

# RMS 모델 오차 효과를 이용한 도래각 스펙트럼에 관한 연구

가관우\* 함성민\* 이관형\*\*

## A study on Angle Spectrum of Arrival using RMS Model Errors Effects

Gwan-U Ga\*, Sung-Min Ham\* Kwan-Hyeong Lee\*\*

### 요 약

모델 오차 효과 및 민감도 분석을 사용하여 도래 방향 추정의 새로운 방법을 제시한다. 원하는 신호가 모델 오차 교정 효과를 통해 간섭을 제거한 후 얻어지게 되므로 추정에 있어서 채널 간섭 영향이 크게 줄어들게 된다. 모의실험을 통해 본 연구에서 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 분해능과 정확성 추정이 향상되었음을 입증하였다.

### ABSTRACT

A new direction of arrival estimation method using effects of model errors and sensitivity analysis is proposed. Since a desired signal is obtained after interference rejection through correction effects of model error, the effect of channel interference on the estimation is significantly reduced. Through simulation, we show that the proposed method offers significantly improved estimation resolution and accuracy relative to existing method.

**Keywords** : Estimation, MUSIC, Resolution, Model error, Target Position

## I. 서 론

본 논문에서는 모델 오차 효과 (EME)를 사용하는 새로운 DOA 추정 방법을 제안한다. 제안된 DOA 추정 방법은 목표물 도래방향을 모델 오차 효과를 사용하여 간섭을 제거한 후 추정하고자 한다.

제안된 DOA 추정 방법에서 목표물 도래방향은 목표물 도래방향의 함수인 모델 오차 효과를 대상 신호에 적용하여 위상 천이로부터 추정된다. 위상

천이는 모델 오차 효과 이후에 추정되기 때문에 목표물 이외의 모든 신호와 간섭을 DOA 추정 이전에 효율적으로 제거할 수 있다. 따라서, DOA 추정에 영향을 미치는 간섭을 줄일 수 있다.

## II. 신호 모델 및 DOA 추정

임의의 공간에서  $M$ 개 안테나로 구성된 배열을

\* 대전대학교 통신공학과 센서네트워크 연구실(gg-forever2@hanmail.net)

\*\* 교신저자 : 대전대학교 통신공학과 교수(khlee@daejin.ac.kr)

접수일자 : 2013년 8월 1일, 수정일자 : 2013년 8월 20일, 심사완료일자 : 2013년 9월 5일

고려할 때,  $M$ 번째 센서의 출력은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$X_m(t) = \sum_{n=1}^p \alpha_n s_n(t - \tau_{mn}) + n_m(t) \quad (1)$$

여기서,  $s_n(t)$  ( $n = 1, 2, \dots, p$ )는 수신 신호이다. 배열 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[3]

$$X(t) = CA A(\theta) + N(t) \quad (2)$$

여기서  $X(t)$ 는 수신 신호 벡터,  $C$ 는 상호 결합 행렬,  $A$ 는 복소 대각 행렬,  $S(t)$ 는 신호 벡터,  $A(\theta)$ 는 배열 매니폴드 행렬,  $a(\theta_m)$ 은 조향 벡터,  $N(t)$ 는 부가 백색 잡음이다.

안테나 센서가 반파장보다 가까이 있을 때, 각 센서의 임피던스와 극성 반응은 인접한 센서와 결합한 전자파에 의해 영향을 받으므로 배열의 방사 패턴을 왜곡하고 배열 매니폴드를 변형시킨다.  $m$ 번째 센서의 출력은 오차의 다른 원인이 없을 때 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$X_m(t) = \sum_{i=1}^M C_{m,i} S(t) + N(t) \quad (3)$$

여기서  $C_{m,i}$  ( $i, m = 1, 2, \dots, M$ )은 상호 결합 인자 및  $m$ 번째 센서에서  $i$ 번째 센서의 상호 결합 효과이다. 따라서 배열 출력은 다음과 같이 주어진다.[4-5]

$$X(t) = CA(\theta) + N(t) \quad (5)$$

여기서  $C$ 는 상호 결합 행렬을 나타낸다. 오차의 유형이 모두 고려될 때, 배열 출력은 다음과 같다.

