

수상함의 배치에 따른 대잠 방어계획 효과도 연구

The Study on the Effectiveness of an Anti-Submarine Defense Plan According to the Disposition of Surface Ships

유 찬 우*

Chan-woo Yu

Abstract

In this paper, the result of study on the effectiveness of anti-submarine defense plan according to the disposition of surface ships has been proposed. The surface ship carries a hull mounted sonar(HMS) as a underwater sensor and a torpedo acoustic counter measure(TACM) as a soft-kill weapon against torpedo attacks from the enemy. Nowadays these underwater systems have been combined into a integrated anti-submarine warfare combat system. And in the real anti-submarine operation environment, several surface ships cooperate for executing ASW plans. Considering these ASW systems and the ASW environment, the models of underwater systems mounted on an surface ship and the a general model of anti-submarine defense plan are proposed. And we designed a scenario for conducting simulations to evaluate the ASW plan according to the variation of the range and the relative angle between surface ships and a capital ship. The simulation results show the effectiveness of ASW plan depends on the formation of surface ships and a capital ship.

Keywords : Anti-Submarine Warfare(대잠전), Naval Combat System(전투체계), Anti-Submarine Defense Plan(대잠 방어 계획), Hull Mounted Sonar(선체고정형음탐기체계), Torpedo Acoustic Counter Measure(어뢰음향대항체계)

1. 서론

해군의 주요 함정들은 원양 항해 시 다수의 함정이 함대를 구성하여 기동한다. 함대의 구성 요소 중 대형 상륙함, 구축함 등의 대형 함정은 함대의 주요 함소로 기동 시 주변에 배치된 함정들의 호위를 받는다.

수상함에는 이러한 호위 임무를 수행하기 위해, 대

공/대함/대잠/전자전 임무를 수행할 수 있는 각종 센서 및 무장을 탑재하고 있다.

이 중 대잠전은 적 잠수함, 어뢰 등의 수중 세력으로부터 자함 및 아군을 보고하고, 적의 수중 세력을 공격하는 성분 작전으로, 그 특성상 사전에 계획되거나 작전 상황에 따라 수립된 대잠 계획에 따라 타 성분작전에 비해 비교적 장시간에 걸쳐 수행된다. 대잠 계획에는 적의 수중 세력을 탐지하기 위한 대잠탐색 계획, 적의 수중 세력을 공격하기 위한 대잠공격계획 및 본 연구의 분석 대상인 대잠방어계획이 포함된다. 대잠 방어 계획은 적의 수중 세력으로부터 아군의 주

† 2011년 3월 25일 접수~2011년 6월 24일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 유찬우(cwyu@add.re.kr)

요 함소를 보호하기 위한 계획으로 작전 기간 동안 주요 함소 주변의 정해진 구역 또는 위치에 수상함을 배치하여 대잠 탐색 및 공격 임무를 수행하도록 하는 계획된다.

이와 같은 임무를 수행하기 위해 수상함에는 각종 대잠 센서 및 무장 체계가 탑재된다. 수상함에 탑재되는 대표적인 센서체계로는 선체고정형음탐기체계, 어뢰음향대향체계의 예인형 센서를 들 수 있다. 무장체계로는 수중 소음을 발생시켜 적 어뢰의 탐색/추적체계를 기만하는 소프트킬 무장인 어뢰음향대향체계 기만기와 적 잠수함에 물리적 공격을 가할 수 있는 경어뢰체계가 탑재된다.

이와 같은 센서 및 무장체계를 탑재한 수상함이 수행하는 대잠 방어 계획의 효과도를 분석하기 위해서는 대잠 무장 및 센서 체계들의 성능 및 효과도를 분석하기 위한 연구들이 우선적으로 이루어져야 한다. 이와 관해 대잠 센서/무장 체계의 개발 기간 중, 개발되는 체계의 운용효과도를 분석하기 위한 다양한 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다^{1~5)}.

