

산악 지역 재난 예방 및 감시를 위한 인공지능 객체인식을 활용한 산악안전시스템 설계에 관한 연구

곽표성¹, 박의준^{2*}, 송제호²
¹금성아이티, ²전북대학교 IT응용시스템공학과

A Study on the Design of Mountain Safety System Utilizing Artificial Intelligence Object Recognition for Disaster Prevention and Monitoring in Mountainous Areas

Pyo-Sung Gwak¹, Eui-Jun Park^{2*}, Je-Ho Song²
¹GOLDSTAR IT Inc

²Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약 최근 기후 변화로 인한 자연재해가 급증하면서 재해 예방의 필요성과 중요성이 대두되고 있다. 특히 한국의 경우 국토의 약 62.7 %가 산악 지역으로 산불, 불법소각, 산사태와 같은 재난이 빈번히 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 재난을 예방하고 대응하기 위한 산악안전시스템(MSS)을 제안한다. 산악안전시스템은 산악 지역에 설치된 현장 계측기를 통하여 실시간으로 산불과 산사태에 대한 데이터를 수집하고, 객체인식 기술을 적용하여 영상 및 이미지의 불꽃-연기를 감지하여 산불 및 불법소각 여부를 판단한다. 수집된 데이터를 기반으로 관계 프로그램을 통해 재난 상황을 분석·모니터링하고, 재난 발생 시 관리자에게 이를 알린다. 산악안전시스템은 임의의 화재 이미지 20개에 대하여 객체인식 정확도를 평가하였고, 이미지를 인식하여 사용자에게 알리기까지 0.5초 이내에 이루어졌으며 불꽃 및 화재 인식률은 100 %의 정확도를 보였다. 또한, 실제 현장에 산사태 감지 센서를 설치하여 한 달 동안 데이터를 수집하였고, 수집된 데이터는 권고 기준과 비교하였을 때 안전 기준값 이내를 만족하여 실측 현장의 산사태 위험성이 없음을 확인하였다. 본 시스템은 인공지능 기술을 활용하여 산악 지역 재난 상황 감시의 효율성과 정확성을 향상시켰고, 이를 기반으로 신속하고 정확한 대처가 가능할 것으로 기대된다.

Abstract Recently, as natural disasters have been increasing due to climate change, the need for disaster prevention has been emphasized. In Korea, where approximately 62.7 % of the land is mountainous, disasters, such as wildfires, illegal incineration, and landslides occur frequently. Therefore, this paper proposes a mountain safety system (MSS) to prevent and respond to such disasters. The MSS collects real-time data on wildfires and landslides through field measurement instruments installed in mountainous areas. It applies object recognition technology to detect flames and smoke in videos and images and determines the presence of wildfires and illegal incineration. Based on the collected data, the control program analyzes and monitors disaster situations, notifying administrators in the case of emergencies. The MSS evaluates the object recognition accuracy for 20 arbitrary fire images, and the recognition and notification to the user were completed within 0.5 seconds. The flame and fire recognition rate showed 100 % accuracy. In addition, by installing landslide detection sensors at the actual site and collecting data for one month, it was confirmed that the collected data satisfied the safety standards compared to the recommended criteria, indicating no risk of landslides at the actual site. This system enhances the efficiency and accuracy of monitoring mountainous disaster situations using artificial intelligence technology, enabling swift and accurate responses.

Keywords : Mountain Safety System(MSS), Wildfire, Illegal Incineration, Landslide, Prevention and Monitoring, Artificial Intelligence, Object Recognition

본 연구는 2023년 전라북도 혁신성장 R&D+사업 지원에 의한 연구수행 결과물임을 밝힙니다.

[과제명 : 인공지능형(AI) 산불, 불법소각, 재난 예방을 위한 산악안전시스템 개발]

*Corresponding Author : Eui-Jun Park(Chonbuk National Univ.)

email: legookok@naver.com

Received April 1, 2024

Revised April 22, 2024

Accepted May 3, 2024

Published May 31, 2024

1. 서론

최근, 전 세계적인 기후 변화로 인하여 자연재해가 빈번히 발생하고 있으며, 빈도의 증가뿐 아니라 재해의 종류도 함께 증가하고 있기 때문에 재해의 예방에 대한 관심사가 중요한 문제로 떠오르고 있다. 특히, 우리나라는 국토의 약 62.7%가 산지로, 산불과 산사태와 같은 산지와 관련된 재해의 발생이 빈번하다[1,2].

