# 🔥산불 조기 감지 및 지역 기반 대응 시스템

## 📌 프로젝트 개요

산불을 ’완전히 막는 것’이 아니라,  
**더 빠르게 감지하고 더 정확하게 대응하여 피해를 최소화하여 예방**하는 것을 목표로 합니다.

이 시스템은 산에 설치된 IoT 센서 네트워크를 기반으로,  
**온도, 습도, CO₂ 등 환경 데이터를 실시간 수집**하고,  
**지역 기반 산불초소 및 드론 스테이션과 연계하여**  
**AI 분석, 대피 안내, 초기 진압**까지 수행하는 **통합형 산불 조기 대응 솔루션**입니다.

## 🚨 문제 인식

산불 대응은 시간이 생명입니다. 하지만 현재 국내의 산불 감지 및 대응 시스템은  
**기술적 한계, 구조적 단절, 사회적 미흡함**이 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 가능성**이 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(30분 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.

## 🎯 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**
* AI가 **다중 센서 데이터를 종합 분석**하여 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 슈도코드**입니다:

🌡️ 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 1개 센서가 '주의':  
 단계 = "경계"  
 IF temp\_rise\_delta ≥ 1.5:  
 위험도 += 8.6%  
  
 ELSE IF current\_temp > 200 AND duration ≥ 30:  
 IF 주변 2개 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**:

* LightGBM은 현재 온도, 습도, 지속 시간, 주변 센서 상태 등을 기반으로 **즉시 위험 단계 분류**
* LSTM은 시간에 따른 센서 데이터를 분석하여 **10~30분 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** 4단계
* AI가 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, CO₂, 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](http://kffmsa.kr/admin/admin_board_01/data/2024%EB%85%84%EB%8F%84_%EC%A0%84%EA%B5%AD_%EC%82%B0%EB%B6%88%EB%B0%A9%EC%A7%80_%EC%A2%85%ED%95%A9%EB%8C%80%EC%B1%85.pdf)
* [국가기록원 산불경보제 운영기준](https://www.archives.go.kr/next/newsearch/listSubjectDescription.do?id=001844&sitePage=1-2-1)
* [기온 상승과 산불](https://www.khan.co.kr/article/202407092105015)
* [산림청 실시간 산부 정보(산불 통계)](https://fd.forest.go.kr/ffas/pubConn/movePage/sub3.do)
* [산림청 국가 산불 위험예보시스템](http://forestfire.nifos.go.kr/menu.action?menuNum=1)

## 💬 기여 및 문의

본 프로젝트는 아이디어 경진대회 목적의 기술 기획입니다.  
관심 있는 분들의 피드백, 기술 제안, 확장 논의 모두 환영합니다!

📩 Contact: [flexasdf2124@kakao.com]