



Received: 2026/08/30
Revised: 2026/09/10
Accepted: 2026/09/17
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

In-Hyeok Yu

32801, Unit 111, No. 1003, 98 Sindoan 2-gil,
Sindoan-myeon, Gyeryong-si, Chungcheongnam-do,
Republic of Korea

E-mail: dlsgr123456@naver.com

AI 기반 해양 유·무인 복합체계 발전 방향: 무인전력의 지휘통제를 중심으로

Development Directions for AI-Based Maritime Manned-Unmanned Teaming Systems: Focusing on Command and Control of Unmanned Forces

유인혁*

해군 소령/해군대학 지휘참모과정 학생장교

In-Hyeok Yu*

LCDR, ROK Navy/Student officer of Naval Commander & Step Course, ROK
Naval War College

Abstract

AI 기반 해양 유·무인 복합체계는 미래 해군력의 핵심 전력으로 발전하고 있으며, 무인전력의 확대와 자율화에 따라 안정적인 지휘통제능력 확보의 중요성이 커지고 있다. 본 연구는 통신 의존성, 전자기전 환경에서의 작전지속성, AI 신뢰성, 다수·다종 무인체계 운용에 따른 지휘통제 복잡성을 주요 취약점으로 분석하고, 미국을 중심으로 한 연구개발 동향을 검토하였다. 이를 바탕으로 우리 해군의 발전 방향을 통합 지휘통제체계 구축, 회복탄력적 지휘통제능력 확보, AI 기반 의사결정지원체계 확립, 자율임무 수행능력과 AI 신뢰성 보증체계 정립의 네가지로 제시하였다. 또한 이러한 발전 방향을 Navy Sea Ghost의 단계별 무인전력 발전계획과 연계하여 지휘통제능력도 단계적으로 발전시킬 필요가 있음을 제안하였다.

AI-based maritime manned-unmanned teaming systems will be a key element of future naval forces. Thus, the importance of reliable command and control capabilities is increasing as unmanned forces expand and become more autonomous. This study analyzes four major vulnerabilities: dependence on communications, limited operational continuity in electronic warfare environments, AI reliability, and increasing command-and-control complexity in operating multiple heterogeneous unmanned systems. Based on a review of U.S.-centered research and development trends, this study proposes four development directions for the Republic of Korea Navy: integrated command and control, resilient command and control, AI-based decision support, and autonomous mission capabilities with AI reliability assurance. It also proposes that these development directions be aligned with the phased development of unmanned forces under the Navy Sea Ghost concept so that command and control capabilities can also evolve progressively.

Keywords

AI 기반 해양 유·무인 복합체계(AI-Based Maritime Manned-Unmanned Teaming Systems), 무인전력(Unmanned Forces), 지휘통제(Command and Control), 회복탄력적 통신(Resilient Communications), 자율임무 수행(Autonomous Mission Execution)

1. 서론

4차 산업혁명 기반 과학기술과 무기체계의 발전은 미래전의 양상을 변화시키고 있으며, 그 중심에 있는 것은 단연 AI 기반 유·무인 복합체계라고 할 수 있다. 우리 해군도 Navy Sea Ghost를 통해 2040년대 미래 해군의 모습을 제시한 바 있다([1], pp. 213-215). 그러나, 무인전력은 유·무선, 위성 등의 통신체계를 통해 원격으로 통제되므로 통신두절이나 해킹과 같은 위협에 보다 더 취약하다. 최악의 경우 우리의 무인전력 통제권한이 적에게 탈취되는 경우도 상상해볼 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 AI 기반 해양 유·무인 복합체계의 발전을 개별 무인플랫폼의 성능이나 획득 문제보다, 다수·다종의 무인전력을 하나의 작전망 안에서 안정적으로 연결·통제하기 위한 지휘통제 문제에 초점을 둔다. 특히 통신 의존성, 전자기전 환경에서의 작전 지속성, AI 신뢰성, 다수·다종 무인체계 운용에 따른 지휘통제 복잡성을 주요 취약점으로 보고, 미국을 중심으로 한 해외 연구개발 동향을 통해 이에 대한 대응방향을 검토한다. 이를 바탕으로 통합 지휘통제, 회복탄력적 통신, AI 기반 의사결정 지원, 자율임무 수행 및 신뢰성 보증 측면에서 우리 해군의 단계별 발전 방향을 제시하고자 한다.

