



Received: 2024/11/26
Revised: 2024/11/29
Accepted: 2024/12/13
Published: 2024/12/31

***Corresponding Author:**

Inhyuck Hwang

Dept. of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy

1 Jungwon-ro, Jinhae-gu, Changwon-si, Gyung-sangnam-do, 51704, Republic of Korea

Tel: +82-55-907-5200

E-mail: ih.hwang@navy.ac.kr

대잠전 지원을 위한 소노부이 드론 개념설계

Sonobuoy Drone Concept Design for Supporting Anti-submarine Warfare

공진표¹, 남정현¹, 최혁진¹, 황인혁^{2*}

¹해군사관학교 조선공학과 사관생도

²해군사관학교 조선공학과 부교수

Jinpyo Gong¹, Jeonghyeon Nam¹, Hyeokjin Choi¹, Inhyuck Hwang^{2*}

¹Midshipman, Dept. of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy

²Associate professor, Dept. of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy

Abstract

본 연구는 북한의 잠수함 전력에 효과적으로 대응하기 위해 소형 함정에서도 운용 가능한 대잠전 지원 드론을 제안한다. 대잠헬기를 탑재하지 못하는 함정에 대한 최소한의 대잠능력 부여를 위한 드론으로 대잠전 상황에서 잠수함 탐지를 위한 드론 운용 개념을 작성하고 이에 적합한 요구사항을 정의하였다. 드론 운용에 적합한 소나시스템으로 소노부이를 선정하였고, 계층적 분석 과정을 통해 드론의 모델을 결정하였다. 본 연구의 결과는 현재 대잠능력이 없는 다양한 무기체계에 간단히 탑재하여 활용하기 위한 드론의 개념 설계로서 의미를 가진다.

This study proposes an anti-submarine warfare support drone that can be operated on small ships to effectively respond to North Korea's submarine force. A drone operation concept for submarine detection in anti-submarine warfare situations was created and appropriate requirements were defined to provide minimum anti-submarine capabilities to ships that cannot carry anti-submarine helicopters. Sonobuoy was selected as a sonar system suitable for drone operation, and the drone model was determined through the analytic hierarchy process. The results of this study are meaningful as a conceptual design of a drone for simple mounting and use in various weapon systems that currently do not have anti-submarine warfare capabilities.

Keywords

대잠전(Anti-Submarine Warfare), 드론(Drone), 소노부이(Sonobuoy), 계층적 분석 과정(Analytic Hierarchy Process)

1. 서론

한반도 주변 4국의 수중전력을 살펴보면 러시아는 62척의 잠수함, 중국은 62척의 잠수함, 일본은 19척의 잠수함, 미국은 68척의 잠수함을 보유하고 있다. 한반도를 둘러싼 수중전력의 위협이 적지 않다는 뜻이다. 특히 북한의 경우 로미오급 잠수함과 잠수정 등 70여 척의 수중전력을 보유하고 있으며, 최근에는 잠수함발사탄도미사일(SLBM)을 탑재할 수 있는 고래급 잠수함을 건조하고 있다.

북한의 잠수함 전력에 대응하기 위해 대한민국 해군은 대잠헬기, 해상초계기 등의 대잠전 전력을 보유하고 있다. 그렇지만 여전히 여러 문제점이 존재한다. 대잠헬기와 해상초계기의 숫자가 부족할 뿐만 아니라 가격이 높은 소모품인 음향탐지체계를 항상 바다에 투하할 수 있는 것은 아니다.

대잠헬기는 탐지능력과 공격 능력을 모두 보유하지만, 작전 반응시간이 1시간 이상 소요되며 기상조건의 제한을 받는다. 이마저도 헬기를 탑재할 수 있는 큰 함정에서만 운용할 수 있다는 한계가 존재한다. PKG, PKMR과 같이 크기가 작은 함정들은 대잠헬기를 탑재하지 못한다. 이런 함정들은 빠르게 기동할 수 있어 주로 경계 임무를 담당하기 때문에 북한의 수중전력 위협에 노출되기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 헬기를 탑재하지 못하는 소형 함정에서도 최소한의 대잠능력을 갖출 수 있도록 소형 함정에도 탑재 가능한 소노부이 드론을 제안하고자 한다.

