

개선된 부분 초기화 유전자 엘거리즘을 이용한 광대역 전파 흡수체 최적 설계

Design of a Broad-band Electromagnetic Absorber Using the Improved Partial Initialization Genetic Algorithm

이동근* · 남기진** · 이상설*

Dong-Guen Lee* · Gi-Jin Nam** · Sang Seol Lee*

요 약

유전체 및 자성체로 구성된 광대역 전파 흡수체를 설계한다. 부분 초기화 비율, 부분 초기화 시점 및 스케일 인자의 변화에 따른 부분 초기화 유전자 엘거리즘의 성능을 비교한다. 전파 흡수체의 구성물질은 총 16개의 유전체 및 자성체로 선정한다. 전파 흡수체의 구성 물질과 위치, 두께를 개선된 부분 초기화 유전자 엘거리즘으로 최적화하여 3~10 GHz 대역의 전파 흡수체를 설계한다. 개선된 PIGA를 이용한 설계 결과는 E. Michielssen이 GA를 이용해 제시한 결과보다 구성물질의 두께, 자성체의 두께, 최대 반사 계수 등의 측면 등에서 우수하다.

Abstract

The broadband EM absorbers composed of dielectrics and magnetic materials are designed. The performance of the partial initialization genetic algorithm(PIGA) is improved with three factors such as partial initialization ratios, initialization starting points and scale factors. At the frequency range over 3 ~ 10 GHz, the optimized electromagnetic absorbers are designed by using the improved PIGA. The design results obtained by enhanced PIGA's are superior to that of the using a GA presented by E. Michielssen with regard to the total depth of composite materials, the depth of magnetics and maximum reflection coefficients.

I. 서 론

전파 흡수체는 항공기 및 선박의 레이더 추적방지, 전자 장치의 불요 전자파 흡수 및 안테나 측정을 위한 무반사실 등 여러 분야에 사용된다. 두께가 얇고 가볍고, 광대역의 전자파를 흡수하는 물질에 대한 연구가 오래 전부터 진행되어 왔다.

과거에는 근사화된 수식이나 공진기 법을 이용하여 전파 흡수체를 설계하였고, 최근에는 최적 제어

방법^{[1]-[2]}과 유전자 엘거리즘을 이용하여 다층 유전체의 두께, 무게 등을 최소화 하면서, 광대역 특성을 갖는 흡수체를 설계하는 방법^{[3]-[4]}이 제시되었다. 여러 최적화 방법 중에서 유전자 엘거리즘^{[5]-[8]}은 다른 최적 제어 방법에 비하여 초기치의 영향을 받지 않으며, 미분이 불가능하거나 미분이 복잡한 함수에도 적용할 수 있는 등 많은 장점을 갖는다. 그러나 목표함수가 다극함수(Multi-modal function)인 경우에 단순 유전자 엘거리즘은 그 성능이 떨어져

*본 논문은 '97년도 한국과학재단 핵심전문 연구지원에 의한 결과임. (과제번호: KOSEF 971-0919-121-1)

* 한양대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Eng., Hanyang Univ.)

** 두원공과대학 전파통신과(Dept. of Radio-Comm., Doowon Tech. Col.)

· 논문 번호 : 990607-048

· 수정완료일자 : 1999년 10월 26일

앨거리즘 성능 향상을 위해 밀집인자 마들(Crowding factor model)^[6], 격투 앨거리즘(Struggle algorithm)^[8] 과 같은 변종 앨거리즘이 제안되고 있다.

이 연구에서는 유전체 및 자성체를 4층으로 배열 하여 외부로부터 입사되는 전자파를 내부에서 감쇠 시켜 반사되는 에너지를 최소화하는 광대역 전파 흡수체를 설계한다. 전파 흡수체의 반사계수와 같은 다극함수의 최적화에서 부분 초기화 방법^[4]의 성능 향상을 위하여 부분 초기화 비율, 부분 초기화 시점, 스케일 인자의 변화에 따른 앨거리즘의 성능을 비교 한다. 이 결과를 바탕으로 성능이 개선된 부분 초기화 유전자 앨거리즘을 전파 흡수체 최적 설계에 적용한다.

전파 흡수체를 설계하기 위해, 물질을 양호 유전체, 손실 유전체, 고 유전체, 자성체로 분류한다. 3~10 GHz 대역에서 측정된 ϵ_r , ϵ_i 값을 기준으로 7 개의 자성체와 9개의 유전체를 포함한 총 16개의 구성 물질을 조합하여 3~10 GHz 대역의 전파흡수체를 설계한다. 전파 흡수체의 구성 물질과 그 위치, 두께를 개선된 부분 초기화 유전자 앨거리즘을 이용하여 최적화한다.

