

# 유전자 알고리즘을 이용한 개구결합 마이크로스트립 안테나 설계

서 호 진, 김 흥 수  
제주대학교 공과대학 통신공학과  
E-mail: brain95@hanmail.net

## Aperture Coupled Microstrip Antenna Design Using Genetic Algorithms

Jin-Ho Seo, Heung-Soo Kim  
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju National University  
E-mail : brain95@hanmail.net

### Abstract

In this paper, aperture coupled microstrip antenna which has a larger bandwidth was designed using genetic algorithms. The genetic algorithms encodes each parameters which are the width, length of patch and the width, length of slot, into binary sequences, called a gen. Genetic algorithms searches a optimal gen to design a larger bandwidth. Simulation results are compared with Pozar's results.

### I. 서론

마이크로스트립 구조를 갖는 안테나는 제작의 용이성, 소형화, 경량화 등인 장점으로 인하여 응용범위가 넓어서 이동 통신용 안테나로 많이 사용된다. 초기에는 출력이 낮고 좁은 대역폭을 갖기 때문에 제한된 응용범위에서 사용되었다. 하지만 많은 연구결과로 인해 마이크로스트립 안테나의 응용범위가 이동 통신뿐만 아니라 위성통신 등으로 널리 확장되고 있다. 최근에는 여러 형태의 구조를 갖는 마이크

로스트립 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

마이크로스트립 안테나의 해석방법에는 근사 모델링과 수치해석법이 있다. 근사 모델링에는 이중 슬롯모델, 전송선 모델, 세그먼트이션 방법등이 있다 [1]-[3]. 근사 모델링 방법은 안테나를 등가 모델 형태로 변환하여 해석하는 방법으로 해석이 쉽고 단순한 구조를 갖는 안테나에서 좋은 결과를 얻지만 복잡한 형태의 안테나에는 적용하기가 어렵다. 또한 마이크로스트립 패치 안테나가 갖고 있는 단점을 보완하기 위해 개구면 급전이나 금속 패치 주위의 플라스틱 패치가 놓이거나 다층 기판위에 여러 개의 패치가 있는 구조등 여러 구조의 안테나는 등가 모델이 복잡하거나 구하기가 어렵다. 따라서 이러한 모델들은 모멘트법과 같은 수치해석법을 이용하여 해석해야 한다. 모멘트법은 안테나를 와이어 그리드 형태로 모델링하여, 전류분포를 기저함수의 합으로 나타내어 적분방정식을 얻는 방법이다[3][4].

개구결합 마이크로스트립 안테나는 기존의 마이크로스트립 안테나보다 비교적 넓은 대역폭을 가지며 효율이 높다. 그리고 여러 형태의 안테나를 제작할 수 있는 장점이 있으나 해석이 복잡하고 최적의 효율을 가지는 안테나를 설계하는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 임의의 주파수에서 넓은 대역폭을 갖는 개구결합 마이크

로스트립 안테나를 설계한다. 유전자 알고리즘은 패치의 폭과 길이, 개구면의 폭과 길이를 변수로 사용한다. 변수들이 변하게 되면 다양한 대역폭을 갖는 안테나가 만들어지는데 이 안테나들을 모멘트 법으로 해석하고, 각각의 대역폭을 비교하여 넓은 대역폭을 갖는 안테나를 설계한다.

II. 개구결합 마이크로스트립 안테나의 해석

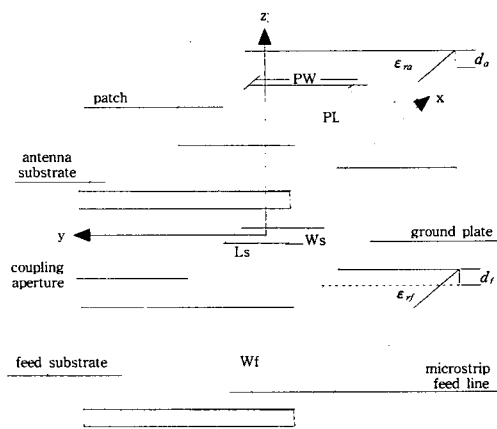


그림 1. 개구결합 마이크로스트립 안테나의 구조  
Fig 1. Geometry of an aperture-coupled microstrip antennas

