

산악 지형 실종자 수색을 위한 군집 UAV 탐색 시스템

서정형, 이신우, 신수용

국립금오공과대학교

jeonghyeongseo@kumoh.ac.kr, nakgongs@naver.com, wdragon@kumoh.ac.kr

A UAV Swarm Search System for Missing Persons in Mountainous Terrain

Seo Jeong Hyeong, Lee Shin Woo, Shin Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 대한민국 산악 지형에서 발생하는 실종자 수색의 한계점을 극복하고, 수색 효율성을 극대화하기 위한 군집 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 탐색 시스템을 제안한다. 기존 수색 방식은 GPS 음영 지역, 야간 시야 확보의 어려움, 뾰뚱한 산림 환경에서의 객체 인식 문제 등 다양한 제약을 가진다. 제안하는 시스템은 열화상 카메라를 활용하여 주야간 사람 인식률을 높이고, LiDAR 센서와 Real-time 3D Spatial Navigation 기술을 융합하여 한국 산악 지형의 울창한 숲속에서도 나무와 같은 장애물을 회피하며 정밀하게 비행할 수 있도록 한다. 또한, Multi-Agent Exploration 알고리즘을 적용하여 여러 대의 드론이 동시에 넓은 구역을 신속하게 탐색함으로써 수색 시간을 단축하고 효율을 증대시킨다. 이를 통해 기존 시스템의 한계를 보완하고, 대한민국 산악 지형에 특화된 신뢰도 높은 실종자 수색 및 탐지 능력을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서 론

최근 대한민국 산악 지형에서의 사고 건수가 증가하고 있으며, 특히 실종이나 길잃음이 전체 사고 유형 중 50.2%를 차지하며 주요 사고 유형의 많은 비율을 차지한다[1]. 이러한 유형의 산악 사고는 인명 피해로 이어질 가능성이 높기 때문에 신속하고 효과적인 실종자 수색 시스템의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 그러나 현재 산악 구조 현장에서는 여러 가지 어려움에 직면하고 있다. 대표적으로 실종자의 스마트폰 GPS 신호에 의존하여 수색하는 경우 실종자의 스마트폰 배터리 방전이나 실종자의 이동으로 인한 신호 손실 문제가 흔히 발생하며, 산악 음영 지역에서는 GPS 오차가 심하거나 아예 신호를 수신할 수 없어 정확한 위치 파악이 어렵다[2]. 현재 한국에서 드론을 활용한 산악 실종자 수색은 주로 미션 플래너를 이용한 자율 주행과 RGB 카메라를 통한 수색에 의존하고 있다. 하지만 RGB 카메라는 사람 신체의 50% 이상이 노출되어야 인공지능이 사람으로 인식할 수 있으며, 야간에는 거의 인식이 불가능하다는 명확한 한계를 가지고 있다[3]. 또한, 조종사의 수동 조작을 통한 수색은 넓은 지역을 효율적으로 탐색하기 어렵다는 문제점을 안고 있다[3]. 해외에서는 캐나다 등지에서 산악 지형 실종자 탐색에 이미 군집 드론을 활용하고 있으나, 이들은 주로 공중에서 비행하며 카메라로 사람을 찾는 방식에 머물러 있다[4]. 그러나 대한민국 산악 지형은 북미 지역과 비교하여 활엽수림 비율이 높고 임분 밀도 또한 훨씬 뾰뚱하다는 지형적 특수성을 가진다[5]. 이러한 환경에서는 나뭇잎이 무성하여 공중에서 바닥을 탐색하기가 매우 어렵다. 또한, 숲이 뾰뚱하고 나뭇잎이 많을수록 RGB 카메라나 열화상 카메라를 통한 객체 인식 확률이 저하되며, 객체의 유무나 종류(동물인지 사람인지)를 구별하기 어렵다는 연구 결과도 보고되었다[6]. 이는 기존의 공중 기반 드론 수색 방식으로는 한국의 산악 지형에서 실종자를 효율적으로 찾아내

기 어렵다는 것을 의미한다.

본 논문에서는 이러한 한국 산악 지형의 특수성과 기존 수색 방법의 한계를 극복하기 위해, 나무 사이를 지나다니며 수색이 가능한 군집 UAV 탐색 시스템을 제안한다. 이 시스템은 주야간 탐색 능력, 복잡한 산림 환경에서의 자율 기동성, 그리고 넓은 지역에 대한 신속한 탐색 능력을 핵심으로 한다.

