

# 스트립라인 급전을 이용한 5GHz(WLAN, ISM Band)대역용 슬롯 안테나 설계

°전 찬 익, 이 범 선  
경희대학교 무선기술 연구실

chanikjeon@hotmail.com, bomson@khu.ac.kr

## Design of Strip Line Fed Slot Antenna for 5GHz(WLAN, ISM Band) Application

°Chan-ik Jeon, Bom-son Lee  
Kyunghee University, Wireless Technology Lab

### 요 약 <ABSTRACT>

본 논문에서는 무선 인터넷 사업 및 초고속 정보통신 인프라 구축과 관련하여 WRC-2003에서 새롭게 분배하기로 결정된 5GHz대역(5.135~5.35GHz, 5.47~5.725GHz)과 기존의 ISM 대역(5.75~5.85GHz)에 동시에 사용할 수 있는 스트립 라인 급전을 이용한 슬롯 안테나를 설계하였다. 무선통신 시스템의 박형화를 위하여 평면 내장형으로 설계하였으며 안테나의 크기는 5.04×12.55×2.0[mm]이며 FR-4( $\epsilon_r=4.6$ )를 substrate로 사용하였다. 중심주파수 5.7495GHz를 중심으로 10dB 기준대역폭 28.54% (4.929~6.561GHz)를 갖는다. 안테나의 이득은 약 4.2dBi이다.

Key words : 안테나, 슬롯, 슬롯라인, 내장형, 스트립라인

## I. 서 론

국내외적으로 무선을 이용한 인터넷 서비스가 활성화되고 초고속 정보통신 인프라 구축의 필요성이 확산되어 국내 초고속 유선 인터넷 사업자를 중심으로 유무선 통합 인터넷 서비스 등의 새로운 주파수가 요구되어 왔으며 현재 사용 중인 2.4, 5.8GHz대의 ISM밴드는 이용의 한계에 다다랐다. 또한 ISM 대역 내의 서로 다른 무선기기와 WLAN 서비스간의 혼신이 발생하는 등 문제점이 제기되어 WRC-2000에서는 5GHz대역에서 이동업무에 대한 주파수 분배를 고려하여 WRC-2003에서 5GHz(5.135~5.350GHz, 5.470~5.725GHz)대역에 새로운 주파수 분배를 결정하기로 하였다. 이러한 국내외의 실정에 맞추어 본 논문에서는 5GHz대역을 모두 수신할 수 있는 안테나를 설계하고자 한다.

최근 무선기기에 사용되는 대부분의 안테나들은 외

부 돌출부를 없애기 위하여 시스템 내부에 내장되는 형태로 무선기기의 소형화에 따라 경량 박형화 되고 있다[1][2]. 또한 대량 생산이 용이하도록 PCB에 집적되며[3], 생산단가를 낮추기 위하여 저가의 재질을 이용하는 등 지속적인 연구가 진행되고 있다. 이러한 최근의 안테나 설계 기술에 맞추어 본 논문에서는 가격이 저렴한 FR-4( $\epsilon_r=4.6$ )기판을 이용하여 대량생산이 가능하도록 PCB 기판 상에 집적된 형태로 무선기기에 내장할 수 있는 소형의 안테나를 설계하였다.

## II. 본 론

### II - I . Slot Line

슬롯 안테나는 coaxial, stripline, microstrip line 등 여러 가지 방법으로 급전이 가능하며 다양한 구조로 설계

할 수 있다. 또한 넓은 대역폭을 얻을 수 있으며, 평면구조로 이동체 뿐만 아니라 많은 분야에 적용이 가능하다.

그림1은 슬롯라인의 모습과 슬롯라인의 Near Field 분포를 보여주고 있다[4].

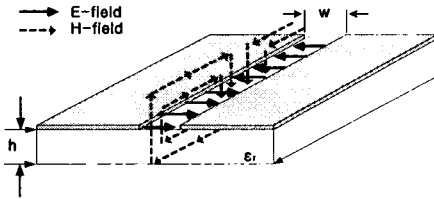


그림1 슬롯라인의 구조와 Near Field 분포

낮은 유전율( $2.2 \leq \epsilon_r \leq 9.8$ )의 유전체를 이용한 슬롯라인은 안테나로서 적용이 가능하며 일반적으로  $0.0015 \leq w/h \leq 1.0$ ,  $0.006 \leq h/\lambda_0 \leq 0.06$ 을 만족하는 범위 내에서 설계되어진다.

