

팬모터 제어와 영상 객체인식을 통한 산악안전경보시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 곽표성**, 박의준***

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학)

**금성아이티

***전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

A Study on the design of a mountain safety warning system through pan motor control and video object detection

Je-Ho Song*, Pyo-Sung Gwak**, Eui-Jun Park***

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering),

Chonbuk National University

**GOLDSTAR IT Inc

***Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약

본 논문에서는 산악 지역에서 발생하는 재난인 산불, 불법소각, 산사태 등을 감지하고 예방할 수 있는 산악안전경보시스템을 제안한다. 산악안전경보시스템은 산악 지역에 직접 설치되는 현장 계측기와 서버, 관제 프로그램으로 구성되며, 현장 계측기는 대기 센서와 산사태 센서뿐만 아니라 CCTV 영상 데이터를 활용하여 기존의 시스템보다 재난 감지의 정확도를 향상시켰다. CCTV 영상 데이터를 이용하여 인공지능 객체인식 기술(YOLO-v4)을 적용하여 연기와 불꽃을 감지하여, 산불과 불법소각 여부를 판단할 수 있도록 하였다. CCTV의 영상은 360° 전방향을 감시할 수 있도록 팬모터와 결속하여 연동하였다. 이를 통해 재난이 발생하면, 관리자에게 즉시 알림을 보내어 산불의 초기 진압과 산사태 발생 전 대피 조치를 신속하게 취할 수 있도록 하였다. 산악안전경보시스템은 산악 지역의 특성에 맞춘 실시간 재난 감시 및 대응 시스템으로, 재난으로 인한 피해를 줄이고 인명과 재산을 보호하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

를 최소화하기 위하여 발생 즉시 대처할 수 있는 것이 중요하다.

1. 서론

우리나라는 국토의 약 62.7%가 산악 지역으로 산지에서 재해의 발생 빈도가 높다.[1] 산지에서 발생하는 불법소각과 산불, 산사태와 같은 재난은 초기 진압이 중요하며 이에 실패할 경우 많은 인명 피해와 재산 피해를 초래할 수 있다.

여름철 장마나 태풍으로 인하여 산사태의 발생 빈도가 늘고 있으며, 이에 따라 피해 규모와 면적 또한 증가하는 추세이다.[2]

또한, 산불과 불법소각은 밀접한 관계를 가지고 있으며 산불의 주요 원인은 입산자 실화 및 쓰레기 불법소각으로 전체 산불 발생의 55%를 차지한다.[3] 불법소각은 산불의 원인이 될뿐만 아니라, 이산화탄소(CO₂), 메테인(CH₄) 등 온실가스와 PM₁₀, 일산화탄소(CO) 등 각종 대기오염물질의 주요 배출원으로 분류되어 대기 환경에도 큰 피해를 끼친다. 이처럼 산불과 불법소각, 산사태와 같은 산악 지역의 재해는 그 피해

따라서, 본 논문에서는 산불, 불법소각, 산사태 등의 재난을 감시하고, 예방할 수 있도록 산악안전경보시스템을 제안한다. 산악안전시스템은 현장 계측기와 서버, 관제 프로그램으로 구성되며, 현장 계측기는 대기 센서와 산사태 센서뿐만 아니라 CCTV 영상 데이터를 함께 활용하여 재난 감지의 정확도를 향상시키고자 하였다. 또한, 재난 상황이 감지되었을 경우 관리자에게 이를 알려 신속히 대응할 수 있도록 하였다.

2. 본론

산악안전경보시스템은 산지에서 일어날 수 있는 재난인 산불과 산사태의 발생을 감지하여 산불의 경우 신속한 초기 진압을 가능케 하고, 산사태의 조짐이 보일 경우에는 관리자에게 이를 알려 주민 대피 등을 조치할 수 있도록 한다. 그림 1은 산악안전경보시스템 개요도를 나타낸 것이다.

