

간접급전을 이용한 2.4/5.8 GHz 대역 패치 안테나 설계

Design of patch antenna using proximity coupled feed for 2.4/5.8 GHz dual band operation

이재영*

홍성준*

김성주**

이명수****

이병제***

*: 광운대학교 전파공학과 석사과정

** : 광운대학교 전파공학과 박사과정

***: 광운대학교 전파공학과 교수

****: 전자부품연구원 책임연구원

Key Words : patch antenna, proximity coupled feed, dual band

목 차

- I. 서론
- II. 안테나 설계 및 구조
- III. 결과
- IV. 결론
- 참고문헌

I. 서론

ISM 대역은 산업이나 과학, 의료 등의 최첨단 분야에 세계 공통으로 사용되는 주파수이다. 특히 2.4/5.8 GHz 대역에서 Bluetooth (2.400-2.483 GHz), WLAN 기지국 등의 무선 통신 수단에 다중 채널을 사용하여 비용절감의 효과를 가져 오고 있다 [1]. 이러한 다중 채널의 무선통신 수단을 동시에 사용하기 위해 이중대역의 수요가 급증하고 있다. 이중대역의 안테나를 구현하기 위한 방법으로 이중급전, 적층구조 등의 설계 기법이 있다 [1]-[3]. 이중급전의 안테나는 포트 간의 격리도를 향상시키기 쉬우나 단일편파로 구현하기 어렵다. 적층구조의 이중대역 안테나는 이러한 단일편파를 구현하기 용이하나 이중대역 주파수 간의 비가 좁은 단점이 있다 [4]. 이러한 이중대역을 만족하고 단일편파를 구현하기 위해 이중공진 간의 주파수 비를 넓혀 ISM 대역에서 주로 사용되는 2.4/5.8 GHz 동작을 하는 안테나를 제안하였다.

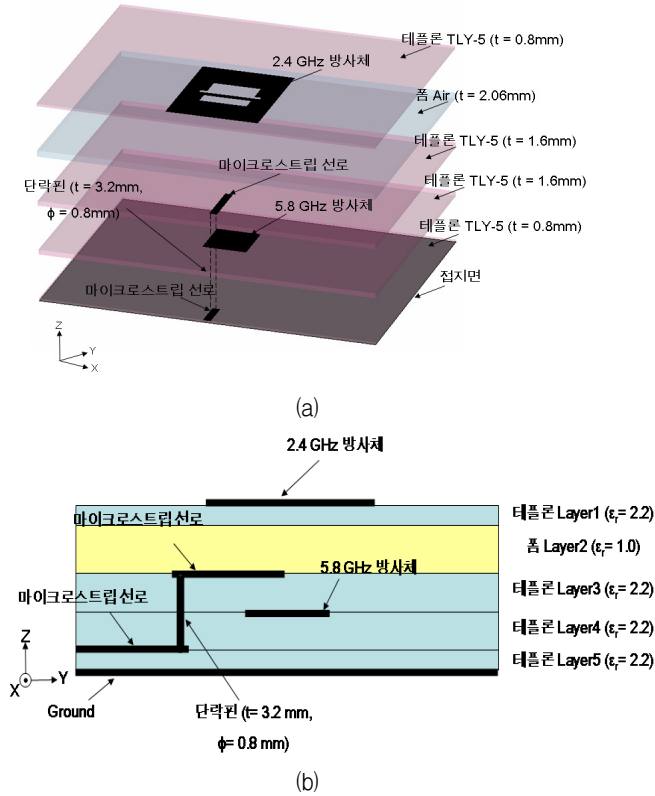
본 논문에서 제안된 안테나는 이중대역을 만족시키기 위해 적층구조의 간접 급전 방식을 활용하였다. <표 1>은 본 논문에서 제안된 안테나의 설계사양이다. 제안된 안테나는 Zeland사의 IE3D 시뮬레이션 결과를 토대로 설계하였으며, 제작된 안테나는 Agilent사의 E5071B와 Anechoic Chamber를 이용하여 측정하였다 [5].

