

논문 2005-42CI-6-6

변형된 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 빔의 스위트 스폿 탐색

(Sweet Spot Search of Antenna Beam using the Modified Genetic Algorithm)

엄 기 환*, 정 경 권**

(Ki Hwan Eom and Kyung Kwon Jung)

요 약

본 연구에서는 점대점(point-to-point) 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 찾고 유지하는 방법을 제안 한다. 제안한 방식은 송수신 데이터에 안테나의 정보를 같이 실어 보내고 그 정보를 이용하여 변형된 유전자 알고리즘으로 스위트 스폿을 찾고 유지 한다. 변형된 유전자 알고리즘은 지역해(local solution)에 수렴하는 문제를 해결하여 전처리 과정으로 우수한 초기집단을 선택한 후 진화하는 방법이다. 제안한 방식의 유용성을 점대점 링크 상에서 잡음이 없는 경우와 잡음이 첨가된 경우에 대하여 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a method that search the sweet spot of antenna beam, and keep it for fast speed transmission in millimeter wave on point-to-point 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 point-to-point link.

Keywords : modified genetic algorithm, sweet spot, antenna beam, point-to-point

I. 서 론

최근에 밀리미터파는 한정된 주파수 대역에 대한 수요 급증의 대안으로 부각되고 있으며 고속 통신이 가능하다. 따라서 밀리미터파 관련 시스템인 점대점 링크(point-to-point links), 광대역 위성통신, LMDS(Local Multipoint Distribution System), 차량 충돌 경고 레이더 시스템(auto collision warning radar system)등의

폭발적인 시장 성장이 예상된다.^[1] 60GHz 대역(59~64GHz)은 대기의 산소와 결합하는 특성이 있다. 이것은 신호가 아주 약해진다는 것을 의미하고 자유공간 손실까지 더해지면 신호는 더 약해진다. 또한 마이크로파의 wide-lobe와 비교해서 밀리미터파 네트워크는 가는 빔(narrow beam) 링크로 구성이 되기 때문에 밀리미터파 네트워크는 높은 방향성이 요구된다. 이러한 네트워크에서 점 대 점으로 연결된 빔은 적합한 방향에서 고정되는 것이 기본이 된다. 위성방송 안테나를 조정하는 실제적인 상황을 고려해보면, 빔을 고정하는 것은 신호대 잡음 비(SNR)감소나 예상치 못한 연결 끊김의 위험을 가지고 있다. 통신 상호간에 최적화된 스위트 스폿(Sweet spot)을 유지할 수 있다면 밀리미터파를 이용하여 Giga-bps 전송을 실현할 수 있다고 생각된다^[1~3].

* 정회원, ** 학생회원, 동국대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

※ 본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구 센터 육성사업의 지원으로 수행되었음
(R11-1999-058-01006-0)

접수일자: 2005년4월22일, 수정완료일: 2005년11월3일

최적화 방향을 찾는 알고리즘으로는 최급경사법 (steepest descent), 퍼지이론이나 유전자 알고리즘(GA: Genetic Algorithm) 등을 사용하고 있다. GA는 최적화 문제에서 기존의 다른 알고리즘보다 전역적이고 견실한 방법으로 다른 알고리즘과 비교해서 파라미터를 코딩한 것을 직접 이용하고 블라인드 탐색(Blind search)과 군 (population) 탐색을 하기 때문에 스위트 스팟 탐색에 적합하다^[5-6]. 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 발생될 때까지 세대가 계속 진화해야 하는 단점이 있다. 이렇게 지역해에 수렴하는 문제를 해결하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다^[5,7,8].

본 논문에서는 점 대 점 링크 상에서 각 스테이션 (station)간의 안테나 빔의 스위트 스팟을 변형된 GA를 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 변형된 GA는 지역해에 빠지거나, 오래 수렴하는 단점을 보완하기 위해 전처리 과정으로 우수한 초기집단을 선택하여 진화하는 방법이다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도(Intensity)를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다.

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 전혀 없는 경우와 잡음이 첨가된 경우에 일반적인 GA와 제안한 방식의 성능을 시뮬레이션으로 비교·검토한다.

