

자동화 프로세스를 통한 안테나 설계

김용진*

*인하공업전문대학 전기정보과

e-mail: yongjink@inhatc.ac.kr

Antenna Design using Automated Process

Yongjin Kim*

*Dept of Electrical Information, Inha Technical College

요 약

본 논문에서는 안테나 설계에 있어서 자동화 설계 프로세스를 제안하고자 한다. 안테나 설계는 최적화를 위한 반복적인 시뮬레이션 과정을 거쳐야 하며, 설계된 안테나의 실제 적용 시 튜닝 과정을 통한 시간이 많이 소요되는 경우가 있다. 본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용 하여 초기 안테나 모델 설계 시 안테나 설계자에게 사용 가능한 다양한 모델을 제시하며, 안테나 설계 시 중요 인자를 제시함으로써 초기 설계 및 방향설정의 시간을 줄이고자 한다. 사용된 최적화 알고리즘은 Non-dominated Sorting 유전자 알고리즘이며, 이 알고리즘은 multi-objective 를 가지는 문제 해결에 적합한 알고리즘이다. 안테나 설계를 위한 EM computational tool 로는 ESP V.5가 사용되었다. 시뮬레이션 결과를 통해 사용 가능한 적합한 안테나 모델을 제시하였다.

1. 서론

정보 산업 사회의 발전에 따라, 다양한 무선 통신 서비스 들이 제공되고 있다. 이와 함께, 각 서비스들을 만족 시키는 다양한 안테나들에 대한 요구도 증가하고 있다. 안테나 설계의 경우, 먼저 시스템이 요구하는 안테나 스펙에 맞는 안테나 가능 모델을 선정 한 후, 많은 시뮬레이션을 통하여 안테나의 1차 모델을 설계 하게 된다. 이렇게 설계된 안테나를 제작하여 그 성능을 측정 한 후, 시뮬레이션 결과와 비교 한 후, 수정 설계를 하게 된다. 안테나가 단품으로 동작하는 것이 아니라, mobile phone이나 자동차 등과 같은 기구물에 장착되는 경우에는 장착시의 성능도 고려하여야 한다. 또한, 많은 시간과 인적 노력이 필요한 세부 튜닝과정을 필요로 하기도 한다.

이러한 과정을 줄이고자 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계가 사용되고 있으며, 유전자 알고리즘 (Genetic algorithm)을 이용한 설계는 안테나 엔지니어들이 많이 사용하는 알고리즘이다 [1-3]. 본 논문에서는 유전자 알고리즘을 최적화 프로그램으로 이용하여, 자동화된 프로세스를 통하여, 사용자가 일정한 파라미터들만 제공하면 결과물로 사용자에게 주어진 조건하에서 사용가능한 안테나 구조를 제공하는 자동화 프로

세스를 개발하고자 한다. 안테나 설계자가 설계하고자 하는 Best solution을 제공하는 것은 아니지만, 주어진 조건하에서 사용가능한 다양한 안테나 설계 후보들을 제공함으로써, 안테나 설계자에게 도움을 주고자 한다.

본 논문은 test 모델로 자동차용 안테나 (FM band, conformal type)에 적용하였으며, Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)라는 최적화 알고리즘을 사용하였다 [4-5]. 또한, EM 해석 프로그램으로는 Electromagnetic Surface Patch Code Version 5 (ESP5) 라는 프로그램을 사용하였다 [6].

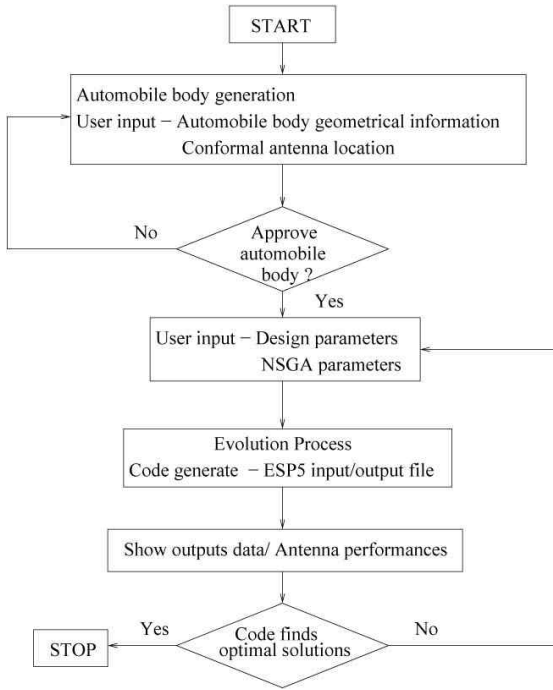
NSGA 의 경우, 유전자 알고리즘 중, 다목적 함수 최적화에 적합한 알고리즘으로, 최적화 solution으로 하나의 해를 제공하는 것이 아니라, Pareto-optimal solution space를 제공함으로써, 주어진 목적에 맞는 다양한 해를 제공하게 된다. 따라서 결과물으로써, 안테나 설계자에게 다양한 안테나 구조를 제공하게 된다.

