



Received: 2026/06/16
Revised: 2026/06/29
Accepted: 2026/08/05
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Jin-Yeong Heo

13494, Pangyo-eok-ro, Bundang-gu, Seongnam-si,
Gyeonggi-do, Republic of Korea

Tel: +82-31-5179-7143

E-mail: jinyeong.heo@ligdna.com

UMAA 기반 임무유형별 운용을 고려한 한국형 무인수상정 자율화 아키텍처 획득방안 연구

Abstract

본 연구는 국내 무인수상정 개발이 정찰감시, 통신중계, 대잠전, 대함전, 대드론전, 대기뢰전 등 다양한 임무유형으로 확대되는 상황에서 사업별 독립 개발로 인한 재사용성 및 상호운용성 한계를 보완하기 위한 K-UMAA 기반 자율화 아키텍처 획득 방안을 제안한다. 이를 위해 UMAA의 8대 기능영역과 ICD 기반 서비스 구조를 분석하고 무인수상정 특화 서비스를 식별하였다. 또한 서비스 기반 컴포넌트 구성 예시와 획득단계별 적용 방안을 제시함으로써 국내 무인수상정의 표준화된 개발·통합·검증 기반을 마련하고자 한다.

This study proposes an acquisition strategy for a K-UMAA-based autonomy architecture to address the limitations of project-specific development in Korean unmanned surface vehicle programs. Eight UMAA functional areas and an ICD-based service structure are analyzed, while USV-specific services are identified. Additionally, a reference component structure and an acquisition-phase application strategy are presented to support standardized the development, integration, and verification of Korean USV autonomy systems.

Keywords

해양무인체계 자율화 아키텍처(UMAA),
무인수상정(Unmanned Surface Vehicle),
자율화 아키텍처(Autonomous Architecture),
서비스 인터페이스(Service Interface),
획득방안(Acquisition Strategy)

Acquisition Strategy of UMAA-Based Autonomous Architecture for Unmanned Surface Vehicles Considering Mission-Specific Operations

허진영^{1*}, 김준영², 김동훈², 박재홍², 이원희³, 윤관섭³

¹(주)LIG 디펜스앤에어로스페이스 무인수상정개발단 선임연구원

²(주)LIG 디펜스앤에어로스페이스 무인수상정개발단 수석연구원

³(주)LIG 디펜스앤에어로스페이스 무인수상정개발단 연구위원

Jin Yeong Heo^{1*}, Jun Young Kim², Dong Hoon Kim², Jae Hong Park²,
Won Hee Lee³, Kwan Seob Yoon³

¹Research engineer, Unmanned Surface Vehicle Systems R&D, LIG D&A

²Chief research engineer, Unmanned Surface Vehicle Systems R&D, LIG D&A

³Research fellow, Unmanned Surface Vehicle Systems R&D, LIG D&A

1. 서론

최근 해양작전 환경은 유인 함정 중심의 전통적 운용방식에서 유·무인 복합체계 기반의 분산·지능형 작전개념으로 빠르게 전환되고 있다. 특히 무인수상정(unmanned surface vehicle, USV)은 유인 함정이 장시간 지속적으로 수행하기 어려운 감시정찰, 항만 방호, 기뢰탐색, 위험해역 탐색, 표적탐지, 기만 및 소모성 임무를 수행할 수 있는 핵심 전력으로 주목받고 있다. 무인수상정은 상대적으로 낮은 운용위험, 높은 지속성, 임무장비 탑재 유연성, 유인전력과의 협업 가능성을 바탕으로 해군 전력구조 변화의 중요한 축으로 부상하고 있다[1,2].

국내에서도 무인수상정 관련 개발사업은 활발히 진행되고 있다. 복합항법, 원격통제, 충돌회피, 영상기반 표적인식, 자율운항, 해상통신 등 다양한 기술이 연구되고 있으며 일부 사업은 실증 단계에 진입하였다. 그러나 이러한 유사한 개발 사업이 연달아 진행됨에도 불구하고 국내 무인수상정 개발은 아직 개별 플랫폼 또는 개별 사업의 요구사항을 중심으로 진행되는 경향이 강하다. 즉, 앞

서 언급한 다양한 기술들이 해당 사업만을 고려하여 개발되고 있어 재사용성이 현저히 떨어진다[3].

Table 1. Key limitations of the domestic usv development system

Category	Current Development Approach	Resulting Issues
Development Unit	Independent development by project and platform	Repetitive development of identical functions and limited reuse across projects
Software Structure	Vendor-specific internal software structures	Difficulty in replacing modules, upgrading performance, and integrating external algorithms
Interfaces	Project-specific proprietary messages and integration methods	Reduced interoperability among sensors, mission equipment, and control systems
Verification Method	System performance-oriented testing	Difficulty in assessing component-level conformance and reusability
Acquisition Management	Absence of standard ICDs, SDKs, and configuration management	Increased vendor lock-in and long-term sustainment costs

Table 1과 같이 국내 무인수상정 개발 방식은 재사용성, 확장성, 이식성 측면에서 여러 가지 문제가 있으나 가장 큰 한계는 공통 아키텍처와 표준 인터페이스의 부재이다[4].

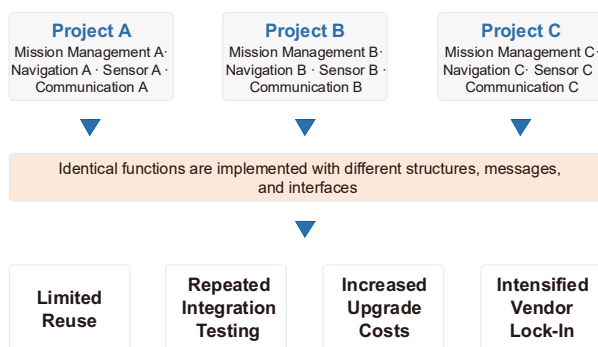


Fig. 1. Issues in project-specific independent development

사업별로 임무관리, 기동제어, 항법, 충돌회피, 센서관리, 통신, 원격통제, 상태감시 기능 등 서로 다른 방식으로 정의 및 개발하기 때문에 동일한 기능이라

하더라도 데이터 모델, 메시지 구조, 명령·응답 절차, 상태보고 방식, 오류처리 방식, 시간동기 방식이 동일하지 않다. 이로 인해 Fig. 1에서 보듯이 소프트웨어 컴포넌트의 재사용성은 낮아지고, 통합시험은 반복적으로 수행되어야 하며, 공급업체 종속성이 심화된다.

또한 국내 무인수상정 획득체계는 체계 단위의 성능 충족에 초점을 맞추고 있다. 예컨대 “자율항해 가능”, “충돌회피 가능”, “원격통제 가능”, “표적탐지 가능”과 같은 성능 요구사항은 제시되지만, 해당 기능이 어떤 서비스 인터페이스를 통해 구현되어야 하는지, 어떤 메시지 구조를 사용해야 하는지, 어떤 컴포넌트 단위로 납품·검증되어야 하는지, 향후 성능개량 시 어떤 부분을 재사용할 수 있는지는 명확하지 않다.

