KICSP 한국 융합신호처리학회

한국융합신호처리학회논문지 Vol. 20, No. 2 : 91~98 June. 2019

착용형 센서와 헬멧을 이용한 작업자의 작업환경 모니터링

구예진[1], 김종진[1], 정완영[1*]
[1]부경대학교 전자공학과

Work Environment Monitoring of Workers Using Wearable Sensor and Helmet

Ye-Jin Gu[1], Jong-Jin Kim[1], Wan-Young Chung[1*]
[1]Electronic Engineering, Pukyong University

요 약 해상과 같이 고립된 장소에서 발생하는 작업자의 사고는 일반적인 건설 사고와는 달리 통신의 제한 등의 문제로 구조에 어려움이 따른다. 또한 CCTV의 부재로 인한 사고 현장의 수색에 어려움이 생긴다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 이 논문에서는 작업 현장에서 필수적으로 착용해야 하는 안전모에 IoT 기술을 접목한 장치를 제안한다. 제안 장치는 기존의 안전모에 심박 센서, 체온 센서, 가속도 센서 및 카메라 센서를 부착하여 설계 및 구현하며, 사용자 및 관제 센터에서 작업자의 상태를 모니터링 할 수 있게 한다. 또한 작업자에게 비정상적인 생체 신호나 낙상이 발생하면 영상을 관제센터로 전송한다. 제안 시스템을 활용하면 작업자의 상태를 실시간으로 확인할 수 있으므로 작업자의 사고에 대해 빠른 대처를 할 수 있는 장점을 가진다.

• 주제어 : 광혈류측정, 스트레스, 낙상 감지, 3축 가속도 센서, 카메라

Abstract Accidents of worker that occur in isolated places are difficult to rescue, unlike general construction accidents. There is a problem of communication limitation when an accident occurs in an isolated place. Also, it is difficult to search the accident place due to the absence of CCTV. In order to solve these problems, this paper proposes a device that combines IoT technology with a safety helmet, which must be worn in the workplace. The proposed device additionally designs and implements a real-time PPG(Photoplethysmography) sensor, body temperature sensor, accelerometer sensor and a camera sensor on the helmet. The proposed helmet system allows the user and the control center to monitor the state of the worker. In addition, when an abnormal biological signal or fall occurs to the worker, the image is transmitted to the control center. By using the proposed system, it is possible to check the status of the worker in real time, so that it has an advantage that it can cope with the accident quickly.

• Key Words : Photoplethysmography, Stress, Fall Detection, 3-axis accelerometer, Camera

Received 02 June 2019, **Revised** 26 June 2019, **Accepted** 28 June 2019

*** Corresponding Author** Wan Young Chung, Dept. of Electronic Engineering, Pukyong University, 45, Yongso-ro, Nam-gu, Busan, Korea.
E-mail: wychung@pknu.ac.kr

Ⅰ. 서론

건설 현장에는 많은 건설 장비들이 있어 작은 실수만으로도 큰 사고로 이어질 수 있다. 최근 건설 현장에서는 안전사고를 방지하기 위하여 건설안전시스템과 정보통신 기술을 융합한 연구들이 활발히 진행되고 있다[1]. 가장 기본적인 보호구 중 하나로 안전모는 낙상, 낙하, 감전 등 다양한 사고로부터 작업자의 머리를 보호하는 역할을 하고 모든 작업자는 안전모를 필수적으로 착용하게 되어 있다.

한편, 김정민 등[2]의 연구에서 건축건설공사 종사 근로자의 경우 유의확률이 0.047로 직무 스트레스가 사망 및 일반 재해의 영향도에 영향을 미친다는 것으로 나타났다. 직무 스트레스는 우울증, 불안 등을 일으키는 위험요인으로서 직무스트레스가 증가할수록 생산성 저하에 많은 영향을 주며, 두통, 위장관질환, 만성피로 등 신체적인 증상을 초래하여 사전에 예방하고 관리하는 것이 매우 중요하다[3].