산불의 주요 발생 원인은 입산자 실화 및 논·밭두렁·쓰레기 태우기 등이며 이는 전체 산불 발생 원인의 55%를 차지한다[3]. 이러한 불법소각은 산불 발생의 위험성뿐 아니라 소각처리시설에서 소각할 때보다 최대 180배에 달하는 유해대기오염물질이 배출되어 환경에도 큰 피해를 끼친다[4].

이러한 불법소각은 불법소각의 문제점에 대한 인식 부족으로 인하여 여전히 빈번하게 발생하고 있으며 불법소각 적발 건수는 계속하여 증가하는 추세이다. 따라서, 불법소각을 막기 위해서는 주민들의 인식 개선과 더불어 불법소각의 측정과 감시 및 예방이 필요하다.

산사태 피해 면적과 인명 피해는 2011년 이후로 꾸준히 감소하였지만, 지난 2020년, 역대 최장 장마 기간 동안 태풍과 폭우로 인하여 전국적으로 약 1,343 ha 규모의 산사태 피해가 발생하였으며 9명의 인명 피해가 발생하였다[5]. 피해 복구액은 3,317억 원이 소요되었으며, 피해 면적은 2016년과 비교하였을 때 약 25배가 증가하였다.

이처럼, 산악 지역에서 일어나는 재난은 감지와 대처가 어렵고, 발생하면 피해가 심각하기 때문에 미리 예측하고 예방하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 산불과 불법소각, 산사태 등의 재난을 감시하고 이를 감지하여 예방할 수 있도록 산악안전시스템(MSS : Mountain Safety System)을 제안한다.

산악안전시스템은 산불과 불법소각, 산사태를 감시할 수 있는 현장 계측기와, 계측기로부터 실시간으로 데이터를 전송받아 각 현장의 GPS 데이터를 기반으로 센서 데이터와 사진 데이터를 확인할 수 있는 관제 프로그램, 전송된 이미지를 분석하여 소각·산불 여부 등을 판단하는 객체인식 서버로 구성된다[6].

산악안전시스템은 현장에 설치된 계측기를 통하여 산악 지역의 재난과 관련된 데이터를 수집하고, 이를 서버로 전송하여 재난 상황을 감지하고 진단한다. 사용자는 관제 프로그램을 통하여 수집된 센서 데이터와 분석된 영상 정보를 기반으로 산악 지역의 재난 상황을 효과적

으로 감시할 수 있다.

본 논문에서 제안한 시스템은 기존의 시스템과는 달리 센서 데이터와 함께 인공지능을 통해 영상 데이터를 분석한다. 이러한 접근은 판단의 정확도를 높여주며, 계측기를 이용하여 보다 넓은 지역을 감시할 수 있어서 소요되는 인력과 비용을 줄일 수 있다. 따라서, 본 시스템을 통하여 산악 지역의 재난 상황에 더욱 신속하고 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 산악안전시스템 개요

산악안전시스템은 산악 지역에서 발생할 수 있는 산불과 불법소각, 산사태와 같은 재난 상황을 현장의 계측기를 통하여 감시하고, 재난이 발생하였을 때 이를 사용자에게 알려 신속하게 대응할 수 있는 것을 목표로 한다. Fig. 1은 산악안전시스템의 개요도이다.



Fig. 1. Overview diagram of the MSS (Mountain Safety System)

설치 현장에서는 계측기를 통하여 실시간 영상과 산사태 감지 센서 데이터를 서버로 전송한다. 전송된 데이터를 이용하여 관리 서버에서 산불과 산사태 여부를 판단한다.

