

Received: 2024/11/23
Revised: 2024/11/28
Accepted: 2024/12/10
Published: 2024/12/31

***Corresponding Author:**

Seungsik Min

Dept. of Natural Science, Republic of Korea Naval Academy

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

Tel: +82-55-907-5238

E-mail: ssmin@navy.ac.kr

미래 해양작전에서 무인전력 생존성 관리방안 연구

A Study on Survivability Management Strategies for Unmanned Systems in Future Maritime Operations

이홍정¹, 민승식^{2*}

¹해군 대령/해군사관학교 군사학처장

²해군 소령/해군사관학교 기초과학과 교수

Hongjeong Lee¹, Seungsik Min^{2*}

¹CAPT, ROK Navy/Dean, Division of Military Science, Republic of Korea Navy Academy

²LCDR, ROK Navy/Professor, Dept. of Natural Science, Republic of Korea Navy Academy

Abstract

본 연구는 미래 해양작전에서 무인전력의 생존성 관리 방안을 제시하기 위해 수행되었다. 무인전력의 생존성을 피격성, 취약성, 회복성의 세 가지 요소로 정의하고, 이를 기반으로 설계와 운용 측면에서 생존성 강화를 위한 구체적 전략을 제안하였다. 피격성 감소를 위해 스텔스 설계와 전자전 기술을, 취약성 감소를 위해 구조적 이중화 및 내구성 강화를, 회복성 향상을 위해 자율 복구 기술과 모듈형 설계를 중심으로 논의하였다. 또한, 설계 단계별 적용 방안을 통해 무인전력의 생존성을 체계적으로 확보할 수 있는 방안을 제시하였다.

This study aims to propose survivability management strategies for unmanned systems in future maritime operations. The survivability of unmanned systems is defined by three factors: susceptibility, vulnerability, and recoverability. Based on this framework, specific strategies to enhance survivability in design and operational contexts are proposed. Key approaches include stealth design and electronic warfare technologies to reduce susceptibility, structural redundancy and durability enhancement to mitigate vulnerability, and autonomous recovery technologies and modular design to improve recoverability. Additionally, systematic methods to ensure survivability through stage-specific design applications are discussed.

Keywords

무인전력(Unmanned Systems),
생존성 관리(Survivability Management),
피격성(Susceptibility), 취약성 (Vulnerability),
회복성(Recoverability)

Acknowledgement

본 논문은 2024년도 해군사관학교 해양연구소 연구비 지원을 통해 작성되었음.

본 논문은 2024년도 해군 전력분석시험평가단 연구비 지원을 통해 작성되었음.

1. 서론

1.1 연구 배경

안보 환경은 미-중 간 전략 경쟁과 러시아-우크라이나 전쟁, 첨단 과학기술 발전 등으로 급격히 변화하고 있다. 이러한 환경은 무인전력의 개발과 확산을 가속화하고 있다. 무인전력은 저비용, 높은 작전 효율성을 바탕으로 현대 및 미래 전장에서 필수적인 플랫폼으로 자리 잡았으며, 유·무인 복합체계(MUM-T)의 중심으로 발전하고 있다[1-3].

한국 해군은 국방혁신 4.0과 연계하여 무인전력을 해양전장에서 효과적으로 활용할 수 있는 방안을 연구 중이다. 특히, 무인전력이 대형화와 고가치 자산으로 발전함에 따라 무인전력의 생존성을 강화하는 것이 중요한 과제로 부각되고 있다. 그러나 기존 연구는 유인전력 생존성 개념에 의존하는 경향이 있으며, 무인전력 특성을 고려한 독립적인 생존성 관리방안은 부족하다[4-6].

1.2 연구 목적과 필요성

무인전력의 생존성은 현대 및 미래 전장에서 유·무인 복합작전

또는 단독작전 시 무인전력의 효과적인 운용을 결정 짓는 핵심 요소이다. 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 무인전력 생존성의 개념과 구성 요소를 정의 하고 체계화한다.
- 국내외 사례를 통해 생존성 강화를 위한 설계 및 운용 방안을 도출한다.
- 무인전력 설계의 각 단계에서 생존성 요소를 구체적으로 적용할 수 있는 방안을 제시한다.
- 정책적 시사점을 통해 생존성 관리방안을 제안한다.