고용노동부의 산업별 재해 현황에 따르면 지난 5년간 건설업 분야에서 총 11만 8,532명의 산업재해자가 발생해 258명이 사망한 것으로 나타났다. 매년 사고 재해자 중 15~16% 내외의 낙상재해자가 발생하고 있고, 사고사망자 중에서는 32% 내외로 지속해서 발생하고 있다[4]. 또한, 건설 현장에서 비인증 작업 발판(합판, 철제 각파이프 등)을 사용함에 따라 계속적으로 재해가 발생하고 있다[5]. 건설 현장의 낙상재해를 예방하기 위해 센서를 이용한 안전장치가 연구되고 있다. 그러나 작업자의 활동을 방해하지 않으면서 모니터링 하는 착용형 안전장치 기술은 부족한 실정이다.

본 연구에서는 해상과 같이 인원이 적고 고립된 장소에서 작업하는 작업자의 안전을 위해 특화된 산업용 안전모를 제작하기 위해 생체 신호 센서와 가속도 센서, 카메라 센서의 신호를 블루투스 통신과 LTE 통신을 이용하여 무선으로 전송하는 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 제안하는 안전모는 사용자가 스마트폰을 활용해서 사용자의 신체 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 또한, 안전모에 충격 또는 낙상이 감지되었을 때는 자동으로 관제센터에 알람을 전송하고 카메라를 활성화하여 사용자의 주변 상황을 파악하게 하여 빠른 대처가 가능하도록 하였다. 이를 위해서 기존의 안전모에 신호처리기와 센서를 추가로 설계하여 구현한다. 그 결과, 제안 시스템을 활용하는데 부가기구 장치나 긴 전선을 이용하지 않아도 된다. 또한 관제센터에서는 원격으로 작업 현장을 손쉽게 확인할 수 있으며, 위급 상황에 빠르게 대처할 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 작업자의 안전과 관련되는 선행 연구에 대하여 살펴보도록 한다. Ⅲ장에서는 본 연구에서 제안하는 고립된 현장에서의 작업자를 위한 안전모에 대하여 기술적인 설명을 하도록 한다. Ⅳ장에서는 안전모에서 직접 수집한 데이터로부터 각 알고리즘에 대한 성능을 측정하고 분석하도록 한다. 마지막으로 Ⅴ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

적은 인원으로 넓은 공간의 건설 작업을 하는 현장에서는 작업자의 안전이 중요하다. 현장에서 로봇이나 ICT 등 자동화 기술이 확산됨에 따라 사물 인터넷 시스템이 작업자의 안전을 위해 많은 연구자들에 의해 개발되고 있다.

작업 차량에 IoT 시스템을 적용하여 사각지대를 탐지할 수 있는 사례가 최근에 소개되었다[6]. 크레인으로부터 위험 거리 내에 움직이는 물체를 감지하는 시스템은 카메라의 이미지를 이용하여 안전선 검출 및 마스킹, 조명의 영향, 배경 제거 등의 전 처리 알고리즘을 사용하였다. 또한, 무선 통신을 이용하여 대형 작업 차량의 사각지대에서의 작업자의 유무를 파악하는 시스템은 868MHz 무선 주파수와 지향성 안테나, 40kHz 초음파 기술을 결합하여 사용하였다[7]. 웨어러블 디바이스 장치는 라디오 송수신기(Radio Transceiver)와 RF 웨이크업센서(RF wake-up sensor), 알람 액추에이터(Alarm actuator)로 구성된다. 해당 시스템은 위험한 위치에 있는 건설 작업자를 감지하면 운전실에 있는 시각 디스플레이 장치로 전송한다. 동시에, 작업자가 볼 수 있는 장치의 경보가 활성화되고, 웨어러블 장치는 실시간 GPS를 통해 데이터를 서버로 전달한다.

