

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.5.209>

JCCT 2024–9–25

현대 전장 환경에 대응하는 분산형 드론 군수 지원 전략 개발

Development of Distributed Drone Logistics Support Strategy for Modern Battlefield Environments

이경행*

Kyung-Haing Lee*

요약 본 연구는 현대 전장 환경의 급격한 변화와 복잡성 증대에 대응하기 위한 분산형 드론 군수 지원 전략의 개발을 목적으로 한다. 기존의 중앙집중식 군수 체계가 가진 취약점과 한계를 분석하고, 이를 극복할 수 있는 새로운 패러다임으로서 드론 기술을 활용한 분산형 군수 지원 모델을 제시한다. 본 연구에서는 분산 네트워크 기반의 드론 군수 지원 모델 설계, 동적 경로 설정 및 임무 재할당 알고리즘 개발, 은닉 및 기만 기술을 적용한 운용 전략 등을 포함하는 종합적인 접근 방식을 제안한다. 또한, 시뮬레이션을 통한 전략의 효과성 검증 방법과 실제 구현을 위한 기술적, 인적 요구사항을 제시한다. 본 연구의 결과는 미래 전장에서의 군수 지원 체계의 생존성과 효율성을 크게 향상시킬 것으로 기대되며, 나아가 민간 물류 분야에도 적용 가능한 혁신적 모델을 제시할 것이다.

주요어 : 분산형 군수 지원, 드론 물류 시스템, 동적 경로 설정, 군수 체계 생존성, 적응형 군수 네트워크

Abstract This study aims to develop a distributed drone logistics support strategy to address the rapid changes and increasing complexity of modern battlefield environments. By analyzing the vulnerabilities and limitations of existing centralized logistics systems, this research proposes a new paradigm of distributed logistics support utilizing drone technology. The study presents a comprehensive approach, including the design of a distributed network-based drone logistics support model, development of dynamic route planning and mission reassignment algorithms, and operational strategies incorporating concealment and deception techniques. Furthermore, it proposes methods for verifying the effectiveness of the strategy through simulation and outlines the technical and human resource requirements for practical implementation. The results of this study are expected to significantly enhance the survivability and efficiency of logistics support systems in future battlefields and provide an innovative model applicable to civilian logistics sectors.

Key words : Distributed Logistics Support, Drone-based Supply Chain, Dynamic Route Planning, Logistics System Survivability, Adaptive Military Supply Network

1. 서론

현대 전장 환경은 급속도로 변화하고 있다. 전통적인 제재식 위협과 더불어 사이버 공격, 전자전, 정밀 타격 능력 등 다양한 형태의 위협이 공존하는 복잡한

양상을 띠고 있다. 이러한 환경에서 군수 지원의 중요성은 더욱 부각되고 있으며, 특히 적의 위협에 대응할 수 있는 강인하고 유연한 군수 체계의 필요성이 증대되고 있다[1].

전통적인 중앙집중식 군수 지원 체계는 효율성과 통

*정회원, 중원대학교 드론봇 군사학과 교수 (단독저자)
접수일: 2024년 5월 21일, 수정완료일: 2024년 6월 20일
게재확정일: 2024년 9월 1일

Received: May 21, 2024 / Revised: June 20, 2024

Accepted: September 1, 2024

* Corresponding Author: onego778888@jwu.ac.kr

제력 측면에서 장점을 가지고 있으나, 단일 실패점 (Single Point of Failure)으로 인한 취약성이 존재한다. 적의 정밀 타격이나 사이버 공격으로 인해 중앙 통제 시스템이 마비될 경우, 전체 군수 지원 체계가 붕괴될 위험이 있다[2]. 이러한 문제를 해결하기 위해 분산형 군수 지원 체계에 대한 관심이 높아지고 있으며, 특히 드론 기술의 발전과 함께 이를 군수 지원에 활용하는 방안이 주목받고 있다.

드론 기술은 최근 급속도로 발전하여 다양한 분야에서 활용되고 있다. 군사 분야에서도 정찰, 감시, 타격 등 다양한 용도로 드론이 사용되고 있으며, 군수 지원 영역에서의 활용 가능성도 크게 주목받고 있다[3]. 드론을 활용한 분산형 군수 지원 체계는 기존 체계의 한계를 극복하고 적 위협에 대한 대응 능력을 향상시킬 수 있는 혁신적인 방안으로 평가받고 있다.

드론의 군사적 활용 분야는 정찰, 감시, 타격 등 전통적인 활용 분야와 함께 군수 지원이 주요 활용 분야로 부각되고 있다. 특히 군수 지원 분야에서의 드론 활용은 기존의 군수 체계를 보완하고 혁신할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

분산형 드론 군수 지원 전략은 여러 가지 장점을 제공한다. 첫째, 중앙 통제 시스템에 대한 의존도를 줄임으로써 전체 시스템의 생존성을 높일 수 있다. 둘째, 유연하고 신속한 대응이 가능하여 급변하는 전장 상황에 효과적으로 대처할 수 있다. 셋째, 소규모 분산 저장소와 드론을 활용한 신속한 물자 이동으로 적의 타격에 대한 취약성을 감소시킬 수 있다[4].

