

Array 안테나 빔의 스위트 스폿 탐색

엄기환, 강성호, 이창영, 남궁욱, 현교환
 동국대

Sweet Spot Search of Array Antenna Beam

Ki-hwan Eom, Seong-ho Kang, Chang-young Lee, Wook Namkung, Kyo-hwan Hyun
 Dongguk University
 E-mail : kihwanum@dongguk.edu

요약

본 논문에서는 single array antenna 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 변형된 유전자 알고리즘(Modified Genetic Algorithm)을 이용하여 찾는 방법을 제안하였다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. MGA 방식은 전처리 과정을 통하여 우수한 초기세대를 선택하는 방식으로 일반적인 GA 방식에서 랜덤하게 초기세대를 갖는 것과는 차별화가 된다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 없는 경우와 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에 일반적인 GA 방식과 시뮬레이션을 통하여 성능을 확인하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 방식은 잡음이 없는 경우와 잡음을 첨가한 경우에 수렴율이 각각 99%, 82%로 일반적인 GA 방식보다 우수함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a method that search the sweet spot of array antenna beam, and keep it for fast speed transmission in millimeter wave on single array antenna link. We use TDD(Time Division Duplex) as transfer method, and it transfers the control data of antenna. The proposed method is the modified genetic algorithm which selects a superior initial group through slave-processing in order to resolve the local solution of genetic algorithm. The efficiency of the proposed method is verified by means of simulations with white Gaussian noise and not on single array antenna link.

Keywords : Array Antenna Beam, Modified Genetic Algorithm, Sweet Spot, Time Division Duplex.

I. 서론

안테나 빔 네트워크에서 SNR 감소나 연결의 끊김을 방지하기 위하여 빔의 최적 방향(sweet spot)을 찾고 유지하는 것은 매우 중요하다. 또한 통신 상호간에 최적화된 스위트 스폿을 유지할 수 있다면 더 많은 데이터를 전송할 수 있다고 생각된다^[1,4]. 최적화 방향을 찾는 알고리즘으로는 최급경사법(steepest descent), 신경회로망, 피지이론이나 유전자 알고리즘(GA: Genetic Algorithm) 등을 사용하고 있다^[1-3]. GA는 최적화 문제에서 기존의 다른 알고리즘보다 진역적이고 견실한 방법으로 다른 알고리즘과 비교해서 파라미터를 코딩한 것을 직접 이용하고 블라인드 탐색(Blind search)과 군(population) 탐색을 하기 때문에 스위트 스폿 탐색에 적합하다^[2-3]. 또한 GA는 함수의 최적화, 신호 및 화상 처리, 시스템 식별 및 제어, 신경회로망의 설계

및 학습, 여러 분야에 응용되고 있다. 그러나 GA는 종종 지역 해(local solution)에 수렴하는 경우가 있으며, 이것은 돌연변이 연산을 통해 해결이 될 수도 있지만 돌연변이가 발생할 때까지 세대가 계속 진화해야 하는 단점이 있다. 이렇게 지역해에 수렴하는 문제는 주로 초기세대에 많은 영향을 받으며 이를 해결하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

본 논문에서는 single array antenna 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 변형된 유전자 알고리즘(MGA: Modified Genetic Algorithm)을 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. MGA는 일반적인 GA 방식에서 지역해에 빠지거나, 오래 수렴하는 단점을 보완하기 위해 전처리 과정으로 우수한 초기집단을 선택하여 진화하는 방법이다. MGA 방식은 전처리 과정을 통하여 우수한 초기세

대를 선택하는 방식으로 일반적인 GA 방식에서 랜덤하게 초기세대를 갖는 것과는 차별화가 된다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 없는 경우와 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에 일반적인 GA 방식과 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교 검토한다.

II. 스위트 스팟(Sweet spot)

빔 네트워크에서 SNR감소나 연결의 끊김을 방지하기 위해 빔의 최적의 방향을 찾고 유지하는 것이 필요하다. 그림 2-1은 single array 안테나에 의한 릴레이 라인이다.

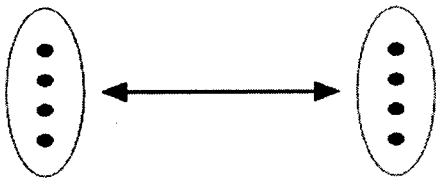


그림 2-1. 단일 어레이 안테나에 의한 릴레이 라인.
Fig. 2-1. Relay line by single array antenna.

그림 2-2는 이상적인 경우의 어레이 안테나 빔의 스위트 스팟이고, 그림 2-3은 양쪽 스테이션이 모두 다른 방향으로 빔이 스위트 스팟을 찾지 못한 경우이다.

