

# 진화 알고리즘을 이용한 단락핀이 있는 이중대역 패치 안테나 최적 설계 연구

## A study on an optimal design for a dual-band patch antenna with a shorting pin using the evolution strategy

고재형\*, 권소현\*, 김형석\*\*

Jae-Hyeong Ko, So-Hyun Kwon, Hyeong-Seok Kim\*

### Abstract

In this paper, we deal with the development of an optimal design program for a dual-band of 0.92 GHz and 2.45 GHz with shorting pin and slot by using evolution strategy. The optimal shorting pin, coaxial feed and H-shaped patch are determined by using an optimal design program based on the evolution strategy. To achieve this, an interface program between a commercial EM analysis tool and the optimal design program is constructed for implementing the evolution strategy technique that seeks a global optimum of the objective function through the iterative design process consisting of variation and reproduction. The resonance frequencies of the dual-band antenna yielded by the optimal design program are 0.92 GHz and 2.45 GHz that show a good agreement to the design target values.

**Keywords** : evolution strategy, shorting pin, dual-band antenna

### I. 서론

사물에 부착된 전자 태그의 정보를 리더의 안테나를 통하여 판독하는 비접촉식 무선 인식 시스템인 RFID(Radio Frequency Identification)은 유통과린, 출입 통제, 교통카드, 식품관리 등 다양한 분야에 적용이 점차 확대되고 있다. HF대역(13.56 MHz), UHF대역(433 MHz, 860 MHz ~ 960 MHz) 및 ISM대역(2.4 GHz) 등 여러 주파수 대역에서 RFID 기술에 대한 연구개발이 진행되고 있으며, 그 일부는 이미 활용되고 있다[1].

RFID에서 송수신을 담당하는 안테나는 최근 소형화, 고효율, 다중대역 및 광대역, 적은 비용 등의 요구로 소형 및 고효율의 안테나 개발이 필수적인 요소가 되었다. 또한 하나의 안테나로 여러 대역에서 사용 가능한 다중대역 및 광대역 안테나의 중요성이 점차 부각되고 있다. 이에 최근 다중 대역 및 소형 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 국내에서는 UHF대역에서 기존의 912 MHz 대역에서 917 MHz ~ 923.5 MHz 대역을 RFID 대역으로 재분배함으로써 이에 따른 연구가 활발히 진행되고 있다[2].

안테나의 소형화 기법 중에 단락핀(shorting pin)을 사용하여  $\lambda/4$ 파장의 안테나를 설계 할 수 있으며, H형 안테나 구조를 통하여 안테나 크기를 소형화를 할 수 있다. 또한, 단락핀에 의해 이중 공진이 생성되어 이중대역 안테나 구현이 가능하다[3-5].

H형 구조와 급전부 및 단락핀의 위치에 따라 공진 주파수가 결정된다. 따라서 이중 대역 패치 안테나 설계에서 단락핀이 있는 H형 구조의 패치 설계는 매우 중요하다. 안테나 설계에 있어 정확한 설계 목표 주파수에서 공진을 하기 위해서 많은 경우 설계자의 직관과 경험에 의존하는 시행착오를 통해 설계 변수 값을 결정하고 있다. 그러나 설계자의 노하우에 의존하는 경우에는 새로운 안테나 설계 과정마다 많은 시간과 비용이 소요되는 어려움이 있다. 이러한 기존 설계 기법의 문제점을 해결하기 위해 최근에 안테나 설계에서 기존의 구조를 개선하거나 설계 시간을 단축하기 위한 최적화 기법이 소개되고 있다[6-8].

본 논문에서는 비결정론적 최적화 방법 중의 하나인 진화 알고리즘(evolution strategy) 기법[9]을 통한 단락핀이 있는 H형 패치 이중대역 안테나의 최적 설계를 수행하였다. 진화 알고리즘 기법은 설계 변수와 돌연변이 요소를 이용하여 최적의 설계 변수값을 찾아가는 기법이다. 단락핀이 있는 H형 구조의 최적 설계 변수 값을 찾기 위해 전자장 해석 프로그램에서 제공하는 스크립트 명령어(script command)를 이용하여 진화 알고리즘과 전자장 해석 프로그램과 연동하는 최적 설계 프로그램을 엑셀(Excel)과 비주얼 베이직(Visual Basic)을 이용하여 구현하였다. 구현된 최적 설계 프로그램을 통해 최적의 이중대역 안테나를 설계하였다.