개구결합 마이크로스트립 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 접지면과 유전체 기판은  $x, y$ 축 방향으로 무한히 크다고 가정하면 패치와 개구면의 표면 전류 밀도를 구하기 위한 적분방정식은 가역정리와 등가원리에 의해 유도할 수 있다. 개구면은 등가원리에 의하여 개구면이 없다고 가정한 접지면의 양쪽에 있는 등가 자기전류로 대체할 수 있으며, 개구면 폭이 유전체 내부의 파장에 비하여 아주 작은 경우 등가 자기전류는  $y$ 축 성분만을 갖는다고 가정할 수 있다. 또한 개구면에서의 전계의 접선방향 성분이 연속이라는 경계조건을 만족시키기 위하여 개구면 양쪽의 등가 자기전류 밀도는 크기가 같고 부호가 반대로 가정한다[5][6].

해석 방법으로 모멘트법을 이용하였으며, 모멘트 법에 사용되는 그린함수의 설명과 슬롯의 어드미턴스 관계식 그리고 패치의 임피던스 관계식은 Pozar의 논문에 의해 구하였다[6].

III. 유전자 알고리즘을 이용한 개구결합 마이크로스트립 안테나의 대역폭 최적화

모멘트법으로 해석한 개구결합 마이크로스트립 안테나가 임의의 주파수에서 최적의 대역폭을 가지도록 유전자 알고리즘을 이용하여 설계한다[7][8].

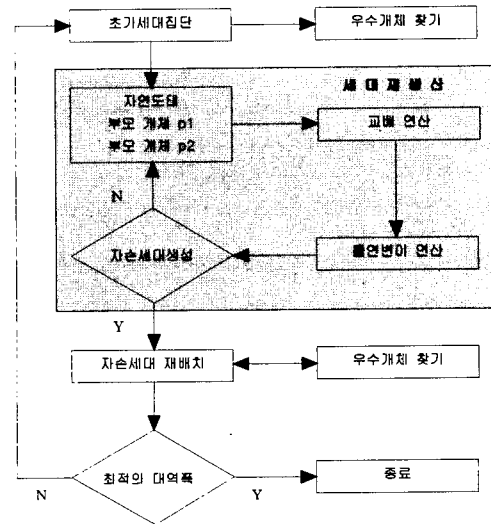


그림 2. 유전자 알고리즘의 순서도  
Fig 2. Flow chart of genetic algorithms

그림 2는 유전자 알고리즘의 순서도이다. 패치의 폭과 길이, 개구면의 폭과 길이를 유전자 표현형인 이진수 코드로 변환하여 이들을 염색체로 표현한다. 이 염색체들이 모인 세대 집합은 다양한 패치와 개구면의 형태에 대한 정보를 가지고 있다. 이러한 세대 집합 중에서 우수한 대역폭을 갖는 부모 염색체를 선택하고, 이 염색체에서 다음 세대인 자손 염색체를 만들어내는 유전자 연산과정을 반복하게 되는데, 교배 연산에서는 우수한 부모세대의 염색체로부터 다양한 형질을 갖는 자손 세대를 만들어 낸다. 이 자손세대는 다양한 패치와 개구면의 폭과 길이에 대한 정보를 가지고 있으나 단순 교배로 인해 지역 최적화가 될 가능성을 가지고 있다. 그래서 돌연변이 연산에서는 자손세대중 일부의 염색체를 돌연변이시켜 유전자 알고리즘이 모든 해의 영역을 탐색하도록 하여 전역 최적화의 해를 찾는다.

