

논문 2021-2-15 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2021.12.15>

딥러닝 기반 사용자 특징 정보 모델링을 통한 사용자 안전 프로파일링

김계경*†

Deep Learning Based User Safety Profiling Using User Feature Information Modeling

Kye-Kyung Kim*†

요 약

산업 현장에서 발생하는 다양한 안전사고의 원인이 되는 위험 요소를 분석하여 사용자에게 발생하는 안전 사고를 줄일 수 있는 지능형 기술 개발에 대한 필요성이 커지고 있다. 본 논문에서는 산업 현장에서 발생하는 안전사고와 관련된 사용자 정보를 특정하고 모델링하여 사용자에게 일어나는 안전 사고를 미리 예방할 수 있는 사용자 안전 프로파일링에 대한 기술을 제안하였다. 사용자 프로파일링은 사용자의 혈압, 맥박, 움직임 등의 정보로부터 사용자의 생체, 작업 패턴, 작업 유형에 대한 안전 상태를 정(positive)과 부(negative)로 특정 및 모델링하고 딥러닝 인공지능 분석기술을 이용하여 사용자의 안전 상태를 정상과 비정상 상태로 분류할 수 있도록 하였다. 제안된 기술의 타당성을 검증하기 위하여 산업 현장에서 근무하는 사용자 5명을 대상으로 10종 이상의 사용자 정보를 리빙랩에서 획득하여 지능형 분석 시스템을 학습한 후 5개의 테스트 셋을 이용하여 정확도 시험을 반복 시행하여 93.6%의 사용자 안전 프로파일링 시스템의 정확도를 얻을 수 있었다.

Abstract

There is a need for an artificial intelligent technology that can reduce various types of safety accidents by analyzing the risk factors that cause safety accidents in industrial site. In this paper, user safety profiling methods are proposed that can prevent safety accidents in advance by specifying and modeling user information data related to safety accidents. User information data is classified into normal and abnormal conditions through deep learning based artificial intelligence analysis. As a result of verifying user safety profiling technology using more than 10 types of industrial field data, 93.6% of user safety profiling accuracy was obtained.

한글키워드 : 사용자 프로파일링, 특정 모델링, 딥러닝, 인공지능시스템, 빅데이터 분석

keywords : user profiling, feature modeling, deep learning, artificial intelligence system, big data analysis

* 한국전자통신연구원

† 교신저자: 김계경(email: kyekyung@etri.re.kr)

접수일자: 2021.11.30. 심사완료: 2021.12.06.

게재확정: 2021.12.20.

1. 서론

최근 주거, 사회 및 산업 현장에서 발생하는

안전사고 문제를 사전에 예방하기 위한 기술 개발에 관심이 집중되고 있다. 산업 현장에서 발생하는 안전사고를 감소시키기 위하여 고가의 센서들을 산업 현장에 설치하여 모니터링하고 사고 예방을 위한 사전 조치를 시행하고 있음에도 불구하고 산업 현장 곳곳에 산재해 있는 다양한 위험 요소로 인한 안전사고는 여전히 줄어들지 않고 발생하고 있다. 특히, 제조 및 건설 현장에서 사용하고 있는 중장비로 인해 발생하는 안전사고는 사용자의 신체에 치명적인 손상을 입히거나 사망 사태를 초래하는 결과로 이어지고 있기 때문에 산업 현장의 안전사고에 대한 조치는 더욱더 강화되고 있다. 그 가운데 산업 현장 근로자의 심리 상태, 짜증, 수면 장애, 작업장에서의 피로 등은 산업 안전 측면에서 안전 행동과 연관성이 있음이 증명되었다[1]. 최근 융복합 IoT 센서 및 디바이스의 발전과 인공지능 빅데이터 분석 기술의 개발로 안전 사고를 감소시키기 위한 IoT 융복합 기술을 현장에 적용하기 위한 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-6]. 도로안전 시설 설치와 신호교차로 사고와의 관계 분석, 도로환경요인과 교통사고와의 상관성 분석 및 사고 예측모델 개발, 인공지능신경망을 이용한 교통사고 예측, 안전한 도로 운행을 위한 지능형 기술 개발, 지능 공간 속 상황정보들 간의 연관분석을 통해 U-City의 생활안전 등이 안전사고 예방을 위한 기술[2-6]로 개발되어 왔다.

