

# 영상기반 딥러닝을 이용한 창고 화재 진압 로봇

이완기<sup>1</sup>, 조범연<sup>1</sup>, 이한세<sup>1</sup>, 이강주<sup>1</sup>, 김형훈<sup>2</sup>, 심현민<sup>1</sup>

<sup>1</sup>동서울대학교 전자공학과

<sup>2</sup>삼성전자

dldhksrl513@naver.com

## Warehouse Fire Suppression Robot with Image-based Deep learning

Wan-gi Lee<sup>1</sup>, Beom-yeon Cho<sup>1</sup>, Han-se Lee<sup>1</sup>, Kang-ju Lee<sup>1</sup>, Hyung-hoon Kim<sup>2</sup>,

Hyeon-min Shim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Electronic Engineering, Dong Seoul University

<sup>2</sup>Samsung Electronics

### 요 약

화재로 발생하는 산업시설의 인명·재산 피해를 줄이고 기존 소방 설비의 단점을 보완하는 소방 로봇을 제안한다. 소방 로봇은 무인 시스템으로 설계되었으며 6개의 핵심 기능인 화재 감지, 화재 진압, 현장 이동, 화재 알림, 소방서 신고, 현장 모니터링으로 구성된다. 로봇의 구성은 구동부, 제어부, 소화부로 이루어져 있으며, 각 구성 중 일부를 선정하고 테스트 통하여 화재 진압에 유효함을 증명하였다.

### 1. 서론

통계청 기준 2020년 국내 화재 발생 건수는 38,659건이며 매년 이와 비슷한 수의 화재가 발생한다[1]. 이는 하루 평균 100건 이상의 화재가 발생하며 매년 2000명 이상의 인명피해와 수억 원의 재산 피해가 발생함을 의미한다. 그중 화재로 발생한 산업시설의 재산 피해가 전체 재산 피해의 약 60% 이상을 차지한다.

소방 안전을 위해 국가적인 차원에서 대형 건축시설의 경우 소방 설비를 필수적으로 갖추도록 규제한다[2]. 하지만 대부분의 소방 설비는 수동식이라는 단점이 존재하며 자동식 소방 설비 또한 잦은 오작동으로 인해 운영자가 임의로 소방 설비의 동작을 차단해 초기 진압에 실패하기도 한다[3].

화재는 발화기, 성장기, 최성기, 쇠퇴기의 4단계로 진행되며, 성장기에서 최성기로 넘어가는 Flash Over를 기점으로 급격하게 확산한다[4]. 대규모 공장, 창고의 화재가 Flash Over에 들어서면 큰 재산 피해로 이어지며, 대형 화재를 진압하는 과정에서 인명피해가 발생하기도 한다.

기존 소방 로봇은 화재 신고 시 소방관과 함께 출동하며, 느린 속도와 준비 시간 등의 문제로 인해 화재 초기 진압에 부적절하다[5]. 따라서 화재 피해를 줄이기 위해서 빠른 화재 발견과 현장 이동이 필요하다.

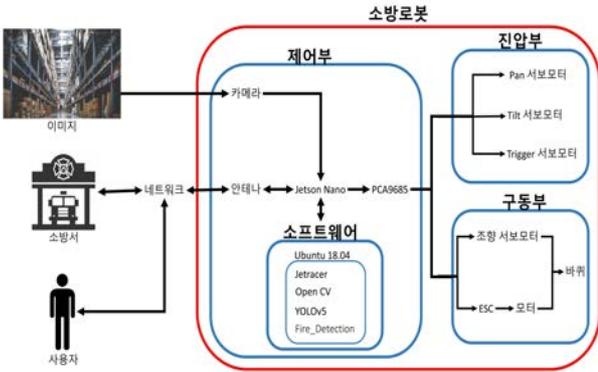
본 논문에서는 객체 인식을 통한 착화 지점 탐색, 딥러닝 기반 자율주행을 이용해 자동식 소방 설비와 기존 소방 로봇의 문제점을 개선한 무인 소방 로봇을 제안한다.

### 2. 시스템 설계 및 구조

<표 1> 소방 로봇 핵심 기능

기능	설명
화재 감지	소방 로봇의 카메라와 객체 인식 알고리즘을 이용하여 불과 연기를 찾아내는 기능.
화재 진압	화재 감지를 통해 알아낸 착화 지점을 향하여 소화기를 조준, 분사하는 기능.
현장 이동	카메라를 이용한 자율주행 기술을 이용하여 화재 지점까지 신속하게 이동하는 기능.
화재 알림	사용자에게 화재 발생 메시지를 보내며 주변에 소리와 빛으로 화재 상황을 알리는 기능.
소방서 신고	화재 감지가 확인되는 즉시 인근 소방서에 화재 신고를 하는 기능.
현장 모니터링	소방 로봇에 촬영되는 영상을 사용자의 단말기에서 실시간으로 확인하는 기능.