산악안전시스템은 계측기에서 전송된 실시간 영상에서 불꽃이나 연기를 객체인식하여 실제 불꽃으로 인식되면 관리자에게 알림을 전송하도록 구성하였다[7]. 객체인식 기술을 적용한 계측기는 가시거리 내 전방향으로 감시가 가능하도록 하고자 하였고, 따라서 360° 회전할 수 있는 PAN 모터를 이용하여 구동하고, CCTV나 카메라를 통한 영상 데이터 취득 환경을 구현하고자 하였다. 카메라의 인지 범위는 약 500 m 반경 이내를 감지할 수 있도록 하며, RTSP(Real-Time Streaming Protocol)를 통하여 실시간 스트리밍 기능을 적용하고자 하였다.

또한, 현장 계측기는 LTE 모듈을 통하여 IoT 시스템을 구현하고, 음성 데이터를 내장하여 재난 상황 시 근처의 사람들이 재난 상황을 인지할 수 있도록 예방과 경고

음성 알림이 가능하도록 하고자 하였다.

산사태 감지 센서는 구조물 경사계와 지중 경사계, 하중계, 지표 변위계를 통해 실시간으로 산사태 여부를 판단할 수 있는 데이터를 측정한다. 산사태 감지 센서 구성도는 Fig. 2에 나타내었으며, 산사태 센서 도식도는 Fig. 3에 나타내었다.

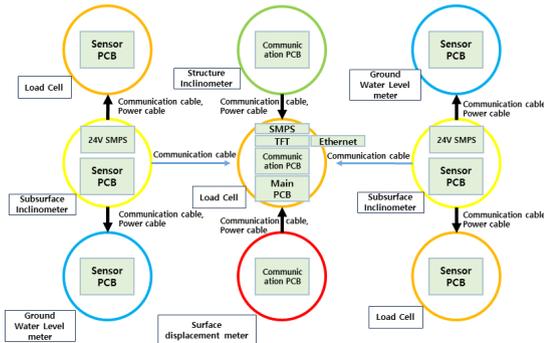


Fig. 2. Configuration diagram of MSS landslide detection sensor measuring instrument

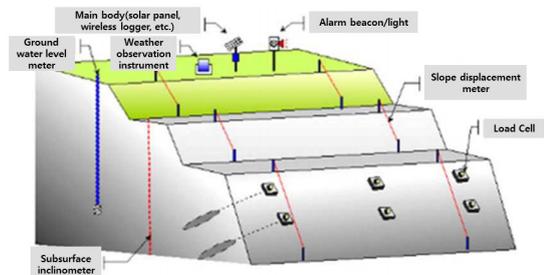


Fig. 3. Schematic diagram of MSS landslide detection sensor measuring instrument

계측기에서 전송된 데이터는 산악안전시스템 객체인식 서버를 통해 분석되고, 산불과 불법소각 여부를 판단하는 알고리즘에 따라 재난 상황을 인식한다. YOLO (You Only Look Once) 방식의 객체인식 트레이닝을 통하여 연기와 불꽃을 감지하는 알고리즘을 개발하고, 불꽃과 연기의 크기에 따른 객체인식 정확도를 개선하여 산악안전시스템의 객체인식 서버를 구축하고자 하였다 [8,9].

현장에 설치된 산불 및 불법소각 감시용 계측기와 산사태 센서 계측기를 통해 실시간으로 수집된 데이터와 영상은 산악안전시스템 관제 프로그램을 이용하여 확인할 수 있도록 하고자 하였다. SKT T-MAP과 같은 OPEN 지도 API를 통해 지도 기반의 관제 프로그램을 개발하고자 하였으며, 계측기가 설치된 장소의 GPS 데

이터를 기반으로 실시간으로 동작하는 WEB UI/UX를 개발하고 현장의 센서 값의 데이터 이력을 그래프, 리스트 등의 형태로 확인할 수 있도록 하고자 하였다. 재난 발생 시에는 즉각적인 조치가 가능하도록 관리자 SMS와 연동하여 알림을 보낼 수 있도록 하고자 하였다.