II. 반사계수

그림 1과 같이 $z = d_0, d_1, \dots, d_n$ 에서 경계를 갖는 유전체 및 자성체로 구성된 흡수체에 평면파가 입사한다고 가정하면, TE/TM 입사파의 반사계수는 다음과 같이 연속 분수식으로 표현된다^{[4],[9]}.

$$\begin{aligned} \frac{A_n}{B_n} &= e^{-2\gamma_n d_n} \\ &\cdot \frac{A_{n+1} e^{\gamma_{(n+1)} d_n} + R_{n(n+1)}^{TE/TM} B_{n+1} e^{-\gamma_{(n+1)} d_n}}{R_{n(n+1)}^{TE/TM} A_{n+1} e^{\gamma_{(n+1)} d_n} + B_{n+1} e^{-\gamma_{(n+1)} d_n}} \\ &= \frac{e^{-2\gamma_n d_n}}{R_{n(n+1)}^{TE/TM}} + \frac{\left(1 - \frac{1}{R_{n(n+1)}^{TE/TM}}\right) e^{-2(\gamma_{(n+1)} + \gamma_n) d_n}}{\frac{1}{R_{n(n+1)}^{TE/TM}} e^{-2\gamma_{(n+1)} d_n} + \frac{A_{n+1}}{B_{n+1}}} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 구하고자 하는 영역 0에서의 반사계수는 $R = \frac{A_0}{B_0}$ 이다.

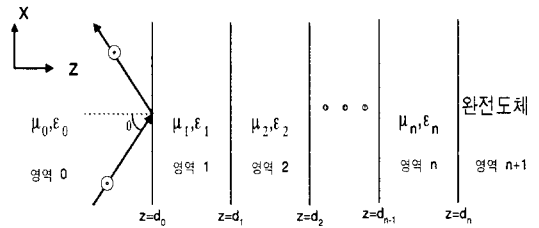


그림 1. 다층 유전체 및 자성체의 구조와 TE 입사파
Fig. 1. Structure of multiple dielectrics and the TE incidence wave.

III. 개선된 부분 초기화 유전자 앨거리즘

유전자 앨거리즘^{[5]-[7]}은 자연계의 진화 현상에 기본을 둔 계산 마들로, 어떤 특정 문제에 대한 잠재적 해를 간단한 염색체와 같은 자료 구조로 부호화한 후, 중요한 정보를 보존하기 위해 이 자료 구조에 재결합 연산자를 적용하는 앨거리즘이다.

목적함수가 단극 함수(uni-modal function)인 경우, 유전자 앨거리즘은 훌륭한 성능을 보이나, 다극 함수(multi-modal function)인 경우, 심한 성능 저하를 보인다. 다극 함수에서 탐색공간 중에 극값이 여러 곳에 산재하므로 최적치를 구하기 위해서 개체군에 다양한 염색체들이 존재해야 한다. 개체군의 다양성 유지를 위한 방법으로 De Jong, S. Mahfoud, Harik, Goldberg, Grüniger^[8] 등이 여러가지 적소 유전자 앨거리즘을 제시하였다. 이러한 방법들은 탐색 공간 내의 여러 개의 극점을 동시에 찾는 다극 탐색 능력은 뛰어나지만, 흡수체 설계와 같이 변수가 많고 탐색공간이 넓은 때에는 초기화 할 때 발생하는 개체군의 탐색공간이 전체 탐색공간의 일부만을 포함하므로 극부 최적치에 수렴하는 경향이 있고, 이 경우 돌연변이에 의지하게 되어 그 성능이 떨어진다.

기존의 방법들은 다양성을 유지하기 위하여 재생산 단계에서 제약을 가하나, 부분 초기화 방법^[4]은 수렴 판정과정에서 제약을 가한다. 부분 초기화 방법은 크게 세가지 인자에 의해서 그 성능이 달라진다. 첫째는 부분 초기화 비율, 즉 기존의 개체군 중 우수개체 순으로 몇 개체만을 남기고 나머지를 새 개체로 대체하는 가이고, 둘째로 부분 초기화 시작

점, 즉 기본 유전자 알고리즘이 몇 번까지 진행되어도 목표 함수 값이 개선되지 못할 때 부분 초기화를 시행하느냐 하는 것이고, 셋째로 선형 스케일링을 할 때 그 기울기, 즉 스케일 인자의 값을 얼마로 하느냐 하는 문제이다. 이 세가지 인자의 값들에 의해 같은 부분 초기화 알고리즘이라도 그 성능의 차가 현격하므로 본 논문에서는 이 세가지 인자에 따른 부분 초기화의 성능을 비교한다. 비교된 성능을 바탕으로 인자들을 최적화하여 부분 초기화의 성능을 개선시킨다.

각 인자에 따른 부분 초기화의 성능을 비교하기 위하여 다음과 같은 힐리 함수(Hilly function)를 사용한다^[8]. 힐리 함수는 2변수 함수로 $-50 \leq x \leq 50$, $-50 \leq y \leq 50$ 의 범위에서 16개의 극점을 갖는 기지의 함수이다.

$$H(x, y) = 10 \left[e^{-\frac{|x|}{50}} \left(1 - \cos \left(\frac{6}{100} \frac{3}{4} \pi |x|^{\frac{3}{4}} \right) \right) + e^{-\frac{|y|}{250}} \left(1 - \cos \left(\frac{6}{100} \frac{3}{4} \pi |y|^{\frac{3}{4}} \right) \right) + 2e^{-\frac{(b-x)^2 + (b-y)^2}{50}} \right] \quad (2)$$

여기서 $b = \left(\frac{5}{6} 100^{\frac{3}{4}} \right)^{\frac{4}{3}}$ 이다.