유전자 알고리즘에 유전자로 적용할 변수는 개구면과 패치의 폭과 길이이며 목적함수는 안테나의 임피던스로부터 대역폭을 계산하는 함수이다.

IV. 결과 및 고찰

유전자 알고리즘을 이용하여 2.220GHz에서 최적의 대역폭을 갖는 안테나를 설계하였다. Pozar의 설계 결과와 비교하기 위해 개구결합 마이크로스트립 안테나의 기본 설계값은 표 1과 같다.

표 1. 마이크로스트립 선로의 설계값  
Table 1. Component value for microstrip line

유전체 ( $\epsilon_{ra}, \epsilon_{rf}$ )	2.2, 2.54
유전체두께 ( $d_a, d_f$ )	0.3cm, 0.16cm
급전선로의 폭(Wf)	0.442cm

표 2는 유전자 알고리즘에 변수로 적용되는 개구면과 패치의 폭과 길이범위이다. 패치의 폭과 길이를 4bit의 이진수로 나타내었고 개구면과 패치의 형태에 대한 정보를 가지는 세대집단의 개체수는 50, 반복하는 세대의 수는 200으로 선정하였다. 그리고 유전자 연산에서 교배 확률은 0.85이고 돌연변이 확률은 0.06이다.

표 2. 유전자 알고리즘의 설계변수 범위  
Table 2. Component values for genetic algorithms

	범위
패치의 길이(PL)	1~5 cm
패치의 폭(PW)	1~5 cm
개구면의 길이(L)	0.5~2 cm
개구면의 폭(W)	0.05~1 cm

유전자 알고리즘으로 설계된 결과와 Pozar의 설계결과를 표 3에 비교하였다.

표 3. 유전자 알고리즘의 시뮬레이션 결과  
Table 3. Simulation results using genetic algorithms

		This theory	Pozar[6]
주파수		2.220GHz	2.220GHz
패치	길이	4.2cm	4cm
	폭	3.1cm	3cm
개구면	길이	1.5cm	1.12cm
	폭	0.12cm	0.155cm
대역폭		1.8%	1%
지향성		6.88	6.69

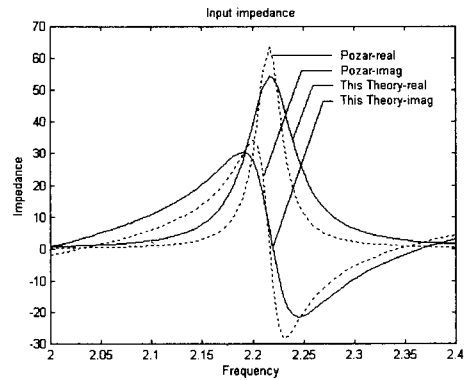


그림 3. 설계된 안테나의 입력 임피던스  
Fig 3. Input impedance of antenna

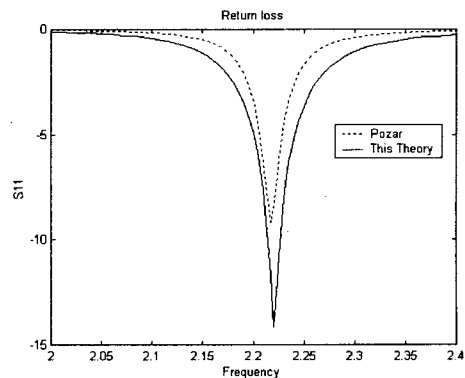


그림 4. 설계된 안테나의 반사손실  
Fig 4. Return loss of antenna

그림 3은 개구결합 마이크로스트립 안테나의 입력 임피던스 그래프이고 그림 4는 반사손실 그래프이다. 유전자 알고리즘으로 설계한 결과가 Pozar의 설계결과보다 좀더 넓은 대역폭을 갖는다.

