

# 소나방정식 기반 송/수신빔 조향각에 따른 탐지범위 분석

손우성, 서영광, 김완진\*, 김형남

부산대학교, \*국방과학연구소

hnkim@pusan.ac.kr

## Sonar-Equation Based Detection Area Analysis According to Transceive Beam Steering

Son Woo-Sung, Seo Young-Kwang, Kim Wan-Jin\*, Kim Hyoung-Nam

Pusan National University, \*Agency of Defense Development

### 요약

본 논문은 수중환경에서 평면 배열 안테나의 송/수신빔 조향각에 따른 탐지범위의 변화를 분석하였다. 수중환경에 배치된 10x10 정사각 평면 배열 안테나의 송/수신빔과 소나 방정식을 이용하여 원하는 탐색 영역내의 탐지범위를 계산하고, 송/수신빔의 조향각이 같은 경우와 조향각이 다른 경우에 대한 탐지범위를 비교 분석하였다. 모의실험을 통해 송/수신빔의 조향각이 서로 다른 경우에서 탐지범위가 증가하는 조향각의 범위가 존재하는 것을 확인하였다.

### I. 서론

배열 안테나의 빔형성을 이용한 표적 탐지 및 추정 기술은 레이더, 소나, 통신 등의 여러 응용분야에서 활용되고 있으며, 빔형성 기반 표적탐지 기술은 송/수신 조향각에 따라 탐지성능과 탐지범위가 달라진다. 소나의 경우, 특정 거리에 위치한 표적에 대한 표적 탐지성능과 탐지범위 분석은 실제 탐지기술을 적용하지 않더라도 주어진 파라미터와 소나방정식을 이용하여 분석이 가능하다. 본 논문에서는 개수가 한정된 송/수신 고정빔 기반 소나의 탐지범위를 최대화하기 위해서 소나방정식을 이용한 송/수신빔의 조향각에 따른 표적의 탐지범위 분석을 진행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 소나방정식 기반 탐지범위 분석을 소개하고 III장에서는 모의실험을 통한 송/수신 조향각에 따른 탐지 범위 분석 결과를 제시한다. 마지막 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### II. 소나방정식 기반 탐지범위 분석

본 논문에서는 한정된 송/수신 고정빔 기반 소나의 탐지 범위를 최대화하기 위해서 송/수신 고정빔의 조향각을 동일하게 설정한 경우와 다르게 설정한 경우에 대한 탐지범위를 소나방정식의 신호초과량으로 도출하였다. 수중환경에서의 송/수신 음압, 전달 손실과 잡음 등을 고려해서 송/수신 조향각에 따른 표적의 탐지범위는 식 (1)의 능동 소나 방정식으로 신호초과량을 계산할 수 있다 [1].

$$SE = SL - 2TL + TS - NL - DT + DI \quad (1)$$

여기에서  $SL$ (Source Level)은 송신음원준위[dB],  $TL$ (Transmission Loss)은 전달손실[dB],  $TS$ (Target Strength)는 표적강도[dB],  $NL$ (Noise Level)은 잡음준위[dB],  $DT$ (Detection Threshold)는 탐지문턱값[dB],  $DI$ (Directivity Index)는 방향성이득[dB]을 나타낸다.  $SL$ 은 표적의 위치와 송신 빔패턴에 의해서 결정되며  $DI$ 는 표적의 위치와 수신 빔패

턴에 의해서 결정된다. 따라서 동일한 거리에 위치한 표적이라도 송/수신 고정빔의 조향각에 따라 신호초과량의 차이가 존재하고 송/수신 조향각에 따른 신호초과량으로 표적탐지 신호처리를 수행하지 않더라도 표적 탐지가 가능한 공간 영역을 도출해낼 수 있다.

송/수신빔의 조향각 변화에 따른 탐지범위 분석을 위해 송/수신빔을 같은 각도로 조향했을 때  $SE$ 가 0dB 이상인 탐지범위  $A_{ref}$ 와 송/수신빔을 다른 각도로 조향했을 때  $SE$ 가 0dB 이상인 탐지범위  $A_{dif}$ 를 이용하여 기준탐지범위 대비 증가율  $R$ 을 식 (2)와 같이 정의한다.

$$R = \frac{(A_{dif} - A_{ref})}{A_{ref}} \times 100 \quad (2)$$

$R$ 은 송/수신빔의 조향각에 따라서 달라지게 되는데, 이것을 이용하여 조향각의 변화에 따른 탐지범위의 변화를 분석할 수 있다.

### III. 모의실험 결과 및 분석

조향각을 이루는 방위각( $\theta$ )과 고도각( $\phi$ )을  $[\theta, \phi]$ 으로 간단히 표현하면 그림 1은 송신빔을  $[0, 0]$ , 수신빔을  $[10, 0]$ 로, 그림 2는 송신빔을  $[0, 0]$ , 수신빔을  $[0, 10]$ 로 조향한 송/수신빔 배치이다. 본 모의실험에서는 그림 1, 2와 같이 송신빔을  $[0, 0]$ 로 조향하고 수신빔을  $[0, 0] \sim [0, 15]$ ,  $[0, 0] \sim [15, 0]$ 로 조향하여 2가지 경우에 대해  $A_{dif}$ 를 구하고, 각각의 조향각마다  $R$ 을 계산하였다. 그림 3은 송/수신빔이  $[0, 0]$ 를 조향할 때  $A_{ref}$ , 그림 4는 송신빔  $[0, 0]$ , 수신빔  $[10, 0]$ 로 조향했을 때  $A_{dif}$ 이고, 최종적으로 수신빔의 방위각과 고도각을 변화시켜가면서 구한  $R$ 의 그래프는 그림 5에 나타내었다. 송/수신빔을 형성하기 위해서 이용한 평면 배열 안테나의 센서 간 거리는 송신신호의 반 파장, 송신센서와 수신센서의 개수는 각각 50개이며 송/수신 센서가 번갈아가면서 배치되어 대칭적 구조를 가지므로 수신빔의 방위각을 변화시켜 조향했을 때와 고도를 변화시켜 조향했을 때  $R$ 에 대한 분석결과가 같음을 확인할 수 있다. 또한 수신빔의 조향각이