알고리즘의 성능은 힐리 함수 최고치의 99% 이상인 값을 찾아낼 때까지의 알고리즘 반복수로 판단한다.

3-1 부분초기화 비율

그림 2와 그림 3은 각각 개체군의 크기를 50과 100으로 하고, 초기화 시작점을 10, 30, 50, 70으로 변화시킬 때 부분초기화 비율의 변화에 따른 성능을 나타낸다. 부분 초기화에서 적합도가 높은 상위 1% ~ 3% 만을 남길 때는 성능의 변화가 거의 없고, 상위 3% 이상을 남기고 수행시킬 때는 부분 초기화 비율이 감소함에 따라 알고리즘의 성능이 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 부분 초기화 비율이 감소함에 따라 적합치가 높은 개체들이 더 남게 되고, 따라서 개체군의 다양화가 덜 이루어지기 때문이다. 그림 2, 3,

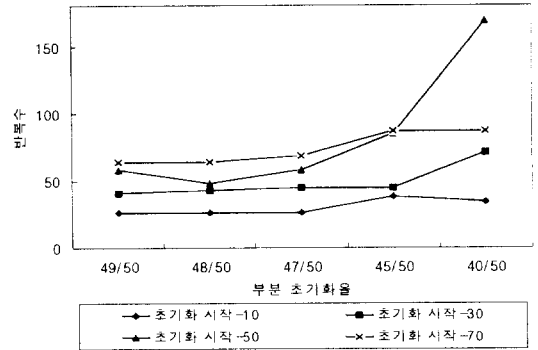


그림 2. 부분 초기화율에 따른 알고리즘 성능 변화(개체군의 크기: 50)

Fig. 2. Performance variation according to the partial initialization ratio (Pop. size: 50).

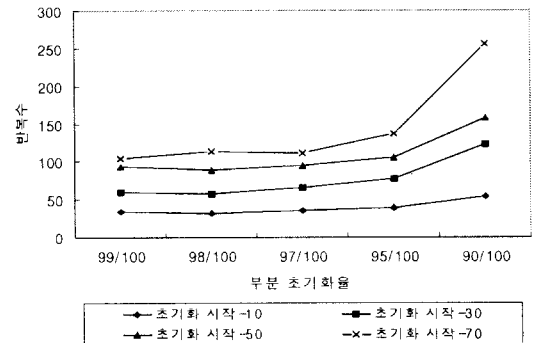


그림 3. 부분 초기화 비율에 따른 알고리즘 성능 변화 (개체군의 크기: 100)

Fig. 3. Performance variation according to the partial initialization ratio (Pop. size: 100).

4, 6에서 시험 함수는 힐리함수로 한다. 그림 5에서는 변수가 9개인 3층 흡수체의 반사계수를 시험 함수로 한다.

3-2 부분초기화 시점

알고리즘이 최적치가 아닌 특정한 값에 수렴하여 장시간 지속될 때, 언제 부분 초기화를 하느냐에 따라 알고리즘의 성능은 크게 달라진다. 힐리 함수와 같이 변수가 2개이고, 탐색공간이 크지 않을 경우 ($-50 < x < 50$, $-50 < y < 50$)에는 그림 4와 같이 부분초기화의 시작점이 빠를수록(약 5에서) 알고리즘의 성능이 좋아지나, 그림 5에서처럼 변수가 9개

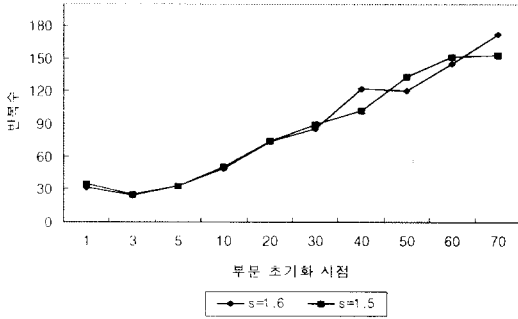


그림 4. 힐리 함수에 대한 부분초기화 시점에 따른 엘거리즘 성능 변화

Fig. 4. Performance variation according to the partial initialization starting point for Hilly function.

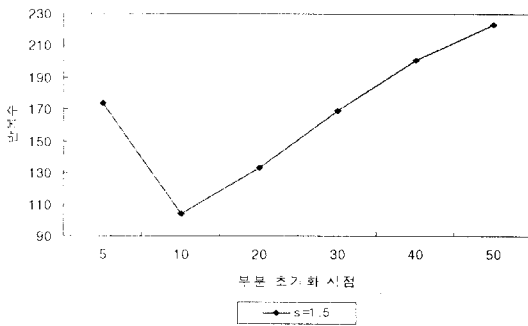


그림 5. 전파 흡수체에 대한 부분초기화 시점에 따른 엘거리즘 성능 변화

Fig. 5. Performance variation according to the partial initialization starting point for the EM absorber.

