

2.4 GHz 대역 마이크로스트립 안테나의 설계

한 재 봉*, 황 재 호**
CBS 포항방송 기술국*
경주대학교 컴퓨터멀티미디어공학부**

Design of Microstrip Antenna for 2.4 GHz Band

Jae-Bong Han*, Jae-Ho Hwang**
Dept. of Engineering, CBS Pohang *
School of Computer & Multimedia Engineering, Gyeongju Univ.**

요 약

무선 및 이동 통신에 있어 2.4 GHz 대역은 허가 없이 사용할 수 있는 ISM (Industrial Scientific Medical) 주파수 밴드로 다양한 무선통신시스템에 사용되고 있다. 그러나 송출 전력을 제한하고 있어 전파환경 등에 의해 통화품질이 저하되는 경우가 많이 발생한다. 이와 같은 통신의 저하 요소를 해결하는 방법중의 하나로는 이득이 높은 안테나의 사용을 들 수 있다.

본 논문은 2.4 GHz 대역에 있어 지향성 이득이 큰 마이크로스트립 안테나를 설계하고, 패치의 배열에 따른 이득의 변화를 제시하여 통신시스템의 용도에 따른 안테나의 적절한 선택기준을 제시한다. 설계한 마이크로스트립 안테나의 특성을 살펴보면 공진주파수 2.45 GHz 에서 입력 임피던스는 약 50 Ω으로 별도의 정합회로가 필요치 않으며, 1개의 패치인 경우 안테나의 이득은 약 6.2 dBi 이고, 패치의 배열에 따라 이득의 증대가 나타났다.

1. 서론

최근 무선 및 이동통신에서 2.4 GHz 대역은 전파법상 허가 없이 사용할 수 있는 ISM (Industrial Scientific Medical) 주파수 밴드로 다양한 분야에 폭넓게 이용되고 있지만^{[1][2]}, 송출되는 전력을 제한하고 있어 통신의 경우 근거리에만 적용되고 있다. 이와 같이 송신전력이 미약한 경우 전파환경 등의 영향으로 통화의 품질이 저하되는 경우가 발생할 수 있다.

한편, 최근의 무선 통신 단말기는 용도와는 별도로 소형화에 대한 요구가 항상 대두 되고 있다. 일반적으로 무선단말기에 있어 안테나는 단말기의 상당한 부분을 차지하고 있어 안테나의 소형화는 곧 단말기의 소형화라 할 수 있다.

안테나를 소형화하는 방법으로는 다양한 연구결과가 제안되고^{[3][4]} 있지만 그 중에 대표적인 방법으로는 유전체 기판을 이용한 프린트형 안테나를 들 수 있다. 프린트안테나는 제조공정이

간단하여 저 가격, 대량 생산이 용이하다는 장점이 부각되고 있다^{[5][6]}.

본 논문에서는 2.4 GHz 대역 무선 통신에 있어 통화품질의 저하 요소를 해결하는 방법으로 지향성이 뛰어난 마이크로스트립 안테나를 설계하고, 패치의 배열에 따른 이득의 변화를 제시하여 통신시스템의 용도에 따른 안테나의 적절한 선택기준을 제시한다.

유전체 기판이 포함되는 안테나의 설계 및 해석은 매질의 특성이 안테나에 많은 영향을 미치게 되어 자유공간상의 안테나 특성과는 커다란 차이가 있으며 해석법 또한 상당히 복잡하게 된다^{[7][8]}.

따라서 본 논문에서는 안테나의 특성해석에 있어서는 유한요소법에 근거한 상용 시뮬레이션 툴(HFSS)을 사용하며, 엄밀한 방사특성을 해석하기 위해 최외각 방사면에 다중의 흡수경계조건을 적용한다.

안테나에 있어 입력 임피던스 특성은 안테나의 성능을 평가하는 중요한 파라미터 중의 하나이다. 입력 임피던스에 따른 안테나의 매칭은 방사전력의 손실을 줄이게 된다. 접지면을 포함하는 유전체 기판의 상부에 방형 패치를 설치하여 마이크로스트립 안테나를 구성하며 패치에 급전되는 급전선의 구조를 적절히 설계하여 입력 임피던스의 정합을 이루었으며 그 특성을 시뮬레이션으로 검토한다. 또한 패치의 배열을 통해 안테나의 지향성이득 특성을 살펴본다.