2. AI 기반 해양 유·무인 복합체계의 취약점

AI 기반 해양 유·무인 복합체계는 감시·정찰, 위협해역 접근, 장기임무 수행에서 큰 잠재력을 지니지만 몇 가지 취약성을 내포한다. 첫 번째는 통신 의존성이다. 무인체계는 데이터링크, 위성통신, GPS 기반 항법체계에 의존하고 있으며, 임무수행을 위해 지속적인 네트워크 연결이 필요하다. 이러한 구조에서 사이버 공격을 받을 경우 작전수행능력이 크게 저하될 수 있다. 미국 회계감사원(GAO, Government Accountability Office: 미국 의회 산하 독립 감사기관으로 연방정부 정책과 예산집행을 평가)은 미 국방부의 무기체계가 점점 더 소프트웨어와 네트워크 중심으로 발전하고 있으며, 시험과정에서 다수의 무기체계에 심각한 사이버 취약성이 발견되었다고 지적하였다([2], pp. 11-21). 공격자는 통신망 침투, 데이터 변조, 악성코드 삽입 등을 통해 무인체계의 작동을 방해하거나 오작동을 유도할 수 있으며, 특히 무인체계는 플랫폼 자체뿐 아니라 지휘통제 네트워크와 데이터링크 전체가 공격표적이 될 수 있다.

두 번째는 전자기전(electronic warfare) 환경에서의 작전지속능력 부족이다. 현대전은 재밍(jamming), 스푸핑(spoofing: 신뢰된 장비나 신호를 가장하여 시스템을 속이는 공격), 전파교란과 같은 전자기전이 상시적으로 이루어지는 환경에서 수행될 가능성이 높다. 미 해사청(MARAD, Maritime Administration)은 전 세계적으로 GPS 간섭사례가 증가하고 있다고 경고하였다[3]. 이러한 간섭이 발생하면 무인체계는 정확한 위치정보를 확보하기 어려워지며 이는 자율항법과 임무수행능력을 크게 저하시킬 수 있다. 또한 전자기전 환경에서는 데이터링크 교란으로 인해 지휘통제체계 연결이 단절될 가능성이 존재한다. 이러한 상황에서 무인체계가 충분한 자율성을 갖추지 못한 경우 임무수행이 중단되거나 플랫폼 자체가 작전에서 이탈할 수 있다.

세 번째는 AI의 신뢰성 문제이다. 무인체계가 네트워크에서 차단될 경우 AI 기반 자율체계는 센서 데이터와 알고리즘을 기반으로 의사결정을 수행하지만, 학습데이터의 편향이나 예상하지 못한 환경 변화가 발생할 경우 잘못된 판단을 내릴 가능성이 존재한다. UN 군축연구소(UNIDIR, United Nations Institute for Disarmament Research)는 AI 기반 자율 무기체

계에서 예측 가능성과 신뢰성을 확보하는 것이 핵심 과제이며, 복잡한 작전 환경에서 AI의 판단을 완전히 신뢰하기 어렵다고 지적하였다([4], pp. 13-17). 특히, 해양작전에서는 기상조건, 전파환경, 복합적인 센서 데이터 등 다양한 변수들이 존재하기 때문에 AI의 판단 오류가 작전 실패로 이어질 가능성이 존재한다.