인 흡수체 설계와 같이 변수가 많고 탐색 공간이 크면, 특정한 값에 수렴하여 10회 반복될 때 부분 초기화를 시행하면 엘거리즘의 성능이 향상된다. 보통 엘거리즘을 10~20회 반복하여 최적치를 얻지 못하면, 부분 초기화를 실시하여 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

3-3 스케일 인자

선형 스케일에서 선형 인자 s 는 개체군 중에서 가장 높은 적합치를 갖는 부모 염색체가 다음 세대에서 어느 정도의 자손을 생산해야 하는가를 결정하는 인자이다. 선형인자 s 가 클수록 현 세대의 개체군 중

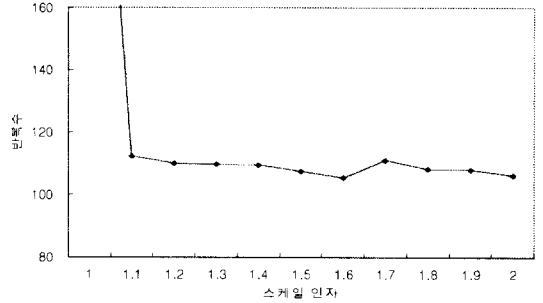


그림 6. 스케일 인자의 변화에 따른 엘거리즘 성능 변화

Fig. 6. Performance variation according to the scale factor.

에서 가장 높은 적합치를 갖는 염색체가 다음 세대에서 더 많은 자손을 생산하게 된다.

그림 6은 개체군의 크기가 50이고, 부분 초기화의 시점이 70일 때, 스케일 인자의 변화에 따른 시험 함수에 대한 엘거리즘의 성능을 나타낸다. 그림 6에서 보듯이 부분 초기화 유전자 엘거리즘에서 스케일 인자 s 가 1이면 엘거리즘 수행을 통해 얻은 높은 적합치를 갖는 염색체나 부분 초기화에서 새롭게 무작위로 발생된 염색체나 다음 세대에 같은 수의 자손을 갖게 되므로 엘거리즘을 통해 찾아낸 우수 염색체에 관한 정보를 잃어버리게 된다.

그림 6과 같이 s 값이 1.1~2.0의 범위에서는 엘거리즘의 성능차가 크지 않으나, 1.4~1.6 사이에서는 엘거리즘의 성능이 크게 향상된다.

3-4 개선된 부분 초기화 엘거리즘과 투쟁 엘거리즘과의 비교

2개의 변수를 갖는 힐리(Hilly) 함수와 9개의 변수(3층 유전체의 유전율, 두께, 손실탄젠트)를 갖는 전파흡수체를 시험 함수로 하여, 투쟁 유전자 엘거리즘^[8]의 수행 시간과 개선된 부분 초기화 유전자 엘거리즘의 수행시간(Pentium II 266 MHz)을 비교한다. 힐리 함수로서 투쟁 유전자 엘거리즘을 이용하여 광역 최적치를 구하는데 필요한 시간은 시행할 때마다 다소 변화가 있으나 100번 시행하여 얻은 평균 시간은 45.3초로 나타났고, 부분초기화 유전자 엘거리즘에서는 0.8초로 나타났다. 또한 설계 변수가 9

개로서, 반사전력이 1% 이하인 전파 흡수체의 경우, 투쟁 유전자 알고리즘에서는 24시간 이내에 최적 설계변수를 구할 수 없으나, 개선된 부분 초기화 유전자 알고리즘으로는 여러 개의 최적 설계변수를 구할 수 있다. 즉, 개선된 부분초기화 알고리즘이 투쟁 유전자 알고리즘에 비해 수렴속도가 매우 빠르다.

IV. 구성물질

전파 흡수체의 구성물질을 양호한 유전체, 손실 유전체, 높은 유전 상수를 갖는 고 유전체, 자성체로 구분한다^{[10],[11]}. 양호한 유전체는 거의 모든 RF (Radio Frequency) 영역에 걸쳐 ϵ_r' 은 일정하고, ϵ_r'' 는 매우 작으며 주파수에 따른 크기의 변동폭도 작다. 손실 유전체의 ϵ_r' 은 주파수에 따라 약간 변화하고, ϵ_r'' 는 ϵ_r' 에 비해서 그 값이 작으나 주파수에 따른 변화는 크다. 고 유전체는 ϵ_r' , ϵ_r'' 값이 모두 크며, 주파수에 대해서 크게 변화한다. 자성체는 μ_r' , μ_r'' 값이 크고, 주파수에 따른 변화도 크다. 본 논문에서는 전파 흡수체를 아래와 같이 총 16개의 물질로 선정하여 구성한다.

