭을 넓히고, 다중 주파수 동작을 실현하기 위해 새로운 설계 방법과 형태의 변형에 대한 연구 또한 진행되고 있다. 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키는 방법은 대략 3가지가 있다. 첫 번째는 단순히 기판의 두께를 증가시키는 것이다. 그러나 이러한 방법은 여러 가지 문제를 일으킨다. 두꺼운 기판은 표면파를 발생시켜 방사패턴의 질을 떨어뜨리고 방사효율을 떨어뜨리게 하며, 주위에 다른 초고주파 회로들이 구성되어 있을 경우 표면파의 영향으로 회로 자체의 특성도 왜곡되게 된다. 대역폭을 증가시키는 두 번째 방법은 비유전율을 낮추는 방법이 있다. 그러나 이 방법은 낮은 비유전율의 기판을 사용하면 크기가 증가하므로 크기에 의해 제한을 받는다. 세 번째 방법은 광대역 정합 회로망을 이용하는 방법이다. 이 방법은 정합회로를 복잡하게 만들어야 하는 문제점이 발생하게 되어 실제로 구현이 용이하지 않다[7-8].

### 2-2 안테나 소형화 기법

안테나를 소형화하면서 일반적으로 대역폭이 좁아

지고 복사효율이 저하되며, 안테나의 이득이 작아진다. 또한 방사패턴의 왜곡도 일어나게 된다. 따라서 안테나의 성능을 어느 정도 유지하면서 소형화하고자 하는 노력은 지속적으로 연구되어왔다. 1948년 Chu 박사는 일반적인 형태의 소형 안테나를 둘러싸고 있는 최소반경의 작은 구면으로 구성된 가우시안 구면을 설정하고 그러한 가우시안 구면 외부의 field를 가우시안 구면에서의 multipolar field expansion 사용하여 설명하였다. 안테나의 구조가 파장에 비하여 작아질수록 Q값이 급격히 증대되기 때문에 소형 안테나 주위에 축적된 리액티브 에너지가 복사에 의하여 소모되는 에너지에 비하여 매우 크게 되어 복사체로서의 실용성을 기대할 수 없다는 한계성을 제시하였다. Wheeler와 Chu의 연구결과는 소형 안테나에서 얻을 수 있는 특성의 한계에 대한 조건들의 설명을 개념적으로 접근하였다. 안테나의 크기가 사용 파장에 비하여 작아지면 안테나의 Q값이 커지게 되므로 대역폭은 급격히 좁아진다.

안테나에 있어서의 소형화 기술이라는 것은 평가 파라메타의 적절한 타협의 기술이라고도 말할 수 있다. 특히 이동통신 기기에 적용되는 소형안테나의 경우 방사효율을 높이기 어렵지만 안테나 및 정합회로의 손실 보상만큼 효율을 높이기 위한 여지가 남겨져 있다고 할 수 있다.

소형 안테나에서 소형의 의미를 정확히 알기 위하여 소형 안테나를 분류하게 되는데 K. Fujimoto는 소형 안테나를 그의 저서 "Small Antenna"에서 다음과 같이 4가지로 분류하고 있다[9].

- ① 전기적 소형(electrically small)
- ② 물리적 제한을 받는 소형  
(physically constrained small)
- ③ 기능적 소형(functionally small)
- ④ 물리적 소형(physically small)

### 2-3 급전 방식

마이크로스트립 안테나의 급전방식인 마이크로스트립 급전은 공진패치에 비해서 폭이 매우 좁고, 기관의 두께가 증가함에 따라서 표면파와 기생 급전방사가 증가하여 실제 설계보다 대역폭이 좁다. 또한 동축

프로브 급전은 제작과 정합이 용이하지만 대역폭이 역시 좁으며, 모델링하기가 어렵고, 각 방사패치를 배열 구조로 구성하기가 힘들다. 그리고 최근 슬롯 안테나에 주로 사용하는 개구결합 급전방식은 제작하기가 매우 어렵고, 대역폭이 좁다는 단점이 있다.

이 논문에서는 각 복사 패치를 적층 배열하는 구조이므로 마이크로스트립 라인 급전 방식보다는 넓은 급전 방식인 프로브 급전방식을 이용하였다.