지하, 좁은 공간, 인적 요인, 중장비 등 모니터링이 어려운 환경에서 작업하는 작업자를 감독하기 위해 열악한 환경에서도 인지할 수 있는 안전모를 제작한 사례도 보고되었다. 증강현실 및 가상현실(AR/VR) 기반의 안전모니터링 시스템은 카메라, IMU(Inertial Measurement Unit) 센서, 레이저, LED 조명, WiFi 모듈 관련 소프트웨어가 통합된 하드웨어를 포함하며 사용

자가 AR 카메라 장치를 이용해 안전하게 부품을 설치할 수 있도록 하였다[8].

다른 예시로, 안전모에 카메라, GPS, 배터리, AI, 센서, 헤드셋을 장착한 스마트 헬멧과 벨트 시스템이 있다[9]. 시스템은 3축 가속도 센서, 카메라, LED를 헬멧에 사용하고, 온습도, 조도 센서를 벨트에 사용하였다.

Ⅲ. IoT 안전모 시스템의 설계

3.1 IoT 안전모 시스템의 개요

본 연구에서 작업자의 상태 모니터링을 위해서 스마트폰을 활용하였다. 스마트폰에서 사용자의 건강 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있을 뿐만 아니라 사용자의 건강 상태가 급속히 나빠진다거나 작업자의 낙상이 감지되면, 실시간으로 영상을 관제센터로 전송하여 현장을 확인할 수 있게 하였다. 또한, 관제센터에서 작업 현장을 확인하고 싶은 경우 작업자의 스마트폰을 통해 안전모의 카메라 영상을 통해 전송 받을 수 있도록 하였다. 제안하는 시스템의 개요도는 그림 1과 같다.

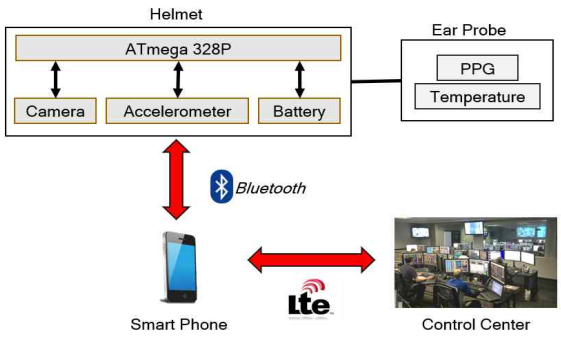


Fig. 1. Architecture of IoT based Helmet Platform

3.2 하드웨어 아키텍처 설계

제작한 그림 2의 안전모는 사용자의 생체 정보를 측정하기 위해 이어프로브에 광혈류 측정 센서, 체온 센서를 집적하였고, 낙상을 모니터링하기 위해 마이크로프로세서(ATmega328) 보드에 카메라와 블루투스 모듈, 3축 가속도 센서를 부착한 형태이다.

3.3 소프트웨어 아키텍처 설계

3.3.1 스트레스 측정 알고리즘

광혈류 측정 센서는 LED와 포토다이오드로 구성되며, LED에서 피부에 빛을 조사하면 혈액, 뼈, 조직에서

Fig. 2. Structure of Ear-probe and wearing the safety helmet

빛의 흡수가 발생하고 일부 광은 투과하여 포토다이오드에 도달한다. 이를 통해 심장 박동에 의한 혈류의 변화를 측정한다. PPG(Photoplethysmography) 센서를 통해 생체 신호를 처리하는 과정은 그림3과 같다.

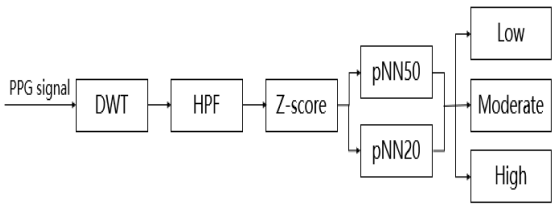


Fig. 3. Stress Level Measurement Algorithm

심박의 신호 획득을 위해 사용자의 혈류 변화를 PPG 센서로 측정하여 해당 아날로그 신호를 이산 웨이블릿 변환 (DWT)을 통해 동잡음을 제거하였다. 이산 웨이블릿 변환을 사용하면 원래의 신호에서 발생하는 손실이 최소화되어 오버 헤드가 감소한다. 본 시스템에서는 실시간으로 데이터를 처리해야 하기 때문에 FIR 필터보다 이산 웨이블릿 변환이 더 적합하다. 고역통과필터는 기준선을 일정하게 한다.