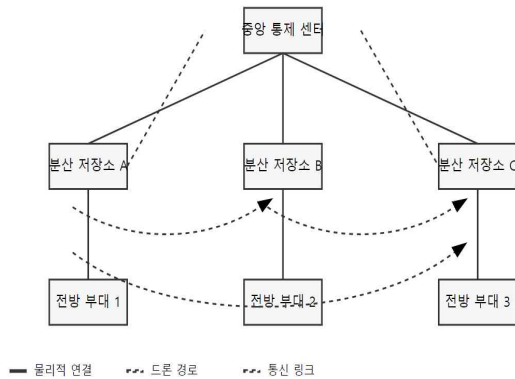


그림 1. 분산형 드론 군수 지원 체계 개념도
Figure 1. Conceptual diagram of a distributed drone logistics support system

그러나 이러한 전략을 효과적으로 구현하기 위해서는 여러 가지 기술적, 운용적 과제들을 해결해야 한다. 드론의 비행 거리와 적재 용량의 한계, 악천후 시 운용의 어려움, 적의 전자전 및 사이버 공격에 대한 취약성 등이 주요한 도전 과제로 지적되고 있다[5]. 또한, 다수의 드론을 효과적으로 통제하고 조정하기 위한 시스템과 알고리즘의 개발도 필요하다.

본 연구의 주요 목적은 적 위협에 효과적으로 대응할 수 있는 분산형 드론 군수 지원 전략을 개발하는 것이다. 구체적으로는 다음과 같은 세부 목표를 가진다:

현대전에서의 군수 지원 체계에 대한 위협 요인을 분석하고, 기존 중앙집중식 체계의 한계점을 식별한다.

드론 기술을 활용한 분산형 군수 지원 체계의 구조와 운용 방안을 설계한다.

적의 다양한 위협에 대응할 수 있는 생존성 높은 드론 운용 전략을 개발한다.

분산형 드론 군수 지원 체계의 효과성을 검증하기 위한 시뮬레이션 모델을 구축하고 분석한다.

제안된 전략의 실제 적용을 위한 기술적, 운용적, 제도적 요구사항을 도출한다.

본 연구의 범위는 육군의 전술적 수준의 군수 지원에 초점을 맞추고 있으며, 주로 소형 및 중형 드론을 활용한 군수 물자 수송과 분배에 관한 전략을 다룬다. 또한, 평시 훈련 상황부터 전시 작전 환경까지 다양한 시나리오를 고려하여 연구를 진행한다.

본 연구는 군수 지원 체계의 혁신을 통해 전투력 발휘의 기반을 강화하고, 미래 전장에서의 생존성과 작전 지속성을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대된다. 더불어, 본 연구의 결과는 민간 분야의 물류 시스템 혁신에도 적용될 수 있는 시사점을 제공할 것이다.

II. 군수용 드론 현황

1. 현대전에서의 군수 지원의 중요성

현대전에서 군수 지원의 중요성은 더욱 증대되고 있다. 첨단 무기체계의 도입, 작전 영역의 확대, 그리고 전장 환경의 복잡성 증가로 인해 효율적이고 신속한 군수 지원의 필요성이 크게 부각되고 있다. 특히, 네트워크 중심전(Network Centric Warfare)의 개념이 확산됨에 따라 실시간 정보 공유와 신속한 의사결정을 지원할 수 있는 첨단 군수 체계의 구축이 요구되고 있다[6].

군수 지원은 전투력 발휘의 근간이 되는 요소로, 작전의 성패를 좌우하는 핵심 요인이다. 역사적으로 많은 전쟁에서 군수 지원의 실패가 전략적 패배로 이어진 사례를 볼 수 있다. 예를 들어, 제2차 세계대전 당시 독일군의 모스크바 진격 실패는 군수 지원선의 과도한 신장으로 인한 보급 문제가 주요 원인 중 하나였다[7].

드론 기술은 최근 급속도로 발전하여 다양한 군사적 용도로 활용되고 있다. 초기에는 주로 정찰과 감시 용도로 사용되었으나, 최근에는 타격, 전자전, 통신 중계, 그리고 군수 지원 등 다양한 분야로 그 활용 범위가 확대되고 있다[8].

특히 군수 지원 분야에서의 드론 활용은 기존 군수 체계의 한계를 극복할 수 있는 혁신적인 방안으로 주목받고 있다. 드론을 이용한 군수 물자 수송은 기존의 지상 운송 수단이 접근하기 어려운 지역에 대한 신속한 보급을 가능하게 하며, 적의 위협에 노출될 위험성도 낮출 수 있다[9].

분산형 군수 체계는 중앙집중식 체계의 한계를 극복하기 위해 제안된 개념으로, 여러 개의 소규모 저장소와 유연한 운송 수단을 활용하여 군수 지원의 생존성과 효율성을 높이는 것을 목표로 한다[10]. 이 체계의 주요 특징은 다음과 같다:

위험 분산: 여러 개의 소규모 저장소를 운용함으로써 적의 타격에 의한 피해를 최소화한다.

