

ISM 대역에서의 적층 구조를 이용한 광대역 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

김민준, 이종우⁰,
동의대학교 정보통신공학과

Design and Implementation of a Stacked Microstrip Antenna with Broad Bandwidth for ISM Band

Min-Joon Kim, Jong-Woo Lee⁰
Dept. of Information & Communication Engineering, Dongeui University

ABSTRACT

The major drawback of the classical microstrip patch antennas is their narrow band characteristic from 1% to 5%. In this paper, to improve this drawback, we designed the antenna with stacked structure having one drive patch connected with feed line and four identical radiation patches. Resonance is achieved by adjusting coupling area between one drive patch and four identical radiation patches and changing the size of drive patch or radiation patches. Used substrate is FR4($\epsilon_r = 4.6$ and $t = 1.6$ mm) and designed center frequency is 2.45GHz. The designed antenna has a wide bandwidth of 380MHz form 2.333GHz to 2.713GHz(about 15.5%) including ISM band from 2.4GHz to 2.4835GHz.

Key words : stacked structure, wide bandwidth, ISM band

1. 서론

마이크로스트립 패치 안테나는 비교적 제작이 간편하며 얇고 가볍고 비용이 저렴할 뿐만 아니라 다른 안테나에 비해 돌출부가 없이 벽에 부착할 수 있는 장점들 때문에 널리 사용되어지고

있다.

이러한 여러 가지 장점들이 있는 반면 협대역 특성을 가지는 가장 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해서 multimode operation 기술을 이용하거나 folded dipole antenna 또는 parasitic elements와 stacked patch를 이용한다

[1].

본 논문에서는 광대역 실현을 위해 하나의 구동 패치 위에 네 개의 동일한 방사 패치를 적층으로 쌓는 구조로 설계하였다. ISM 대역(2.4GHz~2.4835GHz)에서의 동작을 위해 중심 주파수를 2.45GHz로 설계하였고 구동 패치와 방사 패치 모두 $\epsilon_r=4.6$, $t=1.6\text{mm}$ 를 가지는 FR4 유전체 기판을 사용하였다. 설계 tool로는 Ansoft 사의 Ensemble을 이용하였다.

2. 안테나의 설계 과정

2-1. 수식을 통한 패치 크기 계산

중심 주파수가 2.45GHz이고 나머지 주어진 파라미터로부터 먼저 패치의 폭(W)을 계산한다. 수식은 다음과 같다.

$$W = \frac{1}{2f_c \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

패치 폭이 결정되면 실효 유전상수 ϵ_{reff} 와 프린징 효과에 의해 생기는 전기적인 길이 ΔL 은 (2)식과 (3)으로부터 구한다.

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

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

지금까지 구한 파라미터로부터 패치의 길이 L을 다음 식으로부터 구할 수 있다. [2]

$$L = \frac{1}{2f_c \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L \quad (4)$$

위의 식들에 의해 폭 W는 36.58mm이고 패치의

길이 L은 28.2mm이다.

2-2. 안테나 구성 및 최적화

지금까지 설계한 단일 패치 안테나를 이용하여 그림 1에서 보는 것과 같이 하나의 구동 패치 위에 네 개의 동일한 방사 패치가 놓이는 적층 구조를 만든다. 이때 구동 패치는 50Ω의 feed line으로 급전을 된다.

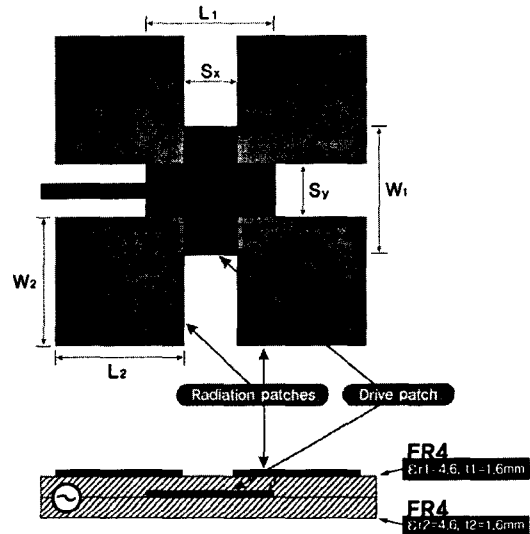


그림 1. 안테나 구조.