본 소방 로봇은 화재 초기 진압에 중점을 둔 로봇으로 화재 취약 지역인 공장과 창고에서 운용한다. 사람의 도움 없이 진행되는 무인 시스템이며 화재 감지, 화재 진압, 현장 이동, 화재 알림, 소방서 신고, 현장 모니터링으로 구성된 여섯 개의 핵심 기능이 있다. 소방 로봇의 구조는 그림 1과 같이 구동부, 제어부, 소화부로 나뉜다.

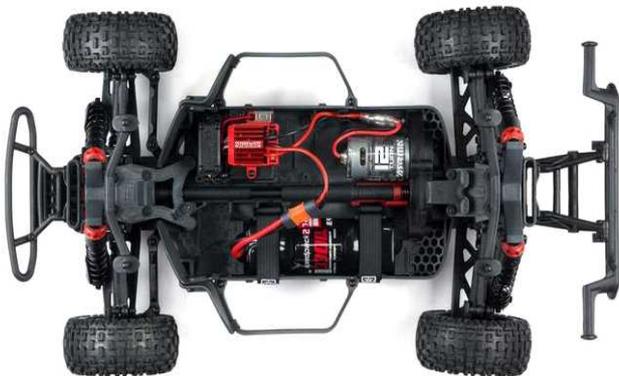


(그림 1) 소방 로봇 구조

가. 구동부

구동부는 소방 로봇의 이동을 담당하는 부분이다. 구동부의 조향 방식에 따라 소방 로봇의 이동 시간이 달라진다. 기존의 소방 로봇은 무한궤도 바퀴로 설계되어 Skid 조향 방식을 사용하기에 속도가 느리다는 단점이 존재한다. 본 소방 로봇은 화재를 빠르게 진압하는 것을 목적으로 하기에 장애물 회피와 코너 진입이 자연스럽게 가능하고 속도가 빠른 에커만(Ackermann) 조향 방식의 Arrma Senton 1/10 모델 RC카를 구동부로 사용하였다.

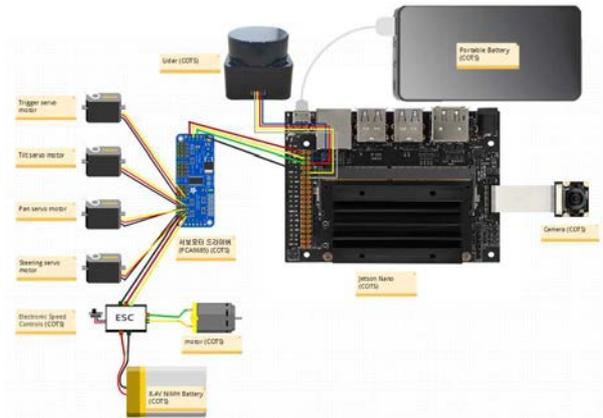
조향과 속도제어를 위하여 PCA9685를 컨트롤러로 사용하였으며 제어부에 I2C 인터페이스로 연결하였다.



(그림 2) 구동부 사진.

나. 제어부

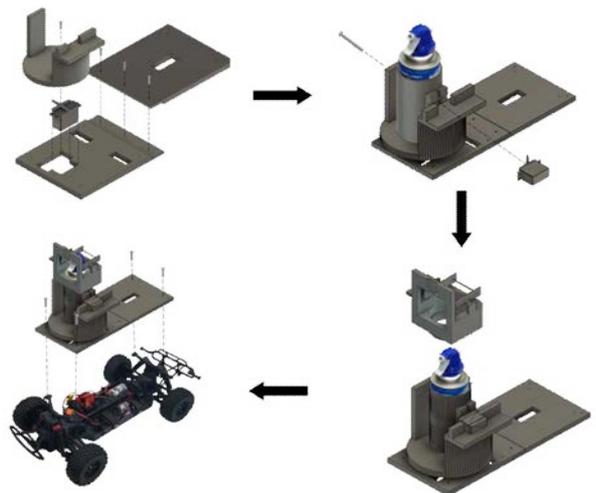
제어부는 통신, 센싱, 신호 출력을 담당하는 부분이다. 기존 소방 로봇의 원격 제어 방식이 아닌 엣지 컴퓨팅을 이용한 제어 방식을 사용하여 사람이 없어도 작동하며 통신이 불안정한 상황에도 현장 화재 진압이 가능한 장점이 있다. 객체 인식, 자율주행에 활용되는 딥러닝 알고리즘을 이용하기 위해 CUDA 프로세서 사용이 가능한 Jetson Nano를 제어부로 사용하였다.