II. 스위트 스팟(Sweet spot)

빔 네트워크에서 SNR감소나 연결의 끊김을 방지하기 위해 빔의 최적의 방향을 찾고 유지하는 것이 필요하다. 그림 2-1은 두 스테이션간의 스위트 스팟을 풋프린트(foot print)로 나타낸 것이다. 풋프린트 내부의 검은색 원이 스위트 스팟이 된다.

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

여기서 r_1 과 r_2 는 각 스테이션의 강도(intensity)를 각도에 대한 거리 값으로 나타낸 값이다. 각 스테이션 사이의 수평선으로부터의 각을 각각 1, 2라 하면 r_1 과

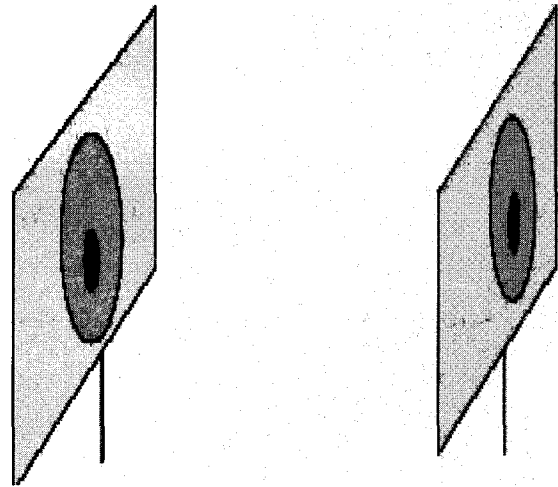


그림 2-1. 스위트 스팟
Fig. 2-1. Sweet spot.

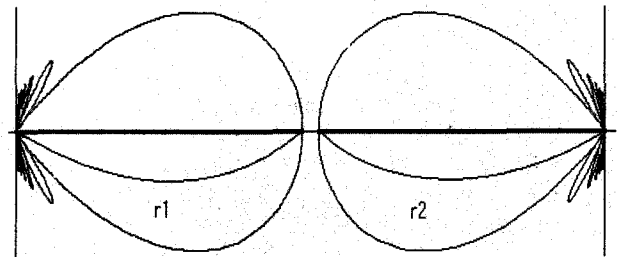


그림 2-2. 이상적인 경우의 빔 상태
Fig. 2-2. The ideal situation.

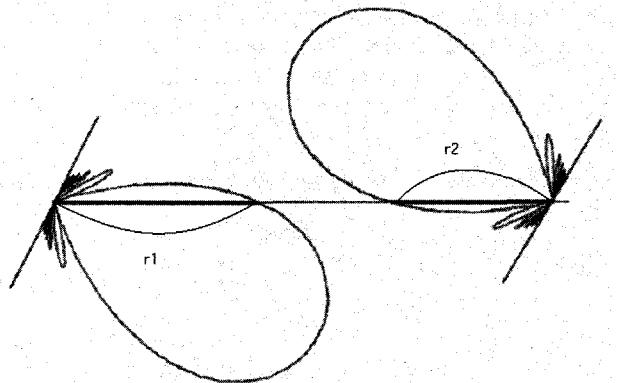


그림 2-3. 양쪽 스테이션이 잘못된 방향으로 틀어진 경우.
Fig. 2-3. Both stations turn around to wrong directions.

r_2 는 식 (2-1)과 같이 주어진다^[4].

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

$$r_2 = J(\pi D/\lambda \sin(\theta_2))/(\pi D/\lambda \sin(\theta_2)) \quad (2-1)$$

여기서 J 는 1계 베셀 함수 (first order Bessel function) 이고 D 와 λ 는 각각 안테나의 지름과 파장이다.