네 번째는 다수·다종의 무인체계 운용에 따른 지휘통제 복잡성과 운용자의 정보처리·의사결정 부담 증가이다. 향후 USV·UUV·UAV 등 서로 다른 무인체계를 동시에 운용할 경우 플랫폼별로 상이한 통제체계와 운용인력을 운용하는 방식은 무인전력의 규모가 증가할수록 지휘통제의 복잡성과 운용자의 정보처리·의사결정 부담을 증가시킬 수 있다. 특히 다수의 무인체계를 각각 원격통제하는 방식은 운용전력의 증가에 따라 필요한 인력과 통신량을 함께 증가시키며, 상황변화에 따른 신속한 임무 재할당과 전력운용에도 제약요인이 될 수 있다. 이러한 지휘통제의 복잡성은 무인전력의 규모와 종류가 확대될수록 더욱 증가하여 유·무인 복합체계의 효율적인 운용을 제한하는 요인으로 작용할 수 있다.

이상의 네 가지 취약점은 상호 연계되어 무인전력의 지휘통제능력을 복합적으로 저하시킬 수 있다. 통신 및 전자기전 위협으로 지휘통제체계와의 연결이 제한되면 무인체계의 자율적 판단에 대한 의존도가 높아지고, 이 과정에서 AI의 신뢰성 문제가 작전수행에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 또한 운용되는 무인전력의 수와 종류가 증가할수록 필요한 통신량과 운용자의 지휘통제 부담도 함께 증가하므로 기존의 플랫폼별 원격통제 방식만으로는 다수·다종 무인전력을 효과적으로 운용하는 데 한계가 있다. 따라서 AI 기반 해양 유·무인 복합체계의 발전을 위해서는 개별 무인플랫폼의 성능뿐 아니라 다양한 무인전력을 안정적으로 연결·통제하고, 통신이 제한되는 상황에서도 작전을 지속할 수 있도록 하는 지휘통제체계의 발전이 함께 이루어져야 한다. 다음 장에서는 이러한 취약점을 보완하기 위해 현재 추진되고 있는 무인 전력 지휘통제체계의 주요 연구개발 동향을 살펴보고자 한다.

3. 무인전력 지휘통제체계 연구개발 동향

현재 무인전력 지휘통제체계의 연구개발은 개별

무인플랫폼에 대한 원격조종을 넘어, 다수·다종의 유·무인 전력을 하나의 작전망 안에서 통합적으로 연결·운용하고 제한된 통신환경에서도 임무수행을 지속할 수 있도록 하는 방향으로 발전하고 있다. 주요 연구개발 동향을 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 동향은 공통·개방형 아키텍처 기반 지휘통제체계의 발전이다. 미 해군은 「Unmanned Campaign Framework」를 통해 개별 플랫폼 중심의 개발에서 벗어나 자율성·지휘통제·탐재체 인터페이스·네트워크 등 공통적인 능력을 통합적으로 발전시키고 표준화하는 방향을 제시하였다([5], pp. 18-24). 이러한 방향은 실제 다국적 무인체계 통합운용 시험으로 확대되고 있다. AUKUS는 2024년 미 해군의 공통통제체계(CCS: Common Control System)를 활용하여 서로 다른 무인체계를 통합적으로 지휘통제하는 능력을 시험하였다. 특히 무인수상정에서 수집한 정보를 다영역 무인체계 보안 통합통신(MUSIC: Multi-domain uncrewed secure integrated communications)을 통해 CCS로 전송하고, 이를 미국·영국·호주가 공동 개발한 지휘통제 네트워크를 통해 공유하였다[6]. 이는 플랫폼별로 상이한 통제장비를 운용하는 방식에서 벗어나 공통 통제체계와 통신·데이터 표준을 통해 서로 다른 무인체계를 하나의 작전망 안에서 연동하는 방향으로 지휘통제체계가 발전하고 있음을 보여준다.