2. 마이크로스트립 안테나의 설계

마이크로스트립 배열 안테나는 지향성 안테나를 기판상에 구성하는데 있어 가장 대표적인 안테나로 접지면이 부가된 유전체 기판상에 방형 또는 원형 패치를 구성한다.

그림 1은 방형 패치 안테나의 구조를 나타낸다 이와 같은 패치 안테나의 동작원리는 그림 2와 같이 패치의 에지(edge)와 접지면 사이에 발생하는 전계에 의해 전자가 방사되는데 이는 발생하는 전계를 그림과 같이 등가 자류원으로 취급되며 2개의 동일 방향 자류원에 의해 방사가 된다고 볼 수 있다. 패치 안테나는 L이 약 1/2 파장일 때 공진을 하게 되며 안테나 특성은 기판의 두께, 유전율, 패치의 크기, 급전점의 위치 등에 따라 변화한다.

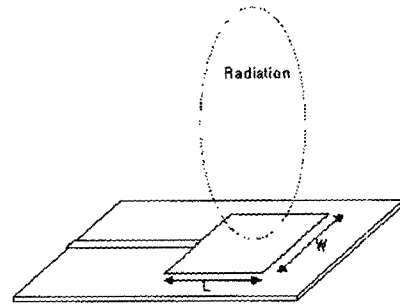


그림 1. 방형 패치 안테나의 구조

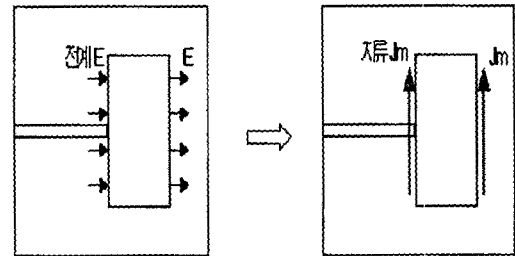


그림 2. 패치 안테나의 등가자류원

본 논문에서 설계하고자 하는 마이크로스트립 안테나는 비유전율(ϵ_r)이 4.6, 두께가 1.6 mm 인 기판을 사용하며, 또한 인쇄되는 패치의 구조는 방형으로 하되 크기는 2.45 GHz 에서의 공진 특성을 보고 결정한다. 한편, 일반적으로 패치 안테나의 입력 임피던스는 상당히 높아 그림 3과 같이 급전선(MSL)에 테이퍼(Taper)를 사용하여 임피던스

정합을 한다. 그림 4는 2.4 GHz 대역의 단일 패치의 구조를 나타내고 있다. 패치의 크기는 유전체 기판의 크기와 유전율을 고려하여 2.4 GHz 에서 공진하도록 결정한다.

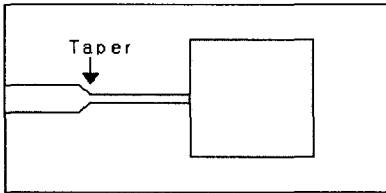
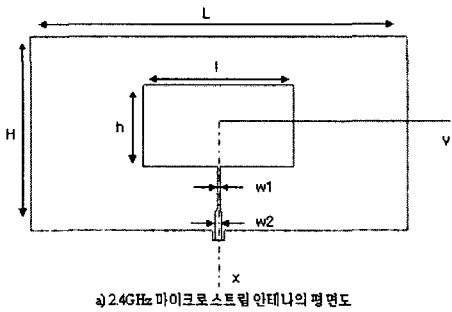


그림 3. 테이퍼(Taper)를 이용한 선로간의 임피던스 정합



a) 2.4GHz 마이크로스트립 안테나의 평면도

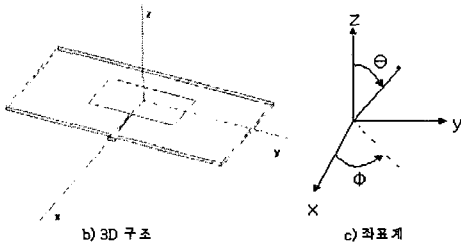


그림 4. 마이크로스트립 안테나의 구조 및 좌표계

그림 5는 기판의 크기($H \times L$)가 $60 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$ 인 기판상에 패치의 크기가 $25 \text{ mm} \times 48 \text{ mm}$ ($h \times l$)이며 급전선의 폭(w_1)은 1 mm , 급전선의 폭(w_2)은 2 mm 인 경우의 입력 임피던스 특성을 나타내고 있다. 약 2.45 GHz 에서 공진이 나타나며 공진점에서의 입력