- 유형 1(양호 유전체): 물질 1, 2
- 유형 2(손실 유전체): 물질 3, 4, 5
- 유형 3(고 유전체): 물질 6, 7, 8, 9
- 유형 4(자성체): 물질 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

16개의 구성물질을 실제 존재하는 물질로 구성해야 하나 주어진 주파수 대역에서 측정된 가용한 물질이 많지 않아서 일부만 적용한다. 예로 물질 3은

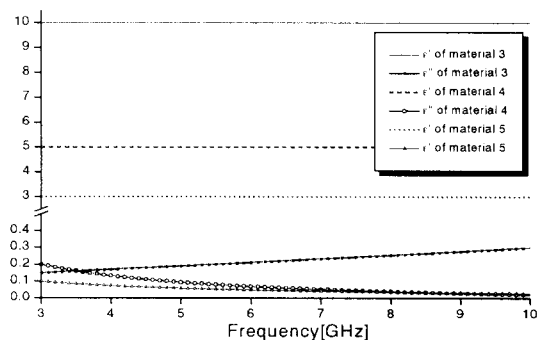


그림 7. 물질 3, 4, 5의 복소 유전율
Fig. 7. Permittivities of the material 3, 4, 5.

프렉시그래스, 물질 10은 웨라믹 B, 물질 12는 크로우로이 20, 물질 13은 NiZn 웨라이트 물질을 기본으로 한다. 나머지 물질은 참고 문헌 [3]을 참고로 하여 3, 10 GHz에서 다양한 물질의 실제값을 고려하여 임의로 유전율과 투자율을 결정하였다. 본 논문에서 변수를 줄이기 위해 자성체인 경우 유전율을 주파수에 따라 무관하게 고정시켰고, 유전체인 경우는 반대로, 투자율을 고정시켰다.

그림 7~12는 선정된 각 물질의 주파수 특성을 나타낸 것이다. 유형 1의 물질 1, 2는 유전율이 각각 5, 15로 손실항 즉, 허수부가 없고 투자율은 1로 고정된다. 물질 3, 4, 5, 6, 7의 복소 유전율은 그림 7, 8과 같고 투자율은 1이다. 자성 물질 10과 11의 복소 유전율은 각각 $15 + j10$, $10 + j5$ 이고, 복소 투자율은 그림 10과 같고, 물질 12와 13의 복소 유전율은 각각 $10 + j1$, $15 + j6$ 이고 복소 투자율은 그림 11과 같다. 또한 자성 물질 14, 15, 16의 유전율은 1이고 복소 투자율은 그림 12와 같다.

V. 시뮬레이션 결과

개선된 부분 초기화 유전자 알고리즘을 이용하여 3~10 GHz 대역의 전파 흡수체를 설계한다. 부분 초기화 유전자 알고리즘의 인자는 다음과 같이 선택한다.

- 부분 초기화율: 97%
- 부분 초기화 시점: 20
- 스케일 인자: 1.6

전 절에서 분류한 바와 같이 4가지 형태의 물질

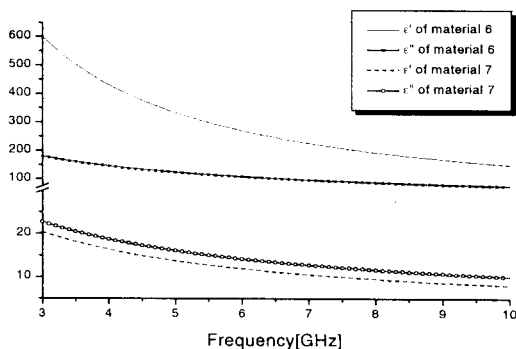


그림 8. 물질 6, 7의 복소 유전율
Fig. 8. Permittivities of the material 6, 7.

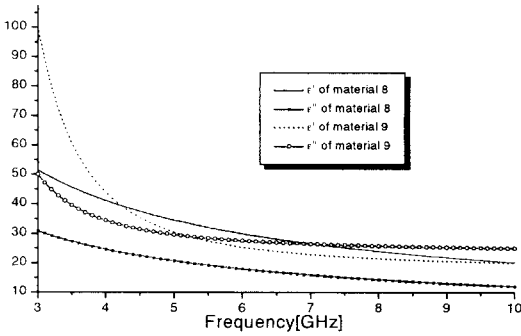


그림 9. 물질 8, 9의 복소 유전율
Fig. 9. Permittivities of the material 8, 9.

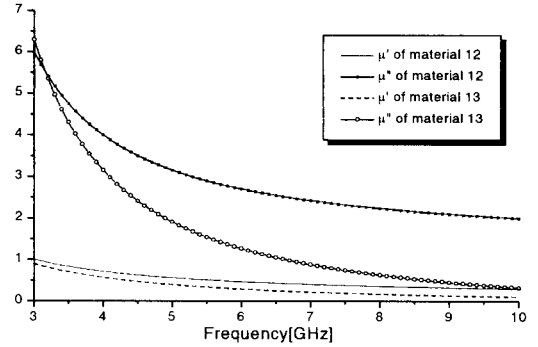


그림 11. 물질 12, 13의 복소 투자율
Fig. 11. Permeabilities of the material 12, 13.

