

# 두개의 ADALINE을 이용한 안테나 빔의 스위트 스폿 탐색

이창영\*, 최규민\*, 강성호\*, 정성부\*\*, 엄기환\*

\*동국대학교, \*\*서일대학교

## Sweet Spot Search of Antenna Beam using The Two ADALINE

Chang-Young Lee\*, Kyu-Min Choi\*, Seong-Ho Kang\*, Sung Boo Chung\*\*, Ki Hwan Eom\*

\*Dept. of Electronic Eng., Dongguk University, \*\*Dept. of Electronic Eng., Seoil College(Dept. of Computer Aided System, Seoil College)

E-mail : imirror@korea.com

### 요 약

본 연구에서는 점대점(point-to-point) 링크상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 찾고 유지하는 방법을 제안 한다. 제안한 방식은 송수신 데이터에 안테나의 정보를 같이 실어 보내고 그 정보를 이용하여 신경회로망 중에서 간단한 두개의 ADALINE으로 스위트 스폿을 찾고 유지 한다. 통신방식은 시분할 이중화 방식으로 하고, 두개의 ADALINE을 병렬로 연결하여 원하는 목표값에 수렴하고 유지한다. 제안한 방식의 유용성을 점대점(Point-to-Point) 링크상에서 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 composed of two ADALINE which used the parallel. The efficiency of the proposed method is verified by means of simulations with white Gaussian noise and not on point-to-point link.

### 키워드

ADALINE, sweet spot, antenna beam, point-to-point

### 1. 서 론

최근에 밀리미터파는 한정된 주파수 대역에 대한 수요 급증의 대안으로 부각되고 있으며 고속 통신이 가능할 수 있어, 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] 또한 마이크로파의 wide-lobe와 비교해서 밀리미터파 네트워크는 가는 빔(narrow beam) 링크로 구성이 되므로 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 신호 대 잡음 비(SNR)감소나 예상치 못한 연결 끊

김의 위험을 가지고 있다. 통신 상호간에 최적화된 스위트 스폿(Sweet spot)을 유지할 수 있다면 밀리미터파를 이용하여 Giga-bps 전송을 실현할 수 있다고 생각된다[1~2]. 최적화 방향을 찾는 알고리즘으로는 신경회로망, 퍼지이론 이나 유전자 알고리즘(GA:Genetic Algorithm)등을 사용하고 있다[3].

신경회로망은 단순하고 유시한 처리소자들로 구성되며, 각 처리소자들은 연결강도라고 하는 내부파라미터를 가지고 있다. 소자의 연결강도를 조정함으로써 소자의 동작을 변화시킬수 있으며, 따라서 신경회로망의 동작을 조정할 수 있다. 신경회로망 중에서 계산량이 적어 저용량의 마이크로 프로세서를 이용한 독립적인 임베디드 시스템에서 처리할 수 있는 ADALINE도 있다[4].

본 논문에서는 점 대 점(Point to Point) 링크 상에서 각 스테이션 간의 안테나 빔의 스위트

스팟(sweet spot)을 신경회로망 중에서 간단한 두개의 ADALINE을 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 두개의 ADALINE을 병렬로 연결하여 원하는 목표 값인 적합도 함수가 최대가 되도록 한다. 통신방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex)방식으로 하고 전송하는 데이터에 안테나의 제어 정보를 같이 보낸다. 밀리미터파 대역은 많은 데이터를 송수신할 수 있으며 안테나 정보는 아주 적은 비트(bit)를 차지하므로 통신 성능에 미치는 영향은 거의 없다고 가정할 수 있다. 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도(intensity)를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 점 대 점 링크 상에서 잡음이 없는 경우와 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에 시뮬레이션을 통하여 성능을 확인한다[5,7,8].

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 풋 프린트(foot print)로 나타낸 것이다. 풋 프린트 내부의 검은색 원이 스위트 스팟이 된다.

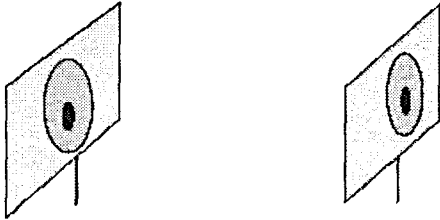


그림 2-1. 스위트 스팟.  
Fig. 2-1. Sweet spot.

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

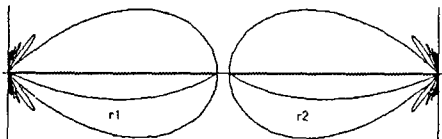


그림 2-2. 이상적인 경우의 빔 상태.  
Fig. 2-2. The ideal situation.