1.3 연구 범위와 방법

본 연구는 무인전력 생존성에 관한 주요 이론과 국내외 사례를 조사하고, 수학적 모델과 설계 원칙을 적용하여 무인체계의 생존성을 향상시키기 위한 구체적인 방안을 도출한다. 특히, 피격성, 취약성, 회복성의 세 가지 요소를 중심으로 분석한다.

2. 무인전력의 생존성 개념 정립

2.1 생존성의 정의와 주요 구성 요소

무인전력의 생존성은 적의 탐지와 공격을 회피하고, 피격을 받았을 때 시스템의 손상을 최소화하며, 이후 빠르게 복구하여 임무를 지속할 수 있는 능력을 의미한다.

생존성은 피격성, 취약성, 회복성이라는 세 가지 주요 구성 요소로 이루어져 있다[4,7]. 무인전력의 취약성과 회복성에 대한 분야는 무인전력 자체와 주요 체계의 손상을 완화하기 위한 이중화시스템, 자동화 체계에 의한 초기 대응 등의 수준을 적용할 필요가 있다.

- 피격성: 적의 탐지와 공격 가능성을 줄이는 능력
- 취약성: 적에 의한 피격 시 손상을 최소화하고 주요 기능을 유지하는 능력
- 회복성: 손상 후 신속히 복구하여 작전을 지속할 수 있는 능력

2.2 생존성 구성 요소의 수학적 정의

무인전력 생존성은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$S = f(P, V, R) \tag{1}$$

여기서, S 는 생존성, P 는 피격성, V 는 취약성, R 은 회복성을 의미한다.

- 피격성(P): 탐지 확률은 레이더 반사면적(RCS)과 거리(R)의 함수로 식 (2)와 같이 표현된다.

$$P_d = \frac{RCS}{4\pi R^2} \tag{2}$$

- 취약성(V): 손상 민감도를 나타내는 함수 $\sigma(E)$ 와 탐지 확률 $P_d(E)$ 의 곱으로 식 (3)과 같이 정의된다.

$$V = \int_0^{\infty} \sigma(E)P_d(E)dE \tag{3}$$

- 회복성(R): 시간(t)에 따른 고장률(λ)의 함수로서 식 (4)의 형태로 표현된다.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{4}$$

2.3 국내외 무인전력 생존성 사례 분석

미국의 Loyal Wingman 프로그램은 유인전투기와 협업하는 무인전투기의 작전능력 향상과 함께 무인전투기의 생존성을 극대화한 사례로, 스텔스 설계와 AI 기반 자율 복구 시스템을 통해 생존성과 작전 효율성을 높이고 있다[2]. 한국 해군의 경우, 국방혁신 4.0과 연계하여 무인수상정(USV)과 무인잠수정(UUV)의 생존성 개념을 적용하여 설계를 추진 중이다[3,8-9].

3. 무인전력 생존성을 위한 설계 및 운용 방안

무인전력의 생존성을 강화하기 위한 설계 및 운용 방안은 피격성 감소, 취약성 감소, 회복성 향상이라는 세 가지 분야에서 고려되어야 한다. 각 분야는 상호 보완적이고 통합적으로 작용하며, 무인전력이 다양한 위협 환경에서 작전을 효과적으로 수행할 수 있

도록 한다. 본 장에서는 분야별 각 요소에 대한 설계 및 운용 방안을 심층적으로 다루고, 이를 구현하기 위한 기술적·전략적 접근법을 논의한다.

3.1 피격성 감소 대책

피격성은 적의 탐지와 공격 가능성을 줄이는 능력을 의미하며, 이를 감소시키는 것은 생존성을 확보하기 위한 첫 번째 단계이다. 피격성을 줄이기 위해 스텔스 설계, 전자전 기술, 그리고 자동 항로 변경 알고리즘이 활용된다.

3.1.1 스텔스 설계

스텔스 설계는 무인체계의 레이더 반사면적(radar cross section, RCS)을 최소화하는 데 중점을 둔다. 스텔스 설계를 구현하기 위한 구체적인 방안은 다음과 같다.

