



Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

<http://www.kkits.or.kr>

Design of Rectangular Patch Microstrip Antenna for Mobile Devices

Jae-Yeon Choi*

Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University

ABSTRACT

We design a small microstrip patch antenna with rectangular patches for use in mobile communication devices for mobiles. As can be seen from the results of the designed antenna, the small microstrip patch antenna was designed to have a center frequency of 1.91 GHz, which was successful. The ground plane dimensions of the patch antenna are designed to be 31mm x 40mm, and the patch dimensions are 22mm x 31mm. The designed antenna is sized enough to fit into a typical mobile communication device. Reduced posterior lobe radiation has been obtained, which is an additional advantage of the antenna when applied to mobile terminals because it minimizes the amount of electromagnetic energy radiated towards the user's handset. A gain of 1.87 dBi and a directivity of 5.56 dBi were obtained. The bandwidth obtained for this antenna is 23.28 MHz, and time division systems and global systems of mobile communications use 30 KHz channels, which is sufficient for personal mobile terminals. When mobile phones are connected through satellite networks to provide services to users, different networks must be able to operate the mobile terminal's antennas at separate frequencies. Work must be done to design a dichroic or trichromatic microstrip patch antenna that can operate at four or three frequencies and be used for many applications.

© 2019 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Rectangular patch, Microstrip patch antenna, Return loss, Radiation pattern, bandwidth

ARTICLE INFO: Received 2 November 2019, Revised 7 December 2019, Accepted 7 December 2019.

*Corresponding author is with the Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University, 91 Daehak-ro Seobuk-gu Cheonan,

Choongnam, 31020, KOREA.

E-mail address: cjy@nsu.ac.kr

1. 서론

셀룰러 산업은 연간 300 억 달러의 수익을 창출하며 가장 빠르게 성장하는 산업중 하나이다[1]. 1980 년대에 사용된 휴대전화는 부피가 크고 무거웠으나 VLSI 기술의 발전으로 휴대폰에 사용되는 다양한 마이크로프로세서 및 신호처리 IC의 크기를 줄일 수 있었다[2-3]. 핸드셋 크기를 줄이는 또 다른 방법은 더 작은 안테나를 사용하는 것이다. 이 논문의 목적은 모바일 이동통신 장치에 사용하기 위한 소형 안테나를 설계하는 것이다[4-5].

마이크로 스트립 패치 안테나는 패치의 한쪽면에 유전체 기판으로 구성되고 다른 쪽 면에는 접지면이 있다. 낮은 무게와 부피, 낮은 프로파일 평면 구성, 낮은 제조 비용 및 마이크로파 집적 회로(MIC)와의 통합 기능과 같은 장점으로 인해 마이크로 스트립 패치 안테나는 휴대폰, 호출기, 미사일 시스템과 같은 응용 분야에 매우 적합하다[6-8]. 위성 통신 시스템. 소형 마이크로 스트립 패치 안테나는 1.9GHz의 휴대 전화에 사용하도록 설계되었다. 얻어진 결과는 모바일폰에 통합하기 위한 실행 가능한 안테나 설계를 제공한다. 먼저 2장에서 안테나의 설계 사양과 설계 과정을 소개하고, 3장에서 시뮬레이션을 통한 안테나 성능과 방사패턴을 구하고, 마지막으로 계산된 파라미터에 대한 성능 평가를 구한다.

2. 마이크로 스트립 패치 안테나 설계

2.1 설계 사양

직사각형 마이크로 스트립 패치 안테나 설계 절차에 대해 살펴 보도록 한다. 여기서 설계된 소형 직사각형 마이크로 스트립 패치 안테나는 모바일

폰에 사용하도록 설계되었고, 다음 장에서 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과로 성능을 평가하도록 한다. 직사각형 마이크로스트립 패치 안테나 설계를 위한 세 가지 필수 매개 변수는 동작주파수와 유전체 기판의 유전상수, 기판의 높이가 있다[9-11]. 동작 주파수(f_0)는 안테나의 공진 주파수를 적절히 선택해야 하는데, 개인 통신 시스템에서 1850-1990 MHz의 주파수 범위를 사용하고, 설계된 안테나는 이 주파수 범위에서 작동 할 수 있도록 한다. 여기에서 설계에 채택된 공진 주파수는 1.9GHz이다. 기판의 유전 상수 (ϵ_r) 또한 매우 중요한 성능 파라미터중 하나인 데 여기서 설계에 선택된 유전체는 11.9의 유전 상수를 갖는 실리콘 이고, 이러한 유전율이 높은 기판은 안테나의 크기를 감소시킬 수 있기 때문에 선택되었다[12-14]. 유전체 기판 높이 (h)는 모바일 단말기의 크기와 두께에 영향을 미치기 때문에 적절히 선택되어야 한다. 마이크로 스트립 패치 안테나를 단말기에 사용하기위해 안테나가 부피에 큰 영향을 주지 않도록 유전체 기판의 높이는 1.5 mm로 선택되었다.

