



Received: 2026/04/20
Revised: 2026/05/03
Accepted: 2026/05/27
Published: 2026/06/30

***Corresponding Author:**

Yang Hun Byun

260-40, Sanho-daero, Gumi-City, Gyeongsangbuk-Do,
39370, Republic of Korea

Tel: +82-54-460-8800

Fax: +82-54-460-8519

E-mail: yanghun.byun@hanwha.com

Abstract

본 논문에서는 해양 대드론체계 개념을 설계하였다. 해양 대드론체계는 다중 센서를 통해 수집되는 데이터의 융합으로 탐지, 식별, 추적, 무력화(요격), 일련의 모든 과정이 자율적으로 수행되는 개념으로 설계하였다. 운용환경을 고려하여 표준 컨테이너로 임무장비를 표준화하고, 기본·확장 모듈로 설계하여 임무장비 변경·확장을 고려하였다. 또한 무장의 조합으로 인하여 다층방어 대드론체계를 구축하였다. 설계된 해양 대드론체계의 전력화를 위해 관심과 협조가 필요하다.

This paper proposes a conceptual design for a maritime counter-unmanned aircraft system (C-UAS). The system was designed to autonomously execute the entire operational sequence, comprising detection, identification, tracking, and neutralization (interception), by fusing data collected from multiple sensors. Considering the operational environment, mission equipment was standardized using standard containers and designed with base and expansion modules to facilitate equipment modification and scalability. Furthermore, a multilayered defense C-UAS system was established through the strategic combination of armaments. Continued interest and cooperation are essential for the future deployment of the maritime C-UAS.

Keywords

해양 대드론체계(Maritime Counter-UAS),
데이터 융합(Fusing Data),
다중센서(Multiple Sensors),
표준 컨테이너(Standard Container),
다층방어(Multi-Layered Defense)

해양 대드론체계 개념 설계

Conceptual Design of Maritime C-UAS

변양훈^{1*}, 강봉수², 공영호¹, 조옥래³, 양영섭¹

¹한화시스템 해양시스템 1팀 수석연구원

²한화시스템 해양SW 1팀 수석연구원

³한화시스템 해양시스템 4팀 수석연구원

Yang Hun Byun^{1*}, Bong Soo Kang², Young Ho Kong¹, Ok Rae Jo³,
Young Sub Yang¹

¹Chief engineer, Naval System Team 1, Hanwha Systems

²Chief engineer, Naval SW Team 1, Hanwha Systems

³Chief engineer, Naval System Team 4, Hanwha Systems

1. 서론

최근 현대전의 양상은 우크라이나-러시아 전쟁, 중동 분쟁 등을 기점으로 급격한 변화를 맞이하고 있다[1]. 기존의 유인 중심에서 소모성 무인체계 중심으로 이동되고, 인공지능(AI)이 적극적으로 활용되고 있으며, 민간 기술과 우주 자산의 중요성이 부각되고 있다. 특히 저비용·고효율 드론은 정찰뿐만 아니라 자살폭격, 정밀 타격 등 치명적인 공격 수단으로 진화했다[2]. 현대의 대표적인 두 전쟁에서 보여주듯이 모두 전쟁 상대 국가의 시설 타격에 드론을 적극 활용하고 있다. 드론은 다른 무기체계에 비해 가격대비 효과가 뛰어나고, 비군사용 드론도 쉽게 무기화할 수 있다는 점에서 현대전의 가장 핵심적인 요소라고 할 수 있다[3]. 현재 세계 각국은 기술 개발을 통해 드론의 장거리화, 고속화와 첨단화를 진행 중이다. 이와 함께 상대의 드론을 방어하는 대드론(C-UAS, counter unmanned aircraft system) 기술에 대한 개발도 병행되고 있다[4]. 초기 대드론 기술은 전파방해를 통하여 소형 드론 중심의 조종신호와 GPS 차단, 스푸핑(spoofing)을 통하여 드론을 무력화하는 소프트킬(soft kill) 중심이었으나, 기술의 발전으로 인하여 광섬유 드론, 1인칭 조종(FPV, first-person view) 드론 등의 등장에 따라 레이저, 직접 충돌, 유도탄 등을 이용하여 물리적으로 무력화하는 하드킬(hard kill) 중심으로 변화하고 있다[5].

