

딥러닝 기반 객체 인식과 최적 경로 탐색을 통한 멀티 재난 드론 시스템 설계 및 구현에 대한 연구

김진혁*, 이태희*, 박종현*, 정예림*, 장서현*
*수원대학교 정보통신공학과

15051015@suwon.ac.kr, lth1178@gmail.com, warren007@naver.com, yerimj1010@gmail.com,
tjgus7924@naver.com

A Study on the Design and Implementation of Multi-Disaster Drone System using Deep Learning-based Object Recognition and Optimal Path Planning

Jin-Hyeok Kim*, Tae-Hui Lee*, Jonghyen Park*, Yerim Jeong*, Seohyun Jang*
*Dept. of Information and Telecommunication Engineering, University of Suwon

요 약

최근 태풍, 지진, 산불, 산사태, 전쟁 등 다양한 재난 상황으로 인한 인명피해와 자금 손실이 꾸준히 발생하고 있고 현재 이를 예방하고 복구하기 위해 많은 인력과 자금이 소요되고 있는 실정이다. 이러한 여러 재난 상황을 미리 감시하고 재난 발생의 빠른 인지 및 대처를 위해 본 논문에서는 인공지능 기반의 재난 드론 시스템을 설계 및 개발하였다. 본 연구에서는 사람이 감시하기 힘든 지역에 여러 대의 재난 드론을 이용하며 딥러닝 기반의 최단 경로 알고리즘을 적용해 각각의 드론이 최적의 경로로 효율적 탐색을 실시한다. 또한 드론의 근본적 문제인 배터리 용량 부족에 대한 문제점을 해결하기 위해 Ant Colony Optimization (ACO) 기술을 이용하여 각 드론의 최적 경로를 결정하게 된다. 제안한 시스템 구현을 위해 여러 재난 상황 중 산불 상황에 적용하였으며 전송된 데이터를 기반으로 산불지도를 만들고, 빔프로젝터를 탑재한 드론이 출동한 소방관에게 산불지도를 시각적으로 보여주었다. 제안한 시스템에서는 여러 대의 드론이 최적 경로 탐색 및 객체인식을 동시에 수행함으로써 빠른 시간 내에 재난 상황을 인지할 수 있다. 본 연구를 바탕으로 재난 드론 인프라를 구축하고 조난자 탐색(바다, 산, 밀림), 드론을 이용한 자체적인 화재진압, 방범 드론 등에 활용할 수 있다.

1. 서론

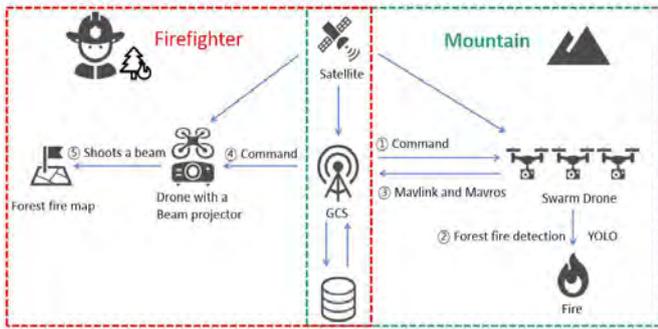
태풍, 지진, 산불, 산사태, 전쟁 등 다양한 재난 상황으로 인한 인명피해와 손실이 꾸준히 발생하는 상황에서 이를 예방하고 복구하기 위해 많은 인력과 자금이 소요된다. 현재 많은 연구가 진행되고 있는 로봇과 드론 기술은 떠오르는 미래기술로 주목받고 있으며 농업, 군사, 물류, 엔터테인먼트 등 다양한 산업에 활용될 수 있다. 특히 재난 상황을 고려하여 설계된 기존의 재난 드론 시스템은 각각의 특수한 상황에 맞추어 설계되어있다. 산불을 예로 들면, 열화상 카메라를 통해 산불을 검출해내고 비행경로는 전체 지역을 탐색하기 위해 Grid 형태의 자동 WP (Way Point) 지정 비행경로를 사용하고 있다. 열화상카메라의 가격은 드론 1대의 제작비용보다 높은 가격대를 형성하고 있으므로 비용적인 측면에서 비효율적이다.