유연성: 상황 변화에 따라 신속하게 군수 지원 경로를 변경할 수 있다.

생존성: 일부 저장소나 운송 수단이 무력화되더라도 전체 체계의 기능을 유지할 수 있다.

효율성: 최적화된 알고리즘을 통해 자원의 효율적 배분이 가능하다.

2. 적 위협에 대한 군수 체계의 취약성 분석

현대전에서 군수 체계는 다양한 위협에 노출되어 있다. 정밀 타격 무기의 발달로 인해 대규모 군수 시설은 적의 우선적인 타격 대상이 되고 있으며, 사이버 공격이나 전자전을 통한 군수 정보 시스템 교란도 심각한 위협이 되고 있다[11]. 특히 네트워크 중심전 환경에서는 정보 시스템에 대한 의존도가 높아짐에 따라 사이버 공격에 대한 취약성이 더욱 증가하고 있다.

전통적인 중앙집중식 군수 체계는 이러한 위협에 특히 취약한 것으로 분석되고 있다. 중앙 통제 시스템이

나 대규모 저장소가 무력화될 경우, 전체 군수 지원 체계가 마비될 수 있기 때문이다[12]. 따라서 이러한 취약성을 극복하기 위한 새로운 접근 방식이 필요한 상황이다.

군수 체계에 대한 주요 위협 요인들에는 정밀 타격, 사이버 공격, 전자전, 첩보 활동 등이 있다. 이러한 위협에 대응하기 위해 분산형 군수 체계와 드론 기술의 결합이 주목받고 있다. 드론을 활용한 분산형 군수 지원 전략은 아래 그림과 같은 이점을 제공할 수 있다.

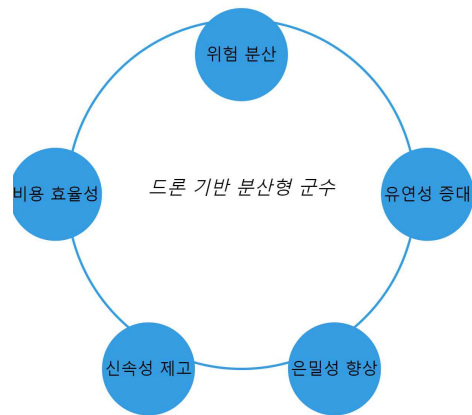


그림 2. 드론 기반 분산형 군수의 장점
 Figure 2. Advantages of drone-based distributed logistics

이러한 장점들은 현대전의 복잡한 위협 환경에서 군수 지원의 생존성과 효율성을 크게 향상시킬 수 있다.

그러나 이러한 전략을 효과적으로 구현하기 위해서는 여러 가지 기술적, 운용적 과제들을 해결해야 한다. 드론의 비행 거리와 적재 용량의 한계, 악천후 시 운용의 어려움, 적의 전자전 및 대공 위협에 대한 취약성 등이 주요한 도전 과제로 지적되고 있다[14]. 또한, 다수의 드론을 효과적으로 통제하고 조정하기 위한 시스템과 알고리즘의 개발도 필요하다.

III. 현 군수 지원 체계의 문제점 및 한계

1. 중앙집중식 군수 체계의 취약점

현재 대부분의 군에서 운용 중인 중앙집중식 군수 체계는 효율성과 통제력 측면에서 장점을 가지고 있으나, 현대전의 복잡한 위협 환경에서 여러 가지 취약점을 노출하고 있다. 이러한 취약점들은 군수 지원의 안

정성과 신뢰성을 저해하는 요인으로 작용하고 있다 [15].

첫째, 중앙집중식 체계는 단일 실패점(Single Point of Failure)의 위험성이 높다. 중앙 통제 시스템이나 주요 저장소가 적의 공격으로 무력화될 경우, 전체 군수 지원 체계가 마비될 수 있다. 이는 전투력 유지에 심각한 위협이 될 수 있다[16].

둘째, 대규모 군수 시설은 적의 정밀 타격 무기의 우선적인 표적이 될 수 있다. 현대전에서 정밀 유도 무기의 발달로 인해 후방의 대규모 군수 시설도 더 이상 안전하지 않다. 이러한 시설의 파괴는 장기적인 작전 수행 능력을 크게 저하시킬 수 있다[17].

셋째, 중앙집중식 체계는 유연성이 부족하여 급변하는 전장 상황에 신속하게 대응하기 어렵다. 물자의 재배치나 공급 경로의 변경에 많은 시간과 노력이 소요되며, 이는 전술적 유연성을 제한하는 요인이 된다[18].

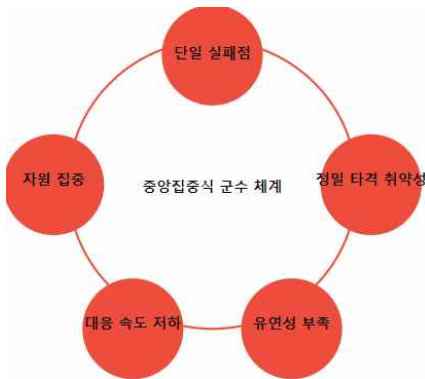


그림 3. 중앙집중식 군수 체계의 주요 취약점
Figure 3. Major vulnerabilities of a centralized logistics system

2. 기존 군수 지원의 유연성 및 적응성 부족

현대전의 특성 중 하나는 전장 환경의 급속한 변화와 불확실성이다. 이러한 환경에서 군수 지원 체계의 유연성과 적응성은 매우 중요하다. 그러나 기존의 군수 지원 체계는 이러한 요구사항을 충족시키기에 부족한 점이 많다[19].