본 논문에서는 이러한 관점에서 해양에서의 사용을 목적으로 해양 대드론체계 개념을 설계하였다. 모듈화된 임무장비 내부에 레이다, 전자광학 추적장치 등 다중 센서의 데이터 융합을 통한 탐지,

식별, 추적 및 교전까지 자율적으로 수행하는 것으로 개념을 정립하였으며, 특정 방어 수단이 실패하더라도 차상위 방어층에서 대응할 수 있는 ‘다층 방어 (multi-layered defense)’ 개념을 적용하였다.

2. 드론 위협의 특징

2.1 비대칭적 위협

드론은 적은 비용으로 고가의 전략 자산을 파괴하는 가성비 위협이다. 중동 분쟁에서 이란제 샤헤드-136 드론(약 4천만원)이 요르단 미군기지에 위치한 AN/TPY-2 THADD 레이더(약 7천300억원)를 파괴했다. 또한 이란제 자폭 드론을 요격하기 위하여 한 발당 약 60억원인 패트리엇(PAC-3) 요격 미사일을 사용해야 하는 상황이다[6]. 또한 저가 드론의 군집 공격은 고가의 요격 미사일을 빠르게 소진시켜 방어망에 부하를 증대시키고 방어 측의 전쟁 수행 비용을 기하급수적으로 높인다[7]. 이러한 사례들은 드론이 적은 비용으로 상대국에 전략적 굴욕이나 심각한 경제적 소모를 강요할 수 있는 치명적인 비대칭 전력임을 증명하였다.

2.2 다양성 및 소형화

소형 드론은 레이더반사면적(RCS, radar cross section)이 극도로 작다. 기존의 방공 레이더는 전투기나 미사일을 탐지하도록 설계되어 있어, 새와 크기가 유사한 소형 드론을 ‘노이즈’로 간주해 걸러내거나 아예 포착하지 못하는 경우가 발생한다. 그리고 드론은 형태, 고도, 속도, 공격 방식이 매우 다양하다. 장거리 비행과 고고도 침투에 유리하며 자살 폭격용으로 주로 사용되는 고정익 드론, 수직 이착륙과 공중정지 가능해 도시 정찰이나 정밀 타격에 최적화된 회전익 드론, 고속 기동과 조정이 가능한 1인칭 시점(FPV, first person view) 드론 등 다양한 종류의 드론이 존재한다. Fig. 1은 미국국방부(DoD)에서 분류한 드론의 최대이륙중량, 운용고도와 속도를 기준으로 구분된 5개 그룹에 대하여 중국과 이란의 대표 드론으로 대상을 분류한 것이다[8,9]. 또한 5개의 그룹에 대한 대표적인 드론 모델, 속도 그리고 참고문헌에서 유사한 기체의 크기를 통해 추정된 레이더반사면

적을 Table 1에서 나타내었다. 추정된 레이더반사면적은 일반적인 형상을 기준으로 추정한 것이며, Fig. 1에서 확인할 수 있는 중국의 CH-7 등 스텔스 형상 설계가 반영된 드론은 레이더반사면적이 제시된 추정값보다 현저히 낮은 값을 나타낼 수도 있다[10-12].

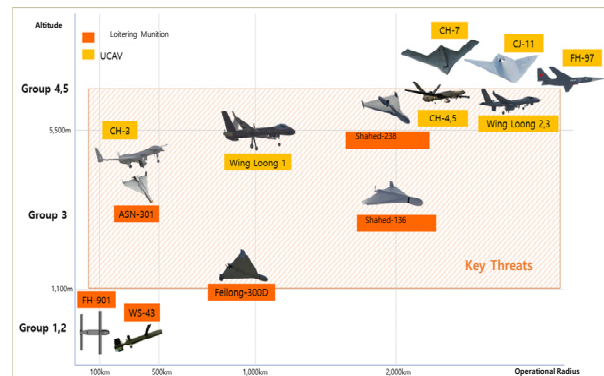


Fig. 1. Current status of Chinese and Iran UAVs

Table 1. Characteristic for DOD UAS classification

UAS Group	Representative Model	Speed(kts)	Estimated RCS(m ²)
Group 1	FH-901	< 100	0.01~0.1
Group 2	WS-43	< 250	0.01~0.1
Group 3	Shaheed-136	< 250	0.1~1.0
Group 4	CH-3	Any Speed	1.0~5.0
Group 5	Wing Loong 2	Any Speed	> 5.0

