

# L형 급전구조를 이용한 ISM대역용 마이크로스트립 안테나 설계

## Microstrip Antenna for ISM Band using L-Shaped feeding structure

박창현\* · 김평국\*\* · 김갑기\*\*\*

Chang-Hyun Park · Pyoung-gug Kim · Kab-Ki Kim

\* Mokpo national Maritime University

### 요약

본 논문에서는 S-Band에서의 ISM대역을 위한 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 사각형 패치를 안테나의 방사소자로 제안하고, 급전 방식은 L형 급전구조를 이용하여 광대역 화 하였다. 패치면의 길이와 폭 변화에 따른 중심주파수와 VSWR 2:1 ( $S_{11}=-10\text{dB}$ ) 대역폭을 고찰하고, ISM대역 주파수에서 안테나의 방사패턴을 시뮬레이션 하여 최대이득, 전후방비 및 3dB 빔폭 을 제시한다. 중심주파수는 2.45GHz, 주파수 대역폭(VSWR 2:1)은 2.314~2.577GHz로 263MHz(11%)이며, E-평면과 H-평면 모두 이득은 9.3dBi이상, 3dB빔폭은 E-평면 52.5°, H-평면 64.7° 이상의 특성을 보였다.

키워드 : S-band, ISM, L-Shaped, Microstrip,

### Abstract

In this paper, microstrip antenna is designed for industrial-scientific-medical(ISM)band of S-Band. We proposed that radiation element of antenna, which is rectangle patch shape. The feeding structure used L-shaped structure. Center frequency and -10dB bandwidth are investigated by change of length and width in patch plane. And maximum gain, front to back ratio and 3dB beam width is presented by simulation radiation pattern of antenna in frequency ISM Band. The center frequency is 2.45GHz, band width is 2.314~2.577GHz with 263MHz(11%). And the antenna maximum gain is 9.3dBi, 3dB beam width E-plane is 52.5°, H-plane is 64.7° .

Key Words : S-Band, ISM, L-Shaped, Microstrip

## 1. 서론

최근 고도의 정보사회화에 따른 다양한 미디어들의 교환과 무선통신망을 활용한 고속, 대용량 정보의 전송 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이러한 무선통신의 기반을 형성하는 것이 안테나의 기술인데, 현재 사용되어지고 있는 중계기 및 기지국용 안테나는 주로 다이폴구조와 마이크로 스트립 구조가 사용되어 지고 있다. 그중 마이크로스트립 구조의 안테나는 평면형 구조로, 소형, 경량이고, 필요에 따라 여러 가지 유형으로 제작이 용이 하며 여러 가지 편파와 이중 공진 특성을 쉽게 구현할 수 있다는 장점을 갖는 반면 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는 것은 마이크로스트립 안테나의 단점이라 할 수 있다[1]. 이런 단점을 개선하기 위해 최근 들어 낮은 유전체 기판을 사용[2] 하거나 적층구조 방식[3] 및 급전 방식의 변화[4] 그리고 방사패치에 여러 가지 형태의 Slot을 삽입[5]등의 방법을 사용하는 광대역화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 다양한 급전 방식이 제시되었다[6-7]. 사용되는 주파수는 ISM대역의 2.45GHz로 산업이나 과학용 및 의료용으로 자유로이 사용할 수 있도록 개방된 주파수 대역으로서 큰 제약 없이 사용할 수 있다.

본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭을 개선하여 S밴드 ISM대역에 사용할 수 있는 광대역, 고 이득 안테나를 설계하고자 한다. 안테나의 대역폭을 개선하기 위해 첫 번째 L자 형태의 급전구조를 이용

하였으며, 직사각형 패치를 이용하여 공진 효과를 이용하였다.

## 2. 패치안테나 설계

사각 패치 안테나의 설계에 있어서 공진패치의 길이 L은 공진주파수를 결정하는 요소이며, 공진패치의 폭 W는 임피던스 대역폭과 입력 임피던스에 영향을 준다. 또한 공진패치의 내부에 존재하는  $TM_{01}$ 와 그 이상의 고차 모드의 공진주파수에 영향을 준다.  $TM_{01}$  모드의 공진주파수 대역에서 고차모드의 발생을 억제하기 위한 공진패치의 폭 W는  $\lambda/2$ 와  $\lambda$ 사이의 값이어야만 한다.