2. 자동화 Process

자동차용 안테나 설계를 위한 자동화 과정은 다음과 같은 기본적인 4단계로 이루어져 있다.

- 1. 기본 자동차 파라미터 입력

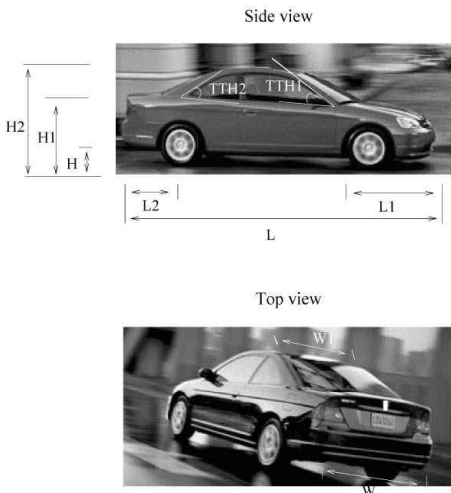
2. NSGA를 위한 안테나 설계 파라미터 입력
 3. 최적화 과정 (유전자 알고리즘)
 4. Output 출력 및 설계자 확인
- 자세한 자동화 프로세스의 과정은 그림 1에 나와 있다.



[그림 1] 자동화 Process 순서도

2.1. 기본 자동차 파라미터 입력

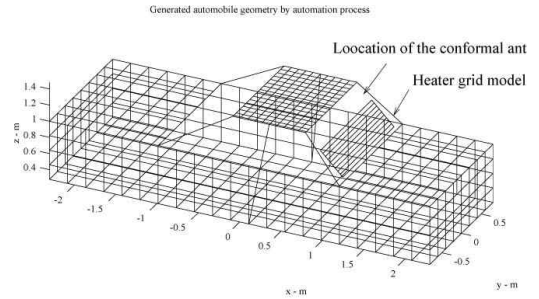
기본 자동차 모델을 완성하기 위해서 사용자에게 다음과 같은 13개 정도의 질문을 하게 되며, 사용자는 자신이 목적으로 하는 자동차 모델의 각 제원 (자동차의 총 길이, 높이, 넓이 등) 을 입력하게 된다. 이와 관련된 사항은 그림 2에 나와 있다.



[그림 2] 기본 자동차 파라미터 입력 (제원)

기본 자동차 모델 제원 입력을 통하여 완성된 EM 해석을

위한 자동차 모델이 완성되며, 그 모델을 사용자가 확인하게 된다. 본 논문에서 test 된 자동차 모델이 그림 3에 있다.



[그림 3] EM 안테나 설계를 위한 자동차 구조

본 자동화 프로세스의 목적은 위 그림 3의 히터그리드 위의 공간에 conformal한 FM 안테나를 설계하는 것이다. 그림 3의 자동차 모형이 실제 자동차 모델과 차이가 있어 보이나 EM 해석 관점에서 보면 안테나의 외부 구조의 미세 차이는 FM frequency band ($\lambda =$ 약 3m) 관점에서 보면 큰 차이를 가지지 않는다. 다만, 자동차 내부 엔진을 비롯한 구조물은 실제 적용 시 차이를 나타낼 수 있다. 이는 차후에 좀 더 보강하고자 한다.

2.2. NSGA를 위한 파라미터 입력

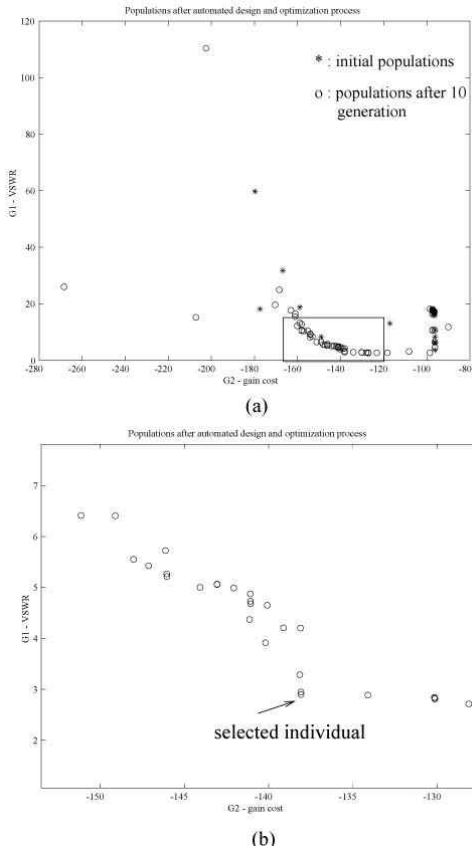
NSGA 를 이용한 최적화를 위하여 다음과 같은 파라미터의 입력이 필요하다.

