

# 과거 美해군 대잠전술을 응용한 최적의 음탐부표 배치방안 연구

김용기<sup>1\*</sup>, 김은지<sup>2\*</sup>

해군본부 항공정비/감항인증과<sup>1</sup>, 해군본부 장교인사과<sup>2</sup>

## The optimal sonobuoy deployment method using ASW tactics of US Navy

Ung Gi Kim<sup>1\*</sup>, Eun-Ji Kim<sup>2</sup>

**Abstract :** 본 연구는 시각탐지된 후 잠항한 잠수함을 탐색하기 위한 최적의 음탐부표 초동배치방안에 대해 제시하였다. 이를 위해 과거 美해군 대잠작전 전술교리에서 제시한 시각탐지된 잠수함이 잠항 시 수행할 수 있는 음탐부표투하 전술을 응용하여 모델링하였다. 이때, 잠수함 발달에 따른 운용속도 변화 등을 고려하여 변인요소를 설정하고 적용하였다. 설계한 모델링 결과를 활용하여 잠수함 탐지 효과도를 분석하기 위한 시나리오를 구성하였으며, 시뮬레이션을 활용하여 변인요소들에 의한 대잠탐지 확률을 분석함으로써 임무 효과도를 향상시킬 수 있는 최적의 음탐부표 배치방안을 제시하였다.

**Key Words :** Sonobuoy(음탐부표, 소노부이), ASW(대잠전), Optimization(최적화)

### 1. 개요

국방분야에서 탐색·탐지에 관한 연구는 꾸준히 발전하고 있다. 과거 2차 세계대전 시 독일군의 U-Boat를 탐색하고 공격하기 위해 탐색·탐지 이론을 집중적으로 개발하기 시작하였으며, 특정 구역에서 탐색자(대잠항공기, 대잠함 등)를 활용한 탐지확률 산출뿐만 아니라 '게임이론'<sup>1)</sup>이나 '유전자 알고리즘'<sup>2)</sup> 등의 이론들과 결합하여 다양한 방식으로 탐색·탐지 확률을 높이기 위해 연구되고 있다.

특히 대잠전(Anti-Submarine Warfare) 분야에서는 잠수함의 발전에 따른 소음감소, 운용심도 등에 집중하여 탐색·탐지 확률을 높이기 위한 연구가 계속 되고 있다. 그러나 다양한 시도에도 불구하고 대잠전의 복잡성(해양환경의 복잡성, 잠수함 기동의 불예측성 등)으로 인하여 효과적인 대잠전 수행을 위한 정형화된 탐색·탐지 패러다임을 개발하는 것이 제한된다. 결국 게임이론과 같은 새로운 이론과 발전된 수중음향학 등을 적용하여 접목시키더라도 과거에 연구되던 '도주하는 에이전트(잠수함) 탐지확률 산출'이라는 큰 틀에서 벗어나기 힘들다. Kim, Roger G.의 'Operational planning for theater anti-submarine warfare'(2017, Naval Postgraduate School)과 같은 대잠전 관련 논문 등에서 엿볼 수 있듯이 최근에 연구된 대잠전 관련 탐색·탐지 이론 관련 연구들 역시 과거에 사용되던 '특정 대잠탐색 구역 내 탐색자 센서 성능을 고려한 에이전트 탐지 확률 산출' 방식에서 크게 벗어나지 않는다. 더구나 최근엔 머신러닝과 인공지능 관련 분야와의 접목 등 최신 이론들을 적용하여 발전이 예상되나 아직까지는 실제 대잠전에 적용할 수 있는 공식 연구 결과들은 크게 없는 실정이다.