그림 1은 사각 패치 안테나의 기본구조이다.

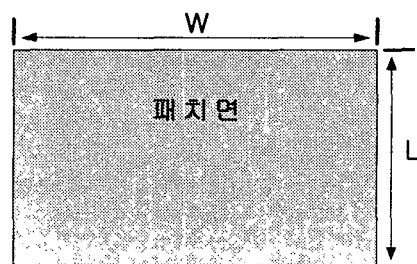


그림 1. 사각형 패치 구조  
Fig 1. structure of rectangle patch

마이크로스트립 패치 안테나를 최적화하기 전에 먼저 사각형 구조의 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화하여야 한다. 먼저 공진주파수  $f_r$  에서 동작하도록 유전율이  $\epsilon_r$ 이고 두께가  $h$ 인 기판위에 사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 폭  $W$ 는 식 (1)로 구할 수 있다.

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

여기서  $c$ 는 광속도,  $f_r$ 은 안테나의 공진주파수이다.

공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계는 프린징이 발생하게 된다. 폭에 대해서도 동일하게 적용한다. 총 프린징 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수이다. 즉, 기본 E-평면에서 기판의 높이  $h$ 에 대한 길이  $L$ 의 비  $L/h$ 와 기판의 유전율  $\epsilon_r$ 의 함수이다. 마이크로스트립 안테나에서는  $L/h \gg 1$ 이므로 프린징 효과가 적지만 프린징 효과는 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야 한다. 프린징과 전파 전파를 계산하기 위하여 실효 유전율을 도입하면 실효유전율  $\epsilon_{re}$ 은  $W/h > 1$ 인 경우, 식 (2)로 나타낼 수 있으며, 프린징 효과 때문에 마이크로스트립 안테

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

나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다. 기본 E-평면(x-y평면)에서, 길이에 대한 공진패치 크기는 각 종단에서 거리  $\Delta l$ 만큼 확장되었고,  $\Delta l$ 은 실효 유전율  $\epsilon_{re}$ 와 폭과 높이의 비( $W/h$ )의 함수이다. 정규화된 확장 길이에 대한 대략적인 관계에서  $\Delta l$ 은 Hammerstad 실험식으로 프린징 필드에 의한 확장효과[8]이며 식 (3)과 같다.

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

따라서 실효유전율  $\epsilon_{re}$ 과 선로확장  $\Delta l$ 에 의해 방사체 길이  $L$ 은 식 (4)와 같이 된다.

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

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

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수  $f_r$ 은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

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

공진주파수는 안테나 소자의 전기적인 길이  $(L + \Delta l)$ , 실효 유전율과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다.

수식에 근거하여 안테나 파라미터 분석 툴인 PCAAD 3.0을 사용하여 공진패치의 길이  $L$ 과 폭  $W$ 를 결정하였으며, 사각형 패치 안테나  $L$ 과  $W$ 에 대하여 시뮬레이션 을 하였다. 그림 2, 3에서  $L$ 과  $W$ 의 길이 변화에 따른

시뮬레이션 결과를 보이고 있다.

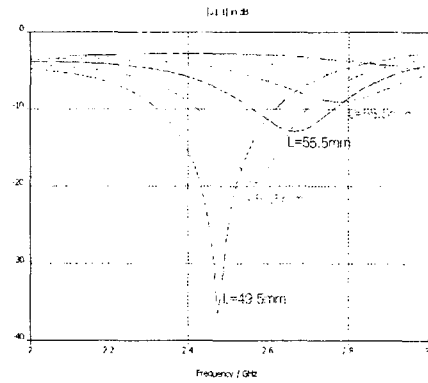


그림 2. (L)에 따른  $S_{11}$ 의 변화  
Fig. 2. Variation of  $S_{11}$  vs (L)