3. 산악안전시스템 설계 및 구성

3.1 불꽃 및 연기 감지를 위한 인공지능 객체인식

산악안전시스템 현장 계측기에서 수집된 영상 데이터를 통해 산불 여부를 판단할 수 있도록 불꽃과 연기에 대한 인공지능 객체인식 트레이닝을 하였다. JAVA를 기반으로 객체인식 엔진은 YOLO-v4를 사용하였으며 트레이닝 툴은 구글 코랩과 데이터셋 등을 활용하였다. 약 1,000개의 이미지에 대하여 레이블링 작업을 하였으며, 이는 Fig. 4에 나타내었다.

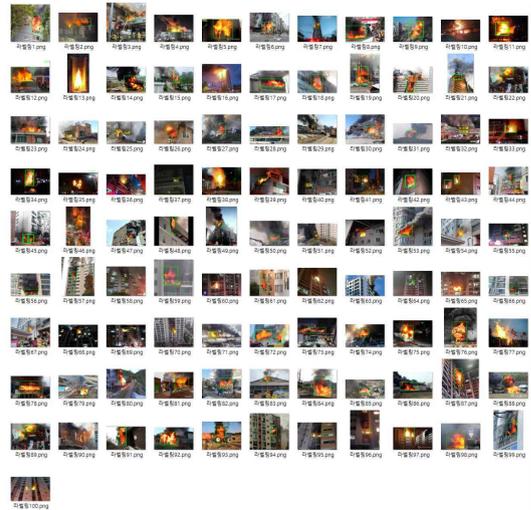


Fig. 4. Labeling task screen

산악안전시스템은 객체인식을 통한 산불·불법소각 등 화재 감지 정확도 시험을 하였다. 본 논문에서는 구글에서 임의의 화재 이미지 20개를 선택하고, CCTV 카메라와 이미지 간의 간격을 약 4~8 m로 설정한 후 객체인식 정확도를 평가하였다. Fig. 5는 시험 모습을 나타낸 것이며, 총 20개의 이미지에 대하여 화재를 감지하여 사용자에게 알리기까지 타이머로 측정한 결과, 평균 0.5초 이내로 이루어지는 것을 확인하였고, 불꽃 및 화재 인식률은 100 %의 정확도를 보였다.



Fig. 5. Object recognition test

3.2 산악안전시스템 하드웨어 설계 및 구성

Fig. 6은 산악안전시스템 현장 계측기의 구동 플로우 차트이다. 오프라인 이벤트 요청의 여부에 따라 서버에 요청을 전송하고, 이를 웹 화면에 표시한다. 사진 정보를 요청하는 경우에는 전송이 이루어지고, 지속적으로 센서를 이용하여 계측이 이루어지도록 하였다.

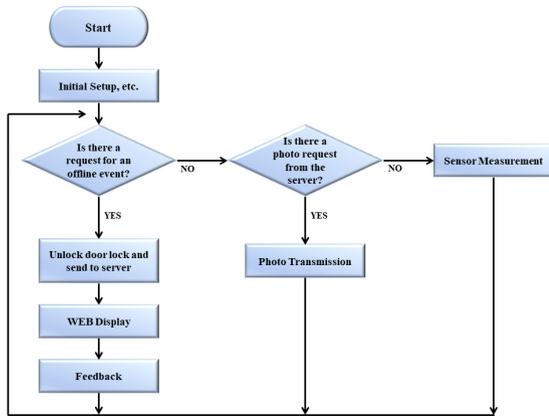


Fig. 6. MSS field measuring instrument operational flow chart

산불 감지 센서는 시리얼 통신을 이용하여 소형 카메라를 연동하였고, RCU-890 LTE 모듈을 사용하여 LTE 통신 프로토콜을 구현하였다. 이를 통하여 카메라의 영상 및 이미지 데이터를 취득 및 업로드할 수 있도록 하였으며, VL53L0X 레이저 거리 센서를 이용하여 거리 정보를 함께 받아들일 수 있도록 하였다. 영상 데이터와 거리 등의 센서 데이터를 함께 활용하여 산불 감시의 효율성을 향상시켰다.