이 문제는 무인수상정이 다양한 임무장비와 결합될 때 더욱 심화된다. 대잠전 임무에서는 소나, 음향처리, 수중표적 추적, 저속·정속항해, 협동탐색 기능이 필요하고, 대함전 임무에서는 표적 식별, 교전지원, 전술데이터링크 연동, 고속기동, 위협회피 기능이 필요하다. 대드론 대응 임무에서는 레이더·전자광학 센서, 전파탐지, 전자전 효과기, 재밍 또는 요격체계 연동이 요구된다. 대기뢰전 임무에서는 수중탐색 센서, 기뢰유사물체 분류, 위험구역 회피, 정밀위치 유지 기능이 필요하다. 이처럼 임무유형별로 요구되는 기능은 다르지만 임무계획, 상황인식, 기동, 센서관리, 통신, 상태감시 등 공통 기능은 상당 부분 중복된다. 따라서 소요군 차원에서는 시스템 수준의 개별사업의 요구사항을 단순히 독립적으로 제기하기보다, 무인수상정에 공통적으로 적용 가능한 핵심 기능은 표준 기능으로 정의하고, 임무별 차별성이 필요한 기능은 확장 기능으로 분리하는 컴포넌트 단위의 획득 전략이 필요하다.

본 연구의 목적은 미(美) 해군의 표준 해양무인체계 자율화 아키텍처 UMAA(unmanned maritime autonomy architecture) 개념과 구조를 분석하고, 이를 국내 무인수상정 개발·획득환경에 적용하기 위한 K-UMAA 기반 자율화 아키텍처 획득방안을 제안하는 것이다. 여기서 K-UMAA는 미 해군 UMAA를 단순히 복제하는 개념이 아니라, 국내 작전환경, 임무유형, 무기체계 획득절차, 시험평가가 체계, 업체 생태계 등을 반영하여 한국형 무인수상정 자율화 아키텍처 표준으로 발전시킬 수 있는 개념적 틀을 의미한다.

본 연구의 범위는 다음과 같다. 첫째, UMAA의 개념과 설계 철학, 서비스 구조, ICD를 분석한다. 둘째, UMAA를 모방하여 정찰감시, 대잠전, 대함전, 대기뢰전, 대드론 대응 등 작전유형별 운용을 고려한 무인수상정의 단위 작업 도출에 따른 K-UMAA 기반 서비스/컴포넌트를 제시한다. 마지막으로, 국내 무기체계 개발 획득단계별 적용 방안, RFP 반영 방안, 시험평가, 적합성 검증 및 형상관리 방안을 제안한다.

본 연구는 특정 무인수상정 플랫폼의 상세 설계나 특정 알고리즘의 성능 개선을 다루기보다 UMAA를 모방하여 국내 무인수상정 자율화 소프트웨어를 어떻게 표준화된 아키텍처 기반으로 획득하고 검증할 것인가에 초점을 둔다.

2. UMAA 개념 및 구조 분석

2.1 UMAA의 등장 배경과 개념

UMAA는 해양무인체계의 자율화 기능을 공통적이고 모듈화된 소프트웨어 서비스로 정의하기 위해 등장한 아키텍처이다. UMAA의 근본 목적은 특정 자율화 구현방식에 종속되지 않는 공통화된 모듈화된 구조로 이식 또는 확장 가능한 UMV(unmanned maritime vehicle: USV, UUV) 소프트웨어 개발을 촉진하는 데 있다.

UMAA의 정부 규정 문서 ADD(architecture design description)는 이를 위해 아키텍처 프레임워크, 핵심 인터페이스, 데이터 모델, 거버넌스(governance)를 정의한다고 설명한다[5]. UMAA가 등장한 배경에는 기존 무인체계 개발의 구조적 문제가 있다. 해양무인체계는 플랫폼, 센서, 임무장비, 통신체계, 자율제어 알고리즘, 원격통제체계가 긴밀히 결합된 복합 시스템이다. 초기 무인체계 개발은 대체로 개별 플랫폼과 개별 임무 중심으로 이루어졌기 때문에, 한 사업에서 개발한 자율화 소프트웨어를 다른 플랫폼이나 다른 임무에 적용하기 어려웠다. 또한 센서나 알고리즘이 변경될 때 전체 소프트웨어 구조를 수정해야 하는 경우가 많았다. UMAA는 이러한 문제를 완화하기 위해 기능을 서비스 단위로 분해하고, 서비스 간 인터페이스를 표준화하는 접근을 취한다.

이는 자율기능의 구현 자체를 표준화하는 것이 아니라 기능 간 데이터 교환, 명령, 상태보고, 오류처리,

흐름제어를 표준화함으로써 다양한 구현체가 동일한 체계 내에서 상호운용될 수 있도록 하는 방식이다. 중요한 점은 UMAA가 특정 UMV의 상세 설계를 규정하지 않는다는 것이다. UMAA compliance specification은 UMAA 표준이 UMV 체계 설계를 처방하는 것이 아니라, 공통 UMV 능력을 위한 인터페이스를 정의하며, 해당 능력은 하나 이상의 서비스로 모델링된다고 설명한다. 또한 UMAA는 잘 정의된 서비스와 메시지 형식을 제공하여 신규 능력의 통합을 단순화하지만, 메시지 수준 상호운용성이 곧 모든 플랫폼 간 구현 적합성을 보장하는 것은 아니라고 명시한다.

이 관점은 국내 무인수상정 개발에도 중요한 시사점을 제공한다. 국내에서 필요한 것은 특정 업체의 특정 자율운항 알고리즘을 표준으로 고정하는 것이 아니라, 다양한 알고리즘과 임무장비가 동일한 체계 내에서 교체·통합·검증될 수 있도록 하는 표준 인터페이스와 획득체계이다.

2.2 MOSA 기반 개방형 아키텍처 철학

UMAA의 핵심 철학은 Fig. 2와 같이 MOSA(modular open systems approach)에 있다. MOSA는 체계를 기능적으로 모듈화하고, 주요 인터페이스를 공개·표준화하며, 모듈을 독립적으로 개발·교체·성능개량할 수 있도록 하는 획득 및 설계 전략이다.

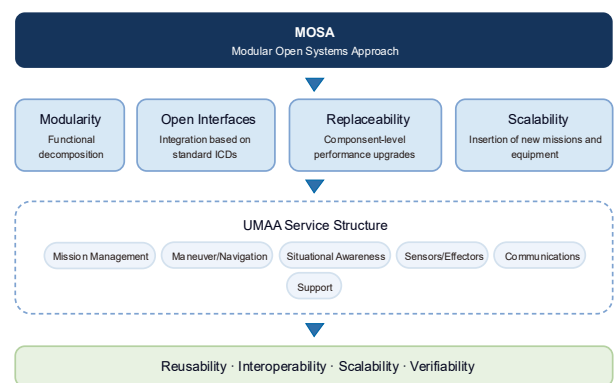


Fig. 2. Concept of a MOSA-based UMAA architecture

UMAA ADD에서는 자율화 아키텍처가 모듈화, 분해 가능성, 교체 가능성, 상호교환성을 지원해야 하며, 기능 서비스가 잘 정의된 개방형 인터페이스를 통

해 다양한 응용에서 사용될 수 있어야 한다고 제시한다. UMAA의 품질속성은 하기와 같이 국내 무인수상정 자율화 아키텍처가 지향해야 할 핵심 요구사항과 직접 연결된다.

첫째, 느슨한 결합은 임무관리, 기동제어, 센서관리, 통신운용, 상태감시 기능을 독립 서비스로 구성하여 특정 기능 변경이 전체 체계에 미치는 영향을 최소화한다.