임피던스는 약 50Ω 으로 테이퍼에 의한 정합이 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

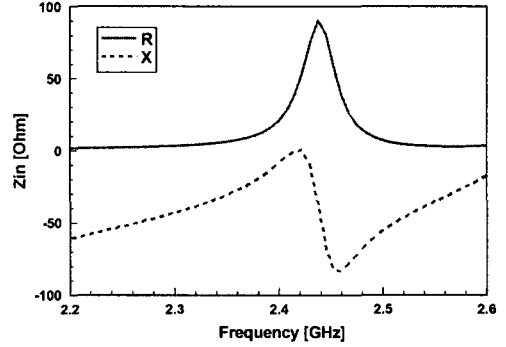
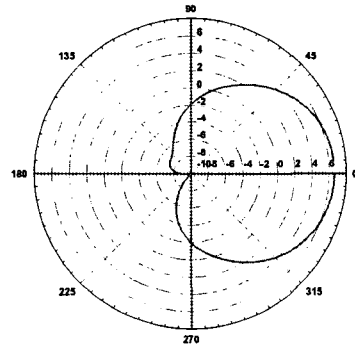
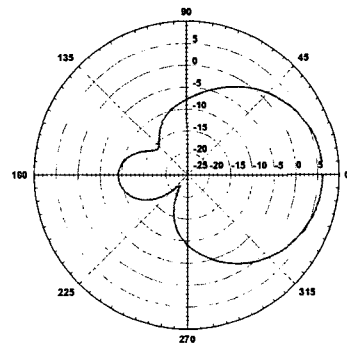


그림 5. 1 패치 안테나의 입력 임피던스 특성



xz 면 ($\Phi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)



yz 면 ($\Phi = 90^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)

그림 6. 1 패치 안테나의 지향성 특성

그림 6 은 공진 주파수에서의 지향성 특성을 나타내고 있다. 패치의 후면으로의 방사는 거의 없으며 패치의 전면방향(z 방향)으로의 안테나 이득이 약 6 dBi 임을 알 수 있다.

3. 마이크로스트립 배열 안테나

앞 절에서는 2.4 GHz 대역에 사용되는 마이크로스트립 안테나를 설계하는데 있어 패치의 크기와 임피던스 정합을 고려한 급전선의 구조를 알아 보았다. 마이크로스트립 안테나에 있어 안테나의 이득 증가는 패치의 배열 수를 늘려 해결할 수 있으며 이때 안테나로부터 방사되는 빔의 형태는 그림 7 과 같은 형태로 나타난다.

그림 8 은 2.4 GHz 대역에 공진하도록 2 개의 패치를 배열한 2 패치 배열안테나의 구조를 나타내고 있다. 각 패치의 크기는 그림 4 와 동일하며 두 패치간의 간격(12)은 118 mm, 급전선의 폭(w2)은 2 mm, 급전선의 폭(w3)은 4 mm 이다. 그림 9 는 이때의 입력 임피던스 특성을 나타내고 있으며 약 2.45 GHz 에서 공진이 나타나며 이때의 임피던스값은 약 50 으로 정합에 용이하다.

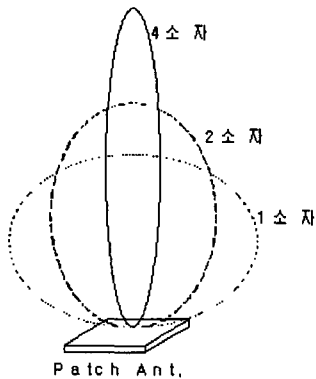
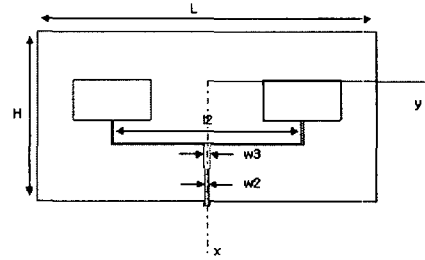