산사태 감지 센서는 구조물 경사계와 지중 경사계, 하중계, 지표 변위계로 구성되었으며 구조물 경사계와 지중 경사계는 경사면이나 땅속의 기울기 변화량을 측정한다. 변위계는 지표 변위의 변동 여부를 측정하고, 하중계는 일정 기간 동안 쌓인 토사의 무게를 측정하여 분석한다. Table 1은 산사태 감지 센서 구성 요소들의 사양을 나타낸 것으로 구동 전압과 통신 방식, 측정 범위와 방식, 그리고 측정 속도에 대하여 나타내었다.

Table 1. Specifications of landslide detection sensor

	Structure inclinometer	Subsurface inclinometer	Surface displacement meter	Load cell
Operating Voltage	10-18 Vdc	10-18 Vdc	10-30 Vdc	10-18 Vdc
Communication	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485
Measurement range	0~180°	0~180°	0~600 mm	0~20 kg
Measurement method	MEMS	MEMS	WIRE, ADC	Load Cell, ADC
Measurement speed	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec	0.1 sec



Fig. 7. Landslide detection sensors installed on-site

Fig. 7은 실제 현장에 설치된 산사태 감지 센서의 모습이다. 산사태 감지 센서를 실제 현장에 설치하여 한 달 동안의 데이터를 수집하였으며 이에 대한 결과 값은 그 래프로 Fig. 8에 나타내었다.

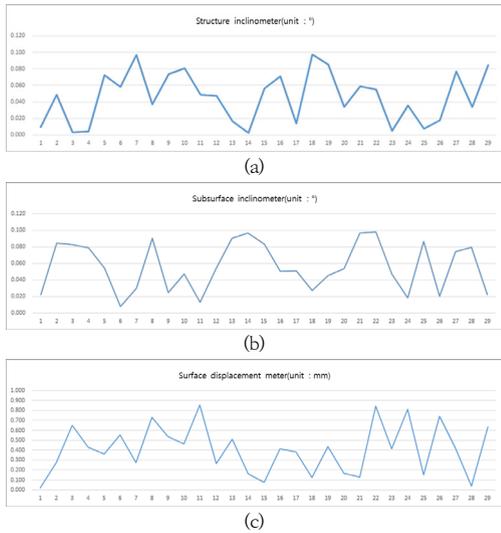


Fig. 8. Landslide detection sensor data graph
 (a) Structure inclinometer (b) Subsurface inclinometer
 (c) Surface displacement meter

Fig. 8 (a), (b), (c)는 각각 구조물 경사계, 지중 경사계, 지표 변위계의 데이터이며 세 그래프의 x축은 모두 날짜를 나타내며, 구조물 경사계와 지표 경사계의 y축은 전날 대비 변화한 경사(각도)값, 지표 변위계의 y축은 전날 대비 변화된 변위 값을 나타낸다.

Table 2는 산사태 감지 센서의 계측 값에 따른 주민 대피 권고 기준을 나타낸 것이다[10]. 기준 상 경계(Warning) 단계 이상부터 해당 지역 주민들에게 대피 권고가 내려진다. 수집된 데이터 값을 기준 값과 비교하였을 때 구조물 경사계와 지중 경사계는 주의(Caution) 단계 이내를 만족하였고, 지표 변위계는 관심(Attention) 단계 기준치를 넘어서지 않았다. 따라서 산사태 감지 센서가 설치된 현장은 현재 산사태나 땅밀림 등이 발생할 가능성이 없다고 판단할 수 있다.

Table 2. Landslide detection sensor management standards

Structure inclinometer	Subsurface inclinometer	Surface displacement meter
Attention : 0.05°/day	Attention : 0.05°/day	Attention : 1 mm/day
Caution : 0.1°/day	Caution : 0.1°/day	Caution : 6 mm/day
Warning : 0.3°/day	Warning : 0.3°/day	Warning : 26 mm/day
Danger : 0.5°/day	Danger : 0.5°/day	Danger : 63 mm/day

3.3 산악안전시스템 소프트웨어 설계 및 구성

산악안전시스템의 소프트웨어 구성은 현장 계측기를 통해 수집된 데이터를 관리자가 한 번에 확인할 수 있도록 산악 지역의 재난 감시의 효율성을 향상시키고자 지도 기반의 프로그램을 개발하였다. Fig. 9는 터치패널 구성을 나타내며, 이를 통해 각 센서의 데이터 값과 최근 이벤트 발생 시간 등을 확인할 수 있도록 구성하였다.