2.2 설계 과정

동축 급전 또는 프로브 급전은 마이크로스트립 패치 안테나를 급전하는 데 사용되는 매우 일반적인 기술이며, 동축 커넥터의 내부 도체는 유전체를 통해 뺀어 있고 방사 패치에 납땜되어 있으며 외부 도체는 접지면에 연결되어 있다[9][15-16]. 이런 유형의 급전 방식의 주요 장점은 급전을 입력 임피던스와 일치시키기 위해 패치내의 원하는 위치에 급전점을 배치 할 수 있다는 것이다. 이 공급 방법은 제조가 용이하고 스퍼리어스 방사가 적으나 주요 단점은 좁은 대역폭을 제공하고 기판에 구멍을 뚫어야하고 커넥터가 접지면 외부로 돌출되어 두꺼운 기판($h > 0.02\lambda_0$)에 대해 완전히 평

면이 되지 않기 때문에 모델링하기가 어렵다는 것이다[17-18]. 또한 두꺼운 기판의 경우 프로브 길이가 길어지면 입력 임피던스의 유도성 리액턴스가 더 높아져 매칭 문제가 발생할 수 있다[19-20].

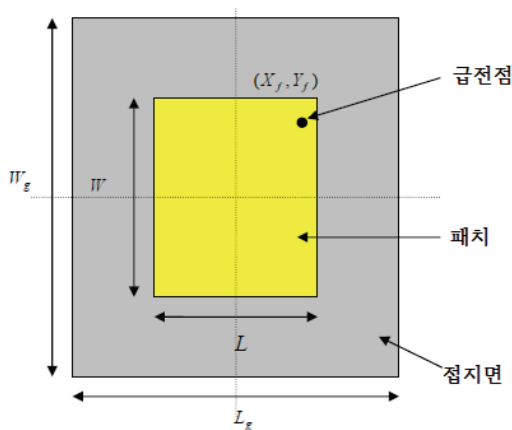


그림 1. 마이크로 스트립 패치 안테나의 평면도
Figure 1. Top view of microstrip patch antenna

<그림 1>과 같은 마이크로스트립 패치 안테나에서 안테나의 폭(W)은 다음 식으로 설계한다[9-10].

$$W = c / \left(2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} \right) \quad (1)$$

여기서 $c = 3 \times 10^8$ [m/sec]이고, $\epsilon_r = 11.9$, $f_0 = 1.9$ GHz이다. 따라서 스트립의 폭 W 는 31.1mm가 된다. 설계하려는 유전체 기판의 유효 유전상수($\epsilon_{r,eff}$)는 다음과 같이 계산되어진다.

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}} \quad (2)$$

여기서 h 는 유전체 기판의 높이이고, 1.5mm로 하면, $\epsilon_{r,eff}$ 는 10.7871이 된다. 기판의 유효길이

(L_{eff})는 또한 다음과 같이 계산할 수 있는데

$$L_{eff} = c / (2f_0 \sqrt{\epsilon_{r,eff}}) \quad (3)$$

유효유전상수값과 전파속도 c 를 대입하면 L_{eff} 는 24mm로 구해진다. 길이에 따른 패치의 치수는 각 끝에서 거리 ΔL 만큼 확장되며, 이는 실험에 의해 다음과 같이 구하여 진다.

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{r,eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{r,eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

이전에 구한 값들을 위 식에 대입하면 ΔL 은 6.3455×10^{-4} mm로 나오고, 실제 패치의 길이 L 은

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (5)$$

에 의하여 22.8mm로 구하여 진다.