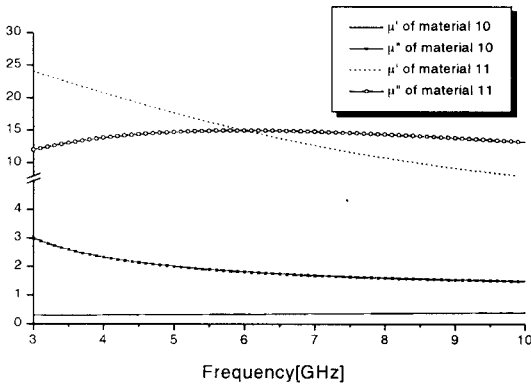


그림 10. 물질 10, 11의 복소 투자율
Fig. 10. Permeabilities of the material 10, 11.

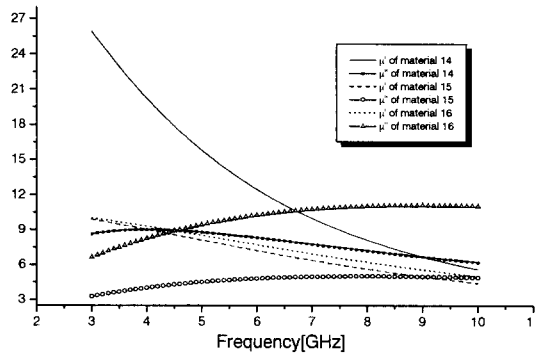


그림 12. 물질 14, 15, 16의 복소 투자율
Fig. 12. Permeabilities of the material 14, 15, 16.

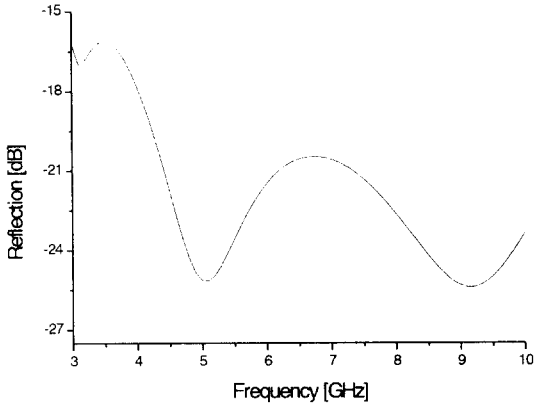
을 각각 2, 3, 4, 7개씩 모두 16개의 물질을 선정하여, 4층으로 구성할 때 최적 설계 변수, 즉 어떤 물질을 어느 층에, 얼마의 두께로 할 것인가를 결정한다. 여기서 자성체는 0.5 mm, 유전체는 1 cm 이내의 두께로 제한하였고, 반사 전력은 1% 이내이면 양호한 것으로 판단한다. 목적함수는 식 (1)로부터 다음과 같이 정의한다.

$$Q = \frac{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} |R|^2 df}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (3)$$

그림 13~16은 주어진 두께와 평균 전력을 만족하는 결과중 우수한 결과 4개에 대한 전파 흡수체의 설계치와 반사전력을 나타낸다. 결과 중 자성체의 두께는 최소(그림 14) 0.68 μm이다. 특히 그림 16에서 전파 흡수체의 총 두께는 가장 얇으나, 안쪽 면

(금속)으로 서로 다른 두 자성체가 층(3, 4층)을 이루고 있어 자성체의 두께가 가장 두껍다. 구성 물질 중 자성체가 많으면, 흡수체의 총 두께가 최소화 될 것으로 예상하였으나, 최적 설계 결과에서 자성체는 대개 3, 4층 중 한 층에만 배치된다. 전파 흡수체에서 1, 2층은 거의 유전체이고, 3층 또는 4층에 자성체가 들어간다. 자성체가 3층에 위치하면 4층은 항상 고손실 유전체가 들어간다. 또한 1, 2층에서도 1층 물질이 2층 물질보다 유전율 및 손실 탄젠트가 적은 물질로 구성된다. 이는 바깥쪽은 공기이고, 안쪽은 금속이므로 실제 제작된 전파 흡수체에서의 테이퍼링 구조, 즉 유전율 및 도전율이 점진적으로 변화하는 구조를 이루고 있으나, 자성체는 4층이 아닌 3층에 더 많이 분포하는 것으로 나타난다.

자성체는 무거운 재료이므로 흡수체의 무게를 줄

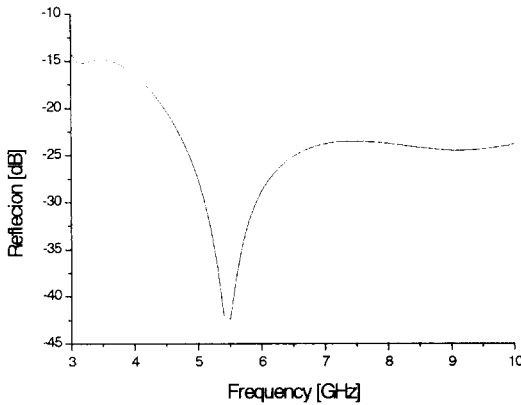


층번호	구성물질	두께(mm)	전체두께(mm)
1	5	0.536	3.192
2	8	0.207	
3	14	0.004	
4	9	2.445	

그림 13. 설계 결과 1 및 반사특성
Fig. 13. The design result 1 and its reflected characteristics.