<표 1> 제안된 ISM dual band 안테나의 설계사양

Parameter	Specification
Frequency	2.4 GHz-2.5 GHz, 5.725 GHz-5.875 GHz
VSWR	2:1
Polarization	Linear Polarization
Gain	2.4 GHz 대역: 7 dBi-8 dBi 5.8 GHz 대역: 5 dBi-6 dBi

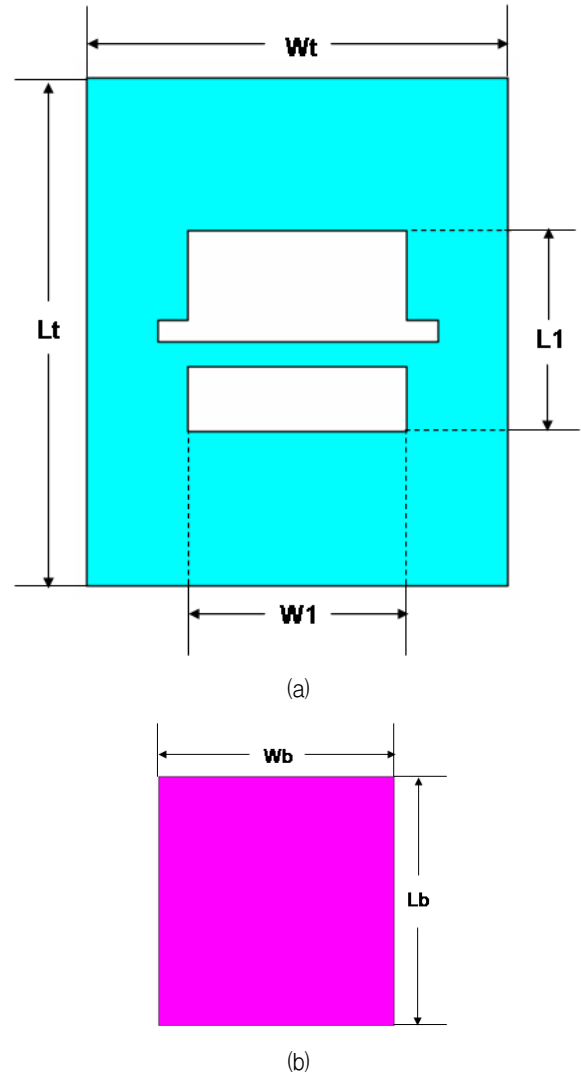
II. 안테나 설계 및 구조

제안된 안테나는 이중대역을 만족시키기 위해 적층형 패치 안테나를 사용하였다. <그림 1(a)>는 이중대역을 구현하는 적층형 패치 안테나의 전체 구조이다. 측면 구조는 <그림 1(b)>에서처럼 제안된 안테나가 4개의 유전 기판 ($\epsilon_r = 2.2$)과 폼 ($\epsilon = 1$)으로 적층되었으며, 각 기판에 방사체와 마이크로스트립 라인을 구성하였다. 접지면의 크기는 $160 \times 160 \text{ mm}^2$ 이고, 안테나의 높이는 6.8 mm이다. 적층 구조에서 상/하층에 있는 방사체는 각각 2.4/5.8 GHz 대역에서 TM_{010} 모드로 동작한다.