1. 총 Population 의 수
2. 총 Generation 의 수
3. 목적함수 (Objective function)의 정의

총 population의 수는 ‘전체 모집단의 수가 얼마인가?’를 정의 하는 것이며, 총 generation의 수는 총 얼마의 세대 까지 최적화를 하겠느냐는 질문이다. 위의 입력사항에 따라서 총 계산 시간이 정해지게 된다. 물론 위의 1,2 항목이 높을수록 보다 정확한 결과의 도출이 가능하겠지만, 이것은 안테나 설계자의 목적 및 의도에 따라 달라질 수 있다. 3번의 목적함수의 경우, 안테나의 성능을 판별하는 중요한 요소이다. 안테나 설계이니까, 기본적으로 원하는 주파수 대역에서의 VSWR을 주요인자로 정의 하였으며, 또한, 안테나 패턴 및 이득 값이 주요 인자가 된다. 등방향성의 안테나 패턴을 원하는지, 일정한 elevation / azimuthal 각도에서의 지향성을 원하는지 지정을 해주어야 한다.

3. Output selection

위의 과정을 통하여, NSGA를 이용한 최적화 과정을 거치면 그림 4와 같은 solution space가 사용자에게 주어진다. 그림 4의 경우는 pareto-optimal space를 보여주며, 위의 후보들 가운데, 설계자는 원하는 모델을 선택하면 된다.

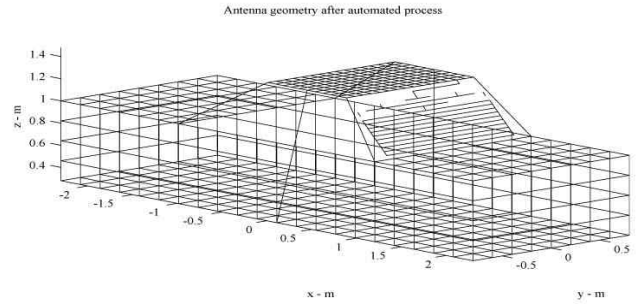


[그림 4] Output 으로 나온 pareto-optimal solution space
(a)초기 집단과 10 세대 이후의 집단, (b) 관심영역 zoom-in 그림

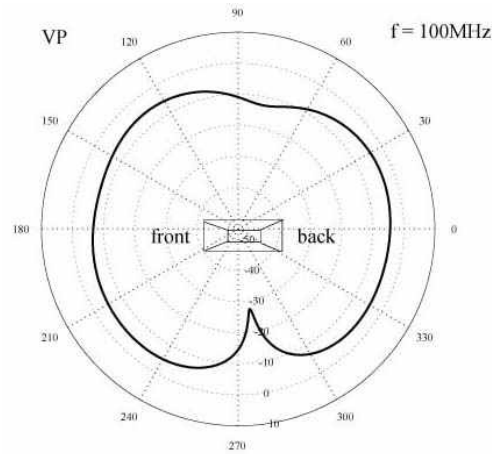
그림 4에서 x축의 경우는 gain cost를 말하며, gain cost의 경우는 목적함수에 맞게 구성되며, 낮은 것이 좋도록 설계되어 있다. y축의 경우는 VSWR 로써 낮은 것이 좋도록 설계되어 있다. 그림 4 (a)의 그림에는 초기 집단의 개체들이 '*'로 표시되어 있으며, 10세대 진화 이후의 개체들이 'o'로 표시되어 있다. 초기 개체들의 경우는 전체 공간 안에 분포 되어 있는데 반해서, 10세대 진화후의 개체들은 pareto-front로 이동해 있는 것을 알 수 있다.

Pareto-optimal solution space를 살펴보면, 이득 목적함수 값은 아주 좋으나, VSWR은 상대적으로 적당하지 않은 모델도 있고, VSWR은 낮으나 이득 cost 값이 적당하지 않은 모델도 있다. 또한, 이득과 VSWR값, 두 가지를 적정한 수준에서 만족하는 모델도 존재한다. 따라서 pareto-optimal 값 중에서 설계자는 적당한 모델을 선정하여, 그 설계된 안테나의 구조를 확인 할 수 있다.