III. 제안한 방식

3-1. 일반적인 GA 방식의 스위트 스폿 탐색

스위트 스폿 탐색은 두 스테이션에서 빔 방향의 최적 값을 구하는 것이다. 각 스테이션의 빔의 방향에 대한 정보가 각 세대의 개체(gene or chromosome)가 되고 식 (2-1)의 r_1 과 r_2 의 곱을 적합도 함수로 이용하면 GA를 이용하여 스위트 스폿을 찾을 수 있다. 적합도 함수 z 는 식(3-1)과 같으며 원하는 목표 값은 적합도 함수가 최대가 되는 점이다.

$$z = r_1 \times r_2 \tag{3-1}$$

통신 방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex)방식으로 하고 그림 3-1과 같이 전송하는 데이터에 안테나의 제어 정보를 같이 보낸다. 밀리미터파 대역은 많은 데이터를 송수신할 수 있으며 안테나 정보는 아주 적은 비트(bit)를 차지하므로 통신능에 미치는 영향은 거의 없다고 가정할 수 있다. 설계한 개체 수 (40개체) 만큼 통신이 끝나면 각각의 스테이션에서 다음 세대를 만드는 GA를 수행할 때까지 안테나 정보의 이동은 없다. 재생산 된 다음세대의 개체가 안테나 정보가 되고 다시 서로의 스테이션 간에 통신이 이루어진다.

GA 방식은 선택(selection), 교차(crossover), 변이(mutation) 등의 단계를 거쳐서 가장 적합한 염색체(chromosome)를 생성, 선정하는 방식으로, 각 단계에는 여러 방식들이 있다. 본 논문에서 사용한 일반적인 GA

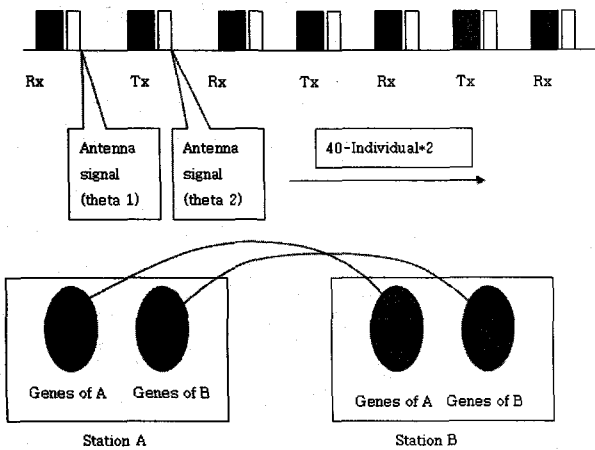


그림 3-1. TDD방식에서 안테나 정보의 통신과정
Fig. 3-1. Communication of antenna's data by TTD.

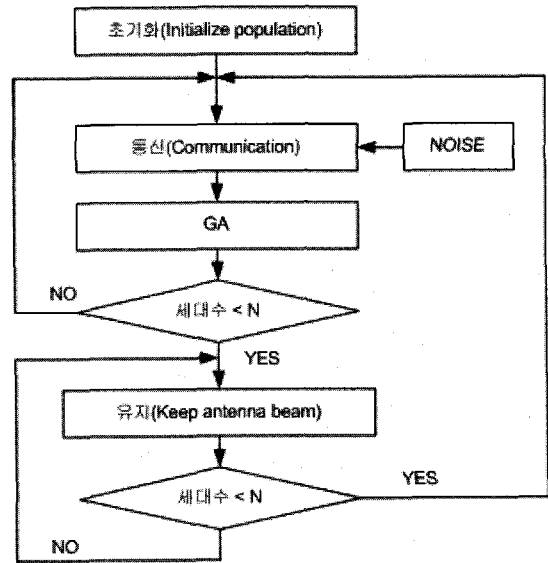


그림 3-2. 제안한 스위트 스폿 탐색방식의 흐름도.

Fig. 3-2. Flow chart of the proposed sweet spot search.

방식은 각 단계에서 다음과 같은 방식들을 사용한다. 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. 본 논문에서 이러한 연산과정을 갖는 일반적인 GA 방식은 빠른 정렬(quick sort) 방법을 써서 전체 개체의 상위 50%는 재생산하고 하위 50%는 도태시킨다. 살아남은 상위 개체끼리 교배를 해서 새로운 개체를 만든다. 이것과 상위 개체가 다시 새로운 세대를 이루는 방법이다. 따라서 전체적인 교배율은 0.5가 되지만 실제 교배 과정에서의 교배율은 1이다.

일반적인 GA 방식의 스위트 스폿 탐색의 적용은 각 스테이션에서 서로의 안테나 정보를 주고받아서 GA를 수행하고 생산된 다음세대의 개체들은 다시 반대편의 스테이션으로 보내진다. 알고리즘의 순서도는 그림 3-2와 같다.