$0.0015 \leq w/\lambda_0 \leq 0.075$ ,  $3.8 \leq \epsilon_r \leq 9.8$ 을 만족하는 슬롯라인의 파장( $\lambda_s$ )은 식 (1)에 의하여 구할 수 있다. 식 (1)은 0.6%의 평균 오차율을 가지며 최대 오차율은  $\pm 3\%$ 이다[5].

$$\frac{\lambda_s}{\lambda_0} = 0.9217 - 0.227 \ln \epsilon_r + 0.0322 (w/h) \left[ \frac{\epsilon_r}{0.435 + w/h} \right]^{1/2} - 0.01 \left[ 4.6 - \frac{3.65}{\epsilon_r^2 (9.06 - 100 w/\lambda_0) \sqrt{w/\lambda_0}} \right] \times \ln (h/\lambda_0) \quad (1)$$

### II - I. Antenna 설계

그림2는 본 논문에서 설계된 안테나의 급전구조와 안테나를 포함한 PCB 기판의 전체적인 모습을 보여주고 있다. substrate는 FR-4( $\epsilon_r=4.6$ )를 사용하였으며 기판의 크기는  $40 \times 70 \times 2$ [mm]이다. 안테나의 급전은 스트립라인을 이용하였다. 시스템을 동작시키기 위해 유용한 TEM mode 전송선로인 스트립라인은 MIC에 빈번하게 사용되며 그라운드 도체에 의해 완전 shielding 되어있어 신호의 왜곡을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다[4][6]. 그림2의 (a)는 내부 유전체와 스트립라인의 경로를 보여주고 있으며 그림2의 (b)는 외부 그라운드의 모습을 보여주고 있다.

그림3은 설계된 안테나의 구조와 파라미터를 보여주고 있다. 그림3의 (a)는 안테나의 전개도와 파라미터를 보여주고 있고 그림3의 (b)는 Layer 구성을 보여주고 있다.

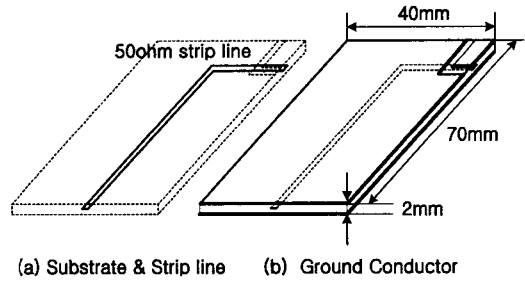
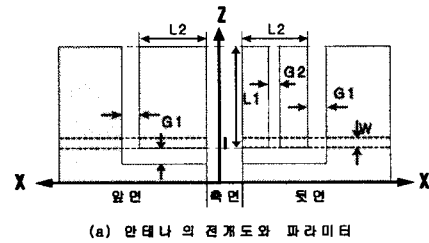
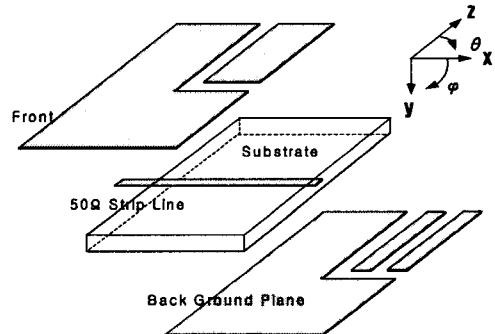


그림2 급전라인과 안테나를 포함한 PCB기판의 모습

L1은 z축방향의 슬롯라인의 길이이며 공진 주파수를 결정짓는 주요파라미터이다. L2는 슬롯라인에 최대전력을 전달하기 위하여 고려된 x축방향의 스트립라인의 길이이다. G1은 전면과 후면 그라운드에 식각되어진 슬롯라인의 폭이며 G2는 후면 패치에 식각되어진 보조 슬롯라인의 폭이다. 그림3의 (a)에서 점선으로 표시된 부분은 스트립라인이 지나가는 경로를 나타내며 W는 스트립라인의 폭이다. 특성임피던스는 약  $50\Omega$ 으로  $W=0.5$ [mm]로 설계되었다.