## III. 안테나 설계

### 3-1 단일 패치 안테나 설계

마이크로스트립 패치를 이용하여 5500 MHz에서 사용할 수 있는 안테나를 설계 및 제작하였다. 이 논문에서 제안한 안테나의 설계 목표인 설계 사양을 표 3.1에 나타내었다. 주파수 소요 대역이 넓은 대역폭을 만족시키기 위하여 동축-프로브 급전구조와 적층형 구조를 사용하여 소형화를 하였다. 이때, 두 개의 패치안테나를 적층하여 평면상 크기를 크게 줄일 수 있는 장점이 있다.

표 1 안테나의 사양

Table. 1 Specification of antenna.

	Antenna
Frequency Range	5150 ~ 5875 [MHz]
V · S · W · R	≤ 2
Bandwidth	≥ 800 [MHz]
Input - Impedance	50 [ $\Omega$ ]
Radiation Pattern	Directional
Average Gain	≥ 13 [dBi]

계산식에 의해 이론적으로 계산된 단일 패치안테나의 크기를 구한 결과, 패치안테나의 폭  $W=49.6\text{mm}$  이고, 길이  $L=37.5\text{mm}$  이다. 그림 1은 단일 패치 안테나의 dimension을 나타낸다.

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

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

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} h \quad (3)$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

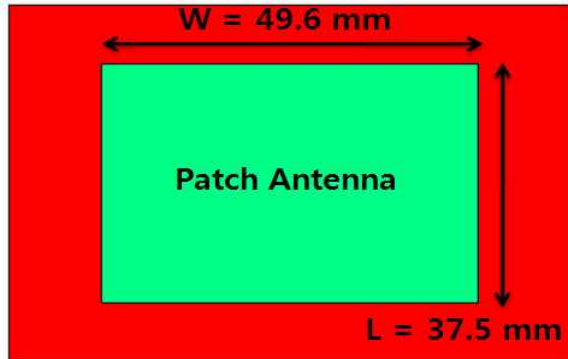


그림 1. 단일 패치안테나  
Fig. 1. Single patch antenna.

중심 주파수 5500 MHz에서 약 -35 dB의 입력 반사손실을 나타냈고, 그때의 -10 dB 대역폭은 165 MHz이다. 그림 2는 단일 패치안테나의 입력 반사손실을 나타낸다.

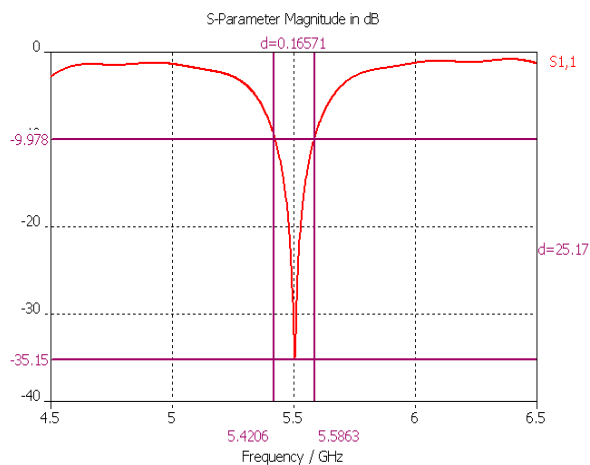


그림 2. 안테나의 입력 반사손실  
Fig. 2. Input return loss of antenna.

중심 주파수 5500 MHz에서  $51.6 - j1.38 \Omega$ 의 입력 임피던스를 구하였고, 그림 3은 단일 패치안테나의 입력 임피던스를 나타낸다.

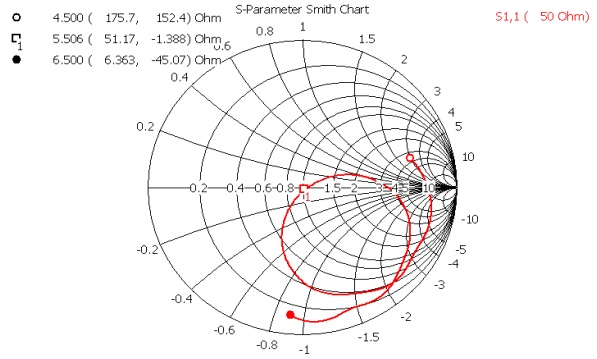


그림 3 안테나의 입력 임피던스  
Fig. 3 Input impedance of antenna.

