

초기 산불의 진원지 파악을 위한 자율비행 드론 시스템

권대현, 신수용

IT융복합공학과

금오공과대학교

dh0708@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

Autonomous flight drone system for identifying the source of forest fires

Dae Hyeon Kwon, Soo Young Shin

Department of IT Convergence Engineering

Kumoh National Institute of Technology

요약

산불은 매년 지속해서 발생하는 사회 재난 중 하나이다. 산불 사고는 나뭇잎, 풀 등의 연소 물질에 의해 빠른 속도로 확산하게 되며, 시간 경과에 따라 확산 속도가 급격하게 증가하기 때문에 산불 발생 시 초기에 진원지를 파악하여 진화하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 초기 산불의 진원지 파악을 위한 자율비행 드론 시스템을 제안한다. 고해상도의 카메라를 탑재한 드론이 정해진 경로를 따라 수색을 진행하며 영상 정보를 수집한다. 수집한 영상 정보를 이용하여 Slicing Aided Hyper Inference (SAHI) 방식으로 YOLO를 사용하여 초기 산불의 연기를 검출한다. 검출한 정보를 바탕으로 드론은 연기 근방으로 이동하고, 연기의 주위를 선회하며 열화상 카메라로 진원지의 위치를 확인한다.

I. 서론

대한민국은 국토의 63%가 산간 지역으로 이루어진 만큼 산불 사고가 매년 반복적으로 발생하고 있다. 산림청에서 발표한 자료에 따르면 최근 10년간 매년 평균 481건의 산불 사고가 발생하였으며 평균 1,087ha만큼의 면적이 소실되었다[1]. 산불 사고의 원인은 논*밭두렁 소각, 쓰레기 소각 등 다양한 원인이 존재하지만, 입산자 실화에 의한 산불이 34%로 최근 10년 평균치에서 가장 많은 비율을 차지하고 있다[2]. 이 외에도 담뱃불 실화 5%, 성묘객 실화 3%로 입산자들의 부주의 및 실수로 인한 산불 사고가 많은 비중을 차지하고 있다. 이러한 산불 사고의 경우 위치를 특정하기 어려워 초기 대응이 쉽지 않아, 작은 불씨로 시작한 화재가 큰 화재로 이어질 가능성이 크다는 특징이 있다.

초기의 작은 산불의 경우 입산자의 신속한 대처로 대형 산불을 막을 수 있지만, 초기 진화에 실패한 경우 급속도로 피해가 커지게 된다. 산불의 확산단계는 지표화, 수관화, 비화로 크게 3단계로 분류할 수 있다[3]. 지표화 단계는 발화 초기에 낙엽, 낙지 등 지표층의 연료가 연소하면서 번져나가는 것을 말한다. 수관화 단계는 나뭇잎이 달린 수관에 불이 붙어 번지는 것을 말하며, 비화는 불이 붙은 솔방울이나 가지, 나무껍질 등이 강한 바람을 타고 멀리 떨어진 다른 지역에 날아가 산불이 확산되는 것을 말한다. 각 단계에서 산불의 확산 속도는 대략 지표화 0.5km/hr, 수관화 2km/hr, 비화 4km/hr 이상이며, 위의 자료에서 알 수 있듯이 수관화, 비화에 의한 산불의 확산이 대형 화재로 이어질 수 있다.

따라서 산불의 초기 대응에 실패했다하더라도, 지표화 단계에서 산불을 진화하여야 대형 산불을 막을 수 있다. 이를 위해서는 산불의 진원지를 파악하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 자율비행 드론을 사용하여 산불의 진원지를 찾아낸다. 산불에 의해 발생하는 연기를 이용하여 딥러닝 알고리즘을 통해 대략적인 위치를 파악하고, 드론이 접근해 열화상 카메라를 활용해 진원지를 수색한다.