둘째, 부분적 변경 가능성은 컴포넌트 간 서비스 인터페이스가 변경되더라도 해당 인터페이스를 사용하지 않는 컴포넌트는 재컴파일·재납품 없이 유지될 수 있도록 한다.

셋째, 지속가능성은 기술 노후화나 성능개량이 필요한 경우 특정 서비스만 교체할 수 있도록 한다.

넷째, 신규 임무 확장성은 다중 이기종 무인체계 협업, 유·무인 복합작전 등 새로운 임무가 등장하더라도 기존 서비스 재사용을 극대화한다.

다섯째, 검증성은 서비스와 인터페이스가 명확히 정의되어 시험평가가 가능하도록 한다.

여섯째, 재사용성은 여러 사업이 동일한 소프트웨어 서비스를 공유하거나 확장할 수 있도록 한다.

국내 무인수상정 개발에 MOSA 철학이 필요한 이유는 명확하다. 무인수상정은 단일 완제품으로 획득된 뒤 장기간 동일한 기능으로 운용되는 체계가 아니다. 임무장비, 무장, 센서, 통신장비, 인공지능(AI) 알고리즘, 위협환경, 작전개념이 지속적으로 변화한다. 따라서 최초 획득 시점의 완성도만큼이나, 획득 이후 성능개량과 신기술 삽입을 가능하게 하는 아키텍처가 무엇보다 중요하다.

2.3 UMAA의 고수준 기능 분류

UMAA는 해양무인체계에 공통적으로 요구되는 자율화 기능을 Table 2와 같이 8가지 고수준 기능 영역으로 구분하고, 각 영역에 대해 서비스와 인터페이스를 정의한다[6].

임무 관리(mission management)는 임무의 계획, 실행, 재계획, 임무상태 종합, 하위 서비스에 대한 작업 분해를 담당한다. 즉, 상위 운용자가 부여한 임무 목표를 기동, 센서, 통신, 플랫폼 계통 등 하위 기능에서 수행 가능한 작업으로 변환하고 전체 임무 진행상태를 관리한다.

Table 2. UMAA top-level functional breakout

Top-level Category	Description
Mission Management (MM)	Manages mission planning, execution, and overall mission status
Maneuver Operations (MO)	Controls USV navigation, path following, speed, heading, and maneuvering
Engineering Operations (EO)	Manages the status and control of platform engineering systems such as propulsion, power, machinery, and steering
Sensor and Effector Management (SEM)	Manages the operation and status of sensors, effectors, weapons, and payloads
Communications Operations (CO)	Manages communication links and data flows with control stations, host ships, and other systems
Situational Awareness (SA)	Provides situational awareness by integrating ownship, target, contact, obstacle, and environmental information
Processing Operations (PO)	Processes and analyzes sensor and mission data to generate higher-level information such as detection, classification, and tracking

기동 운용(manuever operations)은 무인수상정의 항해와 기동제어를 담당한다. 경로점 항해, 속도·침로 제어, 경로추종, 정점유지, 회피기동 등이 포함되며, 플랫폼의 실제 움직임을 제어하는 기능이다.

플랫폼 계통 운용(engineering operations)은 선체, 추진, 전력, 기관, 조타 등 무인수상정의 물리적 운용계통 상태와 제어를 관리한다. 이를 통해 추진상태, 전력상태, 고장정보 등을 제공하고 임무 지속 가능성을 판단할 수 있도록 지원한다.

센서·임무장비 관리(sensor and effector management)는 레이더, EO/IR, 소나, 전자전 장비, 무장, 페이로드 등 임무장비의 상태와 운용을 담당한다. 임무목표와 상황정보에 따라 센서와 임무장비를 제어하고 장비 준비상태를 관리한다.

통신 운용(communications operations)은 무인수상정과 통제소, 모함, 유인함정, 타 무인체계 간 통신링크와 데이터 흐름을 관리한다. 통신채널 상태, 링크 품질, 메시지 송수신, 통신두절 상황 관리를 포함한다.

상황인식(situational awareness)은 자함상태, 표적, 접촉물, 장애물, 해상환경, 지도·해도 정보를 통합하여 임무판단과 기동판단에 필요한 정보를 제공한다.

처리 운용(processing operations)은 센서 및 임

무 데이터를 처리·분석하여 탐지, 분류, 추적, 융합정보 등 고수준 정보를 생성한다. 특히 대잠전, 대기뢰전, 대드론 대응처럼 센서 데이터 해석이 중요한 임무에서 핵심적이다.

지원 운용(support operations)은 로그기록, 헬스리포트, 자원관리, 시간동기, 상태관리 등 자율화 체계 전반의 공통 지원 기능을 담당한다.

실험적 서비스(EXP, experimental services) ICD는 기존 UMAA 기능영역에 정식 포함되기 전의 신규 서비스 후보를 정의하기 위한 문서이다. 현재 UMAA 6.0에서는 데이터를 가공하고 융합하여 처리하는 정보 처리(processing operations)를 제외한 나머지 7종에 대한 ICD와 실험적 서비스 ICD 1종을 제공하고 있다.

UMAA ICD는 단순히 하드웨어 간 물리적 연결이나 통신선 규격을 정의하는 문서가 아니다. 오히려 UMAA ICD는 자율화 소프트웨어 구성요소들이 어떤 서비스 단위로 상호작용해야 하는지, 어떤 메시지를 어떤 형식으로 주고받아야 하는지, 명령과 상태보고가 어떤 절차로 이루어져야 하는지를 규정하는 논리적 인터페이스 문서이자 개발자와 체계통합 간의 강한 계약서로 볼 수 있다. UMAA는 개별 사업이 서비스와 인터페이스를 서로 다른 방식으로 컴포넌트화할 수 있음을 인정하지만, 특정 컴포넌트에 포함된 서비스는 ICD에 정의된 표준 인터페이스를 준수해야 하며, 이를 통해 이종 무인체계 간 자율화 소프트웨어의 이식성과 재사용성을 확보한다[7].

2.4 DDS 기반 서비스 지향 아키텍처

UMAA는 서비스 지향 아키텍처(service-oriented architecture, SOA)의 개념을 기반으로 하지만, 일반적인 웹 서비스 중심의 전통적 SOA와는 성격이 다르다. UMAA의 서비스 구조는 무인수상정과 같은 임베디드 자율체계 내부에서 다수의 소프트웨어 컴포넌트가 실시간으로 데이터를 주고받고, 명령과 상태를 분산적으로 처리하기 위한 구조이다. 따라서 UMAA에서의 SOA는 단순한 업무시스템 간 서비스 호출이 아니라, DDS(data distribution service) 기반의 실시간 분산 제어 아키텍처에 가깝다.

DDS는 발행-구독(publish-subscribe) 방식으로 데이터를 교환하며, 각 서비스는 특정 토픽을 통해 명

령, 상태, 보고 정보를 송수신한다. 이를 통해 임무관리, 기동운용, 센서·임무장비 관리, 상황인식 등 여러 기능이 느슨하게 결합된 상태에서 동시에 동작할 수 있다. UMAA ICD는 이러한 DDS 기반 서비스들이 어떤 토픽과 메시지를 사용해야 하는지를 정의함으로써, 컴포넌트 간 상호운용성을 확보한다.