전체 지역을 탐지하는 것은 비행거리를 효율적으로 제어하지 못해 긴 비행시간을 초래하고 이는 제한된 배터리로 인해 비행시간에 치명적인 영향을 받는 드론에 더 큰 영향을 받는다.

이러한 문제를 해결하고 비용을 최소화하기 위해 본 연구에서는 인공지능 기반의 재난 드론 시스템을 설계 및 구현하였다. 재난 드론의 본질적 문제라고 할 수 있는 제한된 배터리 문제와 열화상 카메라의 비용 문제를 줄일 수 있도록 하였다. 이를 위해 딥러닝 기반의 객체 인식 알고리즘을 이용하여 다양한 재난 상황을 드론에 학습시켜 재난상황을 파악, 그에 따른 조치를 취할 수 있게 제안하였고 Ant Colony Optimization (ACO) 기술을 이용하여 각 드론의 최적 경로를 찾는 알고리즘을 제안하였다. 또한, 미니 빔프로젝터를 드론에 탑재해 시각적 정보를 전달, 추가로 활용 할 수 있는 방안에 관하여 연구하였고 구현 결과를 보였다.

II. 멀티 재난 드론 시스템 설계 및 구현

1. 시스템 구성도



(그림 1) 시스템 구성도

그림 1의 우측은 인공지능 군집 드론의 구성도이고 좌측은 빔프로젝터를 탑재한 시각적 정보 제공 드론이다. 각 단계를 설명하면 다음과 같다: 1. 지상 관제시스템 GCS(Ground Control System)에 각 드론 (3대)에 탐지구역을 나누어 최단경로탐색 알고리즘을 적용한 탐지 경로를 전달한다. 2. 각 드론은 지정된 경로를 비행하며 재난 상황을 감시한다. 3. 산불이 감지된 경우 GCS 정보를 전달한다. 4. 소방서의 출동과 함께 출동지역으로 빔프로젝터를 탑재한 드론을 출동시킨다. 5. 산불의 위치정보가 포함된 지도를 소방관들에게 시각적 정보로써 제공한다.

2. 객체인식 알고리즘

기존의 화재 감지 드론들은 열화상 카메라를 탑재하여 운용해왔다. 열화상 카메라는 온도를 측정하므로 산불을 카메라 자체로 감지해 낼 수 있지만, 카메라의 비용이 너무 비싸기 때문에 여러 대의 드론으로 넓은 지역을 탐색하도록 운용하기에는 비용이 너무 커진다. 하지만 딥러닝 기반의 객체인식 알고리즘 You Only Look Once(YOLO) [1]를 사용하여 훨씬 적은 비용으로 산불을 탐지할 수 있었다. 본 연구에서 사용한 YOLO는 한번에 Image detection을 완료하는 One stage method이다. 전체적인 알고리즘의 구성은 Input -> Model -> Output -> Loss로 나뉜다. 적절한 model에 image를 Input으로 넣으면 image의 object들에 대한 bounding Box와 객체가 output으로 산출되는데 이와 실제 Label을 비교하여 Loss를 구한다. 이 Loss를 최소화 하기 위해 Backpropagation 과정 (Loss-> Output->Model)을 하여 Model 내의 가중치를 수정하고 이 과정을 반복한다.

3. 최단 경로 탐색 알고리즘

Algorithm 1: The pseudo code of ACO

Input: The positions of important way point

Output: The shortest path

```

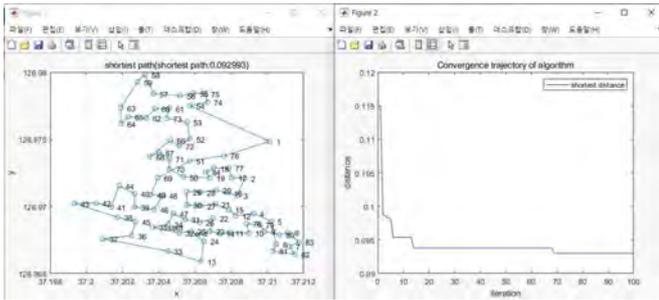
1 Initialize The number of ant;
   the value of pheromone;
   the position of each ant;
while The maximum iteration is not met do
2   foreach ant do
3     Calculate the probability of the next position to be
       visited
4   end
5   Update pheromone values
   Update the best solution of path
6 end
7 Return The best solution with shortest path
    
```