### II. 본론

#### 1. 이중대역 H형 구조 설계

단락핀을 이용한 H형 구조의 이중대역 안테나를 그림 1

접수일자 : 2009년 8월 03일

최종완료 : 2009년 8월 14일

\*중앙대학교 전자전기공학부 대학원

\*\*중앙대학교 전자전기공학부

교신처, E-mail : kimcaf2@cau.ac.kr

과 같이 설계하였다. 설계된 안테나는 H형 구조 패치에 단락핀과 급전부로 구성되어 920 MHz와 2.45 GHz에서 공진 주파수를 갖도록 하였다.

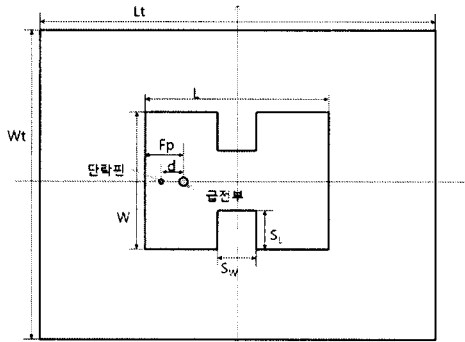


그림 1. H형 이중 대역 안테나 구조  
Fig. 1. Structure of designed H-shaped Dual-band antenna

$W_t$ 와  $L_t$ 는 두께( $h$ )가 1.6 mm이고 유전율이 4.4인 기판의 넓이와 길이를 나타낸다.  $W$ 와  $L$ 은 안테나 패치의 넓이와 길이이고  $S_W$ 와  $S_L$ 은 H형 구조를 구현하기 위한 슬롯(slot)의 넓이와 길이를 나타낸다. 이때 슬롯은 패치 길이의 중앙에 설계하였다.  $F_p$ 는 패치로부터 떨어진 급전부의 위치이고  $d$ 는 급전부와 단락핀의 간격을 나타낸다.

기판의 크기는 80 mm × 80 mm 이하로 설정하고 패치의 크기는 2.45 GHz의 공진 주파수( $f_r$ )를 갖는 사각 패치 안테나의  $W$ 와  $L$ 을 결정하였다.

$$W = \frac{\lambda_0}{2} \frac{1}{\sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-0.5} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{\epsilon_{re} + 0.3}{\epsilon_{re} - 0.258} \frac{(W/h) + 0.262}{(W/h) + 0.813} \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

식(1)~(4)를 통해 구한  $W$ 과  $L$ 은 각각 37mm와 28mm로 설정하였다. 단락핀을 이용한 H형 구조 패치의 설계치와 전자장 시뮬레이션 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 초기 설계 변수와 결과  
Table 1. Initial parameters and result

	단위	$W_t$	$L_t$	$W$	$L$	$S_W$	$S_L$	$F_p$	$d$
초기치	mm	80	80	37	28	5	5	4	2
Frequency	GHz	0.72			2.35				
S11	dB	-11.034			-10.413				

표 1에서 H형 패치의 초기치가 설계하고자 하는 이중 대역의 주파수에서 공진 하는 않는 것을 확인 할 수 있다. 이에 급전부와 단락핀의 위치 및 H형 구조 변수의 설계치를 구하기 위해 진화알고리즘을 이용하여 최적의 설계치를

구하였다.

## 2. 진화알고리즘 기법

비결정론적 최적화 기법 중 하나인 진화 알고리즘의 기본 순서도는 그림 2와 같다.