### 3-2 적층형 안테나 설계

이론적으로 계산한 단일 패치안테나를 이용하여 피드라인(feed line)과 연결된 하나의 복사 패치 위에 동일한 복사 패치가 놓이는 적층구조를 만든다.

이때, 제작하려는 안테나의 설계 변수들의 특성을 분석하기 위해 CST Microwave studio 시뮬레이터에 의해 최적의 특성을 확인하는 방법을 이용하였다. 안테나를 적층할 때 하측 패치와 상측 패치는 모두 동일하고, 커플링 위치는 정확히 오버랩되게 놓는다. 그 이유는 커플링 위치의 변화로 인해 적절한 이웃한 모드(adjacent mode)를 발생시켜 광대역 특성을 갖도록 하였다. 또한, 하측 패치와 상측 패치 사이에 스티로폼으로 고정하여 유전체 높이 변화에 따른 변화를 쉽게 구현할 수 있다. 그림 4는 적층형 구조의 패치안테나의 구조이다.

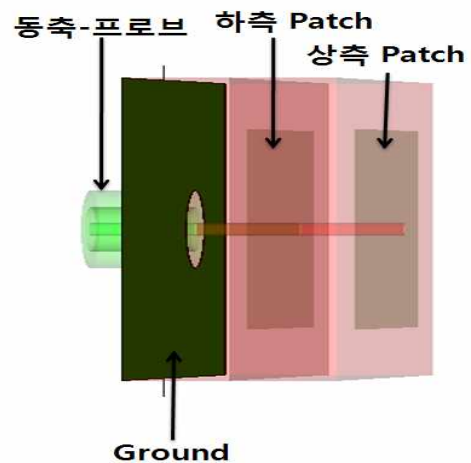


그림 4 적층구조 패치안테나  
Fig. 4 Patch antenna of stack structure.

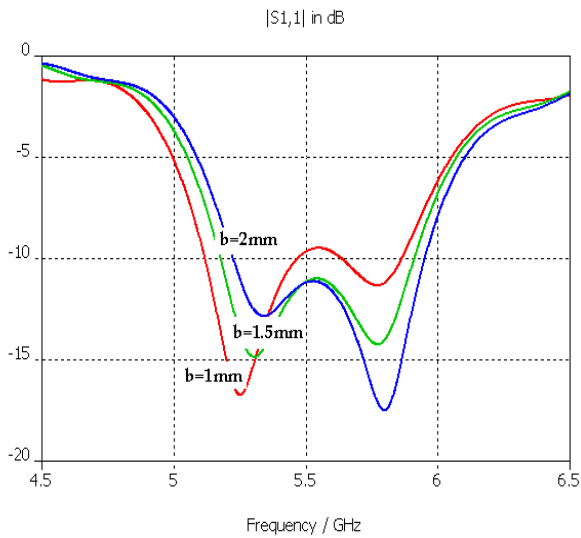


그림 5 유전체 높이에 따른 입력 반사손실  
Fig. 5 The variation of input return loss in height of substrate.

유전체의 높이를 1 mm부터 2 mm까지 0.5 mm 단위로 증가시켜 특성 변화를 보았다. 유전체의 높이가 2 mm 일 때 가장 좋은 특성을 보였다.

또한 상측 Patch의 하측 Patch와의 커플링 위치를 변화시킨 결과는 그림 6과 같다.

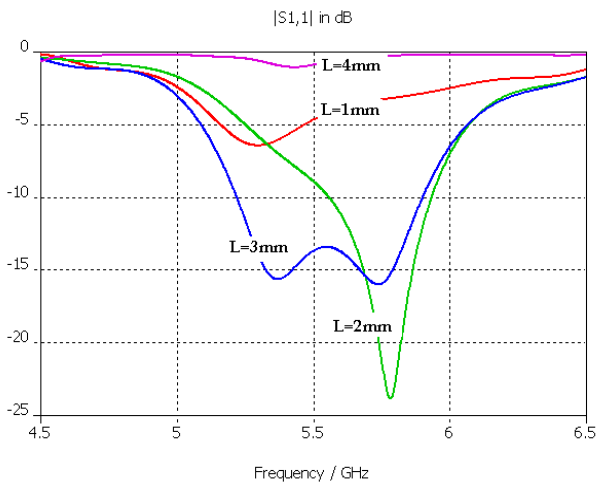


그림 6 결합위치에 따른 입력 반사손실  
Fig. 6 The variation of input return loss in position of coupling.