일반적인 GA 방식을 스위트 스폿에 적용한 결과 수렴 시간이 늦거나 발산하는 경우가 발생한다. 이는 지역해에 수렴하다가 우수한 개체의 돌연변이가 발생하여 스위트 스폿에 수렴하지 못하는 경우이며, 이러한 문제는 초기값에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

3-2. 변형된 GA 방식의 스위트 스폿 탐색

GA를 이용하여 스위트 스폿을 탐색하는 경우 지역

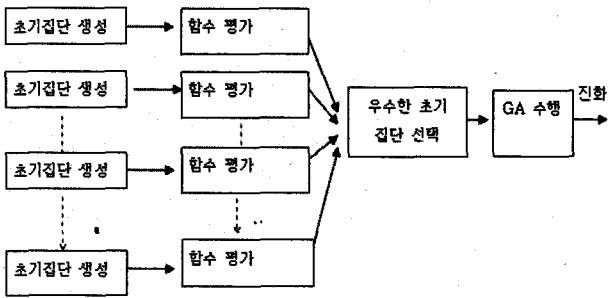


그림 3-3. 변형된 GA의 블록선도.
Fig. 3-3. The block diagram of modified GA.

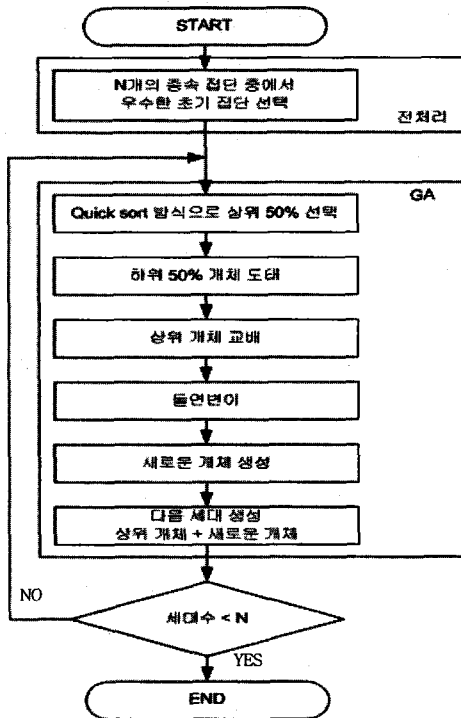


그림 3-4. 변형된 GA의 신호흐름도.
Fig. 3-4. Flow chart of the modified GA.

해에 빠지거나 오랜 기간 수렴하는 문제가 발생하는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서 변형된 GA 방식을 제안한다. 변형된 GA 방식은 전처리 과정을 통하여 우수한 초기세대를 선택하는 방식으로 일반적인 GA 방식에서 랜덤하게 초기 세대를 갖는 것과는 차별화가 된다. 변형된 GA 방식은 전처리 과정으로 N개의 종속 집단(slave)을 만들고 각각의 종속 집단은 단 한번의 적합도 평가를 하여 이 중에서 가장 우수한 집단을 선택하고 나머지 집단은 폐기 시킨다. 즉 선택된 우수한 집단이 GA의 초기 세대가 되어 일반적인 GA방식의 연산 과정을 수행한다. 그림 3-3은 변형된 GA 방식의 블록 선도이며, 그림 3-4는 변형된 GA 방식의 신호 흐름도이다.

IV. 시뮬레이션

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

4-1. 잡음이 없는 경우의 스위트 스폿 탐색

그림 4-1은 일반적인 GA방식의 지역해에 수렴한 시뮬레이션 결과이다. 그림 (a)는 랜덤한 첫 번째 세대이고, 두 번째 세대부터 진화되어 그림(b)는 18세대로서 지역해에 수렴하다가 우수한 개체의 돌연변이가 발생하여 그림(c) 100세대에서 스위트 스폿에 수렴하는 경우의 예를 나타낸다. 이런 문제는 초기 값에 영향을 받아 종종 나타남을 확인 하였다.

