



Received: 2023/07/28  
Revised: 2023/08/11  
Accepted: 2023/09/09  
Published: 2023/09/30

**\*Corresponding Author:**

**Dong-Sun Park**

E-mail: ctfpark@naver.com

# 해양 유·무인 복합전투체계 자율화 수준 연구

## A Study on the Autonomous Level of the Maritime Manned and Unmanned Combined Combat System

### Abstract

해양 유·무인 복합전투체계는 해양영역에서 AI, 초연결, 초지능을 기반으로 유인전력과 무인전력을 효과적으로 통합운영하여 작전·임무수행 능력을 극대화하는 체계이다. 군사분야의 무인체계의 경우, 민간분야에 비해 자율화 수준의 기준과 적용 수준에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 논문에서는 해양 유·무인 복합전투체계 개발 시 효율성 극대화를 위해 자율화 수준의 기준을 정립하였다. 또한, 여러형태의 해양 유·무인 복합전투체계 중 무인수상정의 자율화 수준 기준정립에 따른 작전 유형 단계별 적용(안)을 검토하였다.

Maritime manned and unmanned combine combat system(MUCS) is a system that maximizes operational capabilities by effectively integrating manned and unmanned platform based on AI, hyper-connectivity, and super-intelligence in the ocean. In the case of unmanned systems in the military filed, there is a lack of research on the standard and application level of autonomy compared to the civilian field. This study establishes standards for the level of autonomy to improve an efficiency to develop the MUCS. Also, it presents a plan to apply these standards for each operational type of unmanned surface vehicle(USV).

### Keywords

자율화수준(Autonomous Level),  
해양유무인복합전투체계(Maritime Manned and Unmanned Combine Combat System),  
인공지능(Artificial Intelligence),  
무인수상정(Unmanned Surface Vehicle),  
무인잠수정(Unmanned Underwater Vehicle)

### 안상겸<sup>1</sup>, 박동선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>해군중령(진)/해군미래혁신연구단 해양전략연구담당

<sup>2</sup>호서대학교 해양융합기술학과 교수

Sang-Kyum An<sup>1</sup>, Dong-Sun Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Commander(Sel.)/Maritime Strategy Researcher, ROK Naval Future Innovation Research Group, ROK Navy

<sup>2</sup>Professor, Division of Information and Communication Engineering, Hoseo University

## 1. 서론

해양 유·무인 복합전투체계는 해양영역에서 AI, 초연결, 초지능을 기반으로 유인전력과 무인전력을 효과적으로 통합운영하여 작전·임무수행 능력을 극대화하는 체계이다. 위험하고 인간이 수행하기 제한되는 임무를 무인전력이 수행함으로써 작전의 치명성과 생존성, 지속성을 향상시킬 수 있다. 해양 유·무인복합전투체계는 미래전에서 핵심적인 역할을 수행할 무기체계로서 선진국들은 기술 패권을 가져가기 위한 연구를 활발히 진행하고 있다.

해양 유·무인 복합전투체계에서 가장 중요한 기능은 자율성으로, 인공지능 기술과 함께 급격히 발전하고 있다. 군사분야 뿐 아니라 민간분야에서도 자율주행차량, 스마트 선박, 각종 로봇 등 다양한 분야에서 발전하고 있으며, 자율화 수준에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 자율주행차량, 드론 등에 대한 자율화 수준의 기준이 정립되어 있고, 이를 자율주행 기술개발의 척도로 삼고 있다. 그러나 군사적 운용을 고려한 해양 유·무인 복합전투체계의 경우는 자율화 수준에 대한 기준이 표준화되어 있지 않으며, 운용하고자 하는 플랫폼에 따라 여러 형태의 자율화 수준의 기준이 필요하다. 이는 해양 유·무인 복합전투체계의 경우 운용목적이나 임무특성에 따라 기준을 다르게 정립해야 하는 특성이 있기 때문이다. 또한, 효율적인 체계 개발을 위해 자율화 관련 기술개발이 어디까지 필요한지를 설정함으로써, 노력과 자원의 낭비를 막을 수 있다.