과거에는 이러한 대잠 체계들이 시스템 차원에서 통합되어 있지 않아, 함정 운용자가 각 체계로부터 수신되는 정보를 종합적으로 분석하고 판단하여 지휘통제 명령을 수행하는데 많은 노력이 소모되었다. 하지만 최근에는 함정에 탑재되는 전투체계가 이러한 센서 및 무장 체계들을 통합하여 운용하는 형태로 발전하고 있다. 이러한 발전 추세에 따라 본 연구에서는 수상함의 종합적인 대잠 효과도를 분석하기 위해, 함정에 탑재된 각각의 무장체계들이 전투체계의 구성요소로 통합 운용되는 환경을 고려하여 효과도 분석을 수행하였다.

본 연구에서는 대잠 방어 계획의 효과도 분석을 위한 지표로서 대잠 센서의 최초 어뢰 탐지거리를 적용하였다. 적의 잠수함에서 발사된 후 아군 함정을 향해 접근하는 어뢰를 조기에 탐지할수록, 함정에 탑재된 어뢰대향체계를 운용할 수 있는 기회와 어뢰회피기동을 수행하기 위한 더 많은 시간을 확보할 수 있기 때문에 최초 어뢰 탐지거리는 대잠 방어 계획의 중요한 효과도 지표가 된다. 이러한 효과도 지표를 기준으로, 함정에 탑재된 센서 체계가 단독으로 운영되거나 복합 운용될 때의 효과도 변화 및 수상함의 배치에 따른 대잠 방어 계획의 효과도를 분석하였다.

이와 관련해 본 논문에서는, 2장에서 수상함에 탑재되는 대잠 센서 체계를 분석하여 모델링하였고, 3장

서 대잠 방어 계획을 분석하고 모델링 하였으며, 4장에서 대잠 방어 계획 시뮬레이션을 설계하고 결과를 분석하였다. 마지막 5장에서는 대잠 방어 계획에 대한 배치(Batch) 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 분석하고, 효과적인 대잠 방어 계획 수립을 위한 방안을 제시하였다.

2. 대잠 센서 체계 분석 및 모델링

본 연구에서는 일반적으로 수상함에서 주로 운용하는 대잠 무기체계인 선체고정형음탐기체계 및 어뢰음향대향체계 예인센서를 모델링하여 적용하였다.

선체고정형음탐기체계는 능동 소나와 수동 소나를 이용해 표적을 탐지한다. 능동 소나는 음향에너지를 방사하여, 표적에 맞고 되돌아오는 반향음을 분석함으로써 수중 표적 정보를 산출하며, 수동 소나는 표적에서 발생하는 소음을 분석하여 표적을 추출한다. 어뢰의 경우에는 표적 강도가 작아 주로 수동 소나를 이용해 탐지할 수 있다. 수동 탐지 여부를 결정하는 방정식은 식 (1)과 같다⁶⁾.

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

여기서,

- SL : 음원준위(Source Level)
- TL : 전달손실(Transmission Level)
- NL : 소음준위(Noise Level)
- DI : 지향지수(Directivity Index)
- DT : 탐지임계치(Detection Threshold)

본 연구에서는 어뢰의 음원 준위, 음파의 전달 손실 및 각종 소음 준위가 방위와 관계없이 동일하다고 가정한다. 이러한 가정을 전제로, 선체고정형음탐기체계의 경우 원통형 센서로 전방향에 걸쳐 지향 지수와 탐지임계치가 일정하므로, 아군 함정을 향해 접근하는 적의 어뢰는 전방위에 걸쳐 동일한 거리에서 탐지되는 것으로 모델링 하였다. 단, 일반적인 수상함의 추진 및 기동과 관련해 발생하는 소음을 고려해, 함미 방향으로의 탐지 거리가 다소 감소하는 것으로 모델링 하였다.

어뢰음향대향체계 예인센서는 어뢰를 탐지하는데 특화된 센서체계로, 전반적인 수동 음탐 개념은 선체고

정형음탐기체계와 동일하나, 선배열 센서의 특성에 따른 지향 지수의 영향으로 함수와 함미 방향의 탐지 성능이 제한된다. 또한 함수에 설치되는 선체고정형음탐기체계와는 달리 어뢰음향대향체계 예인센서의 경우 함 중심에서 함미 방향으로 수 백 미터의 거리에서 예인되는 상태로 운용하는 것을 고려해 함정 중심에서 센서 중심을 이격시켜 모델링하였다.