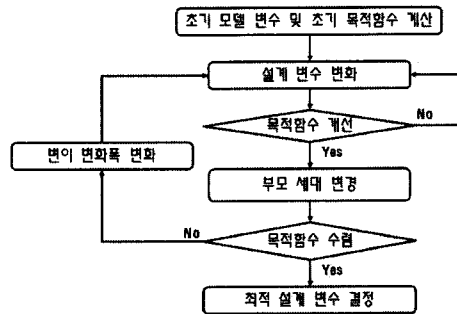


그림 2. 진화 알고리즘  
Fig. 2. Evolution strategy

진화 알고리즘은 초기 설정한 설계 변수 집합인 부모 개체군으로부터 일정한 범위 내에서 확률 변수를 발생시킴(5)와 같이 차기 개체군을 생성 시킨다.

$$Xc(i) = Xp(i) + \alpha(i) \times R(i) \quad (5)$$

여기서  $i$ 는 세대를 의미하며  $Xp(i)$ 와  $Xc(i)$ 는 각각  $i$  세대의 부모 개체군과 차기 개체군이다.  $\alpha(i)$ 는  $Xp(i)$ 를 중심으로 한 변화 가능폭(step width)이며  $R(i)$ 는 평균이 0인 균등 분포를 갖는 확률밀도 함수에 의해 발생하는 난수이다.

부모 개체군과 차기 개체군 전체를 통해 원하는 설계 목표에 가장 근접한 변수 집합을 택하여 식(6)과 같이 다음 부모 개체군을 구성한다.

$$Xp(i+1) = \begin{cases} Xc(i), & \text{if } Fc(i) < Fp(i) \\ Xp(i), & \text{if } Fc(i) \geq Fp(i) \end{cases} \quad (6)$$

여기서  $Fc(i)$ 와  $Fp(i)$ 는 각각  $Xc(i)$ 와  $Xp(i)$ 에 대한 목적함수 값이다. 이 과정을 변이와 재생산 과정이라 한다.

변이 변화폭은 현 세대로부터 이전 10세대 동안의 재생산 과정에서 차기 개체군이 부모 개체군으로 변이가 일어나 횟수를 계산하여 식(7)과 같이 변화 시킨다.

$$\alpha = \begin{cases} \alpha(i)/0.5, & \text{if 변이 횟수} > 2 \times N \\ \alpha(i) \times 0.5, & \text{if 나머지 경우} \end{cases} \quad (7)$$

여기서  $N$ 은 설계 변수의 수이며 제작이 용이한 결과치를 얻기 위해 변이 폭 변화 비율을 0.5로 설정하였다. 이와 같은 변이와 재생산 과정의 결과에 따라 변이 변화폭을 조절하며 이런 반복 과정을 거치면서 설계 목표에 가장 부합되는 최적의 설계 변수 값을 구할 수 있다.

본 논문에서는 하나의 부모 개체군에서 하나의 차기 개체군을 생성하여 두 개체군을 비교하여 선택하는 (1+1) 진화알고리즘 기법을 이용하여 설계 목표 주파수가 0.92

GHz와 2.45 GHz이고 이 때의 반사계수( $S_{11}$ )를 식 (8)과 같이 목적함수와 구속조건을 설정하였다.

$$\text{목적함수 } F = \sum_{i=1}^2 \frac{|f_i - f_{oi}|}{f_{oi}} \quad (8.1)$$

$$\text{구속조건 } S_{11}(f_i) \leq -10\text{dB} \quad (8.2)$$

여기서  $f_i$ 는 전자장 해석 결과의 공진 주파수이며  $f_{oi}$ 는 설계 목표 주파수인 0.92 GHz와 2.45GHz이다.

### 3. 최적 설계

안테나 설계과정에서 진화 알고리즘을 적용하기 위해 전자장 해석 프로그램과 최적화 프로그램간의 연동 인터페이스 환경을 구현할 필요가 있다. 전자장 해석 프로그램인 HFSS의 스크립트 명령어를 활용하여 최적 설계의 자동화 프로그램을 엑셀 프로그램으로 구현하였다. 그림 3에 구현한 프로그램의 기본 구조를 제시하였다.