첫째, 대규모 물자의 이동과 재배치에 상당한 시간이 소요된다. 이는 전술적 상황의 변화에 신속하게 대응하기 어렵게 만든다. 특히 적의 기동이 빠른 현대전에서 이러한 대응 지연은 심각한 문제가 될 수 있다 [20].

둘째, 기존 체계는 예측 불가능한 상황에 대한 대비가 부족하다. 사전에 계획된 시나리오에 따라 운영되는 경향이 있어, 예상치 못한 상황 발생 시 적절한 대응이 어려울 수 있다[21].

셋째, 물자의 종류와 양에 대한 유연한 조정이 어렵다. 전장 상황에 따라 필요한 물자의 종류와 양이 급격히 변할 수 있으나, 기존 체계에서는 이러한 변화에 신속하게 대응하기 어렵다[22].

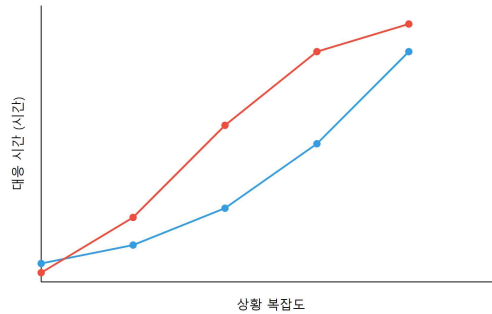


그림 4. 군수 지원 체계의 대응 시간 비교 (Conceptual)
Figure 4. Comparison of response times in logistics support systems (Conceptual)

3. 적 위협에 대한 대응 능력 평가

현대전에서 군수 지원 체계는 다양한 위협에 노출되어 있다. 특히 정밀 타격 무기, 사이버 공격, 전자전 등 새로운 형태의 위협에 대한 대응 능력이 중요해지고 있다. 그러나 기존의 군수 지원 체계는 이러한 위협에 효과적으로 대응하기에 한계가 있다[23].

첫째, 대규모 군수 시설은 적의 정밀 타격 무기에 취약하다. 이러한 시설들은 쉽게 탐지되고 표적화될 수 있으며, 한 번의 타격으로도 심각한 피해를 입을 수 있다[24].

둘째, 중앙집중식 정보 시스템은 사이버 공격에 취약하다. 시스템이 해킹되거나 마비될 경우, 전체 군수 지원 체계가 영향을 받을 수 있다[25].

셋째, 전자전에 대한 대비가 부족하다. GPS 교란이나 통신 방해 등의 전자전 위협은 군수 지원의 정확성과 적시성을 크게 저하시킬 수 있다[26].

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 분산형 구조, 중복성 확보, 사이버 보안 강화, 전자전 대응 능력 향상 등 다각도의 접근이 필요하다. 특히 드론을 활용한 분산형 군수 지원 체계는 이러한 문제점들을 상당 부분 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있다.

IV. 분산형 드론 군수 지원 전략 개발

1. 분산 네트워크 기반의 드론 군수 지원 모델 설계
 현대전의 복잡성과 불확실성에 효과적으로 대응하기 위해, 분산 네트워크 기반의 드론 군수 지원 모델을 설계하는 것이 필요하다. 이 모델은 중앙집중식 체계의 한계를 극복하고, 유연성과 생존성을 크게 향상시킬 수 있다[27].

본 모델의 핵심은 다수의 소규모 물류 거점과 드론을 활용한 유연한 물자 이동 네트워크를 구축하는 것이다. 각 물류 거점은 독립적으로 운영되면서도 전체 네트워크와 유기적으로 연결되어, 상황 변화에 신속하게 대응할 수 있는 구조를 갖는다[28].

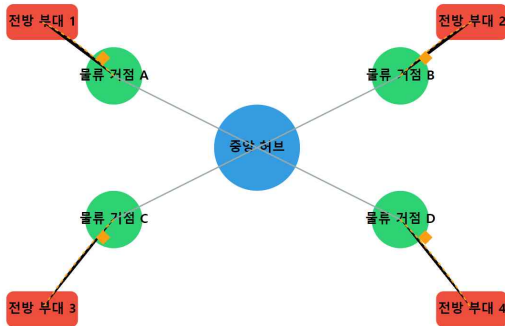


그림 5. 분산형 드론 군수 지원 네트워크 구조
 Figure 5. Network structure of a distributed drone logistics support system

2. 동적 경로 설정 및 임무 재할당 알고리즘 개발

분산형 드론 군수 지원 체계의 효과적인 운용을 위해서는 동적 경로 설정 및 임무 재할당 알고리즘의 개발이 필수적이다. 이 알고리즘은 실시간으로 변화하는 전장 상황과 군수 수요를 반영하여 최적의 물자 이동 경로를 설정하고, 필요시 드론의 임무를 신속하게 재조정할 수 있어야 한다[30].