실제 전장 환경에서는 적의 어뢰가 아군 함정에 탑재된 센서 체계의 탐지 가능 범위 내에 존재하더라도, 음파의 전달특성 등 다양한 수중 환경요소의 영향에 따라 탐지 여부가 결정된다. 하지만 본 연구에서는 연구 대상이 되는 주요 변수 이외의 영향을 배제하기 위해 수상함의 수중 센서체계의 탐지 범위 내에 존재하는 모든 어뢰에 대해 탐지 및 추적을 유지하는 것으로 가정하였다.

이상과 같이 수상함에 탑재된 선체고정형음탐기체계 및 어뢰음향대향체계의 특징을 고려한 모델링 결과는 Fig. 1과 같이 형상화 할 수 있다.

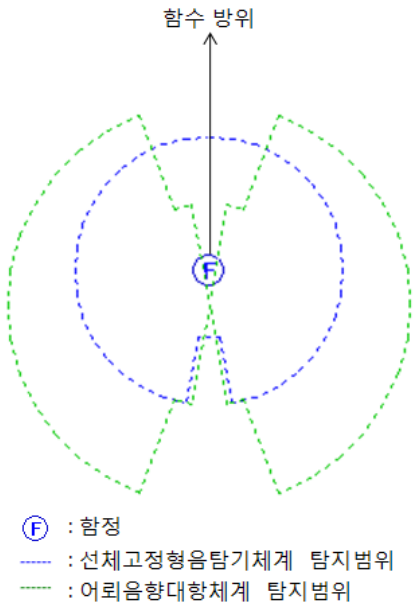


Fig. 1. 대잠 센서체계 모델링

3. 대잠 방어 계획 분석 및 모델링

함대의 경우 주요 함소를 보호하기 위해 주요 함소 주변에 구역을 설정하고, 수상함을 각 구역에 할당해

경계하도록 함으로써, 적의 대잠 세력으로부터 아군의 주요 함소를 보호한다. 본 연구에서는 이와 같은 대잠 방어 계획을 일반화해 Fig. 2와 같이 모델링하였다. 주요 함소를 보호하기 위해 두 척의 수상함이 주요 함소와 θ 의 방위각과 r 의 거리를 유지하며 기동한다. r 과 θ 의 변화에 따라 함대 방어선의 형태가 달라진다. 실제 전장 환경에서는, 이와 같이 근거리에서 여러 함선이 배치될 경우, 주변 함정에서 발생하는 소음 및 센서 간의 상호 간섭으로 대잠 탐지 능력에 제한을 받게 되지만, 본 연구에서는 함정 간의 상호 간섭은 없는 것으로 가정하였다.

어뢰를 발사하는 적 수중 세력은 아군의 주요 함소의 수중 소음을 분석해 위치와 침로 및 속력을 파악하고 있으며, 아군의 주요 함소를 직접 공격하기 위해 아군 주요 함소와의 충돌 경로로 직주 어뢰를 발사하는 것으로 가정하여 모델링 하였다.

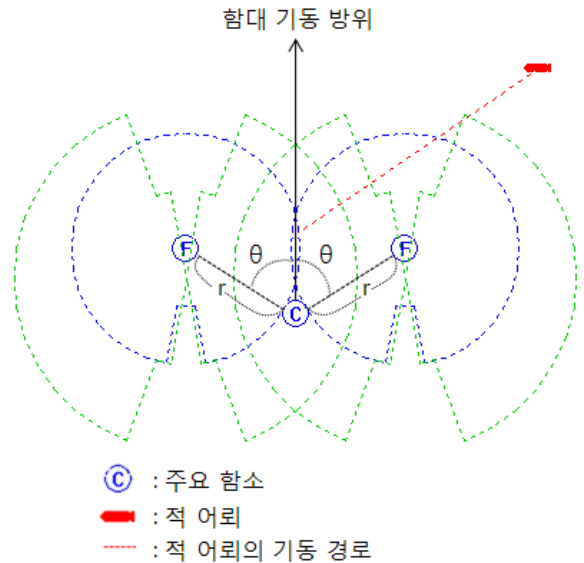


Fig. 2. 대잠 방어 계획 모델링

4. 대잠 방어 계획 시뮬레이션 설계 및 실행 결과

가. 시뮬레이션 설계

본 연구에서 적용한 주요 설정값은 Table 1과 같다. 거리 단위는 수상함 중심과 어뢰음향대향체계 센서 중심 간의 거리를 '1'로 하여, 이에 비례하는 값으로 표현하였다. 속도 단위는 함대 기동 속력을 '1'로 하여,