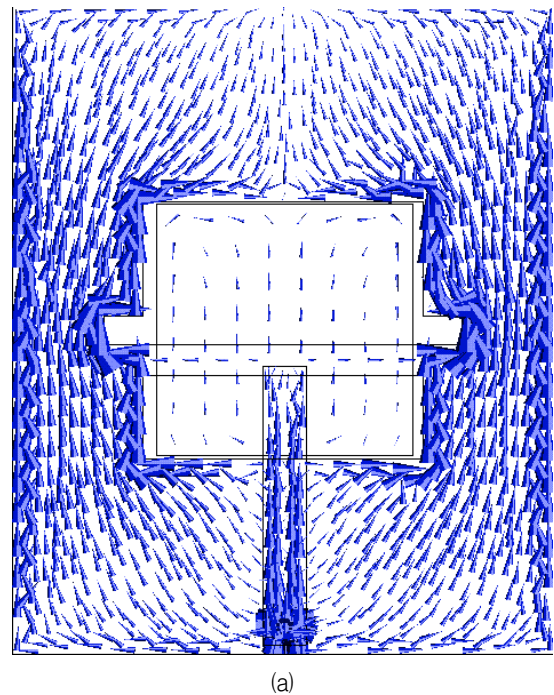


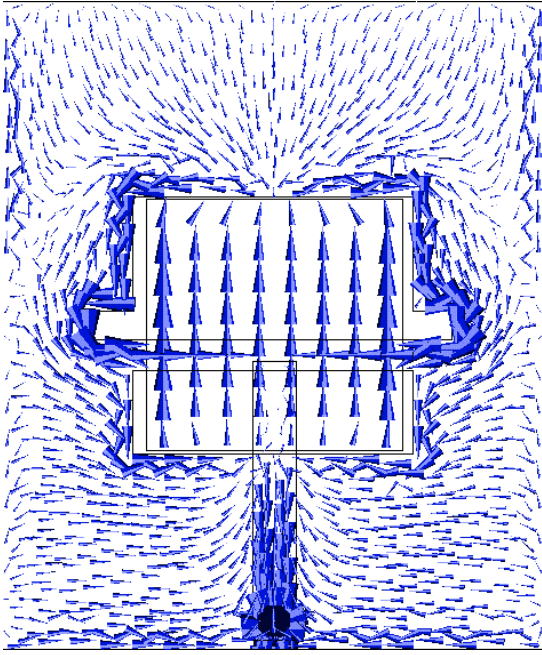
<그림 1> 제안된 적층형 이중대역 안테나 구조
(a) 전체 구조 (b) 측면구조

<그림 2(a)>는 제안된 패치 안테나의 방사체 구조이다. 기존의 이중대역을 형성하기 위한 적층형 안테나는 이중 공진 주파수 비가 좁다는 단점이 있다. ISM 대역에서 이중 공진 주파수 비는 2.4/5.8 GHz 대역의 중심 주파수를 기준으로 2.36이다. 따라서 넓은 주파수 비를 갖고 각각의 주파수에서 두 패치 안테나는 독립적으로 동작해야 한다. 일반적으로, 이중대역을 이루는 적층형 패치 안테나는 상위 layer에 고주파의 방사체, 하위 layer에는 저주파의 방사체가 적층된 구조를 갖는다. 제안된 안테나는 2.4/5.8 GHz 두 대역에서 대역폭을 확보하기 위해 2.4 GHz 대역 방사체가 5.8 GHz 대역 방사체 위에 위치한다. 그런데 2.4 GHz 방사체가 5.8 GHz 방사체보다 더 큰 면적을 차지하게 되어 5.8 GHz 대역에서 전계는 이상적으로 방사할 수 없다. 따라서 제안된 구조에서는 2.4 GHz 대역의 방사체에 슬롯을 적용하여 5.8 GHz 대역의 방사체가 방사하도록 하였다. <그림 3>에 2.4/5.8 GHz에서 제안된 안테나의 전류분포를 나타내었다. 5.8 GHz 대역에서 2.4 GHz 방사체는 $1\lambda_g$ 이상의 전기적인 크기를 가진다. 따라서 5.8 GHz 대역에서 2.4 GHz 방사체는 역위상, 동위상의 전류가 혼합된 고차모드로 동작하게 된다. 고차모드가 동작함에 따라 적층형 안테나는 5.8 GHz 대역에서 브로드사이드 방사 패턴을 가질 수 없다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 슬롯 크기를 변화하여 5.8 GHz 대역에서 2.4 GHz 방사체에 흐르는 전류의 전기적 길이를 조절하였다.



