

산불 조기 감지 및 지역 기반 대응 시스템

❖ 프로젝트 개요

산불을 '완전히 막는 것'이 아니라,
더 빠르게 감지하고 더 정확하게 대응하여 피해를 최소화하여 예방하는 것을 목표로 합니다.

이 시스템은 산에 설치된 IoT 센서 네트워크를 기반으로,
온도, 습도, CO₂ 등 환경 데이터를 실시간 수집하고,
지역 기반 산불초소 및 드론 스테이션과 연계하여
AI 분석, 대피 안내, 초기 진압까지 수행하는 통합형 산불 조기 대응 솔루션입니다.

💡 문제 인식

산불 대응은 시간이 생명입니다. 하지만 현재 국내의 산불 감지 및 대응 시스템은
기술적 한계, 구조적 단절, 사회적 미흡함이 복합되어 빠르고 정확한 대응을 어렵게 만듭니다.

1. 🔎 기술적 문제

- **단일 감지 방식에 의존**
대부분 영상(CCTV) 기반 감지 또는 인력 순찰에 의존하여
야간, 음영 지역, 안개 상황에서 탐지 누락 가능성이 높습니다.
 - **센서 네트워크 및 커버리지 부족**
일부 지역(강원도 등)만 시범 적용 중이며,
센서 간 통신망(메쉬망) 부재, 고립 센서 오작동 위험 존재.
 - **AI 해석 및 판단 체계 미흡**
수집된 데이터를 고도화된 AI가 종합 판단하는 구조가 부족하며,
이상 패턴 감지·예측보다는 단순 임계치 기반 판단에 그침.
 - **드론의 감시 기능 한정**
드론 감시단은 존재하지만,
드론 자체가 자동 진화나 초기 대응에 활용되는 사례는 없음.
-

2. 시스템 구조상 문제

- **감지 → 판단 → 대응 → 대피 → 진화 간 분리 운영**
각 단계가 산림청, 소방청, 지자체 등 기관별로 분리되어 반응 속도가 느림.
골든타임(30 분 이내) 내 통합적 대응이 어려운 구조.
 - **자동화 연동 부족**
센서 감지 결과가 실시간으로 방송·경보·진화로 연결되지 않고,
대부분 사람이 중간에서 수동 판단 → 수동 경보 송출.
-

3. 사회적·지역적 한계

- **고령자 등 취약계층의 경보 인식 실패**
문자, 앱, TV 방송 중심 경보 체계는
디지털 약자에겐 실질적 체감이 어려워 대피 시점 놓치는 사례 다수.
 - **마을 기반 대응 인프라 미활용**
회관, 농협, 휴게소 등 지역 거점 기반 대응 시스템이 전무,
산불초소는 산속 고지대에만 집중 → 고립된 감시 기능만 수행.
-

④ 제안 솔루션

1. 🔍 산불 조기 감지 센서 네트워크

- 산림 곳곳에 설치된 IoT 센서 (온도, 습도, CO₂ 등)
- LoRa 기반 저전력 네트워크로 센서 간 통신 및 데이터 공유
- AI 가 다중 센서 데이터를 종합 분석하여 이상 징후를 탐지하고 위험도를 평가함
- 단순 온도 감지만이 아닌, 시간 지속성, 주변 센서 상태, 기온 상승 추세까지 판단에 반영

아래는 실제 시스템에 적용되는 AI 기반 위험 등급 판단 슈도코드입니다.

📌 산불 징후 판단 로직 (슈도코드 보기)

INPUT:

- current_temp #현재 온도
- duration # 일정 온도 지속 시간 (초)
- temp_rise_delta
- nearby_sensor_states

BEGIN

```
IF current_temp ≤ 70:  
    단계 = "관심"  
  
ELSE IF 70 < current_temp ≤ 100 AND duration ≥ 15:  
    단계 = "주의"  
    IF temp_rise_delta ≥ 1.0:  
        위험도 += 5%  
  
ELSE IF 100 < current_temp ≤ 200 AND duration ≥ 20:  
    IF 주변 1 개 센서가 '주의':  
        단계 = "경계"  
        IF temp_rise_delta ≥ 1.5:  
            위험도 += 8.6%  
  
ELSE IF current_temp > 200 AND duration ≥ 30:  
    IF 주변 2 개 센서가 '경계':  
        단계 = "심각"  
        IF temp_rise_delta ≥ 2.0:  
            위험도 += 13.5%  
            경보_전송()  
  
RETURN 단계, 위험도
```

END

🧠 AI 분석 모델 설명 (LightGBM vs LSTM)

항목	LightGBM	LSTM
종류	결정 트리 기반의 그래디언트 부스팅(GBDT) 모델	시계열/순차 데이터 분석에 특화된 RNN(순환 신경망)
특징	빠르고 정확한 예측, 범주형/수치형 데이터에 강함	시간 흐름을 고려한 데이터 예측 가능
장점	속도 빠름, 해석력 높음, 구현 쉬움	시계열 패턴 학습에 강함 (예: 온도 변화 트렌드)
단점	시간 정보(순서)에 약함	학습 시간 오래 걸림, 복잡도 있음

적용 방식 예시:

- LightGBM 은 현재 온도, 습도, 지속 시간, 주변 센서 상태 등을 기반으로 즉시 위험 단계 분류
- LSTM 은 시간에 따른 센서 데이터를 분석하여 10~30 분 후 산불 위험도 예측
- 예측 결과는 드론 사전 출동, 지역 경보 사전 준비 등에 활용

2. 🏭 분산형 산불초소 설계

- 기존 산 정상 초소뿐만 아니라, 시골 마을, 휴게소, 농협 등에 분산 배치
- 산림청 공무원 활동 거점 + 고령자 대피 안내 기능 수행
- 지역 사회와 행정이 연결된 유기적 구조

3. 🔔 단계별 경보 시스템

- 관심 → 주의 → 경계 → 심각 4 단계
- AI 가 온도 변화 + 지속시간 + 주변 센서 상황을 판단하여
오탐을 줄이고, 진짜 위험 시에만 경보 발생

⌚ 기술 스택 및 구조

구성 요소	설명
LoRa 통신	저전력, 장거리 통신으로 센서 간 네트워크 형성
IoT 센서	온도, 습도, CO ₂ , 연기 등 감지
AI 분석	시계열 데이터 기반 위험 등급 분류 모델 (LightGBM or LSTM 등)
경보 시스템	마을 방송, 알림 API, 대피 권고 자동화

❖ 차별점

기존 방식	본 프로젝트
CCTV/인력 위주 감시	센서 + AI + 네트워크 기반 자동 감시
초소는 산에만 위치	마을/휴게소 거점화 + 지역 연계형
단일 조건 감지	시간 + 주변 센서 조합 판단 → 오경보 방지
일방적 방송	고령자 친화형 아날로그 연계 방송 중심 설계

▣ 참고 자료

- 산림청 2024 전국 산불방지 종합대책
- 국가기록원 산불경보제 운영기준
- 기온 상승과 산불
- 산림청 실시간 산부 정보(산불 통계)
- 산림청 국가 산불 위험예보시스템

○ 기여 및 문의

본 프로젝트는 아이디어 경진대회 목적의 기술 기획입니다.

관심 있는 분들의 피드백, 기술 제안, 확장 논의 모두 환영합니다!

 Contact: [flexasdf2124@kakao.com]