

# 유전 알고리즘을 이용한 초고주파 회전 모드 생성기 자동 설계 Automatic Design of Microwave Vortex Mode Generators Using Genetic Algorithm (GA)

조용희  
목원대학교 정보통신융합공학부

Cho, Yong-Heui  
Mokwon University

## 요약

무선 통신 자원의 효율적인 사용을 위해 제안된 회전 모드 시스템을 구성하는 핵심 장치인 회전 모드 생성기를 2단계 유전 알고리즘을 이용해 자동으로 설계했다. 1단계 최적화로 회전 모드 생성기의 필요 부품 개수와 개별 부품 배치를 먼저 결정하고, 2단계 최적화로 각 부품의 세부 사항을 최적화하였다. 2단계 유전 알고리즘에 의하면 필요 부품 개수는 5개이며, 동일한 결과를 도출하는 세부 부품 배치도는 4종류였다.

## I. 서론

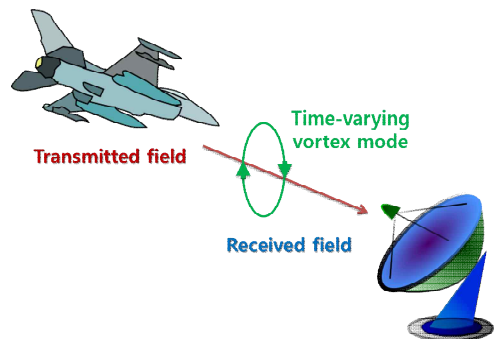
통신 자원의 효율적인 사용을 위해 제안된 회전 모드 시스템[1-5]은 동일한 주파수와 동일한 편파를 사용해도 모드 번호를 이용한 다중화가 가능하다. 이는 직교성을 가진 다중 모드를 이용해 임의의 전자파 분포를 푸리에 급수처럼 분리할 수 있기 때문이다. 전자파의 안정적인 도파에 사용되는 전자파 모드 중에서 진행 방향(예를 들면  $z$  축)에 대해 방위각 방향(예를 들면  $\phi$  축)으로 회전하는 전자파 분포를 회전 모드(vortex mode or orbital angular momentum mode)라 부른다.

회전 모드를 형성하는 방법은 다수 기법이 있으나, 대부분 배열 안테나의 위상[3], [4]을 변형하거나 반사판 표면을 연속적으로 가공[5]하여 회전 모드를 형성한다. 특히 반사판 구조에서 급전부를 2x2 배열 안테나로 구성하고, 안테나 복사 특성 개선을 위해 대형 반사판을 사용하는 구조가 효율적인 회전 모드 시스템 복사부로 많이 연구된다. 이때 급전부는 다수의 회전 모드를 형성할 수 있는 2x2 도파관 배열이며, 각 배열 원소는 생성할 회전 모드에 적합한 위상차를 가져야 한다. 본 연구에서는 특정 회전 모드를 복사하기 위한 2x2 배열 안테나의 개별 원소 위상을 만들 수 있는 체계적인 설계 방법을 유전 알고리즘을 중심으로 제안한다.

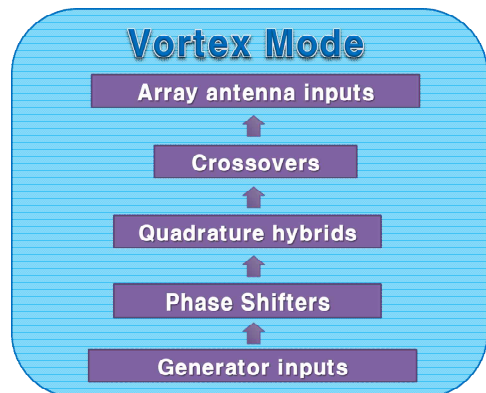
## II. 유전 알고리즘 이용한 자동 설계

그림 1은 무선 통신에서 사용하는 회전 모드 개념을 보여준다. 회전 모드 시스템이 정상적으로 동작하려면 송신부와 수신부는 동일한 회전 모드를 송신 혹은 수신할 수 있는 안테나를 가져야 한다. 회전 모드용 안테나는

장거리 전송을 위해 포물형 반사판 안테나를 주로 선택한다. 반사판 안테나의 급전부는 회전 모드 생성기를 장착한 배열 안테나가 주로 쓰인다.