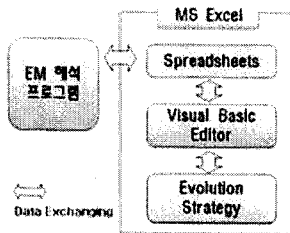


그림 3. 연동 프로그램 구조  
Fig. 3. The interface program architecture

그림 4와 같은 설계 프로그램 순서도에 따라 안테나 전자장 해석과 진화 알고리즘 결과 분석을 반복 수행하여 최적의 설계 값을 구하였다.

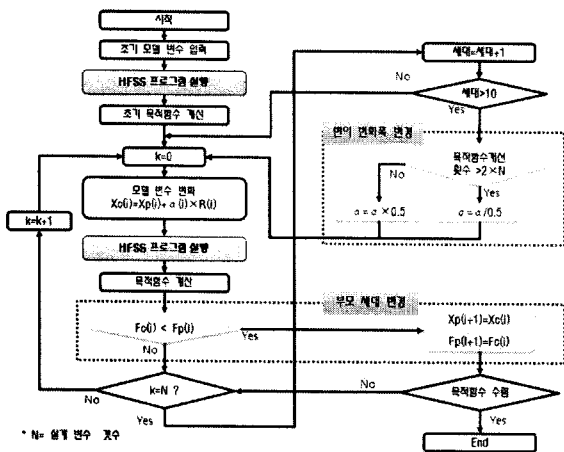


그림 4. 최적 설계 프로그램 순서도  
Fig. 4. Flow chart of the optimal design program

부모 개체군에서 차기 개체군을 생성하기 위한 식(5)에서 변이 가능폭을  $\Delta W = \Delta L = \Delta W = \Delta L = 1\text{mm}$  와  $\Delta S_W = \Delta S_L = 0.5\text{mm}$  및  $\Delta F_p = \Delta d = 0.1\text{mm}$ 로 설정하였고 수렴도가 0.01 이하에서 최적의 설계치를 찾도록 설계하였다.

구현한 최적 설계 프로그램을 통한 H형 구조 이중대역 안테나의 최적 설계 결과를 표 2와 그림 5에 초기 설계와 비교 제시하였다.

표 2. 초기 설계와 최적 설계 비교  
Table 2. Comparison of the initial and optimal design

단위	초기 설계	최적 설계			
$W$	80	79			
$L_t$	80	74.75			
$W$	37	31.125			
$L$	28	22.25			
$S_W$	5	8.5			
$S_L$	5	7.375			
$F_p$	4	3.93125			
$d$	2	1.90625			
주파수	GHz	0.72	2.35	0.92	2.45
$S_{11}$	dB	-11.034	-10.413	-10.317	-21.305

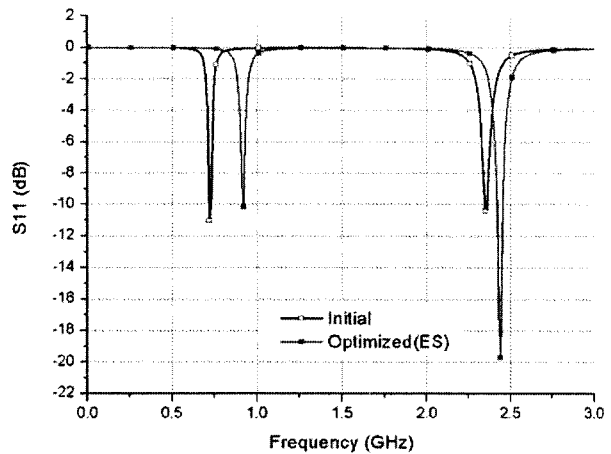


그림 5. 초기 설계와 최적 설계 반사계수 변화.  
Fig. 5.  $S_{11}$  variation between the initial and optimal design.