본 연구에서는 해양 유·무인 복합전투체계 개발 시 효율성 극대화를 위해 자율화 수준의 기준을 정립하였다. 자율화 수준과 관련된 선행 연구결과를 분석하였으며, 해양 유·무인 복합전투체계 기준을 정립하였다. 또한, 여러 가지 해양 유·무인 복합전투체계 형태 중 무인수상정의 자율화 수준 기준 정립에 따른 작전 유형 단계별 적용(안)을 검토하였다.

## 2. 선진국의 해양 유·무인 복합전투체계 개발 동향

4차 산업혁명을 대표하는 인공지능 기술의 발전과 함께 기술패권을 가져가기 위한 선진국들의 각축전은 해양 유·무인 복합전투체계 분야에서도 치열하게 진행되고 있다. 무인수상정의 경우 모함 및 육상기지에서 원격 및 자율제어로 임무를 수행하며, 항만과 연안의 정찰 및 경비, 대기뢰전, 위협지역에서의 정보수집, 상륙작전 구역 정찰, 함정사격 표적, 화력보호, 전투손상평가, 해양탐사, 대잠전 및 대함전 등 다목적 임무를 수행하는 방향으로 발전하고 있다. 무인잠수정의 경우 대기뢰전, 정찰감시, 대잠전 및 수중네트워크 노드 역할의 임무를 수행하며 수중장기체류를 위한 연료전지 기술, 수중 통신기술, 초음파 영상기술, 군집제어 기술 등이 개발되고 있다.

미국은 기뢰전, 대잠전, 정찰·감시, 대수상함전, 특수전 등 다목적용 무인수상정을 목적에 따라 다양한 크기로 개발 중이다. 무인함대를 구축하기 위해 예산을 대폭 확대하고 있으며, 장기간 운용 및 대함/대잠전 임무수행이 가능한 Sea Hunter, Echo Voyager 등 중/대형급 해양무인체계 개발에 집중하고 있다[1]. 또한 미 해군은 분산해양작전(DMO, distributed maritime operations)의 비전을 달성하기 위해 길이 약 61 m - 91 m, 최대톤수 1,000 t - 2,000 t의 LUSV(large unmanned surface vehicles)와 길이 13.7 m - 58 m, 약 500톤의 MUSV(medium unmanned surface vehicles) 등 다양한 무인함정의 도입을 계획하고 있다. 더불어 LUSV에 대함/대지 타격모듈 등 다양한 모듈을 탑재할 수 있도록 충분한 크기의 무인수상함을 개발하고 있다[2]. 무인잠수정도 체계적인 연구를 진행 중이며 Knifefish, Snakehead 등 중/대형 무인잠수정을 개발하고 있다. XLUVV(extra large unmanned underwater vehicle)는 수중에서 6개월까지 복합임무를 수행 가능하도록 개발 프로젝트를 진행 중이다.

영국은 지속적으로 무인잠수정 및 무인수상정에 대한 기반기술을 확보하고 있다. 지형적 특성을 고려하여 기뢰 및 잠수함 등에 의한 해양봉쇄에 대비한 무인잠수정을 중점 개발 중이다. 프랑스는 세계적인 기술력과 인프라를 보유하고 있으며, 주로 대기뢰전용 체계의 연구개발에 집중하고 있다.

## 3. 자율화 수준 기준정립

### 3.1 자율화(autonomy)의 정의

자율화(autonomy)는 해양 유·무인 복합전투체계의 가장 핵심이 되는 기술로, 해양 유·무인 복합전투체계를 운용하는 목적이기도 하다. 미 국방부는 자율화를 인간의 개입이 크게 감소한 환경에서 복잡한 임무를 수행하고 지능적 행동을 취하는 컴퓨터 능력으로 정의하고 있다[3]. 미 국방과학위원회(DSB: Defense Science Board) 태스크포스(TF)는 자율화를 “시스템의 특정 동작을 자동화할 수 있는 능력(능력의 집합체) 또는 프로그래밍된 경계 내에서 자기 통제(self-governing)”로 정의한다[4]. 또한, Huang et al.은 자율화를 “인간의 개입을 최소화하면서 자기인식, 상황분석 및 판단 그리고 자체학습을 통해 임무를 수행하는 것”이라고 정의하였다[5]. NATO는 자율화를 “운용자와 독립적으로 스스로 감지, 모델링, 계획 및 행동하는 것”이라고 정의하였다. 또한 자기 관리 능력으로 가시거리 이상에서 작전범위 향상과 더불어 인력투입, 시간, 통신요구를 줄일 수 있는 이득이 있으며, 다수의 시스템과 함께 협동 및 상호운용성을 높일 수 있는 기반이 된다고 보았다[6]. 장우혁은 자율화를 “예측 불가능한 환경에서 시스템(무인기, 자동차, 로봇 등)이 주어진 임무를 스스로 수행할 수 있는 방법론을 연구하는 기술 또는 과학”으로 정의하였다[7].