이러한 구조에서, 네 개의 방사 패치는 구동 패치와 오버랩되는 코너에서의 커플링을 통해 급전되어지고 네 개의 상층 패치는 모두 동일한 크기를 가지는 대칭 구조이므로 동위상으로 방사한다. 그림 1에서의 네 개의 방사 패치에서, 가로 간격을 S_x , 세로 간격을 S_y 라 할 때, 가로 간격 S_x 와 세로 간격 S_y 를 적절히 변화시키면 구동 패치와 방사 패치 사이의 커플링 면적이 변화하고 이러한 커플링 면적의 변화로 인해 알맞은 공진 모드가 여기되어짐으로 해서 광대역 특성을 가지게 된다[3].

구동 패치와 네 개의 방사 패치는 설계 식

(1)-(4)에 의해 초기 설계된 후, 가로 간격 S_x 와 세로 간격 S_y 를 동시에 5mm에서 30mm까지 5mm단위로 변화시켜 공진이 일어나는 경우를 찾는다. 이때 원하는 주파수에서 공진이 일어나지 않는다면 L_1 과 L_2 를 조금씩 변화시켜 원하는 주파수에서 공진이 일어나도록 한다. 공진이 일어나는 지점에서 가로 간격 S_x 를 고정시켜놓고 세로 간격 S_y 를 1mm 간격으로 늘이고 줄여서 그 결과를 검토한다. 그 결과를 통해 세로 간격 S_y 가 정해진다. 마찬가지로 정해진 세로 간격 S_y 를 고정하고 가로 간격 S_x 를 1mm씩 변화시켜 가로 간격 S_x 를 결정한다.

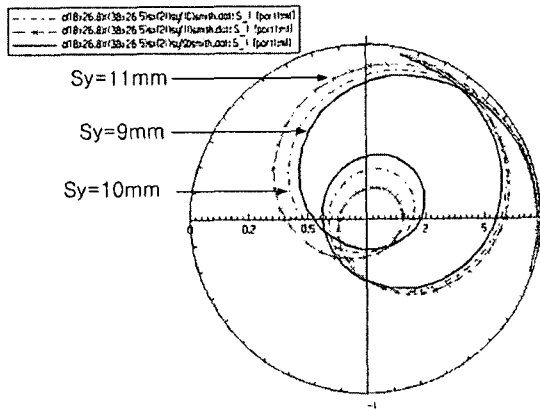


그림 2. 세로 간격 S_y 를 변화시켰을 때 입력 임피던스의 변화.

그림 2는 2GHz에서 2.8GHz 사이의 주파수에서 세로 간격 S_y 를 11mm에서 9mm까지 1mm 간격으로 변화시켰을 때 입력 임피던스의 변화이다. 세로 간격 S_y 가 줄어들에 따라 커플링 면적이 증가하게 되고 공진되는 루프가 점점 커짐을 볼 수 있다. 그림 3에서 보면 세로 간격 S_y 가 11mm에서 9mm까지 줄어들에 따라 대역폭은 점점 늘어나는 반면 S_{11} 이 나빠짐을 볼 수 있다.

이어서 세로 간격 S_y 를 고정하고 가로 간격 S_x 를 조정할 경우, 커플링 면적의 변화가 앞에서의 경우와 동일하므로 세로 간격 S_y 를 변화시켰

을 때의 결과와 거의 동일하다.

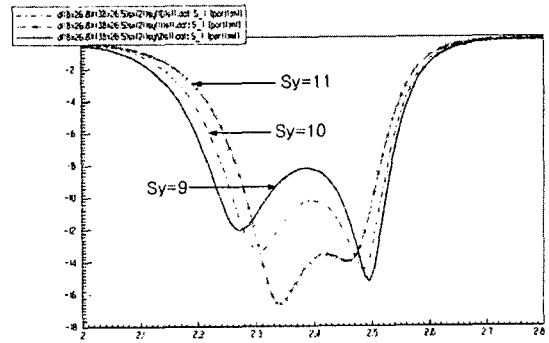


그림 3. 세로 간격 S_y 를 변화시켰을 때 S_{11} 의 변화.

최종적으로 정확한 매칭을 위해 구동 패치의 폭 W_1 와 세로 간격 S_y 를 동시에 조정한다.

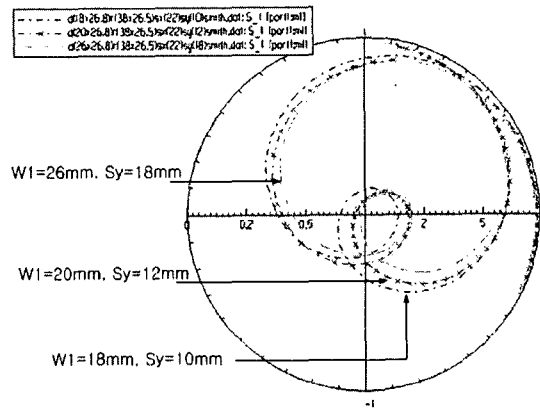


그림 4. 구동 패치의 폭 W_1 와 세로 간격 S_y 를 동시에 조정했을 때 입력 임피던스의 변화.