2.5 서비스 구조와 인터페이스 정의

UMAA ICD는 각 기능을 서비스 단위로 정의하고, 서비스가 제공하거나 소비해야 하는 인터페이스를 명확히 제시한다. 서비스는 명령을 수신하는 서비스 제공자(service provider)와 명령 또는 데이터를 사용하는 서비스 소비자(service consumer) 간의 상호작용으로 구성된다. 각 서비스 인터페이스는 네임스페이스, 토픽명, 메시지 타입, 입력·출력 방향, 데이터 구조로 표현된다.

이러한 구조는 개발자가 임의의 내부 인터페이스를 사용하지 못하도록 하고, 동일한 기능을 수행하는 컴포넌트가 동일한 메시지 계약을 따르도록 만든다. 예를 들어 기동운용 서비스는 특정 플랫폼의 조타장치 구현방식과 무관하게 표준화된 속도, 침로, 경로점, 기동상태 메시지를 통해 다른 서비스와 연동된다. 따라서 UMAA ICD는 기능 구현의 자유도는 보장하면서도, 서비스 간 상호작용 방식은 강하게 표준화한다.

2.6 명명 규칙과 데이터 모델 규칙

기능영역별로 서비스를 일관되게 식별하기 위해 명명 규칙(naming convention)과 네임스페이스 규칙(namespace convention)을 사용한다. 네임스페이스는 해당 서비스가 어느 기능영역에 속하는지, 어떤 데이터 모델을 사용하는지, 어떤 범위에서 재사용될 수 있는지를 나타낸다. 예를 들어 임무관리, 기동운용, 상황인식, 통신운용 등 기능영역별로 서비스와 메시지가 구분되며, 이를 통해 대규모 자율화 소프트웨어에서도 인터페이스의 의미를 명확히 유지할 수 있다.

또한 서비스의 성격을 표현하기 위해 일정한 접미어가 사용된다. 대표적으로 control, config, specs, report 또는 status가 있다. control은 특정 기능이나

장비의 동작을 지시하거나 제어하는 서비스에 사용되며, 기동명령, 센서제어, 임무 실행 제어와 같은 기능을 표현한다. config는 서비스 또는 장비의 설정값, 운용모드, 구성정보를 다루는 경우에 사용된다. specs는 해당 서비스나 장비가 제공할 수 있는 능력, 제약조건, 성능범위와 같은 사양 정보를 나타낸다. report 또는 status는 현재 상태, 실행결과, 고장상태, 위치·속도·표적정보 등 운용 중 지속적으로 보고되는 정보를 나타낼 때 사용된다. 이러한 규칙은 단순한 데이터 송수신을 넘어, 서비스명만 보고 “제어”인지, “상태보고”인지를 명확히 구분하게 한다.

2.7 명령·응답 흐름 제어

UMAA ICD의 중요한 특징 중 하나는 흐름 제어(flow control)를 정의한다는 점이다. 자율화 체계에서는 명령을 보냈다는 사실만으로 충분하지 않다. 명령이 어떤 서비스 제공자에게 전달(issued)되었는지, 해당 서비스가 명령을 수락(commanded)했는지, 실행(executing) 중인지, 완료(completed)되었는지, 실패(failed)했는지, 취소(canceled)했는지를 추적할 수 있어야 한다. 이를 위해 명령, 명령확인, 명령상태, 실행상태 보고, 취소 메시지 등의 흐름을 표준화한다. 또한 session ID, destination ID와 같은 식별자를 사용하여 특정 명령과 그 실행상태를 연결한다. 이는 무인수상정에서 임무계획 변경, 기동명령, 센서제어, 무장운용과 같은 명령이 실시간으로 처리될 때 필수적인 구조이다.

2.8 대용량 데이터 처리 구조

무인수상정의 자율운용에서는 단일 값이나 단순 상태정보뿐 아니라, 임무계획, 접촉물 목록, 탐색구역, 센서 설정, 통신채널 목록과 같은 대용량 데이터가 자주 사용된다. UMAA ICD는 이러한 데이터를 효율적으로 다루기 위해 LargeSet, LargeList와 같은 대용량 컬렉션(large collection) 구조를 정의한다.

이 방식은 하나의 거대한 메시지로 모든 데이터를 반복 전송하는 대신 데이터 집합을 구성하는 요소를 추가, 수정, 삭제할 수 있도록 한다. 이를 통해 통신 부담을 줄이고, 대규모 임무계획이나 다수 표적정보처럼 지속적으로 변하는 데이터를 안정적으로 관리할

수 있다.

2.9 일반화와 특수화를 통한 확장성

UMAA ICD는 일반화(generalization)와 특수화(specialization) 개념을 통해 데이터 모델의 확장성을 확보한다. 일반화는 여러 객체가 공통으로 가지는 속성을 하나의 기본 구조로 정의하는 방식이고, 특수화는 특정 임무나 장비 운용에만 필요한 속성을 정의하여 일반화 메시지의 참조 필드를 이용해 해당 공통 정보와 논리적으로 연결되는 방식이다. 즉, 서비스 소비자는 먼저 일반화 메시지를 통해 공통 의미와 상태를 해석하고 필요시 참조된 특수화 메시지를 조회하여 특정 센서, 임무장비, 기동명령에 필요한 세부 속성을 확인한다. 따라서 새로운 임무 기능이 추가되더라도 기존 공통 메시지 구조는 유지되며, 특수화 메시지를 추가·참조하는 방식으로 기존 서비스와의 호환성을 유지하면서 기능을 확장할 수 있다.

결국 UMAA ICD는 단순한 참고문서가 아니라, 자율화 소프트웨어 개발과 통합을 위한 계약적 기준이다. 서비스 제공자는 ICD에 정의된 메시지와 흐름을 제공해야 하고, 서비스 소비자는 동일한 계약을 기반으로 해당 서비스를 사용할 수 있어야 한다. 따라서 ICD를 준수한다는 것은 단순히 메시지 형식을 맞추는 의미가 아니라, 서비스의 동작 절차, 데이터 의미, 상태보고 방식, 오류처리 방식까지 일관되게 구현한다는 의미이다. 따라서 K-UMAA를 적용할 때도 ICD는 사업별 참고문서가 아니라, 제안요청서, 소프트웨어 설계, 컴포넌트 납품, 시험평가, 형상관리의 기준이 되는 핵심 계약문서로 다루어져야 한다.

3. UMAA 기반 임무유형별 운용을 고려한 한국형 무인수상정 자율화아키텍처 획득 방안

3.1 한국형 UMAA 기반 서비스 식별

K-UMAA의 출발점은 기존 UMAA의 8대 기능영역을 유지하는 것이다. 즉, 임무관리(MM), 기동운용(MO), 플랫폼 계통운용(EO), 센서·임무장비 관리(SEM), 통신운용(CO), 상황인식(SA), 정보처리(PO), 지원운용(SO)은 한국형 무인수상정 자율화 체계에서도 기본 기능영역으로 활용할 수 있다. 다만 기

존 UMAA는 무인수상정과 무인잠수정을 모두 포괄하기 위해 공통성과 추상성이 높게 설정되어 있으므로, 한국형 무인수상정 운용에 필요한 세부 서비스는 별도로 식별되어야 한다.

