

IE3D를 이용한 단일 급전 이동통신용 마이크로스트립 패치 안테나 설계에 관한 연구

박종대*·박병호*·심우섭*·김명동*·성현경*

*상지대학교 컴퓨터정보공학부

A Study on Design of Microstrip Patch Antenna for Mobile Communication Systems using IE3D

Jong-Dae Park*·Byeong-Ho Park*·Woo-Seop Shim*·Myeong-Dong Kim*·Hyeon-Kyeong Seong*

*School of Computer, Information, and Communication Engineering, Sangji University

E-mail : orient3690@sangji.ac.kr, eden200@sangji.ac.kr, sws0311@naver.com, mdkim@utns.co.kr,

hkseong@sangji.ac.kr

요 약

본 논문에서는 IE3D를 기반으로 하는 새로운 PSO를 사용해 이동통신용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 본 논문의 목적은 이동통신용 급전 사각형 마이크로스트립 안테나를 설계하고 대역폭의 복사 매개변수에 대한 안테나 크기(길이, 폭) 및 기판 매개변수 상대 유전 상수(ϵ_r), 기판 두께의 영향을 연구하여 이동통신용에 적합한 안테나를 설계하는 것이다. 안테나 설계 시 대역폭 확보 및 성능 향상을 위해 이중대역 이중 편파 안테나를 사용하였고 안테나 위상 배열이 용이하도록 단일 급전 방식을 사용하였다.

ABSTRACT

In this paper, a novel particle swarm optimization method based on IE3D is used to design a mobile communication Microstrip Patch Antenna. The aim of the thesis is to Design and fabricate an inset fed rectangular Microstrip Antenna and study the effect of antenna dimensions Length (L), Width (W) and substrate parameters relative Dielectric constant (ϵ_r), substrate thickness on Radiation parameters of Band width. When the antenna was designed, a dual-band, dual-polarized antenna was used to secure the bandwidth and improve performance, and a coaxial probe feeding method so that the phased array of antenna is easy.

키워드

IE3D, Microstrip Patch Antenna, 단일급전, 이동통신용 안테나

1. 서 론

안테나의 소형화는 그 동안 마이크로스트립 안테나 분야를 통해 실현되어 왔으며 현재 여러 분야에서 괄목할 만한 성과를 보이고 있다[1-3].

안테나의 소형화 방법으로는 유전체를 사용하는 방법이 있지만 이 방법은 안테나 대역폭과 방사효율 등의 안테나 특성이 저하되기 때문에 소형화에는 한계가 있어 안테나 구조를 변경하는 소형화 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 안테나

를 소형화시키면 안테나 복사 패턴은 무지향성에 가까운 특성을 갖게 되고, 안테나 이득도 낮아진다. 또한 안테나 입력 저항은 매우 작아지고 리액턴스는 매우 커져서 안테나의 대역폭이 매우 좁아지게 된다[4-6]. 이러한 문제점을 극복하면서 크기가 소형인 안테나를 개발하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 임피던스를 매칭시켜 특성을 유지하면서 크기를 소형화하는 것은 소형 안테나의 과제라 할 수 있다.

본 논문에서는 적층 제작이 용이할 수 있도록

단일급전을 이용한 이동통신용 소형 이중편과 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다 특히 이동통신용 안테나의 경우 대역폭 확보 및 성능이 중요하기 때문에 이중 대역 이중 편과 안테나를 사용하였고 안테나 위상 배열이 용이 하도록 동축 프로브 급전 방식을 이용하였다 또한 안테나 설계 프로그램인 IE3D에 PSO알고리즘을 적용하여 안테나 제작 시 발생하게 되는 매개변수 검출 오류를 최소화 하였고 기존 안테나의 단점이었던 안테나의 낮은 입력저항, 대역폭, 안테나의 이득 등을 개선하였다.[7-8]

II. 이동통신용 마이크로스트립 패치 안테나

2.1 실험환경

이동통신용 마이크로스트립 안테나를 설계하기 위해서는 다음의 세 가지 매개 변수가 반드시 필요하다. 공진주파수(f_0)는 안테나의 공진 주파수를 적절히 선택해야 한다 이동 통신 시스템은 2.1 ~ 5.6GHz의 주파수 범위를 사용하기 때문에 안테나 설계는 이 주파수 범위에서 작동될 수 있도록 안테나의 공진 주파수를 2.12GHz로 설정하였다. 안테나 설계에 사용되는 기판의 유전율은 보통 2.2~10이기 때문에 이동통신용 사각형 마이크로스트립 패치 안테나 설계에 사용된 유전체 재료는 9.8의 유전율(ϵ_r)을 지니는 산화알루미늄을 선택하였다. 이는 안테나의 크기를 소형화하기 위하여 유전체 기판 상수를 최대로 산정한 것이다