(a) 안테나의 전개도와 파라미터



(b) layer 구성

그림3 설계된 안테나 파라미터와 안테나의 구조

안테나의 공진 주파수는 z축방향으로 늘어선 G1의 폭을 가지는 슬롯라인의 길이에 의해 결정되며 L1의 길이는  $\lambda_s/2$ 이다. 5GHz 대역을 모두 수신하기 위하여 1GHz의 대역폭을 갖는 안테나의 중심주파수는 5.5GHz로 자유공간에서의 파장  $\lambda_0$ 는 약 54[mm]이다. 유전체의 높이가 2[mm]이며 슬롯라인의 폭(G1)을

1.5[mm]로 하였을 때 FR-4( $\epsilon_r=4.6$ ) 기판에서 5.5GHz에 해당하는  $\lambda_g/2$ 는 식 (1)에 의해 약 13.3[mm]가 된다. 안테나의 급전은  $\lambda_g/4$  open circuit single stub의 원리를 이용하였다. 슬롯과 직각을 이루며 지나는 스트립라인의  $\lambda_g/4$ 가 되는 지점은 라인의 종단이 개방 되었으므로 전류가 최대가 되며 이때 슬롯라인에 최대 전력을 전달 할 수 있다[4][7]. 스트립라인을 따라서 진행되는 전자기파의 파장  $\lambda_g = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$  이다. 그러므로 L2는  $\lambda_g/4$ 가 된다. 5.5GHz에서 유전체의 두께가 2[mm]이며 스트립라인의 폭 W가 0.5[mm]일 때  $\lambda_g$ 의 길이는 약 25[mm]로  $\lambda_g/4$ 는 약 6.29[mm]이다.

그림4는 이렇게 설계되어진 안테나(그라운드 앞면과 뒷면에 G1의 폭을 가지는 기본 슬롯라인만 삽입된 구조)의 S11을 보여준다. 중심주파수 5.5GHz에서 약 18.2%(5~6GHz)의 대역폭을 갖는다.

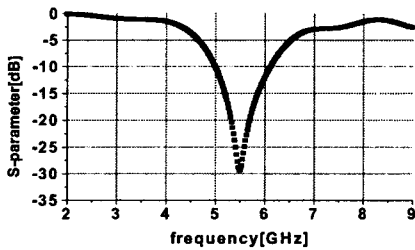


그림4 최초 설계된 안테나(G1의 폭을 가지는 슬롯라인만 삽입된 구조)의 S-parameter

### II-III. Parameter 분석 및 결과

안테나의 뒷면 패치에 G2의 폭을 가지는 보조 슬롯라인이 삽입되면 이중 공진이 발생하고 결과적으로 대역폭을 증가시킬 수 있다.

그림5는 G2의 변화에 따른 S11의 변화를 보여준다. G2의 적절한 선택은 서로 다른 두개의 공진 주파수가 인접하여 대역이 넓어지는 결과를 얻을 수 있으며 대신 S11은 증가한다.

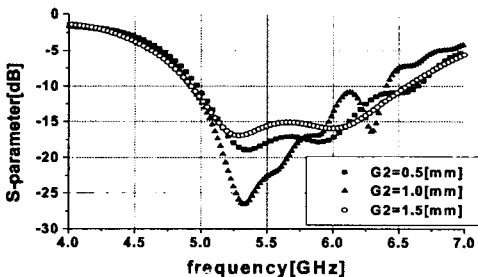


그림5 G2의 변화에 따른 S11의 변화

G2의 폭을 가지는 보조 슬롯라인의 삽입되면 그 영향으로  $\lambda_g/4$ 가 되는 스트립라인의 길이 L2가 변하게 되고 슬롯라인에 최대 전력을 전달하기 위하여 L2의 길이를 조절할 필요가 있다. 그림6은 L2의 길이의 변화에 따른 S11의 변화를 보여준다. 보조 슬롯라인의 폭(G2)을 일정하게 하고 L2의 길이를 적절히 조절하면 넓은 대역특성을 얻을 수 있다. L2의 길이가 증가할수록 낮은 주파수대의 공진 특성이 좋아지며 L2가 감소할수록 결과는 반대가 된다.