2.3 군집화

수십, 수백 대의 드론이 하나의 통합된 유기체처럼 움직이는 기술이다. 개별 드론이 독자적으로 비행하는 것이 아니라, 드론 간 상호 통신을 통해 대형을 유지하고 목표를 공유하며 협력 공격을 수행한다. 개별 드론은 단순한 명령을 수행하지만, 군집 드론(drone swarm)은 군집 지능 알고리즘을 통해 일부가 파괴되어도 나머지 기체들이 임무를 수행하는 복원력을 가지고 있다. 또한 정찰용, 공격용, 전자전용 등 서로 다른 장비를 장착한 드론들이 협업하면서 일부 드론이 레이더를 기만하는 동안 다른 드론들은 정밀타격을 수행하는 복합 임무 수행도 가능하다. 무엇보다도 군집드론의 가장 큰 위협은 탐지 및 요격 능력을 초과하는 압도적인 수량의 ‘포화 공격’이다[13]. 이는 방공 시스템의 ‘동시 교전 능력’ 한계를 노출하게 된다.

3. 해양 대드론체계 개념 설계

3.1 체계 정의 및 운용 개념

해양 대드론체계는 해양의 다양한 플랫폼(유/무인 함정)에 탑재되어 저/중고도 드론의 위협을 무력화하는 체계이다. 해양 대드론체계는 두 가지의 주요 운용개념을 가지고 있다. 첫 번째, 특정 해역에 배치되어 전방에서 침투하는 드론을 차단하고, 두 번째, 중요보호자산(HVU, high value unit)에 대한 최종방어를 수행하는 것이다. 작전해역에서는 대드론체계를 활용하여 전방에서 드론 공격을 최대한 차단하고, 차단을 회피한 공격 드론은 중요보호자산 근접위치에 배치된 대드론체계에서 최종방어를 수행하는 개념이다. 이러한 주요 운용개념과 현대전에서 나타난 드론 공격 전술을 반영하여 해양 대드론체계는 다층방어를 고려하는 것으로 설계방향을 도출하였다. 주요 대상 드론은 Fig. 1에서 표현된 미국국방부 드론 분류 중 3그룹을 대상으로 선정하였다. 샤헤드-136으로 대표되는 3그룹 드론은 1-2그룹에 비하여 늘어난 탄두 탑재량으로 인하여 플랫폼에 큰 위협이 될 수 있다. 해양 대드론체계는 샤헤드-136급 드론을 약 10 km 정도 거리에서 탐지, 식별, 추적하고 탑재된 무장의 성능에 따라 단계적으로 요격할 수 있도록 설계 방향을 정립하였다. 이러한 해양 대드론체계 운용개념은 Fig. 2에서 나타내었다.