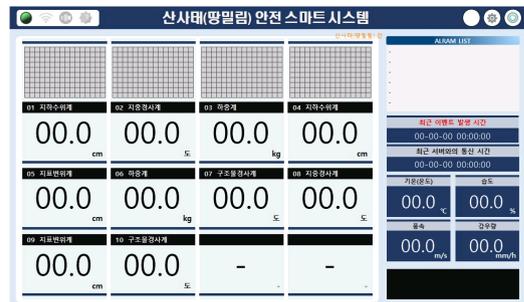


Fig. 9. Touch panel configuration

Fig. 10은 관제 프로그램의 메인 페이지 화면으로, 웹 구성은 지도 기반의 API를 활용하여 현장의 상황을 실시간으로 쉽게 확인할 수 있도록 구성하였다.



Fig. 10. Control program web page layout

Fig. 11 (a)와 (b)는 센서 값 모니터링 화면으로 각각 지도 기반과 수치 값 중심의 화면으로 계측기 설치 현황과 센서 값들을 한 번에 확인할 수 있도록 하였다.

4. 결론

우리나라는 국토의 약 62.7%가 산악 지역으로 산악 지역에서 일어날 수 있는 산사태, 산불과 같은 재해의 발생이 빈번하다. 산악 지역은 자연 환경이 민감하고 재난 발생 시 대처가 어렵기 때문에 예방과 감시가 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 산악 지역의 산불, 불법소각, 산사태와 같은 재난을 예측, 예방, 감시할 수 있는 산악안전시스템을 제안하였다.

제안된 시스템은 현장 계측기를 통하여 실시간으로 데이터와 영상을 수집하며 이때 객체인식을 통하여 연기나 불꽃을 인식하여 산불 및 불법소각의 감지 정확도를 향상시켰다. 산악안전시스템은 수집된 데이터를 관계 프로그램을 통해 이를 분석하여 재난 상황을 감지하고, 관리자에게 신속하게 알려주는 구조로 설계하였다.

시스템 구성 후 객체인식 기술을 활용한 산불 및 불법소각 등의 화재 감지 정확도 시험을 수행하였으며, 시험 결과 임의의 화재 이미지에 대하여 이를 인식하고 사용자에게 알리기까지 평균 0.5초 이내로 이루어짐을 확인하였다. 또한, 실제 현장에 설치된 산사태 감지 센서를 통해 한 달 동안 데이터를 수집하였고, 수집된 데이터는 주민 대피 권고 기준과 비교하여 안전 기준값을 만족하여 해당 지역에 현재 산사태나 땅밀림 발생 가능성이 없음을 확인하였다.

산악안전시스템은 기존의 산불 감지 시스템과는 달리 센서 데이터와 함께 객체인식 기술을 활용하여 인식 정확도가 개선되었고, 재난 감지와 대응의 효율성을 향상시키고, 소요되는 비용과 인력을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한, 실시간으로 데이터 모니터링과 분석을 통해 재난 상황 발생 시 더욱 신속하고 정확한 대처가 가능하다.

이러한 시스템이 실제로 산악 지역에 적용된다면 더 많은 재난을 예방하고 피해를 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 지속적인 연구와 기술 발전을 통하여 시스템의 성능과 효율을 더욱 개선하여 산불, 불법소각, 산사태와 같은 재난 예방과 대응에 대한 새로운 전망을 열 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2023년 전라북도 혁신성장 R&D+사업 지원에 의한 연구수행 결과물임을 밝힙니다.