무인수상정은 수상이라는 운용환경 특성상 항해 안전, 해상교통, 통신연결성, 모함 연동, 임무장비 전개·회수, 수상·공중·수중 표적 대응 등을 동시에 고려해야 한다. 특히 국내 무인수상정 체계개발은 정찰용 체계사업을 선두로 전투용 무인수상정, 기뢰전 무인수상정, 자폭형 무인수상정 등으로 확대될 가능성이 높다. 따라서 K-UMAA는 특정 단일 플랫폼을 위한 인터페이스가 아니라, 향후 다양한 무인수상정 유형에 공통 적용될 수 있는 서비스 기반 구조로 설계되어야 한다.

이에 따라 Fig. 3는 UMAA 기능영역을 기준으로 국내 무인수상정 개발현황 및 작전유형을 고려하여 서비스를 추가한 구조를 나타낸다. 먼저 정찰감시 임무에서는 감시구역 설정, 접촉물 탐지, 전술상황 보고, 영상·레이더 정보처리 서비스가 필요하다. 통신중계 임무에서는 통신링크 상태, 중계모드, 데이터 우선순위, 저장 후 전달 기능이 중요하며, 대잠전 임무에서는 예인음탐기 운용과 저소음 기동이 핵심이다. 따라서 단순한 소나 센서 제어뿐 아니라 예인음탐기의 전

개, 회수, 장력상태, 운용모드, 음향처리 상태를 표준 서비스로 정의해야 한다. 기뢰전 임무에서는 저속 정밀탐색, 기뢰탐색 센서 제어, 기뢰유사물체 식별, 위험도 지도 생성 기능이 요구된다.

특히 기뢰전 무인수상정은 탐색격자, 탐색경로, 센서 고도 또는 탐색 폭, 위험구역 회피조건 등을 임무 명령 안에 포함해야 하므로 일반적인 임무명령보다 세분화된 기뢰전 특화 명령을 UMAA의 일반화/특수화 개념을 통해 정의하는 것이 필요하다.

대함전과 자폭형 임무에서는 무장운용과 공격접근기동이 핵심이다. 전투용 무인수상정의 경우 무장상태, 안전상태, 발사 가능 여부, 교전정보 보고, 표적 우선순위 관리가 필요하며 자폭형 무인수상정의 경우 공격항로, 최종 접근조건, 중지조건, 안전모드, 원격승인 조건이 명확히 관리되어야 한다. 다만 무장운용 서비스는 단순한 장비 제어를 넘어 교전규칙, 승인 권한, 안전통제와 연결되므로 K-UMAA에서는 이를 별도의 교전·무장운용 확장 서비스로 관리하는 것이 바람직하다.

대드론전 임무에서는 소형 공중표적 탐지, 위협도 평가, 전자전 또는 요격장비 운용, 교전결과 보고가 필요하다.

또한 무인수상정 운용에서는 모함 기반 운용과 자

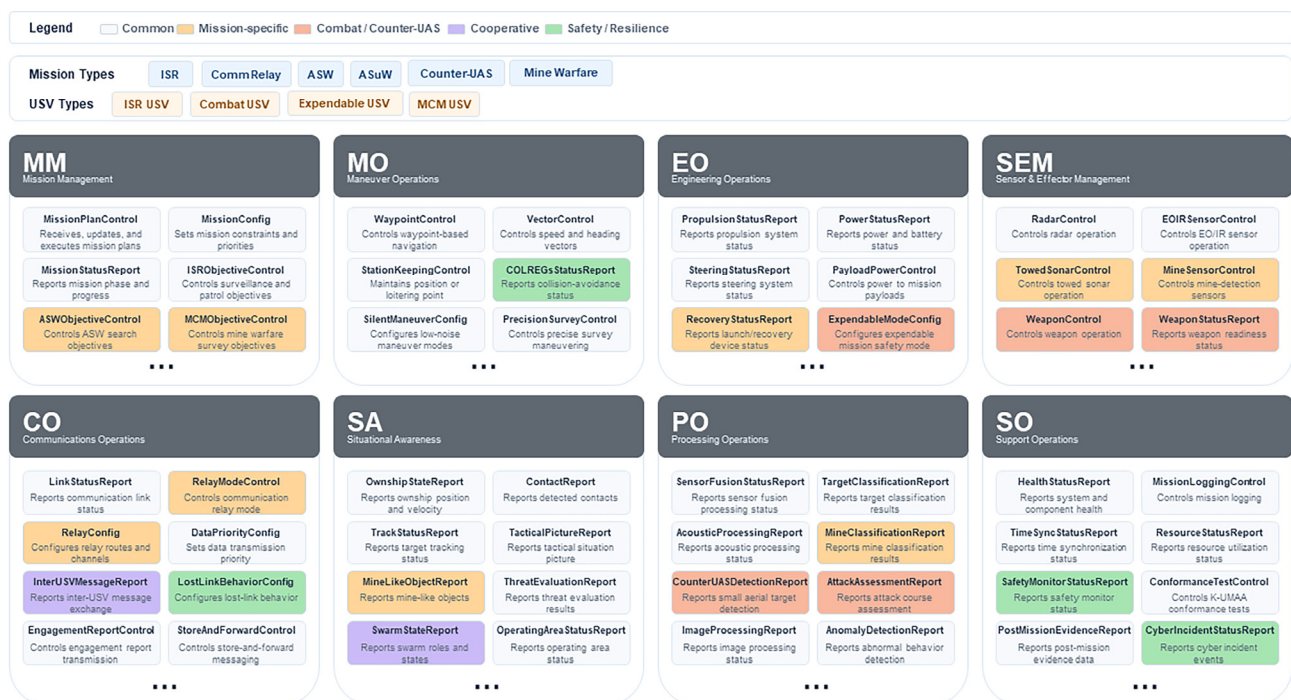


Fig. 3. Additional Korean USV service identification example based on UMAA functional domains

동 접안·이안 기능을 반드시 고려해야 한다. 무인수상정은 단독으로 항만에서 출항하는 경우뿐 아니라, 모함 또는 유인함정에서 진수되어 임무를 수행한 뒤 다시 회수될 수 있다. 이 경우 모함 상대위치, 접근경로, 회수장치 상태, 자동 접안 절차, 안전감시가 필요하다.

이러한 서비스는 기존 UMAA의 기동운용, 플랫폼 계통운용, 상황인식, 통신운용 서비스를 조합하는 수준을 넘어 무인수상정 특화 운용절차를 지원하는 별도 확장 서비스로 관리될 필요가 있다.

마지막으로 다수 무인수상정 운용을 고려한 군집협업 서비스도 K-UMAA에 포함되어야 한다. 향후 작전환경은 단일 무인수상정보다 다중 무인수상정의 협동운용으로 발전할 가능성이 높다. 따라서 리더-팔로워 구조에서는 리더 USV가 임무구역, 탐색패턴, 대형 기준점, 접근경로를 할당하고 분산형 구조에서는 각 USV가 자신의 상태와 의도를 공유하면서 임무분담을 조정할 수 있어야 한다.

이처럼 K-UMAA 서비스는 기존 UMAA 8대 기능영역을 기반으로 하되, 한국형 무인수상정 운용에 특화된 서비스를 추가하는 방식으로 구성되어야 한다. 특히 신규 서비스명은 UMAA의 명명 규칙을 따라 기능 제어는 control, 운용 설정은 config, 사양 정보는 specs, 상태 및 결과 보고는 report 또는 status 접미어를 사용하는 것이 바람직하다. 이를 통해 K-UMAA는 기존 UMAA 구조와의 정합성을 유지하면서도, 무인수상정 특화 임무를 지원하는 확장 가능한 서비스체계를 갖출 수 있다.