두 번째는 원거리 임무운용과 다수 무인체계의 통합통제를 위한 지휘통제 구조의 발전이다. 미 해군 정보전센터(NIWC Atlantic, Naval Information Warfare Center Atlantic)는 포르투갈에서 실시한 시험을 통해 이탈리아에 위치한 미 6함대가 포르투갈 해역의 무인수상정을 원격으로 통제하면서 다수 플랫폼의 운용자 관리와 실시간 자원배분을 수행하는 능력을 시연하였다[7]. 특히 다수·다종 무인체계의 통합 지휘통제를 위한 Vesuvius Spiral 2 체계를 활용하여 한 명의 운용자가 공중·수상·수중의 서로 다른 무인플랫폼을 동시에 관리하는 능력을 검증하였으며, 이를 통해 운용자의 부담을 감소시키고 상황변화에 따라 무인전력을 실시간으로 재배분할 수 있음을 제시하였다[7]. 이는 무인전력의 지휘통제가 플랫폼별 1:1 원격조종 방식에서 벗어나 다수·다종 무인전력을 하나의 임무단위로 감독·통제하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다.

세 번째는 위성기반 장거리 지휘통제의 사이버보

안 강화이다. 해양 무인체계가 장거리에서 운용될수록 위성통신에 대한 의존도가 증가하며, 이에 따라 사이버보안의 범위도 위성 자체뿐 아니라 지상통제체계와 통신링크를 포함하는 방향으로 확대되고 있다. 미 국립표준기술연구소(NIST, National Institute of Standards and Technology)는 위성 지상구간의 지휘통제체계에 사이버보안 프레임워크를 적용하여 명령링크의 인증·접근통제·암호화와 데이터 무결성 검증, 사이버공격 발생 시 대응·복구 등을 포함하는 보안체계를 제시하고 있다([8], pp. 1-41). 또한 우주데이터시스템자문위원회(CCSDS, Consultative Committee for Space Data Systems)는 space data link security protocol을 통해 위성 지상체계 간 데이터링크에 인증·암호화, 데이터 무결성 및 재전송 공격 방지 기능을 적용하기 위한 보안 프로토콜을 표준화하고 있다([9], pp. 1-1-2-6). 이러한 발전은 위성통신의 사이버보안이 단순한 네트워크 침입 방지를 넘어 명령과 데이터의 기밀성·무결성·인증을 보장하고, 공격을 받은 이후에도 지휘통제권을 유지·회복할 수 있도록 하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다. 실제 2022년 Viasat의 KA-SAT 네트워크에 대한 사이버공격으로 우크라이나와 유럽지역의 위성통신 서비스가 일부 중단된 사례는 위성통신망에 대한 사이버공격이 장거리 통신기능을 저하시킬 수 있음을 보여준다[10].

네 번째는 전자기전 환경에서 작전지속성 보장을 위한 통신능력 강화이다. 미 해군의 ‘Southern Lightning’ 훈련은 연안 환경에서 유·무인체계를 연동하면서 미래 하이브리드 함대에 필요한 통신기술을 시험했고, 특히 ‘회복탄력적 통신(resilient communications)’의 중요성을 강조했다[11]. 시험에는 무인 공중·수상·수중체계에 탑재된 센서·중계기·통신장비 등이 활용되었으며, 이는 향후 무인전력의 지휘통제가 단일 데이터링크나 위성망에 의존하기보다 다양한 통신수단과 중계체계를 활용하여 연결성을 유지하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다[11].

다섯 번째는 AI 기반 의사결정지원의 확대와 통신 두절 시 자율임무 수행능력의 확보이다. 미 국방부는 「Data, Analytics, and AI Adoption Strategy」(2023)를 통해 데이터·분석·AI의 신속한 채택으로 지휘관의 의사결정 우위(decision advantage)를 강화하는 방향을 제시하였다([12], p. 3). 한편 미 국방고등연구계획

국(DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)의 CODE(Collaborative Operations in Denied Environment) 프로그램은 한 명의 임무지휘관이 다수의 무인체계를 감독하는 협업자율성을 연구하였으며, 통신 및 GPS가 제한되거나 차단된 환경에서도 무인체계가 인간 지휘관이 부여한 임무 의도를 유지하면서 상호 협업하여 임무를 수행하는 능력을 발전시켰다[13]. 이는 무인전력의 지휘통제체계가 단순한 조종 인터페이스를 넘어 다수 무인전력의 상황인식과 자원배분을 지원하고, 통신이 제한되는 경우에도 지휘관의 임무 의도 범위 안에서 일정 수준의 자율적 임무수행을 가능하게 하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다.

