

# 사이버전자전 상황에서 지상관제시스템의 다수 드론 간 충돌방지를 위한 경로통제 방법에 관한 연구

이성희, 강인혁, 장승수, 정재형

(주)시에라베이스

shlee@sierrabase.co.kr, ihkang@sierrabase.co.kr, ssjang@sierrabase.co.kr, jhjung@sierrabase.co.kr

## A Study on Path Control Methods to Prevent Collisions between Multiple Drones in A Ground Control System in Cyber Electronic Warfare

Sunghee Lee, Inhyuk Kang, Seungsoo Jang, Jaehyung Jung

Sierra BASE Co., Ltd.

### 요 약

본 논문은 사이버전자전 상황에서 다수 드론의 충돌 위험과 효율성 문제를 해결하기 위한 경로통제 방법을 제안한다. 기존의 개별 경로 계획 방식은 이러한 문제를 해결하기에 충분하지 않으며, 인공지능 기반의 자율비행제어 소프트웨어도 개발이 어렵다. 또한, 현재의 드론 운용 방식은 협력과 조율이 부족하여 작전의 효율성과 유연성이 떨어진다. 본 연구에서는 지상제어시스템을 통해 운용 중인 드론의 정보를 실시간으로 분석하여 충돌을 피하면서도 유연한 경로를 생성하기 위해 드론 간 충돌회피 경로 생성 기법과 작전임무 관리 기법을 제안한다. 이를 통해 다수 드론의 충돌 위험을 감소시키고, 사이버전자전 상황에서 드론의 운용 활용도를 높인다.

### I. 서 론

정찰, 감시, 타격 등 다양한 임무를 수행할 수 있는 드론은 최근 국방 분야에서의 역할과 중요성이 커지고 있으며 특히, 사이버전자전의 증가로 인해 군사적 용도로 활용이 불가피하다. 드론 기술은 현대 군사 작전 및 민간 분야에서 높은 기대를 받고 있지만, 다수의 드론을 효과적으로 운용하는 것은 아직도 여러 문제가 존재한다[1].

기존의 다수 드론을 운용할 때 여러 어려움이 있지만 이 중에서 꼭 해결해야 하는 문제가 바로 드론 간 충돌을 피하는 것이다. 이러한 문제를 해결하는 방법의 하나로 기존의 대부분의 드론 운용 방식은 개별적인 경로 계획비행을 통해 충돌을 피하는 것에 중점을 두고 있다. 하지만 이러한 방식은 다수의 드론이 동시에 공중에서 작전을 수행할 때 심각한 안전 문제와 작전 수행의 어려움을 일으킬 수 있다. 또 다른 대안으로 인공지능을 탑재한 자율비행제어 소프트웨어를 중심으로 드론이 스스로 충돌을 피할 수 있는 연구들이 존재한다[2]. 하지만 이러한 방식은 사이버전자전의 특성과 다양한 전투환경과 임무에 대한 학습이 필요하므로 상대적으로 개발하기 어렵다.

또 다른 문제는 다수 드론을 효율적으로 운용하기 위해서는 효율성과 작전 유연성이 보장되어야 한다. 현재의 운용 방식은 드론들이 개별적으로 작동하도록 설계되어 있어 복잡한 임무 환경에서의 협력과 조율이 어려운 문제를 내포하고 있다. 이에 따라 작전의 효율성과 유연성이 제한되는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 다수 드론의 충돌 위험과 효율성 문제를 해결하기 위한 경로통제 방법을 제안한다. 지상제어시스템은 운용 중인 드론의 정보를 활용하여 충돌이 발생하지 않으면서 사이버전자전의 목적에 맞는 유연한 경로를 생성한다. 이를 통해 사이버전자전 상황에서 안전하고 효율적인 드론 운용이 가능함을 보인다.

### II. 관련연구

기존의 다수 드론의 충돌 위험을 해결하기 위해서는 주로 경로 계획 알고리즘을 주로 활용한다. 이는 드론이 출발점에서 목표 지점까지 안전하게 이동하도록 하는 방법을 다룬다. 대표적인 예로는 표 1과 같이 RRT, A\*, PRM, 유전 알고리즘 등이 있다[3]. 이러한 연구들은 대부분 경로 생성에 시간과 비용이 많이 소요되므로 효율성과 유연성이 중요한 사이버전자전에 적용하기에 적합하지 않다.

