

## 수중환경에서 분할된 펄스 길이 기반 연속 빔 송신 기법의 거리 추정 모호성 분석

김동규, 서영광, 손우성, 김형남<sup>Ⓞ</sup>

부산대학교

hnkim@pusan.ac.kr<sup>Ⓞ</sup>

## Analysis on the ambiguity of range estimation of a segmentalized pulse-length based sequential transmission method in underwater environment

Kim Dong-Gyu, Seo Young-Kwang, Son Woo-Seong, Hyoung-Nam

Pusan National University

## 요약

수중 무기 방어 시스템은 아군의 생존성 확보를 위한 핵심요소로서, 복잡한 수중 환경에서 정밀한 표적 탐지 및 거리 추정이 필수적으로 요구된다. 하지만, 원거리의 신호를 탐지하기 위한 빔형성 기법은 빔폭에 대응하는 일정 범위만을 탐색할 수 있으므로 탐색범위를 넓히기 위해 순차적으로 빔형성 각도를 변경하면서 송신해야 하고, 기존의 pulse repetition interval 간격으로 송신하는 경우에는 순차적인 빔형성 간격이 시간적으로 과도하게 소요되므로 원거리 신호탐지가 불가능한 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 분할된 펄스 길이 간격으로 송신빔을 연속적으로 송신하는 기법을 활용할 수 있지만, 기존 기법과 달리 어떠한 송신빔에 대응하는 신호가 수신된 것인지 판별하기 어려우므로 거리추정의 모호성이 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 펄스 길이 간격 송신 방법의 실환경 적용 가능 여부를 검토하기 위하여 거리추정의 모호성이 발생하는 구간을 기동상황에 따라 분석하고 이러한 모호성에 의한 거리 추정 오차를 분석한다.

## I. 서론

수중 무기 방어 시스템은 아군의 생존성을 극대화하는 전력요소로서 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 하지만 수중에서 운용되는 정밀 타격 전력 기술이 발전함에 따라, 소형화, 고속화된 수중 무기들이 등장하고 있고, 최근 개발되고 있는 고속 수중 무기들은 표적과 기만기를 구별가능하고 표적을 추적하는 기술의 성능이 비약적으로 발전함에 따라 기존의 수중 무기 방어 시스템을 무력화하고 표적을 격추할 수 있다[1]. 이러한 고속 수중 무기를 방어하고 제압하기 위해서는 복잡한 수중 음향 환경을 극복할 수 있는 정밀표적 탐지 및 추정 기술에 대한 연구가 요구된다.

수중환경에서 수백 m 이격된 원거리 고속 수중 무기를 탐지하기 위해서는 다수의 센서를 기반으로 각 센서에서 송수신되는 신호의 보강간섭을 통해 신호의 세기를 증가시킬 수 있는 빔형성 기법을 활용한다. 하지만 이러한 빔형성 기법은 센서 간격 및 신호 주파수 등에 따라 결정되는 빔폭에 대응하는 일정 범위만을 탐색할 수 있다. 따라서 탐색범위를 넓히기 위해서는 순차적으로 빔형성 각도를 변경하면서 송신하는 방법을 사용하여야 한다. 하지만 기존의 각 빔형성을 pulse repetition interval (PRI) 간격으로 설정하는 송신방법은 수중에 사용되는 음파의 낮은 전파속도로 인해 다수 빔의 PRI 시간동안 고속 수중 무기가 수십~수백 미터 이동하는 문제점이 있다.

따라서 광범위한 원거리에 존재하는 고속 수중 무기를 탐지하고 거리를 추정하기 위해 그림 1에 도시한 것과 같이 PRI 마다 하나의 빔에서 송신하는 것이 아닌 펄스길이를 사용하는 송신빔의 개수로 분할하여 연속 송신 기법을 활용할 수 있다. 하지만 이러한 송신방법은 수신된 반사 신호가 검출되더라도 송신시에 연속적으로 빔을 형성하였기 때문에 어떠한 송신빔에 대응하는 신호가 검출된 것인지 판별하기 어려우므로 거리추정의 모호성이 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 분할된 PL 간격으로 송신빔을 설정하는 송신신호처리 기법의 적용가능성을 검토하기 위하여 다양

한 고속 수중 무기의 기동상황에 따른 거리추정의 모호성이 발생하는 구간을 분석한다.

## II. 기동상황에 따른 거리추정의 모호성 구간 분석

수중환경에서 원거리 표적 탐지 및 추정을 위해서 송신되는 단일주파수 연속시간 신호(single tone continuous wave)의 검출기는 최적 검출 성능을 위해 Neyman-Pearson 이론에 의해 유도된 스펙트로그램을 활용한다 [2]. 이 때 검출된 시점을 통해 거리 추정 또한 동시에 수행할 수 있다. 하지만 분할된 PL기반 송신 기법은 신호가 검출된 시점을 추정하더라도 그림1에서 1번, 2번, 및 3번 송신신호 중에서 어떠한 신호가 표적에 의해 반사되어 수신된 것인지 모호한 문제가 발생한다. 이러한 문제점은 송신빔과 동일한 수신 빔형성을 병렬적으로 수행함으로써 최종 출력값이 높은 불

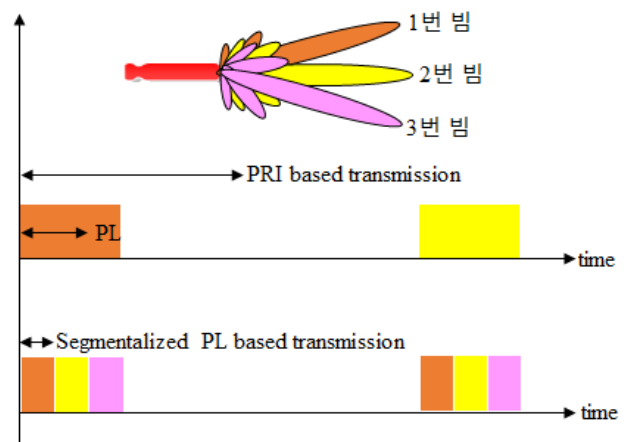


그림 1. PRI 기반 송신 기법 및 분할된 PL 기반 연속 빔 송신 기법.