종합하면 무인전력 지휘통제체계의 연구개발은 공통·개방형 아키텍처를 기반으로 다수·다종의 무인전력을 하나의 작전망 안에서 통합하고, 이를 원거리에서 소수의 운용자가 효과적으로 감독·통제하는 방향으로 발전하고 있다. 또한 장거리 지휘통제에 따른 사이버·전자기전 위협에 대응하기 위해 회복탄력적 통신능력을 강화하는 한편, AI를 활용하여 운용자의 의사결정을 지원하고 통신두절·교란 상황에서도 일정 수준의 자율임무 수행능력을 유지하는 방향으로 발전하고 있다고 평가할 수 있다.

4. AI 기반 해양 유·무인 복합체계 발전 방향

우리 해군은 AI 기반 해양 유·무인 복합체계로의 전환을 위해 ‘국방혁신 4.0 해군 추진계획’과 ‘Navy Sea Ghost’ 개념을 바탕으로 2040년대까지 무인전력을 원격통제 중심 → 반자율 시범 → 반자율 확산·자율형 전환의 단계로 발전시킬 계획이다([1], pp. 213-215). 그러나 무인전력의 자율화와 운용규모 확대가 실제 전투력으로 연결되기 위해서는 개별 플랫폼의 획득과 함께 이를 하나의 작전체계로 연결·통제할 수 있는 지휘통제능력도 병행하여 발전해야 한다. 앞서 살펴본 취약점과 해외 연구개발 동향을 바탕으로 우리 해군의 발전 방향을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 개방형 아키텍처를 기반으로 다수·다종 무인전력을 통합할 수 있는 지휘통제체계를 구축해야 한다. 향후 USV·UUV·UAV 등 다양한 무인전력이 지속적으로 추가되는 상황에서 플랫폼별로 독립된 통제체계를 구축할 경우 체계 간 연동이 제한되고 운용인

력과 지휘통제 부담도 지속적으로 증가할 가능성이 있다. 따라서 우리 해군은 플랫폼 종류와 제작업체에 관계없이 무인전력을 연동할 수 있도록 공통 인터페이스, 데이터 규격 및 운용소프트웨어의 표준을 우선적으로 확립해야 한다. 이를 통해 신규 무인전력이 추가되더라도 기존 지휘통제체계를 반복적으로 재설계하지 않고 확장성과 상호운용성을 유지할 수 있어야 한다.

아울러 통합 지휘통제체계의 발전은 단순히 서로 다른 플랫폼을 하나의 화면에 연동하는 것에 그쳐서는 안 된다. 무인전력의 규모가 확대될수록 플랫폼별 1:1 원격통제 방식은 운용인력과 지휘통제 부담의 증가로 이어질 수 있으므로, 장기적으로는 한 명의 운용자가 다수·다종 무인전력을 감독하는 임무 중심의 지휘통제 방식으로 전환할 필요가 있다. 지휘관이 달성해야 할 임무와 행동경계를 부여하면 AI와 무인체계가 이를 바탕으로 세부적인 임무를 분담·수행하고, 운용자는 그 과정을 감독하면서 필요한 경우 개입하는 방식이다. 이를 위해 지휘관·운용자·AI 간 역할과 권한, AI의 임무수행 범위와 인간의 개입·통제 전환 조건 등을 포함하는 지휘통제 운용개념을 함께 발전시켜야 한다.

둘째, 위성기반 장거리 지휘통제를 전제로 사이버·전자기전 위협에 대응할 수 있는 회복탄력적 지휘통제체계를 구축해야 한다. 해양 무인체계는 광범위한 작전해역에서 운용되는 특성상 위성통신과 원거리 데이터링크에 대한 의존도가 높아질 수밖에 없으며, 이에 따라 사이버공격과 재밍·스푸핑 등으로 통신 또는 위치·항법정보가 제한될 가능성도 함께 증가한다. 따라서 무인전력의 지휘통제체계는 평시의 안정적인 연결뿐 아니라 통신환경이 저하되거나 일부 체계가 공격받은 상황에서도 핵심 임무를 지속할 수 있도록 설계되어야 한다.