본 연구에서는 해양 유·무인 복합전투체계의 자율화를 “인공지능을 기반으로 한 무인체계가 임무를 수행하기 위해 운용자의 개입 없이 부여된 임무를 자체적으로 계획하여 수행하는 능력”으로 정의하였다.

### 3.2 자율화 수준 연구동향

자율화 수준과 관련하여 여러 연구들이 진행된 바 있다. 인간의 개입 정도, 임무의 특수성 등 여러 가지 특성

으로 인해 연구기관 또는 연구자마다 목적에 부합하는 자율화 수준을 연구하였다. 하지만 군사용으로 운용될 무인체계의 경우 기술격차, 보안 등의 문제로 표준화된 자율화 수준 단계가 없는 실정이다. 우리나라의 경우 일부에서 연구된 바 있지만[8][9], 군사적 특성으로 인해 연구내용의 공개가 제한되는 편이다.

자율수준에 관한 많은 연구들이 인간-컴퓨터 간의 상호작용을 근거하여 작성한 Sheridan[10]의 연구결과를 바탕으로 하고 있다. Sheridan은 자율화 수준 단계를 인간의 개입정도에 따라 1부터 10까지 분류하였다. 자율수준 1은 인간에 의해서 시스템이 운용되는 것을 의미하며, 10은 운용자의 개입이 없는 상태에서 의사결정과 행동을 하는 것을 의미한다.

미 공군은 무인항공기의 자율화 수준을 Table 1과 같이 정의하였다. 미 공군은 자율화는 완벽할 수 없다고 보았으며 상황에 따라 인간에게 최적의 도움을 줄 수 있는 자율화 시스템을 제안하며 자율화 수준을 정립하였다[11].

미 IMO 해사안전위원회는 법률 검토작업의 효과적인 진행을 위해 자율화 운항 선박을 Table 2와 같이 4단

계로 나누었다. 인간의 탑승 여부와 제어 및 통제 방식에 따라 자율화 수준을 정의하였다[12].

### 3.3 해양 유·무인 복합전투체계 자율화 수준 정립

앞서 언급한 선행연구들과 해양 유·무인 복합전투체계의 임무특성을 고려하여 자율화 수준을 정립하였다. 자율화 수준에 대한 기존 연구들은 주로 운용자의 개입 정도, 상황에 대한 인식 여부, 운용자에게 정보 제공 여부 등을 바탕으로 기준을 정립하였다. 해양 유·무인 복합전투체계에 적용 가능한 자율화 수준을 정립하기 위해 본 연구는 전장환경 인식, 임무 계획, 인간의 개입 정도(의사결정), 자율운항 등을 판단근거로 고려하였다.

전장환경 인식은 레이더, 소나, 카메라 등 해양 유·무인 복합전투체계와 연동되어 있는 센서에서 수신되는 정보들을 바탕으로 표적을 식별하여 현재 상황을 인식하는 주체에 따라 자율화 수준의 정도가 달라질 것이다. 임무계획은 주어진 임무를 완수하기 위한 계획을 수립하는 것이다. 기존 유인체계에서는 운용자 또는 지휘관에 의해 임무계획이 수립되지만, 자율화 수준이 높아짐에 따라 해양 유·무인 복합전투체계가 임무계획을 수립하거나 재계획하는 것이 가능해질 것이다. 인간의 개입정도(의사결정)는 자율화 수준 정립 판단요소 중 가장 중요한 항목으로 전투와 관련된 주요 의사결정 여부이다. 자율화 수준이 높아짐에 따라 운용자의 개입은 최소화되고, 해양 유·무인 복합전투체계가 자율적으로 임무를 수행하게 된다. 자율운항은 항해상 장애물, 항해상 위험 표적 등을 피해 자율적으로 기동이 가능한지 여부에 대한 요소이다.