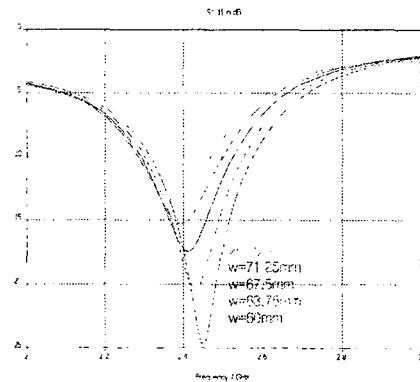


그림 3. (W)에 따른  $S_{11}$ 의 변화  
Fig. Variation of  $S_{11}$  vs (W)

패치의 길이  $L$ 과 폭  $W$ 에 따라 주파수와  $S_{11}$ 을 결정하는 중요한 변수임을 알 수 있었다.

### 3. 급전회로 설계

L자 형태의 급전구조를 갖는 안테나는 구조가 간단하고 각종 이동통신을 위한 기지국용 안테나로서 좋은 특성을 보인다[9].

L자 형태의 급전구조를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 기본 구조를 그림 4에서 보인다.

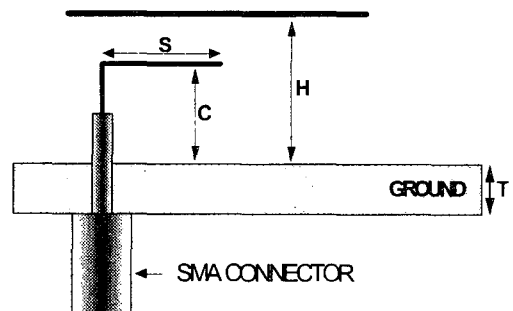


그림 4. 급전 구조  
Fig 1. Structure of Feed

$S$ 와  $C$ 의 각 파라미터의 변화에 따른 특성을 살펴보면 다음 그림 5, 6과 같다.

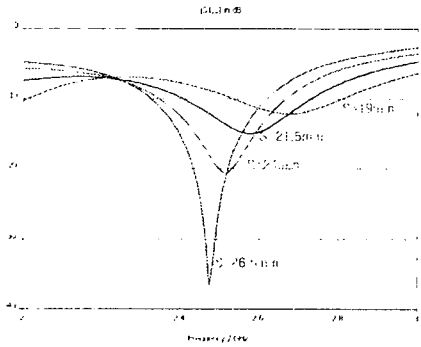


그림 5. (S)에 따른 S<sub>11</sub>의 변화  
Fig 5. Variation of S<sub>11</sub> in terms of (S)

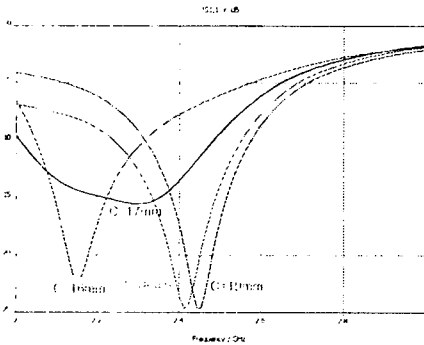


그림 6. (C)에 따른 S<sub>11</sub>의 변화  
Fig 6. Variation of S<sub>11</sub> in terms of (C)

시뮬레이션 결과 S는 26.5mm, C는 19mm에서 가장 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

#### 4. 안테나 설계

최근 무선 LAN(Local Area Network)을 보다 편리하고 자유롭게 사용하게 하여 그 응용 범위를 확장시키고 있는데[10] 802.11b의 무선 LAN의 경우, 2.4GHz 주파수 대역에서 11Mbps의 통신 속도로 상업적으로 많이 활용되고 있으며 또한 802.11g 규격은 2.4GHz 주파수 대역에서 최고 54Mbps까지 데이터 전송을 지원하고 있다. 따라서 본 논문에서는 2.4GHz의 주파수 대역에 맞추어 광대역 안테나를 설계하고자 한다. 표 1에서 안테나의 설계 목표를 나타내었다.