이를 위해 단일 통신수단에 대한 의존을 줄이고 위성통신, 직접통신, 중계통신 등 복수의 통신경로를 활용할 수 있는 구조와 항재밍·저피탐 통신기술, 대체 항법수단 등을 함께 확보해야 한다. 또한 지상통제체계와 사용자 단말을 포함한 전체 지휘통제망에 대한 인증·접근통제와 데이터 무결성 보호를 강화하여 적의 침투나 데이터 변조가 곧바로 무인전력의 통제권 상실로 이어지지 않도록 해야 한다. 현재 미래도전 국방기술로 추진되고 있는 ‘저궤도 위성체계 적용 양

자업힘분배 기반 양자암호 통신기술 개발'([14], p. 234)과 같은 기술도 장기적인 보완수단으로 검토할 수 있으나, 특정 기술에 의존하기보다 통신수단의 다중화와 우회·복구능력을 포함하는 전체적인 회복탄력성 확보가 우선되어야 한다.

셋째, 전장데이터를 기반으로 한 AI 의사결정지원체계를 확립해야 한다. 다수·다종의 유·무인전력이 운용되면 개별 플랫폼과 센서에서 생성되는 정보의 양도 급격히 증가하게 되므로, 지휘관과 운용자가 모든 정보를 직접 확인하고 판단하는 방식에는 한계가 있다. 따라서 유·무인 복합체계의 운용효과는 무인플랫폼의 수뿐 아니라 이들이 생산하는 데이터를 얼마나 신속하고 신뢰성 있게 통합·분석하여 지휘관의 결심으로 연결하는가에 좌우될 것이다. 우리 군 역시 '국방혁신 4.0'을 통해 양질의 국방데이터를 구축하고 AI 기반 차세대 지휘통제체계로 발전시키는 방향을 제시하고 있다([15], pp. 26-38).

이에 따라 우리 해군은 해양감시·대잠전·대수상전·기뢰전 등 각 임무영역에서 유·무인전력이 수집하는 데이터를 공통된 규격으로 축적·융합하고, 이를 AI 기반 표적식별, 이상징후 탐지, 위협 우선순위 판단 및 무인전력 배치·임무재할당 등의 기능으로 연결해야 한다. 특히 AI는 지휘관의 판단을 대체하기보다는 급증하는 전장정보를 정리·분석하고 가능한 대안을 신속하게 제시함으로써 지휘관의 결심을 지원하는 방향으로 우선 발전시킬 필요가 있다. 따라서 AI 의사결정지원체계 구축에 앞서 데이터의 표준화·품질관리와 체계 간 공유기반을 마련하는 것이 중요한 선행조건이 된다.

넷째, 통신두절·교란 상황에서도 임무를 지속할 수 있는 자율임무 수행능력(resilient autonomy)과 이에 상응하는 AI 신뢰성 보증체계를 정립해야 한다. 미래의 해양작전에서는 모든 무인체계가 지휘통제체계와 지속적으로 연결될 수 있다는 가정을 하기 어렵기 때문에 일정 수준의 자율성은 무인전력의 작전지속성을 확보하기 위한 필수적인 능력이 될 수 있다. 따라서 통신이 제한되는 경우 무인체계가 즉시 임무를 중단하거나 기지로 복귀하는 방식에서 벗어나, 사전에 부여된 임무와 행동경계 내에서는 일정 시간 동안 임무를 지속하고 필요시 다른 무인체계와 협업할 수 있는 능력을 발전시켜야 한다.