(그림 2) ACO를 적용한 최단경로탐색 알고리즘

기존의 드론 산업 분야의 대부분에서는 그림 3의 좌측과 같이 특정 경계선을 만든 후 경계선 내의 지역을 직선 왕복 형태(Gird)로 왕복하는 비행을 사용해왔다. 이러한 비행은 전체 지역을 빠지지 않고 비행할 수 있다는 장점이 있지만, 탐색하지 않아도 되는 지역까지 모두 탐색하게 되는 단점과 그로 인해 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 하지만 재난 상황은 드론이 전체지역을 모두 탐색할 필요가 없다. CCTV, 현장 직원 등 분명 다른 수단 또는 드론이 감시할 필요가 없는 장소도 존재하기 때문이다. 효율적이지 않은 비행시간은 곧 배터리 부족 문제와 직결되기 때문에 무거운 대용량의 배터리를 탑재하기 힘든 드론에는 치명적인 문제이다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 Ant Colony Optimization (ACO) [2] 알고리즘을 응용하여 최단경로탐색 알고리즘을 개발하였다. ACO 알고리즘은 먹이를 찾는 개미의 행동을 모티브로 한다. 개미들은 먹이가 있는 목표지점을 찾아내면 페로몬(pheromone)이라는 물질을 분비하며 집으로 돌아온다. 개미들은 페로몬의 농도가 짙은 곳을 가는 특성이 있고, 개미가 집으로 돌아오는 횟수가 증가할수록 페로몬의 농도는 짙어진다. 긴 경로와 짧은 경로가 있으면 같은 시간에 짧은 경로를 더 많이 이동하게 되므로 짧은 경로는 페로몬의 농도가 더욱 짙어지게 된다. 페로몬은 휘발성이기 때문에 시간이 지나면서 긴 경로에는 페로몬의 농도가 더욱 낮아진다. 결국 모든 개미들은 짧은 경로를 선택하게 된다. 이러한 최단경로 탐색 알고리즘을 그림 2에 기술하였다.

III. 구현 결과

1. 최단 경로 탐색 결과



(그림 3) ACO를 적용한 최단경로탐색 알고리즘 결과



(그림 4) 좌측 Grid 우측 Shortest Path 알고리즘

그림 3은 알고리즘 A에서 기술한 ACO를 적용한 최단경로탐색 알고리즘 수행 결과이다. 그림 4의 좌측은 기존에 사용되던 Grid 방식으로 지도에 그린 경로이고, 그림 4의 우측은 개발된 ACO를 적용한 최단경로탐색 (Shortest path) 알고리즘을 적용시켜 지도에 그린 경로이다.

2. 드론의 비행시간

Grid		Shortest path	
운용시간	(분)	운용시간	(분)
12:15:38 ~ 12:39:47	24	11:44:39 ~ 12:02:43	18
12:44:48 ~ 13:08:56	24	12:07:59 ~ 12:26:04	18
14:26:48 ~ 14:50:56	24	12:51:19 ~ 13:09:22	18
14:55:19 ~ 15:19:26	24	14:08:34 ~ 14:26:39	18
15:23:25 ~ 15:47:34	24	16:33:23 ~ 16:51:28	18

(표 1) 시뮬레이션 데이터

ArduPilot개발팀이 개발한 Mission Planner [3]에서 지원하는 드론 시뮬레이터를 이용하여 비행시간 데이터를 측정하였다. 드론의 이동속도는 5m/s로 통



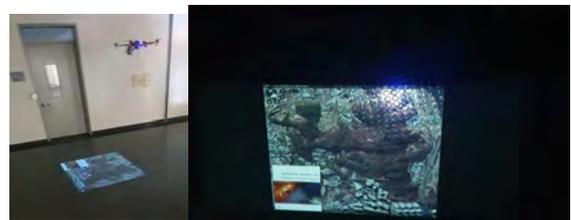
(그림 5) 화재 데이터가 학습된 Yolo

일하여 실험을 진행하였다. 본 연구에서 구현된 최단 경로 알고리즘을 적용했을 때와 일반적으로 사용하는 Grid를 적용했을 때를 비교해보았다. 표 1의 데이터를 비교해보면 제안한 최단 경로 알고리즘을 적용했을 때가 훨씬 효율적이라는 것을 알 수 있다. 비행시간의 단축은 앞서 말했던 제한된 배터리로 넓은 지역을 탐색하는 문제를 해결해 줄 수 있다. 시간 단축과 다수의 드론을 동시에 운용함으로써 넓은 재난지역을 효율적으로 탐색이 가능하게 한다.