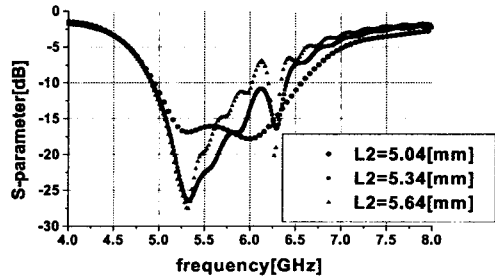


그림6 L2의 변화에 따른 S11의 변화

표1은 본 논문에서 최종적으로 설계된 안테나의 Parameter값들을 보여주고 있다. 표1에서 보여지는 값들은 Parameter 분석을 통한 최적화 작업에 의해 선택된 값들이다.

표1 최적화를 통해 설계된 안테나 파라미터

parameter	L1	L2	G1	G2
value[mm]	12.55	5.04	1.5	1.0

그림7은 최종적으로 설계된 안테나와 최적화 작업을 수행하기 전의 안테나들의 S11의 변화를 비교하여 보여주고 있다. A그래프는 최초 설계된 안테나로 그라운드 앞면과 뒷면에 폭 G1을 가지는 기본 슬롯라인만 삽입되었을 때의 S11을 보여주고 있으며, B그래프는 폭 G2를 가지는 보조 슬롯라인이 삽입되었을 때의 S11을 보여주고 있다. Parameter 분석을 통한 최적화 작업을 통하여 적절한 L2와 G2의 값을 선택하여 최종적으로 설계되어진

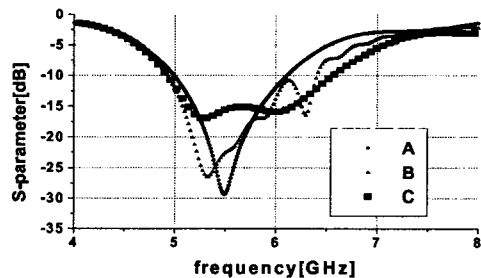


그림7 설계된 안테나의 S11 비교

안테나의 S11을 C그래프에서 보여주고 있다. 최종적으로 설계된 안테나는 중심주파수 5.7495GHz에서 10dB기준 대역폭 28.54%(4.849~6.397GHz)를 만족한다.

그림8은 첫 번째 공진 주파수인 5.284GHz에서  $\phi=0$ 과 90인 면에서  $\theta$ 의 변화에 따른 방사패턴의 변화 모습을 보여주고 있으며 그림9는 두 번째 공진 주파수인 6.007GHz에서  $\phi=0$ 과 90인 면에서  $\theta$ 의 변화에 따른 방사패턴의 변화 모습을 보여주고 있다.

그림10은 본 논문에서 최종적으로 설계되었던 안테나의 중심 주파수 5.7495GHz에서의  $\phi=0$ 과 90인 면에서  $\theta$ 의 변화에 따른 방사패턴을 보여주고 있다.

그림8, 9, 10에서 보듯이 본 논문에서 설계된 안테나는 5GHz 전 대역에서 유사한 방사패턴을 보이고 있으며 3.9~4.2dBi의 이득을 갖는다. 안테나가 위치한 우측면과 그라운드 평면 앞과 뒤로 주로 방사하며  $\phi=0, \theta=135$ 방향으로 최대 방사가 일어난다.

