

# 지향성 안테나 빔의 최적 제어 방식

현교환<sup>\*</sup> · 정성부<sup>\*\*</sup> · 김주웅<sup>\*\*\*</sup> · 엄기환<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>동국대학교 · <sup>\*\*</sup>서일대학교

## Optimal Control Method of Directional Antenna Beam

Kyo-Hwan Hyun<sup>\*</sup> · Seong-Boo Joeng<sup>\*\*</sup> · Joo-Woong Kim<sup>\*\*\*</sup> · Ki-Hwan Eom<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dongguk University · <sup>\*\*</sup>Seo-il University · <sup>\*\*\*</sup>New Power Electronic

E-mail : mckyo@dongguk.edu

### 요 약

본 연구에서는 지향성 안테나 빔의 최적방향을 찾고 유지하는 방법을 제안 한다. 제안한 방식은 데이터에 안테나의 정보를 같이 실어 보내고 그 정보를 이용하여 변형된 유전자 알고리즘(MGA)으로 최적의 방향을 찾고 유지 한다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 안테나의 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 구하고 그 RSSI 값의 곱을 적합도 함수로 이용하여 그 값이 최대가 되는 방향을 찾는 방식이다. 통신 방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex)방식으로 안테나의 제어 정보를 보낸다. 또한 검색체 구성에 있어서 16bit split 방식을 제안하여 탐색에 적용한다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 1:1, 1:2, 1:5 지향성 안테나의 세 가지 경우에 대한 최적 방향 탐색의 시뮬레이션과 1:1 지향성 안테나의 최적 방향 탐색에 대한 실험을 통하여 성능을 비교 검토하였다. 검색체의 비트 수는 각각 8비트, 16비트, 그리고 16비트 스플릿으로 16비트 스플릿의 경우 8비트만을 사용하여 16비트와 비슷한 성능을 가졌다.

### ABSTRACT

This paper presents a novel scheme that quickly searches for the optimal direction of multiple directional antennas, and locks on to it for high-speed millimeter wavelength transmissions, when communications to another antenna directional are disconnected. The proposed method utilizes a modified genetic algorithm, which selects a superior initial group through preprocessing in order to solve the local solution in genetic algorithm. TDD (Time Division Duplex) is utilized as the transfer method and data controller for the antenna. Once the initial communication is completed for the specific number of individuals, no longer antenna's data will be transmitted until each station processes GA in order to produce the next generation. After reproduction, individuals of the next generation become the data, and communication between each station is made again. In order to verify the effectiveness of the proposed system, simulation results of 1:1, 1:2, 1:5 directional antennas and experiment results of 1:1 directional antennas confirmed the efficiency of the proposed method. The 16bit split is 8bit, but it has similar performance as 16bit gene.

### 키워드

Modified Genetic Algorithm, 16bit split, Time division duplex, Multiple directional antenna

## 1. 서 론

안테나 빔 네트워크에서 SNR 감소나 연결의 끊김을 방지하기 위하여 빔의 최적 방향을 찾고 유지하는 것은 매우 중요하다. 또한 통신 상호간 에 최적 방향을 탐색할 수 있다면 안정적인 연결

을 유지할 수 있어서 더 많은 데이터를 전송할 수 있다[1~2].

최적화 방향을 찾는 여러 알고리즘 중 GA는 최적화 문제에서 기존의 다른 알고리즘보다 전역적이고 견실한 방법으로 최적 방향 탐색에 적합 하나 GA는 종종 지역 해에 수렴하는 단점을 가

지고 있다[4-5].

본 논문에서는 멀티플 지향성 안테나 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 변형된 유전자 알고리즘을 이용하여 찾는 방법을 제안 한다. 제안한 방식은 각 스테이션에 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 안테나의 RSSI를 구하고 그 RSSI 값의 곱을 적합도 함수로 이용하여 그 값이 최대가 되는 방향을 찾는 방식이다. MGA는 일반적인 GA 방식에서 지역해에 빠지거나, 오래 수렴하는 단점을 보완하기 위해 전처리 과정으로 우수한 초기집단을 선택하여 처리하는 방법이다. 또한 염색체 구성에 있어서 16bit split 방식을 제안하여 탐색에 적용한다.