- 재질 변경: 흡수성 물질(radar absorbing materials, RAM)을 사용하여 레이더 신호를 흡수하거나 산란시킨다.
- 구조 설계: 레이더 신호 반사를 최소화하는 형태로 외형을 설계한다. 예를 들어, 평평한 표면을 줄이고, 비대칭 구조를 채택한다.
- 비금속 소재 활용: 금속보다 전파를 잘 흡수하는 복합소재를 사용하여 신호 반사를 줄인다.

3.1.2 전자전 기술

전자전 기술은 적의 탐지 장비를 교란하거나 무력화하는 데 사용된다. 이는 다음과 같은 방식으로 구현할 수 있다.

- 전파 방해: 적 레이더나 통신 장비에 노이즈 신호를 방출하여 탐지 능력을 저하시킨다.
- 스펙트럼 확산: 무인체계가 송출하는 통신 신호를 넓은 주파수 대역에 분산시켜 탐지 가능성을 줄인다.
- 적외선 차단 기술: 엔진 배기가스를 냉각하거나 분산시켜 적외선 탐지기의 성능을 저하시킨다.

3.1.3 자동 항로 변경 알고리즘

무인체계는 적의 탐지 가능성을 줄이기 위해 실시간 데이터를 기반으로 항로를 자동 조정할 수 있어야 한다. 이를 위해 인공지능(AI) 알고리즘을 활용하여 적의 탐지 지역을 회피하고 안전한 항로를 선택한다.

Table 1은 앞에서 언급한 피격성 감소 대책을 요약하여 정리한 것이다.

Table 1. Susceptibility reduction measures

Measures	Detailed plan	Expected effect
Stealth design	▪ Minimization of RCS (radar cross section)	▪ Reduced detection probability
Signal disruption technology	▪ Radio interference, infrared reduction	▪ Decreased enemy detection capabilities
Miniaturized structure	▪ Reduced design size	▪ Lower probability of visual detection

3.2 취약성 감소 대책

취약성은 적에 의한 피격 시 시스템이 받는 손상을 최소화하고 주요 기능을 유지하는 능력이다. 취약성 감소를 위한 주요 설계 전략으로는 구조적 이중화, 내구성 강화 설계, 충격 완화 기술이 활용된다.

3.2.1 구조적 이중화

구조적 이중화는 무인체계의 주요 부품이나 시스템을 중복 설계하여, 한쪽이 손상되더라도 기능이 유지될 수 있도록 한다.

- 전력 시스템 이중화: 전력 공급을 위한 배터리나 발전기를 이중으로 설계하여 고장 시 백업 시스템이 작동하도록 한다.
- 통신 시스템 이중화: 위성 통신과 RF 통신을 동시에 사용할 수 있도록 설계하여, 한 시스템이 손상되더라도 다른 시스템으로 데이터 전송을 지속한다.
- 구조물 보강: 주요 하중을 지탱하는 구조물을 강화하거나 이중 설계하여 손상 시 안정성을 유지한다.

3.2.2 내구성 강화 설계

내구성 강화는 무인체계의 외부 충격에 대한 저항성을 높이는 데 중점을 둔다. 이를 위해 다음과 같은 기술이 적용된다.

- 신소재 활용: 내충격성과 내열성을 가진 복합 소재를 사용하여 시스템의 물리적 강도를 강화한다.
- 에너지 분산 구조: 충격 에너지를 분산시키는 구조 설계를 통해 국부적 손상을 줄인다.
- 화재 방지 기술: 내화성 재료와 자동 소화 시스템을 도입하여 화재 발생 가능성을 줄인다.

3.2.3 충격 완화 기술

충격 완화 기술은 외부 충격으로 인한 손상을 줄이고 시스템의 생존성을 높이는 데 기여한다.

- 충격 흡수 장치: 에너지 흡수형 구조물을 설치하여 충격 에너지를 감소시킨다.
- 유체 댐퍼: 운동 에너지를 감쇠시키는 유체 댐퍼를 활용하여 진동과 충격을 완화한다.

