

# 대한기계학회 주최

## 제15회 전국학생설계경진대회(2025년)

# 설계 중간 보고서

참가부	고등부 ( ) / 대학부 ( V )				
참가분야	공모주제 ( V ) / 자유주제 ( )				
참가팀명	프로메테우스				
설계제목	실시간 화재 탐지 시스템과 소화탄 투하 기능을 가진 스마트 소방 드론 시스템				
지도교수/교사	(소속) 경성대학교 (성명) 박장식 (연락처) 010-5503-6198				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	이강민	경성대학교 전자공학과	010-4928-2105	qertiuy5377@naver.com	

## 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	이강민	경성대학교 전자공학과 / 4학년	qertiuy5377@naver.com
2	송승진	경성대학교 전자공학과 / 4학년	
3	권혁준	경성대학교 전자공학과 / 4학년	
4	유찬영	경성대학교 메카트로닉스학과 / 4학년	cksdud0515@naver.com
5	김철우	경성대학교 메카트로닉스학과 / 4학년	

※ 중간보고서 제출 : 설계경진대회 홈페이지에서 보고서제출 클릭 ➡ 로그인한 후 [신청번호](#) 클릭

☞ 중간보고서 제출 (제출기한: 2025년 6월 2일(월) ~ 6월 27일(금))

※ 파일명 : 중간보고서\_(참가팀명)\_홍길동(대표자명)

## 1. 설계의 목적

최근 연속적으로 발생한 산불로 인해 산림이 파괴되고 인명피해까지 이어지는 상황에서, 피해를 최소화하기 위한 빠른 초기 대응의 중요성이 강조되고 있다. 그러나 산불 특성상 신속한 접근과 초기 진화의 어려움이 존재한다.

본 프로젝트는 2025년 현재까지 진행되고 있는 러시아-우크라이나 전쟁에서 주요 전력으로 사용된 드론의 신속한 기동성과 접근성에 주목하였다. 이러한 드론의 장점을 활용하여, 실시간 화재 탐지 시스템과 소화탄 투하 기능을 가진 '스마트 소방 드론 시스템' 구현을 목표로하였다. 이를 통해 신속한 화재 탐지와 초기 진화가 가능해짐으로써 산불 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

2025년 대한민국에서는 연속적으로 발생한 산불로 인해 약 104,788헥타르의 산림과 주거지가 파괴되며 역대 최대 규모의 피해를 기록하였다. 이는 서울시 면적의 약 1.7배에 달하는 수준으로, 32명의 인명 피해도 발생하였다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 신속한 화재 탐지와 초기 진화가 매우 중요하다는 것을 인식하고, 대형 산불로 인한 추가 피해 예방을 목표로 설계를 구상하였다.

우선, 러시아-우크라이나 전쟁에서 드론의 활용성에 주목하였다. 전쟁에서 사용된 드론은 인명 피해를 남기는 폭탄을 투하하지만, 본 프로젝트는 생명을 지킬 수 있는 소화탄 투하를 구상하였다. 기존에도 다양한 기업에서 소화탄 또는 소방호스를 장착한 소방 드론이 개발되어 왔으나, 대부분 사람이 수동으로 조작해야 하는 한계가 있다.

따라서, 조종사의 개입 없는 실시간 딥러닝 기반 화재 탐지 시스템과 소화탄 투하 시스템을 활용하여 스마트 소방 드론을 구현하고자 한다. 이 구현을 통해 신속한 초기 대응이 가능한 미래형 화재 대응 플랫폼을 기대할 수 있다.

### (2) 설계 방법 및 제약조건

고온 환경에서의 드론 비행은 일반 환경보다 높은 출력 성능을 요구한다. 이를 위해 헥사콥터(6축)와 옥토크콥터(8축) 구조가 검토되었으나, 초기 설계에서 정한 중량 제한(3kg)과 높은 제작 비용을 고려하여 헥사콥터 구조로 결정하였다. 헥사콥터는 기존 쿼드콥터 대비 추력 향상 및 자세 제어 정밀도를 높일 수 있으며, 비행 중 일부 모터 또는 프로펠러에 장애가 발생하더라도 일정 수준 이상의 비행 지속성을 유지할 수 있는 장애 허용성(fault tolerance)을 제공한다.

소화탄 투하 시 발생하는 드론의 무게중심 급변을 최소화하기 위해 중력 낙하형 투하 방식을 적용할 예정이다. 또한 Jetson Orin Nano Super를 이용하여 실시간 화재 탐지를 수행하고, 비행 컨트롤러(Flight Controller)를 활용하여 센서 측정값의 피크치 오버플로우를 방지하며, 소화탄을 잡는 그랩 모듈 작동 시 발생하는 모터 부하 변동을 실시간으로 감지하여 기체의 순간적인 흔들림과 상승을 보정하는 알고리즘을 설계에 반영할 예정이다.