그림 4-2는 제안한 방식의 스위트 스폿 탐색의 시뮬레이션 결과이다. 그림 (a)의 첫 번째 세대에서는 전처리 과정을 거쳐 선택된 최적의 초기세대를 나타낸다. 두 번째 스테이션부터 진화가 시작되어 그림(b)의 10세대에서 수렴하기 시작하여 그림(c)의 20세대 이전에 최적 값에 수렴하는 것을 확인 할 수 있었다.

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

4-2. 잡음이 첨가된 경우의 스위트 스폿 탐색

그림 4-3은 백색 가우시안 노이즈를 첨가한 경우의 일반적인 GA방식의 시뮬레이션 결과이다. 그림(a)의 첫 번째 세대에서 그림(b)의 10 세대를 거쳐 그림(c)의 100세대까지도 지역해에 빠지는 경우의 예를 나타낸다.

그림 4-4는 제안한 방식의 시뮬레이션 결과로서, 그림(a)의 첫 번째 세대에서부터 진화를 시작하여 그림(b)의 10세대에서 많은 개체들이 수렴하기 시작하나 그림(c)의 20세대에서와 같이 소수의 개체들이 지역 해에 수렴하는 것을 확인하였다.

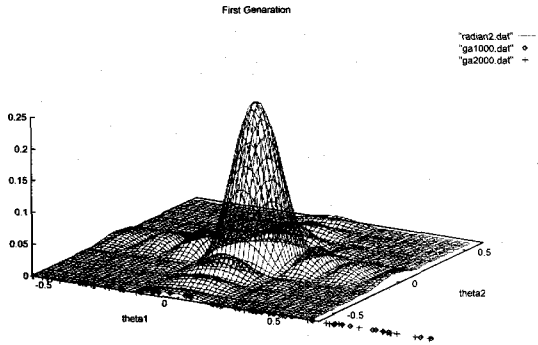
표 4-3은 백색 가우시안 노이즈를 첨가한 경우의 일반 GA 방식과 제안한 방식을 100세대까지 각각 100번씩 시뮬레이션 한 경우 스위트 스폿의 수렴율을 나타낸

표 4-1. 시뮬레이션에 사용된 파라미터
Table 4-1. Parameters of simulation.

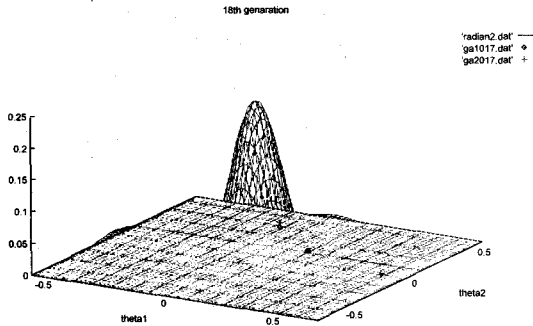
파라미터	Population Size	Crossover Rate	Mutation Rate
값	40	1	0.01