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 1:1, 1:2, 1:5 지향성 안테나의 세 가지 경우에 대한 최적 방향 탐색의 시뮬레이션과 1:1 지향성 안테나의 스위트 스폿 탐색에 대한 실험을 한다. 염색체의 길이는 8bit, 16bit, 16bit split인 경우에 대하여 개체 수와 세대 수를 변화시켜 수렴 확률을 비교 검토한다.

## II. 제안한 방식

본 논문에서 사용한 멀티플 지향성 안테나는 1:1, 1:2, 1:5 지향성 안테나 방식을 사용하였다.

그림 1은 이상적인 최적 방향 탐색을 했을 때의 안테나 빔 상태이다.

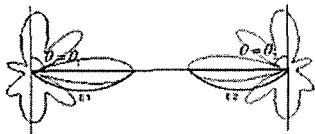


그림 1. 이상적인 안테나 빔 상태

여기서  $E_1$ 과  $E_2$ 는 각 빔 station의 강도(intensity)를 나타내고 식 (1)과 같이 주어진다[3].

$$E_1 = \sum_{n=1}^{N/2} w_n \cos((2n-1) \frac{\pi d}{\lambda} (\sin\theta - \sin\theta_1))$$

$$E_2 = \sum_{n=1}^{N/2} w_n \cos((2n-1) \frac{\pi d}{\lambda} (\sin\theta - \sin\theta_2)) \quad (1)$$

여기서  $w_n$ 은 array weight,  $d$ 와  $\lambda$ 는 각각 안테나의 거리(distance)와 파장(wavelength),  $N$ 은 array 수(number)이다.

RSSI 값을 구하는 식은 식 (2)와 같다.

$$RSSI_1 = 20 \log_{10}(E_1)$$

$$RSSI_2 = 20 \log_{10}(E_2) \quad (2)$$

GA에서 사용한 적합도 함수  $z$ 는 식 (3)와 같고

적합도 함수  $z$ 가 최대가 되는 값이 목표 값이다.

$$z = RSSI_1 * RSSI_2 \quad (3)$$

그림 2는 MGA의 흐름도이다.

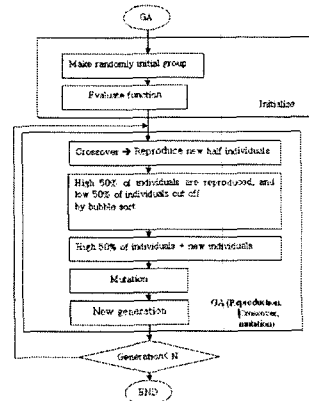


그림 2. MGA의 흐름도

염색체의 길이는 8bit, 16bit, 16bit split gene를 사용한다. 제안하는 16bit split은 다음과 같이 연산된다.

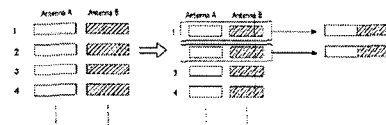


그림 3. 16bit split의 연산

통신 방식은 시분할 이중화를 이용하여 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 보낸다.

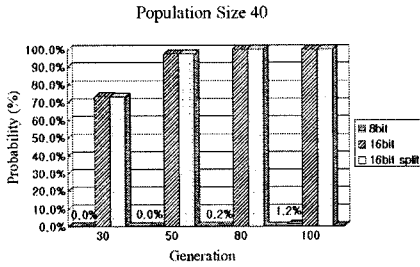
## III. 시뮬레이션

시뮬레이션은 8bit, 16bit, 16bit split의 염색체로 각각 수행하였고 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다. 안테나에 대한 파라미터는  $d=0.001$ ,  $\lambda=0.004$ ,  $f=60\text{GHz}$ 이고 array number는 30개이다. 시뮬레이션은 MATLAB 7으로 각각 500번씩 수행하였다. 잡음과 손실이 없다고 가정하여 최대 RSSI 값은 0dBm이고, 정밀성을 높이기 위하여 오차가 -0.05dBm 이내를 수렴 기준으로 하였다.