3.2 K-UMAA 기반 무인수상정 컴포넌트 도출

Fig. 4에서 보듯이 서비스 식별만큼 중요한 것은 서비스를 실제 소프트웨어 컴포넌트로 어떻게 구성

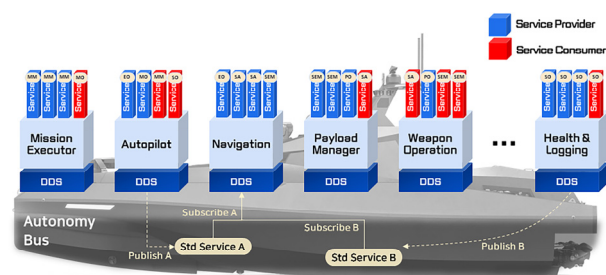


Fig. 4. Example configuration of reference components for a K-UMAA-based USV

할 것인가이다. UMAA에서 컴포넌트는 하나 이상의 서비스 제공자 또는 서비스 소비자로 구성된 배포 가능한 소프트웨어 단위로 볼 수 있다.

핵심은 특정 컴포넌트 명칭이나 배치를 강제하는 것이 아니라, 한국형 작전환경과 무인수상정 플랫폼 유형에 필요한 임무 서비스를 체계적으로 식별하고, 이를 UMAA의 기능영역과 서비스 인터페이스로 정렬한 뒤, 구현 관점에서 응집도 높은 컴포넌트로 묶는 것이다.

본 절에서는 이러한 관점에서 Fig. 5와 같이 K-UMAA 기반 무인수상정 참조 컴포넌트 도출 절차를 제안한다.

첫 번째 단계는 한국형 작전환경과 플랫폼 유형 분석을 토대로 두 번째 단계인 임무유형별로 무인수상정이 수행해야 할 실행 단위인 objective를 식별한다. UMAA에서는 임무수행 단위를 mission-task-objective 3계층으로 구분하며 여기서 objective는 상위 운용자가 부여한 임무목표를 자율화 체계가 해석 가능한 구조로 표현한 임무 명령 단위로 볼 수 있다. 모든 임무는 공통적으로 임무 식별자, 임무유형, 수행구역, 시작-종료 조건, 우선순위, 제한조건, 임무상태를 포함할 수 있다. 여기에 임무유형별 특화 요소를 추가하여 정찰감시 objective, 통신중계 objective, 대잠전 objective, 기뢰전 objective, 공격 objective, 군집협업 objective 등으로 확장할 수 있다.

예를 들어 대잠전 objective에는 탐색구역, 음향탐색 패턴, 예인음탐기 운용조건, 저소음 기동 제약이 포함될 수 있고 기뢰전 objective에는 탐색격자, 탐색폭, 위험구역, 기뢰유사물체 분류 조건이 포함될 수 있다. 자폭형 또는 전투형 objective에는 표적 접근조건, 중지조건, 원격승인 조건, 안전모드 조건이 포함될 수 있다. 이처럼 objective는 한국형 무인수상정 임무를 서비스와 컴포넌트로 전환하기 위한 출발점이 된다. 세 번째 단계는 objective를 UMAA 8대 기능영역에 맵핑하는 것이다. 식별된 objective는 하나의 기능영역에만 속하지 않고 임무관리, 기동운용, 플랫폼 계통운용, 센서·임무장비 관리, 통신운용, 상황인식, 정보처리, 지원운용 전반에 걸쳐 분해된다.

네 번째 단계는 기능영역별 서비스 식별이다. Objective가 기능영역별로 분해되면, 각 objective를 처리 및 수행하기 위한 서비스 식별이 가능하다. 서비스는 기존 UMAA의 서비스를 활용하거나 신규 서비

스로 기존 서비스와 중복되지 않도록 정의해야 한다. 여기서, 서비스 정의는 UMAA의 설계 철학과 규칙을 준용하여 정의하여야 한다.

다섯 번째 단계는 서비스 응집도에 따른 컴포넌트 도출이다. 개별 서비스는 표준화의 최소 단위이지만, 실제 소프트웨어 구현에서는 기능적으로 밀접한 서비스를 묶어 컴포넌트를 구성하는 것이 효율적이다. 본 연구에서는 국내 작전/임무유형 및 플랫폼 유형에 따라 무인수상정 자율화 아키텍처의 참조 컴포넌트로 Mission executor, Autopilot, COLREGS and hazard avoidance, Navigation, Health & logging, Comms gateway, SA manager, Payload manager, Launch & recovery & docking manager, Swarm manager 10종을 제안한다. Mission executor는 상위 운용자가 부여한 임무계획을 해석하고, objective를 관리하며, 전체 임무상태를 종합하는 핵심 컴포넌트이다. Autopilot은 무인수상정의 속도, 침로, 경로 추종, 정점유지 등 실제 기동을 제어하는 컴포넌트이다. 일반 항해뿐 아니라 저소음 기동, 정밀탐색 기동, 공격접근 기동, 대형기동 등 임무특화 기동 서비스를 수행하는 기반이 된다. COLREGS and hazard avoidance는 해상 충돌예방규칙과 장애물 정보를 기반으로 안전기동을 지원한다. 무인수상정이 연안, 항만, 민간선박 밀집해역에서 운용될 수 있음을 고려

할 때 임무 수행보다 우선되어야 하는 회피 판단을 담당하는 필수 컴포넌트이다.

Navigation은 위치, 자세, 속도, 항법센서 상태 등 무인수상정의 항법정보를 제공한다. 이 정보는 기동 제어, 충돌회피, 자동 접안, 군집 대형유지, 임무구역 판단 등 대부분의 자율운용 서비스에서 공통적으로 사용된다. Health & logging은 임무명령, 상태변화, 센서 이벤트, 오류, 통신두절, 장비운용 결과 등을 기록하는 컴포넌트이다. 이는 시험평가, 사후분석, 사고조사, 성능개량, K-UMAA 적합성 검증을 위한 근거자료로 활용된다. Comms gateway는 통제소, 모함, 유인함정, 타 무인체계와의 통신 및 데이터 흐름을 관리한다. 통신중계 임무에서는 핵심 임무 컴포넌트로 기능하며 군집운용에서는 USV 간 상태, 의도, 임무분담 정보를 교환하는 기반 역할을 수행한다. SA manager는 자함상태, 접촉물, 표적, 위협, 장애물, 전술상황 정보를 통합 관리한다. 정찰감시의 접촉물 보고, 대함전의 표적 위협평가, 대드론전의 공중표적 상황인식, 대기뢰전의 위협구역 판단 등 임무 판단에 필요한 상황정보를 제공한다. Payload manager는 센서, 소나, 무장, 전자전 장비, 기뢰탐색 장비 등 임무패키지의 상태와 운용을 관리한다. 정찰용 USV의 감시장비, 대잠전 USV의 예인음탐기, 기뢰전 USV의 탐색센서, 전투용 USV의 무장 또는 효과기 운