II. 산불의 진원지 파악을 위한 자율비행 드론 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 딥러닝을 이용한 연기 감지와 감지된 연기의 진원지 파악으로 구성된다. 고해상도의 카메라를 탑재한 드론이 기존에 입력된 경로를 따라 비행하며 영상 정보를 수집한다. 수집한 영상 정보는 딥러닝 알고리즘에 의해 실시간으로 연기 감지를 진행하며, 각종 연산은 드론에 탑재된 companion computer에서 진행된다. 감지에 성공한 경우 드론이 연기의 근처로 이동한다. 이후, 연기의 주위를 돌며 열화상 카메라를 통해 산불의 진원지를 수색한다.

A. 화재 감지를 위한 딥러닝 알고리즘

대형 산불의 경우 연기의 양이 많고, 색이 뚜렷하여 연기를 감지하기 어렵지 않지만, 산불 초기의 경우 연기의 양이 적고 색이 옅은 경우가 많아 상대적으로 연기 감지가 어렵다. 또한, 고해상도의 영상을 입력으로 하는 일반적인 Convolutional neural network (CNN) 방식은 작은 물체 검출 성능이 떨어진다는 특징이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 Slicing Aided Hyper Inference (SAHI)를 사용한다[4].

companion computer에서 주로 사용되는 single-stage 방식의 경우 저해상도의 이미지를 사용하여 학습을 진행하는 경우가 많다. 저해상도 이미지를 통한 학습은 이후 추론 과정에서도 연산 처리량을 줄일 수 있어 실시간 객체 감지에 유리하기 때문이다. 이러한 모델에서 고해상도 이미지가 입력되는 경우 이미지의 크기를 줄이는 작업 진행된다. 이 과정에서 작은 물체의 경우 특징점이 소실되는 문제가 발생한다. SAHI는 이러한 문제를 해결하기 위해 고해상도의 이미지를 잘라서 사용하는 방식을 사용한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이, SAHI는 기존의 고해상도 이미지를 작은 이미지로 분할하고, 각각의 분할된 이미지에 대한 추론을 진행한다. 이러한 방식은 입력되는 이미지의 크기가 상대적으로 줄어들어 특징점 소실이 줄어든다는 장점이 있다. 추가로 SAHI는 원본 이미지에서의 추론을 함께

추가하여 이미지 분할 방식의 단점인 큰 물체에 대한 정확도를 향상하였다.

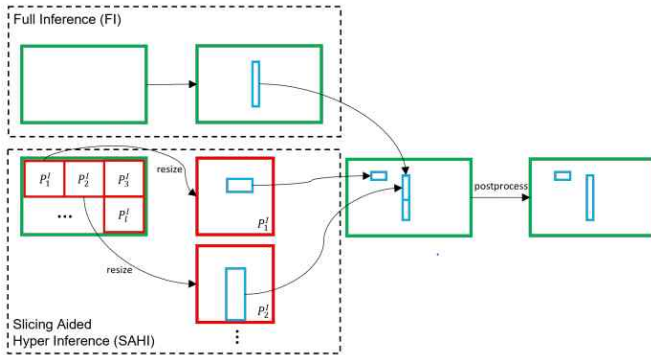


그림 1 Slicing Aided Hyper Inference 구조[4]

B. 산불의 진원지 파악을 위한 자율비행 드론 시스템

그림 2는 본 논문의 자율비행 드론 시스템을 나타낸다. 드론이 입력된 경로를 따라 비행하는 중에 연기를 감지한 경우, 해당 경로에서 벗어나 연기 방향으로 이동한다. 이때, 실시간 연기 감지 및 위치 추측을 위해 딥러닝 알고리즘 YOLO를 이용하여 연기에 대한 객체 인식 상자를 생성한다[5]. 이후, 상자의 좌표를 기반으로 연기의 방향을 계산하여 드론이 해당 방향으로 이동한다. 연기와의 거리가 가까워질수록 객체 인식 상자의 크기 또한 증가하게 되는데, 상자의 크기가 한계값 A 보다 클 경우, 접근을 중지하고 주위를 선회하며 산불의 진원지 수색을 진행한다. 산불의 진원지 수색에는 열화상 카메라가 사용되며, 온도 값 T 보다 높은 구간이 있는 경우, 위치 정보와 영상 정보를 중앙 관제 시스템으로 송신한다. 수색을 마친 드론은 기존에 설정된 수색 경로를 이어서 진행한다.