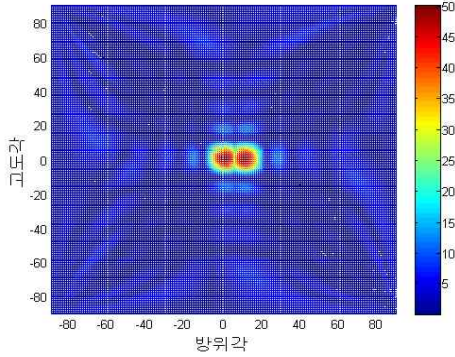


그림 1. 송신빔 [0, 0], 수신빔 [10, 0]로 조향한 경우의 송/수신빔 배치.

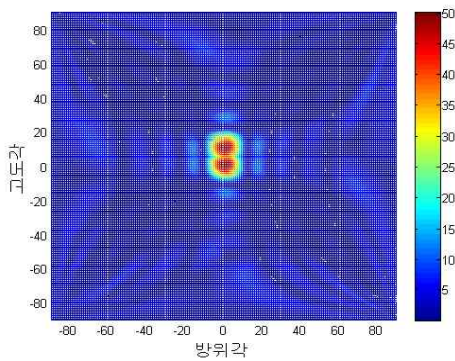


그림 2. 송신빔 [0, 0], 수신빔 [0, 10]로 조향한 경우의 송/수신빔 배치.

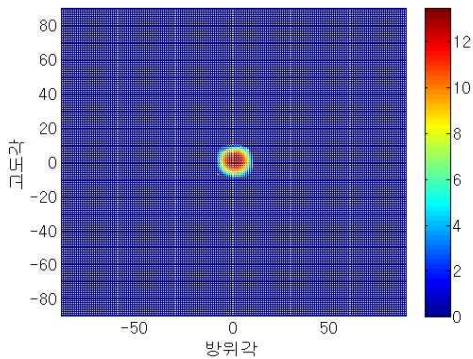


그림 3. 송/수신빔을 각각 [0, 0]로 조향한 경우의  $A_{ref}$

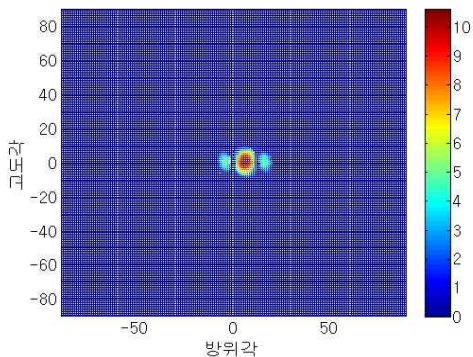


그림 4. 송신빔 [0, 0], 수신빔 [10, 0]로 조향한 경우의  $A_{dif}$ .

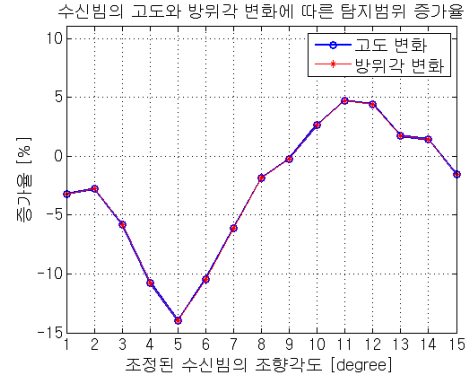


그림 5. 수신빔의 고도각과 방위각을 변화시켜가면서 배치한 송/수신빔의 탐지범위 증가율  $R$ .

10~14° 일 때  $A_{dif}$ 가  $A_{ref}$ 보다 큰 것을 알 수 있으며, 조향각이 11° 일 때  $A_{dif}$ 가  $A_{ref}$ 에 비해 탐지범위가 약 5% 증가되는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 평면 배열 안테나의 송/수신빔 조향각 변화에 따른 탐지범위의 변화를 소나방정식의 신호초과량을 통해 분석하였다. 분석 결과, 서로 다른 조향각의 송/수신빔에 대한 탐지범위가 동일한 조향각의 송/수신빔에 대한 탐지범위보다 큰 경우가 발생하는 것을 확인하였다. 이 분석 결과는 고정빔 기반 소나의 탐지범위를 최대화하기 위한 송/수신빔의 조향각 설정에 활용 가능할 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 국방과학연구소의 “수중복합음향환경 모델링 및 고속 수중운 동체 탐지/식별 기법 연구 (계약번호 UD15002DD)”에 대한 연구용역으로 수행하였음.

참고 문헌

[1] William C. Knight, Roger G. Pridham, Steven M. Kay, “Digital Signal Processing for Sonar,” Proceedings of the IEEE, vol. 69, no.11, Nov. 1981.