산업 현장에서 발생하는 안전사고는 작업 환경, 작업 유형, 사용하는 기기, 사용자의 작업 패턴 등에 따라 다양한 형태로 발생한다. 최근 중장비사용에 따른 산업 재해 발생에 대한 산업안전보건법 시행과 중대재해법이 발의됨에 따라 산업 현장에서 발생하는 안전사고 예방을 위한 기술과 제품 개발에 관심이 더욱 집중되고 있다.

사용자에게 발생하는 안전사고를 감지하기 위해서 기존에 수행된 연구는 주로 웨어러블 기

를 이용하여 사용자의 생체 데이터나 활동 데이터를 획득하여 분석하는 연구가 진행되어왔다[7-9]. 사용자 안전사고는 주로 안전 취약 계층으로 여겨지고 있는 영유아나 고령자를 대상으로 발생하였으며[7-10], 주로 웨어러블 기기를 이용하여 획득한 생체 신호를 이용하여 사용자에게 건강 위험 신호가 나타났을 때 알림 서비스를 제공하는 형태로 개발되었으며[7,9]. 영유아를 대상으로 사용자의 움직임으로부터 나타나는 행동 특성을 분석하여 사용자가 정상 건강 상태인지를 검출해내는 연구가 진행되었다[8]. 행동 특성을 이용한 건강 안전 상태 분석은 정상 건강 상태일 때의 사용자 행동과 건강 이상 상태일 때 나타나는 사용자 행동을 비교 분석함으로써 사용자의 행동 데이터로부터 사용자의 건강 안전을 분석하는 연구가 진행되어왔다. 사용자를 대상으로 획득한 생체 신호나 행동 패턴을 분석하는 기술 개발은 사용자에게 나타나는 고열, 낙상, 우울증 등을 진단하는데 주로 이용되어 생체 데이터를 이용한 기존의 연구는 사용자 건강 안전에 대한 대표적인 연구 분야로 볼 수 있다. 이와 같이 기존에 연구되어온 사용자의 건강과 관련된 안전 분석은 사용자의 생체 정보와 행동 특성이 중요한 정보로 사용되어 왔음을 확인할 수 있다.

한편, 산업 현장에서 발생하는 사용자 안전사고는 치명적인 산업 재해로 이어질 수 있음에도 불구하고 산업 현장의 다양성과 복잡성으로 인하여 사용자에게 발생할 수 있는 안전사고를 예방하기 위한 기술개발은 여전히 저조한 상태이다. 또한, 산업 현장과 산업 현장에서 근무하는 작업자들을 대상으로 사고 발생의 원인을 지능적으로 분석하여 안전사고를 예방하기 위한 연구도 많이 진행되지 않았다.

본 논문에서는 산업 현장에서 발생하는 안전사고를 감소시키고 사고를 사전에 예방하기 위해 사용자의 생체 정보를 포함하여 사용자 작업 환

경에서 획득할 수 있는 다양한 사용자 작업 정보를 분석하고 모델링한다. 또한, 사고를 발생시키는 위험 요인을 특징 데이터로 검출하고 지능형 분석 기술을 이용하여 사용자 안전을 프로파일링할 수 있는 방법을 제안한다. 산업 현장의 다양한 작업 환경과 작업 패턴으로부터 발생하는 사용자의 생체 및 활동 정보로부터 안전사고를 유발하는 사용자 정보 특징, 분석 및 모델링을 통하여 사용자에게 발생할 수 있는 안전사고 발생을 예측할 수 있도록 인공지능 빅데이터 분석 기술을 적용하였다. 사용자의 생체 신호, 움직임 행동 패턴 신호 이외에 사용자가 작업하는 환경 정보, 사용자의 작업 유형, 작업 패턴 정보 모델링 및 사용자 안전 프로파일링은 사고 발생의 원인 분석 및 사고 예방 자료로 활용될 수 있다. 본 논문에서 제안하는 사용자 안전 프로파일링 기술의 타당성을 주장하기 위하여 산업 현장 작업자 5명을 대상으로 1개월에 걸쳐 웨어러블 센서, 비전 센서, 가속도 센서를 이용하여 사용자의 생체 데이터, 움직임 데이터, 작업 패턴 및 작업 환경 데이터를 획득하였다. 획득한 사용자 데이터로부터 안전 위험 요소를 특징 데이터로 검출하고 사용자 프로파일링 한다. 특정된 안전 위험 요소에 대한 특징 데이터에 대해 작업 패턴을 비전 센서로 획득한 사용자의 작업 데이터로 위험 요소 특징 데이터 검출에 대한 신뢰도를 검증하여 사용자 안전 상태를 정상과 비정상 상태 클래스 구별할 수 있도록 하였다. 사용자 안전 프로파일링에 대한 정확도는 사용자 5명에 대해 리빙랩에서 획득한 사용자 데이터 셋을 이용하여 사용자 정보 모델링과 사용자 안전 프로파일링에 대한 정확도를 테스트 하였다.