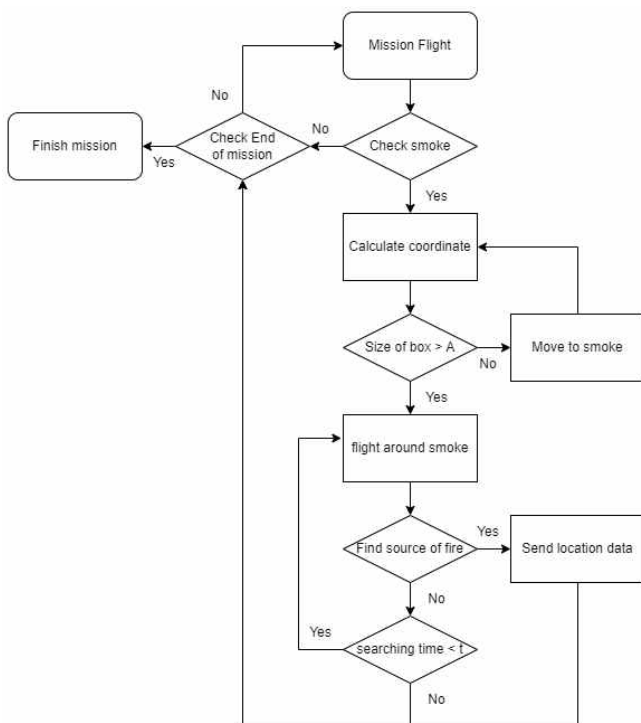


그림 2 산불 진원지 파악을 위한 자율비행 드론 시스템 순서도

III. 결론

본 논문에서는 산불 초기에 진원지를 파악하는 자율비행 드론 시스템을 제안하였다. 자율비행 드론은 정해진 경로를 수색하며 고해상도 카메라를 통해 산불 여부를 확인한다. 이때, 적은 양의 연기를 감지하기 위해 Slicing Aided Hyper Inference (SAHI)를 사용하여 정확도를 높였으며, YOLO를 사용하여 실시간 연기 감지를 진행한다. 연기 감지 시 연기 방향으로 드론이 이동하며, 해당 일대를 열화상 카메라를 통해 관찰하여 진원지를 파악한다. 이러한 방식은 수색 범위가 넓은 산악 지형에서 효과적으로 산불을 파악하기에 적합하다. 추후, 본 논문의 시스템을 구현하여 시험할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신 인재양성(Grand ICT연구센터) 사업의 연구 (IITP-2023-2020-0-01612) 및 2021년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2018R1A6A1A03024003)

참 고 문 헌

- [1] 산림청, 10년간 산불 발생 현황, 01. 09. 2023 검색, https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/frfr/selectFrfrStats.do?mn=NKFS_02_02_01_05
- [2] 산림청, 10년간 원인별 산불발생 현황, 01. 11. 2023 검색, https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/frfr/selectFrfrStatsNow.do?mn=NKFS_02_02_01_05
- [3] Gu, Gil-Bon. "산불의 일반적 특징과 방지대책." 방재와보험 (2001): 44-49.
- [4] Akyon, Fatih Cagatay, Sinan Onur Altinuc, and Alptekin Temizel. "Slicing Aided Hyper Inference and Fine-tuning for Small Object Detection." arXiv preprint arXiv:2202.06934 (2022).
- [5] Wang, Chien-Yao, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao. "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors." arXiv preprint arXiv:2207.02696 (2022).