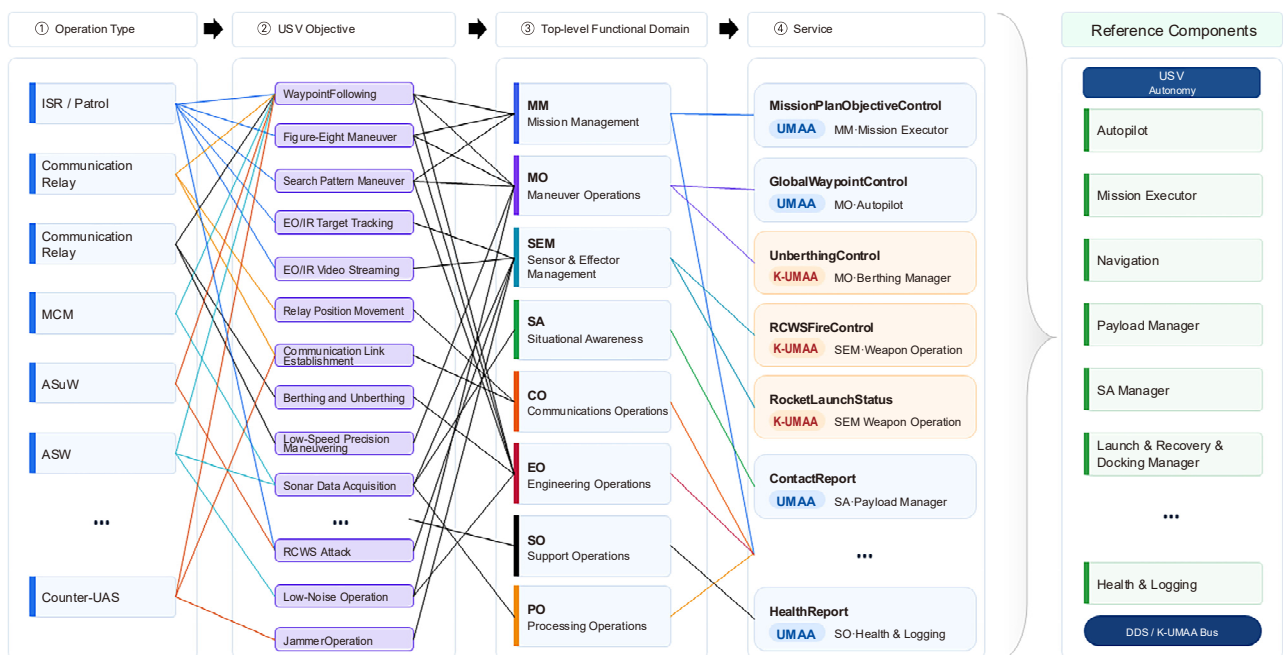


Fig. 5. Example of the K-UMAA component derivation process based on operation and mission types

용을 포괄하는 컴포넌트이다.

Launch & recovery manager는 모함 진수·회수, 자동 접안·이안, 회수장치 상태감시와 안전절차를 관리한다. 한국형 무인수상정이 모함 또는 유인함정과 연동되어 운용될 가능성을 고려할 때, 플랫폼 단독 자율운항과 구분되는 USV 특화 컴포넌트로 제시할 수 있다.

마지막으로 Swarm manager는 다중 USV 임무분담, 대형기동, 상호 상태공유, 협동운용을 관리한다. 리더-팔로워 방식뿐 아니라 분산형 군집운용에서도 임무구역 분담, 통신중계 위치 조정, 협동탐색, 충돌 회피 조정을 지원한다. 이를 통해 K-UMAA는 단일 무인수상정뿐 아니라 다중 무인수상정 기반 작전으로 확장될 수 있다.

이러한 절차를 통해 도출된 컴포넌트는 K-UMAA 적용을 설명하기 위한 예시이며, 모든 사업에 동일하게 강제되는 구조는 아니다. 소형 정찰용 USV에서는 여러 기능이 하나의 소프트웨어 컴포넌트로 통합될 수 있고, 전투용 또는 기뢰전 USV에서는 임무장비와 안전통제 요구로 인해 컴포넌트가 더 세분화될 수 있다. 따라서 K-UMAA에서 강제성을 가져야 하는 것은 컴포넌트 자체가 아니라, 컴포넌트가 제공하거나 소비하는 표준 서비스 인터페이스이다. 즉, 업체는 내부 구현과 컴포넌트 배치에 설계 자율성을 가질 수 있지만 외부 연동을 위해 정의된 서비스명, 데이터 모델, 메시지 흐름, 적합성 검증 기준은 반드시 준수해야 한다.

결과적으로 K-UMAA 기반 참조 컴포넌트 도출 절차는 “작전환경 분석 → Objective 식별 → 기능영역 맵핑 → 서비스 식별 → 컴포넌트 구성”의 흐름으로 정리할 수 있다. 이 절차는 한국형 무인수상정의 다양한 임무 요구를 표준 서비스 체계로 변환하고, 다시 이를 구현 가능한 소프트웨어 구조로 연결하는 방법을 제공한다.

3.3 K-UMAA 실현을 위한 획득방안

K-UMAA가 실제 무인수상정 획득사업에 적용되기 위해서는 단순히 기술개념으로 제시되는 것에 그쳐서는 안 된다. 서비스 정의, 컴포넌트 구성, ICD 작성, SDK 제공, 적합성 시험, 형상관리가 획득절차 안에 포함되어야 한다. 즉 K-UMAA는 국내 국방 연구

개발 단계의 설계지침이면서 동시에 제안요청서, 소프트웨어 납품, 시험평가, 성능개량의 기준이 되어야 한다. Table 3는 K-UMAA 실현을 위한 획득단계별 적용 방안이다.

Table 3. Acquisition strategy for implementing K-UMAA

Phase	Key Action	Output	Purpose
Concept Study	Derive K-UMAA service candidates from USV mission concepts	Service candidate list	Identify common and mission-specific services
Preliminary Study	Establish links among requirements, services, and components	Traceability matrix	Align operational needs with architecture
RFP Preparation	Define mandatory K-UMAA compliance requirements	RFP clauses and compliance matrix	Guide vendors toward standard-based design
Exploratory Development	Validate key services and DDS-based interfaces	Prototype services and draft IDL	Reduce early integration risks
System Development	Implement services based on formal ICD and SDK	K-UMAA ICD, SDK, and design documents	Ensure reusable and consistent implementation
Test & Evaluation	Verify static conformance, dynamic interoperability and scenarios	Test reports and DDS logs	Confirm service-level interoperability
Deployment	Manage operational feedback and service changes	Change requests and configuration records	Support follow-on programs

첫째, 개념연구 및 선행연구 단계에서는 작전유형별 요구기능을 K-UMAA 서비스로 분해해야 한다. 예를 들어 “대잠 탐색 임무 수행”이라는 무인수상정 운용 요구사항은 SilentManeuverConfig, ContactReport 등으로 분해될 수 있다. “통신중계 임무 수행”은 RelayModeControl, RelayConfig, LinkStatusReport 등으로 구체화할 수 있다. 이 단계에서 요구사항-서비스-컴포넌트-시험항목 간 추적성 매트릭스를 작성해야 한다.