접지면의 길이(L_g)와 폭(W_g)을 구하여 보면 먼저 전송선 모델은 무한 접지면에만 적용되나 실제적인 고려를 위해서는 유한한 접지면이 있어야 하고, 접지면의 크기가 주변부 전체의 기판 두께의 약 6배만큼 패치 치수보다 큰 경우 유한 및 무한 접지면에 대한 유사한 결과를 얻을 수 있다는 것이 이미 제시되었다. 따라서 이 설계에서 접지면 치수는 다음과 같이 주어진다.

$$L_g = 6h - L = 6(1.5) - 22.8 = 31.8\text{mm}$$

$$W_g = 6h + L = 6(1.5) + 31.1 = 40.1\text{mm}$$

설계에는 동축 프로브 유형의 급전이 사용되는

데 앞의 <그림 1>에서 볼 수 있듯이 패치 중심은 원점으로 사용되며 급전점 위치는 원점의 좌표 (X_f, Y_f) 에 의해 지정된다. 급전점은 패치의 해당 지점에 있어야하며, 공진 주파수의 입력 임피던스는 50Ω 이다. 따라서 시행착오방법을 사용하여 급전점을 찾는데, 급전점의 다른 위치에 대해 반사손실이 비교되고 반사손실이 가장 음인 급전점이 선택된다. 반사손실이 최소인 패치의 길이를 따라 급전점이 있고, 그러므로 이 설계에서 Y_f 는 0이되고 최적 급전점을 찾기 위해 X_f 만 변화시켜 찾는다.

3. 시뮬레이션 설정 및 결과

마이크로 스트립 패치 안테나 모델링 및 시뮬레이션을 위해 모멘트 방법을 기반으로하는 전파 전자기 시뮬레이터를 사용한다. 이 시뮬레이터로 일반적인 모양의 3D 및 다층 구조를 분석할 수 있는데, MIC, RF IC, 패치 안테나, 유선 안테나 및 기타 RF와 무선 안테나 설계에 주로 사용고, S_{11} 파라미터, VSWR, 전류 분포 및 방사 패턴을 계산하고 분석하는 데 사용된다. 간단히 하기 위해 패치와 접지면의 길이와 너비는 $L=22\text{mm}$, $W=31\text{mm}$, $L_y=31\text{mm}$, $W_y=40\text{mm}$ 로 반올림 처리 되었다.

3.1 반사 손실 및 안테나 대역폭 계산

아래표에 나와있는 결과는 패치 길이를 따라 급전 위치를 원점 (패치 중심)에서 가장 오른쪽 가장자리까지 변경 한 후 얻은 결과이며, 사용된 동축 프로브 급전은 0.5mm의 반경을 갖도록 설계되었다. 정확한 결과를 얻으려면 1.7-2.1 GHz의 주파수 범위가 선택되고 이 범위에서 401개의 주파수 포인트가 선택된다. <표 1>은 다양한 공급 위치에 대한 반사손실과 대역폭의 계산 결과를 보여준다.

표 1. 중심 주파수, 반사 손실 및 대역폭에 대한 급전 위치의 영향

Table 1. Effect of feed location on center frequency, return loss and bandwidth

No.	Feed Location (x_f, y_f) (mm)	Center Frequency (GHz)	Return Loss (RL,dB)	Bandwidth (RL>-9.5dB) (MHz)
1	(1,0)	1.9153	-1.1384	-
2	(2,0)	1.9147	-4.5967	-
3	(3,0)	1.9127	-10.9602	9.97
4	(3.25,0)	1.9133	-13.3696	15.32
5	(3.5,0)	1.9127	-16.6242	18.84
6	(3.75,0)	1.9127	-21.2769	21.43
7	(4,0)	1.9120	-31.3585	23.28
8	(4.25,0)	1.9127	-28.5068	24.40
9	(4.5,0)	1.9127	-21.2952	25.16
10	(4.75,0)	1.9120	-17.6845	25.23
11	(5,0)	1.9120	-15.0623	24.30
12	(6,0)	1.9087	-10.2221	13.57
13	(7,0)	1.9087	-7.7754	-
14	(8,0)	1.9087	-6.3367	-
15	(9,0)	1.9073	-5.5806	-
16	(10,0)	1.9073	-5.0228	-

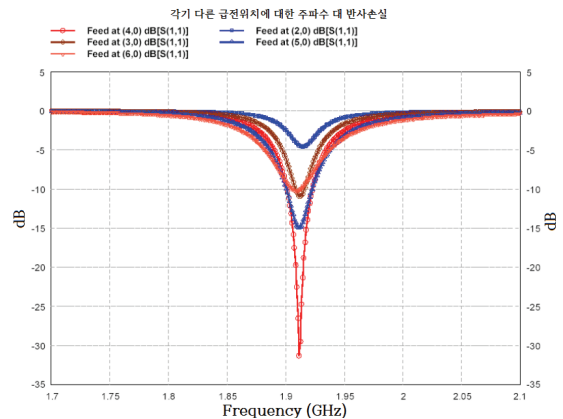


그림 2. 서로 다른 급전 위치에 대한 반사 손실
Figure 2. Return loss for feed located at different locations

