

# 유전자 알고리즘과 FDTD 방법을 이용한 접지면 U 슬롯 구조의 마이크로스트립 안테나 설계

## Design of Microstrip Antenna with U Slotted Ground Plane using Genetic Algorithm and FDTD Method

임 현 준 · 윤 현 보

Hyun-Jun Lim · Hyun-Bo Yoon

### 요 약

본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 접지면에 4개의 U 슬롯을 가지는 광대역 소형 마이크로스트립 안테나를 설계하는 방안을 제시하였다. 안테나의 해석을 위해 적합도 함수로서 FDTD 기법을 사용하였고, 정방형 패치의 길이, 접지면 슬롯의 길이, 중심선으로부터 급전점까지의 거리가 최대의 대역폭과 최소의 크기를 가지기 위한 최적화 파라미터로 사용되었다. 실제 안테나를 제작하여 측정한 결과, 2.445 GHz에서 10 dB 대역폭이 15.63 %이고, 최대 이득이 3.61 dBi이며, 일반 마이크로스트립 안테나에 비해 크기는 54.8 % 감소하였다.

### Abstract

This paper presents a broadband compact 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 10 dB 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. 서 론

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 GHz에서 동작하므로,

다른 무선시스템과 인터페이스 하기 쉽다<sup>[1]</sup>.

무선망 구축을 위해서는 기본적으로 사용되어지는 안테나의 개발이 필수적이므로 성능이 우수하고, 저가이며 소형인 안테나가 요구되어진다. 이에 따라 마이크로스트립 안테나를 사용할 경우 마이크로스트립 안테나의 고유한 특성인 협대역 문제가 생겨나게 된다.

광대역 마이크로스트립 안테나를 구현하기 위해 사용되어지는 방법으로는 유전체의 높이를 높이는 방법, 안테나의 급전을 L자형 또는 T자형으로 사용하는 방법, 패치에 슬롯을 부가하는 방법, 접지면에

동국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Dongguk University)

· 논문 번호 : 20031115-13S

· 수정완료일자 : 2003년 12월 29일

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 부호화되어 수행되므로 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 변수로 하여 최적화 설계하였다.

## II. 마이크로스트립 접지면 슬롯 안테나

기존의 마이크로스트립 안테나를 소형화하는 방법으로는 고유전체를 사용하는 방법, PBG를 이용하는 방법, 패치에 슬롯을 삽입하는 방법 등이 있고, 대역폭을 늘리는 방법으로는 기판을 적층하여 사용하는 방법, 급전선로에 스텐트를 추가하는 방법 등이 있다.

그림 1은 제안된 광대역 소형의 마이크로스트립 접지면 슬롯 안테나의 구조를 나타내고 있다.

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.

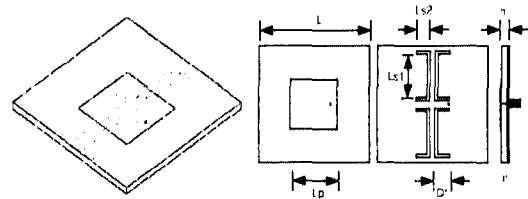


그림 1. 접지면 슬롯 마이크로스트립 안테나의 구조  
Fig. 1. The structure of slotted ground plane microstrip antenna.

## III. GA-FDTD 알고리즘

유전자 알고리즘은 복잡한 공간에서 강력한 탐색 기능을 제공하고, 간단히 계산되어질 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  $S_{11}$ 을 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 순서대로 나타내어질 수 있다.

유전자 알고리즘의 수행 절차는 다음과 같다.