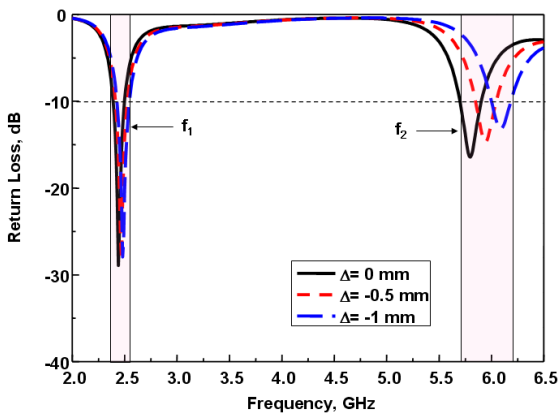
<그림 2> 제안된 패치 안테나의 방사체 구조
(a) 2.4 GHz 대역 (b) 5.8 GHz 대역





(b)
 <그림 3> 제안된 패치 안테나의 전류분포
 (a) 2.4 GHz 대역 (b) 5.8 GHz 대역

제안된 패치 안테나의 주파수 독립 특성을 분석하기 위해 안테나 설계 파라미터에 관한 결과를 고찰하였다. <그림 4>는 2.4 GHz 방사체의 크기 (L_b , W_b)가 일정할 때, 5.8 GHz 방사체의 크기 (W_b , L_b)와 2.4 GHz 방사체 슬롯의 크기 (W_1 , L_1)를 변화량 (Δ)에 따른 주파수의 이동을 나타낸 것이다. 5.8 GHz 방사체의 크기 (W_b , L_b) 및 2.4 GHz 방사체 슬롯의 크기 (W_1 , L_1)를 각각 0.5-1 mm의 크기로 줄였다. 이때, 각 대역에서의 공진주파수와 대역폭, 주파수 비를 <표 2>에 나타내었다. 주어진 결과에서 보여지는 것처럼, f_1 은 매우 경미하게 공진주파수가 변화한다. 이는 슬롯의 크기가 바뀌었기 때문이다. 그러나 f_2 의 공진 주파수는 5.8 GHz 방사체의 크기에 따라 공진 주파수가 변화한다. 본 논문에서 제안된 안테나 설계 사양에 최적화된 f_1 , f_2 주파수비는 2.37을 가진다.



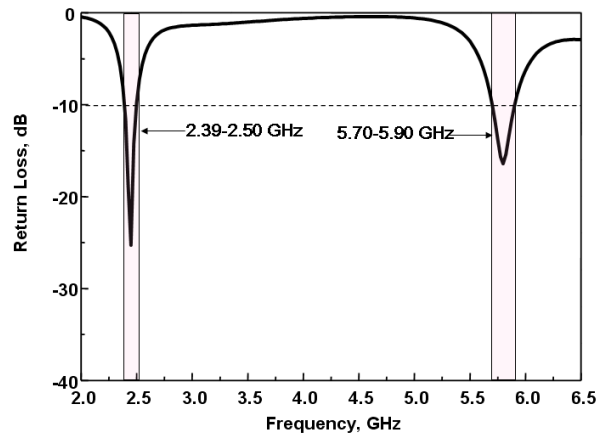
<그림 4> 5.8 GHz 안테나와 슬롯의 크기 따른 주파수의 변화

<표 2> 안테나 설계 파라미터 고찰

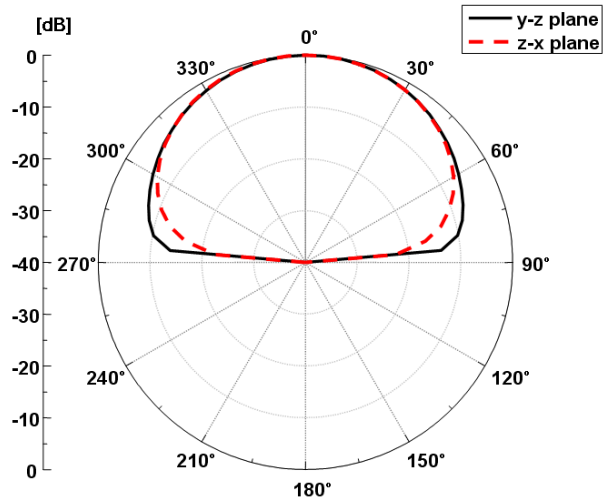
Δ	Low frequency		High Frequency		f_2/f_1
	f_1 [GHz]	BW_1 [MHz]	f_2 [GHz]	BW_2 [MHz]	
0 mm	2.44	108	5.80	205	2.37
-0.5 mm	2.47	115	5.94	198	2.40
-1 mm	2.48	120	6.09	185	2.45

최적화된 안테나의 크기는 $W_t=30$ mm, $L_t=36$ mm, $L_1=14.3$ mm, $W_1=15.5$ mm, $W_b=14.2$ mm, $L_b=14$ mm 이다.