2. 대잠전 지원 드론의 운용 개념

본 연구에서 제안하는 대잠전 지원 드론은 함정에 탑재되어 필요시 작전 구역으로 이동하여 소나장비로 음향정보 탐지 및 정보를 수집한다. 단독 작전도 가능하지만 정보 수집의 정확성과 효율성을 위해 주로 군집으로 작전한다. 수집된 정보들은 다중상태 시스템을 통해 실시간으로 처리 및 공유된다. 다중상태 시스템은 네트워크 중심 대잠전 수행을 위해 탐지 영역 및 탐지성능을 향상시키는 기술이다. 다중상태 소나는 다수의 플랫폼(함정, 항공기 등)에서 방사한 음파를 다수 플랫폼에서 수신할 수 있는 체계로, 탐지거리를 획기적으로 증대시킬 수 있다[1]. 송신기와 수신기가 분리된 상태로 2개 이상의 센서를 활용하여 중첩된 정보를 얻을 수 있으므로 위치오차도 줄일 수 있다. 대잠전 지원 드론은 공격 능력을 갖추지 않고, 필요하다고 판단되면 탐지 정보를 공유하여 대잠헬기나 해상초계기가 공격 작전을 수행한다. 제안한 드론의 운용 개념은 Fig. 1과 같다.

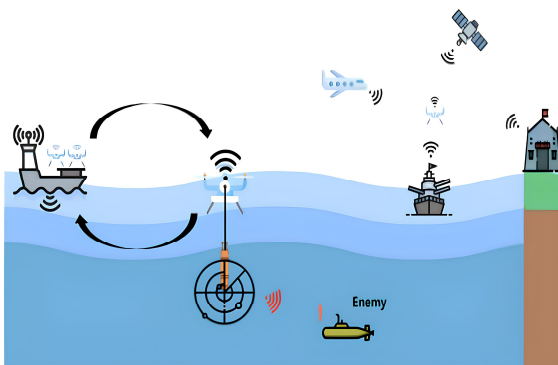


Fig. 1. Concept diagram of Sonobuoy drone operation

앞서 설명한 대잠전 지원 드론의 운용 개념을 만족시키기 위해 Fig. 2와 같이 세 가지 주요 요소로 구성하였다. 안테나로 통신하는 통신 파트와 장비를 탑재하고 기동하는 본체 파트, 그리고 대잠전을 수행하는 음향탐지 파트이다.

통신 파트는 위성통신 중심의 고속데이터 통신을 가능하게 한다. 이를 활용하여 정보를 전달 및 공유할 수 있다. 본체 파트는 수직이착륙을 가능하도록 하는 프로펠러와 동체, 에너지원인 수소 연료전지로 구성된다. 음향탐지 파트는 대잠전을 위해 음향정보를 탐지 및 수집하는 소나시스템으로 구성된다. 본체

아랫부분에 결합되어 있어 드론이 기동하며 소나시스템을 수면에 떨어뜨려 음향정보를 수집한다.

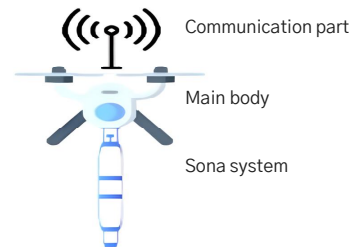


Fig. 2. Sonobuoy drone configuration diagram

3. 소나시스템 선정

현재 대잠헬기와 해상초계기에서 대잠작전을 위해 주력으로 운용하는 소나시스템은 크게 디핑 소나(deeping sonar)와 소노부이(sonobuoy)가 있다. 디핑 소나란 소나를 헬리콥터로 작전 지역으로 이동시켜, 수중 표적의 예상 위치에 직접 소나를 수중으로 하강시키는 소나시스템이다. 이로써 더욱 신속하고 정확한 표적 탐지 및 식별이 가능하다. 디핑 소나는 대잠헬기의 임무에 따라 장거리 탐지용 디핑 소나와 근거리 탐지 및 식별용 디핑 소나로 구분할 수 있다.

소노부이는 항공기 등의 플랫폼을 통해 해양에 투하하는 일회성 장치이다. 대상 표적의 탐지를 목적으로 하는 소노부이는 수동형과 능동형으로 구분된다. 수동형 소노부이는 대상 표적으로부터 발생한 소음을 탐지하고 정보를 분석하는 장치이고, 능동형 소노부이는 음파를 발생시켜 반사된 음파 수신을 통해 정보를 분석하는 장치이다[2].

