

Genetic Algorithm을 이용한 sweet spot search

임성진, 정경권, 엄기환, Sosuke Onodera*, Yoichi Sato*
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 *도호 대학교 정보 과학과

Sweet spot search using Genetic Algorithm

Sung Jin Lim, Kung Kun Jung, Ki Hwan Eom, Sosuke Onodera*, Yoichi Sato*
Milimeter-wave Innovation Technology Research Center (MINT) Dongguk University
*Department of Information Sciences, Faculty of Science, Toho University

E-mail : aramis@dgu.ac.kr

Abstract

Millimeter-wave networking is composed of narrow beam link. High directivity of the beam provides either advantage or disadvantage in comparison with conventional wide-lobe microwave communications. In such networks, it is very substantial that beam connecting point to point is fixed in right direction. It is major requirement in the beam network to keep the beam in best direction. In this paper, We propose the method to find a best suited direction of the antenna's beam using the Genetic Algorithm in point-to-point link. Proposed method presume that each station knows his direction θ_1, θ_2 at every step of Genetic Algorithm, then it can be expected that GA is possible to search the ideal solution.

Intensity of the received signal is evaluated by the multiplication of lengths to the point which the lobe meets with the horizontal line.

I. 서론

밀리미터파는 한정된 주파수 대역에 대한 수요 급증의 대안으로 부각되고 있으며 밀리미터파 관련 시스템(point-to-point links, broadband satellite, LMDS, auto collusion warning radar system)은 폭발적인 시장 성장이 예상된다.[1][2]

마이크로파의 wide-lobe 와 비교해서 밀리미터파 네트워크는 가는 빔(narrow beam) 링크로 구성이 되는데, 이

것은 높은 방향성이 요구된다. 이러한 네트워크에서 point-to-point 로 연결된 빔은 적합한 방향에서 고정되는 것이 기본이 된다. 위성방송 안테나를 조정하는 실제적인 상황을 고려해보면, 그런 일은 SNR 감소나 예상치 못한 연결 끊김의 위험을 가지고 있다. 통신 상호간에 최적화된 방향을 유지할 수 있다면 밀리미터파를 이용하여 Giga-bps 전송을 실현할 수 있다고 생각한다.[2][4]

본 논문은 point-to-point 링크 상에서 각 station 간의 빔의 최적 방향을 유전자 알고리즘을 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 제안한 방식은 각 station 의 최적의 방향에서 거리 함수를 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 유전자 알고리즘으로 찾는 방식이다.

II. 빔(Beam)의 모양

그림 1 은 각 스테이션이 최대의 값에서 신호를 받는 이상적인 모델이다. 각 스테이션 사이의 수평선과 로브가 만나는 점까지의 길이를 r_1, r_2 라 하면 r_1, r_2 의 곱에 의해 수신신호의 강도(intensity)를 추정할 수 있을 것이다. 그림 2 와 그림 3 은 안테나가 잘못된 방향으로 틀어졌을 때의 모델이다.

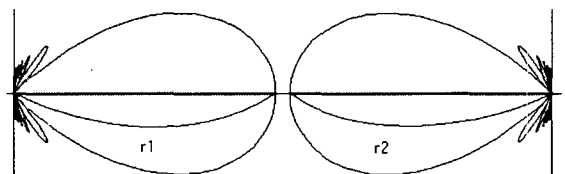


그림 1. The ideal situation

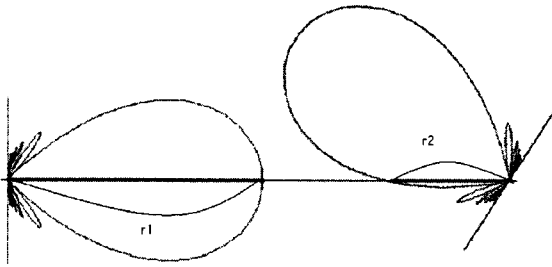


그림 2. Right hand side station turns to wrong direction

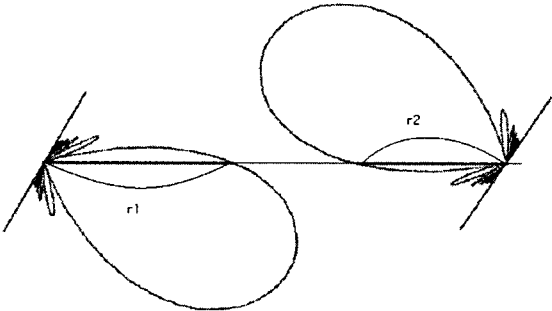


그림 3. Both station turn around to wrong directions

III. 수학적 모델

각 스테이션 사이의 수평선으로 부터의 각을 각각 θ_1, θ_2 라 하면 r_1 과 r_2 는 다음과 같이 주어진다. [4]