반사 손실이 최소인 주파수로 중심 주파수를 선택하고, 대역폭은 반사손실의 그래프에서 계산할 수 있는데 안테나의 대역폭은 반사손실이 -9.5 dB

보다 큰 주파수 범위라고 할 수 있다. -9.5dB는 정재파비 2에 해당한다. <표 1>에서 최적의 급전점은 -31.3585 dB의 반사손실이 구해지는 $(X_f, Y_f)=(4, 0)$ 에 있는 것으로 확인되고, 이 급전점 위치에 대한 안테나 대역폭은 23.28 MHz로 계산되며 이에 따라 1.9120 GHz의 중심 주파수가 <그림 2>와 같이 얻어지고 이는 원하는 설계 주파수인 1.9 GHz에 매우 가깝다. 급전점 위치가 패치 중심에서 멀어짐에 따라 중심 주파수가 약간 감소하기 시작하는 것이 실험 결과표에서 볼 수 있고, <그림 3>처럼 최대 반사 손실이 $(X_f, Y_f)=(4, 0)$ 에서 얻어지지만 최대 대역폭은 $(X_f, Y_f)=(4.75, 0)$ 에서 얻어짐을 알 수 있다.

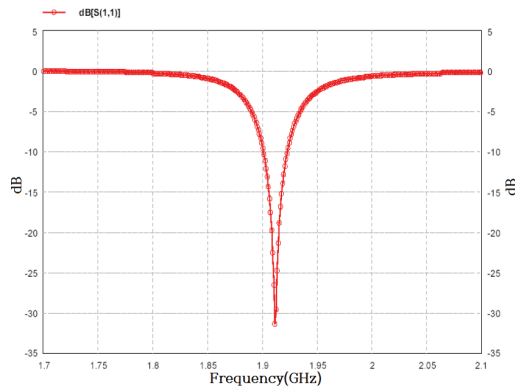


그림 3. (4,0)에서의 급전시 주파수대 반사손실
Figure 3. Return loss for feed located at (4,0)

3.2 방사 패턴

마이크로 스트립 패치 안테나는 패치 표면에 수직으로 방사하기 때문에 $\phi=0^\circ$ 및 $\phi=90^\circ$ 의 고도 패턴이 중요하다. 아래의 <그림 4>는 $\phi=0^\circ$ 및 $\phi=90^\circ$ 에 대한 1.9120GHz에서의 안테나 이득을 보여준다.

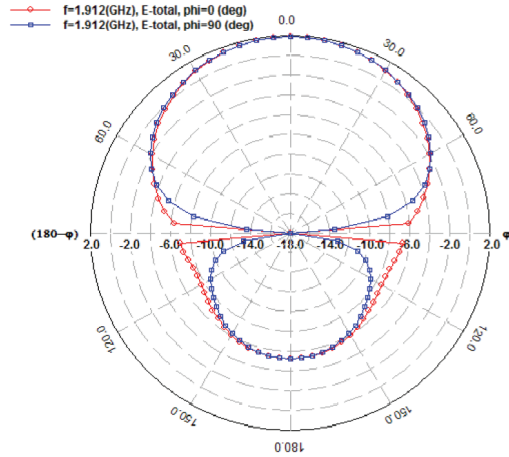


그림 4. $\phi=0^\circ$ 과 $\phi=90^\circ$ 에 대한 고도 패턴(dBi)
Figure 4. Elevation Pattern(dBi) for $\phi=0^\circ$ and $\phi=90^\circ$

최대 이득은 브로드사이드 방향으로 얻어지며 $\phi=0^\circ$ 및 $\phi=90^\circ$ 모두 이득이 1.87 dBi로 측정된다. 후엽 방사는 충분히 작으며 위의 패턴에 대해 -5.3 dBi인 것으로 측정된다. 낮은 후면 방사는 모바일 단말기에서 이 안테나를 사용하는 데 추가적인 장점이 있다. 이는 사용자의 머리쪽을 향하는 전자기파의 방사량을 감소시키기 때문이다. 안테나에 대한 3차원 패턴은 다른 각도에서 <그림 5>에 표시한다.