표 1. 안테나의 설계 매개변수

구분	설정값
공진주파수(f_0)	2.12GHz
유전율(ϵ_r)	9.8
유전체 기판 높이(h)	1.58 mm
빛의 속도 (C)	$3 \times 10^8 m/s$

표 1의 설계 매개변수를 기준으로 패치 안테나 설계에 필요한 설정 값을 계산하였으며 PSO알고리즘을 적용하여 나머지 변수를 도출하였다

표 2. 실험 매개변수

구분	설정값
패치 폭(w)	30.7mm
패치 길이(L)	23.2mm
실효 유전율 (ϵ_{reff})	8.89
안테나 실효 길이(L_{eff})	23.9mm

본 논문에서 제안된 안테나는 단일 급전을 통하여 최적의 급전점을 찾은 후 각각의 상수 값을 설정하여 안테나 패치의 최적의 길이를 설정한 뒤 선형편파를 구현하는 방법을 이용하였으며 급전점이 패치의 대각선 축에 위치시켰고 이는 사각형 패치에서 원형편파 방사를 위해 2개의 직교 축퇴 모드를 생성하는데 이때 섭동 세그먼트와 항상 사선이 되도록 선택되어야 한다

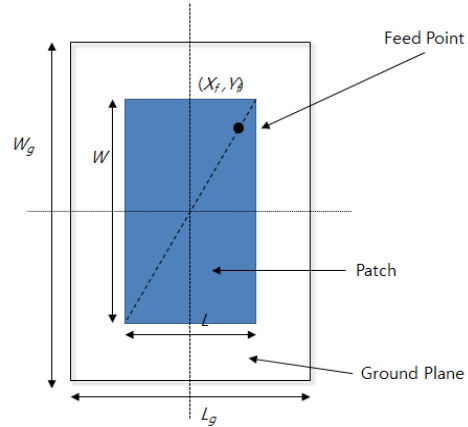


그림 1. 단일 급전을 통한 마이크로스트립 패치 안테나 설계

또한 이번 장에서 설계된 안테나는 다각형 다면체 메시 생성방법을 이용하였다 메시 생성방법을 통해 안테나의 급전 선로가 연결되는 정점을 설계하였으며, 마이크로스트립 급전 선로를 연결한 안테나 구조의 나머지 부분을 설계하였다 설계된 안테나 주파수가 2.12GHz이기 때문에, 메시 밀도를 결정하는 CPW(Cells Per Wavelength)는 30으로 선택한다(CPW 수치가 높을수록 시뮬레이션 정확도도 높아진다). 보통 안테나 제작의 경우 충분한 정확도를 확보하기 위해 대부분의 시뮬레이션에서 CPW는 20 ~ 30이 사용되고 있다. 설계된 안테나는 다각형 다면체 메시 생성방법을 이용하였으며 메시 생성방법을 통해 정점 및 마이크로스트립 급전선로를 연결한 안테나 구조의 나머지 부분을 설계하였다

그림 1과 같이 다면체 메시 생성 시 패치에 RF 전력을 제공하기 위한 급전선로가 안테나에 설치되며, 급전 선로를 설계하고 산란 매개 변수를 계산할 동안 기준을 삼기 위한 포트 번호를 지정하였다

2.2 실험결과

그림 2는 급전위치에 따른 안테나의 반사손실을 나타낸다. 안테나의 공진 주파수가 2.12GHz 일때의 반사손실이 -3.15dB로 나타나는 것을 알 수 있다. 반사손실 값이 (-)로 나타날 경우 송신시 안테나의 손실이 크지 않은 것을 나타내는 것으로 설계한 안테나의 송신 성능이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

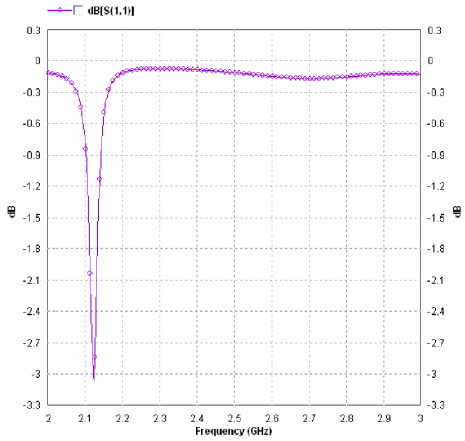


그림 2. 급전 위치에 따른 반사 손실

그림 3은 설계된 안테나의 VSWR을 나타낸 것으로 2.12GHz에서의 VSWR가 3으로 나타나는 것을 알 수 있다.