앞서 언급한 판단요소들을 바탕으로 자율화 수준을 총 5단계로 구분하였다. Table 3는 해양 유·무인 복합전투체계 자율화 수준을 임무의 특수성을 고려해서 정립한 결과이다.

1단계는 원격제어(remote control) 단계로 운용자가 직접 해양 유·무인 복합전투체계를 원격제어하는 단계이다. 진·회수 등 인간의 제어가 필요하며, 별도의 자율성이 불필요한 임무에 적용 가능하다. 해양 유·무인 복합전투체계에서 무인체계와 인공지능의 결합은 높은 자율화 수준의 구현을 가능하게 하지만 임무의 성격에 따라 높은 수준의 자율화 단계가 불필요한 임무도 있다. 불필요한 기술개발을 방지하고 임무수행의 효율화를 위해 1단계인 원격제어 단계가 필요하다.

**Table 1.** 미 공군의 자율화 수준

수준	내용
1	Fully manual
2	Implementation aiding
3	Situation awareness support
4	Decision aiding
5	Supervisory control
6	Full autonomy

**Table 2.** 미 IMO 해사안전위원회 자율운항선박 단계

수준	내용
1	자동화된 프로세스 및 의사결정 지원: 선상에서 운영 및 제어, 일부 자동화 가능
2	선원이 탑승한 원격조종 선박: 다른 장소에서 통제 및 운영되지만 선원이 탑승
3	선원이 탑승하지 않는 원격조종 선박: 다른 장소에서 통제 및 운영, 선원이 없음
4	완전 자율운항 선박: 스스로 결정을 내리고 운항을 결정할 수 있음

**Table 3.** 해양 유·무인 복합전투체계 자율화 수준 정립결과

수준	내용
Lv. 1: 원격제어 (remote control)	운용자가 직접 자율시스템을 원격제어
Lv. 2: 인간지시 (human direction)	자율시스템이 정보제공 후 운용자의 지시에 따라 임무수행
Lv. 3: 부분위임 (delegation)	위임된 임무를 자율적으로 수행 중 특이사항 인식 시 시스템이 대안 제공, 운용자가 대안 선택 또는 대안 제시
Lv. 4: 감시 (watching)	자율시스템이 주변 환경을 파악해 자율적으로 임무를 수행, 이행 상황을 보고
	㉓ 상황에 따라 운용자가 임무를 재계획  ㉔ 자율적으로 임무 재계획 및 운용자 승인 후 수행
Lv. 5: 관찰 (observation)	운용자의 개입 없이 자율시스템이 모든 전투수행 단계에서 스스로 결정하여 임무수행

2단계는 인간지시(human direction) 단계로 해양 유·무인 복합전투체계가 운용자에게 임무수행에 필요한 정보를 제공하고, 운용자의 지시에 따라 임무를 수행한다. 해양 유·무인 복합전투체계는 임무수행과 관련된 센서정보, 정보상황 등을 운용자에게 전달하고, 이 정보를 바탕으로 인간이 구체적인 임무를 지시하면 해양 유·무인 복합전투체계는 이를 수행하는 단계이다. 모든 임무수행 단계마다 운용자의 구체적인 지시가 필요하며, 해양 유·무인 복합전투체계는 운용자의 지시에 따라 임무를 수행한다.

3단계는 부분위임(delegation) 단계로 해양 유·무인 복합전투체계는 위임된 임무를 자율적으로 수행하며, 특이사항 인식 시 운용자에게 대안을 제공한다. 운용자는 제공된 대안 중에 최적을 선택하거나 새로운 대안을 수립해 지시할 수 있다. 예컨대 임무구역으로 이동하는 단계에 있는 무인수상정이 있다고 가정해 보면, 이동 간 자율항해로 위임하여 임무를 수행하다가 예상되는 선박의 경로나 장애물에 의해 항해경로의 수정이 필요하면 해양 유·무인 복합전투체계는 운용자에게 대안이 되는 경로를 제시하고, 운용자는 이에 대한 최종 결정을 할 수 있다.