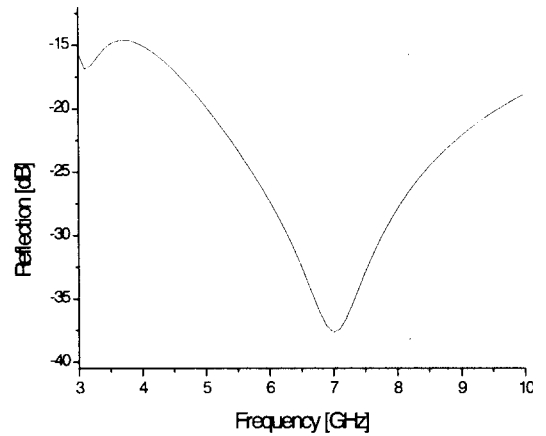
이기 위해서는 자성체의 두께를 감소시켜야 한다. 그림 14에서 자성체의 두께는 $0.68 \mu\text{m}$, 총두께는 3.18 mm, 4.5~10 GHz 주파수 대역에서 반사전력이 20 dB이하로서 우수한 성능을 보이고 있다.

E. Michelson^[3]은 1993년에 유전자 알고리즘(GA)을 이용하여 경량, 광대역 전파흡수체를 설계하였다. 본 논문에서는 개선된 부분초기화 유전자 알고리즘(PIGA)을 이용한 전파흡수체의 결과와 성능을 E. Michelson의 결과와 비교한다. E. Michelson이 제시한 바와 같이, 전파흡수체 구성물질은 유전체와 자성체를 포함 모두 16개이고, 주파수 대역은 200 MHz에서 2 GHz 까지, 층수는 5층으로 구성한다. 시뮬레이션 결과는 그림 17, 표 1과 같다. E. Michelson이 제시한 16개의 물질을 이용하여 전자파 흡수체를 설계하였을 때, 개선된 PIGA를 이용한 결과가 GA를 이용한 결과보다, 자성체 두께, 총두께, 최대 반사계수 등 전반적으로 우수하였다. GA를 이용한 흡수체 설계시, 자성체의 두께가 2.643 mm, 총 두께가 5.244 mm인데, 개선된 PIGA를 이용한 결과 자성체의 두



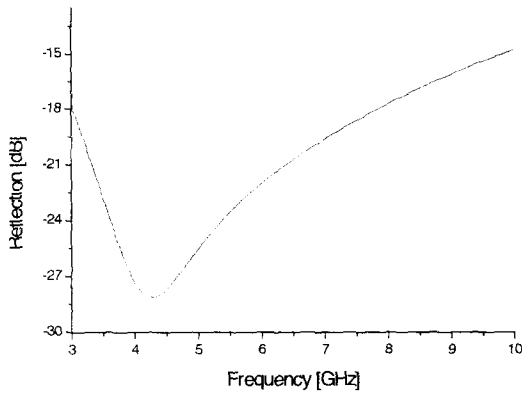
층번호	구성물질	두께(mm)	전체두께(mm)
1	1	0.523	3.182
2	8	0.195	
3	14	0.0007	
4	9	2.463	

그림 14. 설계 결과 2 및 반사특성
Fig. 14. The design result 2 and its reflected characteristics.



층번호	구성물질	두께(mm)	전체두께(mm)
1	3	0.560	3.302
2	8	0.176	
3	14	0.013	
4	9	2.552	

그림 15. 설계 결과 3 및 반사특성
Fig. 15. The design result 3 and its reflected characteristics.



층번호	구성물질	두께(mm)	전체두께(mm)
1	7	1.495	2.459
2	8	0.726	
3	11	0.096	
4	16	0.143	

그림 16. 설계 결과 4 및 반사특성

Fig. 16. The design result 4 and its reflected characteristics.

표 1. GA와 PIGA 전파흡수체 설계 결과 비교

Table 1. Design results of GA and PIGA.

층수	GA		PIGA	
	구성물질	두께	구성물질	두께
1	2	1.155	1	1.183
2	4	0.885	2	0.093
3	5	1.272	15	0.137
4	6	1.446	1	2.496
5	16	0.486	4	0.008
자성체 두께 (mm)	2.643		0.145	
총 두께 (mm)	5.244		3.918	
최대 반사 계수(dB)	-23.5 (2 GHz)		-31.5 (200 MHz)	

께가 0.145 mm, 총 두께가 3.918 mm로 되어, 특히 무거운 단점을 갖는 자성체의 두께를 1/18로 줄였다. 또한 최대 반사계수도 8 dB 정도 양호하였다.

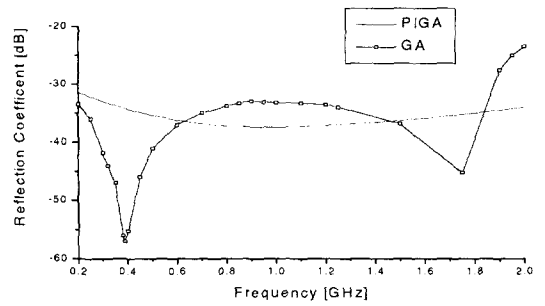


그림 17. GA와 PIGA의 반사계수 값

Fig. 17. Reflection coefficient values of GA and PIGA.