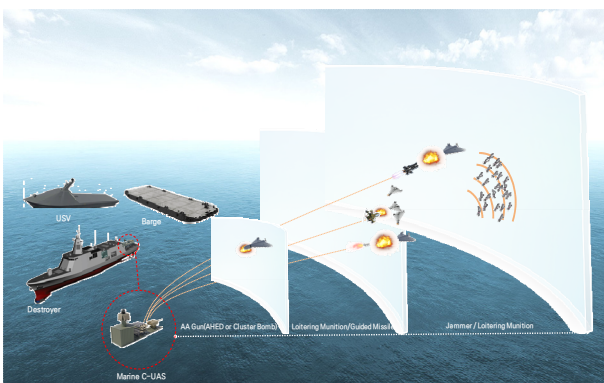


Fig. 2. CONOPS of Maritime C-UAS with MPS

3.2 요구 성능 및 기능 분석

설계를 진행한 해양 대드론체계의 요구 성능은 Fig. 1에서 표현된 3그룹 드론을 10 km 거리에서 탐

지하고 무력화를 수행하는 것으로 정의하였다. 이러한 요구 성능을 만족하기 위하여 해양 대드론체계는 탐지, 식별, 추적, 그리고 명중평가를 위해 레이더와 전자광학/적외선(EO/IR) 추적장치를 이용한다. AESA 레이더는 10 km에서 0.03 m² 레이더반사면적을 탐지할 수 있으며, 전자광학/적외선 추적장치도 10 km 탐지거리를 만족해야 한다. Fig. 3는 해양 대드론체계에 적용되는 센서통합모듈의 형상을 나타낸 것이다.

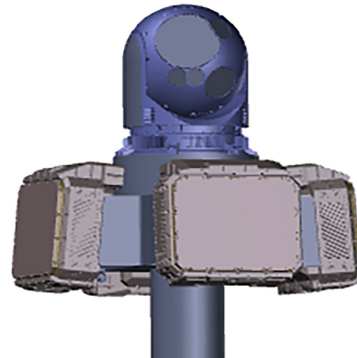


Fig. 3. Shape of integrated sensor module

모듈형 임무장비 특성을 고려하여, 하나의 마스트에 360° 탐지를 위한 4면의 AESA 레이더와 AESA 레이더 상부에 전자광학·적외선 추적장치를 통합 배치하여 센서 간 간섭은 최소화하면서 보관·이동시 설치공간을 확보하고자 하였다. 또한 시간에 따라 변화하는 해양환경을 고려하여 항재밍 GPS와 자이로를 함께 설치하여 정확한 위치정보를 지속적으로 유지할 수 있도록 하였다. 레이더를 통해 탐지, 식별, 추적을 수행하고 전자광학·적외선 추적장치를 통하여 식별 및 명중평가를 수행한다.

표적식별과 명중평가는 인공지능(AI) 기술을 적용하고, 센서통합모듈에서 탐지된 드론의 거리, 속도와 크기 등 데이터를 융합하여 위협평가, 무장할당, 무력화(요격)의 모든 과정은 해양 대드론체계 내부의 교전통제장치에서 운용자의 개입없이 자율적으로 수행한다. 모든 과정은 위성 안테나를 통해 원격통제소로 전송되어 상황을 확인할 수 있다[14]. 원격통제소는 대드론체계 상황 확인뿐만 아니라 운용자 제어 기능도 보유하고 있으며, 2기 이상의 해양 대드론체계를 운용하는 경우 표적관리 및 드론 무력화의 관리주체를 담당하도록 설계하여 다수의 드론에 대하여 효율적으로 대응할 수 있도록 하였다.

3.3 주요 설계 특징점

해양 대드론체계의 설계에는 다음과 같은 세 가지의 특징을 반영하였다.

첫 번째, 컨테이너 형태로 임무장비를 표준화하였다. 다양한 해상플랫폼 적용을 고려한 ISO 표준 컨테이너 규격의 사용으로 수송과 보관이 용이하도록 설계하였다. 또한 외관이 일반 화물 컨테이너와 동일하여 무기체계의 위장효과도 기대할 수 있다. 표준 컨테이너는 내부에 온·습도 제어시스템의 적용이 용이하여 해양환경에서도 장비를 안전하게 보호할 수 있다.