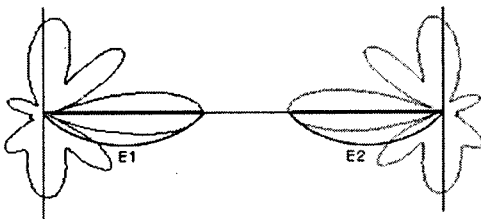


그림 2-2. 이상적인 경우의 빔 상태.
Fig. 2-2. The ideal situation.

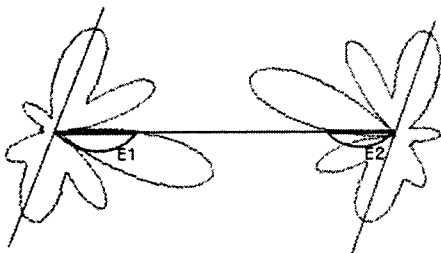


그림 2-3. 양쪽 스테이션이 잘못된 방향으로 빔이 틀어진 경우.
Fig 2-3. Both stations turn around to wrong directions.

여기서 E_1 과 E_2 는 각 스테이션의 강도(intensity)를 나타낸 값이며 식(2-1)과 같다^[4].

$$E_1(r_1, \theta_1, \phi_1) = g_1(\theta_1, \phi_1)R_1(\theta_1, \phi_1) \frac{\exp(-jk_0 r_1)}{r_1}$$

$$E_2(r_2, \theta_2, \phi_2) = g_2(\theta_2, \phi_2)R_2(\theta_2, \phi_2) \frac{\exp(-jk_0 r_2)}{r_2}$$

(2-1)

여기서 $g(\theta, \phi)$ 는 element factor이고 $R(\theta, \phi)$ 는

array factor이다.

III. 제안한 방식

3-1. 일반적인 GA 방식의 스위트 스팟 탐색

각 스테이션의 빔의 방향에 대한 정보가 각 세대의 개체(gene or chromosome)가 되고 식 (2-1)의 E_1 과 E_2 의 곱을 적합도 함수로 이용하면 GA를 이용하여 스위트 스팟을 찾을 수 있다. 적합도 함수 z 는 식(3-1)과 같으며 원하는 목표값은 적합도 함수가 최대가 되는 점이다.

$$z = E_1 \times E_2 \quad (3-1)$$

통신 방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex) 방식으로 하고 그림 3-1과 같이 전송하는 데이터에 안테나의 제어 정보를 같이 보낸다.

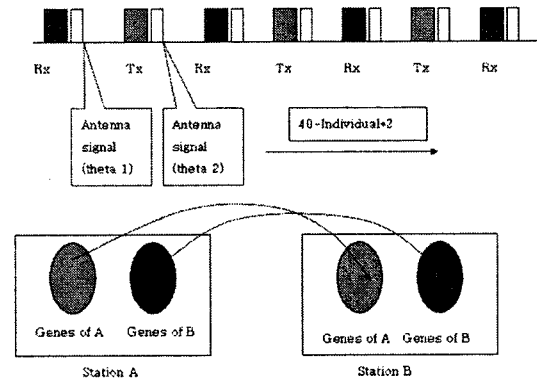


그림 3-1. TDD방식에서 안테나 정보의 통신과정.
Fig 3-1. Communication of antenna's data by TTD.

본 논문에서 사용한 일반적인 GA 방식은 선택 단계에서는 순위 기반 선택(rank-based selection), 교차는 일점 교차(one-point crossover), 변이는 확률 P_m 에 따라 염색체에서 1 bit를 바꾸는 방식이다. 알고리즘의 순서도는 그림 3-2와 같다.

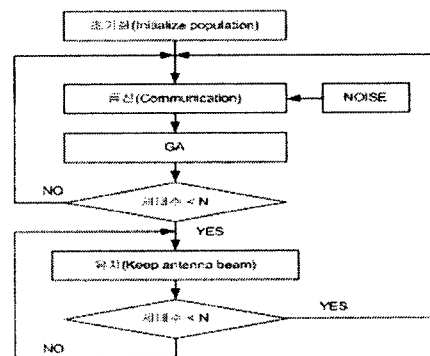


그림 3-2. GA를 이용한 스위트 스팟 탐색방식의 흐름도.
Fig 3-2. Flow chart of the sweet spot search using the GA.

3-2. 변형된 GA 방식의 스위트 스팟 탐색

변형된 GA 방식은 전처리 과정으로 N개의 종속 집단(slave)을 만들고 각각의 종속 집단은 단 한번의 적합도 평가를 하여 이중에서 가장 우수한 집단을 선택하고 나머지 집단

은 폐기 시킨다. 선택된 우수한 집단이 GA의 초기 세대가 되어 GA 과정을 수행하며, 그림 3-3은 변형된 GA의 흐름도이다.