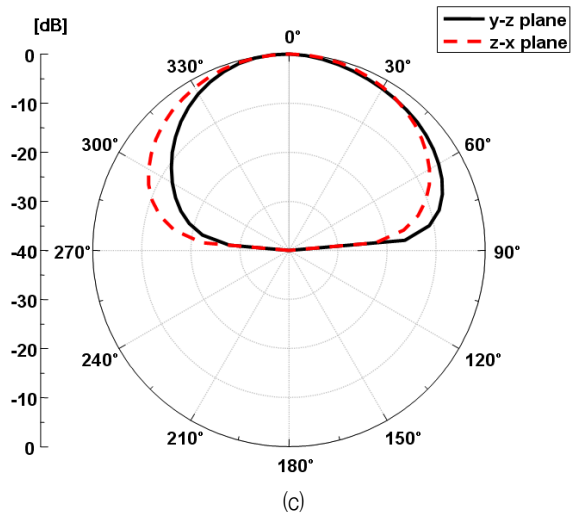
<그림 5>는 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과이다. <그림 5(a)>와 같이 반사손실 10 dB 이하 기준의 대역폭은 2.4 GHz 대역에서 110 MHz (4.49%), 5.8 GHz 대역에서 203 MHz (3.5%)이다. <그림 5(b), (c)>는 제안된 안테나의 중심 주파수에서 시뮬레이션 방사패턴 결과이다. 그 결과의 y-z 평면에서 최대 이득이 7.7 dBi (중심주파수 2.45 GHz), 5.84 dBi (중심주파수 5.8 GHz)이고, z-x 평면에서 최대 이득이 7.7 dBi (중심주파수 2.45 GHz), 5.84 dBi (중심주파수 5.8 GHz)이다.



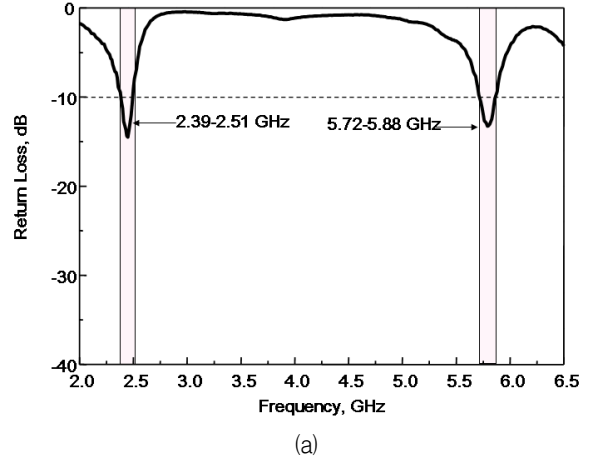
(a)



(b)

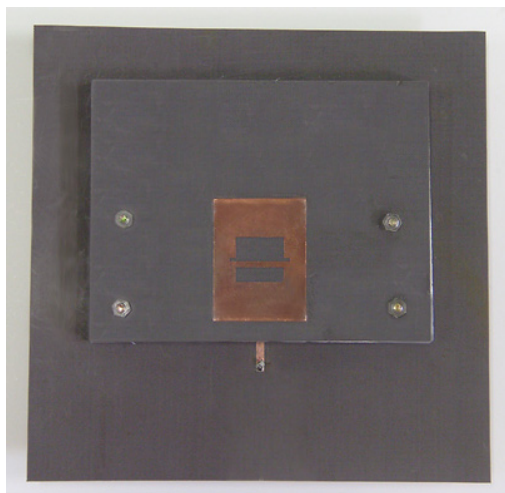


<그림 5> 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과
(a) 반사손실 (b) 2.45 GHz 방사패턴 (c) 5.8 GHz 방사패턴