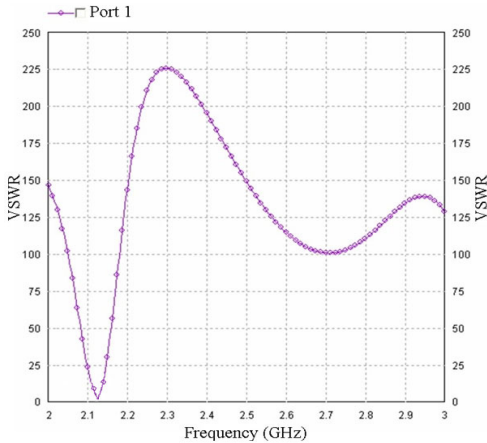


그림 3. 안테나의 VSWR

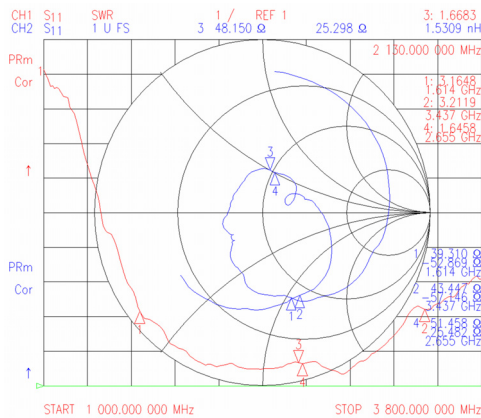


그림 4. 제작된 패치 안테나의 S_{11} 측정결과

제작한 단말기용 안테나 역시 회로망 분석기 (Network Analysis)를 사용하여 반사손실을 측정

하였으며, 측정결과를 그림 4에 보여주고 있다. 패치안테나의 VSWR가 3이 되는 지점의 주파수 범위를 보면 1.614GHz에서 3.437GHz까지를 나타낸다. 안테나가 사용될 수 있는 주파수의 범위가 약 1.823GHz로 광대역의 특성을 보여주고 있으며, 2.12GHz 주파수 대역에서의 반사손실이 약 -12.683dB로 이동통신대역에서 안테나의 특성이 양호한 것으로 나타난다.

제작한 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴플롯은 앞에서 기술한 바와 같이 표면파 수직으로 방사가 이루어지므로 $\phi = 0^\circ$ 및 $\phi = 90^\circ$ 인 경우의 양각 패턴이 중요하다. 그림 5는 안테나 주파수가 2.12GHz일 때 $\phi = 0^\circ$ 및 $\phi = 90^\circ$ 에서의 이득을 나타내는 것으로 시뮬레이션과의 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

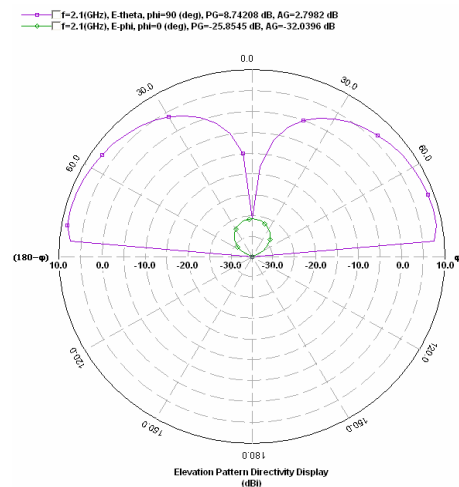


그림 5. $\phi = 0^\circ$ 와 $\phi = 90^\circ$ 에 대한 고도 패턴

그림 6은 안테나의 E-영역 방사패턴을 나타낸다. 안테나의 이득은 2.120GHz 대역에서 2.19dBi, 2.655GHz 대역에서 2.41dBi가 나타났다.

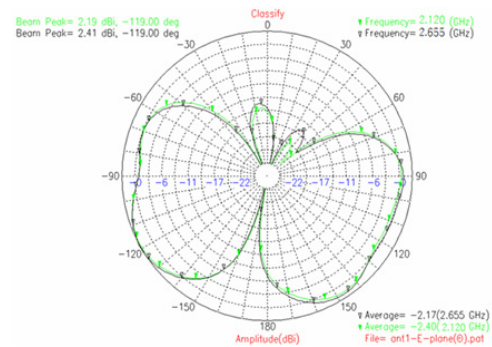


그림 6. E-영역의 방사패턴

그림 7은 패치 안테나의 H-영역 방사패턴을 나타낸 것으로 안테나의 이득은 2.120GHz 대역에서 0.97dBi, 2.655GHz 대역에서 1.57dBi가 나타났다.