그림 4는 구동 패치의 폭 W_1 와 세로 간격 S_y 를 동시에 조정했을 때 입력 임피던스이다. 공진 루프의 큰 변화 없이 임피던스가 변화됨을 볼 수 있다. 그림 5는 이 때의 S_{11} 의 변화를 보여 준다. 구동 패치의 폭 W_1 와 세로 간격 S_y 가 변화하더라도 주파수 대역에는 크게 변화가 없음을 볼 수 있다.

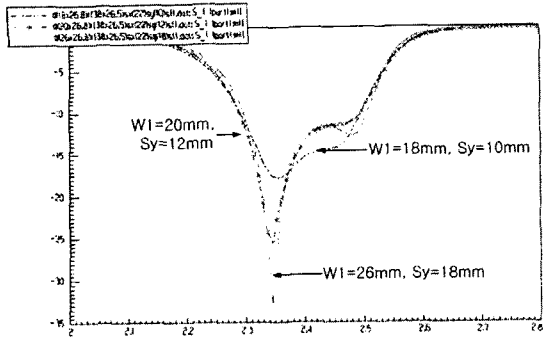


그림 5. 구동 패치의 폭 W_1 와 세로 간격 S_y 를 동시에 조정했을 때 S_{11} 의 변화.

만약 이렇게 해서 매칭이 되지 않는다면 L_1 이나 L_2 를 조금 변화 시킨 후 세로 간격 S_y 와 구동 패치의 폭 W_1 을 동시에 변화시키는 과정을 반복한다.

위의 과정을 거쳐 최적화 된 안테나의 구동 패치의 길이(L_1)는 26.8mm, 폭(W_1)은 18mm, 그리고 피드 라인은 50mm로 하였다. 방사 패치의 길이(L_2)는 26.5mm, 폭(W_2)는 38mm이다. 가로 간격 (S_x)은 21mm, 세로 간격(S_y)은 10mm이다.

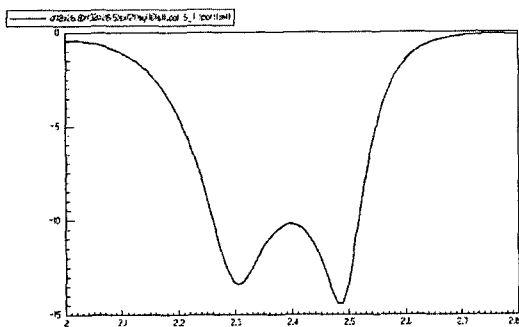


그림 6. 최적화된 안테나의 S_{11} .

최적화된 안테나는 2.259GHz에서 2.517GHz까지 약 258MHz(약 10.53%)의 -10 dB 미만의 대역폭을 얻었다.

그림 7은 최적화된 안테나의 입력 임피던스를 보여준다.

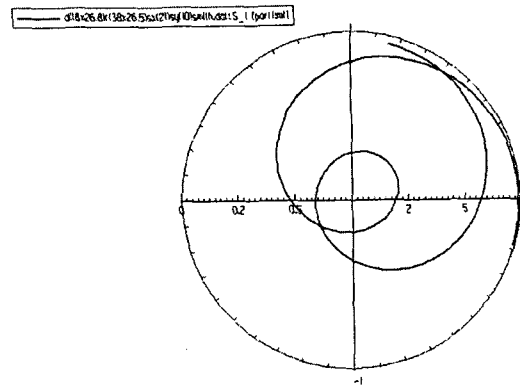


그림 7. 최적화된 안테나의 입력 임피던스.

3. 제작 및 측정

시뮬레이션 결과를 바탕으로 안테나의 제작에 들어갔으며 제작 후 약간을 튜닝을 거쳐 측정하였다. 그림 8은 실제 제작된 안테나의 모습을 보여준다.