둘째, RFP 단계에서는 K-UMAA 적용 요구사항을

명확히 제시해야 한다. 단순히 “개방형 아키텍처 적용”이라고 명시하는 것은 충분하지 않다. 제안자는 K-UMAA 기능영역별 서비스 적용 목록, 서비스 제공자-소비자 관계, ICD 준수 매트릭스, DDS 토픽 및 QoS 설정, 컴포넌트 명세서, 성능·의존성 문서를 제출하도록 요구받아야 한다. 또한 공통 서비스는 정부가 승인한 K-UMAA ICD를 준수하도록 하고, 사업별 특화 서비스는 실험적 서비스 형태로 정의한 뒤 검토를 거쳐 표준화할 수 있도록 해야 한다.

셋째, 탐색개발 및 체계개발 단계에서는 ICD와 SDK를 함께 제공해야 한다. ICD는 서비스명, 데이터 모델, 메시지 구조, 흐름 제어, 일반화/특수화 관계를 정의하고, K-UMAA SDK는 IDL, 예제 코드, DDS 설정파일, 테스트 publisher-subscriber, 로그분석 도구를 포함해야 한다. 이를 통해 개발업체는 표준 인터페이스를 일관되게 구현할 수 있고, 체계통합 시 개발 초기부터 서비스 단위 통합시험을 수행할 수 있다.

넷째, 시험평가 단계에서는 체계 성능시험과 별도로 K-UMAA 적합성 시험을 수행해야 한다. 적합성 시험은 정적 적합성, 동적 상호운용성, 임무 시나리오 시험으로 구분할 수 있다. 정적 적합성 시험은 서비스명, IDL, 데이터 타입, 필수 필드, 토픽명, 네임스페이스가 표준에 맞는지 확인한다. 동적 상호운용성 시험은 DDS 기반으로 명령·응답 흐름, 상태보고, 오류처리, 취소, 갱신, QoS를 검증한다. 임무 시나리오 시험은 정찰감시, 통신중계, 대잠전, 대드론전, 기뢰전 등 실제 운용 시나리오에서 여러 서비스와 컴포넌트가 통합적으로 동작하는지 확인한다.

마지막으로, K-UMAA의 지속적 발전을 위해 형상관리 체계를 구축해야 한다. 국내 무인수상정 연구가 연달아 추진되고 있으므로, 사업별로 새롭게 등장하는 서비스를 일회성 개발물로 방치해서는 안 된다. 신규 서비스는 우선 실험적 서비스로 관리하고, 반복적으로 사용되거나 공통성이 확인된 서비스는 K-UMAA 정식 ICD로 승격해야 한다. 이를 위해 정부, 해군, 연구기관, 방산업체가 참여하는 K-UMAA 형상관리위원회를 운영하고 ICD, SDK, 시험기준, 참조 컴포넌트를 지속적으로 갱신해야 한다.

결국 K-UMAA 기반 무인수상정 자율화 아키텍처는 특정 플랫폼 하나를 위한 소프트웨어 구조가 아니라, 국내 무인수상정 전체 획득사업에서 반복적으로 활용할 수 있는 표준 기반 참조 아키텍처이다. 이를

통해 무인수상정은 서로 다른 임무와 장비를 가지더라도 동일한 기능영역, 서비스 명명 규칙, ICD, 컴포넌트 구조, 적합성 검증체계를 공유할 수 있다. 이는 향후 국내 무인수상정 개발의 재사용성, 상호운용성, 성능개량성, 획득 효율성을 높이는 핵심 기반이 될 것이다.

4. 결론

본 연구는 국내 무인수상정 개발이 정찰감시, 통신중계, 대잠전, 대함전, 대기뢰전, 대드론 대응 등 다양한 임무유형으로 확대되는 상황에서 사업별 독립 개발 방식의 한계를 보완하기 위한 K-UMAA 기반 자율화 아키텍처 획득 방안을 제안하였다. UMAA는 공통 데이터 모델과 표준 서비스 인터페이스를 기반으로 모듈형·확장형 자율화 소프트웨어 개발을 지향하며, 서비스 구현은 표준 인터페이스를 만족하는 범위에서 각 체계가 자율적으로 구성할 수 있음을 전제로 한다.

본 연구에서 제안한 K-UMAA는 기존 UMAA의 8대 기능영역을 유지하되, 무인수상정에 특화된 작전 서비스를 추가 식별하는 방식으로 구성하였다. 특히 모함 진수·회수, 자동 접안·이안, 예인음탐기 진수·회수, 무장운용, 군집협업, 기뢰전 정밀탐색, 통신중계 등 한국형 운용환경에서 요구되는 서비스를 반영하였다. 또한 컴포넌트는 강제 표준이 아니라 구현 예시로 제시하고 실제 표준화의 대상은 서비스명, 데이터 모델, ICD, DDS 기반 메시지 흐름, 적합성 검증 기준임을 명확히 하였다.

획득 측면에서는 개념연구 및 선행연구 단계에서 요구사항-서비스-컴포넌트 추적성을 확보하며, RFP 단계에서 K-UMAA 적용 요구조건과 ICD 준수 매트릭스를 명시하는 방안을 제안하였다. 이후 탐색개발과 체계개발에서는 ICD-SDK 기반 구현을 수행하고 시험평가에서는 정적 적합성, 동적 상호운용성, 임무 시나리오 검증을 병행해야 한다. 전력화 이후에는 신규 서비스와 운용개선 요구를 형상관리 체계에 반영하여 K-UMAA가 지속적으로 진화하는 표준으로 관리되어야 한다. UMAA 역시 신규 서비스, 인터페이스 재설계, 핵심 기능 추가 등을 거버넌스 절차에 따라 반영하도록 규정하고 있어, K-UMAA도 유사한 형상관리 체계를 갖출 필요가 있다.

결론적으로 K-UMAA는 특정 무인수상정 플랫폼

하나를 위한 설계안이 아니라, 국내 무인수상정 획득 사업 전반에서 반복적으로 활용 가능한 서비스 기반 참조 아키텍처이다. 이를 적용할 경우 사업 간 재사용성, 업체 간 상호운용성, 임무장비 확장성, 성능개량 용이성, 시험평가 일관성을 확보할 수 있다. 향후 연구에서는 본 연구에서 참조 컴포넌트 구조를 실제 구현하기 위한 SDK를 개발하여 제안한 방법론의 실효성을 검증할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] H.-S. Shin, 'Operational Concept and Development Direction of Maritime Unmanned Systems,' Maritime Security Forum E-Journal, 2017.
- [2] Jaehak Ryu, Jiyong Heo, & Yoonhu Na, 'A Study on the

Development Strategy of Unmanned Maritime System on the Future War,' Journal of the KNST, VOL. 6, NO. 2, 2023, pp. 127-132.

[3] Hongjeong Lee, Phil-Hyun Kim, & Kyunghan Lim, 'Development of the Unmanned Maritime System (UMVs) in Neighboring Countries and Its Implications for the Republic of Korea Navy,' Journal of the KNST, VOL. 6, NO. 3, 2023, pp. 314-319.

[4] Hye Won Lee, 'Analysis of Key Technologies for Realizing Modular Unmanned Surface Vehicles,' Journal of the KNST, VOL. 8, NO. 4, 2025, pp. 841-847.

[5] U.S. Navy PMS 406, Unmanned Maritime Autonomy Architecture (UMAA) Architecture Design Description (ADD), Version 1.1, 2019.

[6] U.S. Navy PMS 406, UMAA Interface Control Document, Version 6.0, 2024.

[7] U.S. Navy PMS 406, UMAA Component Definitions, Version 1.0, 2020.