2. 사용자 안전 정보 특징 및 모델링

2.1 사용자 안전 정보 특징

사용자 안전 프로파일링은 산업 현장에서 사용자 안전을 판별할 수 있는 생체 데이터, 활동 데이터, 작업 환경 데이터 등의 입력 데이터 획득과 각 데이터로부터 안전사고 분석과 모델링 단계를 거쳐 구현된다. 사용자 안전 프로파일링에 대한 입력 정보는 사용자의 성별, 연령, 외형 등 사용자를 식별할 수 있는 특징 정보와 맥박, 혈압 등의 생체 정보와 움직임과 같은 사용자 활동 정보 및 사용자의 작업 패턴 정보로 구성된다. 사용자 안전 프로파일링은 산업 현장에서 안전사고 발생 시 치명적인 산업 재해를 일으킬 수 있는 중장비를 운전하고 있는 사용자를 대상으로 사용자 데이터를 확보하고 기술을 개발하였다. 사용자의 안전 위험 요소 분석을 위해 웨어러블 기기와 비전 센서 및 가속도 센서를 이용하여 사용자의 생체와 활동 정보 및 작업 패턴 정보를 획득하였다. 사용자 안전 프로파일링을 위해 획득한 사용자 데이터를 이용하여 위험 요소를 특정하고 안전사고 위험 분석을 통한 모델링 과정을 거쳐 사용자의 안전을 판단할 수 있는 특징 정보를 생성하여 사용자 안전 프로파일링 시스템의 입력 정보로 제공하여 사용자 안전 상태를 정상과 비정상 상태로 예측할 수 있는 사용자 안전 프로파일링 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다.

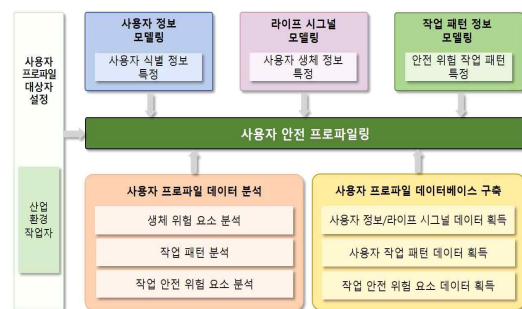


그림 1. 사용자 안전 프로파일링 시스템 구성
Fig. 1. The configuration of the user safety profiling system

그림 1의 사용자 안전 프로파일링 시스템은 사용자 프로파일링을 위한 정보 획득 대상자를 산업 현장에서 중장비를 운전하는 작업자로 선정하여 사용자 안전을 위한 정보를 특정하도록 하였으며, 사용자 프로파일링을 위한 데이터베이스 구축 과정을 포함한다. 산업 환경 사용자의 안전 위험 요소를 검출하기 위해 사용자의 건강과 관련된 생체 및 활동 데이터, 작업 패턴 데이터 데이터를 사용자 정보 모델링을 위해 사용하였다. 사용자 맞춤형 안전 프로파일링 솔루션을 제공하기 위하여 사용자 개인 특성을 식별하기 위한 성별, 연령, 외형 등의 사용자 정보를 입력하도록 하였다.