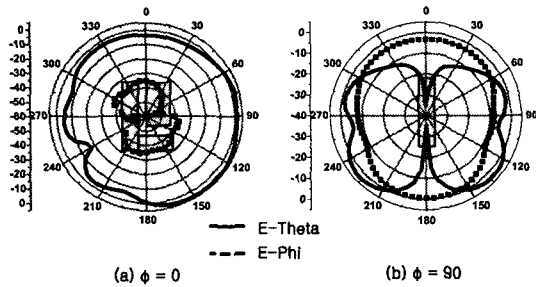


그림8 5.284GHz에서  $\theta$ 에 따른 방사패턴의 변화

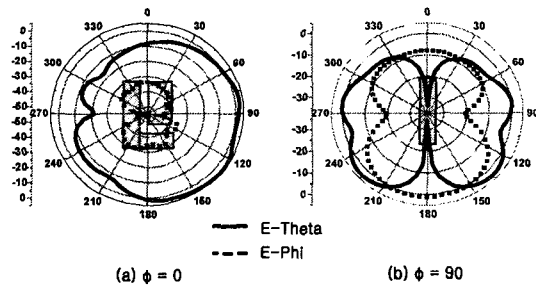


그림9 6.007GHz에서  $\theta$ 에 따른 방사패턴의 변화

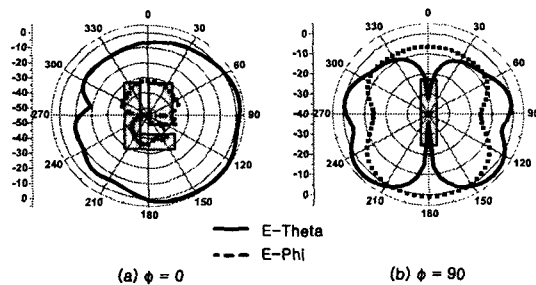


그림10 5.7495GHz에서  $\theta$ 에 따른 방사패턴의 변화

### III. 결론

본 논문에서는 WRC-2003에서 새롭게 분배되었던 5GHz대역에서 사용할 수 있는 안테나를 설계하였다. 본 논문에서 설계된 안테나는 PCB 기판 그라운드 평면에 집적되는 형태로 무선기기 내부에 위치하며 별도의 안테나 소자를 필요로 하지 않는다. 또한 단순한 구조로 제작이 용이하며 가격이 저렴한 FR-4 기판을 사용하여 생산단가를 낮출 수 있다. 급전에 사용된 스트립라인 MIC 회로에 적용이 쉽고 인접회로의 영향을 최소화 할 수 있는 장점을 갖는다. 설계된 안테나는 PCB기판의 우측상단 모서리 부분에 슬롯라인을 포함하여 약  $6.5 \times 14 \times 2$ [mm]의 작은 부피를 차지하여 무선기기의 소형화에 기여한다.

최종 설계된 안테나는 5.284GHz와 6.007GHz에서 이중 공진을 일으키며 중심주파수 5.7495GHz를 중심으로 10dB 기준대역폭 28.54%(4.929~6.561GHz)로 안테나 단일소자로서 넓은 대역특성을 갖는다. 또한 5GHz대역 전 구간에서 3.9~4.2dBi의 이득을 가지며 유사한 방사패턴을 형성하여 5GHz대역의 무선통신 단말기에 적용이 가능하다.

본 연구는 한국 과학재단 우수연구센터(R11-2002-103) 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

- [1] Fujimoto. K. and James. J. R, Mobile antenna systems handbook, Artech house, 2000
- [2] M. Ali, G. j. Hayes, H. S. Hwang and R. A.Sadler "Triple-Band Internal Antenna For Mobile Hand-held Terminals", IEEE 2002, PP32~35
- [3] Gwo-Yun Lee, Tzung-Wern Chiou, Kin-Lu Wong and Cliff Wang, "Low-Profile Planar Monopole Antenna GSM/DCS/PCS Triple-Band Mobile Phone", IEEE 2002, PP26~29
- [4] K.C Gupta, Ramesh Gard, Inder Bahl, Prakash Bhartia, Microstrip Lines and Slotlines, second edition, 1996
- [5] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, A. Ittipibon, Microstrip Antenna Design Handbook, 2001
- [6] Kai Chang, Inder Bahl and Vijay Nair, RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless Systems, 2002
- [7] Pozar David M. , Micro wave engineering, 2nd ed. 1998