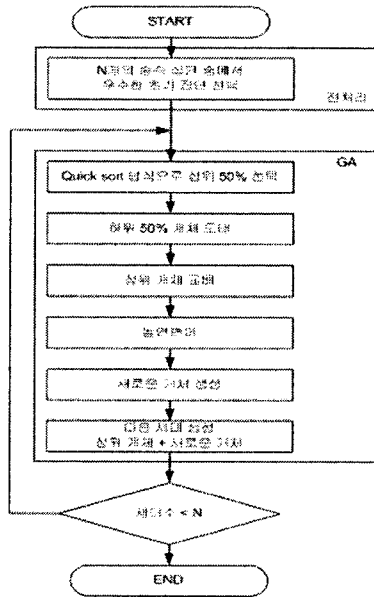


그림 3-3. 변형된 GA의 흐름도.
Fig 3-3. Flow chart of the modified GA.

IV. 시뮬레이션

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 있는 경우와 없는 경우에 대하여 일반적인 GA 방식과 제안한 방식을 시뮬레이션을 통해 비교 검토한다. 염색체의 크기는 32bit로 하였고 GA 연산에 사용한 파라미터는 표 4-1과 같으며, 시뮬레이션은 Visual C++로 수행하였고 결과 출력은 GNUPLOT을 이용 하였다.

표 4-1. 시뮬레이션에 사용된 파라미터.

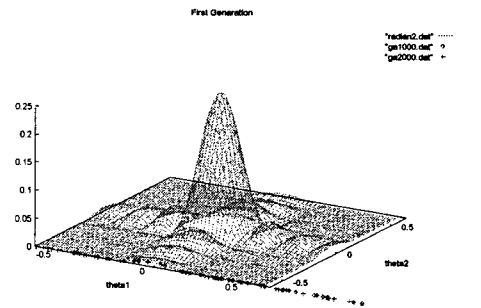
Table 4-1. Parameters of simulation.

파라미터	Population Size	Crossover Rate	Mutation Rate
값	40	1	0.01

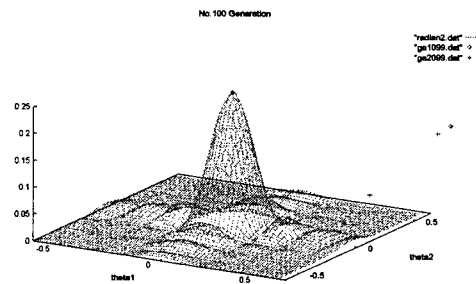
4-1. 잡음이 없는 경우의 스위트 스폿 탐색

그림 4-1 은 일반 GA 방식으로 지역해에 수렴하다가 우수한 개체의 돌연변이가 발생하여 스위트 스폿에 수렴하는 경우의 예를 나타낸다. 이런 문제는 초기값에 영향을 받아 나타남을 확인 하였다.

그림 4-2는 제안한 방식의 스위트 스폿 탐색의 시뮬레이션 결과이다.



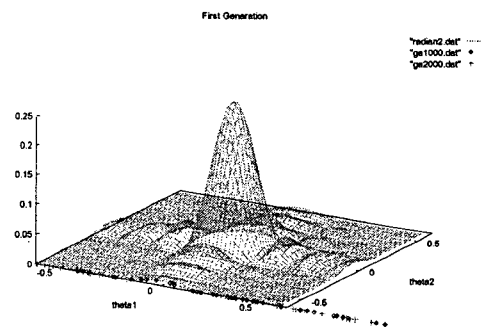
(a) First generation



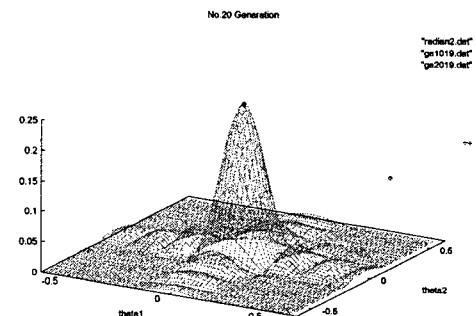
(b) 100th generation

그림 4-1. 일반적인 GA 방식의 지역해에 수렴한 결과.

Fig. 4-1. Simulation result of local solution of general GA method.



(a) First generation



(b) 20th generation

그림 4-2. 제안한 방식의 시뮬레이션 결과(no noise).

Fig. 4-2. Simulation result of proposed method(no noise).