표 1. 안테나 설계 목표  
Table 1. Spec of the antenna design.

주파수	2.45 GHz
대역폭	80MHz
VSWR	≤ 1.5
이득	~ 9dBi
3dB빔폭	~ 45 deg

설계는 CST사의 Microwave Studio를 사용하여 최적화 하였으며, 먼저 설계한 단일 레지 안테나를 이용하여 인자 이중 공진요소를 이용하기 위하여 최적화된 각 변수들은 먼저 레지의 W=60mm, L=19.5mm Ground의 W=120

mm, L=124mm, 급전선로의 S=26.5mm, C=19mm H=6mm임을 알 수 있었다. 그림 7은 최적화된 안테나의 구조를 보여주며 그림 8은 최적화된 안테나의 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.

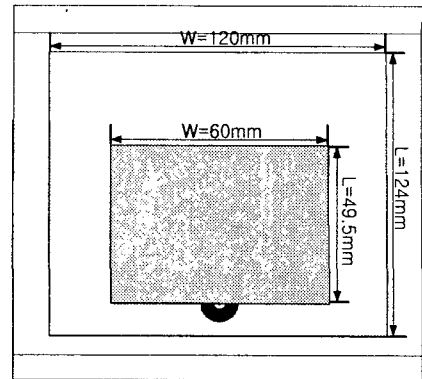


그림 7. 직사각형 안테나  
Fig 7. The antenna of rectangle

최적화 설계된 안테나에서 반사손실 -10dB(VSWR 2:1)가 되는 대역폭은 2.314GHz~2.577GHz까지 11%(263MHz)임을 그림 8, 9를 통하여 알 수 있다.