디핑 소나와 소노부이는 중량과 재사용 가능 여부에서 큰 차이를 보인다. 디핑 소나의 경우 대부분의 장비가 200 kg 이상의 고중량으로, 드론에 장착하여 운용하기에 어려움이 있다. 반면에 소노부이는 일회성 장치이지만 드론에 장착하여 운용할 경우 재사용이 가능한 장점이 있고 중량 또한 10 kg - 20 kg 정도로 상대적으로 가볍다. 이와 같은 특성들을 고려한 결과 본 연구에서는 소나시스템으로 소노부이를 탑재한 소노부이 드론으로 결정하였다.

4. 드론 선정

수상함 탑재가 가능하면서도 효과적인 대잠전 작

전 수행 능력을 비교하기 위해 작전시간, 탑재중량, 크기, 경제성 등 4가지 요소를 설정했다. 크기가 작을수록 탑재하기 좋으나 너무 작으면 소노부이를 탑재하기 어렵다. 작전시간은 길수록 좋지만 너무 길면 배터리 소모량이 많다. 탑재중량은 무거울수록 그 무게 때문에 작전시간이 줄어들고 배터리 소모가 크지만, 너무 가벼우면 소노부이를 탑재하기 어렵다. 경제성의 경우 드론을 많이 운용할수록 좋기 때문에 가격이 낮을수록 좋다고 판단하였다. Table 1은 1차 선정된 드론 모델 리스트이다.

Table 1. Drone model alternatives

Model	Size (m)	Payload weight (kg)	Operating time	Price (\$)
A	1.8	5	50 min	70
B	5	20	10 h	3,000
C	5.5	90	6 h	12,000
D	5	20	4 h	15,000
E	3.5	30	8 h	10,000

소노부이 드론의 운용 개념에 따라 수직이착륙이 가능한 틸트로터 형식의 VTOL 드론들을 선정하였으며, 이후 수상함의 제원과 소노부이의 제원을 고려하였다. 모든 함정에 최소한의 대잠전 수행 능력을 부여하는 목적에 부합하기 위하여 헬기를 탑재하지 못하는 44 m 전장의 PKMR과 63 m의 PKG를 고려했다.

기준 운용 중인 소노부이의 중량이 대부분 10 kg을 상회하기 때문에 탑재중량이 5 kg인 A모델과 작전시간이 4시간으로 짧은 D 모델을 제외하여 B, C, E 세 모델을 최종 후보군으로 선정하였다.

최종 후보 세 모델에 대해 계층적 분석 과정(AHP, analytic hierarchy process)을 수행하였다. AHP는 다수의 속성들을 계층적으로 분류하여 각 속성의 중요도를 파악함으로써 최적 대안을 선정하는 기법이다. AHP는 Fig. 3와 같은 5단계의 과정을 통해 수행된다[3]. 먼저 AHP 수행을 통해서 결정해야 하는 목표를 정하고, 목표 달성을 위한 평가 기준을 결정한다. 다음으로 기준들에 대한 쌍대비교를 통해 가중치를 계산하고, 가중치 계산 과정에 대한 일관성 검사

를 수행한다. 마지막으로 대안에 대한 평가를 통해 기준에 가장 적합한 대안을 선택한다. 본 연구에서는 AHP 수행을 위해 함정 및 무기체계 관련 연구원 5인의 설문 결과를 활용하였다.

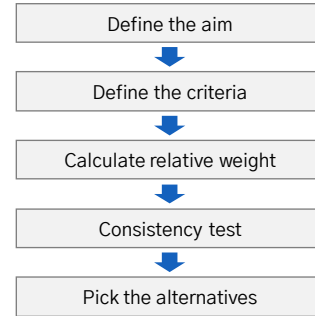


Fig. 3. Steps of AHP

소노부이를 탑재할 드론 선정을 목표로, 크기, 탑재중량, 작전시간, 경제성의 네 가지 기준에 대해 9 단계로 이루어진 상대적 중요도 평가를 진행한 결과 Table 2와 같은 쌍대비교행렬을 얻었다. 쌍대비교행렬의 내부 값들은 행과 열에 해당하는 기준의 상대적인 중요도를 나타내는 값으로, 행에 해당하는 기준이 열에 해당하는 기준에 비해 얼마나 중요한지를 상대적인 값으로 작성한다. 탑재중량과 크기를 예로 들면 탑재중량이 크기보다 5배 가량 중요하고, 반대로 크기는 탑재 중량보다 1/5배 중요함을 나타낸다.