II. 본론

본 논문에서 제안하는 군집 UAV 탐색 시스템은 대한민국 산악 지형의 특수성을 고려하여 실종자 수색의 효율성과 정확도를 극대화하는 데 중점을 둔다. 시스템은 기존 방법론의 한계점을 극복하기 위해 다음과 같은 핵심 기술을 사용한다.

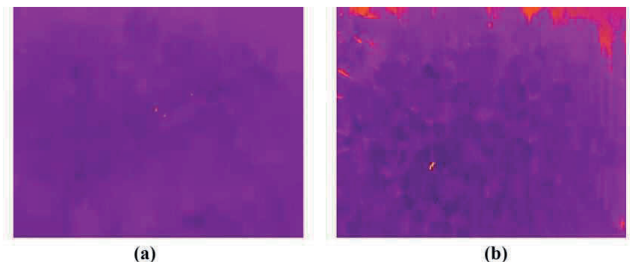


그림 1 산악 환경에서 객체의 열 복사 차단 예시

첫째, 열화상 카메라의 활용이다. 기존 RGB 카메라의 한계인 야간 인식 불가를 보완하기 위해 UAV는 열화상 카메라를 탑재한다. 열화상 카메라는 빛의 유무와 관계없이 객체의 열 방출을 감지하여 주야간 모두 사람을 인식할 수 있게 한다. 이는 특히 야간 수색의 어려움을 해결한다. 비록 그림 1과 같이 울창한 산림 환경 속에서 그림 1과 같이 나뭇잎과 가지들에

의한 객체의 열 복사 차단으로 인해 열화상 카메라에서의 객체 인식 성능 저하가 보고되었으나[6], 이는 드론이 나무 사이를 직접 기동하여 객체에 더 근접하는 방식으로 보완된다. 나무의 가지와 나뭇잎 밑으로 나무들 사이를 비행하며 실종자를 수색하기에 대한민국 산악 지형에서 더욱 효율적인 UAV를 통한 실종자 탐색 방법이다.

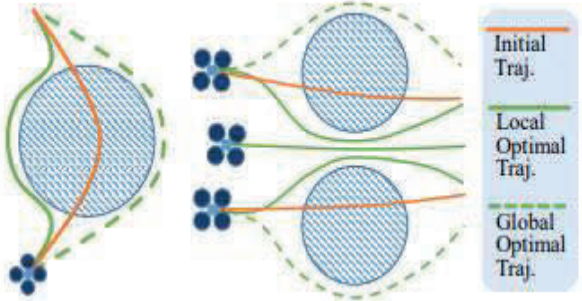


그림 2 EGO_SWARM 경로 생성

둘째, LiDAR 센서와 Real-time 3D Spatial Navigation 기술인 EGO_SWARM 기반의 자율 주행이다[7]. 한국 산악 지형의 뺄뺄한 입면 밀도와 활엽수림 비율은 드론이 공중에서만 탐색하기 어렵게 만든다. 이를 해결하기 위해 드론은 LiDAR 센서를 통해 실시간으로 주변 3D 환경 정보를 획득하여 그림 2와 같이 정밀한 장애물 회피 및 경로 계획을 수행한다. 특히 EGO_SWARM 기술은 군집 UAV 플랫폼을 기반으로 한 Navigation 기술로 각 드론이 주변 환경과 다른 드론의 위치를 인지하며 자율적으로 서로 이동 경로가 겹치지 않으며 넓은 지역의 나무 사이와 나뭇잎 아래 지역을 기동할 수 있도록 지원한다. 이는 드론이 단순히 숲 위를 비행하는 것을 넘어, 나무와 나무 사이의 좁은 공간을 통과하며 실종자가 있을 가능성이 높은 지표면 가까이에서 수색할 수 있게 한다. 이를 통해 한국 산악 지형의 실종자 탐색의 어려움을 극복할 수 있다.

