

# 특성치 추출기법을 이용한 천해에서의 이동음원 위치 추정성능에 관한 실험적 연구

황성진\*, 성우제\*, 박정수\*\*, 김영규\*\*

## An experimental study on the tracking of moving source in shallow water environment using feature extraction method

Sungjin Hwang\*, Woojae Seong\*, Joung-Soo Park\*\*, YoungGyu Kim\*\*

\*Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National Univ.

\*\*Agency for Defense Development

E-mail : [wseong@snu.ac.kr](mailto:wseong@snu.ac.kr)

### 요약

정합장 처리기법은 일반적으로 고정된 음원의 위치를 추정하는데 사용된다. 본 연구에서는 알고리즘 중에서 Bartlett, MV, MCM, FEM 프로세서를 CTA에 적용하여 이동하는 음원의 이동 경로를 추적하는 성능을 분석하였다. 천해환경에서 이동하는 음원의 경로를 추적하는 경우 FEM 기법이 다른 정합장 처리 방법보다 좋은 성능을 보여줌을 확인하였다.

이동음원 데이터는 2001년 동해 실험 자료를 이용하였고, 실험환경에 대한 복제음장은 ORCA를 사용하여 구현하였다.

### 1. 서론

수중에서의 관심있는 음원들은 고정되어 있지 않고, 시간에 따라 이동하므로 이동음원의 탐지가 중요한 문제가 된다. 또한, 실제 해양환경은 시·공간적으로 계속 변화하기 때문에 해양환경을 모델링하는 데에는 불확실성이 존재하므로, 이러한 해양환경의 오정합은 정합장 처리방법의 성능을 저하시킨다. 오정합의 영향에 견고한 정합장 처리 방법중에 가장 최근에 고안된 방법이 특성치 추출 기법(feature extraction method, FEM)[3]으로, 교란된 환경 인자들을 가지고 얻은 다수

의 복제 신호들로부터 공통된 신호의 특징을 추출해냄으로써 환경인자의 오정합에 대해 견고하다. 이러한 FEM 프로세서를 천해환경에서 이동하는 음원의 경우에 적용하여 이동음원의 위치를 추정하고 성능을 살펴 보았다. 또한, 기존의 여러 가지 정합장 처리 방법들(Bartlett, MV, MCM)[1] 등과의 성능을 비교 분석하였다. FEM 기법을 이용하여 음원 위치를 추정하는데 있어서 제거해야 할 고유벡터의 개수를 결정하기 위해서 주어진 실험환경에서의 지배적인 모드의 개수를 SAFARI를 이용하여 구하였고[4], ORCA를 이용하여 복제음장을 구현하였다. 본 연구에서, 이동음원 실험 데이터는 2001년 동해에서 수행한 실험으로부터 기록된 데이터를 사용하였다. 이동하는 음원을 추적하는 알고리즘으로 개별적인 위치추정의 연속으로 음원을 추적하게 되는 CTA(Conventional Tracking Algorithm)를 사용하였다.

### 2. 동해 실험 요약

동해에서 수행된 정합장 처리 실험은 2001년 6월 13일, 15일 2틀 동안 3차례 수행되었다. 세 차례 실험 중에서 6월 13일 오후 12시 36분 50초부터 오후 1시 32분까지 기록된 데이터 중에서 거리독립 환경에서 수

행된 오후 12시 36분 50초부터 500초 동안 저장된 데이터를 이용하여 정합장 처리를 수행하였다. 그림 1은 실험이 행해지는 동안 실험장비가 설치되고, 실험이 수행된 위치와 음원의 경로를 보여준다. 수직 선배열 센서는 동경 129° 10.881', 북위 37°35.507'에 배치되었고, 음원은 4.1knots의 속도로 수심 26~28m에서 수직 선배열 센서에 가까운 쪽으로 500초동안 약 942m의 거리를 이동하였다. 음향환경은 그림 2와 같다. 수직 선배열은 총 19개로 구성되었으며, 이 들 중 등간격(5m)으로 배열되어 있는 11개의 센서로부터 얻어진 신호를 정합장 처리에 사용하였다.