상측 Patch의 위치를 중심으로부터 1 mm 부터 4 mm 까지 1 mm 단위로 변화 시킨 결과 공진 주파수와 입력 반사손실 모두 변화였다. 먼저 하측 패치와 상측 패치의 길이와 폭을 식 (3.1)에서 (3.4)까지에 의해 계산된

결과 값으로 정한다. 다음으로 하측 패치를 급전점 중심에 고정시켜 놓고 상측 패치의 위치를 변화 시킨다. 이때, 원하는 대역에서 공진이 일어나지 않는 커플링 위치는 제외 하고 원하는 대역에서의 공진을 일으키는 커플링 위치를 찾는다.

유전체 높이는 2 mm, 커플링 위치는 3 mm 중심에서 떨어진 지점에서 최적화된 결과를 얻었고, 그림 7에서 나타낸다.

대역폭은 5100 Mhz ~ 6000 Mhz 까지 약 880 Mhz의 광 대역으로 단일 패치안테나의 대역폭보다 약 600 Mhz 이상 넓어졌다. 그림 8은 적층형 구조 패치안테나의 지향특성이다.

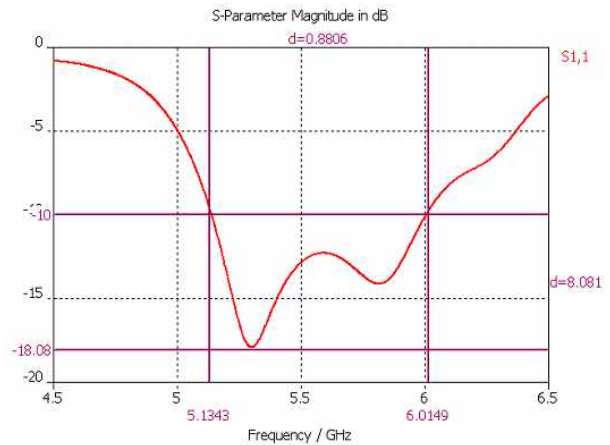
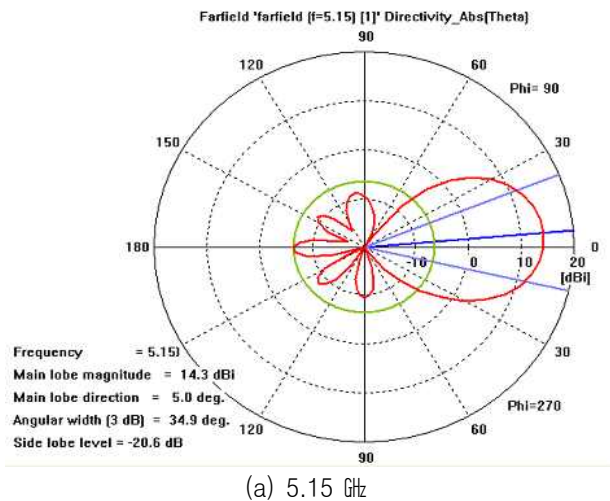


그림 7 적층형 구조 패치안테나의 반사손실  
Fig. 7 Input return loss of stack structure patch antenna.