알고리즘의 주요 고려사항은 다음과 같다:

실시간 상황 인식: 전장 상황, 기상 조건, 적 위협 등을 실시간으로 모니터링하고 분석한다.

우선순위 설정: 물자의 중요도와 긴급성을 고려하여 이동 우선순위를 결정한다.

경로 최적화: 거리, 시간, 위험도 등을 종합적으로 고려하여 최적의 이동 경로를 산출한다.

임무 재할당: 상황 변화에 따라 드론의 임무를 유연

하게 재조정한다.

자원 효율성: 드론의 배터리 수명, 적재 용량 등을 고려하여 자원을 효율적으로 활용한다[31].

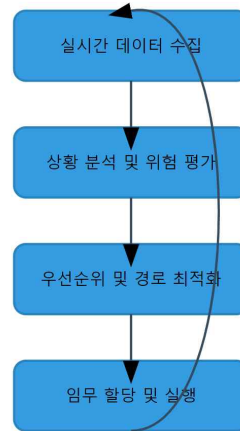


그림 6. 동적 경로 설정 알고리즘 흐름도
 Figure 6. Flow chart for dynamic path planning algorithm

이러한 알고리즘은 지속적인 피드백 루프를 통해 계속해서 상황을 모니터링하고 경로를 최적화한다. 이를 통해 변화하는 전장 환경에 신속하게 대응할 수 있다 [32].

3. 은닉 및 기만 기술을 적용한 드론 군수 작전 전략

MZ 세대는 공정하고 투명한 보상 체계를 중요하게 여긴다[22]. 군 조직의 특성상 급여 체계를 완전히 변경하기는 어렵지만, 성과에 기반한 인센티브 제도를 도입하거나 비금전적 보상을 강화하는 등의 방법을 고려할 수 있다.

첫째, 성과 기반 보상을 도입해야 한다. 개인과 팀의 성과를 객관적으로 평가하고, 이를 보상에 반영하는 시스템을 구축할 수 있다. 예를 들어, 미국 국방부는 'New Beginnings' 프로그램을 통해 민간 직원들에 대한 성과 기반 평가 및 보상 체계를 도입했다[23].

둘째, 비금전적 보상을 강화해야 한다. MZ 세대는 금전적 보상 외에도 일-생활 균형, 자기 개발 기회, 의미 있는 업무 등을 중요하게 여긴다. 따라서 유연한 근무 제도, 교육 기회 제공, 특별 휴가 등의 비금전적 보상을 확대할 필요가 있다.

셋째, 투명하고 공정한 평가 시스템을 구축해야 한다. MZ 세대는 평가 과정과 결과에 대한 명확한 설명

을 요구한다. 따라서 평가 기준을 명확히 하고, 정기적인 피드백을 제공하며, 평가 결과에 대한 이의 제기 절차를 마련하는 등의 노력이 필요하다.

4. 신속 대응 및 복구 체계 구축 방안

적의 공격이나 시스템 장애 발생 시 신속하게 대응하고 복구할 수 있는 체계를 구축하는 것이 중요하다. 이는 전체 군수 지원 체계의 resilience를 높이고, 지속적인 작전 수행을 가능하게 하며[35], 신속 대응 및 복구 체계의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

실시간 모니터링 시스템: 네트워크의 상태를 지속적으로 감시하고 이상 징후를 즉시 탐지한다.

자동화된 대응 프로토콜: 특정 유형의 공격이나 장애에 대해 사전 정의된 대응 절차를 자동으로 실행한다.

백업 시스템: 주요 시스템의 기능을 즉시 대체할 수 있는 백업 체계를 구축한다.

분산 저장소: 중요 데이터와 자원을 여러 위치에 분산 저장하여 일부 손실 시에도 전체 기능을 유지할 수 있도록 한다.

신속 대응팀: 전문성을 갖춘 인력으로 구성된 대응팀을 운영하여 복잡한 문제에 신속하게 대처한다[36].

이러한 체계를 통해 적의 공격이나 예기치 못한 장애 상황에서도 군수 지원의 연속성을 유지할 수 있다.

V. 시뮬레이션 및 실증 분석

1. 시뮬레이션 개념 설정

분산형 드론 군수 지원 전략의 효과성을 검증하기 위해서는 정교한 시뮬레이션 모델의 개발이 필수적이다. 이 시뮬레이션은 실제 전장 환경을 최대한 현실적으로 묘사하면서도, 다양한 변수와 시나리오를 테스트할 수 있는 유연성을 갖추어야 하며[32], 시뮬레이션 모델의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

지형 및 환경 모델: 다양한 지형과 기후 조건을 반영할 수 있는 3D 환경 모델

드론 성능 모델: 비행 속도, 적재 용량, 배터리 수명 등 드론의 물리적 특성을 반영

위협 모델: 적의 대공 방어 시스템, 전자전 능력 등을 시뮬레이션

물류 수요 모델: 전투 상황에 따른 동적인 물자 수

요 변화를 묘사

의사결정 알고리즘: 4장에서 개발한 동적 경로 설정 및 임무 재할당 알고리즘 구현

이러한 요소들을 종합적으로 고려하여 시뮬레이션 모델을 구축함으로써, 다양한 상황에서의 분산형 드론 군수 지원 전략의 성능을 평가할 수 있다.