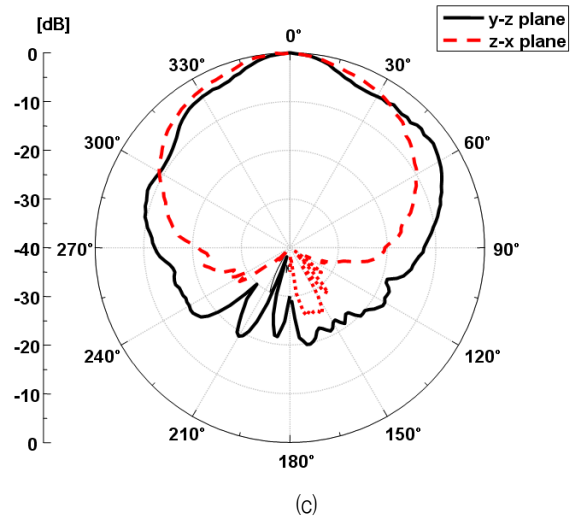
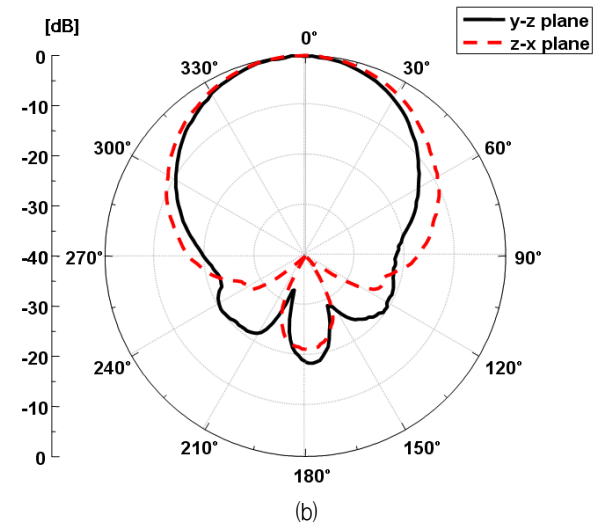


III. 결과

<그림 6>은 실제 제작된 적층형 이중대역 패치 안테나이다. <그림 7>은 제작된 안테나로 E5071B로 반사손실과 전자파 무반사실에서 측정된 방사패턴을 나타낸 것이다. 제작된 안테나 측정 결과의 반사손실 10 dB 이하 기준의 대역폭은 2.4 GHz 대역에서 120 MHz (4.9%), 5.8 GHz 대역에서 160 MHz (2.76%)이다. 제작된 안테나 측정 결과의 방사패턴은 최대 이득이 9.00 dBi (중심주파수 2.45 GHz), 6.73 dBi (중심주파수 5.8 GHz)이다.



<그림 6> 실제 제작된 적층형 이중대역 패치 안테나



<그림 7> 제작된 안테나의 측정 결과
(a) 반사손실 (b) 2.45 GHz 방사패턴 (c) 5.8 GHz 방사패턴

IV. 결론

본 논문은 간접 급전을 이용한 ISM 2.4/5.8 GHz 이중대역 적층형 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 이중대역을 구현하기 위해 적층형 구조로 설계되었으며, 이중 공진

주파수 비를 크게 하기 위해 적층된 방사체에 슬롯을 적용하였다. ISM 2.4/5.8 GHz 대역의 측정결과 대역폭은 반사손실 10 dB 이하 기준 2.4 GHz 대역에서 120 MHz (4.9%), 5.8 GHz 대역에서 160 MHz (2.76%)이다. 최대이득은 중심 주파수 2.45 GHz에서 9.00 dBi이며, 5.8 GHz에서 6.73 dBi이다.

참고문헌

1. S. Maci, G. B. Gentili, "Dual-frequency patch antennas," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 39, no. 6, pp. 13-20, December, 1997.
2. F. P. Chuo, T. R. Chen, J. S. Row, "Dual-frequency microstrip antennas," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 45, no. 1 pp. 3-5, April, 2005.
3. K. S. Kona, Yahya. R.S, "Novel probe-feeding architectures for stacked microstrip patch antennas," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 38, no. 6, pp. 467-475, September, 2003.
4. S. Y. Lin, K. L. Wong, "A stacked circular microstrip antenna for dual-band conical-pattern radiation," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 28, no. 3, pp. 202-204, February, 2001.
5. IE3D version 12, Zeland Software Inc.