

이동 물체의 잡음과 간섭제거를 위한 신호 부 공간기법에 대한 연구

이 민 수*

A Study on Signal Sub Spatial Method for Removing Noise and Interference of Mobile Target

Min-Soo Lee*

요 약 본 논문에서는 상관성 신호가 수신 시스템에 입사하는 경우 원하는 신호를 추정하는 방법에 대해서 연구한다. 안테나 수신 신호의 잡음과 간섭을 제거하고 원하는 신호를 추정하기 위해서 적응배열 안테나 시스템과 도래 방향 알고리즘의 부 공간 기법을 적용시킨다. 적응 배열 안테나의 배열 응답 벡터는 베이스 방법을 이용하여 확률적으로 나타내고 신호의 가중치를 갱신하여 목표물의 도래 방향을 정확히 추정한다. 본 연구에서 원하는 신호의 추정 방법은 공분산 행렬의 가중치를 갱신하여 수신신호의 간섭과 잡음을 제거한 후 배열 응답벡터를 원하는 신호 공분산 행렬의 갱신 가중치에 적용한다. 부 공간 기법의 고유치와 고유 분해를 이용하여 고 분해능 도래 방향 추정 알고리즘에서 신호 부 공간과 잡음 부 공간으로 구분하여 원하는 신호를 정확히 추정한다. 모의실험을 통해서 기존의 방법과 본 연구에서 제안한 방법을 비교 분석한다.

Abstract In this paper, we study the method for desired signals estimation that array antennas are received signals. We apply sub spatial method of direction of arrival algorithm and adaptive array antennas in order to remove interference and noise signal of received antenna signals. Array response vector of adaptive array antenna is probability, it is correctly estimation of direction of arrival of targets to update weight signal. Desired signals are estimated updating covariance matrix after moving interference and noise signals among received signals. We estimate signals using eigen decomposition and eigen value, high resolution direction of arrival estimation algorithm is divided signal sub spatial and noise sub spatial. Though simulation, we analyze to compare proposed method with general method.

Key Words : Sub spatial, Noise, Interference, Adaptive array antenna,

1. 서론

무선 공간에서 원하는 신호의 도래 방향 추정 기술은 지금 까지 많은 연구가 진행되어 왔다 [1]. 원하는 신호의 추정기술은 레이더, 소나, 의료공학, 이동통신에 적용되는 중요한 기술이다. 전파공간상에서 원하는 신호의 추정기술은 고 분해능 기술로서 목표물의 정확한 추정 능력이 시스템의 중요한 핵심이다. 일반적으로 무선 공

간에서 원하는 신호의 도래방향 추정 알고리즘은 신호의 부 공간 기법을 사용하는 Schmid의 MUSIC알고리즘과 ESPRIT알고리즘이 추정 분해능이 우수한 알고리즘이다[2,3]. 또한, 적응 배열 안테나의 빔 형성 기법을 적용하여 원하는 신호의 도래방향 추정을 더욱 향상시킬 수 있다. 그러나 수신 시스템에 상관성의 신호가 입사 할 경우 고 분해능 알고리즘과 적응 배열 안테나의 빔형성 기법을 적용하여도 원하는 신호의 도래

* Corresponding Author : Department of Electrical, Electronic and Communication Daejin University(lmsoo@daejin.ac.kr)
Received June 05, 2015 Revised June 08, 2015 Accepted June 10, 2015

방향을 정확히 추정하는 것이 어렵다.

본 연구에서는 수신 안테나의 상관성 신호가 입사할 경우 원하는 목표물을 정확히 추정하기 위한 방법을 연구한다. 연구방법은 고 분해능 알고리즘의 가중치를 실시간으로 수정하여 빔 형성 기법의 공분산 행렬 값을 갱신한다. 또한 배열의 응답 벡터를 베이즈(Baysian)방법을 적용시켜 확률적으로 정확한 조향 벡터를 계산한다 [4].

본 논문에서는 도래방향 알고리즘과 빔 형성 기법을 이용하여 원하는 신호를 추정하고자 한다. 원하는 신호의 추정 방법은 공분산 행렬의 가중치를 갱신하여 수신신호의 간섭과 잡음을 제거한 후 베이즈 방법을 이용한 배열 응답벡터를 원하는 신호 공분산 행렬의 갱신 가중치에 적용한다. 그리고 고유치 전개와 고유치 분해를 이용하여 고 분해능 도래 방향 추정알고리즘에서 신호부공간과 잡음 부 공간으로 구분하여 원하는 신호를 정확히 추정한다.