VI. 결 론

외로부터 입사되는 전자파를 내부에서 감쇠시켜 반사 에너지를 최소화하는 전파 흡수체를 설계하였다. 성능이 개선된 부분초기화 유전자 앨거리즘과 투쟁 유전자 앨거리즘의 성능을 비교한 결과 다극 함수의 경우 부분초기화 유전자 앨거리즘이 수렴 속도에서 매우 우수함을 보였다. 부분 초기화 비율이 97% 이상, 부분 초기화 시점이 10~20, 스케일 인자가 1.4~1.7의 값을 가질 때 가장 우수한 성능을 나타내었다. 유전체와 자성체를 포함한 16개의 구성 물질을 조합하여 설계된 전파 흡수체에서, 자성체의 두께는 최소 0.68 μm 이다. 자성체가 많으면, 흡수체의 두께가 얇아질 것으로 예상하였으나, 1, 2층은 유전체가 들어가고, 3, 4층 중 한층에만 자성체가 들어갈 때 최적 상태를 보였다. 자성체의 두께가 0.68 μm , 총 두께가 3.18mm, 4.5~10 GHz 주파수 대역에서 반사전력이 20 dB 이하로서 두께도 얇고 무게도 가벼운 우수한 성능의 흡수체가 설계되었다.

개선된 PIGA의 성능을 동일한 조건하에 E. Michielssen^[3]이 GA를 이용하여 설계한 광대역 전파 흡수체의 성능과 비교할 때, 구성 물질의 두께, 자성체 두께, 최대 반사계수 등, 전반적인 성능이 우수함을 보였다.

참 고 문 헌

[1] J. Pesque, D. Bouche, and R. Mittra, "Optimization of Multilayered Anti-reflection Coatings using an Optimal Control Method," *IEEE*

Trans. MTT, vol. 40, pp. 1789-1796, Sept., 1992.

[2] J. Perini, L. S. Cohen, "Design of Broadband Radar Absorbing Materials for Large Angles of Incidence," *IEEE Trans. EMC*, vol. 35, pp. 223-230, May, 1993.

[3] E. Michielssen, J. M. Sajer, S. Ranjithan, and R. Mittra, "Design of Lightweight, Broadband Microwave Absorbers Using Genetic Algorithms," *IEEE Trans. MTT*, vol. 41, pp. 1024-1031, Jul, 1993.

[4] 이동근, 남기진, 이상설, "다층 손실 유전체를 이용한 광대역 전파 흡수체 설계," 대한전자공학회 논문지, 제34권 D편 제3호, pp. 17-24, 1997년 3월.

[5] R. L. Haupt, "An Introduction to Genetic Algorithms for Electromagnetics," *IEEE AP Mag.*, vol. 37, no. 2, pp. 7-15, Apr., 1995.

[6] E. D. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.

[7] 장병탁, "인공 생명과 진화 알고리즘," 전자공학회지 제24권 3호 pp. 51-60, 1997년 3월.

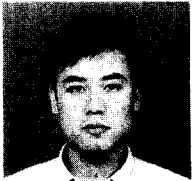
[8] Thomas Gruninger, David Wallace, "Multi-modal Optimization Using Genetic Algorithm," *MIT technical report*, sep., 14, 1996.

[9] J. A. Kong, *Electromagnetic Wave Theory*, 2nd., John Wiley & Sons, 1990.

[10] R. F. Harrington, *Time-Harmonic Electromagnetic Fields*, New York McGraw-Hill, 1961.

[11] A. V. Hippel, *Dielectric Materials and Applications*, Artech House, 1995.

이 동 근



1971년 8월 15일 생
 1995년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
 1997년 2월: 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)
 1997년 3월~현재: 한양대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정

재학중

[주 관심분야] 마이크로웨이브 소자, 안테나 및 전자파 전파 등

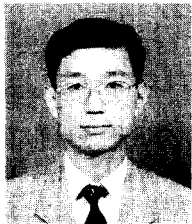
이 상 설



1975년~현재: 한양대학교 교수
 1987년~현재: 국립공민시험원 평가위원
 1987년~현재: 특허청 심사자문위원
 1996년: 대한전자공학회장
 1996년~현재: 한국과학기술총연합회 이사

[주 관심분야] 안테나 및 전자파이론

남 기 진



1958년 5월 20일 생
 1981년: 한양대학교 전자공학과(공학사)
 1984년: 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1984년 3월~1989년 4월: 한국전자통신연구원 연구원

1989년 5월~1993년 4월: LGIC 선임연구원
 1993년 3월~1999년 2월: 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사)
 1993년 9월~1998년 2월: 국립 원주대학 전자통신과
 1998년 3월~1999년 8월: 현재: 두원공대 전파통신과
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및 안테나, 초고속 통신망 및 교환기