4단계는 감시(watching) 단계로 해양 유·무인 복합전투체계가 주변 환경을 파악해 자율적으로 임무를 수행하고, 운용자에게 이행상황을 보고하는 단계이다. 운

용자는 해양 유·무인 복합전투체계의 임무수행을 감시하고, 특이사항이 없다면 개입하지 않는다. 특이사항 발생 시에는 운용자가 개입하여 임무를 재계획하게 되는데, ㉓ 단계는 상황에 따라 운용자가 임무를 재계획하고, ㉔ 단계는 자율적으로 임무 재계획 및 운용자 승인 후 수행하는 단계이다. 특이사항 발생 시 대안이 되는 임무를 해양 유·무인 복합전투체계가 임무를 재계획하느냐, 운용자가 직접 임무를 재계획하느냐에 따라 ㉓ 및 ㉔ 단계가 구분된다.

5단계는 관찰(observation) 단계로, 운용자의 개입 없이 자율시스템이 모든 전투수행 단계에서 스스로 결정하여 임무를 수행하는 단계이다. 5단계에서 운용자는 소극적인 관찰만 수행하며, 고장발생이나 긴급 상황 발생 시에만 대응하고 임무에 대한 개입이나 결정은 별도로 하지 않는다.

#### 4. 작전유형별 자율화 수준 적용방안

앞서 정립한 해양 유·무인 복합전투체계 자율화 수준을 바탕으로 무인수상정의 작전유형별 자율화 수준 적용 방안을 별도로 정립하였다. 무인수상정의 경우 작전유형에 따라 수행해야 할 임무가 다르고, 작전수행단계에 따라 적용해야 할 자율화 수준의 정도가 다르기 때문이다. 예를 들어 임무구역까지 기동단계에서는 단순 이동을 목적으로 한다면, 가장 높은 자율화 수준인 관찰(Lv. 5) 단계를 적용할 수 있고, 전투교전 단계에서 사결정의 중요성, 확전 방지를 위한 억제 등을 고려했을 때는 높은 수준의 자율화 수준을 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 이번 장에서는 이러한 특성을 고려하여 무인수상정의 대표적인 작전유형인 대함전, 대잠전, 기뢰대함작전에 대한 작전수행단계별 자율화 수준 적용(안)을 도출해 보았다.

##### 4.1 대함전 작전단계별 자율화 수준

대함전에서 무인수상정의 작전수행단계는 ① 진수 → ② 기동 → ③ 탐색 및 식별 → ④ 전투교전 → ⑤ 전투평가의 5단계로 이루어진다. Fig. 1은 대함전에서 무인수상정의 작전 수행개념을 나타낸 것이다. 무인수상정이 유인전력 또는 기지에서 진수되어 임무 해역으로 자율기동을 하고, 임무구역에 도착 시 탐색 및 식별 임무를 수행하게 된다. 상황 발생 시 지휘통제함의 지시에

의거하여 전투교전을 수행하고 임무 성공 여부 판단을 위한 전투평가를 수행한다.

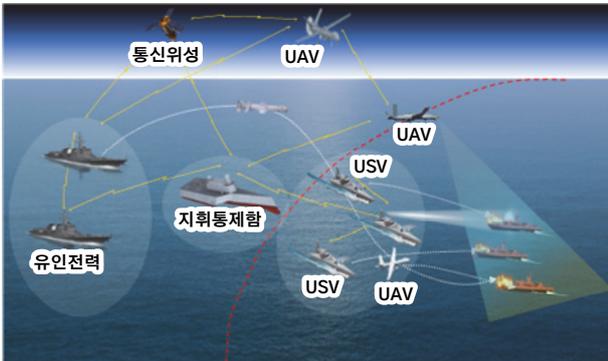


Fig. 1. 대함작전 수행개념

Table 4는 대함작전 시 작전수행 단계별 자율화 수준을 정립한 결과이다. 진수단계에서 자율화 수준은 1단계인 원격제어로 설정하였다. 무인수상정이 무인전력 지휘함에서 진수하는 단계에서는 인간의 원격제어에 의해 모든 작업이 통제되며, 자율화와 관련된 기술이 적용될 분야는 별도로 없다.

기동단계에서 자율화 수준은 가장 높은 수준인 5단계, 관찰로 설정하였다. 운용자에게 별도의 보고 없이 자율기동 및 위험물을 회피하고 지정된 임무구역까지 기동하는 단계이다.