이에 비례하는 값으로 표현하였다. 선체고정형음탐기 체계 및 어뢰음향대향체계의 탐지 거리에 영향을 미치는 센서 자체의 성능 및 해양 환경, 수상함의 기동 속도 및 자체 소음 등의 요소를 종합하여 본 연구에서는 최대 탐지가능거리라는 값으로 표현하였다. 적 어뢰의 경우 아군 수상함의 탐지거리 밖, 아군 주요 함소로부터 20단위 떨어진 거리에서 발사돼 일정한 속력으로 주요 함소를 향해 기동하는 것으로 설정하였다.

Table 1. 시나리오 주요 설정값

구분		설정값
아군 함대	함대 기동 방위	정북
	함대 기동 속도	1
	선체고정형음탐기체계 최대 탐지가능거리	4
	어뢰음향대향체계 최대 탐지가능거리	6
	수상함 중심과 어뢰음향대향체계 센서 중심 간의 거리	1
적 어뢰	발사 위치 (주요 함소로부터의 거리)	20
	기동 속도	3.3

- * 거리 : 수상함 중심과 어뢰음향대향체계 센서 중심 간의 거리를 1로 했을 때 이에 비례하는 값
- * 속도 : 아군 함대 기동 속력을 1로 했을 때 이에 비례하는 값

대잠 방어 계획의 검증을 위해 본 연구에서 설계한 시뮬레이션의 흐름은 Fig. 3과 같다. 시뮬레이션 시작 시 시뮬레이션의 주요 파라미터인, 두 척의 수상함과 주요 함소가 이루는 각을 의미하는 θ 와 거리 r 을 입력한다. 파라미터 입력이 끝나면, 파라미터에 따라 함대에 소속된 각 함정의 위치가 결정되며, 아군 함대 및 어뢰의 기동과 관련된 처리가 실행된다. 아군의 함대와 적의 어뢰의 기동 처리가 완료되면, 각 수상함에서 탑재한 센서의 최대탐지가능거리를 기준으로 어뢰 탐지 여부를 판단한다. 어뢰가 탐지될 경우 주요 함소와 어뢰 간 거리 계산이 이루어지고 시뮬레이션이 종료된다. 수상함이 어뢰를 탐지하지 못한 경우에도, 어

뢰와 아군 주요 함소 간의 거리가 '0' 이라면 대잠 방어 계획이 실패한 것으로 판단하여 시뮬레이션을 종료한다.

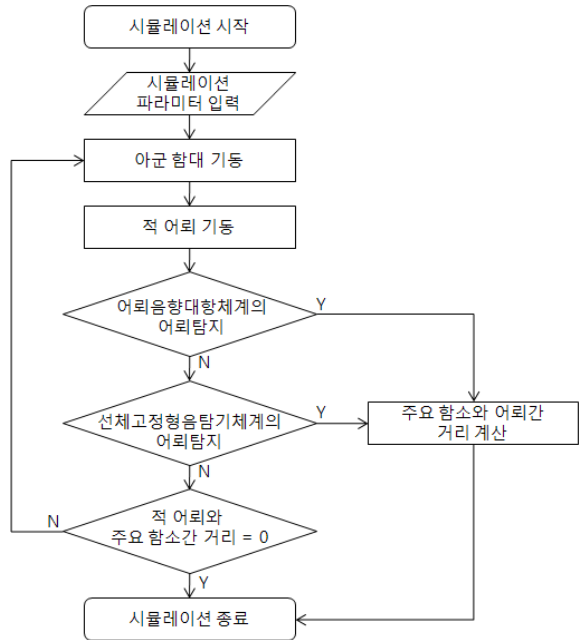


Fig. 3. 시뮬레이션 순서도

나. 단독 시나리오 설정 및 수행 결과

설계된 시나리오에 따라 어뢰접근 방위별 최초 탐지 거리를 분석하기 위한 대잠 방어계획 시뮬레이션을 수행하였다.