(a)

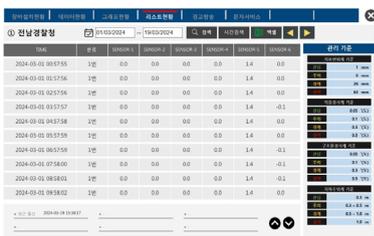


(b)

Fig. 11. Sensor data monitoring
(a) Map-based (b) Numerical-based



(a)



(b)

Fig. 12. Web page configuration
(a) Sensor data graph (b) Sensor data list

Fig. 12 (a)와 (b)는 센서 값 현황에 대한 화면으로 그림과 같이 일정 기간 내의 센서 값의 변동 값을 그래프로 볼 수 있거나 리스트로 나타내어 볼 수 있도록 하였다. 산악안전시스템 프로그램은 수집된 데이터를 효율적으로 관리하고 재난 발생 시 신속한 대처가 가능하도록 도움을 줄 것으로 기대된다.

[과제명 : 인공지능형(AI) 산불, 불법소각, 재난 예방을 위한 산악안전시스템 개발]

References

- [1] Korea Forest Service, 2020 Basic Forest Statistics, Statistical Report, Korea Forest Service, Republic of Korea, pp. 9
- [2] N. Casagli, E. Intrieri, V. Tofani, G. Gigli, F. Raspini, "Landslide detection, monitoring and prediction with remote-sensing techniques", *Nature Reviews Earth & Environment*, Vol. 4, Issue 1, pp.51-64, 2023
- [3] Korea Forest Service, 2023 Forest Fire Statistics Annual Report, Statistical Report, Korea Forest Service, Republic of Korea, pp. 121
- [4] Ministry of Environment, "Results of investigation on sources of harmful air pollutants discharge", Statistical Report, National Institute of Environmental Research, Republic of Korea
- [5] Korea Forest Service, Trend in landslide occurrence over the past 10 years [Internet], Available From: <https://sansatai.forest.go.kr/intro/progress.do> (accessed March 7, 2024)
- [6] J. H. Song, P. S. Gwak, E. J. Park, "A Study on the design of a mountain safety system through CCTV video object recognition", *Proceedings of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Korea Academia-Industrial cooperation Society, Daecheon, Republic of Korea, pp.339-341, Dec. 2023.
- [7] H. J. Kim, D. C. Lee, J. Y. Jang, S. B. Park, C. W. Lee, "Study on Fire Detection System for Fire Response", *Proceedings of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Republic of Korea, pp.1369-1371, 2020.
- [8] K. J. Kim, I. S. Jang, K. T. Lim, "Construction of Wild-fire Smoke Data-set and Comparative Analysis of Detection Method based on Deep Neural Network", *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information*, Korean Institute of Communications and Information, Republic of Korea, pp.1172-1173, 2021
- [9] S. H. Ahn, Y. H. Park, B. I. Moon, "A Forest Fire Warning System Capable of Real-Time Detection based on Artificial Intelligence", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.21, Issue 3, pp.61-73, 2023 DOI: <https://doi.org/10.14801/ikiit.2023.21.3.61>
- [10] Korea Forest Service, Comprehensive Plan for Nationwide Landslide Prevention in 2021, Strategy Report, Korea Forest Service, Republic of Korea, pp. 27

곽 표 성(Pyo-Sung Gwak)

[정회원]



- 2014년 1월 ~ 2014년 12월 : LG Display PO 연구원
- 2016년 12월 ~ 2018년 1월 : ㈜위에너지 선임연구원
- 2018년 4월 ~ 현재 : 금성아이티 대표이사

• 2021년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 석사과정

<관심분야>

전기·전자공학, IoT, 인공지능, 빅데이터, 통신 네트워크 시스템 설계

박 의 준(Eui-Jun Park)

[준회원]



- 2021년 8월 : 전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학 전공) 학사
- 2023년 2월 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 석사
- 2023년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 박사 과정

<관심분야>

전기·전자공학, IT융합, 전자정보통신 기술, 통신 네트워크 시스템 설계

송 제 호(Je-Ho Song)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학 전공) 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : (사)한국산학기술학회 호남지부장
- 2019년 9월 ~ 2022년 12월 : 전북 산학연협의회장

• 2020년 12월 ~ 2022년 12월 : 전북대학교 산학협력중점 사업단장

<관심분야>

전자 및 통신 시스템 설계, 암호학, DSP 설계, 인공지능, 통신 네트워크 시스템 설계