본 연구 역시 기존의 틀을 크게 벗어나지 않으며 기존 연구에서 분석된 datum<sup>3)</sup> 발생 시 탐지확률 산출로 한정하였으나 기존 연구가 탐색자의 패턴이나 센서(음탐부표 등) 배치에 중점을 둔 반면, 본 연구에서는 기존 연구 형태를 그대로 적용하되 과거 美해군의 시각탐지된 후 잠항한 잠수함 탐색전술<sup>4)</sup>을 응용하여 최근 변

화된 상황에 맞게 실전적인 시나리오를 시뮬레이션에 반영하였다. 즉, Datum 발생 시 대잠상황의 경우 수분(min)에서 수 초(sec) 차이로 잠수함의 탐지 가능여부가 결정되기 때문에 본 연구를 통해 datum 발생 시 보다 실전적인 잠수함 탐지확률 향상방안 모색을 본 연구의 주된 목적으로 하였다. 특히, datum 발생 시 초동조치의 중요성을 고려하여 기존 연구에서 변수로 적용되지 않았던 부분들(혹은 비중있게 반영되지 않은 부분들) - 음탐부표 투하 후 수중에서 부표가 정상작동하기까지 소요되는 시간, 탐색객체가 datum 위치까지 이동하기까지의 소요시간, 음탐부표 패턴 투하까지의 소요시간, 주변국 최신잠수함(핵잠수함 포함) 기동속도의 반영 등 - 과 같은 세분화된 변인요소들을 반영하여 모델링하였으며 이에 따른 적정 음탐부표 투하위치 및 음탐부표 간 투하간격을 산출하였다. 본 연구에서 고려한 요인들은 기존 탐색·탐지 연구들에서 중점적으로 다루지 않은 사항들로 시각탐지된 후 잠항한 잠수함을 탐지하기 위해서 가장 효과적이고도 실전적인 변인들이라고 볼 수 있다.

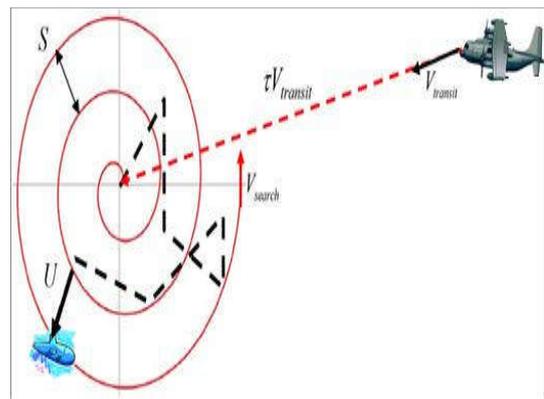


Fig. 1. 대잠탐색방식의 예)

<Datum 발생 시 음탐부표를 사용하지 않고 레이더/시각만을 이용한 탐색은 현대 대잠전에서 현실성이 떨어진다. >

1) Ryusuke Hohzaki, 『Search games』2016, The operations research society of Japan  
2) 김창현 등 5명, 『확장형 탐색구역에서 Multi-Static 운용기반 대잠헬기의 탐색에 관한 연구』2018, 한국군사과학기술학회지 제21권 6호  
3) 탐지나 접촉이 끊어진 뒤 마지막으로 확인된 잠수함이나 잠수함으로 의심되는 위치(네이버 군사용어사전, 2012)  
4) United States Fleet, Change No.1 to FTP-223A,

Anti-Submarine and Escort of Convoy Instructions, p.2-24~26

(출처 : <https://www.ibiblio.org/hyperwar/USN/ref/ASW-Convoy/ASW-Convoy-2.html>)

5) Son, Byung-soo, 『Track spacing for an archimedes spiral search by a maritime patrol aircraft in anti-submarine warfare operations』(2007., Naval Postgraduate School)

## 2. 연구내용

### 2.1. 이론적 배경

본 연구의 이론적 배경은 전통적인 탐색·탐지 이론 방식을 따르며 특히 앞서 언급했던 美해군의 시각탐지된 후 장항한 잠수함 탐색전술 중 일부를 적용하였다.(Figure 3. 참조) 美해군 탐색전술 교리의 경우 2차 세계대전 전후 적용한 시각탐지된 후 잠수함이 장항시 음탐부표 투하 패턴이며 십자가(혹은 열 십(+))자 형태로 투하하는 방식이다.