Fig. 4는 주요 함소와 수상함 간의 거리 r 을 5, 상대 방위 θ 를 60° 로 설정 했을 때, 어뢰 접근 방위별 최초 탐지거리를 보여준다. 이때의 최초 어뢰탐지 거리는 두 수상함 중, 한 척의 수상함에서 어뢰를 최초 탐지하였을 때, 어뢰와 주요 함소간의 직선거리를 의미한다.

단독 시뮬레이션의 결과에 따르면 좌현 또는 우현 방위에서 접근하는 어뢰의 경우 비교적 원거리에서 탐지할 수 있는데 비해, 어뢰의 접근 방위각이 좌현에서 함미방향, 우현에서 함미 방향에 근접 할수록 최초 탐지 거리가 현저히 감소함을 알 수 있다. 특히 함미에서 접근하는 어뢰에 대해서는 어뢰음향대향체계의 센서 특성 상 조기 탐지 능력이 제한되는데, 수상함의 배치 및 기동 특성의 영향으로, 센서 자체의 특성에 의한 제한각에 비해 광범위한 범위(본 연구에서 설계

한 시나리오의 경우 110°~250°)에 걸쳐 탐지 능력이 제한됨을 확인할 수 있다.

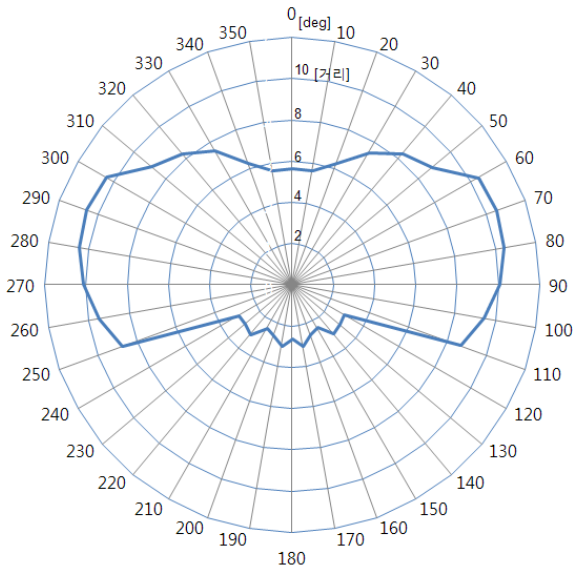


Fig. 4. 접근 방위별 어뢰 최초 탐지거리 (단독 시나리오, $r = 5, \theta = 60^\circ$)

다. 센서 별 운용 효과도 분석

다음으로 수상함에 탑재되는 각 센서별 운용 효과도를 분석하기 위해, 선체고정형음탐기만을 탑재하였을 경우, 어뢰음향대향체계를 탑재하는 경우, 두 센서를 모두 탑재하는 경우에 대해 단독 시나리오를 수행하였다. Fig. 5는 수상함에 탑재된 센서 별 최초 어뢰 탐지 거리를 분석한 결과이다. 선체고정형음탐기체계를 탑재하였을 경우, 센서의 특성상 함수, 좌현 및

우현에서 접근하는 어뢰에 대해 비교적 양호한 탐지 성능을 보이지만, 함미 방향에서 접근하는 어뢰에 대한 탐지 성능이 미약함을 알 수 있다. 어뢰음향대향체계만을 탑재하였을 경우에는, 선체고정형음탐기체계를 탑재하였을 때와는 반대로, 양현과 함미 방향에서 접근하는 어뢰에 대해서는 비교적 우수한 탐지 성능을 보이지만, 함대의 진행 방향 부근의 방위에서 접근하는 어뢰에 대한 탐지 범위가 제약됨을 알 수 있다. 선체고정형음탐기체계와 어뢰음향대향체계를 동시에 운영하였을 경우에는 두 센서 체계의 상호보완 효과로 전방위에 걸쳐 양호한 탐지 성능을 보임을 알 수 있다. 즉, 함수 방위에서 접근하는 어뢰에 대해서는 선체고정형음탐기체계가, 양현 및 함미 방향에서 접근하는 어뢰에 대해서는 어뢰음향대향체계 예인센서가 조기 어뢰 탐지에 기여함을 알 수 있다.