Table 2는 앞에서 언급한 취약성 감소 대책을 요약하여 정리한 것이다.

Table 2. Vulnerability reduction measures

Measures	Detailed plan	Expected effect
Structural redundancy	▪ Redundant design of key systems	▪ Maintains critical functionality when damaged
Use of advanced materials	▪ Application of impact- and heat-resistant materials	▪ Enhanced system durability
Shock mitigation design	▪ Energy-dispersive structural design	▪ Reduced damage from external impacts

3.3 회복성 향상 대책

회복성은 손상 후 시스템을 신속히 복구하고 작전을 지속할 수 있는 능력을 의미한다. 이를 위해 자율

복구 기술, 모듈형 설계, 예비 부품 확보가 필요하다.

3.3.1 자율 복구 기술

자율 복구 기술은 AI와 센서를 활용하여 시스템이 자동으로 손상을 감지하고 복구하는 기술이다.

- 손상 진단 알고리즘: 센서 데이터를 분석하여 손상 부위를 신속히 파악한다.
- 자율 복구 소프트웨어: 손상 부위의 기능을 우회하거나 재설정하여 임시 복구를 수행한다.

3.3.2 모듈형 설계

모듈형 설계는 주요 부품을 독립적으로 교체할 수 있도록 설계하여, 손상된 부품의 신속한 교체를 가능하게 한다. 이는 유지보수 효율성을 높이고 작전 공백을 최소화한다.

3.3.3 예비 부품 확보

작전 중 신속한 복구를 위해 필수 부품을 사전에 확보해두는 전략이 필요하다.

- 지역별 부품 저장소 구축: 작전 지역 근처에 예비 부품을 보관, 신속한 접근을 가능하게 한다.
- 예비 부품 공유 플랫폼: 여러 무인체계 간 호환 가능한 부품을 설계하여 효율성을 높인다.

Table 3는 앞에서 언급한 취약성 감소 대책을 요약하여 정리한 것이다.

Table 3. Recoverability enhancement measures

Measures	Detailed plan	Expected effect
Autonomous recovery technology	▪ AI-based automatic recovery system	▪ Rapid post-damage recovery
Modular design	▪ Design with replaceable components	▪ Improved maintenance efficiency
Spare parts stockpiling	▪ Pre-stocking essential components	▪ Increased system resilience during operations

4. 설계 단계별 적용 방안

무인전력의 생존성을 확보하기 위해 설계 단계에서부터 이를 체계적으로 반영하는 것은 필수적이다. 무인전력의 설계 과정은 일반적으로 건조 가능성 검토, 개념 설계, 기본 설계, 상세 설계 및 검증으로 이루어진다. 각 단계에서는 피격성, 취약성, 회복성을 종합적으로 고려하여, 실제 운용 환경에서 최적의 생존성을 보장할 수 있도록 설계가 이루어져야 한다. 본 장에서는 각 설계 단계별로 적용 가능한 생존성 강화 방안을 구체적으로 논의한다.

4.1 건조 가능성 검토

무인전력 설계의 첫 번째 단계로, 설계 방향성과 주요 요구사항을 설정하는 데 중점을 둔다. 이 단계에서는 생존성을 포함한 무인전력의 핵심 성능 요구사항과 운용 환경에 대한 분석이 이루어진다.

4.1.1 위협 분석 및 생존성 요구사항 도출

위협 분석은 무인전력이 투입될 작전 환경과 적 위협 요소를 파악하는 작업이다. 이를 통해 적의 주요 탐지·공격 수단을 식별하고, 생존성 강화를 위한 설계 방향을 설정한다. 주요 분석 요소는 다음과 같다.

- 적의 탐지 수단: 레이더, 적외선 탐지기, 음향 탐지기 등
- 적의 공격 수단: 미사일, 어뢰, 전자전 장비 등
- 분석 결과를 바탕으로 무인전력의 생존성 요구사항을 정의한다. 예를 들어, 탐지 가능성을 줄이기 위한 스텔스 설계 요구사항, 충격 완화를 위한 구조적 이중화 등이 포함될 수 있다.