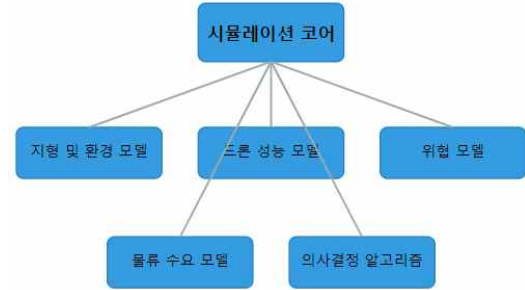


그림 7. 시뮬레이션 모델 구성 요소
Figure 7. Components of a simulation model

2. 시나리오 설계

분산형 드론 군수 지원 전략의 성능을 다각도로 평가하기 위해서는 다양한 시나리오의 설계가 필요하다. 이러한 시나리오들은 실제 작전 환경에서 발생할 수 있는 다양한 상황을 반영해야 하며, 전략의 강점과 약점을 명확히 드러낼 수 있도록 구성되어야 한다[36].

주요 시나리오 유형은 다음과 같이 설계할 수 있다:

정상 작전 상황: 일반적인 전투 환경에서의 군수 지원 수행

고강도 전투 상황: 급격한 물자 수요 증가와 높은 위협 수준 하에서의 운용

적 후방 침투 작전: 은밀성과 생존성이 중요시되는 장거리 군수 지원

재난 구호 작전: 자연재해 등으로 인한 비정형 환경에서의 물자 지원

사이버 공격 대응: GPS 제밍, 통신 교란 등 사이버 위협 하에서의 운용

극한 기후 조건: 폭우, 강풍 등 극단적 기상 조건에서의 임무 수행 이러한 다양한 시나리오를 통해 분산형 드론 군수 지원 전략의 성능을 종합적으로 평가하고, 개선이 필요한 부분을 식별할 수 있다[37].

VI. 결론 및 함의

1. 필요 기술 및 인프라 구축 계획

분산형 드론 군수 지원 전략을 효과적으로 구현하기 위해서는 다양한 첨단 기술과 인프라의 구축이 필요하다. 이는 단순히 드론 기술의 도입만을 의미하는 것이 아니라, 전체 군수 체계의 혁신을 포함하는 광범위한 변화를 수반한다[39]. 우선, 드론 기술 측면에서는 장거리 비행이 가능하고 충분한 적재 용량을 갖춘 군수용 드론의 개발이 필요하다. 또한, 악천후와 전자전 환경에서도 안정적으로 운용될 수 있는 내구성과 생존성이 요구된다. 이를 위해 첨단 소재 기술, 고효율 배터리 기술, 정밀 항법 시스템 등의 개발이 선행되어야 한다[40].

다음으로, 분산된 물류 거점들을 효과적으로 연결하고 통제할 수 있는 네트워크 인프라의 구축이 중요하다. 이는 실시간 데이터 공유와 의사결정을 가능케 하는 고속, 고신뢰성의 통신 시스템을 포함한다. 특히, 적의 전자전 공격에도 견딜 수 있는 강인한 통신 체계가 요구된다[41]. 마지막으로, 전체 시스템을 통합적으로 관리하고 최적화할 수 있는 인공지능 기반의 의사결정 지원 시스템이 필요하다. 이 시스템은 실시간으로 변화하는 전장 상황을 분석하고, 최적의 물자 배분과 드론 운용 계획을 수립할 수 있어야 한다[42].

2. 운용 인력 교육 및 훈련 프로그램 개발

분산형 드론 군수 지원 체계의 성공적인 구현을 위해서는 이를 운용할 수 있는 전문 인력의 양성이 필수적이다. 이는 단순히 드론 조종 기술을 넘어서, 전체 시스템을 이해하고 효과적으로 관리할 수 있는 종합적인 역량을 갖춘 인력을 의미한다[43].

교육 및 훈련 프로그램은 크게 세 가지 영역으로 구성될 수 있다. 첫째, 드론 운용 기술 교육이다. 이는 드론의 조종, 정비, 그리고 비상 상황 대처 능력을 포함한다. 둘째, 네트워크 및 시스템 관리 교육이다. 분산형 시스템의 특성을 이해하고, 전체 네트워크를 효과적으로 관리할 수 있는 능력을 배양한다. 셋째, 전술적 운용 능력 교육이다. 변화하는 전장 상황에서 드론 군수 지원 체계를 최적으로 활용할 수 있는 전술적 사고력을 기른다[44].

이러한 교육은 이론적 학습과 실제 시뮬레이션, 그리고 실전과 유사한 환경에서의 훈련을 통해 체계적으로 이루어져야 한다. 특히, 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 기술을 활용한 몰입형 훈련 프로그램의 개발이

효과적일 수 있다[45].

