

## 유전자 알고리즘을 이용한 접지면 U 슬롯 구조의 광대역 소형 마이크로스트립 안테나 설계

°임현준 \* 윤현보\*

\*동국대학교 전자공학과

E-mail : hylim1267@hanmir.com

### Design of Broadband Compact Microstrip Antenna with U slotted Ground Plane Using Genetic Algorithm

° Hyun Jun Lim\*, Hyun Boo Yoon\*

\*Dept. of Electronic Engineering, Dongguk University

#### ABSTRACT

This paper presents a broadband microstrip antenna design with four U slots on the ground plane by using of genetic algorithm. FDTD method is used as fitness function for antenna analysis, and length of rectangular patch, length of ground plane slot, distance from center point to feed point is used as optimization parameter for maximum bandwidth and minimum size. The measurement result of implemented antenna present bandwidth of 15.63 % and peak gain of 3.61 dBi in the 2.445 GHz, and antenna has a reduced patch size of 54.8 % compare with normal microstrip antenna

Key words : U slots, genetic algorithm, FDTD

#### I 서론

최근 정보통신 기술의 발전과 통신 네트워크가 증대되면서 사용하기 간편한 무선 네트워크 시스템에 대한 관심이 늘어나고 있고, ISM (Industrial Scientific Medical) 대역인 2.44 GHz 대역을 사용하는 무선 네트워크 기술의 개발이 활발히 진행되고 있다.

2.4 GHz 대역을 이용하는 기술로는 무선랜 (WLAN), 지능형 교통시스템(ITS), 블루투스 등이 있으며 특히 IEEE 802.11b 표준에 기초하고 있는 WLAN 망은, 비 라이선스 대역인 2.4 GHz 에서

동작하므로, 다른 무선시스템과 인터페이스 하기 쉽다<sup>[1]</sup>.

무선망 구축을 위해서는 기본적으로 사용되어지는 안테나의 개발이 필수적이므로 성능이 우수하고, 저가이며 소형인 안테나가 요구되어 진다.

이에 따라 마이크로스트립 안테나를 사용할 경우 마이크로스트립 안테나의 고유한 특성인 협대역 문제가 생겨나게 된다.

광대역 마이크로스트립 안테나를 구현하기위해 사용되어지는 방법으로는 유전체의 높이를 높이는 방법, 안테나의 급전을 L자형 또는 T자형으로 사용하는 방법, 패치에 슬롯을 추가하는 방법, 접지

면에 슬롯을 이용하는 방법 등이 있고, 본 논문에서는 접지면에 U 자형의 슬롯을 가지는 마이크로스트립 안테나의 특성에 대한 연구를 하였다.

유전자 알고리즘은 자연선택과 진화의 개념을 모델화 하여 만들어진 최적화 알고리즘으로 유전정보를 포함하는 염색체로 구성되는 개체군의 선택, 교배, 돌연변이 과정을 통해 최적화된 해를 구하는 방법이다<sup>[2]</sup>.

기존의 최적화 알고리즘에 비해 유전자 알고리즘은 미분 불가능, 불연속 등의 어떠한 형태의 목적함수에도 쉽게 적용할 수 있고, 파라미터가 부호화 되어 수행 되므로 변수가 제약 조건을 갖는 경우에도 쉽게 적용된다. 또한 한번의 시행에서 동시에 여러 개의 설계 데이터를 구할 수 있으므로 안테나 설계에 효과적인 최적화 방법이다<sup>[3],[4]</sup>.

본 논문에서는 소형이면서도 넓은 대역폭을 얻을 수 있는 마이크로스트립 안테나를 구현하기 위해 접지면에 4개의 U 슬롯이 있는 구조를 제시하였고, 유전자 알고리즘을 사용하여 최적화 설계하는 방안을 제안하였다. 이러한 접지면에 U 자형 슬롯을 가지는 안테나 구조는 전류의 흐름을 길게 하여 크기를 줄이고 이득을 높이는 장점과 대역이 넓어지는 효과가 있다<sup>[5]</sup>.

안테나의 해석을 위해 FDTD 기법을 적용하였고<sup>[6]</sup> 안테나 패치의 크기, 슬롯의 길이, 급전점과 중심점과의 거리를 변수로하여 최적화 설계 하였다.

## II. 마이크로스트립 접지면 슬롯 안테나

기존의 마이크로스트립 안테나를 소형화 하는 방법으로는 고 유전체를 사용하는 방법, PBG를 이용하는 방법, 패치에 슬롯을 삽입하는 방법 등이 있고, 대역폭을 늘리는 방법으로는 기판을 적층하여

사용하는 방법, 급전선로에 스텝을 추가하는 방법 등이 있다.