또한 z-score 알고리즘은 주로 실시간 신호 처리 애플리케이션을 위한 견고한 최고점을 검출하는 알고리즘이다[10]. 이 알고리즘은 슬라이딩 윈도우를 사용하여 데이터 집합을 이용해 이동 평균 및 표준편차를 계산한다. 최고점의 위치는 z-score가 특정 임계 값(z = 2.14)보다 높은 위치에 있으며, z-score에 대한 방정식은 식 (1)과 같다.

$$Z = \frac{x - \overline{x}}{\sigma_x} \qquad (1)$$

z-score를 통해 구해지는 최고점에서 PPI(Pulse to Pulse Interval)를 도출한다. pNN50과 pNN20은 심박 변이도를 나타내며 각각 연속적인 피크와 피크 간격의 차이가 50ms를 초과하는 간격의 수, 20ms 미만인 간격의 수를 백분율로 나타낸 것이다. 스트레스는 pNN50과 pNN20의 비율을 비교하여 3단계로 나누어진다.

3.3.2 낙상 탐지 알고리즘

가속도 센서는 x축, y축, z축 방향의 가속도를 측정하여 충격, 기울어진 각도 등을 계산할 수 있고, 이 가속도 값을 이용해서 작업자의 낙상 및 자세를 추정할 수 있다. 하지만 본 시스템에서는 가속도 센서를 사용자의 신체에 직접 부착하는 것이 아니라 헬멧에 부착하는 형태이다. 이에 따라, 가속도 센서 데이터로부터 특징을 추출한 후 기계학습 기반의 신호처리에 의해 사용자가 걷고 있을 때, 안전모를 내려놓았을 경우, 낙상 세 가지의 클래스로 분류하는 알고리즘을 구상하였다.

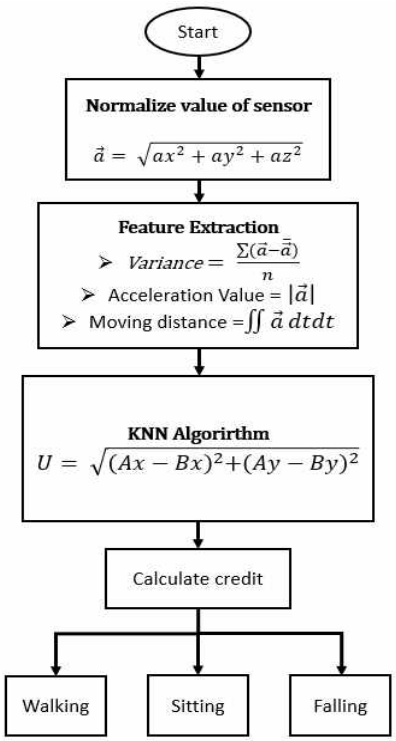


Fig. 4. Fall Detection Algorithm

본 연구에서 가속도 신호를 계산하기 위해 제안한 알고리즘은 그림 4와 같다. 가속도 센서의 x, y, z 축의 데이터는 정규화 과정을 거쳐 3차원의 데이터를 1차원으로 줄인다. 특징 벡터는 가속도의 크기와 분산, 이동 거리를 특징 파라미터로 생성되어 기계 학습에 적용하였다.

K-최근접 이웃 알고리즘은 분류나 회귀에 사용되며, 줄여서 KNN 알고리즘이라 한다. 해당 알고리즘은 입력 데이터가 기존의 데이터 클래스 중 거리 계산을 통해 어떤 그룹에 속하는지 분류한다. 기존의 데이터와 입력 데이터 간의 거리를 계산하기 위해 본 논문에서는 유클리드 거리 계산법을 사용하였다.