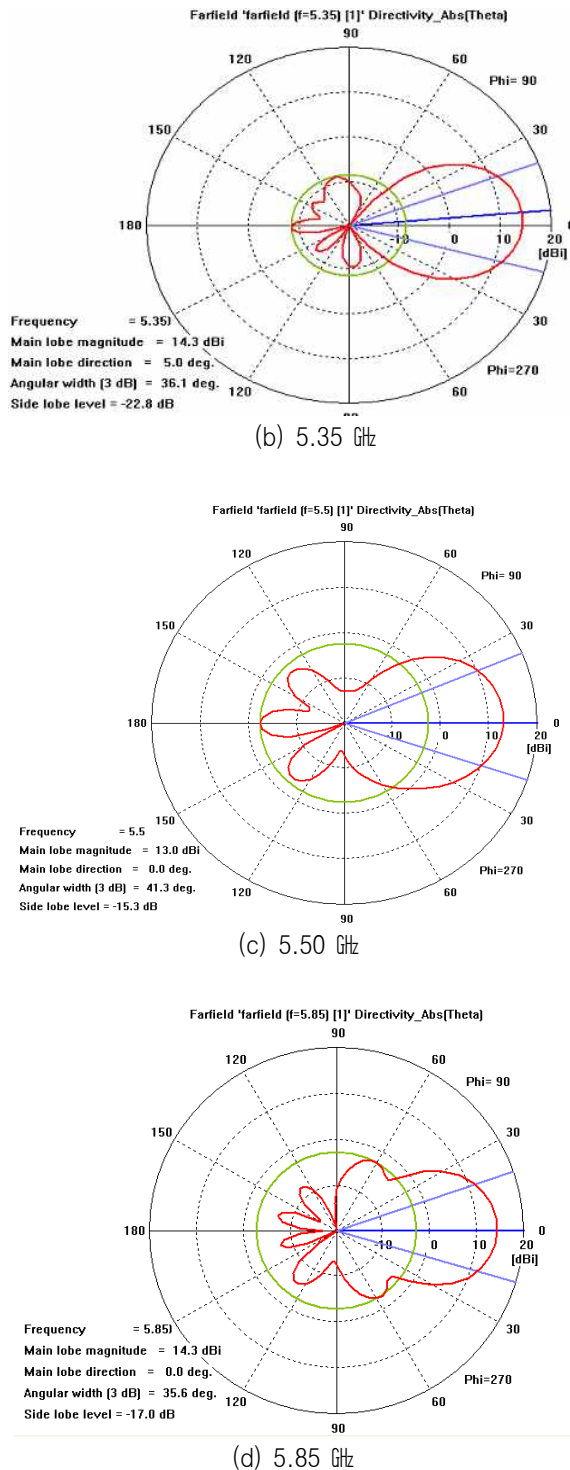


그림 8 적층형 구조 패치안테나의 방사패턴  
 Fig. 8 Radiation pattern of stack structure patch antenna.

5.15 [GHz]와 5.35 [GHz]에서 주빔이 5° 정도 틀어짐이 확인되었으며, 또한 안테나 이득은 13 [dBi] 이상 그리고 3 dB 빔폭은 30° 이상을 나타냄을 알 수 있었다.

#### IV. 제작 및 검토

시뮬레이션에 의해 최적으로 설계 되어진 5 GHz 대역 무선랜용 초소형, 광대역 마이크로스트립 패치안테나는 제작비용이 저렴한 사진식각법을 사용하였고, 마이크로스트립 패치안테나에 Via를 뚫어 직접 급전하는 프로브 급전방식으로 제작하였다. 유전체 높이를 조절하여 결과를 얻었기 때문에 비유전체인 스티로폼( $\epsilon=1.03$ )을 사용하여 고정하였다.

제작된 안테나를 Anritsu 37169 VNA ( Vector network analyzer)를 사용하여 측정하였고, 그 제작된 안테나의 사진은 그림 9에 나타난다.

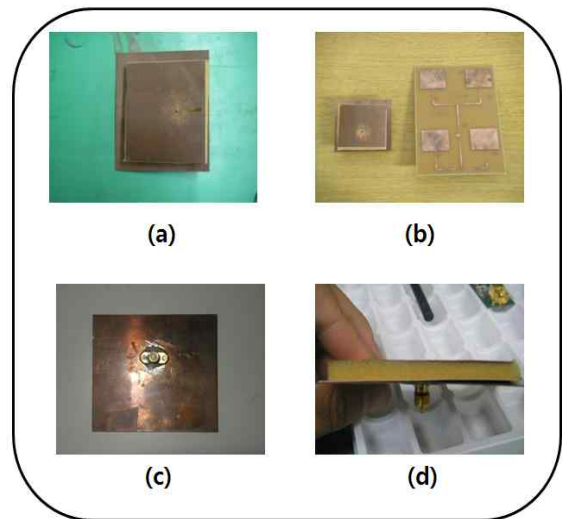


그림 9 제작된 안테나  
 Fig. 9 fabricated antenna.