Table 2. Drone model alternatives

Criteria	Size	Payload weight	Economics	Operating Time
Size	1	1/5	3	1/6
Payload weight	5	1	3	1/2
Economics	1/3	1/3	1	1/9
Operating time	6	2	9	1
Sum	12.33	3.53	16	1.78

쌍대비교행렬을 활용하여 표준행렬을 만들고 최종적으로 네 가지 기준들의 가중치를 결정하였다. 계산된 표준행렬 및 가중치는 Table 3와 같다. 여기서

가중치는 각 열의 합이 1이 되도록 정규화한 값으로, 전체 가중치의 합 1에 대해 열에 해당하는 기준에 대한 중요도의 비율을 계산한 값이다. 이에 따라 작전시간, 탑재중량, 크기, 경제성 순으로 중요하다는 결과를 얻을 수 있었다. 일관성 검사 방법에 따라 계산한 일관성 비율의 값은 0.9로 일관성에 문제가 없는 것으로 나타났다[4].

Table 3. Standard matrix

Criteria	Size	Payload weight	Economics	Operating Time	Weight
Size	0.081	0.057	0.187	0.094	0.105
Payload weight	0.405	0.283	0.187	0.282	0.289
Economics	0.027	0.094	0.063	0.062	0.061
Operating time	0.487	0.566	0.563	0.562	0.545

후보 모델 세 가지에 대해서 크기, 탑재중량, 작전시간, 경제성 별로 각각 쌍대비교를 수행하여 각각의 요소에 대한 대안의 중요도를 계산하였다. 계산된 결과는 Table 4와 같다. B모델이 경제성과 작전시간에서 강점을 보였고, C 모델은 탑재중량, E 모델은 크기에서 강점을 나타냈다.

Table 4. Weight matrix for alternatives

Model	Size	Payload weight	Economics	Operating Time
B	0.3234	0.0938	0.7258	0.539
C	0.0890	0.7396	0.1021	0.164
E	0.5876	0.1666	0.1721	0.297

Table 4에 Table 3의 구성요소에 대한 가중치를 곱한 최종 모델별 중요도는 B, C, E 순으로 0.399,

0.319, 0.228가 나왔다. 작전시간의 가중치가 0.545로 네 가지 기준 중에서 높은 편이었기 때문에 작전시간에서 높은 점수를 얻은 B모델이 가장 적합한 것으로 결정되었다.

5. 결론

본 논문은 북한의 잠수함 위협이 상당한 상황에서 대잠헬기의 탑재가 어려운 소형 함정에 대하여 최소한의 잠수함 탐지 능력 확보를 위한 대잠전 지원 드론을 제안하였다. 이를 위하여 드론의 운용 개념을 정의하고 이를 기반으로 주요 요구사항을 결정하였다. 운용 요구사항에 따라 탑재 소나장비를 소노부이로 가지는 소노부이 드론을 정의하고, 세 가지 상용 드론 모델에 대해 AHP를 수행하여 요구사항에 가장 적합한 소노부이 탑재용 드론을 선정하였다.

본 연구의 결과를 통해 신규 개발 함정뿐만 아니라 기존에 운용 중인 소형 함정에 대해서도 저렴한 개발 비용으로 일정 수준 이상의 대잠 능력을 갖출 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Changhyun Kim, "An Efficient Search Strategy of Anti-submarine Helicopter Based on Multi-Static Operation in Furthest-On-Circles," *Journal of the KIMST*, 2018, 21(6), pp. 877-885.
 [2] Jong-In Kim, "Design of Ubiquitous Multi-Static Sonobuoy System with Smart Phone Control Function," *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 2021, 14(2), pp. 140-148.
 [3] Inho Seok, "Establishing a Risk Assessment Model for Building Demolition Sites Using AHP," *Journal of the Korea Academia-Industrial*, 2024, 25(7), pp. 1-12.
 [4] Seung-Hoon Han, "Development of Smart Port Technology Introduction Priorities Using AHP Analysis: Focusing on the automation pier of Gwangyang Port," *Journal of Korea Port Economic Association*, 2024, 40(2), pp. 79-90.