구분	특징
RRT	경로가 불규칙하고, 매끄럽지 않을 수 있어 추가적인 경로 매끄럽게 하기 과정이 필요하며 고차원 공간에서는 성능이 떨어질 수 있음
A*	많은 메모리와 계산 시간을 필요로 하며, 복잡한 환경에서는 비효율적일 수 있으며 장애물 밀도가 높으면 최적 경로를 찾기 어려움
PRM	환경이 동적으로 변할 때 실시간으로 적용하기 어려울 뿐만 아니라 초기 경로 생성에 시간이 많이 걸릴 수 있음
유전 알고리즘	초기 해 설정에 따라 성능이 크게 달라질 수 있으며, 최적해를 보장하지 못할 수 있고 많은 반복이 필요해 계산 비용이 높음

표 1. 주요 경로 계획 알고리즘의 특징

### III. 본론

제안하고자 하는 경로통제 방법은 크게 2가지 기법으로 나뉜다. 드론 간 충돌 위험을 줄이기 위한 다수 드론의 충돌회피 경로생성 기법과 유연한 작전 수행을 위한 작전임무 관리 기법이 요구된다.

먼저, 다수 드론 충돌회피 경로생성 기법은 그림 1의 절차로 경로 생성이 진행된다. 다수 드론에 공통된 목표 또는 타겟 위치를 설정하면 3차원 공간상에서 기본적인 직선경로가 생성된다. 생성된 드론별 직선경로는 충돌의 위험이 있을 수 있으므로 이 경로들 간 수평, 수직 또는 복합의 충돌방지 경로를 선택하여 생성된 경로를 다시 최적화한다. 이 때 수평 충돌방지

경로는 x, y평면을 사용하며 수직 충돌방지 경로는 y, z평면을 사용한다. 복합 충돌방지 경로는 수직·수평 충돌방지 경로를 복합적으로 사용하는 방식이다. 충돌방지 경로 최적화 매개변수로는 드론 간 최소 마진거리와 최대 마진거리가 있으며 이들은 사용자가 지상제어시스템을 통해 최대 설정한다. 마지막으로 지상제어시스템은 설정된 최적화 매개변수와 드론들의 상태정보를 활용하여 충돌회피 최적경로를 생성하여 드론의 작전임무 안전거리를 확보할 수 있게 한다.

만약 최적화 매개변수가 잘못 설정되는 등의 문제로 인해 충돌회피 경로 생성이 불가능할 수도 있다. 이런 경우에는 충돌방지 경로 생성방식을 변경하거나 최적화 매개변수를 적절하게 조정해줘야 한다. 생성된 경로들은 드론의 작전임무 상태에 따라서 선택적으로 부여되며 드론들은 모두 각각의 임무를 수행한다. 임무 수행 이후 모든 드론들이 목표 위치에 도착하게 되면 지상제어시스템의 경로통제가 종료된다.