3.3.3 무선 통신 설계

IoT 안전모로부터 수집된 데이터는 계산 및 분석을 위해 스마트폰으로 전송된다. 무선 네트워크 기술은 케이블로 인한 복잡성 해결, 장비를 단순화할 수 있는 장점이 있어 IoT 장치에서 스마트폰까지 저전력 블루투스 모듈을 사용하는 것으로 정하였다.

블루투스는 다른 무선 네트워크 방식과는 달리 데이터 전송률이 높으며, 블루투스를 지원하는 기기 간의 연결이 쉽고 간단하다. 따라서 안전모에 블루투스 모듈을 장착하고 안드로이드 애플리케이션에서 안전모의 블루투스 모듈과 스마트폰의 블루투스를 연결하여 데이터를 전송한다. 블루투스 통신을 위해 안드로이드 스튜디오에서 블루투스 권한 등록 후 블루투스 기능을 사용할 수 있도록 하였다. 해당 스마트폰은 블루투스를 지원하는지 확인한 후 블루투스를 활성화하고, IoT 안전모와 페어링이 완료되면 신호처리 알고리즘은 센서의 데이터를 전송 받아 실행한다. 애플리케이션이 실행 종료되면 블루투스 통신 역시 종료된다.

한편, 휴대폰 통신망을 이용하여 스마트폰에서 관제센터로 데이터를 전송하기 위해 TCP/IP 통신을 사용하였다. TCP/IP 통신을 위해서는 클라이언트 소켓과 서버 소켓이 필요하다. 클라이언트와 서버는 서로 포트를 이용해 데이터를 교환하며, 클라이언트에서 서버 측으로 연결 요청을 하면, 연결 대기 중인 서버에서 클라이언트와 연결한다.

3.3.4 실시간 모니터링 시스템 설계

안드로이드 앱을 이용한 사용자 화면은 사용자의 PPG 신호와 스트레스 단계 및 카메라 화면을 확인할 수 있도록 구현하였다.

Fig. 5. Server Interface and User Interface

그림 5에서 왼쪽 사진은 관제센터에서 카메라 영상을 확인할 수 있는 서버 인터페이스이고 오른쪽 사진은 스마트폰에서 사용자의 건강 정보와 카메라 화면을 확인할 수 있는 안드로이드 앱 화면이다. 특히, 안전모에서 블루투스를 이용하여 스마트폰으로 영상을 전송하기 위해 각 프레임 이미지는 JPEG로 압축되어 전송되었다.

Ⅳ. 실험

4.1 실험 환경 및 데이터

본 실험은 직접 설계 및 제작한 안전모로부터 사용자의 PPG 신호를 측정하여 스트레스 단계를 계산하였으며, 가속도 신호로부터 자세를 추정하였다.

본 실험의 소프트웨어 알고리즘에는 VORTAL과 Sisfall 데이터 셋을 이용하였다. VORTAL 데이터 셋에는 호흡, 심전도(ECG), 광혈류(PPG) 데이터가 포함되어 있다[11]. 18세에서 40세 사이의 건강한 어른으로부터 해당 데이터를 수집하였다. Sisfall 데이터 셋에는 두 가지 유형의 가속도계와 하나의 자이로 센서로 구성된 자체 개발 장치로 낙상과 일상생활 활동의 데이터 셋이다[12]. 해당 데이터 셋은 성인이 수행한 1개의 일상생활 활동과 15개의 낙상 유형, 62세 이상의 건강한 성인이 수행한 15개의 일상생활 활동과 낙상 시뮬레이션을 수행한 참가자의 데이터이다.

4.2 실험 결과

안전모는 장시간 착용하고 움직여야 하기 때문에 시스템의 무게를 줄이기 위해 많은 노력을 하였다. 따라서 자체적으로 가벼운 소형의 PCB를 직접 설계하였고 그림 6과 같이 가로 및 세로가 5cm가 되는 PCB 보드를 제작할 수 있었다.