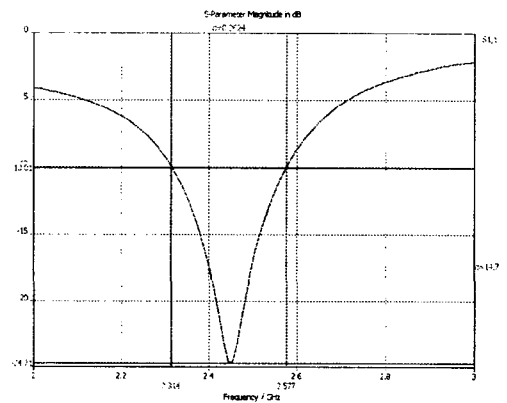


그림 8. 시뮬레이션 반사손실  
Fig 8. The simulated return-loss

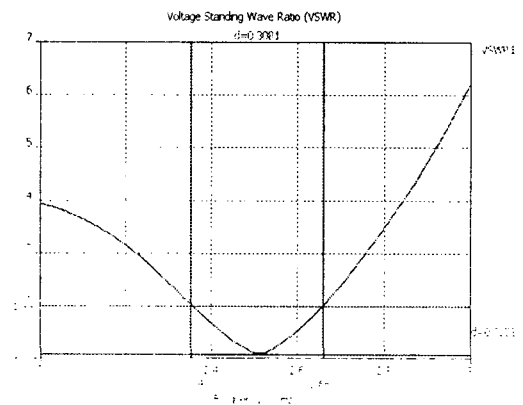


그림 9. 정재파비  
Fig 9. VSWR

참 고 문 헌

[1] Ramesh. Garg, Prakash. Blartia, Inder. Bahl, Apisak. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Atrech House, PP.2-3.  
 [2] J. R. James and P. S. Hall., *Handbook of microstrip antenna*. London : Peter Peregrinus. 1989.  
 [3] S. D. Targonski and R. B. Waterhouse., "An Aperture Coupled Stacked Patch Antenna with 50% Bnadwith", *IEEE AP-S*.  
 [4] Naftall Herscovici, " A wide-band single-layer patch antenna", *IEEE AP-S*, Atlanta. Georgia. pp. 1108-1111. June. 1998.  
 [5] 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, pp354-358, Oct. 1997.  
 [6] D. M. Pozar, "Reciprocity method of analysis for printed slot and slot coupled microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas Prop.*, Vol. 34, page 1439-1446, Dec., 1986.  
 [7] M. K. KIM, K. Kim, Y. H. Suh, and I. Park, "A T-shaped microstrip-line-fed wide slot antenna", *IEEE AP-S International Symp. Digest*, Salt Lake, page 1500-1503, July, 2000.  
 [8] M. Kirsching, Jansen and N. Koster, "Accurate model for open end effect of microstrip lines," *Electron. Lett.*, Vol. 17, pp. 123-125, 1981.  
 [9] Y. X. Guo, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Analysis and design of L-probe proximity fed patch antenna", *IEEE Transactions On Antennas and Propagation*, vol. 49, no. 2, Feb. 2001.  
 [10] Jim Geier, *wireless lans*, Sams, 2002.

그림 10, 11에서는 설계된 안테나의 중심주파수 2.45GHz에서 E평면과 H평면 방사패턴을 보이고 있다. E평면과 H평면 모두에서 9.3dBi 이상의 이득을 나타내었으며, 3dB 빔폭 은 E-평면 52.5°, H-평면 64.7° 이상의 특성을 나타내었다.

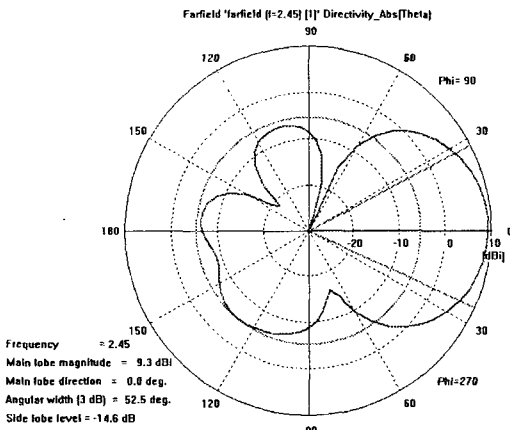


그림 10. E-평면 방사패턴

Fig 10. The radiation pattern of E-Plane

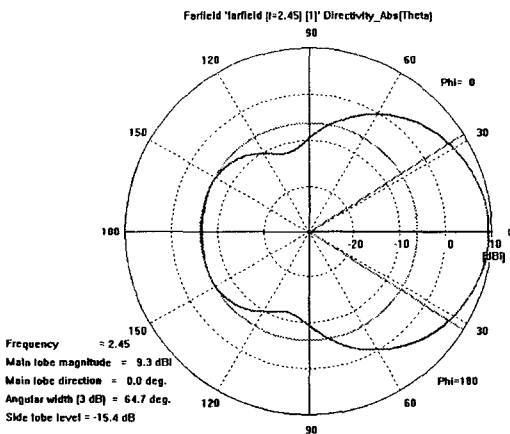


그림 11. H-평면 방사패턴

Fig 11. The radiation pattern of H-Plane

4. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭을 개선하여 S밴드 ISM대역에 사용할 수 있는 광대역, 고 이득 안테나를 설계하였다. 안테나의 대역폭을 개선하기 위해 첫 번째 L자 형태의 급전구조를 이용하였으며, 직사각형 패치를 이용하여 이중 공진 효과를 이용한 결과 설계된 안테나의 동작 주파수는 2.314GHz~2.577GHz까지 11%(263MHz)을 나타내었다. 이것은 동축 급전을 했을 때(4.2%)보다 약 7%개선됨을 확인하였다. 또한 이득은 E-평면에서 52.5°, H-평면 64.7° 이상의 특성을 나타내었다. 추 후 적층형 구조로서 패치단단을 더 적층을 하여서 안테나의 이득이 12dBi 이상이 되도록 개선 할 것이며 시뮬레이션 결과를 토대로 ISM대역 광대역 안테나를 제작한 계획이다. 설계된 안테나는 ISM대역 2.4GHz의 송개기 및 기지국용 안테나로 활용 가능한 것으로 사료된다.