탐색 및 식별단계에서는 4-① 단계로 자율화 수준을 설정하였다. 탐색 및 식별단계에서는 무인수상정이 자율적으로 탐색을 수행하고, 탐색 진행상황을 보고한다. 탐색 중 접촉된 표적은 무인수상정이 자율적으로 식별하고 결과를 운용자에게 보고한다. 탐색 및 식별 단계는 기동 중심의 무인선박과 차별되는 단계이며, 자율화 수준의 명확한 단계 제시가 필요한 부분이다.

Table 4. 대함작전 시 작전수행단계별 자율화 수준

진수/회수	기동	탐색 및 식별	전투교전	전투평가
원격제어(Lv. 1) (진수)	관찰 (Lv. 5)	감시 (Lv. 4-①)	인간지시(Lv. 2) (평시)	인간지시 (Lv. 2)
부분위임(Lv. 3) (회수)			부분위임(Lv. 3) (전시)	

탐색 및 식별단계에서 자율화 수준을 4-① 단계로 설정하였다. 탐색 및 식별은 데이터만 확보된다면 인

공기능 기술로 임무를 자율적으로 수행할 수 있으며, 다만 식별결과를 운용자가 확인해야 할 필요는 있으므로 자율화 수준은 높으나 완전 자율 수준은 아닌 4단계로 설정하였다.

전투교전 단계에서 자율화 수준은 전시와 평시로 구분하였다. 전시와 평시에 수행해야 하는 작전과 전투교전의 정도가 다르기 때문이다. 평시는 2단계인 인간지시 단계로 설정하였다. 평시 위기관리와 확전 억제 위해 교전을 결심하는 역할은 운용자에게 주어진다. 운용자의 명령에 의거하여 무인수상정은 교전을 수행하고, 무장의 발사나 차단은 인간의 원격제어에 의해 작동된다. 반면 전시는 3단계(부분위임)로 설정하였다. 3단계에서는 무인수상정이 상황을 인식하고 공격 방법이나 구체적인 대안들을 제시하고, 운용자가 선택한 방법에 의거해서 교전을 수행한다. 무인수상정은 교전 상황을 운용자에게 보고한다.

전투평가 단계에서는 2단계(인간지시)로 자율화 수준을 설정하였다. 시스템은 카메라, 레이더 등에 의해 종합된 정보를 운용자에게 제공하고, 이를 바탕으로 운용자가 최종적인 전투평가를 실시한다. 전투평가 시 전투교전에 의한 임무가 완수되지 않으면, 전투교전을 재개하도록 운용자가 지시할 수 있다.

#### 4.2 대잠전 작전단계별 자율화 수준

대잠전에서 무인수상정의 작전수행단계는 ① 진수 → ② 기동 → ③ 탐색 및 식별 → ④ 전투교전 → ⑤ 전투평가의 5단계로 이루어진다. Fig. 2는 대잠전에서 무인수상정의 작전 수행개념을 나타낸 것이다.



Fig. 2. 대잠작전 수행개념

무인수상정이 유인전력 또는 기지에서 진수되어 임

무 해역으로 자율기동을 하고, 임무구역에 도착 시 탐색 및 식별 임무를 수행하게 된다. 표적과 접촉 시 수중물체를 식별 후 지휘통제함의 지시에 의거하여 대잠 무기에 의한 공격을 수행하고, 전투평가를 통해 공격 성공 여부를 판단한다.

Table 5는 대잠작전 시 작전수행 단계별 자율화 수준을 정립한 결과이다. 진수단계는 대잠전과 동일하게 원격제어(1단계), 기동단계는 관찰단계(5단계)로 설정하였다. 진수나 기동단계는 임무의 성격이 대함전과 상이하지 않아 동일한 단계로 설정하였다.

**Table 5.** 대잠작전 시 작전수행단계별 자율화 수준

진수/회수	기동	탐색 및 식별	전투교전	전투평가
원격제어(Lv. 1) (진수)	관찰 (Lv. 5)	감시 (Lv. 4-②)	인간지시(Lv. 2) (평시)	인간지시 (Lv. 2)
부분위임(Lv. 3) (회수)			부분위임(Lv. 3) (전시)	

탐색 및 식별단계는 4-②(감시) 단계로 설정하였다. 무인수상정이 해양환경을 분석하여 자율적으로 대잠 탐색을 수행하고, 대잠탐색 진행상황을 운용자에게 보고한다.