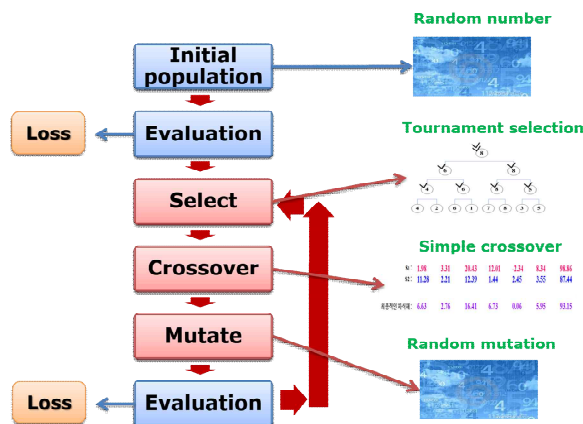
▶▶ 그림 1. 회전 모드 통신 개념



▶▶ 그림 2. 초고주파 회전 모드 생성기의 구성

그림 2는 초고주파용 회전 모드 생성기의 일반적인 구

조를 보여준다. 통상적인 위상 배열 안테나는 개별 안테나 원소에 감쇄기(attenuator)와 위상 천이기(phase shifter)를 각각 부착하여 전체 배열 안테나 빔을 조정한다. 회전 모드 시스템에서도 이러한 방식이 쓰일 수 있지만, 사용하는 회전 모드가 많아질수록 감쇄기와 위상 천이기가 각 배열에 장착되어야 하고 회전 모드 다중화에도 불리하다. 따라서 본 연구에서는 위상 천이기, 90도 하이브리드(quadrature hybrid), 크로스오버(crossover) 등과 같은 개별 부품을 조합하여 초고주파 회전 모드 생성기를 구성한다. 회전 모드 생성기용 세부 부품을 최적으로 배치하기 위해서는, 최적화 기법을 이용하여 원하는 회전 모드를 생성하는 모든 가능한 부품 배치를 자동으로 찾아야 한다. 이러한 자동 설계 절차에 따라 설계자는 현재 규격에 적합한 회전 모드 생성기를 설계할 수 있다.



▶▶ 그림 3. 유전 알고리즘 절차

이를 위해 그림 3과 같은 유전 알고리즘(genetic algorithm, GA)을 제안한다. 그림 2와 같은 회전 모드 생성기 구조 설계에서 위상 천이기, 90도 하이브리드, 크로스오버는 여러 번 사용될 수 있고, 각 부품이 사용되는 배치도 달라질 수 있다. 이로 인해 전통적인 GA는 자동화된 구조 설계에 사용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 2단계 GA 최적화를 적용한다. 1단계 최적화에서는 구조 설계에 필요한 부품 개수와 개별 배치를 결정한다. 2단계 최적화에서는 이미 배치된 부품의 세부 사항을 GA 기법으로 최적화한다. 2단계 GA를 적용한 결과를 보면, 4개 부품으로는 원하는 회전 모드를 생성할 수 없었고, 5개 이상의 부품을 사용해야 회전 모드를 생성할 수 있었다. 2단계 GA를 이용해 회전 모드 규격을 만족하는 세부 부품 배치도는 총 4종류를 얻었다. 해당 규격에 적용할 수 있는 설계도가 4종류이므로, 설계자는 시스템 제한 사항에 따라 4종류 중 하나를 회전 모드 생성기 설계에 적용할 수 있다.

## ■ 참고 문헌 ■

- [1] L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, "Optical angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes," *Phys. Rev. A*, vol. 45, no. 11, pp. 8185-8189, Jun. 1992.
- [2] A. M. Yao and M. J. Padgett, "Orbital angular momentum: origins, behavior and applications," *Adv. Opt. Photon.*, vol. 3, no. 2, pp. 161-204, May 2011.
- [3] W. J. Byun, K. S. Kim, B. S. Kim, Y. S. Lee, M. S. Song, H. D. Choi, and Y. H. Cho, "Multiplexed Cassegrain reflector antenna for simultaneous generation of three orbital angular momentum (OAM) modes," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. 27339, Jun. 2016.
- [4] W. Lee, J. Y. Hong, M. S. Kang, B. S. Kim, K. S. Kim, W. J. Byun, M. S. Song, and Y. H. Cho, "Microwave orbital angular momentum mode generation and multiplexing using a waveguide Butler matrix," *ETRI Journal*, vol. 39, no. 3, pp. 336-344, Jun. 2017.
- [5] W. J. Byun, H. D. Choi, and Y. H. Cho, "Orbital angular momentum (OAM) antennas via mode combining and canceling in near-field," *Sci. Rep.*, vol. 7, no. 12805, Oct. 2017.