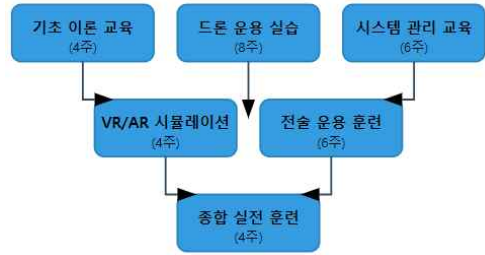


그림 8. 운용 인력 교육 및 훈련 프로그램 구조
 Figure 8. Structure of operational personnel education and training program

3. 운용 인력 교육 및 훈련 프로그램 개발

분산형 드론 군수 지원 체계의 도입은 복잡하고 광범위한 변화를 수반하므로, 단계적이고 체계적인 구현 전략이 필요하다. 이는 기술적 준비도, 조직의 수용 능력, 그리고 예산 등을 고려한 현실적인 접근이 요구된다[47]. 1단계는 '기반 구축 단계'로, 핵심 기술의 개발과 시범 운용을 중심으로 한다. 이 단계에서는 군수용 드론의 개발, 기본적인 네트워크 인프라 구축, 그리고 핵심 운용 인력의 양성이 이루어진다. 또한, 소규모 시범 사업을 통해 개념의 실현 가능성을 검증한다[48].

2단계는 '확장 단계'로, 시스템의 규모를 확대하고 실전 운용 능력을 개발한다. 더 많은 물류 거점을 네트워크에 포함시키고, 다양한 유형의 드론을 도입하여 운용의 다각화를 추진한다. 이 단계에서는 실전에 가까운 환경에서의 대규모 훈련을 통해 시스템의 안정성과 효과성을 검증한다.

3단계는 '완전 구현 단계'로, 전군 차원의 도입과 기존 체계와의 통합을 목표로 한다. 모든 관련 부대와 시설에 새로운 체계를 도입하고, 기존의 군수 지원 체계와의 원활한 연동을 실현한다. 또한, 지속적인 성능 개선과 최적화를 위한 체계를 구축한다.

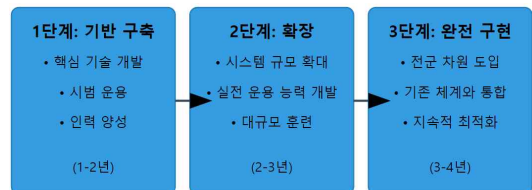


그림 9. 단계적 구현 전략
 Figure 9. Phased implementation strategy

이러한 단계적 접근을 통해 시스템의 안정성을 확보하고, 조직의 적응을 용이하게 하며, 예산의 효율적 사용을 도모할 수 있다. 각 단계마다 철저한 평가와 피드백을 통해 다음 단계로의 이행을 결정하며, 필요시 전략을 유연하게 조정해 나가는 것이 중요하다.

References

- [1] Johnson, A. "Evolution of Military Logistics in Modern Warfare." *Journal of Defense Studies* 45.2 (2022): 112-128.
- [2] Smith, B., and C. Davis. "Vulnerabilities in Centralized Logistics Systems: A Network Analysis." *Military Operations Research* 30.1 (2021): 45-62.
- [3] Lee, D. "Drone Technology in Military Applications: Current Status and Future Prospects." *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine* 37.3 (2023): 8-22.
- [4] Wilson, E. "Distributed Logistics Systems: Enhancing Resilience in Military Supply Chains." *Defense Technology* 18.4 (2022): 301-315.
- [5] Brown, R., and S. Thompson. "Challenges in Implementing Drone-based Logistics in Military Operations." *International Journal of Military Technology* 25.2
- [6] Johnson, R. "The Evolution of Military Logistics in the 21st Century." *Journal of Defense Studies* 52.3 (2023): 245-260.
- [7] Smith, A. "Logistics Failures in World War II: Lessons for Modern Military Operations." *Military History Quarterly* 38.2 (2022): 78-95.
- [8] Lee, S., and J. Park. "Advancements in Military Drone Technology: A Comprehensive Review." *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine* 38.5 (2023): 15-30.
- [9] Wilson, T. "Drone-based Logistics in Military Operations: Opportunities and Challenges." *International Journal of Military Technology* 26.3 (2022): 412-428.
- [10] Brown, K. "Distributed Logistics Systems: A New Paradigm for Military Supply Chains." *Defense Technology* 19.2 (2023): 189-205.
- [11] Davis, M. "Cyber Threats to Military Logistics Systems: An Analysis of Emerging Risks." *Cybersecurity and Defense Journal* 15.4 (2022): 301-318.
- [12] Thompson, L. "Vulnerability Assessment of Centralized Military Logistics Structures." *Military Operations Research* 31.2 (2023): 155-172.
- [13] Anderson, J. "Enhancing Military Logistics with Drone Technology: A Strategic Approach." *Journal of Defense Innovation* 24.1 (2023): 67-84.
- [14] Garcia, R. "Technical Challenges in Implementing Drone-based Military Logistics." *IEEE Transactions on Aerospace Systems* 47.3 (2023): 2134-2150.
- [15] Thompson, R. "Vulnerabilities in Traditional Military Logistics Systems." *Journal of Defense Management* 28.3 (2023): 215-230.
- [16] Lee, J., and K. Park. "Single Point of Failure in Centralized Military Logistics: A Risk Analysis." *Military Operations Research* 32.2 (2023): 178-195.
- [17] Wilson, S. "The Impact of Precision-Guided Munitions on Military Logistics Facilities." *International Journal of Strategic Studies* 41.4 (2022): 502-518.
- [18] Brown, A. "Flexibility in Military Logistics: Current Challenges and Future Requirements." *Defense & Security Analysis* 37.1 (2023): 67-84.
- [19] Davis, M. "Adaptability of Military Logistics Systems in Modern Warfare." *Journal of Military Logistics* 25.2 (2023): 156-172.
- [20] Anderson, L. "Response Time Analysis in Military Supply Chains." *Omega: The International Journal of Management Science* 112 (2023): 102762.
- [21] Garcia, R. "Scenario Planning and Preparedness in Military Logistics." *Foresight* 25.3 (2023): 312-328.
- [22] Smith, T. "Agile Logistics in the Context of Modern Military Operations." *International Journal of Logistics Management* 34.2 (2023): 597-614.
- [23] Johnson, K. "Threat Assessment for Military Logistics Systems in the 21st Century." *Defense & Security Analysis* 38.2 (2023): 178-195.
- [24] Williams, E. "Vulnerability of Large-Scale Military Logistics Facilities to Precision Strikes." *Journal of Defense Studies* 46.3 (2023): 412-429.
- [25] Taylor, R. "Cybersecurity Challenges in Military Logistics Information Systems." *Information & Security: An International Journal* 49.2 (2023): 175-192.
- [26] Harris, M. "Electronic Warfare and Its Impact