두 번째, 모듈형 구조로 임무장비 변경·확장을 고려하여 설계하였다. 해양 대드론체계의 임무장비 모듈은 기본모듈과 확장모듈로 나누었다. 기본모듈에는 드론의 탐지와 식별 그리고 추적을 위한 센서통합 모듈, 센서에서 획득한 데이터를 이용하여 탐지, 추적, 식별 및 표적화된 드론에 대한 자율교전을 담당하는 교전통제부, 그리고 소프트킬을 위한 재머와 하드킬을 위한 3~4기의 직충돌드론이 통합되어 있다. 여기에 위성통신 안테나가 추가되어 원격통제소와의 통신을 담당한다. 기본모듈 한 개가 최소의 운용 단위가 된다. 기본모듈과 연결을 통해 사용되는 확장모듈은 직충돌드론, 유도탄과 대공포 등의 다양한 무장들을 조합하여 사용할 수 있는 구조로 설계하였다. 사용자의 선택에 따라 확장모듈 전부를 직충돌드론 또는 유도탄으로 구성할 수도 있고, 대공포와 직충돌드론의 조합으로도 구성할 수 있다. 대공포를 사용하는 경우, 분산탄 또는 공중폭발탄을 적용하여 최종 요격시 명중률을 증가시킬 수 있도록 설계에 반영하였다. 미래 확장성을 고려하여 추후 고출력 전자기파(HPM, high power microwave)나 레이저가 추가되는 경우, 전체 시스템의 교체 없이 확장모듈만 교체하면 되는 구조를 채택하였다. Fig. 4는 이러한 모듈화된 해양 대드론체계의 구성 예를 나타낸 것이다. 센서통합모듈이 포함되어 있는 부분이 기본모듈, 대공포와 직충돌드론 발사대가 포함된 부분이 확장모듈이다. 해

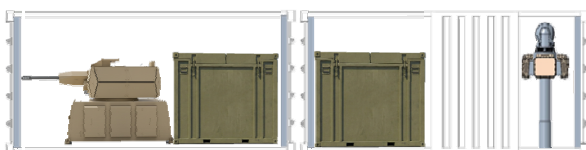


Fig. 4. Configuration example: Maritime C-UAS with MPS

상의 플랫폼 탑재 이전, 보관이나 이동 시는 표준 컨테이너와 동일한 형상을 가지고 있다.

마지막으로 해양 대드론체계는 다양한 무장을 조합하여 드론에 대한 다층방어체계를 구현할 수 있도록 설계하였다. 재머, 직충돌드론, 대공포 3종 무장의 조합으로 구성된 해양 대드론체계의 다층방어체계는 탐지-식별-추적-무력화 과정을 거리와 고도에 따라 중첩하는 것으로 구현하였다. AESA 레이더를 통해 탐지를 수행하고 레이더, 전자광학·적외선 추적장치 데이터와 인공지능 기술을 이용하여 드론을 식별한 후 위협평가, 무장할당, 자율교전 과정을 수행한다. 1단계 원거리 표적(약 8 km 이상)에 대하여 재머를 이용한 소프트킬을 수행하여 전기적 방해를 통해 드론의 제어권 상실을 유도한다. 전기적 방해에서 생존한 표적들에 대하여 2단계 중거리(약 5~6 km) 영역에서는 직충돌드론 또는 유도탄으로 하드킬을 수행한다. 2단계에 걸친 무력화 과정에서 생존한 표적에 대하여 마지막 단계로 근거리(약 1.5 km 이내)에서 대공포에 의해 분산탄 또는 공중폭발탄을 적용한 최종 요격을 수행하는 구조이다. 총 3단계 복합 대응구조(소프트킬+하드킬)로 설계된 다층체계는 특정 방어수단이 실패하더라도 차상위 방어층에서 대응할 수 있는 심층방어 실현과 상대적으로 저렴한 드론에 대한 최적화된 요격수단 선택 등에서 효율적이라 할 수 있다. 또한 기존의 미사일 방어체계와 함께 적용하여 보다 효과적인 다층 방어체계로 보완될 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 현대전의 비대칭 전력 중 핵심인 드론에 대하여 해양에서 사용할 수 있는 대드론체계 개념 설계를 수행하였다. 다양한 해양 플랫폼 적용을 고려하여 표준 컨테이너 형태로 설계를 수행하여 이동성 및 운반성을 강화하였고, 모듈형 임무장비 구조를 채용하여 장비 변경·확장을 고려하였다. 현재 개발 중인 고출력전자기파, 고출력 레이저의 개발 완료 시 해당 모듈만 교체하여 운용이 가능하도록 설계하였다. 마지막으로, 보유한 다중센서 데이터의 융합과 인공지능 기술을 이용하여 드론을 탐지, 식별, 추적하고 위협평가와 무장할당 및 자율교전 과정을 통해 탑재 무장을 이용한 다층방어를 수행할 수 있도록 개념을 설계하였다. 이렇게 설계된 해양 대드론체계를