3. 딥러닝 기반의 화재 감지 구현

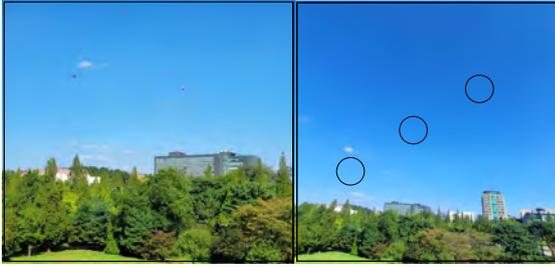
그림 5는 화재에 대한 데이터를 직접 학습 시켜 연기(smoke)와 불(fire)을 Image detection 한 결과물이다. 본 연구에서는 여러 가지 재난사한 중 산불에 초점을 맞추어 진행하였기 때문에 불과 연기에 대한 Image detection이 가능하지만, 추가로 다른 여러 가지 재난과 필요한 정보를 검출해내기 위한 이미지 데이터를 추가해 기계학습 시킨다면, 지진 가뭄 홍수 요구조사 탐색 등 다양한 곳에서 활용될 수 있는 인공지능 군집 드론이 될 것이다.

4. 빔 프로젝터 탑재를 통한 산불 감지 구현



(그림 6) 빔 프로젝터 탑재 드론

그림 6과 같이 빔프로젝터를 탑재한 드론을 구성하였다. 산불 재난 상황을 가정했을 때, 산불을 감시하는 드론들이 산불을 감지하고 감지된 위치(GPS 좌표)를 GCS에 전송한다. GCS에서는 지도상에 산불의 위치를 표시하여 빔에 전송한다. 빔은 Wifi를



(그림 7) 군집드론 운용

참고문헌

- [1] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi, You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, OpenCV People's Choice Award, CVPR 2016
- [2] Thomas St, Marco Dorigo, ACO Algorithms for the Traveling Salesman Problem, April 1999
- [3] <https://github.com/ArduPilot/MissionPlanner>
- [4] Seung-Yeop Lee, A Study on Communication of Multi-Drone System based LTE, SASE 2018 Spring Conference

통해 출력될 이미지를 전달받는다. 그 후 화재진압을 위해 출동하는 소방관들의 도착 위치에 빔을 탑재한 드론을 출동시킨다 (그림 7). 출동한 드론은 그림 6과 같이 산불이 감지된 지역을 시각적으로 표시해준다. 이를 통해 소방관들에게 화재 진압을 위한 정보를 더 직관적으로 전달 할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 여러 대의 재난 드론을 이용하여 재난 상황 중 산불을 감지하고, 산불에 대한 정보를 시각적으로 전달하는 것을 시스템을 구현하였다. 딥러닝 기반의 객체 인식 시스템을 사용함으로써 확장성을 높이고, 각 드론의 최단 경로탐색을 통해 더욱 에너지 효율적인 시스템으로 구현하였다. 또한 드론에 빔프로젝터를 탑재함으로써 시각적 정보를 효과적으로 전달하였다. 특히 여러 드론을 한 GCS에서 컨트롤하며 빔프로젝터를 이용해 시민들에게 대피경로를 알려주는 등 다목적으로 사용할 수 있게 만들었다는 점에서 본 연구에서 제안한 멀티 재난 드론 시스템은 다양한 재난 상황을 타파하는데 큰 도움을 줄 수 있다. 이 시스템은 산불 뿐만 아니라 다른 재난 상황에서도 응용할 수 있도록 설계되었다.

따라서 추후 확장된 연구를 통해 다양한 재난 상황에 관한 자료를 지속적으로 축적하려고 한다. 또한 각 드론에 LTE 모듈을 탑재함으로써 인터넷 환경이 구축된 수백 킬로미터 떨어진 전 세계 어디서든 운용할 수 있게 할 계획이다 [4].

[본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.]