2.2 사용자 안전 정보 모델링

사용자의 건강 안전 위험 요소로 라이프 시그널인 사용자의 맥박을 입력 정보로 사용하였으며 사용자의 움직임 정보를 사용자 활동 정보로 획득하여 분석을 통한 사용자 정보 모델링을 진행하였다. 사용자의 작업 패턴 정보는 사용자의 활동 정보와 중장비 운행 정보를 이용하여 위험 요소를 특정하고 분석한 후 모델링 한다.

사용자 안전 정보 모델링을 위해서 각 사용자 데이터를 일정 주기를 두어 5분 단위로 획득하도록 하였다. 사용자 연령별 의학적인 건강 안전 지표를 기준으로 사용자별로 건강 안전 범위를 정(positive)과 부(negative)로 설정하였다. 건강 위험 데이터 구간에 대한 사용자 생체 및 활동 정보와 작업 패턴 정보로부터 안전사고가 발생할 수 있는 사용자 정보 유형을 식 (1)에서 (4)를 이용하여 정(positive)과 부(negative) 데이터로 분류하여 사용자 데이터의 위험 요소 특정과 분석을 통한 모델링을 진행하였다.

$$\mu_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (1)$$

여기서 μ_i 는 사용자 데이터 유형 i 에 대한 평균값이며, x_{ij} 는 i 번째 사용자 데이터 유형에 대한 j 번째 데이터 값을 나타낸다. i 는 사용자의 생체 데이터와 작업 패턴 데이터와 같은 사용자 데이터의 유형을 의미하며 n 은 사용자 데이터 유형의 개수를 나타낸다. j 는 각 사용자 데이터 유형 i 에 대한 j 번째 데이터를 의미하며 m 은 데이터 샘플 총개수를 나타낸다. 사용자 데이터 유형 별로 다음의 식 (2)~(4)를 이용하여 사용자 건강 안전 위험이 있는 정(positive) 데이터와 안전 위험이 없는 부(negative) 데이터로 구별하여 추출함으로써 사용자 안전 프로파일링 지능 분석을 위한 특징 데이터로 사용할 수 있도록 한다.

$$d_{ij} = X_{ij} - \mu_i \quad (2)$$

$$\nu_i = \frac{\sum_{j=1}^m (X_{ij} - \mu_i)^2}{n} \quad (3)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (X_{ij} - \mu_i)^2}{n}} \quad (4)$$

여기서 d_{ij} 는 사용자 데이터 유형 i 에 대한 j 번째 데이터에 대한 편차(deviation)를 의미하고, ν_i 와 σ_i 는 각각 사용자 데이터 유형 i 에 대한 분산(variance)과 표준 편차(standard deviation)를 나타낸다. 식 (1)~(4)를 이용하여 추출한 사용자 건강 안전 프로파일링을 위한 특징 데이터를 그림 2와 같이 정(positive) 데이터와 부(negative) 데이터로 나누어 검출할 수 있다.

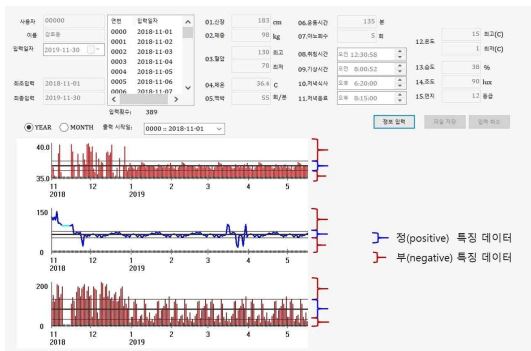


그림 2. 사용자 안전 정보 모델링을 통한 정과 부 특징 데이터 추출의 예
 Fig. 2. The example of positive and negative safety feature extraction using user safety data modeling