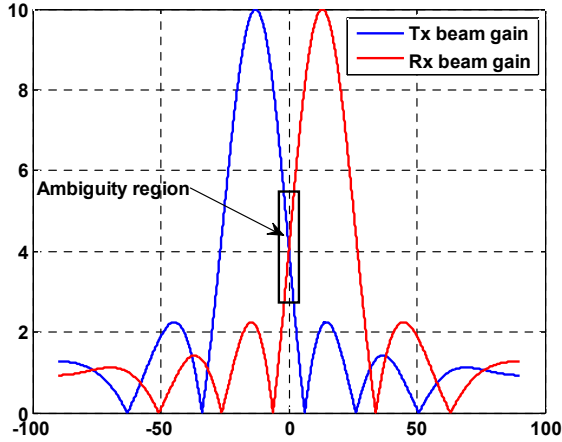


그림 2. PL기반 기법의 송신 및 수신빔 상황에 따른 모호성 구간.

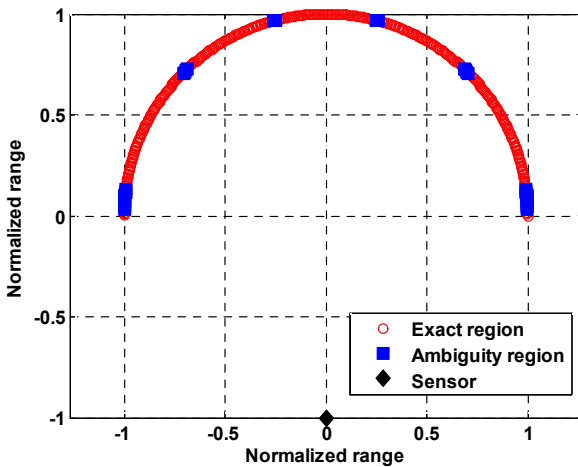


그림 3. 기동 상황에 따른 모호성 구간 (PL: 1 ms).

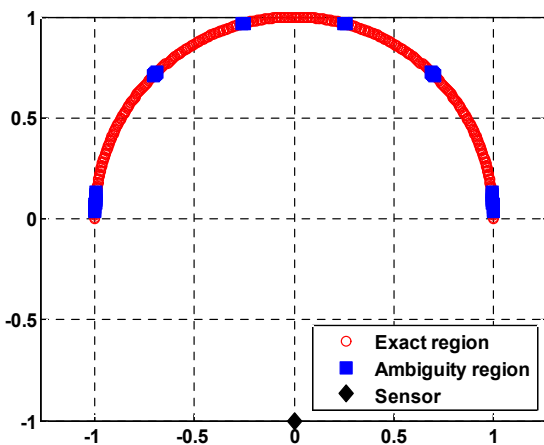


그림 4. 기동 상황에 따른 모호성 구간 (PL: 10 ms).

록의 수신빔 형성 각도로부터 송신 시점을 구분할 수 있다. 하지만 그림 2의 사각형 박스구간과 같이 송수신빔의 이득값이 유사한 구간에서는 기동상황에 따라 송신이득이 높은 송신빔과 일치하는 수신빔이 아닌 인접한 수신빔에서 높은 출력값이 발생하여 분할된 PL만큼의 거리추정 오차가 발생할 수 있다.

표 1. 분할된 PL 간격에 따른 모호성 오차 .

PL [ms]	1	5	10	50
Error [m]	0.75	3.75	7.5	37.5

그림 3 및 그림 4는 분할된 PL이 각각 1 ms, 10ms 일 때, 기동상황에 따라 PL만큼의 거리추정 오차가 발생하는 모호성 구간을 표시한 것으로 적의 고속 수중 무기와 아군의 방어 무기가 동일한 속도로 이동하여 (0,0)에서 타격된다고 가정하였다. 또한 아군의 방어 무기의 진행 경로를 0도라고 설정하고 -90도에서 90도 까지 0.5도 간격으로 적의 수중 무기가 존재한다고 가정하였다. 그림으로부터, 펄스 길이는 모호성 구간에 크게 영향을 미치지 않으며 모호성 구간은 인접한 송신빔 사이의 각도 영역에서 발생하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 표 1과 같이 모호성에 의한 오차는 PL에 비례하여 커지는 것을 확인할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 수중 환경에서 적의 고속 수중 무기를 요격하기 위한 방어 시스템에서 광범위한 탐색을 신속하게 수행하기 위한 분할된 PL 기반 연속 빔 송신 기법을 적용하였을 때 거리추정 모호성에 대해 분석하였다. 본 논문의 분석내용은 추후 거리추정 모호성 해결을 위한 알고리즘 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 국방과학연구소의 “수중복합음향환경 모델링 및 고속 수중 운동체 탐지/식별 기법 연구 (계약번호 UD150002DD)”에 대한 연구용역으로 수행하였음.

### 참 고 문 헌

[1] C.- H. Park, W. Y. Hong, H. S. Ko, I. -I. Kim, Comparison of Active Sonar Target Positioning Performance and Optimal Sensor Arrangement, The Journal of the Acoustic Society of Korea, Vol. 22, no. 3, pp. 224-232, Apr. 2003.  
 [2] S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory*, :1, 1993. Prentice-Hal