장시간 고온 환경에 노출 시 드론 내부의 온도 민감형 센서 측정값의 신뢰도가 저하되거나 고장날 가능성이 있다. 이를 최소화하기 위해 방열판 및 열반사필름을 활용한 열 차단 설계를 적용할 예정이다. 또한 인공지능의 오작동으로 인한 인명피해를 방지하기 위해 모니터링이 가능한 관제 시스템에서의 이중 승인 절차를 통해 소화탄 투하를 할 수 있도록 소프트웨어를 추가하여 해결할 것이다.

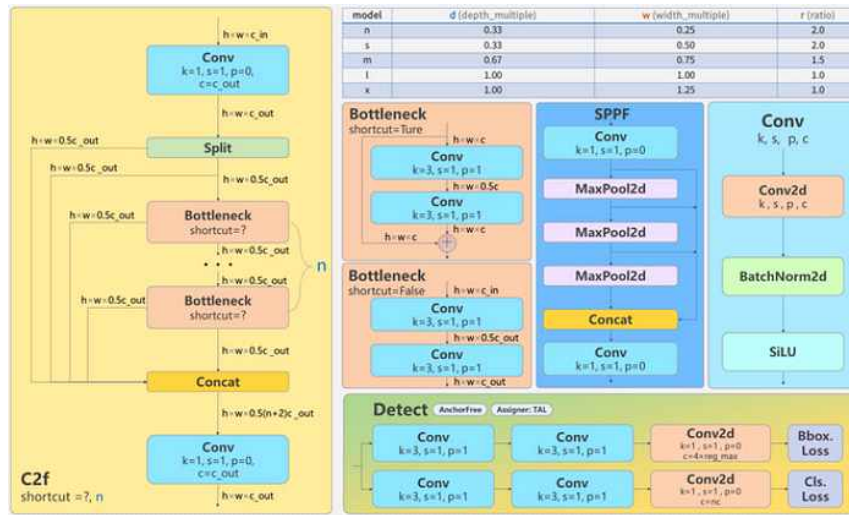
공학적인 문제점뿐만 아니라 법적인 문제도 존재하는데, 항공안전법 제206조와 제310조에 따르면 3kg을 초과하는 투하물을 장착한 기체는 사전 허가와 안정성 심사가 필수이다. 따라서 제한적인 환경에서 구현하기 위해

카본 프레임과 모터, 소화탄 모형을 사용하여 중량을 3kg 이하로 제한하였다.

### 3. 현재까지의 성과 및 문제점 해결방안

일반적인 소방 드론은 약 25kg 이상의 페이로드를 요구하나, 법적인 제한으로 인해 중량을 3kg 이하로 제한해야 했다. 제한적인 환경에서 구현하기 위해 부품의 공식 제원을 확인하여 정확한 수치를 바탕으로 구체화하고 현재까지 소프트웨어 측면에서 드론 동작의 전체적인 파이프라인과 플로우차트를 디자인하였다.

#### [ YOLOv8 네트워크 아키텍처의 세부적인 블록 다이어그램 (Detailed of YOLOv8 Network's Architecture) ]



본 프로젝트는 화재 탐지라는 목표를 가지고 있어 실시간 인식 시스템이 요구된다. 그리고 실시간 인식 시스템은 응답성과 안정성이 매우 중요하다. 그러나 모든 연산을 하나의 보드로 처리할 경우 부하가 증가하여 지연 문제가 발생할 가능성이 있다. 본 프로젝트에서는 객체 인식용 Jetson 보드와 드론 제어용 비행 컨트롤러(Flight Controller) 부분으로 나누어 두 개의 보드를 사용할 예정이다.

화재 탐지 시스템은 딥러닝 기반 객체 인식 기술이 핵심이며, 드론 플랫폼의 제약 조건을 고려할 때 실시간 연산 능력 확보가 매우 중요하다. 이를 위해 고성능 GPU와 딥러닝 추론 최적화 엔진(TensorRT)을 지원하는 Jetson Orin Nano Super 보드를 채택하였다. 이 보드는 YOLOv8s와 같은 경량 딥러닝 모델을 TensorRT 기반으로 실시간 처리할 수 있는 연산 성능(8.7 Tops)을 제공하며, 공식 데이터 기준 640 Pixel 입력 시 약 1.2ms의 빠른 추론 속도를 지원한다. 또한, CUDA 기반의 병렬 처리가 가능하고, ROS 환경과의 호환성도 우수하여 센서, 카메라와의 통합 및 실시간 응답성 구현에 유리하다. 이러한 이유로 Jetson Orin Nano Super는 본 프로젝트의 실시간 객체 인식 성능과 드론 탑재 조건을 모두 만족하는 최적의 보드로 판단되어 선정하였다.