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

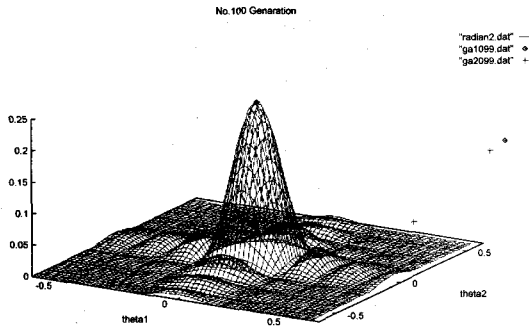
	GA 방식	제안한 방식
수렴율 (%)	78	99



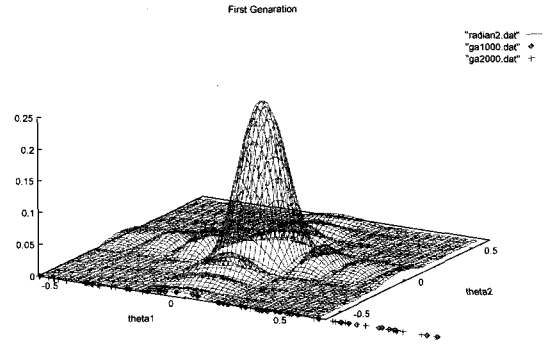
(a) First generation



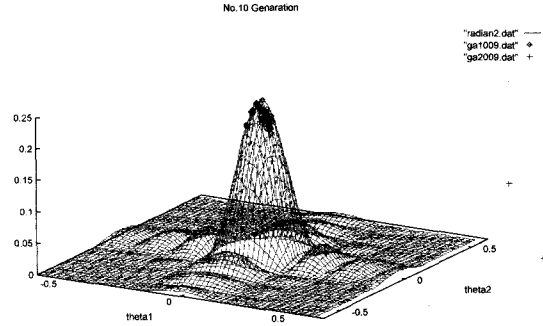
(b) 18th generation



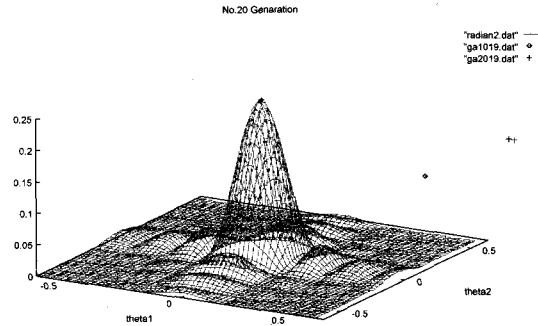
(c) 100th generation



(a) First generation



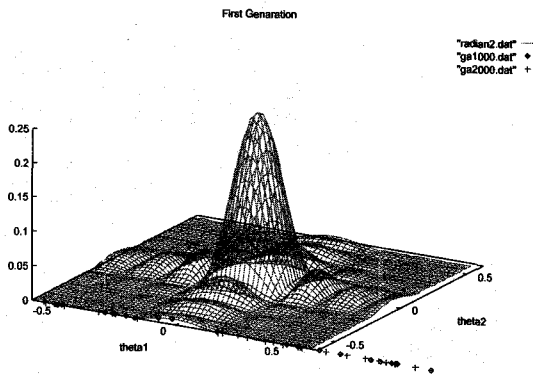
(b) 10th generation



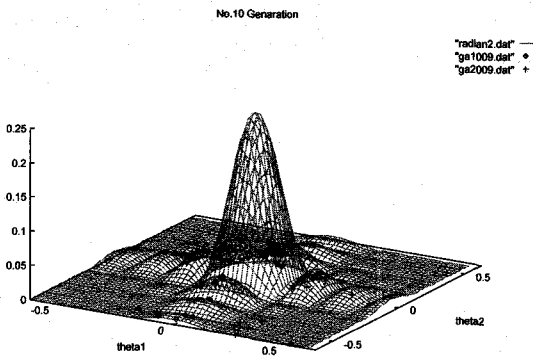
(c) 20th generation

그림 4-1. 일반적인 GA 방식의 지역해에 수렴한 결과
Fig. 4-1. Simulation result of local solution of general GA method.

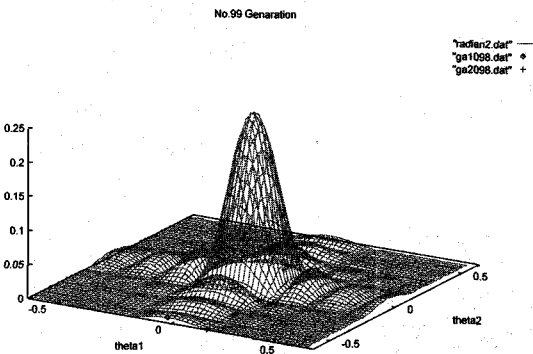
그림 4-2. 제안한 방식의 시뮬레이션 결과(no noise)
Fig. 4-2. Simulation result of proposed method(no noise)