이것은 등방성 안테나에 비해 지향성이 있는 것으로 판단할 수 있으나, 방사패턴의 그림은 전 방향에서의 수신이 가능하므로 이동통신용으로 적합하다는 것을 확인 할 수 있었으며, 이동통신뿐만 아니라 다중대역에서도 사용이 용이 한 것으로 나타났다.

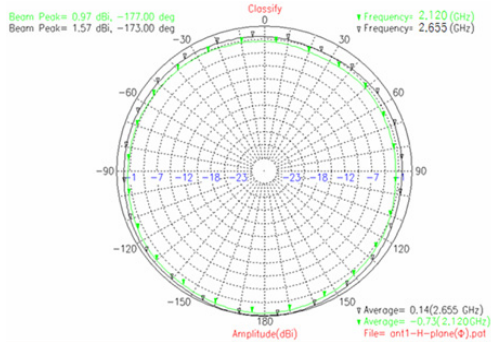


그림 7. H-영역 방사패턴

V. 결 론

이동통신용 마이크로스트립 패치 안테나는 이동 통신 시스템에서 사용되어야 하기 때문에 안테나의 공진 주파수(f_0)를 2.4GHz로 설정하였고, 논문에서 사용되는 기판의 유전상수(ϵ_r)는 2.45로 설정하였으며, 유전체 기판의 높이(h)는 1.58mm로 선정하여 시뮬레이션을 하였다

시뮬레이션 결과 안테나의 최적 피드의 깊이는 -27dB일 때 13.2mm로 나타났으며, 이 때 중심 주파수는 1.9120GHz에서 23.28MHz로 나타났다. 안테나의 반사손실은 2.2GHz~3.5GHz 까지의 VSWR이 3이하의 주파수 범위를 나타내어 광대역의 특성을 볼 수 있었고, 또한 안테나의 최대 이득은 안테나의 공진주파수인 2.4GHz에서 1.87dBi로 나타나 우수한 특성을 갖는 것으로 나타났다 또한 안테나 E-영역에서의 방사 패턴은 안테나가 사용될 수 있는 2.630GHz에서 1.60dBi, 2.655GHz에서는 1.81dBi가 나타났고, H-영역의 방사 패턴은 2.630GHz에서는 1.24dBi, 2.655GHz에서는 1.81dBi로 우수한 특성을 갖는 것으로 나타나 이동통신용으로 적합하다는 것을 알 수 있었다

그러므로 본 논문에서 제시하는 IE3D/PSO 기법을 이용한 이동통신용 마이크로스트립안테나 설계는 마이크로패치의 최적화에 적합한 것을 확인 하여, 앞으로 마이크로스트립 안테나 제작에 적용될 것으로 판단되며, MIMO나 스마트 안테나에 응용 될 것으로 생각된다. 또한 설계한 이동통신용 마이크로스트립 패치 안테나는 제조상의 편차 광대역 특성을 갖게 되므로, 앞으로 개발되는 스마트 폰의 안테나 소자 제작에 활용 가능할 것이다

참고문헌

- [1] R. J. Mailoux, "On the Use of Metallized Cavities in Printed Slot Arrays with Dielectric Substrates," IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-35, No.5, pp.477-487, May 1987.
- [2] F. Zavosh and J. T. Aberle, "Infinite Phased Arrays of Cavity-Backed Patches," IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-42, No.3, pp.390-398, March 1994.
- [3] K. Finkenzeller, "RFID Handbook", 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, England, 2003.
- [4] Misao Haneishi, Megumi Konno, "Dual-polarized planar antenna fed by dog-bone slots", in IEE 11th Int, Conf, of Antenna and Propagation, pp. 45-48, April 2001.
- [5] S. D. Targonski, D. M. Pozar, "Dual-band dual polarised printed antenna element", Electronics Letter 12th, Vol. 34, No. 23, pp. 2193-2194, November 1998.
- [6] G. A. Deschamp, "Microstrip Microwave Antennas," presented at the Third USAF Symposium on Antennas, 1953.
- [7] P.S Shelokar "Particle swarm and ant colony algorithms hybridized for improved continuous optimization" Applied Mathematics and Computation 188, pp. 129-142, 2007
- [8] J. Kennedy and R.Eberhart, "Particle swarm optimization.", Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, pp.1942-1948, 1995.