그러나 자율성의 확대는 AI의 오판이나 예상하지

못한 행동, 인간의 통제권 약화와 같은 새로운 위험을 발생시킬 수 있다. 따라서 자율임무 수행능력은 반드시 AI 신뢰성 보증체계와 함께 발전해야 한다. 미 국방부 역시 자율·반자율무기체계가 적절한 수준의 인간 판단 아래 운용되고 현실적인 작전환경과 적대적 대응을 포함한 검증·시험평가를 거치도록 요구하고 있다([16], p. 16). 우리 해군도 자율성 수준에 따라 인간이 반드시 승인해야 하는 행동과 AI가 독립적으로 수행할 수 있는 행동을 구분하고, 통신두절·센서 오류·사이버공격 등 비정상 상황을 포함한 시험평가 기준을 마련해야 한다. 또한 데이터와 AI 모델의 검증, 운용 중 성능 모니터링 및 인간에 의한 통제권 회복 절차 등을 제도화하여 자율성 확대에 상응하는 신뢰성을 확보해야 한다.

Table 1. Phased development directions for command and control of unmanned forces under Navy Sea Ghost

Stage	Development Directions
Remote Control	Establish common interfaces and data standards; ensure reliable remote control and diversify communication links
Semi-Autonomous Demonstration	Integrate multiple heterogeneous unmanned systems; expand AI-based decision support and resilient communications
Expanded Semi-Autonomous Operations / Transition to Autonomous Operations	Mission-oriented collaborative control; limited autonomous mission execution under communications-denied or disrupted conditions; AI reliability assurance

이상의 발전 방향을 Navy Sea Ghost의 단계와 연계하면 Table 1과 같으며, 무인전력의 자율화 수준에 따라 지휘통제능력도 단계적으로 발전시킬 필요가 있다. 원격통제 중심 단계에서는 향후 다수·다종 무인체계의 통합운용을 고려하여 공통 인터페이스와 데이터 표준을 마련하고 안정적인 원격통제와 통신수단의 다중화를 우선 확보해야 한다. 반자율 시험 단계에서는 서로 다른 무인체계를 하나의 지휘통제환경에서 통합하고 한 명의 운용자가 다수의 플랫폼을 감독하는 운용개념을 시험하는 동시에 AI 기반 의사결정지원과 회복탄력적 통신능력을 확대해야 한다. 이후 반자율 확산·자율형 전환 단계에서는 지휘관이 부여한 임무와 사전에 설정된 행동경계 내에서 다수의 무인체계가 협업하고, 통신두절·교란 상황에서도 제한적으로 임무를 지속할 수 있는 능력을 확보해야

한다. 이와 함께 자율성의 확대에 상응하여 인간 통제와 AI 신뢰성 검증체계를 단계적으로 강화함으로써 무인전력의 자율화와 지휘통제능력이 균형 있게 발전하도록 해야 한다.

5. 결론

지금까지 AI 기반 해양 유·무인 복합체계의 주요 취약점을 분석하고, 무인전력 지휘통제체계의 연구개발 동향을 검토하여 우리 해군의 발전 방향을 지휘통제 측면에서 제시하였다. 즉, 우리 해군이 2040년대를 목표로 준비해야 할 것은 무인전력의 ‘숫자’뿐 아니라 이를 유인전력과 함께 안정적으로 운용할 수 있는 ‘지휘통제능력’이다. 또한, ‘Navy Sea Ghost’에서 제시한 플랫폼 확보 측면의 원격통제 중심 → 반자율 시범 → 반자율 확산/자율형 전환 단계와 연계하여 통합 지휘통제, 회복탄력적 통신, AI 의사결정지원 및 자율임무 수행능력을 단계적으로 확보해야 할 것이다. 본 연구는 미래전에 대비하기 위해 AI 기반 유·무인 복합체계의 발전에 관한 플랫폼 중심의 접근을 보완하여, 무인전력의 지휘통제 측면에서 발전 방향을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