그림 7. 패치의 배열 수에 따른 방사형태

또한 그림 10 은 공진 주파수 2.45 GHz 에서의 지향성 특성을 나타내고 있으며, 최대 방향으로의 안테나 이득이 약 9 dBi 로 패치가 하나일 때 보다 약 3 dBi 커짐을 알 수 있다.



a) 2.45GHz 마이크로스트립 안테나의 평면도

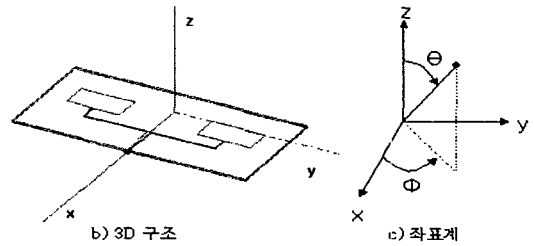


그림 8. 2 패치 배열 안테나의 구조 및 좌표계

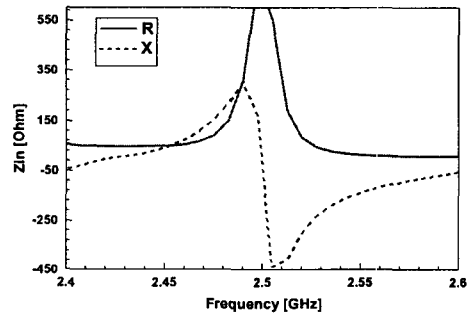
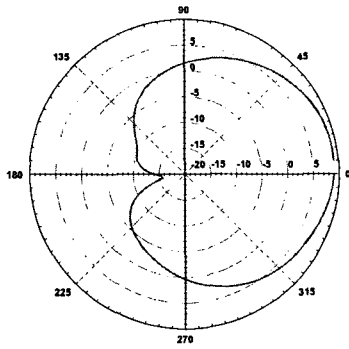
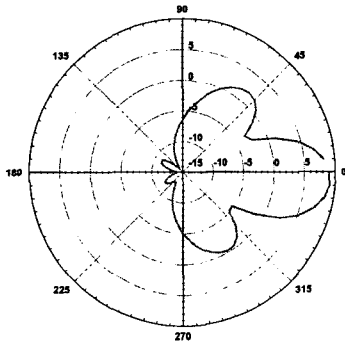


그림 9. 2 패치 배열 안테나의 입력임피던스 특성



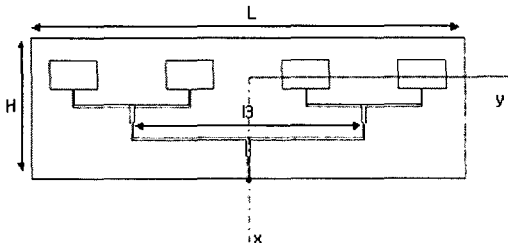
xz 면 ($\Phi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)



yz 면 ($\Phi = 90^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)

그림 10. 2 패치 배열 안테나의 지향성 특성

그림 11 는 패치의 수를 4 개로 한 경우의 배열 구조 및 좌표계를 나타내고 있다.



a) 2.4 GHz 마이크로스트립 안테나의 평면도

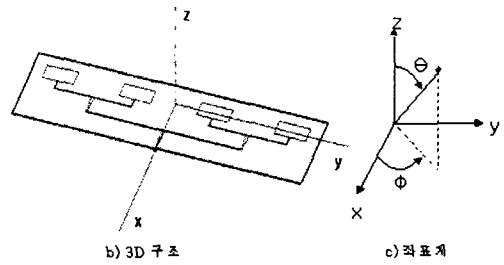


그림 11. 4 패치 배열 안테나의 구조 및 좌표계

각각의 패치 크기는 동일하며 급전 중앙부로부터 좌우 2 개씩의 패치를 배치한다. 그림 12 와 13 은 이들 패치간의 간격(b)을 234 mm 로 했을 때의 입력 임피던스와 지향성 특성을 나타내고 있다. 공진 주파수 2.45 GHz 에서의 최대방향 안테나 이득은 약 11 dBi 로 2 개의 패치보다 약 2 dBi 정도밖에 증가되지 않았으나 이것은 입력 임피던스 값이 공진점에서 약 35 옴으로 정합이 완전하지 못했음이 원인이라 할 수 있다.