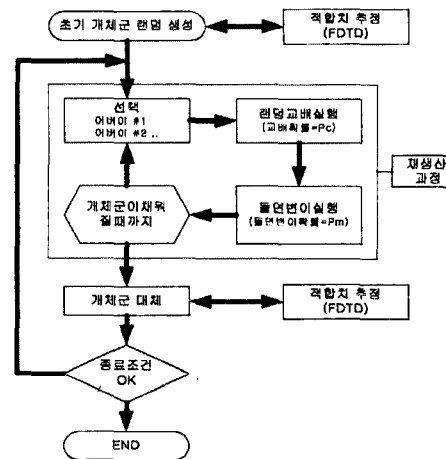


그림 2. 기본 유전자 알고리즘 순서도  
Fig. 2. Basic genetic algorithm flowchart.

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

#### IV. 설계 제작 및 검토

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

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

##### 4.1 설계

표 1은 접지면 U 슬롯 안테나의 최적화 설계 파라미터와 유전자 알고리즘을 적용시의 기본 설정 값이다.

설계시 각각의 파라미터 초기 값은 주어진 범위 내에서 랜덤하게 생성하였다.

여기서 안테나 접지면의 크기는 2.4 GHz 공진시

표 1. 최적화 설계 파라미터

Table 1. Optimization design parameter.

GA 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

표 2. 최적화된 설계 파라미터 값

Table 2. Optimized design parameter value.

변수	물리적 파라미터	최적화 설계 값	비트수
$L_{p1}$	정방향 패치의 길이	18.4 mm	6
$L_{s1}$	슬롯 1의 길이	16.0 mm	6
$L_{s2}$	슬롯 2의 길이	4.2 mm	6
$D_f$	중심점과 급전점 거리	6.4 mm	4

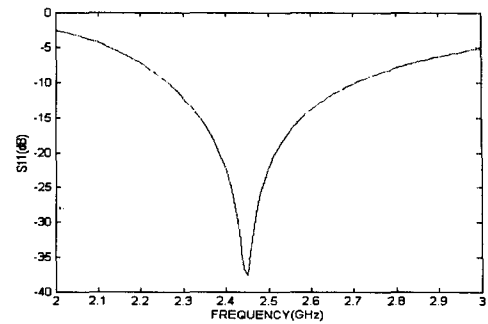
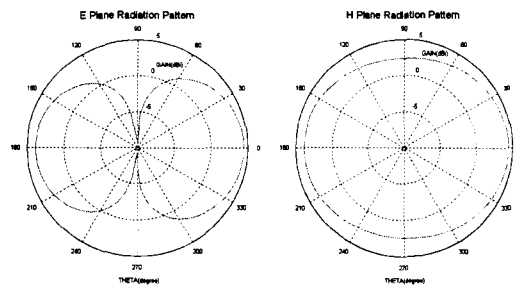


그림 3. 설계된 안테나의 반사계수 특성

Fig. 3. Designed antenna return loss characteristics.



(a) E-평면

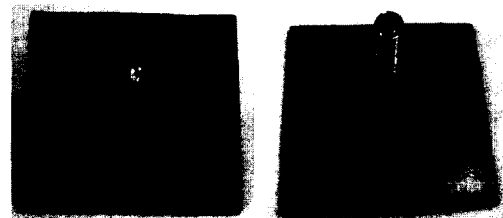
(a) E-plane

(b) H-평면

(b) H-plane

그림 4. 안테나의 복사패턴 시뮬레이션 결과

Fig. 4. Radiation pattern simulation result of antenna.



(a) 방사면

(a) radiation plane

(b) 접지면

(b) ground plane

그림 5. 제작된 접지면 슬롯 패치 안테나

Fig. 5. Manufactured patch antenna with slotted ground plane.

파장의 36 %가 되는 43 mm로 하였고, 접지면 슬롯의 폭은 1 mm의 좁은 폭으로 하였다.

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

최적화된 시뮬레이션 결과는 그림 3과 같다.