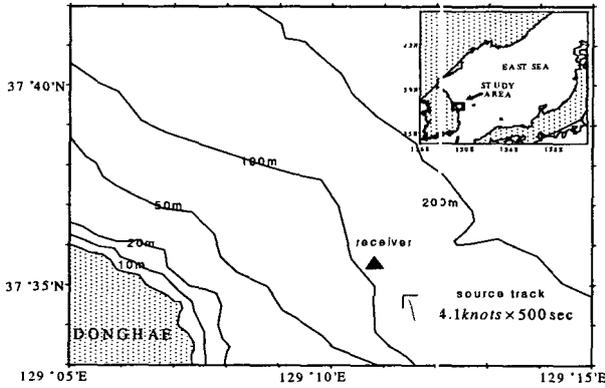


그림 1. 동해 실험 지역

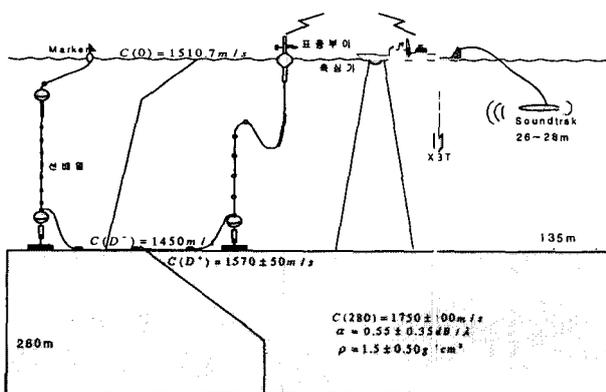


그림 2. 동해 실험환경의 구성

### 3. 이동음원 위치 추적

동해실험으로부터 얻어진 신호자료는 25초 간격으로 20개의 snapshots으로 나누어 각 snapshot마다 음원의 위치를 추정하였다. 복제음장을 구하기 위해 필요한 환경변수는 그림 2에 나타난 값을 사용하였다. 본 연구

에서 복제음장은 ORCA를 이용하여 계산하였다.[5]

FEM 프로세서를 이용하여 음원의 위치를 추적하는 경우, FEM프로세서를 적용하기 전에 선행되어야 할 제거해야 할 가장 큰 고유벡터 개수를 결정하였다. 기존의 정합장 처리 방법을 적용한 위치 추적 성능과 FEM 프로세서의 위치 추정 성능을 비교 분석하였다. FEM프로세서를 이용하여 이동하는 음원의 위치를 추정하는 경우 안정된 위치 추정 성능을 보장하기 위해서 환경샘플을 30개 사용하였다[3].

#### 3.1 제거해야 할 고유벡터 개수 결정

SAFARI를 이용하여 주어진 실험환경에서 진행하는 모드들 중 지배적인 모드의 개수를 구하고 FEM프로세서에서 결정되어야 할 제거해야 할 고유벡터 개수를 결정한다[3]. 그림 2는 지배적인 모드의 개수를 보여준다. 지배적인 모드의 개수가 5개임을 확인할 수 있으며, 5개의 가장 큰 고유벡터를 제거하여 FEM 프로세서를 이동음원 위치를 추정하는 경우에 적용하였다.

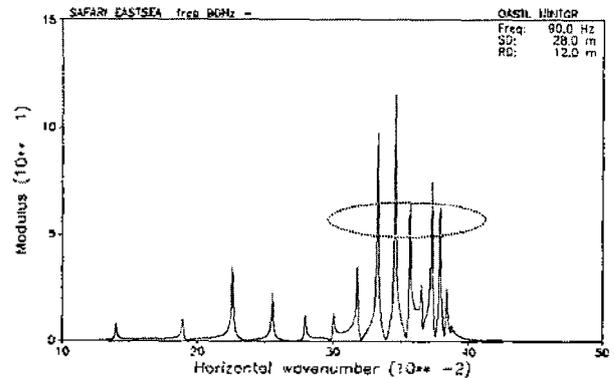


그림 3. 동해실험환경에서의 지배적인 모드

#### 3.2 기존 정합장 처리방법을 이용한 위치 추적

그림 4, 5, 6은 동해실험에서 얻은 신호를 기존의 정합장 처리방법 즉, Bartlett, MV, MCM에 적용하여 위치를 추적한 결과를 보여준다. ◆은 수직선배열로부터의 실제 음원의 거리와 깊이를 나타내며, ▲은 정합장 처리방법으로 추정한 음원의 거리와 깊이를 나타낸다. 또한, ■은 각각 50개의 서로 다른 복제음장을 이용하여 정합장 처리방법으로 각각의 음원의 거리와 깊이를

추정하여 평균을 구한 값을 나타낸다. 실선은 각 snapshot에서의 표준편차를 오차 막대로 표현한 것이다. Bartlett, MV, MCM 정합장 처리 방법에 의해 추정된 위치가 실제 음원의 위치와 오차가 많이 나는 것을 알 수 있다. 기존의 정합장 처리 방법은 환경인자의 오정합이 존재하는 경우 이동하는 음원의 경로를 정확하게 추적하는데 실패한 것을 확인 할 수 있으며, 이는 실제 해양환경과 복제음장 모델 사이의 높은 수준의 오정합에 기인한다.

### 3.3 FEM 프로세서를 이용한 위치 추적

그림 7은 FEM 프로세서를 이용하여 각 snapshot마다 음원의 거리와 깊이를 추정한 결과를 보여준다. 해양환경 인자의 오정합과 잡음 등으로 인해 기존의 정합장 처리 방법들이 음원의 위치를 정확하게 추정하지 못한 반면, FEM 프로세서는 이동하는 음원의 위치를 비교적 정확하게 추정하며, 우수한 성능을 보임을 확인 할 수 있다.