5. 대잠 방어 계획 배치(Batch) 시뮬레이션 결과 분석

대잠 센서를 단독 또는 복합 운용할 때의 어뢰 최초 탐지 거리를 산출하기 위해 설계한 시뮬레이션 시나리오를 바탕으로 대잠 방어 계획을 평가하기 위한 배치(Batch) 시뮬레이션을 설계하였다. 대잠 방어 계획의 효과도 지표는 단독 시뮬레이션 실행 시와 마찬가지로 어뢰 최초 탐지 시 아군 주요 함소와 어뢰 간의 거리를 적용하며, 어뢰 최초 탐지 시 아군 주요 함소와 어뢰 간의 거리가 멀수록 운용 중인 대잠 방어 계획의 효과도가 높은 것으로 평가한다.

이와 같은 대잠 방어 계획의 배치(Batch) 시뮬레이

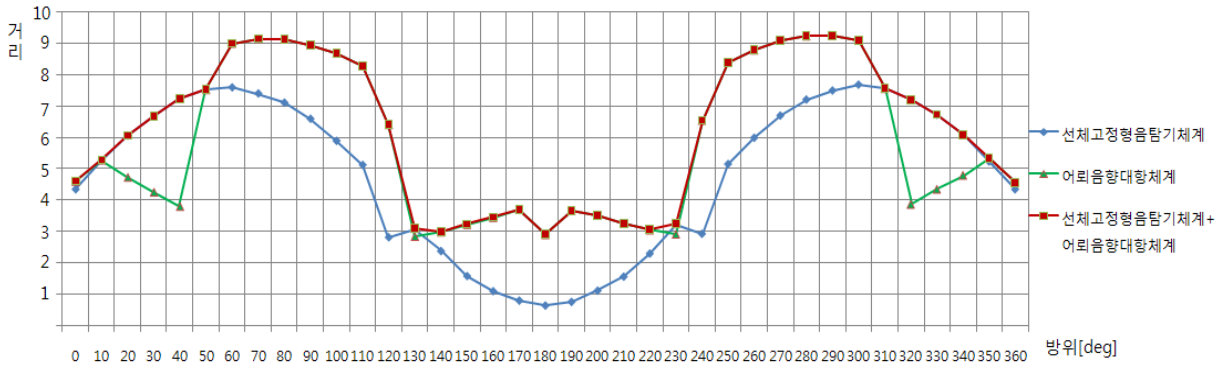


Fig. 5. 대잠 센서별 어뢰 최초 탐지 거리(단독 시나리오, $r = 5, \theta = 60^\circ$)

선을 위해 Table 2와 같은 설정값을 적용하였다. 수상함과 주요 함소 간의 상대방위(θ), 수상함과 주요 함소 간 상대거리(r) 및 어뢰 접근 방위를 변수로 하여, 각 변수에 대해 최소값과 최대값을 설정한 뒤 각 변수를 설정된 증가 단위 씩 각각 증가시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 이와 같은 설정에 따라 수행한 시뮬레이션 수행 결과는 Fig. 6과 같다.

Table 2. 배치(Batch) 시뮬레이션 설정값

구분	아군함대		적어뢰
	수상함과 주요함소 간 상대방위(θ)	수상함과 주요함소 간 상대거리(r)	어뢰 접근방위
최소값	30°	3.8	0°
최대값	150°	6.6	350°
증가 단위	10°	0.4	10°
시뮬레이션 횟수	13회	8회	36회
전체 시뮬레이션 횟수			3,744회

Fig. 6은 수상함과 주요 함소 간 상대방위 및 거리가 변화할 때, 어뢰의 최초탐지 평균 거리의 변화를 보여준다. 여기서 어뢰와 주요 함소 간의 평균 거리는, 수상함과 주요 함소 간 상대방위 및 거리를 고정한 상태에서, 어뢰의 접근 방위를 변화($0^{\circ} \sim 350^{\circ}$, 10° 단위 증가)시키며 1회 씩 시뮬레이션을 수행한 결과들의 평균을 의미한다.