이상 설계한 2.4 GHz 대역 마이크로스트립 안테나에 있어 패치의 배열 수를 증가시키에 따라 안테나의 지향성 이득이 증가됨을 알 수 있으며 그 증가 정도는 표 1 과 같이 최대방향이득으로 비교된다.

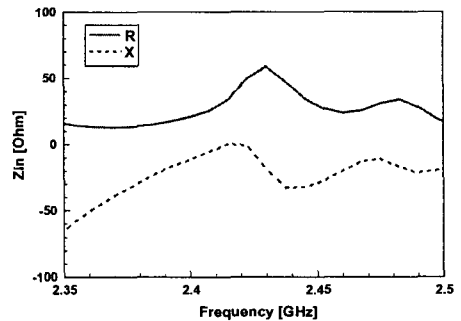
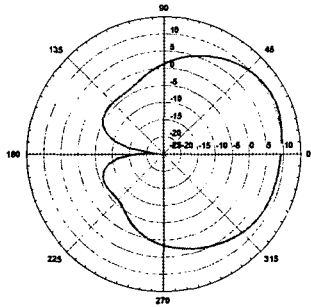
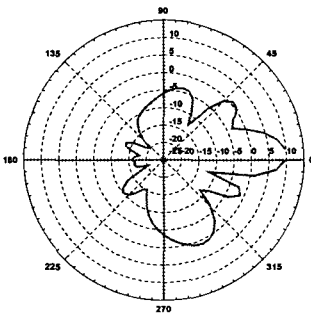


그림 12. 4 패치 배열 안테나의 입력임피던스 특성



xz 면 ($\Phi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)



yz 면 ($\Phi = 90^\circ$, $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$)

그림 13. 4 패치 배열 안테나의 지향성 특성

표 1. 패치 배열에 따른 안테나의 이득

소자 수(Patch의 수)	이득(dBi)
1	6.2
2	9.2
4	11.3

4. 결론

본 논문에서는 2.4 GHz 대역의 미약한 송신전력을 보다 먼거리에 전송시키는 방법으로 마이크로스트립 구조의 지향성 안테나를 설계, 그 특성을 비교검토 해보았다.

설계된 마이크로스트립 안테나의 패치 크기는 기판의 유전율을 고려, 2.4 GHz 에 공진 하도록 25 mm × 48 mm 로 하였으며 급전부의 임피던스 정합을

위해 급전선로부에 테이퍼(Taper)를 추가하여 입력 임피던스 값이 거의 50 Ω 이 되도록 하였다. 또한, 패치의 배열에 있어서는 각 패치간의 간격이 약 중심점을 기준으로 약 1 파장(실효파장)이 되도록 하였다. 패치의 배열수가 증가함에 따라 안테나의 지향성 이득을 살펴본 결과 4 개의 패치 배열의 경우 1 개의 패치에 비해 약 5dB 의 이득 증대가 나타남을 알 수 있었다.

결과로부터 알 수 있듯이 송신전력의 크기와 전파환경 등을 고려하여 적절한 이득의 안테나를 선택하면 전송품질(통화품질)의 향상을 기대할 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] *Specification of the Bluetooth System*, Version 1.0 Draft Foundation, www.Bluetooth.com.
- [2] S. Sampei, "Applications of Digital Wireless Technologies to Global Wireless Communications", Prentice Hall, NJ, USA.
- [3] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology", IEEE Trans. Antenna & Propagat., Vol. AP-29, pp.2-24, Jan. 1981.
- [4] 羽石, 小形, "平面안테나", (日)電子情報通信學會編.
- [5] J. H. Hwang and K. Sawaya, "Radiation characteristics of dipole antenna on dielectric substrate", IEICE General Conference, B-1-90, 1997.
- [6] I. J. Bahl, "Microstrip Antennas", Artech House, 1982.
- [7] J. H. Richmond and E. H. Newman, "Dielectric coated wire antennas", Radio Science, Vol. 11, No1, pp. 13 - 20, Jan. 1976.
- [8] I. E. Rana and N. G. Alexopoulos, "Current Distribution and Input Impedance of Printed Dipoles", IEEE Trans. AP., Vol.29, No.1, pp. 99 -105, Jan. 1981.