4.1.2 생존성 목표 설정

생존성 목표는 피격성, 취약성, 회복성의 세 가지 요소로 세분화하여 설정한다.

- 피격성 목표 예시: 적 탐지 확률을 10% 이하로 제한
- 취약성 목표 예시: 공격 성공 시 주요 기능 유지

율 90% 이상

- 회복성 목표 예시: 손상 발생 후 1시간 이내 복구율 80% 이상

4.1.3 운용 환경 시뮬레이션

무인전력이 작전에 적용될 운용 환경을 시뮬레이션하여 생존성 요구사항이 충족되는지를 검토한다.

- 예시: 적의 레이더 반사 범위와 무인체계의 스텔스 성능 간 상호작용 분석

4.2 개념 설계

개념 설계는 무인전력의 임무 및 작전운용 시나리오를 기반으로 생존성을 반영한 초기 설계 방향을 구체화하는 단계이다. 이 단계에서는 각 구성 요소에 대한 기술적 요구사항을 상세히 정의한다.

4.2.1 생존성 강화 기술 통합

생존성을 높이기 위해 피격성 감소 기술, 취약성 감소 기술, 회복성 향상 기술을 통합적으로 반영한다.

- 피격성 감소 기술: RAM, 스텔스 설계, 전자전 장비 통합
- 취약성 감소 기술: 복합소재 적용, 구조적 이중화 설계
- 회복성 향상 기술: AI 기반 자율 복구 시스템, 모듈형 설계

4.2.2 설계 시나리오 개발

작전운용 시나리오에 따라 무인전력의 설계 방향을 조정한다. 예를 들어, 적의 레이더 탐지망을 회피하기 위한 저고도 항로 설계, 전자전 환경에서의 신호 교란 시나리오 등이 포함된다.

4.2.3 초기 생존성 검증

개념 설계 단계에서는 초기 모델(prototype)을 바탕으로 무인전력의 생존성을 검증한다.

- 디지털 트윈 기반 테스트: 가상 환경에서 설계된 무인전력의 생존성을 시뮬레이션으로 검증
- 모델링 및 시뮬레이션: 피격성, 취약성, 회복성을 정량적으로 분석

4.3 기본 설계

개념 설계를 기반으로 세부적인 설계가 진행된다. 실제로 적용 가능한 기술적 요소를 구체화하며, 생존성 설계의 실질적인 구현 가능성을 검증한다.

4.3.1 기술 검증 및 최적화

각 구성 요소의 설계가 기술적으로 구현 가능한지 검토하고 최적화한다.

- 스텔스 성능 평가: RAM과 복합소재의 효과를 실험적으로 검증
- 충격 저항성 테스트: 복합소재 및 구조 설계가 외부 충격을 얼마나 잘 견딜 수 있는지 평가

4.3.2 비용 대비 효과 분석

생존성을 강화하기 위한 설계 요소가 비용 효율적인지 분석한다.

- 예시: 스텔스 성능을 높이기 위해 RAM을 사용하는 경우, 추가 비용 대비 탐지 확률 감소 효과 분석

4.3.3 생존성 테스트

기본 설계 단계에서는 모형을 제작하여 무인전력의 생존성 테스트를 수행한다.

- 환경 시험: 무인전력이 다양한 환경 조건에서 생존성을 유지하는지 평가
- 운용 시험: 적 가상 시나리오에서 무인전력의 생존성 테스트 수행

4.4 상세 설계 및 검증

상세 설계 단계에서는 설계 요소를 실제 무인전력

플랫폼에 구현하며, 테스트와 검증을 통해 무인전력의 생존성을 최종 확인한다.

4.4.1 생존성 설계 구현

기본 설계에서 검증된 생존성 요소를 실제 무인전력 플랫폼에 적용한다.

- RAM 및 복합소재를 사용한 외형 설계
- AI 기반 자율 복구 시스템 통합

4.4.2 테스트 및 평가

상세 설계가 완료된 무인전력은 다양한 테스트와 평가를 통해 생존성을 검증받는다.