당시 사용한 음탐부표의 경우 'AN/CRT-1A6' 수동 음탐부표 계열로 추정된다. U-Boat의 경우 현대의 잠수함 대비 고속 기동이 불가하고 깊은 심도 장항이 제한되기에 본 자료를 바탕으로 그대로 적용하기엔 제한되었다. 그러나 2차원 평면 수준에서의 기하학적인 측면에서 과거 美해군 전술의 경우 직관적으로 360° 전(全) 방위를 커버할 수 있는 십자가 형태이므로 이 패턴은 그대로 두되, 음탐부표 투하간격을 정성적으로 00배로 하는 값을 default 값으로 선정, 시뮬레이션을 수행하였다.(대신 음탐부표는 능동음탐부표로 가정하고 잠수함 도주 시 기동 속도를 디젤 잠수함 최대속도 혹은 핵추진 잠수함 수준의 속도로 변화요인을 적용하였다.)

- datum time = 00:00 sec
- submarine speed = 00/00/00/00kts
- ASW platform speed = 000kts
- sonobuoy deployment time = 00sec(after drop)
- sonobuoy contact range = 0,000yds(default value)  
(0,000/0,000/0,000/0,000yds)
- sonobuoy spacing = 0,000yds(default value)  
(0,000/0,000/0,000/0,000/0,000/0,000)
- distance form ASW platform to datum = 00NM(default value), (00/00/00/00NM)
- sbumarine track = 0° ~ 360°  
(per 5°, from datum position to 0,000yds)
- If,  
'distance from sonobuoy(#1~#5) to submarine'  
≤ 'sonobuoy contact range',  
it means 'contact'

Fig. 2. 연구 가정사항

### 2.1. 모델링 & 시뮬레이션

#### 2.1.1. 가정사항 / 모델링

##### 2.1.1.1. 음탐부표

음탐부표 배치는 앞서 언급한대로 美해군의 잠수함 탐지 전술 상의 배치형태를 그대로 차용한 십자가 형태로 고정시키는 것으로 가정하였다. 탐지 가능 거리는 0,000yds에서 0,000yds까지 0,000yds 간격으로 임의 선정하여 변화를 주었으며 이는 해상환경의 변화를 개략적으로 모사하기 위함이다. 또한 음탐부표는 다양한 대잠전력에서 투하되며 음탐부표 투하 후에는 00초 이후에 음탐부표가 정상 작동하는 것으로 설정하였다. 십

6) Roger A. Holler, 『THE EVOLUTION OF THE SONOBUOY FROM WORLD WAR II TO THE COLD WAR』(2014.1., U.S. Navy Journal of Underwater Acoustics, p.326-327)

자가 형태의 음탐부표의 투하 순서는 datum(중앙 음탐부표 기준) 기준으로 좌측 → 중앙(datum) → 우측 → 상단 → 하단 순이다.

#### 2.1.1.2. 잠수함

잠수함은 datum 위치(두번째 투하 음탐부표의 위치)에서 랜덤한 침로(0° ~ 360°)로 정해진 속력(00/00/00/00kts)dp 따라 datum으로부터 0,000yds 이격된 영역까지 이동한다. 이 영역까지 이동할 동안 음탐부표에 탐지되지 않았다면 잠수함은 도주에 성공한 것으로 가정한다.(잠수함 기동 속도 증가에 따른 소음 증가로 피탐가능성 증대는 본 모델링에서 고려하지 않았으며 디젤 잠수함의 배터리 충전 정도에 따른 제한사항 또한 고려하지 않았다.) 또한 잠수함의 기동 목적은 대잠탐지 플랫폼에서의 피탐확률 감소 및 datum으로부터의 이탈에 있으므로 랜덤한 기동보다는 전술적인 의도가 있는, 방향성이 있는 직선 도주를 가정하였다.