표 4-2은 GA 방식과 제안한 방식을 20세대까지 각각 100번씩 수행하였을 경우 스위트 스폿 수렴율을 나타낸다. 제안

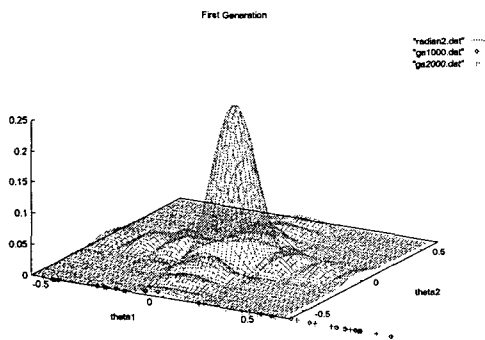
한 방식의 수렴율이 우수함을 확인하였다.

표 4-2. 스위트 스폿의 수렴율.
Table 4-2. Convergence rate of sweet spot.

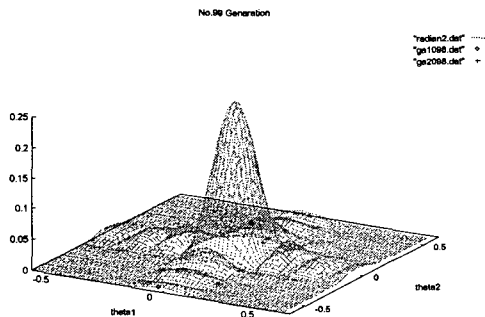
	GA 방식	제안한 방식
수렴율 (%)	78	99

4-2. 잡음이 첨가된 경우의 스위트 스폿 탐색

그림 4-3은 백색 가우시안 노이즈를 첨가한 경우의 일반 GA 방식에서, 100세대까지도 지역해에 빠지는 경우의 예를 나타낸다. 그림 4-4는 제안한 방식의 시뮬레이션 결과로서 소수의 개체들이 지역해에 수렴하는 것을 확인하였다.

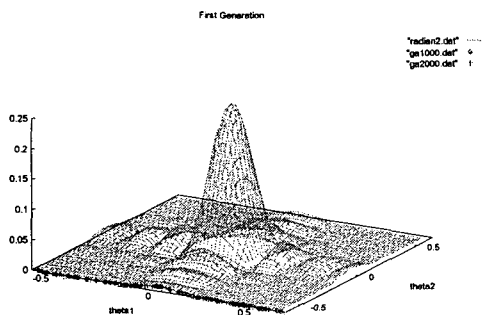


(a) First generation

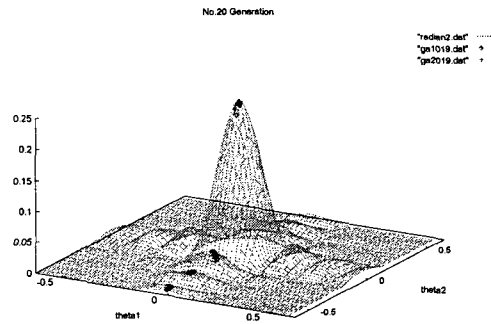


(b) 99th generation

그림 4-3. GA 방식의 시뮬레이션 결과 (with noise)
Fig 4-3. Simulation result of GA method with noise



(a) First generation



(b) 20th generation

그림 4-4. 제안한 방식의 시뮬레이션 결과 (with noise)
Fig 4-4. Simulation result of proposed method with noise

표 4-3은 백색 가우시안 노이즈를 첨가한 경우의 일반 GA 방식과 제안한 방식을 100세대까지 각각 100번씩 시뮬레이션 한 경우 스위트 스폿의 수렴율을 나타낸다. 잡음이 첨가된 경우에도 제안한 방식이 GA 방식보다 훨씬 우수함을 확인하였다.

표 4-3. 스위트 스폿의 수렴율 (with noise)
Table 4-3. Conuergence rate of sweet spot (with noise)

	GA 방식	제안한 방식
수렴율(%)	41	82

V. 결 론

본 논문에서는 single array antenna 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 변형된 유전자 알고리즘 (Modified Genetic Algorithm)을 이용하여 찾는 방법을 제안하였다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. MGA 방식은 전처리 과정을 통하여 우수한 초기세대를 선택하는 방식으로 일반적인 GA 방식에서 랜덤하게 초기세대를 갖는 것과는 차별화가 된다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 없는 경우와 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에 일반적인 GA 방식과 시뮬레이션을 통하여 성능을 확인하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 방식은 잡음이 없는 경우와 잡음을 첨가한 경우에 수렴율이 각각 99%, 82%로 일반적인 GA 방식보다 우수함을 확인하였다.

본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단의 우수연구센터의 지원금으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] H. Mühlenbein, M. Schomisch, and J. Born, "The Parallel Genetic algorithm as Function Optimizer," Parallel Computing, Vol. 17, pp. 619-632, 1991.
[2] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*, MIT press, 1998.
[3] M.gen and R. Cheng, *Genetic Systems & Engineering*

Design, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 1997.

- [4] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka,
"ANTENNAS", McGraw-Hill, 2001.