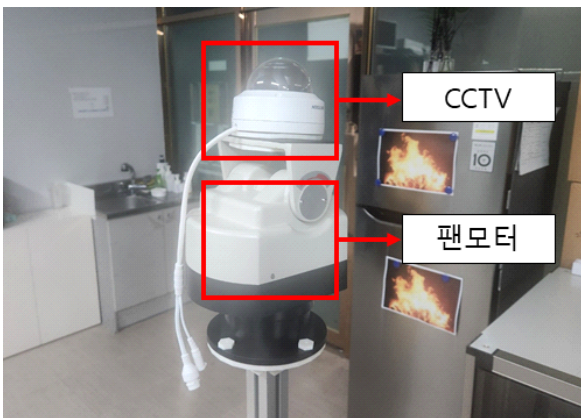


[그림 1] 산악안전경보시스템 개요도

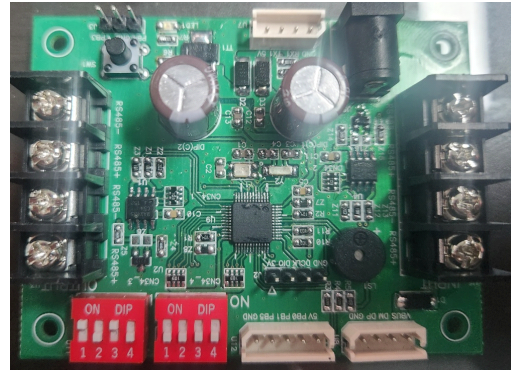
산악안전경보시스템은 산악지역 현장에 설치되어 재난 상황 데이터를 수집하는 현장 계측기와, 계측기에서 수집된 데이터를 분석하고 모니터링하는 서버와 관제프로그램으로 구성된다.

현장 계측기는 산불을 감지하는 부분과 산사태를 감지하는 부분으로 나누어진다. 산불 감지는 대기 센서를 이용해 CO, CO2, VOC 등을 계측해 산불과 불법소각을 감지하고자 하였고, 기존의 산불, 산사태 등 재난 관리 시스템과는 달리 CCTV 영상 데이터를 추가로 이용하여 감지의 정확도를 향상하고자 하였다. 불꽃과 연기에 대한 영상과 이미지를 객체인식 트레이닝을 하여 CCTV 화면 영상에 연기, 불꽃 등 산불이나 불법소각의 조짐이 포착될 경우 이를 관리자에게 알려 화재의 초기 진압이 가능하다.[4,5]

계측기에 부착된 CCTV는 팬모터와 결속하여 좌우로 회전하여, 360° 전방향을 감시할 수 있도록 하였다. 팬모터는 산지에 설치되는 현장 계측기의 특성 상, 야외에 설치할 수 있으며 CCTV의 중량을 지지할 수 있고, 팬 기능과 틸트 기능이 탑재된 것으로 선정하였다. 그림 2는 CCTV와 팬모터를 결속 모습을 나타낸 것이다. 팬모터는 RS-485의 하드웨어 통신과 PELCO-D 프로토콜을 규격으로 제어된다. 이를 제어하기 위해 RS-485 통신이 가능한 별도의 팬모터 제어기 회로를 설계하였고, PCB를 제작하였다. 이는 그림 3에 나타내었다.