그림 1(a)는 제안된 광 대역 소형의 마이크로스트립 접지면 슬롯 안테나의 입체도이고, (b)는 윗면과 아랫면의 평면도 이다.

여기서 정사각형 방사 패치의 길이는  $L_p$ , 기판의 높이는  $h$ , 상대유전율은  $\epsilon_r$  이고, 안테나의 급전선의 위치는 패치의 중심선으로부터 떨어진 거리  $D_f$ 로 하였다.

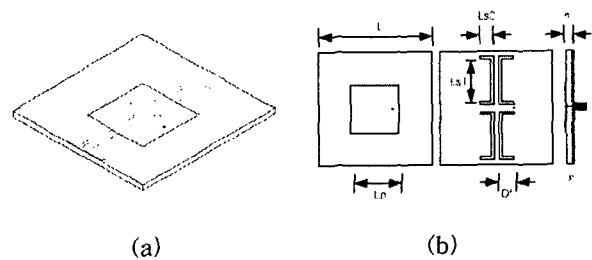


그림 1. 접지면 슬롯 마이크로스트립 안테나의 구조도

## III. GA-FDTD 알고리즘

유전자 알고리즘은 복잡한 공간에서 강력한 탐색기능을 제공하고, 간단히 계산되어 질 수 있으며 해를 찾는 과정은 다윈의 진화론에 의해 얻어진다<sup>[4]</sup>.

본 논문에서는 유전자 알고리즘으로 안테나를 설계하는데 필요한 해석 모델로 풀 웨이브 해석 방법인 FDTD 기법을 사용하였다<sup>[5]</sup>.

적합도 함수는 접지면 슬롯 안테나의 입력 임피던스로부터 S11을 구하여 대역폭을 계산하는 함수이고, FDTD 출력 데이터로부터 얻은 다양한 적합도 값을 토대로 자연도태 과정을 통해 넓은 대역폭 특성을 갖는 부모 염색체를 얻는다.

부모 염색체들의 교배와 돌연변이 연산을 통해 염색체들의 집합인 개체는 진화되어지고, 이 과정은 그림 2와 같이 순서도로 나타내어질 수 있다.

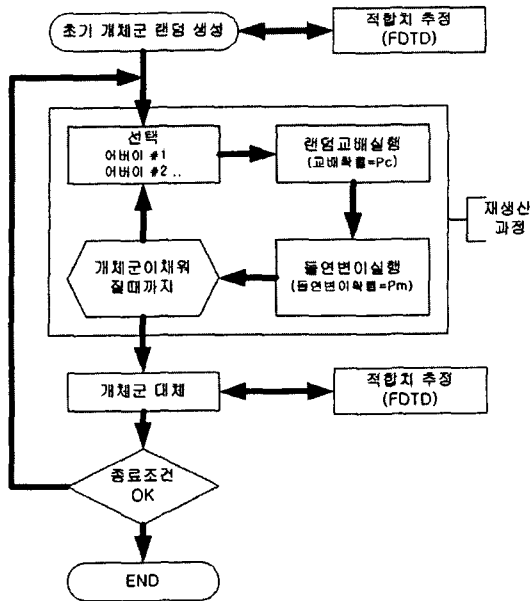


그림 2. 기본 유전자 알고리즘 순서도

유전자 알고리즘의 수행 절차는 다음과 같다.

1. 염색체의 집단을 초기화 한다.
2. 집단속에 있는 각각의 염색체를 평가한다.
3. 염색체의 순위를 정한다 (자연도태)
4. 어버이 염색체를 선택한다.(룰렛 휠 선택)
5. 교배 확률에 따라 어버이 염색체들을 교배시킴
6. 돌연변이 확률에 따라 돌연변이 수행
7. 염색체들을 평가한 후 집단속에 넣는다.
8. 목적함수를 만족하면 종료하고, 그렇지 않으면 재생산 과정을 반복한다.

#### IV. 설계 및 제작

ISM 대역의 안테나를 설계를 위한 기준으로는 10 dB 대역폭이 2.5% 이상이어야 한다.

따라서 본 논문에서는 2.44 GHz 중심 주파수에서 3% 이상의 대역폭을 가지도록 설계하였고, 유전자 알고리즘을 반복 수행하여 최적인 값을 얻었다.