그림 9-(a)는 안테나의 적층 구조, (b)는 기존의 무선랜 대역용 2 by 2 마이크로스트립 패치 안테나와의 크기 비교, (c)는 프로브 급전부, (d)는 설계된 안테나의 측면이다.

마이크로스트립 패치안테나는 저렴하고, 쉬운 제작 방식에 비해 대역폭이 협소하다는 큰 단점이 있다. 하지만, 이 논문에서 제안한 동일한 복사 패치를 상,하로 적층하여 유전체 높이와 커플링 위치를 조절하여 기존 무선랜 대역 안테나처럼 평면상에서 배열하지 않아도 안테나 대역폭과 이득을 충분히 만족할 수 있었다.

제작된 안테나의 크기는 가로 7.5 cm, 세로 6.5 cm, 높이 1.3 cm로 기존에 제작되는 2 by 2 패치안테나 보

다 50 % 이상 작다.

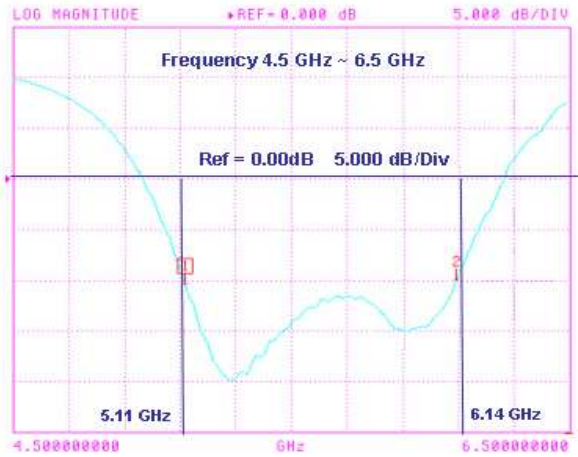


그림 10 제작된 안테나의 입력 반사손실  
Fig. 10 Input return loss of fabricated antenna.

입력 반사손실이 -10 dB 이하 (VSWR = 2:1) 인 범위가 5110 MHz ~ 6140 MHz 까지 약 1 GHz라는 광대역 특성을 나타냄을 알 수 있고, 그림 10에서 나타내고 있다.

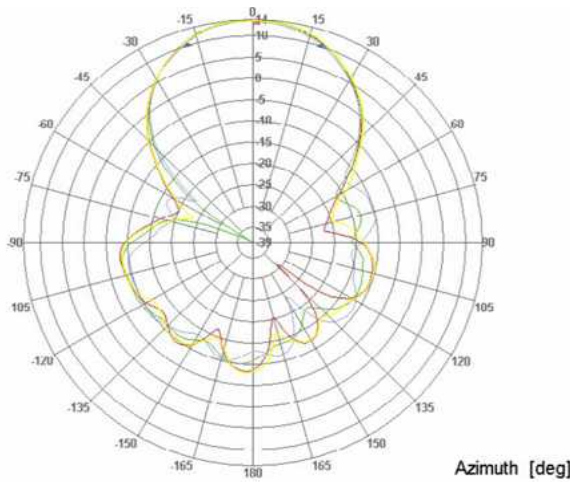


그림 11 E-plane 방사패턴  
Fig. 11 Radiation pattern of E-plane.

안테나의 이득은 13 dBi 이상의 이득을 가지며 3 dB 빔폭은 30°이상의 값을 나타내었고, E-plane 복사 패턴의 주빔은 약 4°정도 틀어졌고, 그림 11에서 나타내고 있다.

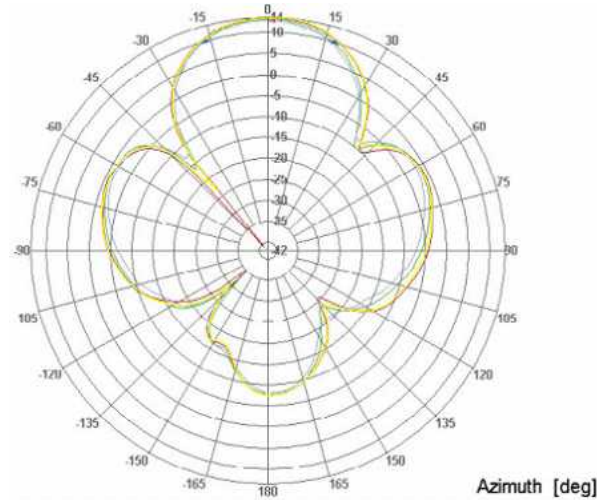


그림 12 E-plane 방사패턴  
Fig. 12 Radiation pattern of H-plane.