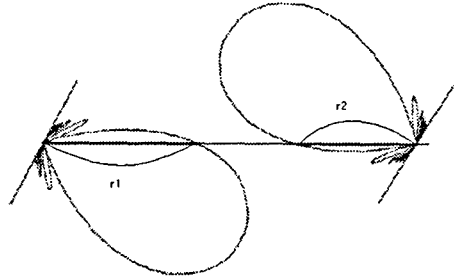


그림 2-3. 양쪽 스테이션이 잘못된 방향으로 빔이 틀어진 경우.  
Fig 2-3. Both stations turn around to wrong directions.

여기서  $r_1$ 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  $r_2$ 는 식 (2-1)과 같이 주어진다[4].

(2-1)

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

III. ADALINE

ADALINE(ADAPtive Linear NEuron)은 단층 신경회로망의 기본적인 구조로 단순히 여러 개의 시냅스와 하나의 뉴런으로 구성되므로 퍼지 논리시스템을 이용하여 연결강도를 조정 할 수 있다. 그림3-1은 기본 ADALINE구조로서 각각 4개의 입력 벡터 와 4개의 연결강도 벡터 그리고, 단일 출력  $y$ 인 경우 이다[4~5].

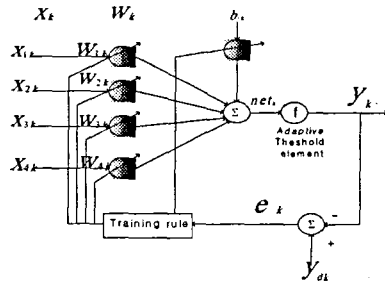


그림 3-1. 기본 ADALINE구조  
Fig. 3-1 Basic ADALINE Architecture

이러한 ADALINE구조에서 신경회로망을 학습시키기 위한 방법으로 뉴런의 Adaptive Threshold Element 즉, 그림2-1에서  $f$  가 일반적으로 1 또는 1의 함수 값을 갖는 separable logic함수인 경우 LMS학습규칙을 적용 한다. 역전과 학습규칙을 적용 할 경우  $f$ 가 미분 가능한 비선형 함수 또는 sigmoid함수이다.

예를 들어 신경회로망의 출력이 hyperbolic tangent인 경우  $Y_k = \text{sgm}(net_k) = \tanh(net_k) = \frac{1 - e^{-2net_k}}{1 + e^{-2net_k}}$  이다. 신경회로망을 학습시키기 위한 목적함수(object function)은 다음과 같다[4~6].

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l [y_{dk} - y_k]^2 \quad (3.1)$$

이 목적함수 E 가  $W_k$ 에 대하여 최소화 되도록 gradient descent법을 적용하면, 다음상태 연결강도는 다음과 같다[4~6].

$$\begin{aligned} W_{k+1} &= W_k + \Delta W_k \\ &= W_k + \eta (\Delta W_k) \\ &= W_k + \eta e_k - \text{sgml}(net_k) X_k \end{aligned} \quad (3.2)$$

#### IV. 제안한 방식

스위트 스폿 탐색은 두 스테이션에서 빔 방향의 최적값을 구하는 것이다. 각 스테이션의 빔의 방향에 대한 정보가 2개의 ADALINE의 입력이 된다. 식 (2-1)의  $r_1$ 과  $r_2$ 의 곱을 이용하여 ADALINE을 학습시키기 위한 목적함수는 다음과 같다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l [y_{dk} - y_k]^2 \quad (4.1)$$

여기서  $y_k = r_{1k} \times r_{2k}$ 이고  $y_{dk}$ 는 목표값으로  $r_1 \times r_2$ 가 최대가 되는 점이다. 안테나 빔의 스위트 스폿 탐색을 위한 제안한 2개의 ADALINE을 이용한 방식은 그림 과 같다.

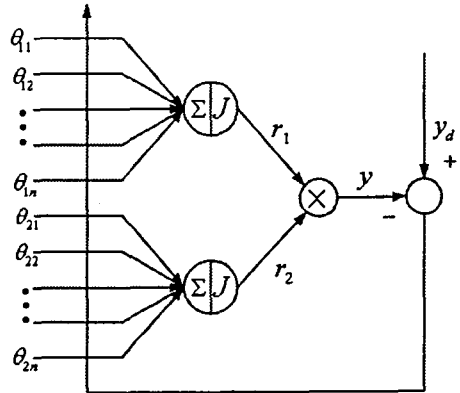


그림 4-1. 제안한 2개의 ADALINE을 이용한 방식

Fig. 4-1. Proposed method using two ADALINE

그림에서 활성화 함수로서 J는 1계 베셀 함수를 이용한다.