#### 2.1.1.3. 대잠탐지 플랫폼

탐지플랫폼의 평균속도 00kts로 기동을 가정하였다. 탐지플랫폼이 운용 가능한 음탐부표는 총 00발로 한정하며 datum으로부터 00NM부터 00NM까지 00NM 간격 총 5가지 경우의 수를 고려하였다. 음탐부표 투하 시의 선회화에 의한 기동경로는 고려하지 않았으며 직선기동만을 가정하였다. Datum 발생시점(00:00초)으로부터 기동을 시작, 최단경로로 datum 방향으로 기동하는 것을 가정하여 모델링하였다.

#### 2.1.1.4. 적 잠수함정 탐지여부

잠수함의 탐지여부는 음탐부표가 투하된 지점과 잠수함 간의 이격거리가 설정된 음탐부표 탐지가능거리 이내에 있을 때 탐지율을 100%로 가정한다.

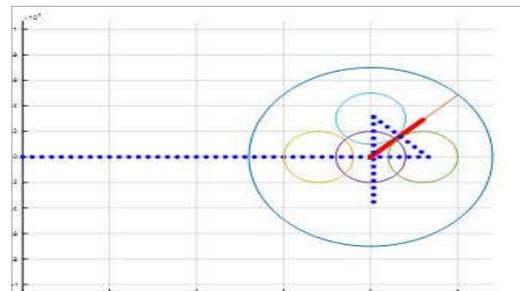


Fig. 3. Matlab을 활용한 시뮬레이션 결과

### 2.1.2. 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션은 Matlab 2018b를 활용하였으며 각각의 결과값 산출시간은 본 연구 목적상 부합하지 않으므로 별도 제시하지 않는 것으로 한다. 세부 결과값은 다음과 같다.

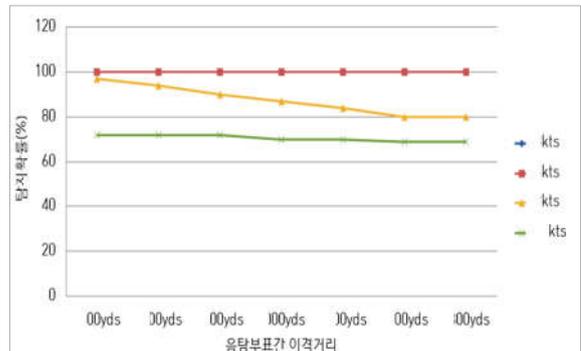


Fig. 4. 음탐부표 간 이격거리-탐지확률 간 상관관계

구분	잠수함 속도			
음탐부표간 이격거리	00kts	00kts	00kts	00kts
0,000yds	비공개			
0,000yds				

시뮬레이션 결과, 음탐부표 간 이격거리에 따른 탐지확률은 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있었다. 저속(00/00kts)의 잠수함의 경우 두 번째 투하된 음탐부표(datum 상공에 투하된 부표)에 의해 100% 탐지되었으며 기타 음탐부표들에 의해 추가로 탐지되었다. 이를 통해 저속 잠수함의 경우엔, 특히 두 번째 음탐부표가 중요함을 알 수가 있는데 만약 이 두 번째 음탐부표가 이상작동이나 오작동을 할 시에는 탐지확률이 급격히 떨어질 수 있음을 시사한다. 또한 00kts로 도주하는 잠수함의 경우 음탐부표 간 간격이 0,000yds 이상일 시에도 00%이상의 탐지확률을 보였으나 00kts 잠수함의 경우 탐지확률이 상대적으로 탐지확률이 감소하였음을 알 수 있다.