$$r_1 = J(\pi D / \lambda \sin(\theta_1)) / (\pi D / \lambda \sin(\theta_1)),$$

$$r_2 = J(\pi D / \lambda \sin(\theta_2)) / (\pi D / \lambda \sin(\theta_2))$$

여기서 J 는 first order Bessel function 이고 D 와 λ 는 각각 안테나의 지름과 파장이다.

적합도 함수 z 는 다음과 같고, 그림-3 과 같이 최대가 되는 각도 θ_1, θ_2 를 유전자 알고리즘을 이용하여 탐색한다.

$$z=r_1*r_2$$

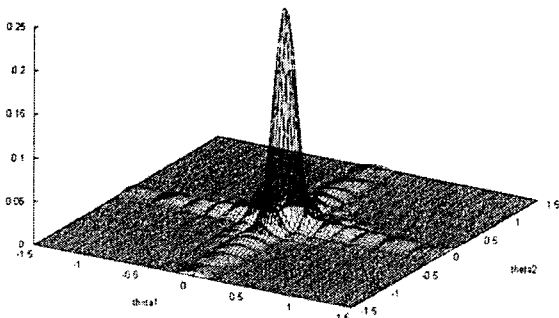


그림 4. 적합도 함수

원하는 목표 값은 적합도 함수가 가장 최대가 되는 점이다. 즉, 그림 4 에서 피크 값이다.

IV. Genetic Algorithm

John Holland 에 의해서 개발된 유전자 알고리즘은 기존의 다른 알고리즘보다 많은 최적화 문제에서 전역적(global)이고 견실한 최적화 방법이다. 고전적인 제어기 알고리즘들은 제어기에 대한 충분한 지식과 시스템의 수학적인 해석 및 계산에 의해 설계되었다. 이렇게 설계된 system 도 주어진 환경에서 지역적(local)일 수도 있다. [1][2][3]

그러나 유전자 알고리즘은 전역적인 최적의 해를 발견할 높은 가능성을 가진다는 장점과 목적함수(objective function value)에 대한 수학적 제약이 거의 없기 때문에 여러 분야에 적용할 수 있다.

기본인 단순 유전자 알고리즘(Simple Genetic Algorithm : SGA)은 다음과 같다[3].

procedure SGA

initialize(Population);

evaluate(Population);

while not (terminal condition satisfied) do

MatingPool = reproduce(Population);

MutationPool = crossover(MatingPool);

Population = mutation(MutationPool);

evaluate(Population);

end while

end procedure

유전자 알고리즘은 미지의 함수 $y = f(x)$ 를 최적화 하는 해(파라미터) x 를 찾는 탐색 알고리즘으로서 기존의 최적화 알고리즘들과는 다음과 같은 차이가 있다.

1. 파라미터를 코딩한 것을 직접 이용한다.
2. 점(point)이 아닌 다점(multi points, : 군(population)) 탐색 방법이다.
3. 탐색에 비용 정보(fitness function)를 이용하며, blind search 를 한다 (미분 값이나 다른 부가적인 지식을 요구하지 않는다).
4. 결정론적인 규칙이 없고 확률적 연산자를 사용하여 수행된다.

이와 같은 특징으로 인해 다른 탐색 또는 최적화 방법 중 하나인 계산에 의존한 방법 (calculus-based method : hill-climbing)에 비하여 전역적 해를 구할 가능

성이 높으며 다른 여러 탐색 방법에 비하여 효율적이다.

V. Sweet spot Search 시뮬레이션

각 스테이션은 유전자 알고리즘의 매 스텝에서 서로의 방향인 θ_1, θ_2 을 알고 있다고 가정하면 빔의 최적의 방향을 찾을 수 있다. 본 논문은 이러한 가정하에 시뮬레이션 하였다. 적합함수는 $z=r1*r2$ 이고 나머지 파라미터는 표 1 과 같다.