#### IV-1. 설계

표 1은 접지면 U 슬롯 안테나의 최적화 설계 파라미터 값 이고, 표 2는 유전자 알고리즘을 적용시의 기본 설정값이다.

설계 시 각각의 파라미터 초기값은 주어진 범위 내에서 랜덤하게 생성하였다.

표 1. 최적화 설계 파라미터

변수	파라미터	십진 변수 범위	비트수
$L_{p1}$	정방향 패치의 길이	14 ~ 20 mm	6
$L_{s1}$	슬롯 1의 길이	12 ~ 18 mm	6
$L_{s2}$	슬롯 2의 길이	1 ~ 13 mm	6
$D_f$	중심점과 급전점 거리	5 ~ 8 mm	4

표2. 유전자 알고리즘 설정값.

파라미터	설정값
초기 개체 수	24
자연 선택된 개체 수	12개 (50%)
염색체의 총 이진 비트 수	22 비트
교배 확률	0.7
돌연변이 확률	0.01

여기서 안테나 접지면의 크기는 2.4 GHz 공진 시 파장의 36%가 되는 43 mm 로 하였고, 접지면 슬롯의 폭은 1 mm의 좁은 폭으로 하였다.

또한 동축선 급전 프로브 내경의 직경은 0.4 mm, 외경은 1.6 mm로 설계 하였다. 표 3은 최적화 설계된 안테나의 파라미터 값을 나타낸다.

표3. 최적화된 안테나의 설계 파라미터 값

변수	파라미터	최적화 설계 값
$L_{p1}$	정방향 패치의 길이	18.4 mm
$L_{s1}$	슬롯 1의 길이	16.0 mm
$L_{s2}$	슬롯 2의 길이	4.2 mm
$D_f$	중심점과 급전점 거리	6.4 mm

최적화된 시뮬레이션 결과는 그림 3과 같다.

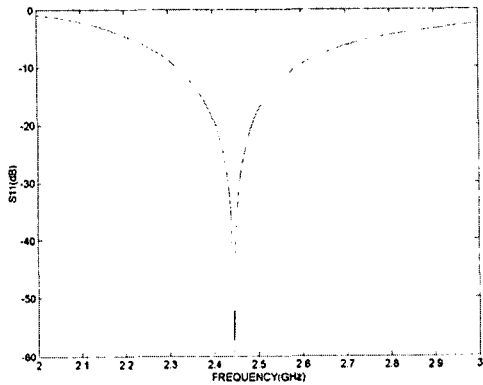
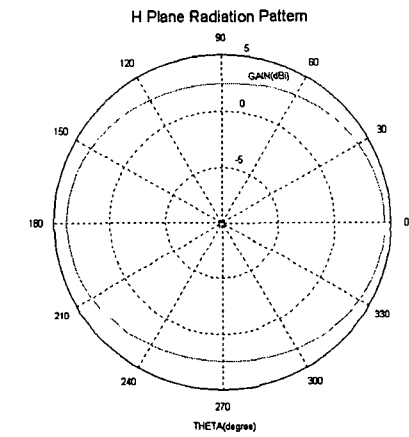
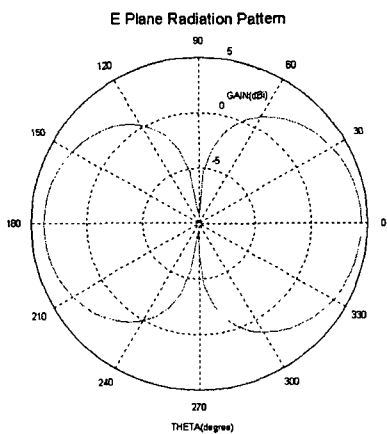


그림 3. 설계된 안테나의 반사계수 특성



(a)

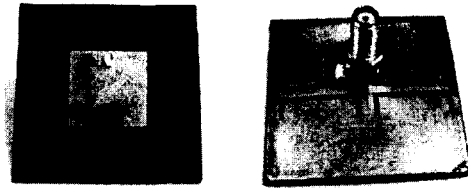


(b)

그림 4. 안테나의 복사패턴 시뮬레이션 결과

#### IV-2. 제작

유전율이 3.2이고 두께가 1.578 mm인 테프론 기판을 사용하여 안테나를 제작하였고, 측정 장비로는 HP8722A network analyzer를 사용하였다.