우선 수상함과 주요 함소 간의 상대방위를 변수로 했을 때, 수상함과 주요 함소 간의 상대방위가 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 사이를 이룰 때 비교적 원거리에서 어뢰를 탐지할 수 있음을 알 수 있다. 상대 방위가 작아지거나 커짐에 따라 어뢰 평균 탐지 거리가 짧아지는데, 이는 각 수상함이 탐지할 수 있는 범위가 중복되거나, 특정 방위에서 접근하는 어뢰에 대한 탐지 능력이 저하됨에 따라 발생하는 현상으로 해석된다.

수상함과 주요 함소 간의 거리의 변화에 따른 결과를 살펴보면, 수상함과 주요 함소 간의 거리가 함탐재 센서의 최대 탐지 거리보다 짧을 경우에는, 수상함과 주요 함소 간의 거리가 센서의 최대 탐지 거리에 가까워질수록 어뢰를 조기에 탐지할 수 있다. 이와 반대로 수상함과 주요 함소 간의 거리가 함탐재 센서의

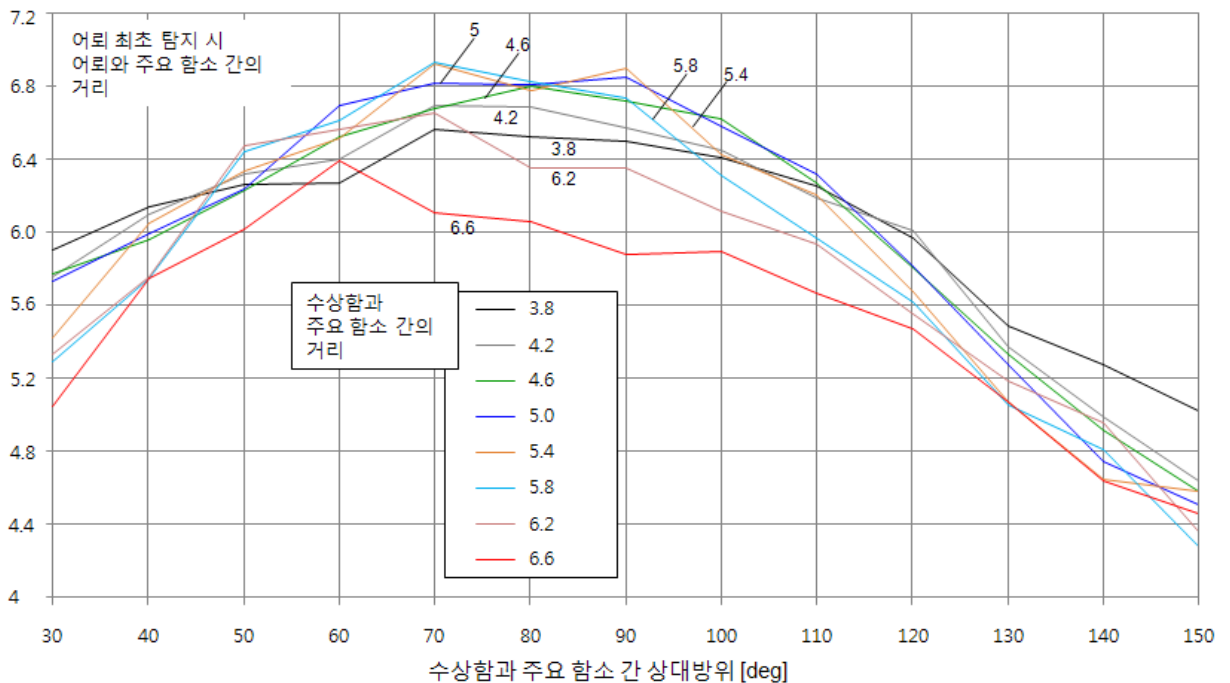


Fig. 6. 대잠 방어 계획 배치시뮬레이션 결과 분석

최대 탐지 거리보다 멀어질 경우, 어뢰가 주요 함소에 접근하기 전에 어뢰를 탐지하지 못하게 되는 영역이 존재하게 되고, 평균 탐지 거리 또한 급격하게 짧아지게 됨을 알 수 있다.