## 4. 요약 및 결론

천해의 음향환경은 일반적으로 복잡한 경계면과 음향 환경으로 인해 해양환경인자의 높은 수준의 오정합이 생기므로 음원의 위치추정이 어려우나, 해양환경인자의 오정합에 강인한 특성치 추출 기법을 사용함으로써 음원의 위치 추정 성능을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 해양환경인자의 오정합에 강인한 FEM 프로세서를 이동하는 음원의 위치 추적에 적용하였다. 이동음원의 위치 추적 결과, FEM 프로세서의 위치 추정 성능이 기존의 정합장 처리 방법들의 위치 추정 성능보다 우월함을 확인하였다. 따라서, 해양환경인자의 높은 수준의 오정합이 존재하는 천해 해양환경에서 음원의 위치를 추정하는 경우, FEM 프로세서를 적용하는 것이 위치 추정 신뢰성을 높일 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] A. Tolstoy, *Matched-field processing for Underwater Acoustic*, World Scientific, Singapore, 1993.
- [2] 변성훈, "음원 탐지를 위한 강인한 정합장 처리에 관한 연구," 서울대학교 조선해양공학과 석사논문, 2000.
- [3] 황성진, "특성치 추출 기법에 의한 강인한 정합장 처리에 관한 연구," 한국음향학회지 20, 1-7, 2001.
- [4] H. Schmidt, "SAFARI: Seismo-Acoustic Fast field Algorithm for Range-Independent environments. User's Guide," SR-113, SACLANT Undersea Research Center, La Spezia, Italy, 1987.
- [5] E. K. Westwood, "Orca Version 1.0 User's Guide," Applied Research Lab., Univ. of Texas, Feb. 1998.

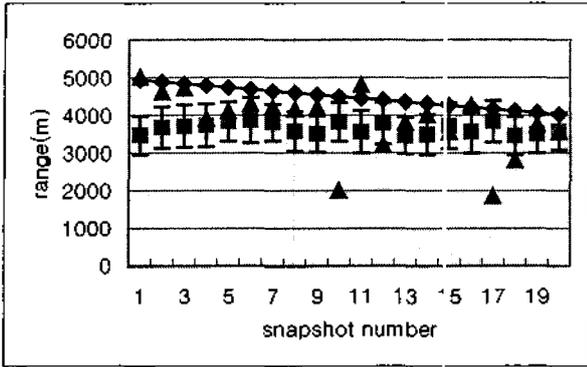


그림 4. Bartlett 프로세서 위치 추정 결과

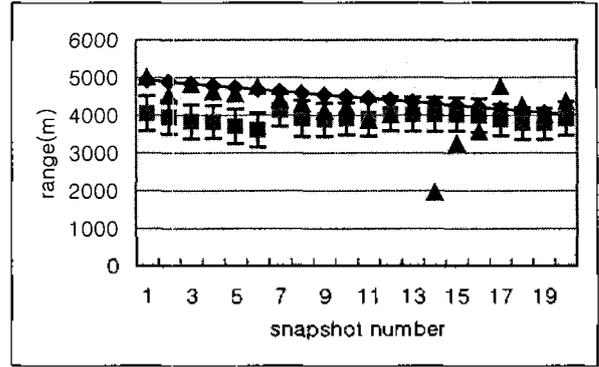


그림 6. MCM 프로세서 위치 추정 결과

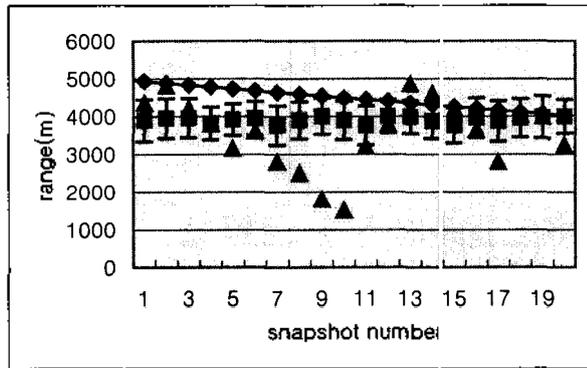


그림 5. MV 프로세서 위치 추정 결과

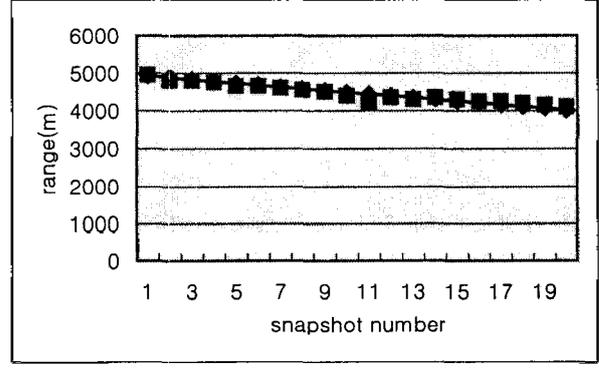


그림 7. FEM 프로세서 위치 추정 결과