그림 4 (b)에 나타난 모델 중 선택된 모델의 안테나 구조는 그림 5에 나와 있다. 또한, 이 모델의 H-plane 상의 이득패턴은 그림 6에 나와 있다. 목적 주파수는 100 MHz이었으며, vertical polarization 결과 이다. 안테나의 구조는 최적화 과정 및 자동화 과정을 통한 결과물이며, 이것을 설계자의 편의로 조정하여 사용할 수 있다.



[그림 5] 최적화된 안테나 구조 (conformal type)



[그림 6] 최적화된 안테나의 이득 패턴

위의 안테나 모델을 간이로 제작하여 그 성능을 측정하였다. 자동차 모델을 하드보드지로 작성 되었으며, 자동차를 실제의 크기로 제작하여 측정하기는 어려움이 있어, 목적 주파수 대역을 2.4 GHz로 상향하여, 자동차 및 안테나의 제원을 각 1/24로 축소하여 제작하였다. 이 모델에는 두 개의 안테나가 장착되어 있다. 하나는 본 논문에서 제안된 자동화 process를 통하여 구현된 안테나이며, 다른 하나는 측정 및 성능 비교를 위한 reference 안테나로 자동차 지붕위에 $\frac{1}{4}\lambda$ 의 길이의 monopole을 장착하였다.

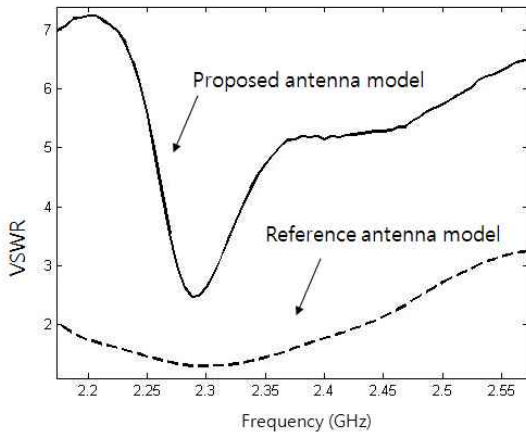
그림 7에는 간이 제작된 모델의 VSWR이 보여진다. VSWR의 그림은 reference 안테나의 경우 VSWR = 2 이하의 우수한 성능을 보인다. 제안된 안테나 모델의 경우는 VSWR = 2.47 (f = 2.3 GHz) 정도의 입력 임피던스 성능을 보인다. VSWR 값의 상대적 저하는 실제 유리에 안테나를 장착하였으므로 유리에 의한 loss가 많이 발생하였으며, 시뮬레이션 모델의 정확한 제원의 미세한 불일치에 의해서 생겨난다고 생각된다.

4. 결론

본 논문에서는 최적화 알고리즘을 사용한 자동화 process

를 통하여 자동차용 안테나를 설계하는 기법에 대하여 소개 하였다. 목적으로 하는 기본 자동차 구조의 제원과 NSGA 최적화를 위한 파라미터의 입력만으로 안테나 설계자가 초기에 시도할 수 있는 다수의 안테나 모델을 제공하였다. 향후, 안테나 설계의 초기 작업을 자동화 설계 과정을 통하여 줄일 수 있으며, 다양한 안테나 모델에 대한 적용이 가능하리라 생각된다.

- [6] E.H. Newman, "A User's Manual for Electromagnetic Surface Patch Code: Version V (ESP5)," The Ohio State University Electroscience Laboratory, October 1998.



[그림 7] VSWR 측정 결과

참고문헌

- [1] Randy L. Haupt, "An introduction to Genetic Algorithm for Electromagnetics," *IEEE Antennas Prop. Mag.*, vol. 37, No. 2, pp. 7-15, April 1995.
- [2] Anona Boag, Amir Boag, Eric Michielssen and Raj Mittra, "Design of electrically loaded wire antennas using Genetic Algorithm," *IEEE Trans. Antennas Prop.*, vol. 44, pp. 687-695, May 1996.
- [3] 조치현, 추호성, 박익모, 김영길, "Pareto 유전자 알고리즘을 이용한 초소형 유도결합 안테나 설계", 한국전자과학회 논문지, 제16권, 제1호, pp. 40-48, 2005.
- [4] Yongjin Kim, "Development of automobile antenna design and optimization for FM/GPS/SDARS applications," Ph.D. Dissertation, The Ohio State University, Columbus, OH, 2003.
- [5] Y. Rahmat-Samii and E. Michielssen, "Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithm," John Wiley & Sons Inc., New York, 1999.