모의실험을 통하여 본 연구에서 제안된 알고리즘 과 기존의 MUSIC알고리즘을 성능 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 모델 공분산 행렬의 신호 대 잡음비에 대해서 서술하고, 3장에서는 최적 가중치의 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 모의실험을 통하여 시스템의 성능을 비교 분석하고 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 시스템 모델의 공분산 행렬

시스템 구성은 M 개의 선형 배열 안테나, 배열 안테나 소자간의 간격은 반파장 d , 안테나에 k 개의 신호가 입사한다. 수신안테나에 입사하는 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다[5].

$$X(t) = s(t) + n(t) \tag{1}$$

여기서 $s(t)$ 는 배열 안테나의 입사하는 신호,

$n(t)$ 는 잡음이다. 식(1)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X(t) = [a(\theta_1), \dots, a(\theta_K)] [s_1(t), \dots, s_K(t)]^T + n(t) \tag{2}$$

여기서 $a(\theta)$ 는 조향 벡터이다. 빔형성기의 출력신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = W^H X(t) \tag{3}$$

여기서 W 는 가중치, $()^H$ 는 허미턴스 행렬이다.

갱신 가중치를 이용하여 원하는 신호를 추정하기 위한 공분산 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} R &= E[x(t)x(t)^H] \\ &= A R_1 A^H + R_2 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 $A = [a_1(\theta), \dots, a_K(\theta)]$, R_1 은 신호 공분산 행렬, R_2 는 잡음 공분산 행렬이다. 공분산행렬의 신호 대 잡음비(SNR)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$SNR = \frac{W^H R_1 W}{W^H R_2 W} \tag{4}$$

위너호프 방정식을 이용하여 최적의 가중치를 구하고자한다. 오차신호의 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Er(t) = d(t) - W^H(t) X(t) \tag{5}$$

여기서 $d(t)$ 는 적응배열 안테나에 입사하는 신호 에서 원하는 도래방향 추정 신호이다. 식 (5)을 비유함수를 이용하여 제곱 평균을 이용하

면 다음과 같이 나타낼 수 있다[6].

$$G = E[Er(t)^2] \tag{6}$$

$$G = Er[d(t) - (W^H X(t))]^2 \tag{7}$$

$$= Er[d(t)^2] - R_c^H W - W^H - R_c + W^H R W \tag{8}$$

여기서 $R_c = E[X(t) d^*(t)]$ 로서 상호상관행렬이다. 식(8)에 구배 법(gradient method)을 적용하면 다음과 같이 가중치를 나타낼 수 있다.

$$\nabla (J)|_W = 0 \tag{9}$$

$$-2R_c + 2RW = 0 \tag{10}$$

$$RW = R_c \tag{11}$$

$$W = R_c R^{-1} \tag{12}$$

3. 최적 가중치 갱신의 스펙트럼

최적의 가중치를 갱신하기 위해서 구속 장이 1인 최적의 등가 문제는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\min_W W^H R W \text{ subject to } W^H a = 1 \tag{12}$$

식(12)에서 공분산행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = [a(\theta_1), \dots, a(\theta_K)] \tag{13}$$

여기서 N 은 스냅 샷 횟수(snapshots number)이다. 구속(constrained)가중 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{op} = R^{-1} A (A^H R^{-1} A)^{-1} \tag{14}$$

정확한 도래방향을 추정하기 위해서 베イズ 방법을 적용하여 조향벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$p(\theta_i | X(t)) = \frac{\sum_{i=1}^K a(\theta_i) p(X(t) | \theta_i)}{\sum_{j=1}^p a(\theta_j) p(X(t) | \theta_j)} \tag{15}$$

식(15)의 배열 응답벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \sum_{i=1}^K a(\theta_i) p(\theta_i | X(k)) \tag{16}$$

MUSIC알고리즘을 적용한 스펙트럼은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{a(\theta) W_{op} W_{op}^H a(\theta)^H}{a(\theta) W_{op} E_n E_n^H W_{op}^H a(\theta)^H} \tag{17}$$

4. 모의실험

본 연구에서 제안된 알고리즘 과 기존알고리즘의 성능을 비교하기 위해서 모의실험을 통하여 분석한다. 기존알고리즘은 MUSIC을 사용하였다. 모의실험 조건은 안테나 배열 개수 12개, 신호 대 잡음비 20dB, 안테나 간격은 그레이팅 로브를 피하기 위해서 반 파장, 원하는 신호 개수는 3개로 설정하였다. 그림1은 본 연구에서 제안된 알고리즘으로 [-15o, 0o ,15o]에서 원하는 목표물의 신호 도래방향을 모두 추정하였으며 분해능은 15o 이다. 그림 2는 기존의 MUSIC알고리즘을 사용하여 [-15o, 0o ,15o]에서 원하는 목표물의 신호 도래방향을 모두 추정하였다. 분해능을 [-5o, 0o ,15o]로 감소시켜 제안된 알고

리즘과 기존의 MUSIC알고리즘을 그림3과 그림 4에 나타내었다. 그림3은 기존의 MUSIC알고리즘으로 $[-50, 00, 150]$ 에서 도래방향을 추정하였지만 $[-50, 150]$ 에서 도래방향을 추정하여 1개의 오차를 나타내었다. 그림4는 제안된 알고리즘으로 $[-50, 00, 150]$ 에서 도래방향을 모두 추정하였다.