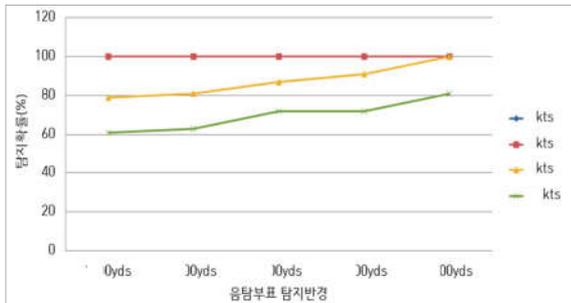


Fig. 5. 음탐부표 탐지반경-탐지확률 간 상관관계

구분	잠수함 속도			
음탐부표 탐지가능 거리	00kts	00kts	00kts	00kts
0,000yds	비공개			
0,000yds				

음탐부표 탐지가능 거리의 경우 수중해양환경 상태를 간접적으로 모사하는 것으로 가정한다면 음탐부표 설치 이격거리 보다 그 민감도가 높다고 볼 수 있다. 그러나 저속의 잠수함에게는 큰 영향은 없었고 00kts 이상의 잠수함의 탐지확률이 음탐부표 간 이격거리보다는 상대적으로 더 큰 영향을 준다고 볼 수가 있다.

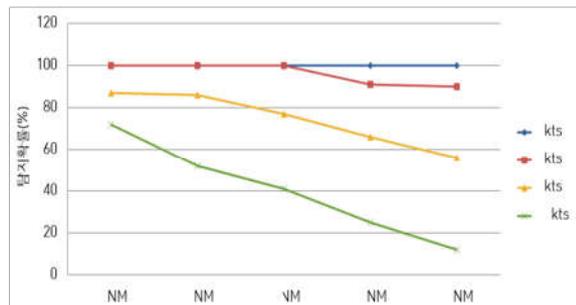


Fig. 6. Datum-대잠탐색플랫폼 간 위치와 탐지확률 간 상관관계

구분	잠수함 속도			
datum-대잠플랫폼 간 이격거리	00kts	00kts	00kts	00kts
000NM	비공개			
000NM				

시뮬레이션 결과값을 전반적으로 평가해 볼 때, 탐지확률은 잠수함 속도와 datum-대잠탐지 플랫폼 간 이격거리에 따라 가장 큰 민감도를 나타내었다. 특히, 대잠탐색 플랫폼이 datum과의 이격거리가 00NM 이상 이격되면서부터 탐지거리가 00% 이하로 떨어졌으며 (00kts 도주중인 잠수함 기준) 저속 잠수함의 경우 (00kts 이하) 적어도 0개 이상의 음탐부표에 0회 이상은 탐지됨을 알 수 있었다. 이는 저속 잠수함(디젤)을 대상으로는 과거 美해군이 적용하던 음탐부표 패턴을 그대로 적용하여도 잠수함 탐지에 큰 무리가 없어보이나 고속으로 도주하는 잠수함 대상으로는 부적절함을 보여준다고 할 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 기존의 datum 발생 후 탐색·탐지 이론에서 연구되지 않은 변인들을 세부적으로 반영함으로써 datum 발생 시 어떠한 변인을 중점적으로 고려하여 전술을 수행해야 하는지에 대한 개략적인 해답을 제시하였다. 또한 인터넷 상에 공개된 과거 美해군의 시각 탐지된 후 잠항하여 도주하는 잠수함을 탐색하는 전술을 역설계하여 분석하고 우리 해군이 보유한 대잠탐색 플랫폼을 대상으로 가정하여 적용해 봄으로써 탐지확률을 개략적으로 예측할 수 있었다. 향후에는 본 연구에서는 적용하지 못한 잠수함 도주 기동 시 심도의 변화 등의 변인의 적용, 대잠항공기들의 특성(선회반경 등)을 추가한 분석 등의 연구를 통하여 좀 더 실전적인 대잠전 탐색 전술개발이 가능할 것이다.

참고문헌 : 각주에 첨부