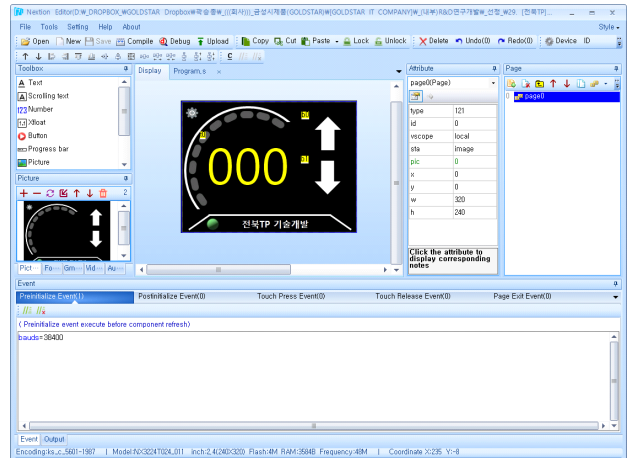


[그림 2] CCTV와 팬모터 결속 모습



[그림 3] 팬모터 제어 회로 PCB

MCU는 STM32F103C8T6을 이용하였으며, 운영 비트는 32 bit로 약 72 MHz의 처리 속도를 가진다. 또한, 팬모터의 좌우 위치에 대한 위치제어 정확도 평가를 위해 별도의 TFT-LCD의 터치패널 기반 인터페이스를 만들어 실험을 진행하였다. 각도 값을 입력하고, 그 위치에 팬모터가 동작되도록 인터페이스를 제작하였다. 그림 4는 팬모터 테스트 터치패널 HMI 화면을 나타낸 것이다.



[그림 4] 팬모터 테스트 터치패널 HMI 화면

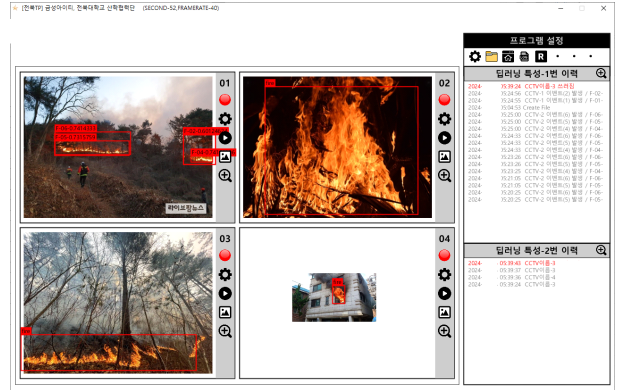
산불과 불법소각의 영상을 통한 감지를 위한 인공지능 객체인식 트레이닝은 YOLO-v4(YOLO : You Only Look Once) 엔진을 적용하였다. YOLO의 트레이닝을 진행하기 위한 개발환경은 표 1에 나타내었다.

[표 1] YOLO 개발환경

OS	Ubuntu 18.04.6 LTS
Tool	CUDA Toolkit 11.4
Library	CuDNN 8.2.4
	YOLOv4
Build	OpenCV 3.2.0
	GCC 7.5.0
	CMake
	Bazel 5.1.0

YOLO 빌드 및 학습은 다음과 같은 사항들을 고려하여 Darknet을 빌드하였다. 학습 속도를 높이기 위해 GPU 사용을 허가하고, YOLO 학습을 위해 필요한 OpenCV 라이브러리를 적용하며 GPU 가속화를 통해 컨볼루션(Convolution), 풀링(Pooling), 표준화, 활성화와 같은 일반적인 루틴을 빠르게 이행할 수 있도록 CuDNN을 적용하였다. 또한, 빌드된 Darknet 파일과 파라미터 정보가 담겨있는 .cfg 파일, 데이터셋의 정보가 담긴 .data 파일, YOLO의 사전학습 가중치가 담긴 .con.137 파일을 이용하여 학습을 시작한다.

객체의 크기가 적절히 클수록 객체인식의 정확도가 높아진다. 특히, CCTV 화면과 같은 전체 화면으로 객체인식을 시도할 때는, 작은 객체 화면을 인식해야 하는 경우는 많다. 작은 객체는 상대적으로 큰 객체에 비해 정확도가 떨어지기 때문에 적은 정확도로 이벤트가 있을 시에 해당 지역을 확대하여 다시 한 번 확인한다면, 더욱 정확한 객체인식을 구현할 수 있다.



[그림 6] 객체인식 프로그램 화면

그림과 같이 동시에 4개의 CCTV 화면을 가져오며, 해당 CCTV 화면을 실시간으로 객체인식을 통해 분석할 수 있도록 하였다. 프로그램 내에서 이벤트가 발생 시에는 화면의 우측의 특성 이력에 로그데이터를 표시하도록 하였고, 이와 같이 로그데이터와 사진데이터를 축적하여 트레이닝의 정확도를 더욱 높일 수 있도록 하였다.