수중접촉물이 접촉되었을 경우, 수중 접촉물 데이터 베이스를 바탕으로 무인수상정이 식별결과를 자체 판단하여 운용자에게 보고한다. 인공지능을 기반으로 한 수중 물체 식별 기술을 지속적으로 연구가 수행되고 있는 분야이다. 무인수상정에 탑재된 소나에서 들어온 신호를 바탕으로 자율적으로 수중접촉물을 식별하고 운용자에게 결과를 보고하며, 최종판단은 운용자가 수행하게 된다.

전투교전단계는 평시에는 2단계(인간지시), 전시에는 4-②(감시)로 설정하였다. 평시에는 식별된 결과를 바탕으로 운용자의 명령에 의거해서 공격을 실시하고, 어뢰공격시 설정값은 운용자가 결정한다. 교전에 대한 진행상황을 무인수상정은 운용자에게 보고한다.

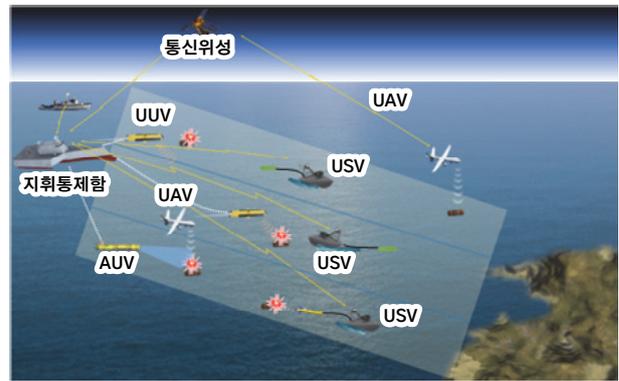
전시에는 무인수상정이 수중접촉물의 식별결과에 따라 자율적으로 대잠공격을 수행하고, 공격을 위한 초기 설정값도 해양환경에 의거하여 결정한다. 무인수상정은 운용자에게 교전에 대한 진행상황을 보고한다. 전투평가지에는 무인수상정의 소나, 카메라 등의 센서들에 의한 정보를 시스템이 종합하면, 운용자가 최종 전투

평가를 실시한다.

4.3 기뢰대항작전 작전단계별 자율화 수준

기뢰대항작전에서 무인수상정의 작전수행단계는 ① 진수 → ② 기동 → ③ 탐색 및 식별 → ④ 전투교전 → ⑤ 전투평가의 5단계로 이루어진다.

Fig. 3는 기뢰대항작전 수행개념을 나타낸 것이다. 무인수상정이 유인전력 또는 기지에서 진수되어 기뢰 위협이 예상되는 임무 해역으로 자율기동을 하고, 임무구역에 도착시 기뢰탐색 및 식별 임무를 수행하게 된다. 기뢰로 의심되는 수중표적과 접촉 시 수중물체 식별 후 지휘통제함의 지시에 의거하여 기뢰 제거용 UUV 또는 USV로 기뢰를 제거하고 임무 성공 여부를 판단한다.



**Fig. 3.** 기뢰대항작전 수행개념

Table 6는 기뢰대항작전 시 작전수행 단계별 자율화 수준을 정립한 결과이다. 진수단계는 대함전, 대잠전과 동일하게 원격제어(1단계), 기동단계는 관찰단계(5단계)로 설정하였다.

**Table 6.** 기뢰대항작전 시 작전수행단계별 자율화 수준

진수/회수	기동	탐색 및 식별	전투교전	전투평가
원격제어(Lv. 1) (진수)	관찰 (Lv. 5)	감시 (Lv. 4-②)	관찰 (Lv. 5)	인간지시 (Lv. 2)
부분위임(Lv. 3) (회수)				

탐색 및 식별단계는 4-②(감시) 단계로 설정하였다. 무인수상정이 해양환경이나 기존의 데이터를 바탕으로 시스템이 자율적으로 기뢰탐색을 수행하고, 탐색 상

황을 운용자에게 보고한다. 수중접촉물이 탐색되면, 무인수상정은 데이터베이스를 기반으로 수중접촉물을 자율 식별하고, 결과를 운용자에게 보고한다.