- 실험실 테스트: 충격, 온도, 압력 조건에서 생존성 검증
- 현장 테스트: 실제 작전 환경에서 적의 위협을 가정한 생존성 시험

4.4.3 설계 피드백 및 수정

테스트 결과를 바탕으로 설계를 수정하고 무인전력의 생존성을 최적화한다. Table 4는 앞의 설계 단계별 생존성 적용 방안을 요약·정리한 것이다.

Table 4. Summary of survivability integration by design phase

Design phase	Key activities	Incorporation of survivability elements
Feasibility review	• Mission environment analysis, requirements definition	• Threat-based requirements development
Conceptual design	• Shape design, integration of survivability technologies	• Stealth design, cost-effectiveness analysis
Basic design	• Parameter settings, simulation performance	• Verification of RCS reduction and shock mitigation design
Detailed design & construction	• Implementation of survivability elements, testing and evaluation	• Improved recoverability, assessment of production feasibility

5. 정책적 시사점

무인전력의 생존성을 강화하기 위해서는 기술적 접근뿐 아니라 정책적 지원과 체계적 관리 방안이 병행되어야 한다. 본 연구에서는 다음의 세 가지 주요 정책적 시사점을 제시한다.

5.1 설계 기준의 차별화

기존 유인전력 설계 기준은 무인전력에 그대로 적용하기에 부적절할 수 있다. 무인전력의 특성과 작전 환경을 반영한 독자적인 설계 기준과 가이드라인이 필요하다. 첫째, 무인전력의 피격성을 줄이기 위한 스텔스 설계와 전자전 기술은 반드시 설계 초기 단계에서 고려되어야 한다. 이를 위해 무인전력 전용 스텔스 설계 표준과 전자전 성능 지침을 마련해야 한다. 둘째, 무인전력의 취약성 감소를 위해 무인전력의 내구성 강화와 이중 구조화가 필수적이다. 이를 위해 구조 설계의 이중화 요구사항을 명확히 하고, 생존성 강화 재료의 사용을 규정해야 한다. 셋째, 무인전력의 회복성 향상을 위해 자율 복구 기술과 모듈형 설계를 설계 기준에 포함해야 한다. 이와 함께 무인체계의 복구 속도를 평가하는 성능 테스트 항목을 새롭게 추가해야 한다.

5.2 Two-track 접근법

무인전력은 작전 환경과 임무 특성에 따라 생존성 요구사항이 달라질 수 있다. 이를 반영한 two-track 접근법을 제안하며, 이러한 접근법은 자원의 효율적 분배와 무인체계의 임무별 최적화를 가능하게 한다.

- 소형·소모성 전력: 소형 무인전력은 저비용 대량생산이 가능해야 하며, 생존성 요구사항을 최소화하여 소모성 플랫폼으로 활용할 수 있다. 예를 들어, 정찰 임무에 사용되는 무인체계는 높은 생존성을 요구하지 않으므로, 비용 대비 효율성에 초점을 맞춘 설계가 적합하다.
- 대형·생존성 전력: 대형 무인전력은 고비용 고성능 체계로, 높은 생존성을 갖추고 장기적으로 작전 수행이 가능해야 한다. 예를 들어, 공격 및 방어 임무를 수행하는 무인전력은 피격

성, 취약성, 회복성 모두를 고려한 설계가 요구된다.

5.3 디지털 트윈 기반의 생존성 관리

디지털 트윈 기술은 무인전력의 설계와 운용 전반에서 생존성을 체계적으로 관리할 수 있는 도구로 주목받고 있다.

- 설계 단계에서의 디지털 트윈 활용: 디지털 트윈 기술을 활용하여 설계 단계에서 생존성 요소를 시뮬레이션하고, 예상되는 위협 작전 환경에서의 생존성을 사전에 검증할 수 있다. 예를 들어, 다양한 위협 조건에서 피격성과 취약성을 평가하는 시뮬레이션을 통해 설계안을 최적화할 수 있다.
- 운용 단계에서의 디지털 트윈 활용: 실시간 데이터를 기반으로 무인전력의 상태를 모니터링하고, 손상 가능성을 사전에 탐지하여 대응 방안을 제시할 수 있다. 예를 들어, 회복성 향상을 위해 손상 발생 가능성을 예측하고 복구 시나리오를 자동으로 생성하는 시스템이 포함될 수 있다.
- 통합 생존성 데이터베이스 구축: 디지털 트윈을 활용한 운용 데이터는 생존성 관리에 중요한 자료가 된다. 이를 바탕으로 통합 데이터베이스를 구축하고, 무인전력 설계와 운용 개선에 활용해야 한다.