3. 사용자 안전 프로파일링

산업 현장의 중장비 사용 작업자를 대상으로 한 사용자 안전 프로파일링 시스템은 사용자 안전 정보 모델링을 통해 추출된 특징 데이터를 사용자 프로파일링 시스템의 입력 값으로 사용한다. 사용자 안전 프로파일링 시스템은 자체적으로 설계한 딥러닝 기반의 인공지능시스템으로 구성되어 있으며, 사용자 데이터 모델링을 통해 특정된 사용자 데이터를 특징 데이터로 입력하여 사용자 안전 상태를 정상과 비정상의 2 클래스로 구별한다. 자체 개발한 인공지능시스템은 획득한 데이터에 대한 선택적 학습과 획득한 데이터로부터 데이터 변형을 추가한 증강 데이터를 생성하여 학습하는 딥러닝 기반 인공지능시스템으로써 기존 딥러닝 모델보다 학습 시간이 빠르고 수렴 시간이 빠른 특징이 있다. 이와 같이 구성된 사용자 특징 데이터를 딥러닝 기반 지능형 분석 시스템을 이용하여 학습한 후, 사용자 안전에 대한 정상(positive)과 비정상(negative) 상태를 3단계

로 구성된 사용자 안전 프로파일링 절차를 통해 도출한다.

- [1단계] 사용자 식별 정보, 라이프시그널, 작업 패턴 정보 모델링 특징 정보를 이용한 사용자 안전 프로파일링
- [2단계] 중장비 운행 영상 정보로부터 사고 위험 객체 검출을 통한 사용자 안전 프로파일링
- [3단계] 1단계와 2단계 사용자 안전 프로파일링 통합을 통한 사용자 안전 프로파일링

1단계에서는 사용자 안전 정보 모델링을 통한 사용자 안전에 대한 정상 상태를 정(positive) 데이터로, 이상 상태를 부(negative) 특징 데이터로 추출하여 딥러닝 기반 지능형 분석 시스템에 입력 특징으로 제공함으로써 사용자 안전 프로파일링을 도출한다. 2단계에서는 사용자가 중장비를 운행할 때 촬영한 영상을 기반으로 중장비가 안전 위험 경고 영역에 있을 때와 고위험 영역에 있을 때 안전사고를 유발하는 위험 객체를 검출하여 사용자 안전을 프로파일링한다. 3단계에서는 1단계와 2단계에서 도출한 사용자 안전 프로파일링 결과의 상관 관계 분석을 통하여 사용자 안전에 위협이 되는 사용자 안전 프로파일링 결과를 최종 결과로 도출한다. 1단계의 사용자 안전 프로파일링은 IoT 센서로 획득한 사용자 데이터를 이용하고, 2단계에서는 비전 센서로 사용자의 중장비 운행 정보를 데이터로 이용하고, 3단계에서는 IoT 센서 데이터와 비전 데이터를 융합하여 도출한 사용자 안전 프로파일링 결과를 통합하여 최종 사용자 안전 프로파일 결과로 도출한다. 그림 3은 사용자 안전 프로파일링에 사용된 딥러닝 기반 지능형 분석 시스템에 관한 것이다.

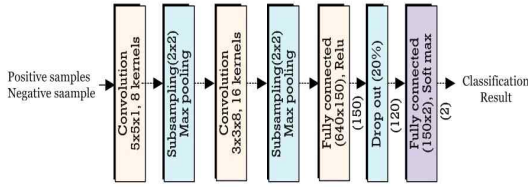


그림 3. 딥러닝 기반 지능형 분석 시스템
Fig. 3. Deep learning based AI analysis system

그림에서 사용자 안전 프로파일링은 사용자별, 연령별로 사용자 안전에 대한 정과 부 안전 상태 모델링을 통해 사용자 특징 정보를 추출하고, 지능형 분석 시스템을 통해 프로파일링 한 다음 프로파일링 정확도 검출에 대한 신뢰도 확보를 위하여 사용자 증장비 운행 정보 영상을 딥러닝 기반으로 분석한 객체 검출 결과를 이용하여 최종적으로 두 결과를 결합하여 사용자 안전 프로파일링 결과를 도출하도록 하였다. 표 1은 3단계에 걸쳐 산업 현장 작업자를 대상으로 사용자 안전 프로파일링한 실험 결과를 나타낸 것이다. 사용자 프로파일링에 사용된 데이터는 사용자 식별 정보, 생체 및 활동 정보, 작업 패턴 및 작업 환경 정보 14종을 이용하였다. 사용자 데이터 가운데 정보 모델링에 사용된 데이터는 사용자 생체 정보와 활동 정보, 작업 패턴 정보와 환경 정보이며 사용자가 하루 8시간 작업을 하는 동안 5분 간격으로 측정하여 업로드 하였으며 하루 동안 획득한 데이터 크기는 2KB 미만이다. 표 1은 사용자 데이터 14종에 대해 사용자 프로파일링 한 결과를 나타낸 표로써, T1~T5까지 사용자 데이터 셋을 랜덤으로 선정하여 선정된 테스트 셋에 대해 사용자 안전 정보를 정상 또는 비정상 상태로 정확하게 분류한 데이터 셋 값을 나타낸다. T1~T5는 작업자 별로 나누어진 데이터 셋을 나타내며, 한 달 기간 동안 획득한 사용자 데이터