전투교전단계에서는 자율화 수준을 관찰(5단계)로 설정하였다. 기뢰로 식별된 수중 물체에 대해서는 무인수상정이 최고 등급의 자율화 수준으로 기뢰를 처리할 수 있기 때문이다. 기뢰를 처리하는 과정에서는 별도의 의사결정이나 운용자의 개입이 불필요하다.

전투평가 단계에서 자율화 수준은 인간지시(2단계)로 설정하였다. 무인수상정이 제공하는 정보를 바탕으로 운용자가 기뢰처리 여부를 최종 판단한다.

## 5. 결론

본 연구는 해양 유·무인 복합전투체계의 자율화 수준에 대한 기준을 정립하고, 무인수상정을 예시로 작전유형별 자율화 수준을 정립해보았다. 해양 유·무인 복합전투체계의 임무 특수성을 고려하여 자율화 수준을 원격제어, 인간지시, 부분위임, 감시, 관찰 등 5단계로 지정하였다. 또한, 무인수상정 작전유형별(대함전, 대잠전, 기뢰대항작전) 작전단계에 따른 자율화 수준을 제시하였다.

본 연구의 한계점과 향후 연구방향은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 해양 유·무인 복합전투체계에 대한 자율화 수준의 기준을 제시하였으나, 작전유형별 자율화 수준의 단계는 무인수상정에 국한되었다. 향후 연구과제로 무인잠수정에 대한 작전유형별 자율화 수준에 대한 연구도 별도로 필요하다. 둘째, 본 연구에서 수행한 자율화 수준에 대한 검증이 필요하다. 실제 전투실험을 통해 자율화 수준의 기준이 적절한지에 대한 검증이 필요하며, 이전에 M&S(modeling & simulation)을 통한 검증도 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 향후 국방혁신 4.0의 중심으로 발전될 무인체계와 인공지능이 결합된 해양 유·무인 복합전투체계의 체계개발 시 연구개발 기관 - 소요군 - 방위산업체 간의 효율적인 의사소통과 연구개발을 위한 기준으로

활용할 목적으로 수행되었다. 자율화 수준에 대한 일관된 기준을 갖추으로써 앞으로 개발될 무인체계의 자율화 수준의 기준으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 후기

본 논문의 내용은 해군의 공식적인 의견이 아니며, 개인연구결과임을 밝힙니다.

## 참고문헌

- [1] 국방과학기술진흥연구소, “국가별 국방과학기술수준 조사서(요약본)”, p. 173, 2021.
- [2] Lundquist, E, “Large, Medium Unmanned Surface Vehicles Will Remain at Sea for Extended Periods of Time to Conduct a Variety of Missions,” Naval Forces, Vol. 42, No. 2, pp. 36-39, 2021.
- [3] Kris, K, “DoD Autonomy Roadmap,” National Defense Industrial Association 19th Annual Science and Engineering Technology Conference, Washington, D.C., 2018.
- [4] U.S. DSB, “Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems,” U.S DoD, p. 1, 2012.
- [5] Huang, H. M., Messina. E., Albus. J., “Autonomy Level Specification for Intelligent Autonomous Vehicles: Interim Progress Report,” p. 5, 2003.
- [6] The Research and Technology Organisation of NATO, “Integration of Systems with Varying Levels of Autonomy,” TR-SCI-144, 2008.
- [7] 장우혁, “군용 무인기 자율화 기술현황,” 2018 항공우주무기체계 민군협업 발전세미나, p. 219, 2018.
- [8] 권래연, “무인해양시스템의 자율수준 분류 및 평가 방안,” 한국군사과학기술학회지, 제19권 3호, pp. 404-414, 2016.
- [9] 최효순, 김정규, “수상/수중 무인체계의 자율화 수준 및 적용방안에 대한 연구,” 해군과학기술학회지, 제3권 2호, pp. 135-139, 2020.
- [10] Sheridan. B, “Humans and Automation: System Design and Research Issues,” Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 280, 2002.
- [11] U.S. Air Force, “Autonomous Horizons-System Autonomy in the Air Force - A Path to the Future,” U.S. DoD, 2015.
- [12] 이현균, “자율운항선박의 운항 관련 책임에 관한 연구,” 고려대학교 박사학위논문, 2015.