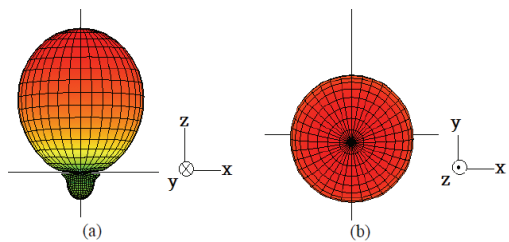


그림 5. (a) XZ 평면에서 Y축을 따라 보이는 3D 방사 패턴
(b) XY 평면에서 Z축을 따라 보이는 3D 방사 패턴
Figure 5. (a) 3D view of radiation pattern looking along the Y axis in the XZ plane
(b) 3D view of radiation pattern looking along the Z axis in the XY plane

설계된 마이크로 스트립 패치 안테나가 모바일 단말기에 장착되면, 주엽 부분이 방사 방향이 되고, 후엽의 부분이 단말기 부분이 되어 인체를 보호할 수 있게 된다.

3.3 다른 계산된 파라미터

1.912GHz에서 안테나의 이득, 지향성, 안테나 효율 및 3dB 빔폭과 같은 다른 파라미터의 계산된 결과는 다음과 같다.

- 게인 = 1.8717 dBi
- 지향성 = 5.56 dBi
- 안테나 효율 = 42.77 %
- 3 dB 빔 폭 = (106.85, 110.24)°

4. 결론

모바일 단말기에 사용하기 위한 사각형 패치를 가진 소형 마이크로 스트립 안테나를 설계하기 위하여 일반적인 모바일 단말기의 크기 약 14.5cm×4.5cm에 맞추어 안테나를 설계하였다. 따라서 설계된 안테나는 모바일 단말기에 적합하고 설계결과 및 성능 시험 결과에서 알 수 있듯이 1.91GHz의 중심 주파수를 갖도록 성공적으로 설계 및 시험되었다. 패치 안테나의 접지면 치수는 31mm×40mm로 설계되었으며 패치 치수는 22mm×31mm이다. 따라서 설계된 안테나는 단말기에 넣을 수 있을 정도로 컴팩트하고, 또한 원하는 안테나 방향에 대한 방사 패턴도 구하여졌다. 감소된 후엽 방사각 얻어 졌는데, 이는 사용자의 머리 방향을 향해 방사되는 전자기에너지의 양을 최소화하기 때문에 모바일 단말기에 안테나를 적용하는 데 추가적으로 장점이 있다. 1.87 dBi의 안테나이득 및 5.56 dBi의 지향성이득이 얻어졌고, 이 안테나에 대해 얻은 대역폭은 23.28 MHz이며, 시분할 다중화 시스템 및

글로벌 모바일 통신 시스템은 30KHz의 채널을 사용하므로 모바일 단말기 장치에 충분하다. 향후 연구를 위한 또 다른 영역은 이 단말기의 설계를 이용하여 다중 대역 설계로 확장하는 것이다. 미래에는 단일 모바일 단말기에 여러 응용 프로그램이 사용될 것으로 예상되는데, 사용자가 있는 위치에서 단말기는 무선 전화기와 동일한 주파수 범위에서 작동하여 로컬 전화 교환기와 이동통신망에 연결되고, 또한 단말기는 위성망을 통해 연결되어 사용자에게 서비스를 제공할 수도 있다. 이러한 서로 다른 네트워크는 단말기의 안테나가 별도의 주파수에서 작동 할 수 있어야 한다. 이 논문에서 설계된 안테나는 1.91GHz 중심의 유니 밴드 안테나이고, 2개 또는 3개의 주파수에서 작동하여 여러 응용 분야에 사용할 수 있는 두색성 또는 삼색성 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계하기 위한 연구를 수행해야한다.

References

- [1] T. S. Rappaport, *Wireless communications: principles and practice*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 1999.
- [2] www.wirelessadvisor.com, Jan.2019.
- [3] http://web.bham.ac.uk/eee1roj8/websites_demo, Jan.2019.
- [4] W. L. Stutzman, and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, John Wiley & Sons, Inc, 1998.
- [5] C. A. Balanis, *Antenna theory: Analysis and design*, John Wiley & Sons, Inc, 1997.
- [6] S. N. Makarov, *Antenna and EM modeling with MATLAB*, John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [7] F. T. Ulaby, *Fundamentals of applied*