YOLOv8s의 객체인식 정확도는 90.4% ~ 99.6% 수준이다. 하지만, 화재 현장과 같은 민감한 환경에서는 100%가 아니라면 소화탄 투하 시에 인명 피해가 있을 수 있다. 민감한 환경에서는 추가적인 안전 장치가 필요하므로 모니터링 후 사람의 최종 승인이 있어야만 소화탄을 투하하도록 절차를 강화할 예정이다.

드론 플랫폼에서 화재 탐지와 초기 소화를 위한 소화탄 투하 기능을 구현하기 위해 고출력 드론용 모터가 필요하다. 그러나 고출력 모터의 높은 가격과 제한된 예산으로 인해 적합한 부품 확보에 어려움이 있었다. 이에 따라 드론의 중량 제한과 법적 조건 등 현실적 제약을 고려하여 설계 방향을 최적화하였다. 이러한 예산상의 제약으로 기존 보유 모터를 활용하여 비용 부담을 줄이기로 하였다.

드론의 종류는 모터의 수에 따라 크게 쿼드콥터, 헥사콥터, 옥토콥터로 나뉜다. 각각의 종류들은 고유한 장단점을 가지고 있다. 본 프로젝트의 구상 단계에서 높은 보급률과 접근성을 보유한 쿼드콥터를 고려하였으나, 쿼

드롭터의 낮은 안정성과 최대이륙중량이 화두되었다. 또한, 옥토콥터는 가격이 높고 큰 프레임이 대부분이어서 3kg을 초과할 우려가 있어 프로젝트의 방향성과 맞지 않았다. 따라서, 헬사콥터를 선정함으로써 균형을 맞추었다.

드론의 부자재 제작을 위한 3D 프린팅 방식은 FDA 출력 방식을 사용함으로써 높은 설계 자유도를 확보하고 저렴한 가공 비용을 기대할 수 있다. 또한, PLA 필라멘트를 사용하여 높은 접근성과 쉬운 가공을 기대할 수 있다. 그러나 소방 드론은 화재 현장의 고온 환경에 노출된다. 따라서 PLA 필라멘트의 낮은 열 내구성은 화재 현장과 같은 고온 환경에서 부적합하다. 이를 해결하기 위해 ABS, PC 필라멘트 등 다양한 소재를 고려할 예정이며, 필요 시 교체할 예정이다.

#### 4. 향후 설계 진행 계획

중간보고서 작성 단계에서 확정된 중량 및 성능 조건에 최적화된 부품들의 선정을 완료하고 구매하였다. 최종 보고서 작성 시점까지 실제 부품의 미세한 성능 오차를 보정 하기 위해 공식 제원을 바탕으로 각 부품의 오프셋(offset)을 설정할 예정이다. 이를 기반으로 하드웨어 조립과 최종 시스템 통합을 진행하며, 소프트웨어 측면에서는 수집된 데이터셋을 활용하여 TensorRT 기반의 YOLOv8s 모델을 추가적으로 학습 및 최적화하여 객체 인식 정확도를 향상할 계획이다.

또한, 드론의 열 노출에 따른 안전성을 확보하기 위해 자동 이탈 알고리즘과 온도 감지 기반의 회피 시스템을 구현하고, 통합 실험 및 평가를 통해 설계 목표의 달성 여부를 명확히 검증할 예정이다. 더불어, 앤시스(Ansys)를 활용한 유한요소해석(FEA)을 수행하여 설계의 타당성과 구조적 안정성을 종합적으로 검증할 계획이다.

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
주제 선정	■	■				
개념 설계		■	■	■		
상세 설계				■	■	
프로토타입 제작				■	■	■
통합 테스트 및 보고서 작성						■

주제 선정 : 4월 7일 ~ 5월 2일

개념 설계 : 5월 2일 ~ 6월 27일

상세 설계 : 6월 27일 ~ 7월 18일

프로토타입 제작 : 7월 11일 ~ 8월 25일

동작 테스트 및 보고서 작성 : 8월 25일 ~ 9월 12일

## 5. 참고문헌

웹사이트

- <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- <https://blog.roboflow.com/what-is-yolov8>