H-plane 복사 패턴의 주빔은 약 3°정도 틀어졌고, 그림 12에서 나타내고 있다.

표 2는 적층형 안테나의 각 주파수별 이득과 3 dB 빔폭 특성을 E-plane과 H-plane으로 나타낸 것이다.

표 2 복사 패턴 결과  
Table. 2 Result of radiation pattern.

	Frequency ( MHz )	Gain ( dBi )	Half power beam width
Radiation pattern E - plan	5150	13.75	36.37 °
	5350	13.82	36.40 °
	5500	13.52	37.00 °
	5850	13.77	36.77 °
Radiation pattern H - plan	5150	13.60	33.88 °
	5350	13.23	32.74 °
	5500	13.91	32.23 °
	5850	13.54	33.67 °

표 3 결과 비교분석

Table. 3 Comparison of result.

	Simulation	Measurement
Frequency	5130 ~ 6010 (MHz)	5110 ~ 6140 (MHz)
VSWR	$\leq 2$	$\leq 2$
Radiation	Directional	Directional
Gain	$\geq 13$ dBi	$\geq 13$ dBi
Half power beam width	$\geq 30$ deg.	$\geq 30$ deg.

표 3에서 보여주는 것과 같이 안테나의 설계와 제작된 결과를 비교하였다. 이 논문에서는 5 GHz 무선랜 대역을 하나의 안테나로 통합하여 사용할 수 있도록 광대역, 초소형, 고이득 안테나를 초기 설계값으로 설정하였으며, 설계와 제작된 결과 모두 이에 만족하는 결과를 나타냈다. 측정 결과 시뮬레이션 설계 값보다 더 넓은 대역 특성을 나타내었는데 이는 복사패턴과 접지면 사이의 프로브 길이가 정확하게 연결되지 못해 발생된 것으로 예상되어진다.

## V. 결 론

이 논문에서는 5 GHz 무선랜 대역용 초소형, 고이득, 광대역 안테나를 설계 및 제작하였다.

안테나의 대역폭과 이득을 개선하기 위하여 직사각형 패치안테나를 적층으로 구현하고, 동축 프로브 급전방식으로 급전시켰다.

안테나의 설계는 상용 시뮬레이터인 CST사의 Microwave Studio를 사용하였다. 설계된 적층형 구조 마이크로스트립 패치안테나의 동작 특성을 살펴보면, 입력 반사손실 -10 [dB] (VSWR 2:1)를 기준으로 5130 ~ 6010 [MHz] (BW = 880 [MHz])라는 광대역 특성을 나타내었다. 방사패턴 특성을 확인한 결과 E-plane과 H-plane 모두 13 dBi 이상의 이득을 얻었다.

최적으로 설계된 안테나는 하층 복사 패치 위에

안테나의 파손을 막기 위해서 foam( $\epsilon_r \approx 1.03$ )으로 고정하였으며, 그 위에 상층 복사 패치로 적층하였다. 제작 방법은 간단한 인쇄회로 기판을 이용한 사진 식각법으로 제작하였다.

제작된 안테나의 입력 반사손실과 입력 임피던스는 Anritsu사의 37169A VNA(Vector Network Analyzer)를 사용하여 측정하였으며, 그 결과 입력 반사손실 (Return loss)  $\leq -10$  dB (VSWR  $\leq 2$ )를 기준으로 5110 ~ 6140 [MHz], (BW = 1030 [MHz])라는 광대역 특성을 나타내었다.

복사패턴의 측정은 far-field 측정이 가능한 anechoic chamber에서 이루어졌으며, 데이터는 Orbit사의 Midas 3.0 프로그램을 사용하여 검출하였다. 복사특성을 측정한 결과 원하는 지향특성을 얻을 수 있었으며, E-plane, H-plane에서 13 dBi 이상의 높은 이득 결과를 얻을 수 있었다.