- electromagnetics*, Prentice Hall, 1999.
- [8] S. R. Saunders, *Antennas and propagation for wireless communication systems*, John Wiley & Sons, Ltd, 1999.
- [9] G. Kumar, and K. P. Ray, *Broadband microstrip antennas*, Artech House, Inc, 2003.
- [10] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip antenna design handbook*, Artech House, Inc, 2001.
- [11] Y. Qian, *A microstrip patch antenna using novel photonic bandgap structures*, Microwave Journal. Vol. 42, pp. 66-76, Jan. 1999.
- [12] C. A. Balanis, *Advanced engineering electromagnetics*, John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [13] E. O. Hammerstad, *Equations for microstrip circuit design*, Proc. Fifth European Microwave Conf., pp. 268-272, Sep. 1975.
- [14] E. H. Newman, and P. Tylyathan, *Analysis of microstrip antennas using moment methods*, IEEE Trans. Antennas Propag. Vol. AP-29, No. 1, pp. 47-53, Jan. 1981.
- [15] D. M. N. Elsheakh, H. A. Elsadek, E. A. Abdallah, and M. F. Iskander, *Reconfigurable single and multiband inset feed microstrip patch antenna for wireless communication devices*. El-Hennawy H.M.S. Progress in Electromagnetics Research. 12, pp. 191-201, 2010.
- [16] S. Gupta, and S. Kumar, *Design and analysis of compact and broadband high gain microstrip patch antennas*. In Communication and Network Technologies (ICCNT), International Conference on IEEE, pp. 11-15, Dec. 2014.
- [17] R. A. S. Sappal, *Design of rectangular microstrip patch antenna using particle swarm optimization*, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 2, No. 7, 2013.
- [18] M. A. Afridi, *Microstrip patch antenna - designing at 2.4 GHz frequency*, Biological and chemical research, pp. 128-132, 2015.
- [19] D. Bhalla, and K. Bansal, *Design of a rectangular microstrip patch antenna using inset feed technique*. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering. Vol. 7, No. 4, pp. 8-13, 2013.
- [20] Y. S. Santawani, A. R. Bari, S. K. Khode, and C. R. Kuwar, *Printed L-Slot Antenna For Wireless Application*. 2017.

모바일 단말기용 사각형 마이크로스트립 안테나 설계

최재연

남서울대학교 정보통신공학과 교수

요 약

모바일용 이동 통신 장치에 사용하기 위한 직사각형 패치를 갖는 소형 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계한다. 설계된 안테나의 결과에서 알 수 있듯이 소형 마이크로 스트립 패치 안테나는 1.91GHz의 중심 주파수를 갖도록 설계되었고 성공적인 결과를 도출할 수 있었다. 패치 안테나의 접지면 치수는 31mm x 40mm로 설계되었으며 패치 치수는 22mm x 31mm인데, 설계된 안테나는 일반적인 모바일 이동 통신 장치에 넣을 수 있을 정도로 적합한 사이즈이며, 원하는 방향으로의 방사 패턴 구성이 만족스러운 결과를 보여주었다. 감소된 후엽방사가 얻어 졌는데, 이는 사용자의 핸드셋을 향해 방사되는 전자기 에너지의 양을

최소화하기 때문에 모바일 단말기에 적용할 때 안테나의 추가적인 이점이 된다. 1.87 dBi의 이득 및 5.56 dBi의 지향성이 얻어졌다. 이 안테나에 대해 얻은 대역폭은 23.28 MHz이며, 시분할 시스템 및 모바일 통신의 글로벌 시스템은 30 KHz 채널을 사용하므로 개인용 모바일 단말기에 충분하다. 모바일 폰이 위성 네트워크를 통해 연결되어 사용자에게 서비스를 제공할 때 서로 다른 네트워크는 모바일 단말기의 안테나가 별도의 주파수에서 작동 할 수 있어야 하는데, 이 논문에서 설계된 안테나는 1.91GHz 중심의 유니 밴드 안테나이며 2개 또는 3개의 주파수에서 작동하여 여러 응용 분야에 사용할 수 있는 두색성 또는 삼색성의 마이크로 스트립 패치 안테나 설계를 위한 작업을 향후 수행해야 한다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음



Jae-Yeon Choi received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in electronic communication engineering from Hanyang University, Seoul Korea in 1985, 1987

and 1998, respectively. From 1987 to 1989, he was with Samsung Advanced Institute of Technology. From 1989 to 1992, he was with LG Information & Communication Research Center. Since 1996 he has been with Department of Information & Communication, Namseoul University, Korea, where he is now a professor.

E-mail address: cjy@nsu.ac.kr