셋째, Multi-Agent Exploration 알고리즘의 적용이다. 넓은 산악 지형을 신속하게 탐색하기 위해서는 단일 드론으로는 한계가 있다. 제한하는 시스템은 여러 대의 군집 UAV가 협력하여 광범위한 지역을 동시에 탐색하도록 설계되었다. EGO_SWARM의 경우 군집 드론이 장애물 회피 및 경로 설정이 가능하나 군집 드론들이 일제히 한 방향을 향해 나아간다. Multi-Agent Exploration 알고리즘은 각 드론이 탐색 구역을 효율적으로 분할하고, 서로의 탐색 결과를 공유하며 미탐색 지역을 중심으로 이동 방향을 최적화하도록 한다. 이를 통해 전체 수색 시간을 단축하고, 수색 효율성을 대폭 향상시킬 수 있다. 또한, 군집 드론은 한 대의 드론이 사고로 이탈하더라도 나머지 드론들이 수색 임무를 계속 수행하여 시스템의 강건성을 높인다. 이러한 기술들의 통합을 통해 제안하는 시스템은 기존 GPS 의존성의 한계, RGB 카메라의 인식 문제, 조종사의 수동 조작 한계, 그리고 한국 산악 지형의 특수성으로 인한 탐색 어려움을 효과적으로 극복하며, 궁극적으로 대한민국 산악 지형에서의 실종자 수색 성공률을 크게 높일 것으로 기대된다.

III. 결론

본 논문은 대한민국 산악 지형에서 발생하는 실종자 수색의 고질적인 문제점들을 해결하고, 효율적인 수색을 가능하게 하는 군집 UAV 탐색 시스템을 제안하였다. 우리는 기존의 GPS 의존성, RGB 카메라의 주야간 인식 한계, 그리고 한국 산악 지형의 뺄뺄한 산림 구조로 인한 수색 난이도 등의 문제점을 분석하였다. 제안 시스템은 이러한 한계들을 극복하기 위해 세 가지 핵심 기술을 통합하였다. 첫째, 열화상 카메라를 통해 주야간에 관계없이 사람을 효과적으로 인식할 수 있는 능력을 확보하였다. 둘째,

LiDAR 센서와 ego_swarm 기술을 활용하여 한국의 조밀한 산림 환경에서도 나무와 같은 장애물을 회피하며 숲속 깊이 자율 주행할 수 있도록 설계하였다. 셋째, 다중 에이전트 탐색 알고리즘을 도입하여 여러 대의 드론이 협력적으로 넓은 수색 구역을 신속하고 효율적으로 탐색할 수 있도록 하였다. 이러한 기술적 접근을 통해 제안 시스템은 기존의 수동적인 수색 방식과 공중 기반의 제한적인 드론 수색 방식을 넘어서는 혁신적인 대안을 제시한다. 궁극적으로 이 시스템은 대한민국 산악 지형에서 실종자를 찾는 데 필요한 시간과 자원을 크게 절감하며, 실종자의 생존율을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다. 향후 실제 산악 환경에서의 시스템 구현 및 정량적인 성능 평가를 통해 제안 시스템의 실용성과 효과를 검증할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2025-RS-2023-00259061, 20%)

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 ICT혁신인재 4.0 사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2025-RS-2022-00156394, 40%)

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2025-RS-2024-00437190, 40%)

참 고 문 헌

- [1] 뉴시스, "작년 산악사고 구조 1만134건, 5년간 최저... '실족'이 1위", 동아일보, 2025.03.31., [Online]. Available: <https://www.donga.com/news/Society/article/all/20250331/131316870/1>
- [2] 김한솔, 조용규 and 조창혁. (2022). 산악 조난자의 위치추정을 위한 이동성 모델 및 조난 시뮬레이터. 한국시뮬레이션학회 논문지, 31(3), 55-61.
- [3] 김민엽, "스스로 비행하며 수색"...AI 드론 산악구조 투입", 연합뉴스 2025.05.02., [Online]. Available: <https://www.yna.co.kr/view/MYH20250502021400038>
- [4] Georgie Smyth, "AI and thermal drones are helping find the lost in B.C.'s mountains", CBC News, 2025.04.20. [Online]. Available: <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/technology-drone-artificial-intelligence-search-rescue-british-columbia-mountains-1.7492363>
- [5] 김은숙, 정병현, 배재수 and 임종환. "시계열 국가산림자원조사 자료를 이용한 전국 산림의 임상 변화 특성 분석과 미래 전망" 한국산림과학회지 111, no.4 (2022) : 461-472.doi: 10.14578/jkfs.2022.111.4.461
- [6] Rafał Frąckowiak, Zdobysław Jan Goraj; UAV-based wildlife detection in summer season. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal* 18 August 2025; 97 (7): 764 - 771.
- [7] X. Zhou, J. Wang, C. Xu, and F. Gao, "EGO-Swarm: A Fully Autonomous and Decentralized Quadrotor Swarm System in Cluttered Environments," in 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2021, pp. 4336-4342.