전체적인 결과는 수상함과 주요 함소 간의 상대방위 80°를 축으로 좌우 대칭인 형태를 보이지만, 수상함과 주요 함소간의 거리가 동일한 조건인 시뮬레이션의 결과들을 비교해 보면, 상대 방위가 작을 때 근소한 탐지 확률 상의 우위를 보임을 알 수 있다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 볼 때, 수상함과 주요 함소간의 거리는 수상함의 최대 탐지 거리 내로 유지하고, 주요 함소를 중심으로 함침로에서 80° 내외의 가량 편향된 방위에 수상함을 배치할 때 최대의 대잠 방어 계획 효과도를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 단, 본 연구에서 도출한 편향방위의 절대값은 시뮬레이션 설계 시 설정한 함대의 속력이나 함탐재 센서의 최대 탐지 범위에 따라 변경될 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 주요 함소와 이를 보호하는 수상함이 수행하는 대잠 방어 계획에 대한 효과도를 분석하였다. 이를 위해 수상함에 탑재되는 대잠 무기체계인 선체고정형음탐기체계와 어뢰음향대향체계를 분석하여 모델링 하였으며, 대잠 방어 계획의 효과도에 영향을 미치는 요소들을 식별하고 일반화하여 모델링하였다. 이러한 모델링 결과를 이용해 대잠 방어 계획 시뮬레이션을 설계하고 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 이용해 적 어뢰의 접근 방위에 따른 최초 어뢰 탐지 거리의 변화 양상을 분석하였다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 수상함의 배치에 따라 변화하는 작전 대잠 방어 계획의 효과도를 비교 분석하기 위한 배치(Batch) 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 이를 통해 수상함과 주요 함소간의 거리 및 상

대 방위에 따른 대잠 방어 계획의 효과도 변화 추이를 분석할 수 있었다.

본 연구에서는 적의 어뢰가 전 방위에서 동일한 확률도 아군 주요 함소에 접근하는 상황을 가정하였다. 하지만 실제 전장 환경에서는 특정 방위 범위에서 어뢰가 접근할 가능성이 있는 것으로 예상할 수 있다. 이와 같은 실제 전장 환경에 대해, 본 논문에서 제안한 모델링 및 시뮬레이션 방법과 어뢰의 접근 가능성 분포도를 적용함으로써 효과적인 대잠 방어 계획을 수립할 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 대잠 계획의 주요 구성 요소인 대잠 항공기 및 대잠 항공기에 탑재되어 운용되는 소노부이와, 디핑 소나를 탑재한 대잠 헬기를 포함하는 모델링 및 시뮬레이션이 수행되고 이와 관련된 효과도 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] 이동희, 고용석, 류기열, “TASS 운용효과도 분석용 시뮬레이션 모델 연구”, 국방과학연구소, NWS-513-981354, 1998. 12.
- [2] 김정훈, “고정형 선배열 음탐기 체계를 위한 효과도 분석 기법 연구”, 한국군사기술학회지, 제7권 제2호, pp. 32~40, 2004. 6.
- [3] 정철민, 이심용, “어뢰 발사제원계산 알고리즘”, 국방과학연구소, NSDC-516-041220, 2004. 12.
- [4] 신성철, 서주노, 최봉완, 전재효, 박영만, “대잠 효과도 분석을 위한 HMS 운용전술에 관한 연구”, 국방과학연구소, ADDR-415-081734, 2008. 10.
- [5] 김탁근, 나영인, “대어뢰전 복합 운용 전술 효과도 분석”, 국방과학연구소, ADDR-417-090376, 2008. 12.
- [6] R. J. Urick, “Principles of Underwater Sound”, McGraw-Hill, New York, 1983