5.4 정책적 추진 방향

무인전력의 생존성을 확보하기 위해 정부와 군은 다음과 같은 방향으로 정책을 추진해야 한다.

- 산학연 협력 강화: 무인전력의 생존성 기술 개발을 위해 산학연 간 협력 체계를 구축하고, 기술 개발에 필요한 투자지원 여건을 확대해야 한다.
- 표준화된 성능 평가 체계 구축: 무인전력의 생존성을 객관적으로 평가하기 위한 표준화된 성능 평가 체계를 마련해야 한다. 이는 생존성 강화 기술의 채택 여부를 판단하는 데 중요한

기준이 될 것이다.

- 장기적인 R&D 투자 계획 수립: 무인전력의 생존성 향상을 위한 기술 개발은 장기적인 관점에서 추진되어야 한다. 이를 위해 정부는 연구 개발 투자 로드맵을 수립하고, 중장기적으로 기술 개발 방향성을 제시해야 한다.

6. 결론

현대 전장의 변화로 인해 유·무인 복합체계에 의한 무인전력의 효과적 운용과 함께 대형화·고가치 플랫폼으로 발전하고 있는 무인전력의 생존성 보장이 중요한 요소로 부각되고 있다. 본 연구에서는 무인전력의 생존성을 구성하는 세 가지 요소인 피격성, 취약성, 회복성을 중심으로, 설계와 운용 전반에서 이를 강화할 수 있는 방안을 제시하였다.

첫째, 무인전력의 피격성은 적의 탐지 가능성을 최소화하는 기술과 설계를 통해 감소될 수 있음을 논의하였다. 특히, 스텔스 설계와 전자전 기술은 적의 레이더 탐지와 교란에 효과적으로 대응할 수 있는 핵심 기술로 평가되었다. 둘째, 취약성 감소를 위해 이중 구조화, 내구성 강화 설계, 충격 완화 기술을 제시하였다. 이는 적의 공격으로부터 피격을 받았을 때 주요 기능의 손상을 최소화하고, 플랫폼의 작전 지속성을 보장하는 데 중요한 역할을 한다. 셋째, 회복성 향상을 위해 자율 복구 기술, 모듈형 설계, 예비 부품 확보와 같은 방안을 강조하였다. 이러한 기술은 무인전력이 손상을 받은 이후 신속히 복구하여 다시 임무를 지

속 수행할 수 있도록 지원한다.

또한, 본 연구는 설계 단계별로 무인전력의 생존성을 체계적으로 적용하기 위한 방안을 제시하였다. 건조 가능성 검토 단계에서의 위협 분석과 생존성 요구 사항 정의, 개념 설계 단계에서의 기술 통합, 기본 설계 단계에서의 시뮬레이션 검증, 상세 설계 및 건조 단계에서의 실질적 구현과 검증이 필요함을 제시하였으며 이는 무인전력의 생존성 확보를 위한 중요한 과정임을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Defense Science Board. (2023). Future Unmanned Systems in Defense Operations.
- [2] Air Force Research Laboratory. (2022). Loyal Wingman Program Overview.
- [3] 한국국가전략연구원. (2024). 무인전력 생존성 개념 정립을 위한 군요구조건 최적화 연구.
- [4] Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2019). Systems Engineering and Analysis.
- [5] Hecht, J. (2022). The Role of Stealth in Modern Unmanned Systems.
- [6] Clark, T. et al. (2021). Unmanned Systems in Naval Operations.
- [7] U.S. DoD. (2017). Survivability Policy and Standards for Surface Ships and Craft of the U.S. Navy, OPNAV Instruction 9070.1B.
- [8] Defense Innovation Unit. (2023). Applications of AI in Defense Unmanned Systems.
- [9] Office of Naval Research. (2021). Future Naval Technology for Autonomous Systems.