$$X(t) = CA A(\theta) + N(t) \quad (6)$$

신호가  $M$ 개 센서로 구성된 안테나 센서에 수신되면, 배열 출력 공분산 행렬은 다음과 같이 쓸 수 있다.[6-7]

$$R = E[XX^H] = A(\theta)R_{xx}A^H(\theta) + \sigma^2 I \quad (7)$$

여기서  $R_{xx}$ 는 신호 공분산 행렬,  $( )^H$ 는 허미트 행렬이다. 부공간 DOA 추정 방법에서, 배열 출력 공분산 행렬  $R$ 이 두 부공간으로 분할될 수 있도록 고유치 분해를 사용하면 다음과 같다.

$$R = E_s \gamma_s E_s^H + \sigma^2 E_n E_n^H \quad (8)$$

여기서  $E_s, E_n$ 은 각각 신호 부공간과 잡음 부공간이다. 배열 응답 오차를 고려할 때, 배열 응답은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\ddot{A}(\theta) = \Lambda CA(\theta) \quad (9)$$

배열 응답은 두 부공간 사이의 직교성에 영향을 미친다. 특히, 배열 모델 응답 오차 효과 때문에 실제 배열 응답  $\ddot{A}(\theta)$ 는 이상적인 배열 응답  $A(\theta)$ 와 형태가 다르다. 따라서 DOA 추정 정확도와 분해능은 배열 응답 오차에 의해 성능이 저하된다. DOA 추정 MUSIC 스펙트럼은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$SE(\theta, \mu) = \frac{1}{A(\theta, \mu) E_n^H(\mu) E_n(\mu) A^H(\theta, \mu)} \quad (10)$$

여기서  $\mu$ 는 실제 배열 파라미터이고  $\mu_0$ 는 이상적인 배열 파라미터이다.  $\mu - \mu_0$ 를 모델 오차라 하면 다음과 같다.

$$\mu - \mu_0 = \sigma_u \vartheta \quad (11)$$

따라서 모델링 오차에 의한 DOA 오차의 Mean-Square는 다음과 같다.

$$\sigma_{u(DOA)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_i^2} \quad (12)$$

여기서  $N$ 은 신호의 개수이다.

### III. 모 의 실 험

본 장에서는 제안된 방법과 기존의 방법을 비교한다. 기존 방법은 ML방법과 MUSIC방법을 사용하였다. 그림1은ML방법을 사용하여  $[-40^\circ, 0^\circ, 5^\circ]$ 에서 DOA를 추정한 그래프이다. 그러나  $[-40^\circ, 0^\circ]$ 에서만 도래각을 추정하였고  $[5^\circ]$ 에서는 도래각을 추정하지 못하였다. 즉, 2개의 DOA 신호만 추정하였다. 그림2는 MUSIC 방법을 사용하여  $[-40^\circ, 0^\circ, 5^\circ]$ 에서 DOA를 추정한 그래프이다. 그러나  $[-40^\circ, 0^\circ]$ 에서만 도래각을 추정하였고  $[5^\circ]$ 에서는 도래각을 추정하지 못하였다. 즉, 2개의 DOA 신호만 추정하였다. 그림3은 본 연구에서 제안한 방법으로,  $[-40^\circ, 0^\circ, 5^\circ]$ 의 DOA 추정에서 모든 도래각을 정확히 추정하였고 분해능 또한 높음을 확인하였다.