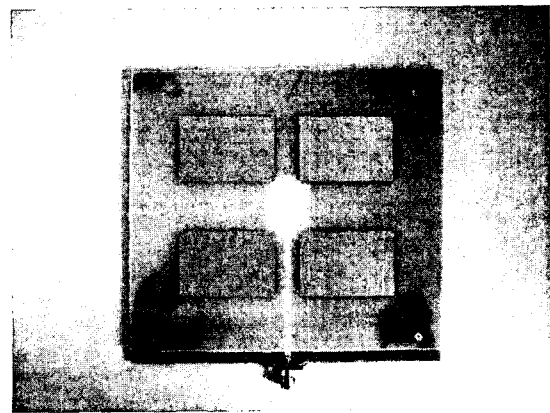


그림 8. 제작된 안테나.

구동 패치와 방사 패치의 접합을 위해 접착제를 사용해본 결과 큰 오차가 없는 것으로 나타났다. 조금 더 정밀한 결과를 위해서는 이러한 부분이 고려되어야 할 것이다.

그림 9와 그림 10은 제작된 안테나의 측정 결과를 보여준다. -10dB 이하에서 2.333GHz에서 2.713GHz까지 약 380MHz(약 15.5%)의 광대역

특성을 얻을 수 있었다.

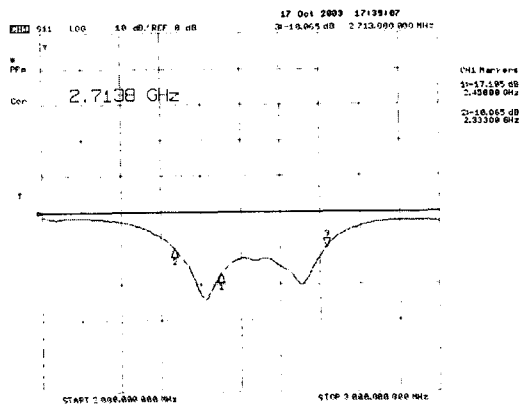


그림 9. 제작된 안테나의 S_{11} .

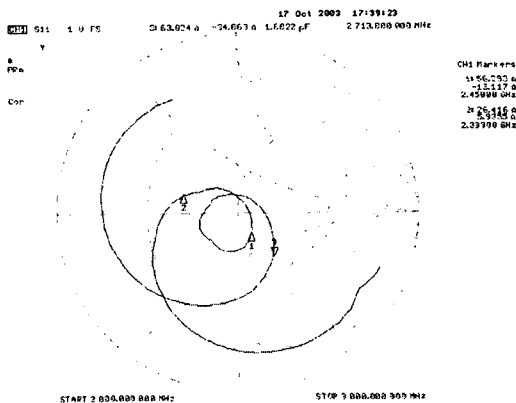


그림 10. 제작된 안테나의 입력 임피던스.

4. 결론

마이크로스트립 패치 안테나는 작고 가벼우며 제작이 간편하고 비용이 저렴하기 때문에 많이 사용하는 안테나 구조이다. 하지만 마이크로스트립 패치 안테나의 협대역 특성 때문에 많은 제약이 따른다.

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 제약 조건인 협대역 문제를 해결하기 위해 하나의 구동 패치 위에 네 개의 동일한 방사 패치를 놓는 구조로 설계했다. ISM 대역에서 사용되어

지도록 중심 주파수 2.45GHz에서 설계하였으며 설계 기판은 구동 패치와 네 개의 방사 패치 모두 $\epsilon_r=4.6$, $t=1.6\text{mm}$ 를 가지는 FR4 유전체 기판을 사용하였다.

네 개의 동일한 방사 패치의 가로 간격(S_x)과 세로 간격(S_y) 그리고 구동 패치와 방사 패치의 길이와 폭을 조절하여 패치들 사이의 커플링 면적이 조절되고 이러한 커플링 면적의 조절을 통해서 $S_{11} < -10$ dB에서 약 15.51% (2.333GHz ~ 2.713GHz)의 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

본 논문을 통해 제작된 안테나는 무선 랜이나 블루투스과 같은 소규모 근거리 데이터 통신 시스템에 사용가능 할 것으로 기대된다.

- [1] Zucher, Jean-Francois, and Gardiol, Fred E, *Broadband Patch Antenna*, Artech House, 1995.
- [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.
- [3] Legay, H, and Shafai, L, "New stacked microstrip antenna with large bandwidth and high gain", *IEE Proc.-microw. Antennas propag., Vol. 141, No.3*, pp. 199-204, June 1994.
- [4] Haupt, R, L, "Reducing grating lobes due to subarray amplitude tapering", *IEEE Trans., AP-33*, pp.846-850, 1985.
- [5] 김태현, 전계석, "대충 이중층 5패치 마이크로스트립 안테나의 설계", *경희대학교 산학협력기술 연구논문집, Vol.7*, pp. 26-29, 2001.