표 1 시뮬레이션에 사용된 파라미터

파라미터	값
Generation	100
Population Size	40
Crossover Rate	1~0.6
Mutation Rate	0.05~0.4

시뮬레이션은 C 와 Matlab 의 두 가지로 수행하였고 결과 출력은 “Macromedia”의 Flash 화면을 캡처하였다. 초기값 설정에서 각 스테이션의 각도 변화를 랜덤 하게 40 번 만들면 1600 쌍의 각도 (Population Size (40) * 랜덤 변화 (40 번))중에서 40 쌍을 선택해서 첫 번째 세대의 각도로 만들었다. 그림 5 와 같은 순서도에 의해 시뮬레이션을 수행하였다.

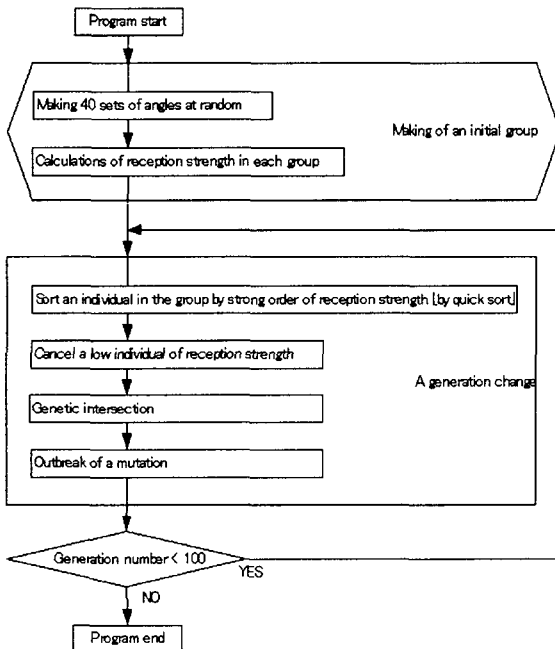
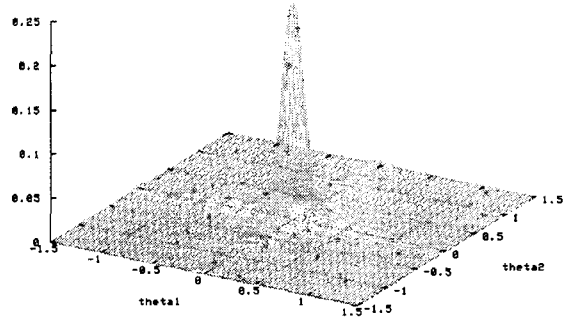
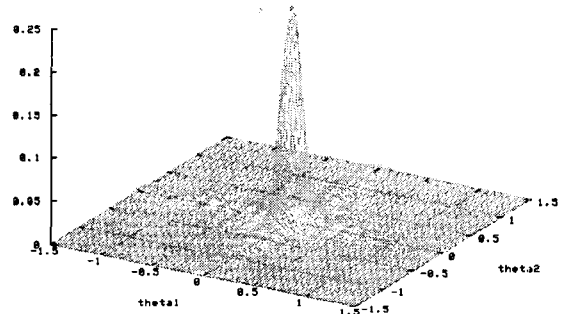