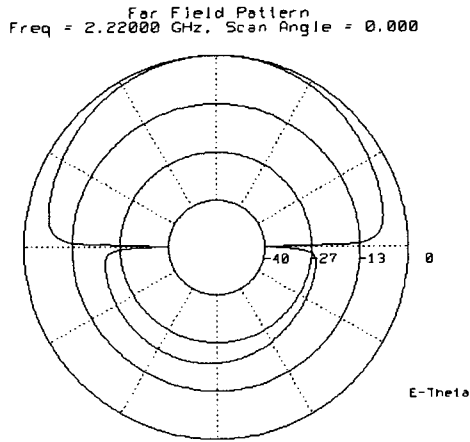


그림 4. 개구결합 마이크로스트립 안테나의 E면 필드  
Fig 4. E-field pattern

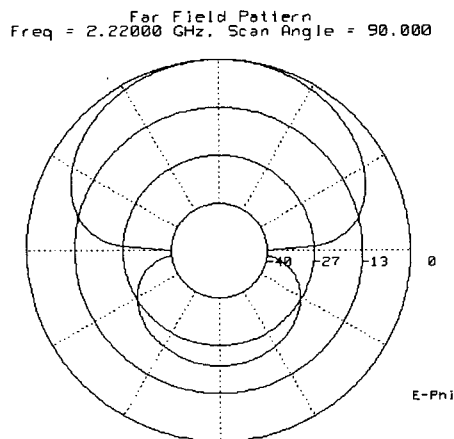


그림 5. 개구결합 마이크로스트립 안테나의 H면 필드  
Fig 5. H-field pattern

그림 4와 그림 5는 설계된 안테나 E면과 H면의 패턴이다.

#### V. 결론

마이크로스트립 안테나는 다양한 응용분야에 사용되고 있으며 현재 마이크로스트립 안테나의 단점을 보완하기 위해 여러 형태의 구조를 갖는 안테나를 활발히 연구되고 있다.

본 논문에서는 기존의 마이크로스트립 안테나보다 비교적 넓은 대역폭을 가지는 개구결합 마이크로

스트립 안테나를 설계하였다. 안테나의 개구결합 급전구조에 대한 정확한 해석은 가역정리를 이용한 full-wave 모멘트법을 이용하였다.

개구결합 마이크로스트립 안테나는 패치와 개구면의 폭과 길이가 변화됨에 따라 대역폭이 달라지게 되는데 유전자 알고리즘으로 임의의 주파수에서 넓은 대역폭을 갖는 안테나를 설계한 결과 Pozar의 설계 결과와 비교해 넓은 대역폭을 갖는 안테나를 설계할 수 있었다.

향후 과제로 패치와 개구면의 폭과 길이 이외에 유전율값과 유전체의 두께, 패치와 개구면의 위치등을 유전자 변수로 사용하여 좀더 복잡한 영역에서 넓은 대역폭을 갖는 안테나를 설계방법 연구하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] A. G. Derneryd, "Linearly polarized microstrip antennas", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol. AP-24, pp.846-851, 1976.
- [2] J. Q. Howell, "Microstrip antenna", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol. AP-23, pp.90-93.
- [3] W. F. Richards, Y. T. Lo and D. D. Harrison, "An improved theory for microstrip antennas and applications", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol. AP-27, pp.38-46, 1979.
- [4] P. K. Agrawal and M. C. Bailey, "An analysis for microstrip antennas", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol. AP-25, pp.756-759, 1977.
- [5] E. H. Newman and P. Tulyathan, "Analysis of microstrip antennas using moment methods", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol. AP-29, pp.47-53, 1981.
- [6] D. M. Pozar, "A reciprocity method of analysis for printed slot and slot-coupled microstrip antennas", IEEE Trans. Antenna Propagation, Vol AP-34, pp.1439-1446, 1986.
- [7] Holland, J. H., 1975, Adaptation in natural and artificial systems, The University of Michigan Press.
- [8] Haupt, R.L., "Introduction to genetic algorithms for electromagnetics," IEEE AP. Magazine, Vol.37, NO.2, pp.7-15, 1995.