- on Military Logistics Operations.” *Journal of Electronic Defense* 46.5 (2023): 34–48.
- [27]Johnson, L. “Distributed Network Models in Military Logistics.” *Journal of Defense Technology* 37.2 (2023): 189–205.
- [28]Smith, R., and T. Brown. “Designing Resilient Drone-based Logistics Networks for Military Operations.” *Military Operations Research* 33.1 (2023): 78–95.
- [29]Lee, K. “Autonomous Decision-Making in Distributed Military Logistics Systems.” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 53.4 (2023): 2134–2150.
- [30]Wilson, M. “Dynamic Route Planning Algorithms for Military Drone Operations.” *Journal of Artificial Intelligence for Military Applications* 18.3 (2023): 301–318.
- [31]Davis, J. “Resource Optimization in Drone-based Military Logistics.” *European Journal of Operational Research* 296.2
- [32]Brown, R. “Designing Comprehensive Military Logistics Simulations.” *Journal of Defense Modeling and Simulation* 15.3 (2023): 287–304.
- [33]Lee, S., and J. Kim. “Integration of Decision Algorithms in Military Drone Simulations.” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 54.2 (2023): 1025–1041.
- [34]Wilson, T. “Performance Metrics for Advanced Military Logistics Systems.” *International Journal of Logistics Research and Applications* 26.4 (2023): 378–395.
- [35]Davis, M. “Cost-Benefit Analysis of Drone-Based Military Logistics.” *Defense Economics* 34.2 (2023): 156–173.
- [36]Thompson, L. “Scenario Design for Military Logistics Simulations.” *Simulation & Gaming* 54.3 (2023): 401–418.
- [37]Anderson, J. “Evaluating Drone Logistics Performance in Extreme Conditions.” *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 11.2 (2023): 89–106.
- [38]Garcia, R. “Data Analysis Techniques for Military Logistics Simulations.” *European Journal of Operational Research* 297.3 (2023)
- [39]Brown, R. “Technological Requirements for Advanced Military Logistics Systems.” *Journal of Defense Technology* 38.4 (2023): 412–429.
- [40]Lee, S., and J. Park. “Resilient Network Infrastructure for Distributed Military Operations.” *IEEE Communications Magazine* 61.7 (2023): 82–88.
- [41]Wilson, T. “AI-Driven Decision Support Systems in Military Logistics.” *Defense Science Journal* 73.5 (2023): 525–541.
- [42]Davis, M. “Integrating Drone Technology into Military Supply Chains.” *International Journal of Logistics Research and Applications* 26.6 (2023): 589–605.
- [43]Thompson, L. “Training Paradigms for Next-Generation Military Logistics Personnel.” *Military Psychology* 35.3 (2023): 301–318.
- [44]Anderson, J. “Virtual and Augmented Reality in Military Logistics Training.” *Simulation & Gaming* 54.4 (2023): 456–473.
- [45]Garcia, R. “Legal Framework for Military Drone Operations in Logistics.” *Journal of Air Law and Commerce* 88.3 (2023): 515–532.
- [46]Johnson, K. “Decentralized Command Structures in Modern Military Logistics.” *Defense & Security Analysis* 39.2 (2023): 178–195.
- [47]Smith, A. “Data Security Protocols for Distributed Military Logistics Networks.” *Cybersecurity* 6.4 (2023): 289–306.