따라서 이 논문에서 사용한 설계방식이 기존의 무선랜 대역의 마이크로스트립 패치안테나의 이득과 대역폭을 개선하는데 효과가 있음을 확인 하였으며, 평면상에 배열된 안테나보다 소형으로 제작할 수 있음을 확인하였다. 또한 제작된 안테나는 5 GHz 무선랜 대역시스템, 무선랜 접속점 안테나, 가정내 소형 RF시스템에서 충분히 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김범준, 조기형, 이창재, 최진성, "무선인터넷 표준화 동향 및 향후 전망 (IEEE 802 무선 인터넷 표준화 중심)" *한국전자과학회지 전자파 기술*, 제 15 권, 제3호, pp, 80-90, 7. 2004.
- [2] 이행렬, 김일권, 육종관, 방한규 "폭이 넓은 평면 슬롯 안테나의 광대역 특성" *한국전자과학회 논문지*, 제14권, 제3호, pp, 260-277, 3. 2003.
- [3] D. M. Pozar., Microstrip Antennas., Proc. IEEE, Vol. 80, pp 79-91. Jan 1992.
- [4] T. Sugiyama, H. Horita, Y. Shirakawa, M. Ikegata, S. Takaba and H. Tate, "Triple-band internal antenna for clamshell type mobilephone", *Hitachi Cable Review*, no. 22, 2003.



[5] S. H. Hwang, W. I. Kwak, J. I. Moon and S. O. Park, "An internal dual-band printed antenna for CDMA/PCS handsets", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 45, pp. 537-540, 2005.

[6] S. H. Hwang, Y. J. Cho and S. O. Park, "An internal dual band antenna for Bluetooth / DMB applications", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 2B, pp. 535-538, 2005.

[7] Y. J. Cho, Y. S. Shin, S. H. Hwang and S. O. Park, "A Wideband Internal Antenna with Dual Monopole Radiation Elements", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 381-384, 2005.

[8] Z. D. Liu and P. S. Hall, "Dual-frequency planar inverted-F antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 45, no. 10, pp. 1451-1448, Oct, 1997.

[9] E. Chang, S. A. Long and W. F. Richards, "An experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 34, no. 6, pp. 766-772, June, 1986.

[10] G. A. Deschamps, "Microstrip Microwave Antennas" *presented at the 3rd USAR Symposium on Antennas*, 1953.

[11] H. An et al., "Broadband Microstrip Antenna Design with The Simplified Real Frequency Technique" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 42, no. 2, pp. 129-136, 1994.

[12] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirasa and J.R. James, "Small Antennas", Chapter 1, RSP LTD, 1987.

국 정 형 (鞠政亨)



2007년 2월 : :국립 목포해양대학교  
해양전자통신공학부 공학사  
2008년 ~ 현재 : 국립 목포해양대학교  
대학원 해양전자통신공학과 공  
학석사  
관심분야 : 송수신용 안테나, 이동통  
신 및 위성통신

최 병 하 (崔炳夏)



1969년 2월 : 한국항공대학교  
항공전자공학과 공학사  
1981년 3월 ~ 1983년 2월 : 건국대  
학교 대학원 전자공학과 공학  
석사  
1987년 : 통신기술사  
1988년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국 항  
공 대학교 대학원 전자공학과 공학 박사  
1972년 ~ 현재: 국립 목포해양대학교 해양전자통신공학  
부 교수  
관심분야 : 안테나, 해상 이동통신 및 위성통신

김 규 철 (金奎喆)



2002년 2월 : 국립 목포해양대학교  
해양전자통신공학부 공학사  
2003년 8월 : 목포해양대학교 해양전  
자통신공학부 공학석사  
2007년 3월 : 오사카대학 전자정보에  
너지공학과 공학박사  
2006년 11월 ~ 2008년 2월 :  
Matsushita Electric Works 중앙연  
구소 연구원  
2008년 3월 ~ 현재 : 국립 목포해양대학교 해양전자통신  
공학부 전임강사  
관심분야 : 고주파용CMOS소자 모델링, 아날로그 집적회  
로설계

이 경 석 (李旻錫)



2008년 2월 : 국립 목포해양대학교  
해양전자통신공학부 공학사  
2008년 현재 : 국립 목포해양대학교  
대학원 해양전자통신공학과 공  
학석사  
관심분야 : 송수신용 안테나, 이동통  
신 및 위성통신