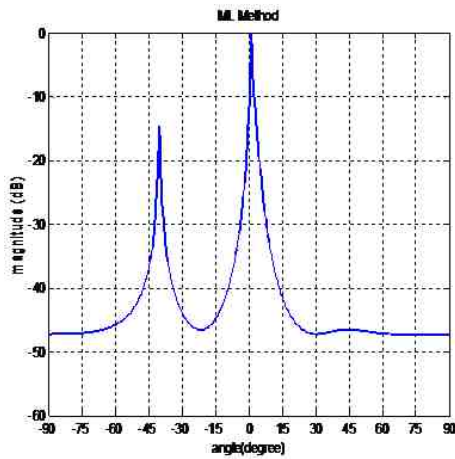


그림 1. ML 방법의 DOA  
Fig. 1 DOA of ML method

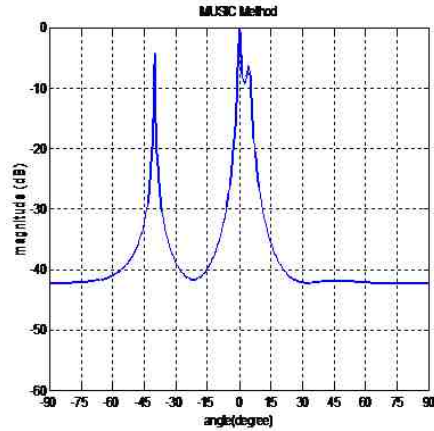


그림 2. MUSIC 방법의 DOA  
Fig. 2 DOA of MUSIC method

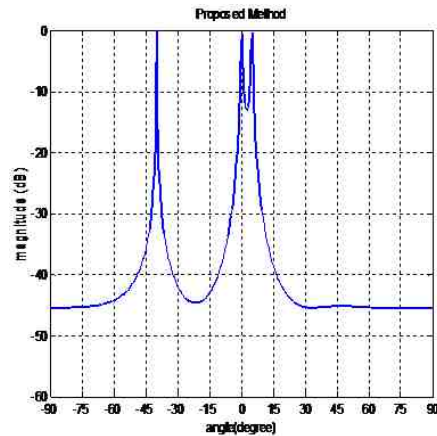


그림 3. 제안된 방법의 DOA  
Fig. 3 DOA of Proposed method

### IV. 결 론

본 연구에서는 모델 오차 영향에 따라 새로운 DOA 추정 방법을 제안하였다. 제안한 DOA 추정 방법은 배열 안테나에서 추정된 신호와 모델 오차 신호의 보정효과 사이의 모델 오차 영향으로부터 추정된다. 본 연구에서 제안한 방법을 모의실험을 통해서 기존의 방법과 비교분석하였다. 본 연구에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 DOA 추정의 정확성과 분해능이 향상되었음을 입증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] K.H.Lee, A Study on the Decrease Estimation time using Covariance Vector Sparse Matrix. The journal of Korea Institute of Information Technology, KIIT Press, Korea(2012), Vol.10, No.6, pp.39-44.
- [2] K.H.Lee, A Study on the Multi Target Position Estimation using Multi Input Multi Output Array Antenna System and 2D MUSIC Algorithm. The journal of Korea Institute of Information Technology, KIIT Press, Korea(2012), Vol.10, No.4, pp.64-70.
- [3] B.Freidlander, Sensitivity analysis of the maximum likelihood direction finding algorithm, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, IEEE Press, NewYork(1994), Vol.26, No.6, pp.953-968.
- [4] F.Li and R.J.Vaccaro, Sensitivity analysis of DOA estimation algorithms to sensor errors, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, IEEE Press, NewYork(1992), Vol.28, No.3, pp.708-717.
- [5] R.Hamza and K.Buckley, Sensitivity analysis under model perturbation for weighted eigenspace methods, Acoustics, speech, and Signal processing (ICASSP-93), IEEE International Conference, IEEE Press, NewYork(1993), Vol.4, pp.332-335.
- [6] A.T.Y.Lok, P.Davoodian, R.C.Chin, J.Bermudez, Z.Aliyaziciogly, and H.K.Hwang, Sensitivity Analysis of DOA estimation using the ESPRIT algorithm, 2010 IEEE Aerospace Conference, IEEE Press, NewYork(2010), Vol.1, pp.1-7.
- [7] Sheng Luen Wei and J.J. Shynk, Sensitivity of phase based doa estimators to beamformer mismatch, 2010 44<sup>th</sup> Annual Conference Information Sciences and Systems(CISS), IEEE Press, NewYork(2010), Vol.1, pp.1-4.

## 저자약력

## 가 관 우(Kwan-U Ga)

학생회원



2013년 2월 대전대학교  
통신공학부 졸업  
2013년 현재 대전대학교  
통신공학부 석사과정

&lt;관심분야&gt; 무선통신, 위치추적

## 함 성 민(Sung-Min Ham)

학생회원



2013년 2월 대전대학교  
통신공학부 졸업  
2013년 현재 대전대학교  
통신공학부 석사과정

&lt;관심분야&gt; 무선통신, 위치추적

## 이 관 형(Kwan-Hyeong Lee)

정회원



1998년 3월 ~ 2004년 8월 :  
강릉영동대학 교수  
2005년 3월 ~ 2007년 2월 :  
청주대학교 전자정보공  
학부 전임강사  
2007년 3월 ~ 2010년 2월 :  
국방과학연구소 근무  
2010년 3월~현재 :  
대전대학교 교수

&lt;관심분야&gt; 무선통신, 위치추적