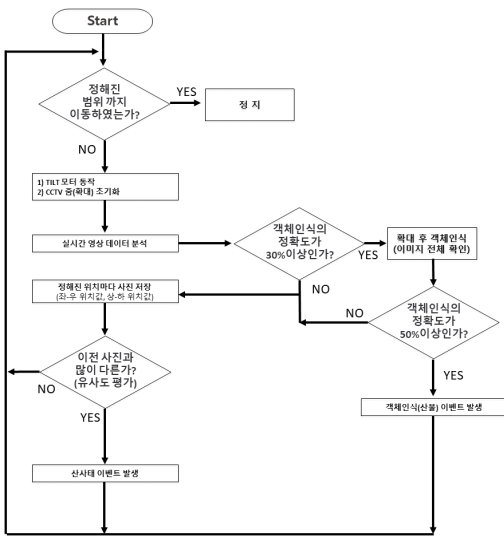
3. 결론

본 논문에서는 산악 지역에서 발생할 수 있는 산불, 불법소각, 산사태와 같은 재난을 초기에 감지하여 이에 신속하게 대응할 수 있는 산악안전경보시스템을 제안하였다. 해당 시스템은 대기 센서와 산사태 센서에 추가로 CCTV 영상을 활용하여 연기와 불꽃에 대한 인공지능 객체인식 기술을 적용함으로써 기존의 시스템보다 감지의 정확도를 향상시켰다. 특히, YOLO-v4 엔진을 활용하여 실시간으로 산불과 불법소각을 감지하고, 팬모터를 이용한 360° 전방위 감시 기능을 통해 재난 발생 위치를 효과적으로 파악할 수 있다.

이를 통해 초기 재난 대응의 신속성을 강화하고, 산불의 초기 진압 및 산사태 발생 전 경고 기능을 통해 피해를 최소화할 수 있다. 또한, CCTV 영상과 연계된 객체인식 기능을 통해 불꽃이나 연기도 추가로 감지할 수 있어 기존 시스템에서는 놓칠 수 있는 부분까지 보완하였다. 따라서, 산악안전경보시스템은 산악 지역의 특성에 맞춘 실시간 재난 감시 대응 시스템으로서, 자연 재해로 인한 피해를 줄이고 인명과 재산을 보호하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 산림청, 2022년 산림기본통계, 통계 보고서, 산림청, 대한민국, pp. 9
- [2] 산림청, 2023년 산불통계연보, 통계 보고서, 산림청, 대한민국, pp. 121



[그림 5] 팬모터 구동 알고리즘

그림 5는 팬모터 구동 알고리즘을 나타낸 것으로, 전체 화면에서 객체 인식의 정확도가 30%라 판단되었을 때, 그 위치에 맞추어 화면을 확대 후 다시 객체인식을 진행한다. 이때, 정확도가 50% 이상인 객체라 판단될 경우에 이벤트를 발생시켜 관리자에게 산불 발생을 알리게 된다.

객체인식 프로그램은 CCTV 화면을 불러오는 프로그램에서 객체인식 기능을 추가하여 제작하였다. 그림 6은 객체인식 프로그램 화면을 나타낸 것이다.

- [3] 산림청, 최근 10년 산사태 발생 추이 [Internet], Available From: <https://sansatai.forest.go.kr/intro/progress.do> (accessed March 7, 2024)
- [4] 김광주, 장인수, 임길택, “산불 연기 데이터셋 구축 및 심층 신경망 기반 검출 기술 비교 분석”, 한국통신학회 학술발표논문집, pp.1172-1173
- [5] 김효준, 이동찬, 장준영, 박성배, 이찬우, “화재 대응을 위한 불꽃 인식 시스템 연구”, 한국정보과학회 학술발표논문집, pp.1369-1371, 2020

본 연구는 (재)전북테크노파크의 2023년 전라북도 혁신 성장 R&D+사업 기술개발사업 지원에 의한 연구수행 결과물임을 밝힙니다. [과제명 : 인공지능형(AI) 산불, 불법 소각, 재난 예방을 위한 산악안전시스템 개발]