가운데 정상적으로 획득된 데이터 셋의 80%를 학습 데이터로 사용하고 나머지 20%를 테스트 데이터로 랜덤하게 선정하였다. 표1은 작업자 5명에 대한 테스트 데이터 셋을 나타낸다. 사용자마다 나타나는 데이터 셋의 불균형은 기기 고장과 사용자가 웨어러블 기기를 올바르게 착용하지 않아 데이터가 제대로 획득되지 않은 경우를 포함하고 있기 때문에 발생한 것이며, 획득한 데이터 가운데서도 정상적으로 획득된 데이터를 선별하여 데이터 셋을 구성하였기 때문이다.

표 1. 사용자 안전 프로파일링 결과
Table 1. The results of user safety profiling

구분	T1	T2	T3	T4	T5
사용자 데이터 개수	51	2	121	44	31
분류된 데이터 개수	45	2	111	44	31

사용자 안전 프로파일링에 대한 정확도 mAP 는 식(5)와 같이 테스트에 사용된 사용자 데이터 총 개수에 대해 정확하게 분류한 사용자 데이터 개수로 계산할 수 있다.

$$mAP = \frac{\text{classified user data}}{\sum \text{user data}} \quad (5)$$

사용자 5명을 대상으로 획득한 정상 데이터를 이용하여 사용자 프로파일링 시스템을 학습한 후, 사용자별로 테스트 데이터 셋에 대하여 인식 시스템의 성능을 식 (5)를 이용하여 정과 부에 대한 사용자 데이터를 분류하여 정확하게 분류한 사용자 데이터를 평균하여 사용자 프로파일링 시스템의 성능을 계산하였다.

4. 사용자 안전 프로파일링 시스템 구현

사용자 안전 프로파일링을 위한 모델링과 지능형 분석 시스템에 대한 정확도를 평가하기 위하여 1개월 기간에 걸쳐 산업 현장 리빙랩에서 사용자 5명에 대한 데이터를 획득하여 1단계 사용자 안전 프로파일링 실험을 진행하였다. 또한, 2단계 사용자 안전 프로파일링을 위해 중장비 사용자의 운행 영상을 동시에 획득하여 사고 위험 영역에서의 객체를 검출하여 사용자 안전에 대한 프로파일링 결과를 도출하였다. 3단계에서 1단계와 2단계에 대한 사용자 안전 프로파일링 결과를 결합하여 사용자 안전 프로파일링 결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다. 사용자 안전 프로파일링을 위해 사용자 생체 데이터, 활동 데이터, 작업 패턴 데이터를 이용하여 사용자 안전 모델링을 통한 특징 데이터를 추출하여 사용자 안전 프로파일링 지능형 분석 시스템을 학습하였다. 사용자 안전 프로파일링 학습에 대한 결과 검증은 리빙랩에서 획득한 데이터를 안전 정상 상태와 비정상 상태 데이터로 구성된 5세트의 테스트 데이터를 이용하였으며 표 1의 사용자 데이터를 테스트 데이터로 입력하여 프로파일링 한 결과 93.6%의 정확도를 확인할 수 있었다.