그림 5. Flow chart of the program

First generation



No.20 generation



No.100 generation

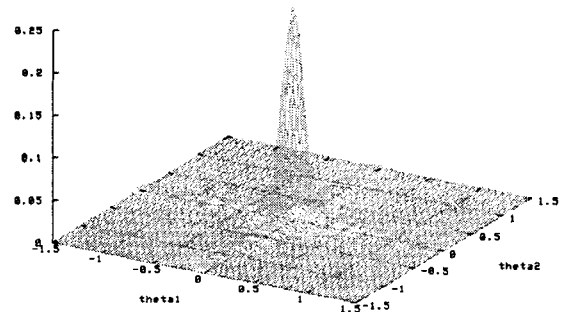


그림 6. CASE 1

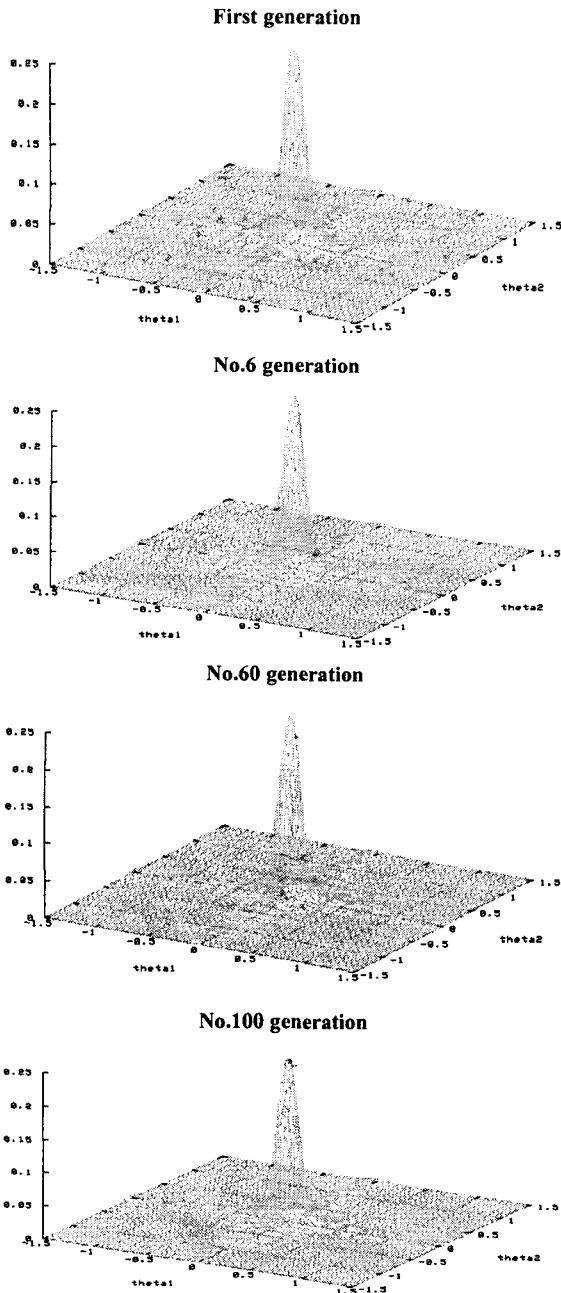


그림 7. CASE 2

같은 파라미터에서도 다른 결과들을 얻을 수 있었지만 Crossover Rate 과 Mutation Rate 을 변화 시킴으로써 더 다양한 결과를 얻을 수 있었다. 크게 두 가지의 결과로 나눌 수 있는데 그림 6 와 그림 7 에 나타내었다. 그림-5 와 그림-6 에서 진화가 100 세대까지 진행되면

최대의 강도를 가지는 피크 값을 얻을 수 있었다. 그림-5 에서는 20 세대부터 최적 값에 수렴하기 시작하였다.

그러나 그림-6 에서는 60 세대까지 비적합 값 (local solution)에 수렴하다가 60 세대에서 돌연변이가 발생하여 다시 75 세대부터 최적 값에 수렴하는 것을 알 수 있다. 여기서 최적 값에 수렴하는 것은 첫 세대의 영향이 아주 강하다는 것을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 유전자 알고리즘을 이용하여 안테나의 적합한 방향을 찾는 방법을 제안하였다. 그러나 유전자 알고리즘은 원치 않는 값(local solution)에 오랜 기간 수렴할 수 있는 단점이 있다. 또한 실험은 각각의 스테이션이 수평 각도(θ_1, θ_2)를 알고 있다는 가정하의 비현실적인 상황에서 이루어졌다. 그러나 그런 각도는 각 스테이션 사이의 중심선이 없다면 정의할 수 없다. 실제적인 경우에 안테나의 제어 방향에 대한 신호 외에는 아무것도 알 수 없다. 여기서 방향 또한 일반적으로 비선형 함수의 신호이다.

밀리미터파를 사용하여 광대역의 고속 통신을 하기 위한 안테나의 최적 방향을 찾기 위한 앞으로의 과제는 기존의 방식을 향상시키는 것과 유전자 알고리즘의 단점을 보완하기 위해 더 지능적인 돌연변이 방법과 다른 지능 알고리즘과의 결합에 대한 연구가 필요하다. 그리고 서로의 방향을 알지 못하고 단지 제어 방향에 대한 신호만으로 최적의 방향을 찾는 실제적인 상황에서 적용이 연구되어야 한다.

참고문헌

- [1]장병준, "60GHz 주파수 대역의 무선 통신 연구동향", ETRI, 2001
- [2] R. Becher, M. Dillinger, M. Haardt, and W. Mohr, "Broadband wireless access and future communication networks," *Proc. of the IEEE*, Vol.89, Jan. 2001, pp.58-75.
- [3] Man, K., "Genetic algorithms for control and signal processing", Springer, 1997.
- [4]John D. Kraus, "ANTENNAS", McGraw-Hill, Inc

※ 본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단의 우수연구센터 지원금에 의하여 수행되었음.