다만, 본 연구는 공개된 국내외 문헌과 외국군의 연구개발 사례를 중심으로 분석하였기 때문에 실제 우리 해군의 작전환경과 지휘통제·통신체계의 세부 특성을 충분히 반영하는 데에는 한계가 있다. 또한 본 연구에서 제시한 발전 방향은 개념적 수준의 제안으로, 통신가용 수준, 운용자 대비 무인체계 수, 데이터 전송 지연, 임무성공률 등 구체적인 운용조건에 따른 효과를 정량적으로 검증하지 못하였다. 향후 연구에서는 실제 해양작전 환경을 모사한 모델링·시뮬레이션 및 위계임을 통해 통신두절·교란 수준에 따른 적정 자율성, 다수·다종 무인체계 운용 시 인간과 AI의 역할분담, 적정 지휘통제 구조 등을 구체화할 필요가 있다. 아울러 단계별 무인전력 확보계획과 연계하여 지휘통제·통신·AI 신뢰성 보증능력의 세부 전력화 소요와 시험평가 기준을 발전시키는 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Joon-ho Lee, “Navy Sea GHOST’ & ‘Maritime GALAXY’ Implementation Strategy in the Age of Tech-Politics,” Journal

of the KNST, VOL. 7, NO. 2, 2024, pp. 206–215.

[2] U.S. Government Accountability Office, Weapon Systems Cybersecurity: DOD Just Beginning to Grapple with Scale of Vulnerabilities, GAO-19-128, 2018.

[3] U.S. Maritime Administration, 2021-010-Various-GPS Interference. <https://www.maritime.dot.gov/msci/2021-010-various-gps-interference> (accessed 2026.07.30.)

[4] Arthur Holland Michel, The Black Box, Unlocked: Predictability and Understandability in Military AI, Geneva: United Nations Institute for Disarmament Research, 2020.

[5] Department of the Navy, Unmanned Campaign Framework, Washington, D.C.: Department of the Navy, 2021.

[6] U.S. Department of Defense, Trilateral Maritime Capabilities Test a Stepping-Stone Toward Future AUKUS Successes, August 28, 2024.

<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3887793/trilateral-maritime-capabilities-test-a-stepping-stone-toward-future-aukus-succ/> (accessed 2026.08.02.)

[7] Naval Information Warfare Center Atlantic, Naval Engineers Control Unmanned Vessels Across Countries from Mission Operation Center, June 9, 2025, <https://www.niwcatlantic.navy.mil/Media/News-Stories/Article/4212775/naval-engineers-control-unmanned-vessels-across-countries-from-mission-operation-center> (accessed 2026.08.10.)

[8] Suzanne Lightman, Theresa Suloway & Joseph Brule, Satellite Ground Segment: Applying the Cybersecurity Framework to Satellite Command and Control, Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, NIST IR 8401, 2022.

[9] Consultative Committee for Space Data Systems, Space Data Link Security Protocol, CCSDS 355.0-B-2, 2022.

[10] Viasat, KA-SAT Network Cyber Attack Overview, March 30, 2022.

<https://www.viasat.com/perspectives/corporate/2022/ka-sat-network-cyber-attack-overview/> (accessed 2026.08.16.)

[11] U.S. Fleet Forces Command, Southern Lightning: NIWC Atlantic, NSWC Crane Advance Navy’s Unmanned Mission, April 28, 2025.

<https://www.usff.navy.mil/Press-Room/News-Stories/Article/4167892/southern-lightning-niwc-atlantic-nswc-crane-advance-navys-unmanned-mission/> (accessed 2026.08.26.)

[12] U.S. Department of Defense, Data, Analytics, and Artificial Intelligence Adoption Strategy: Accelerating Decision Advantage, 2023.

[13] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), Collaborative Operations in Denied Environment (CODE). <https://www.darpa.mil/research/programs/collaborative-operations-in-denied-environment> (accessed 2026.08.28.)

[14] 국방기술진흥연구소, ‘24-’38 국방기술기획서, 2024.

[15] 국방부, 국방혁신 4.0, 2023.

[16] U.S. Department of Defense, DoD Directive 3000.09: Autonomy in Weapon Systems, January 25, 2023.