조속히 전력화할 수 있도록 관심과 협조가 동반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Soonhyeong Cha, Kyeongtae Kim, & Juhui Seo, 'Strategic Military Applications of Unmanned Aerial Systems in Modern Warfare: A Case-Based Analysis,' *Journal of the Korean Society of Disaster Information*, VOL. 21, NO. 3, 2025, pp. 515-523.
- [2] 한애란, '드론전쟁 시대, 군사력의 본질이 바뀌었다 [답다이브],' *동아일보*, 2025.06.07.
<https://www.donga.com/news/Economy/article/all/20250606/131757710/1#> (accessed 2026.03.31.)
- [3] Mun Guk Kim, Intae Shin, & Jae-Guk Lee, 'A Study on the Development Direction of Next Generation Drone Through Analysis of the Role of Drones Used in Warfare: From Gulf War to Ukraine War,' *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, VOL. 24, NO. 10, 2023, pp. 656-664.
- [4] 권현철, 반석현, 대무인항공시스템(C-UAS) 개념과 주요국 발전상황, 서울대학교 국제문제연구소 미래전 연구센터, 워킹페이퍼 No. 32, 2020.
- [5] Seung-Hyun Kim, 'The Evolution of Drone and Air Defense Technologies: Implications for the Future Battlefield,' *International Journal of Advanced Culture Technology*, VOL. 12, NO. 2, 2024, pp. 286-298.
- [6] 정채빈, '이란 반격에 사드 레이더까지... 중동 미군기지 1조 2000억원 피해,' *조선일보*, 2026.03.23.
https://www.chosun.com/international/international_general/2026/03/21/KQBVB2XOVGERMOCZ6FCD3PJ5Y/ (accessed 2026.04.07.)
- [7] Thomas Bordeaux & Glanluca Mezzofiore, 'Radar Bases Housing Key US Missile Interceptor Hit in Jordan, Saudi Arabia, and UAE, Satellite Images Show,' *CNN World*, 2026.03.07.
<https://edition.cnn.com/2026/03/05/middleeast/radar-bases-us-missile-defense-iran-war-intl-invs> (accessed 2026.04.07.)
- [8] DOD JP 3-30.
- [9] Jiangkun Gong, Jun Yan, Huiping Hu, Deyong Kong, & Deren Li, 'Improved Radar Detection of Small Drones Using Doppler Signal-to-Clutter Ratio (DSCR) Detector,' *Drones*, VOL. 7, No. 5, 2023, Article 316.
<https://doi.org/10.3390/drones7050316>
- [10] Massimo Rosamilia, Augusto Aubry, Alessio Balleri, Vincenzo Carotenuto, & Antonio De Maio, 'RCS Measurements of UAVs and Their Statistical Analysis,' in *proceedings of 2022 IEEE 9th International Workshop on Metrology for AeroSpace*, Pisa, Italy, June 2022.
- [11] David K. Barton, *Radar System Analysis and Modeling*, Artech House, 2005.
- [12] Eugene F. Knott, John F. Shaeffer, & Michael T. Tuley, *Radar Cross Section* (2nd ed.), SciTech, 2004.
- [13] Hyunseung Kim, Jaedeok Jang, Chul Hyun, & Dongmin Jeong, 'Conceptual Study on Swarm Tactical Engagement between Military Drones,' *Journal of the Korean Institute of Defense Technology*, VOL. 7, NO. 4, 2025, pp. 6-12.
- [14] Paul A. Thomas, Gillian F. Marshall, David C. Lugton, David A. Faulkner, Scott Page, Simon Islip, & Russell Brandon, 'An Architecture for Sensor Modular Autonomy for Counter-UAS,' *Proceeding Volume 10802, Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies II*, 108020D, 2018.