데이터로 추출하여 지능형 분석 시스템을 이용하여 사용자 안전을 프로파일링 하였다. 사용자 안전 프로파일링 정확도의 신뢰성 확보를 위하여 사용자 작업 영상 정보를 기반으로 한 사용자 안전 프로파일링 결과를 결합하여 최종 사용자 안전 프로파일링 결과를 도출하였다. 각종 다양한 센서들로 확보한 사용자 데이터와 영상 데이터를 기반으로 한 사용자 안전 프로파일링은 다양한 산업 현장의 안전 위험 요소 분석에 유용하게 활용될 것이다. 산업 현장 리빙랩의 빅데이터 확보를 통해 사용자 안전 프로파일링을 실제 산업 현장에 적용할 수 있도록 모델링 성능의 안정화와 고도화 기능을 수행하고 모듈화를 통해 사용자 안전 프로파일링 기능 확장성에 대한 연구가 추가로 진행될 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역혁신클러스터육성(R&D, P0015279_산업 현장 내 맞춤형 AI 서비스를 위한 지능형 플랫폼 개발 및 실증운영)” 사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임

5. 결론

산업 현장에서 발생하는 안전사고를 감소시키기 위해 산업 현장 곳곳에 산재해 있는 다양한 위험 요소로부터 안전사고를 줄이기 위한 기술 개발이 필요하다. 산업 현장의 다양성으로 인해 안전 사고의 위험을 지능적으로 분석하는 기술 개발이 요구된다. 본 논문에서는 산업 현장 작업자 데이터를 이용하여 안전 위험 요소 모델링을 통해 사용자 안전에 대한 상태를 정과 부의 특징

참고 문헌

- [1] 임종민, 장문선, 김경우, “산업현장 중대재해 경험 근로자의 심리적 외상과 안전분위기, 안전사고, 안전행동에 관한 연구”, 한국심리학회지: 건강 25(6), pp. 1077-1095, 2020.11. <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE10494497>
- [2] 최지혜, 임준범, 이수범, “도로안전시설의 사고감소효과 메타분석 : 신호교차로를 대상으로”, 대한교통학회지 34(4), pp. 291-303, 2016.8. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07501400>

저 자 소 개



김계경(Kye-Kyung Kim)

1989.2 경북대학교 전자공학과 졸업
 1992.2 경북대학교 전자공학과 석사
 1997.2 경북대학교 전자공학과 박사
 1998.8-2001.2 CENPARMI 방문과학자
 2001.3-현재 : 한국전자통신연구원 근무
 <주관심분야> 패턴인식, 로봇비전, 컴퓨터
 비전, 인공지능

- [3] 박정순, 김태영, 유두선, “도로환경요인과 교통사고의 상관성분석 및 사고예측모형 개발”, 대한교통학회 학술대회지 53, pp. 350-359, 2006.10. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07497644>
- [4] 최재원, 조준환, 김성호, 김원철, “인공신경망을 적용한 신호교차로 교통사고심각도 예측에 관한 연구”, 대한교통학회지, 22(3), pp. 127-135, 2004.06. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07500411>
- [5] H. Park and K. Kim, “Adaptive Multimodal In-Vehicle Information System for Safe Driving”, ETRI Journal, Vol. 37, Issue 3, pp. 626-326, 2015.06. <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201559263549861.page>
- [6] 조재혁, “U-City에서 상황인지 및 예측을 위한 모니터링 시스템에 관한 연구”, 한국정보기술학회논문지 8(4), pp. 81-90, 2010.04. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01417833>
- [7] 이원석, 정경권, “영유아 안전사고 방지를 위한 무선 생체신호 측정 시스템 설계”, 전자공학회논문지 55(4), pp. 139-144, 2018. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07423837>
- [8] Y..Lee, K. Kim and J. Kim “Prevention of Safety Accidents through Artificial Intelligence Monitoring of Infants in the Home Environment”, Int. Conf. on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), pp. 474-477, 2019.10. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8939675>
- [9] 진우강, 이성원, “노인을 위한 웨어러블 헬스케어 디바이스 개발 동향 연구”, 한국디자인문화학회지 26(1), pp.245-260, 2020.03. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09320108>
- [10] 김유나, 최정민, “가정 내 생활안전사고 패턴 및 실태에 관한 연구”, 한국주거환경학회 한국주거환경학회지, 16(1), pp. 105-120, 2018. 03. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07410423>