통신 방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex)방식으로 하고 그림 4-2과 같이 전송하는 데이터에 안테나의 제어 정보를 같이 보낸다. 밀리미터파 대역은 많은 데이터를 송수신할 수 있으며 안테나 정보는 아주 적은 비트(bit)를 차지하므로 통신성능에 미치는 영향은 거의 없다고 가정할 수 있다.

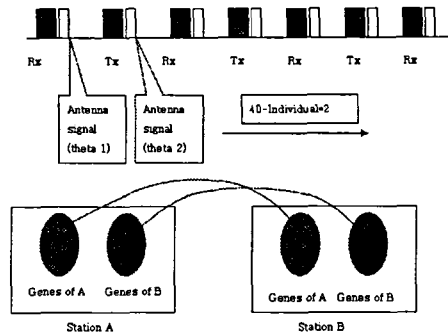


그림 4-2. TDD방식에서 안테나 정보의 통신과정.

Fig 4-2. Communication of antenna's data by TDD.

#### V. 시뮬레이션

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 잡음이 있는 경우와 없는 경우에 대하여 시뮬레이션을 한다.

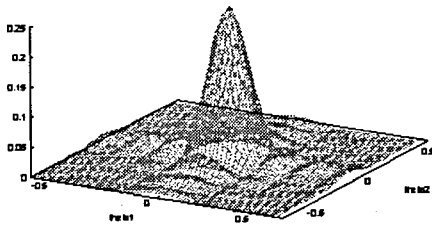


그림 5-1. 시뮬레이션 결과.

Fig 5-1. Result of the simulation.

입력은 20개씩 40개로 하고 초기 연결 강도와 바이어스는 (-1,1)/10에서 랜덤하게 주고 학습율은 0.8에서 시간에 따라 감소하게 준다.

오차는 절대치가 0.01 이하로 하고 최대 iteration을 500으로 하고 100번 시행하였다. 그림 5-1은 스위스 스폿에 수렴한 시뮬레이션 결과이다.

백색 가우시안 노이즈를 첨가한 경우에도 동일한 조건으로 시행한 결과 잡음이 없는 경우의 스위트 스폿 수렴율은 약 99%이다. 시뮬레이션한 결과 수렴율은 약 85%이다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 점 대 점 링크 상에서 각 스테이션(station)간의 안테나 빔의 스위트 스폿을 신경회로망 중에서 간단한 두개의 ADALINE을 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 두개의 ADALINE을 병렬로 연결하여 원하는 목표 값인 적합도 함수가 최대가 되도록 한다. 통신방식은 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex)방식으로 하고 전송하는 데이터에 안테나의 제어 정보를 같이 보낸다. 밀리미터파 대역은 많은 데이터를 송수신 할 수 있으며 안테나 정보는 아주 적은 비트(bit)를 차지하므로 통신 성능에 미치는 영향은 거의 없다고 가정할 수 있다. 각 스테이션에서 전송하는 데이터에 안테나의 정보를 같이 전송하며 빔의 강도(intensity)를 거리함수로 나타내고 그 거리함수의 곱을 적합도 함수로 하여 최대값이 되는 각도를 찾는 방식이다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 점 대 점 링크 상에서 잡음이 없는 경우와 백색 가우시안 잡음을 첨가한 경우에 시뮬레이션을 통하여 수렴율이 각각 약 99%, 85%로 우수함을 확인하였다.

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

## 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] Sari, H "Trends and challenges in broadband wireless access" Communications and Vehicular Technology, 2000. SCVT-200. Symposium on , 19 Oct. 2000 Page(s): 210 -2
- [3] Man, K., "Genetic algorithms for control and signal processing ", Springer, 1997.
- [4] Hayman, S, " The McCulloch-Pitts model ",Neural Networks, 1999. IJCNN '99. International Joint Conference on, Volume: 6 , 1999 Page(s): 4438 -4439 vol.6
- [5] Bernard Widrow, Michael A. Lehr, " 30 Years of adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, Backpropagation", Proceedings of the IEEE, Vol. 78, No.9, September 1990
- [6] ABhijit S. Pandya, Robert B. Macy, " Pattern recognition with Neural Networks in C++", CRC Press, 1996
- [7] Rodney Winter, Bernard Widrow, "Madaline Rule II: A Training Algorithm for Neural Networks", Neural Networks, 1988., IEEE International Conference on , Page(s): 401 -408 vol.1, 19
- [8] John D. Kraus, "ANTENNAS", McGraw-Hill, Inc