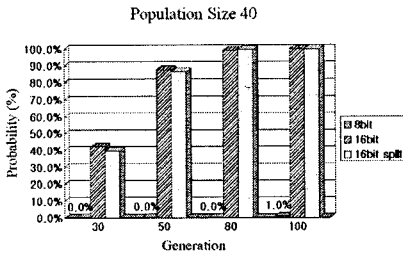
표 1. 시뮬레이션에 사용된 파라미터

Parameters	Value
Generation	30, 50, 80, 100, 120
Population Size	20, 40, 60, 80, 100
Crossover Rate	0.9
Mutation Rate	0.004

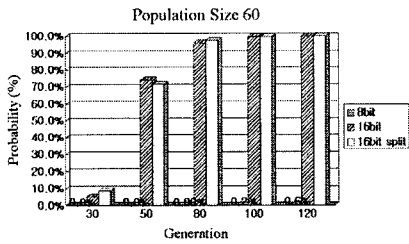
그림 4는 개체군 크기를 고정했을 때의 각각의 bit에 대한 1:1, 1:2, 1:5 array 안테나의 수렴율이고, 그림 5는 세대수를 고정했을 때의 안테나 수렴율이다.



(a) 1:1 directional antenna

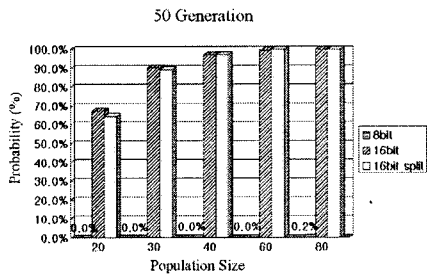


(b) 1:2 directional antenna

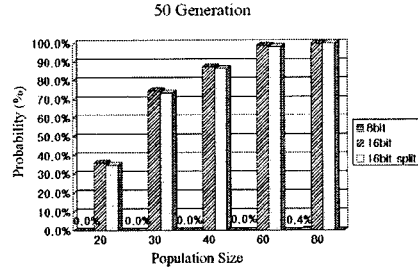


(c) 1:5 directional antenna

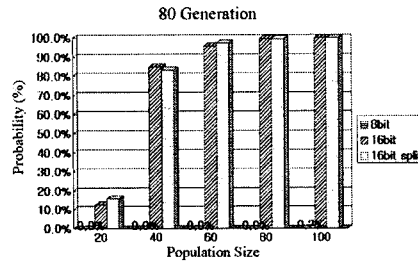
그림 4. 개체군 크기를 고정했을 때의 수렴율



(a) 1:1 directional antenna



(b) 1:2 directional antenna



(c) 1:5 directional antenna

그림 5. 세대수를 고정했을 때의 수렴율

그림 4와 5에서 나타내듯이 서브-안테나의 수가 늘어날수록 수렴율이 떨어진다. 검색체의 길이가 16bit와 16bit split gene일 때는 전체적으로 좋은 수렴율을 보인다. 하지만 8bit gene일 때는 거의 수렴을 하지 못하였다.

#### IV. 실험

실험은 8bit, 16bit, 16bit split의 검색체로 각각 수행하였고 파라미터는 표 2와 같다. 실험에는 PM-GR 19 안테나와 CC2430DK RF보드를 사용하여 1:1 지향성 안테나에 대한 실험을 하였고, 각각 50번씩 수행하였으며 잡음과 손실을 고려하여 RSSI 값이 -12dBm 이내를 수렴 기준으로 하였다.

표 2. 시뮬레이션에 사용된 파라미터

Parameters	Value
Generation	30, 50, 80, 100
Population Size	20, 40, 60, 80
Crossover Rate	0.9
Mutation Rate	0.004

그림 6은 PM-GR 19 안테나의 사진이고, 그림 7은 CC2430DK RF보드의 사진이다.