(a) 방사면

(b) 접지면

그림 5. 제작된 접지면 슬롯 패치 안테나

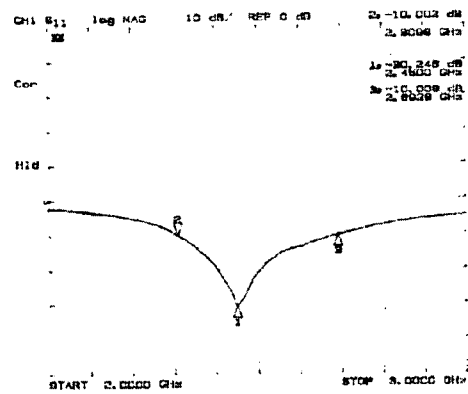
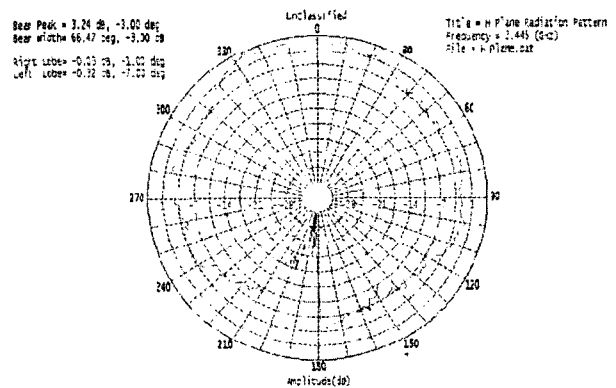
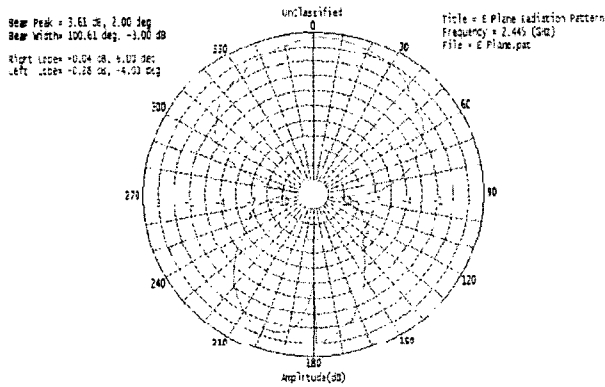


그림 6. 반사계수 특성



(a) E plane



(b) H plane

그림 7. 측정된 안테나의 방사패턴

## V. 결론

본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 접지면에 슬롯을 가지는 마이크로 스트립 안테나를 설계하였다.

정방형 패치의 길이, 접지면 슬롯의 길이, 중심점과 급전점간 거리를 변수로 하여, U 자형의 슬롯을 가지는 마이크로스트립 안테나를 유전자 알고리즘으로 최적화 설계하였고, 적합도 함수로는 FDTD 기법을 사용하여 해석하였다.

안테나를 실제로 제작하여 측정한 결과 2.445 GHz에서 10 dB 대역이 15.63 % 이고, 최대 이득이 3.61 dBi로 동일 주파수에서 설계된 일반 패치안테나에 비해 크기는 54.6 %로 감소하면서 대역폭은 10 배가 증가하였고, 이와같은 결과는 시뮬레이션 결과와 거의 일치하고 있다.

유전자 알고리즘은 파라미터 자체가 부호화되며, 복잡한 해석 구조에도 쉽게 적용 할 수 있으므로 향후 안테나 설계에 폭넓게 적용되어질 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] F Le Bolzer, A Louzir, "Multi-band Annular Slot antenna for WLAN Applications" 11th International Conference on Antenna and Propagation 17-20 April 2001.
- [2] D. S. Weile and E. Michielssen, "Genetic Algorithm Optimization Applied to electromagnetics: A Review," IEEE Trans. on Antennas Propagation, Vol.45, No.3, pp.343-353, Mar 1997.
- [3] J. M. Johnson, Y. Rahmat-samii "Genetic Algorithm optimization and its Application to Antenna Design", in 1994 IEEE-APS Intl. Symp. Dig., pp. 326-329, 1994.
- [4] H.Choo,A.Hutani, L.C.Trintestinalia,"Shape optimization of broadband microstrip antennas using the genetic algorithm," "Electron. Lett., vol.36,pp.2057-2058, Dec 2000.
- [5] Tzung-Wern Chiou, Kin-Lu wong, "Desings of compact microstrip antennas with a slotted ground plane" , IEEE Antennas and Propagation Society International Sym, Vol. 2, pp.732-735, 2001.
- [6] A.Taflove, Computational Electrodynamics The Finite-Difference Time-Domain Method, Boston; Artech House, 1995.