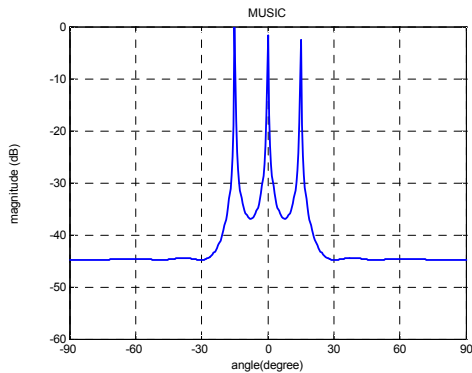


그림 1. 제안 알고리즘 도래방향 추정
Fig. 1. DOA of Proposal Algorithm

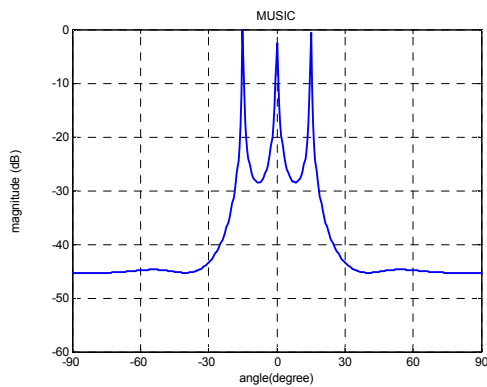


그림 2. 기존 알고리즘 도래방향 추정
Fig. 2. DOA of Class Algorithm

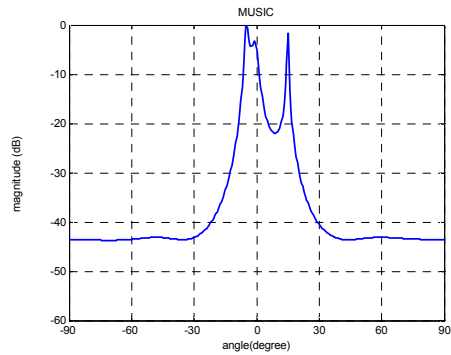


그림 3. 기존 알고리즘 도래방향 추정
Fig. 3. DOA of Class Algorithm

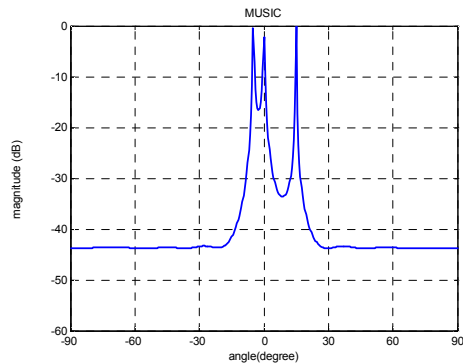


그림 4. 제안 알고리즘 도래방향 추정
Fig. 4. DOA of Proposal Algorithm

5. 결론

본 논문에서는 무선 공간 환경에서 상관성 신호가 수신 안테나 시스템에 입사할 경우 원하는 신호의 도래방향을 추정하는 방법에 대해서 연구하였다. 모의 실험 에서 도래방향 신호추정이 $[-150, 00, 150]$ 인 경우에 기존방법에서도 3개의 원하는 신호를 모두추정 하였지만 분해능 $[-50, 00, 150]$ 로 감소시켰더니 원하는 신호를 2개만 추정하였다. 즉 원하는 신호의 도래방향을 모두 추정하지 못하였다. 본 연구에서 제안된 방법으로 분해능이 $[-150, 00, 150]$ 에서 원하는 신호를 모두 추정하였고, 분해능을 $[-50, 00, 150]$ 로 감소시켜도 원하는 신호를 모두 추정하였다. 본 연

구에서 제안된 방법이 기존의 방법보다 분해능이 감소되어 원하는 신호를 모두 정확히 추정하여 기존의 방법보다 우수함을 입증하였다.

REFERENCES

- [1] B. Allen and M. Ghavami, "Adaptive Array System", Wiley, Feb, 2005.
- [2] Frank.B.Gross, "Smart Antennas for Wirless Communications", Mc Graw Hill, Jan, 2005.
- [3] N. Le Bihan, S. Miron, and J.I Mars, "MUSIC Algorithm for vector-sensors Array using Biquaternions", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 55, No. 9, Sept, 2007.
- [4] Kang Kyoung Sik, "A Study on Adaptive Sparse Matrix Beamforming Algorithm of Error Beam Steering Vector for Target Estiamtion", The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol.7, No. 2, 2014.
- [5] Zhang Meng Liu, Zhi Tao Huang, and Yi Yu Zhou, "Direction of Arrival Estimation of Wideband Signals via Covariance Matrix Sparse Representation", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 59, No. 9, 2011.
- [6] Gwan U Ga, Sung Min Ham and Kwan Hyeong Lee, "A Study on Angle Spectrum of Arrival using RMS Model Errors Effects", The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol.6, No. 3, 2013.

저자약력

이 민 수(Min-Soo Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 전기전자통신공학부 통신공학전공 교수

<관심분야>

RF회로 및 무선통신시스템, 안테나 및 전자과전파