(그림 3) 소방 로봇 회로.

다. 소화부

소화부는 화재 진압을 담당하는 부분으로 소화기가 장착되어 착화 지점을 향해 소화 약재를 분사하도록 구성되어있다. 구동부에 사용한 에커만 조향 방식의 단점으로 제자리 회전이 불가능한 점을 보완하고 더 정확한 화재 지점 조준을 위해 그림 4와 같이 소화기 Pan, Tilt가 가능한 기구를 설계하였다.



(그림 4) 소화부 조립 및 구동부와 연결.

소화기는 소화 약재의 잔재가 남지 않아 소화 대상물의 손상이 적으며 A-D급 화재에 상관없이 사용할 수 있는 400g의 하론 소화기를 사용하였다.

#### 라. 소프트웨어

Jetson Nano의 OS는 Ubuntu 18.04를 사용하였고 프로그램 언어는 Python 3.9.6을 사용하였다. 자율주행을 구현하기 위해 Jetracer[6] 라이브러리의 알고리즘을 참고하였다. 또한 객체 인식 알고리즘을 이용해 불, 연기 등의 이미지 데이터를 학습시켜 카메라를 통해 화재를 감지하도록 구현하였다. 신속한 화재 진압을 중점으로 하기에 일반적인 CNN보다 속도 측면에서 우수한 YOLOv5[7]를 이용해 Fire-Detection을 구현하였으며 평균적인 추론 시간은 약 14FPS가 나왔다.

#### 3. 성능 테스트

본 소방 로봇의 성능을 평가하고 문제점을 파악하고자 주행, 화재 진압, 화재 감지 능력 테스트를 진행하였다.



(그림 5) 소방 로봇 테스트 사진.

주행, 화재 진압 테스트는 원격으로 소방 로봇을 운용하여 거리 15m, 높이 약 30cm의 A급 화재를 진압하는 것이다. 테스트 결과 10초 이내에 화재 지점까지 이동하여 진압에 성공하였다.

화재 감지 테스트는 실내에서 30x21cm의 화재 사진을 단계적으로 거리를 벌려 화재 검출이 가능한 최대 거리를 측정하는 것이다. 테스트 결과 검출 가능한 최대 거리는 약 6m로 측정되었으며, 6m 이내

의 화재 사진은 검출하는데 성공하였다. 두 테스트를 통하여 본 소방로봇이 창고 화재 진압에 유효함을 증명하였다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 매년 발생하는 국내 화재와 그로 인한 산업시설의 인명·재산 피해의 감소를 목적으로 본 소방 로봇을 제안하였으며 테스트를 통해 유효성을 검증하였다.

성능 테스트를 통해 파악한 개선 사항은 이동 중 안정성 향상과 소화기 용량 증대, 화재 감지 성능 향상이다. 구동부의 크기를 늘리고 소화부의 무게를 넓게 분산시켜 이동 중 흔들림을 줄이고 로봇이 전도되는 것을 방지할 수 있게 개선하고자 한다. 400g의 소형 소화기를 3kg 이상의 소화기로 대체하여 소화 능력 및 횡수를 향상시키고자 한다. Fire-Detection의 학습 데이터를 질을 높이고 열화상 카메라와 같은 추가적인 화재 감지 센서를 추가하고자 한다.

#### Acknowledgement

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성산업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

#### 참고문헌

- [1] 소방청, "화재장소에 대한 월별 재산피해현황," KOSIS, 2021년 10월 27일, <https://kosis.kr/index/index.do>
- [2] 법제처, "건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 14조," 국가법령정보센터, 2022년 4월 29일, <https://law.go.kr/>
- [3] 김기성, "쿠팡 화재 때 비상벨 6번 고의로 켜다...관리업체 3명 입건," 한겨레, 2021년 7월 20일, <https://www.hani.co.kr/arti/area/capital/1004118.html>
- [4] 차중호, "건축물 실내화재의 단계에 대한 연구," 한국방재학회 학술발표대회, 2008년, pp. 169-172.
- [5] 김국래, 김진택, "화재현장에 적합한 소방방재로봇의 개발 방향 탐색," 한국화재소방학회논문지, 24권 3호, pp. 231-237, 2010년.
- [6] NVIDIA-AI-IOT/jetracer, GitHub, 2022년 9월 19일, <https://github.com/NVIDIA-AI-IOT/jetracer>
- [7] 이용환, 김영섭, "객체 검출을 위한 CNN과 YOLO 성능 비교 실험," 반도체디스플레이기술학회지, 19권 3호, pp. 85-92, 2020년