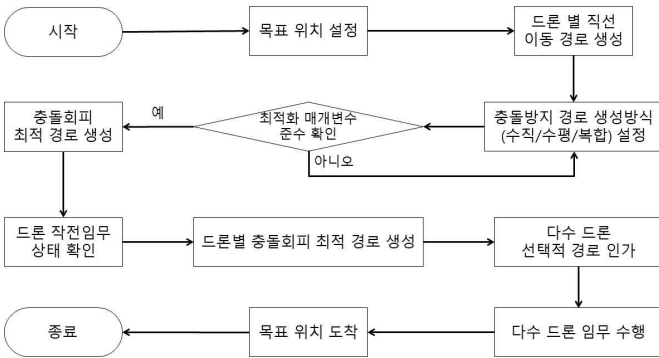


그림 1 다수 드론 간 충돌방지 경로통제 순서도

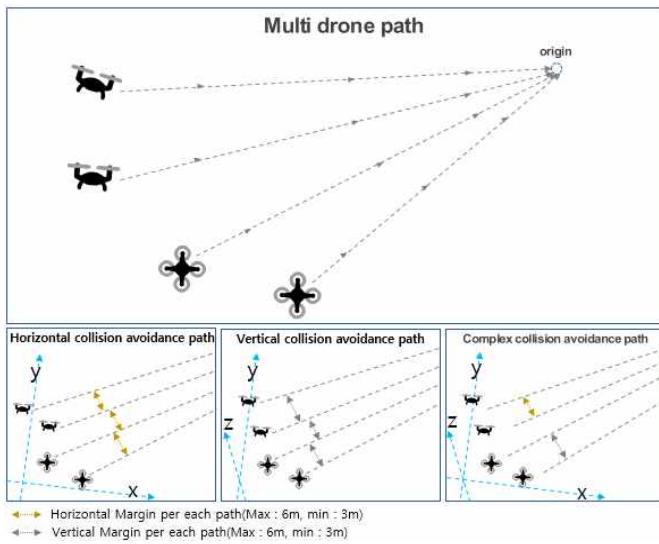


그림 2. 다수 드론 간 충돌방지를 위한 수직·수평 경로통제 방법  
작전임무 관리 기법은 기존의 경로 계획 알고리즘을 사용하게 되면 드론은 사전에 지정된 경로대로만 비행하면서 작전임무를 수행할 수밖에 없다. 하지만 실제 사이버전자전 상황은 시시각각 어떤 사건이 벌어질지 알 수 없으며 그 때마다 드론별 임무가 상이할 뿐만 아니라 외부 적의 공격으로 인한 드론 추락, 전열 이탈 등의 이유로 더 이상의 작전임무 수행할 수 없는 상황이 발생하게 된다. 이러한 상황에서 빠른 전투태세 전환과 드론의 작전임무 변경은 불가피하다.

따라서 작전임무 관리 기법은 이러한 사이버전자전 상황에서 발생할 수 있는 드론의 상태를 분류하고 이를 관리하여 전투 중인 드론 간 유기적인 작전임무를 수행할 수 있도록 재빠른 작전임무 전환을 가능하게 하는 것이 목표이다. 드론의 작전임무 상태는 표2와 같이 크게 대기, 작전, 완료,

이탈 등으로 분류하여 관리할 수 있다.

상태	전투가능 유무	작전임무 참여	대체대상 유무	경로통제 고려대상	경로통제 대상유무
대기	O	O	X	O	O
작전	O	X	X	O	X
완료	O	O	O	O	O
이탈	X	X	X	X	X

표 2. 주요 드론의 작전임무 상태별 관리 요소

대기 상태는 현재 전투와 작전임무에 참여하지 않지만 호버링 등을 하며 대기중인 상태로 다른 드론들의 전투비행에 영향을 주는 드론을 의미한다. 작전 상태는 현재 전투와 작전임무에 참여 중이기에 주어진 임무를 완수해야 하므로 새로운 작전임무가 부여되지 않는 한 경로통제 대상 유무에는 포함되지 않는다. 완료 상태는 부여된 작전임무를 완수한 드론으로 다른 드론을 지원하거나 대체할 수 있는 드론이며 이탈한 드론은 더 이상의 전투 및 작전참여가 불가능하기 때문에 경로통제의 고려대상이 될 수 없다. 지상제어시스템은 이러한 상태를 관리하여 다수 드론의 충돌회피 경로를 생성하는데 불필요한 계산을 줄일 수 있어 효율적인 경로생성이 가능할 뿐만 아니라 전장 상황에 따라 유연한 작전임무 수행 및 변경이 가능하다.

#### IV. 결론

본 논문은 사이버전자전 상황에서 다수의 드론을 효과적으로 운용하기 위한 경로통제 방법을 제안하였다. 드론의 군사적 중요성과 사용 증가에 따라, 다수 드론 운용 시 발생할 수 있는 충돌 위험과 효율성 문제를 해결하는 것은 필수적이다. 기존의 개별 경로 계획 방식의 단점을 보완하기 위해 제안한 경로 통제 방법은 지상제어시스템을 통해 운용 중인 드론의 정보를 실시간으로 분석하여 충돌을 피하면서도 사이버전자전의 목적에 맞는 유연한 경로를 생성한다.

이를 통해 다수 드론이 협력하고 조율할 수 있는 시스템을 구축하여 군사 작전의 안전성을 높이고, 다양한 임무 환경에서 드론의 활용도를 높일 수 있다. 향후 연구에서는 제안된 방법의 실시간 적용 가능성을 높이기 위해 알고리즘의 최적화와 더불어, 다양한 전투 시나리오에서의 테스트를 통해 경로통제의 안정성 높이고 더욱 다양하고 유연한 작전임무 수행을 지원할 필요가 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 결과물은 방위사업청의 재원으로 국방기술진흥연구소의 방산혁신기업 100 프로젝트 전용R&D 지원사업의 지원을 받아 연구되었음(R230104)

#### 참고 문헌

- [1] Kim Soyeon, Kim Seongpyo, Park Beom Joon, Jeong Un Seob, Choo Hunwoo, Yun Jeong, Kim Jinyong. "Cyber Electronic Warfare Technologies and Development Directions," J. Korean Inst. Electromagn. Eng. Sci., 32(2), pp. 119-126, 2021.
- [2] López, Blanca et al. "Path Planning and Collision Risk Management Strategy for Multi-UAV Systems in 3D Environments," Sensors (Basel, Switzerland), 21(13), pp. 4414. Jun. 2021.
- [3] Claes, D., Holvoet, T., & Manderick, B., "Ant colony optimization applied to multi-agent pathfinding: a detailed introduction and comparative study," Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 29(2), pp. 251-288, 2015.