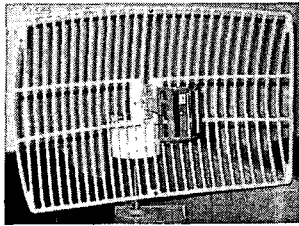


그림 6. PM-GR 19 안테나

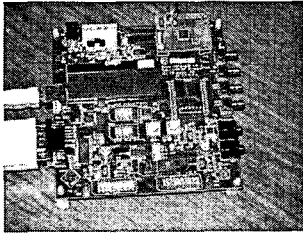


그림 7. CC2430DK RF보드

그림 8은 개체군 크기를 고정했을 때의 각각의 bit에 대한 1:1 지향성 안테나의 수렴율이다.

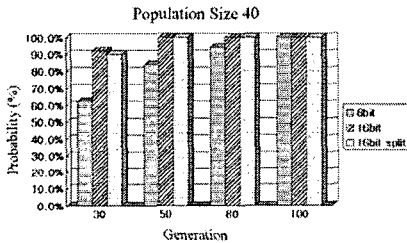


그림 8. 개체군 크기를 고정했을 때의 수렴율

16bit와 16bit split의 경우, 개체군 크기가 40일 때 30세대에서 90%이상의 수렴율을, 50세대 이상에서는 100%의 수렴율을 보인다.

그림 9는 대수를 고정했을 때의 각각의 bit에 대한 1:1 지향성 안테나의 수렴율이다.

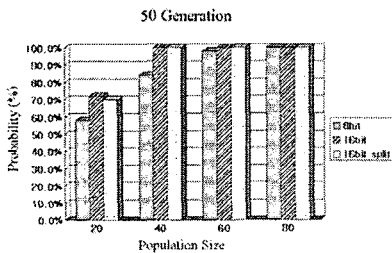


그림 9. 세대수를 고정했을 때의 수렴율

16bit와 16bit split의 경우, 세대수가 50일 때 개체군 크기가 20에서 70%에 가까운 수렴율을, 40이상에서는 100%의 수렴율을 보인다.

## V. 결 론

본 논문에서는 MGA를 이용하여 멀티플 지향성 안테나의 최적 방향을 찾는 방법을 제안하였다. 제안한 방식은 각 station에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 안테나의 RSSI를 적합도 함수  $z$ 로 이용하여 MGA연산으로 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 1:1, 1:2, 1:5 지향성 안테나의 스위트 스폿 탐색에 대한 시뮬레이션과 1:1 지향성 안테나의 스위트 스폿 탐색에 대한 실험을 하였고 결과는 다음과 같다. 여기서 염색체의 길이는 8bit, 16bit, 16bit split로 하였다.

1:1 array antenna의 경우의 최적 조건은 개체군 크기가 40 이상, 세대수는 50 이상, 1:2 array antenna의 경우는 개체군 크기 40 이상, 세대수 80 이상이고, 1:5 array 안테나의 경우는 개체군 크기 60 이상, 세대수 80 이상으로 나타났다. 서브-안테나가 많을수록 낮은 수렴율을 보여 큰 크기의 개체군과 많은 세대의 진행이 필요하다. 16bit split gene는 실제로는 8bit만을 생성하지만 16bit gene와 비슷한 수렴율을 가지고 전반적으로 좋은 수렴율을 보인다.

## Acknowledgement

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성 사업의 지원으로 수행되었음 (R11-1999-058-01006-0).

## 참고문헌

- [1] R. Becher, M. Dillinger, M. Haardt, and W. Mohr, "Broad-band wireless access and future communication networks," Proc. of the IEEE, Vol. 89, pp.58-75, Jan. 2001.
- [2] F. Gross, "Smart Antenna for Wireless Communication," McGraw-Hill, 2005.
- [3] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka, "ANTRNNAS," McGraw-Hill, 2002.
- [4] K. Man, "Genetic algorithms for control and signal processing," Springer, 1997.
- [5] 진강규, "유전자 알고리즘과 그 응용," 교우사, 2002.