##### 4.2 제작

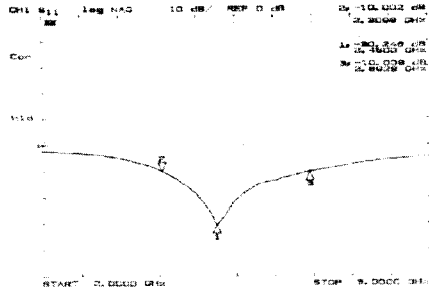
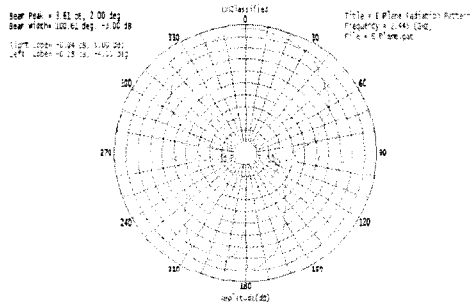


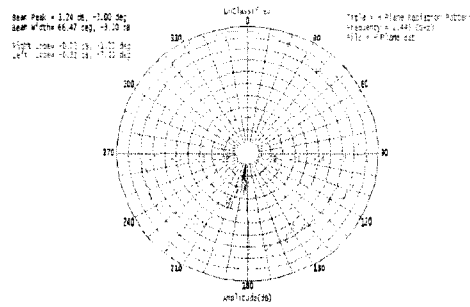
그림 6. 반사계수 특성  
Fig. 6. Return Loss characteristics.

표 3. 일반안테나와 접지면 슬롯 안테나 비교  
Table 3. Comparison of normal antenna and slotted ground plane antenna.

안테나 비교	대역폭 (10 dB)	패치크기	최대 이득	비고
일반안테나	1.60 %	33.6 mm	3.0 dBi	시뮬레이션
접지면U슬롯 안테나(B1)	10.45 %	18.4 mm	3.9 dBi	시뮬레이션
접지면U슬롯 안테나(B1)	15.63 %	18.4 mm	3.6 dBi	측정 (2.45 GHz)
A대 B2 비교	10배 증가	54.6 % 감소	-	-



(a) E-평면  
(a) E-Plane



(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 7. 측정된 안테나의 방사패턴  
Fig. 7. Measured radiation pattern of antenna.

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

4.3 검토

일반 안테나와 접지면 슬롯안테나를 비교하면 표 3과 같다.

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 패치 안테나에 비해 크기는 54.6 %로 감소하면서 대역폭은 10배가 증가하였고, 이와 같은 결과는 시뮬레이션 결과와 거의 일치하고 있다.

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

참고 문헌

[1] F. Le Bolter, A. Louzir, "Multi-band Annular Slot antenna for WLAN Applications", *IEEE 11<sup>th</sup> Int. Conf. on Antenna and Propagation*, vol. 2, pp. 529-532, April 2001.

[2] D. S. Weile, E. Michielssen, "Genetic Algorithm Optimization Applied to electromagnetics: A Review", *IEEE Trans. on Antennas Propagation*, vol. 45, no. 3, pp. 343-353, March 1997.

- [3] J. M. Johnson, Y. Rahmat-samii, "Genetic Algorithm optimization and its Application to Antenna Design", in *1994 IEEE-APS Int'l. Symp. Dig.*, pp. 326-329, 1994.
- [4] H. Choo, A. Hutani and L. C. Trintinalia, "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, "Designs 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.

#### 임 현 준

1993년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)  
1995년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)  
1995년 3월~1996년 3월: 포스데이타  
1996년 2월~현재: 동국대학교 전자공학과 박사과정  
1996년 3월~1998년 3월: 한화/정보통신 주임연구원  
1998년 3월~2001년 9월: 에이스테크놀로지 선임연구원  
2001년 9월~현재: 아진테크라인 책임연구원  
[주 관심분야] 선형증폭기, 안테나 및 전파전파

#### 윤 현 보

1979년~현재: 동국대학교 전자공학과 교수  
[주 관심분야] EMI/EMC, 안테나, 이동통신