(a) First generation



(b) 10th generation

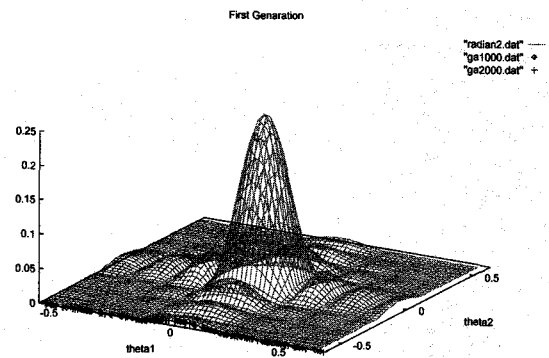


(c) 99th generation

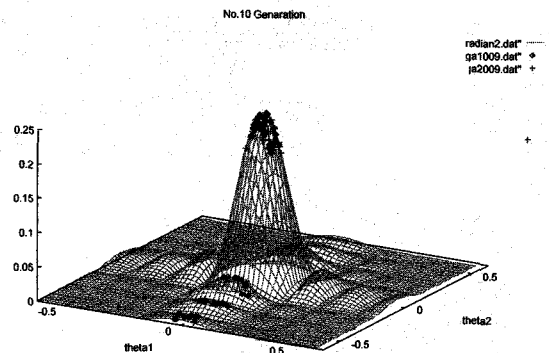
그림 4-3. GA 방식의 시뮬레이션 결과 (with noise)
Fig. 4-3. Simulation result of GA method with noise.

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

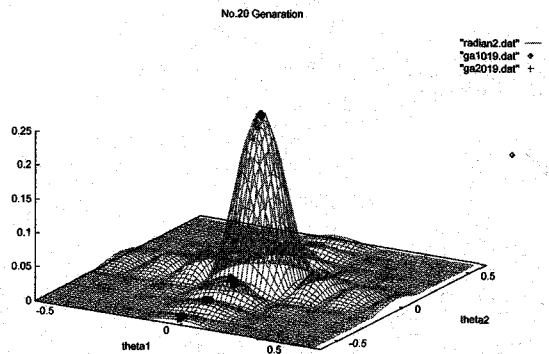
	GA 방식	제안한 방식
수렴율(%)	41	83



(a) First generation



(b) 10th generation



(c) 20th generation

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

다. 잡음이 첨가된 경우에는 제안한 방식이 GA 방식보다 훨씬 우수함을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 점대점 링크 상에서 각 스테이션 간의

안테나 빔의 스위트 스폿 을 변형된 GA를 이용하여 찾는 방법을 제안하였다. 변형된 GA는 지역 해에 빠지거나 오래 수렴하는 단점을 보완하기 위해 전처리 과정으로 우수한 초기집단을 선택하여 진화하는 방법이다. 제안한 방식은 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하여 빔의 강도를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 이용하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다.

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 점대점 링크 상에서 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%, 83%로 일반적인 GA 방식보다 우수함을 확인하였으며, 특히 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에는 일반적인 GA 방식보다 매우 우수함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. Becher, M. Dillinger, M. Haardt, and W. Mohr, "Broad-band wireless access and future communication networks," Proc. Of the IEEE, Vol. 89, Jan. 2001, pp.58-75.
- [2] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Co.Inc., N.Y., 1989.
- [3] Mitsuo Gen and Runwei Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, WILEY INTERSCIENCE, 2000.
- [4] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka, "ANTENNAS", McGraw-Hill, 2001.
- [5] J. J Grefenstette, "Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms," IEEE Trans. Syst., Man Cybern., Vol. SMC-16, No.1, pp. 122-128, 1986.
- [6] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*, MIT press, 1998.
- [7] M. gen and R. Cheng, *Genetic Systems & Engineering Design*, John Wiley & Sons, Inc., N. Y., 1997.
- [8] H. Mühlenbein, M. Schomisch, and J. Born, "The Parallel Genetic algorithm as Function Optimizer," Parallel Computing, Vol. 17, pp. 619-632, 1991.

저 자 소 개



엄 기 환(정회원)-주저자
 1972년 동국대학교
 전자공학과 학사 졸업
 1986년 동국대학교
 전자공학과 박사 졸업
 1989년~1990년 Toho Univ. Post
 Doc.

2000년~2001년 Univ. of Canterbury Visiting
 Professor.

1994년~현재 동국대학교 전자공학과 교수
 <주관심 분야 : 시스템 응용, 홈 네트워크>



정 경 권(학생회원)
 1998년 2월 동국대학교
 전자공학과 공학학사
 2000년 2월 동국대학교
 전자공학과 공학석사
 2003년 8월 동국대학교
 전자공학과 공학박사

<주관심분야 : 디지털 신호처리, 인공지능, 시스
 템 응용>