본 연구를 통해 구현된 최적 설계 프로그램을 이용하여 H형 구조 이중대역 안테나의 최적 설계 결과 목표 주파수인 0.92 GHz와 2.45 GHz에서 공진 주파수를 갖고 이 때 -10 dB 이하의 반사계수를 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

### III. 결 론

본 논문에서는 이중 대역 안테나를 설계하기 위해 단락 핀과 급전부 위치 및 H형 패치 구조의 설계 변수를 진화 알고리즘을 이용하여 최적의 설계 값을 찾는 연구를 수행하였다. 또한, 안테나의 반복적인 전자장 해석 및 진화 알고리즘 결과 분석 과정을 자동화 할 수 있는 최적 설계 프로그램을 구현하여 최적의 H형 구조 이중대역 안테나 설계 값을 구하였다. 최적 설계 프로그램을 통해 최적 설계 결과 0.92 GHz와 2.45GHz의 공진 주파수를 갖는 것을 확인 할 수 있었다. 향후 최적 설계 프로그램을 이용하여 다양한 주파수 대역의 안테나 및 다양한 구조를 설계 가능할 것으로 사료된다. 또한 진화 알고리즘 이외의 최적화 기법을 적용하여 보다 효율적인 안테나 설계에 대한 연구에 활용 가능 할 것으로 사료된다.

**감사의 글**

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2008-14) 주관으로 수행된 과제임.

**[ 참고 문헌 ]**

[1] John R. Tuttle, "Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification (RFID) industry," *IEEE Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium*, pp. 5-8, 1997.

[2] 최익권, "휴대단말용 RFID 대역 소형 원형판과 마이크로스트립안테나" 한국정보기술학회논문지 제7권 제2호, pp. 109-115, April. 2009.

[3] V. Palanisamy, and R. Garg, "Rectangular ring and H-shaped microstrip antennas-alternatives to rectangular patch antenna", *Electron. Lett.*, pp. 874-876, 1985.

[4] A. F. Sheta, A. S. Mohra, S. F. Mahmoud, "Modified compact H-shaped microstrip antenna for tuning multi-band operation," *National Radio Science Conference*, pp. 1-6, 2008.

[5] Shan-Cheng Pan; Kin-Lu Wong, "Dual-frequency triangular microstrip antenna with a shorting pin," *IEEE Trans. on, Antennas and Propagation*, vol. 45, no. 12, pp. 1889-1891, Dec., 1997.

[6] J. M. Johnson, Y. Rahmat-Samii, "Genetic algorithms and method of moments (GA/MoM) for the design of integrated antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.47, pp.1606 - 1614, Oct. 1999.

[7] F. Ares, S. R. Rengarajan, E. Villanueva, E. Skochinski, E. Moreno, "Application of genetic algorithms and simulated annealing technique in optimising the aperture distributions of antenna array patterns," *Electron. Lett.*, vol.32, pp.148 - 149, Feb. 1996.

[8] C. Delabie, M. Villegas, O. Picon, "Creation of new shapes for resonant microstrip structures by means of genetic algorithms," *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 1509-1510, Aug. 1997.

[9] T. Back, *Evolutionary Algorithms in Theory and Practice*. Oxford, U.K.: Oxford Univ. Press, 1996.



**고 재 형**

2004년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업  
2008년 중앙대학교 전자전기공학부 (공학석사)  
2008년 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정

<관심분야> 초고주파 회로설계, 안테나, 최적설계

<e-mail> [kojh77@gmail.com](mailto:kojh77@gmail.com)



**권 소 현**

2008년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업  
2008년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정 재학 중.

<관심분야> Antenna Design, Passive Component.

<e-mail> [blue1073@naver.com](mailto:blue1073@naver.com)



**김 형 석**

1985년 서울대학교 전기공학 졸업  
1987년 서울대학교 전기공학 (공학 석사)  
1990년 서울대학교 전기공학 (공학박사)  
1990~2002 순천향대학교 정보기술공학부 부교수  
1997~1998 R.P.I 미국 방문 교수  
2002~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수

<관심분야> 전자장 및 수치해석, RF 및 마이크로웨이브 소자 해석 및 설계, RFID 시스템 연구, IT-SoC 응용 회로, 전력 IT

<e-mail> [kimcaf2@cau.ac.kr](mailto:kimcaf2@cau.ac.kr)