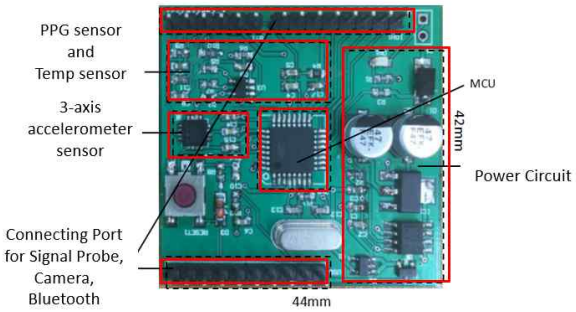


Fig. 6. Central Processing PCB Controlling Signal of Sensors

안드로이드 애플리케이션과 결합한 스트레스 측정과 낙상 감지를 실시간으로 제공하는 시스템을 구성하고, 위급 상황 및 현장 모니터링을 위해 카메라 동영상 전송 기술을 적용하여 소프트웨어를 개발하였다. 안드로이드 애플리케이션은 Java 언어를 사용하여 안드로이드 스튜디오에서 애플리케이션을 구현하였고, 서버 환경은 Java IDE인 Eclipse에서 수행되었다.

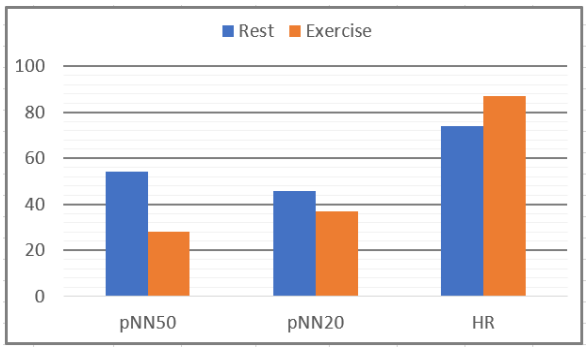


Fig. 7. HRV Comparison under Rest and Stress Situation

이어프로브로부터 전송된 생체 신호는 스트레스 수치 계산에 이용된다. 그림 7은 휴식의 경우와 스트레스 상황에서의 심박 변이도와 심박 수를 비교한 결과이다. 스트레스 실험에는 30분 조깅 후 측정한 결과로 육체적 스트레스 상황을 구현하였다. pNN50은 심장 박동의 주기가 50ms 이상인 주기의 비율을 뜻하고, pNN20은 심장 박동의 주기가 20ms 이하인 주기의 비율을 뜻한다. pNN50과 pNN20의 Y축의 단위는 비율(%)이고 HR(Heart Rate)는 심박 수로 표시된다. 그림 7을

통해 육체적 피로로 인해 pNN50의 비율이 증가하고 pNN20의 비율이 감소한 것을 알 수 있다.

Table 1. Time domain HRV features

Stress Level / Time domain features	Low	Moderate	High
pNN50(%)	4.12(±1.32)	6.94(±2.09)	≥ 11.79
pNN20(%)	≥ 62.35	39.95(±22.4)	25.95(±14.4)

표 1은 스트레스 지수를 판단하는 기준표이다. 스트레스는 K. Trimmel 논문의 데이터를 기반으로 Low, Moderate, High 세 단계로 나누었다[13].

본 연구에서 낙상 알고리즘에는 K근접 이웃(K-Nearest Neighbor) 알고리즘을 적용하였다. 제안된 알고리즘은 연구실원의 시뮬레이션을 통해 평가되었다. 이 때, 훈련 셋으로 walking, sitting, falling 세 가지 경우에서 각각 6, 6, 11 데이터씩 총 23개의 데이터를 사용하였고, 테스트 셋으로 walking, sitting, falling, 각각 3, 3, 5씩 총 11개의 데이터를 훈련 셋을 선택하였다. 이는 validation 셋으로 6개의 데이터를 포함한 경우이다.

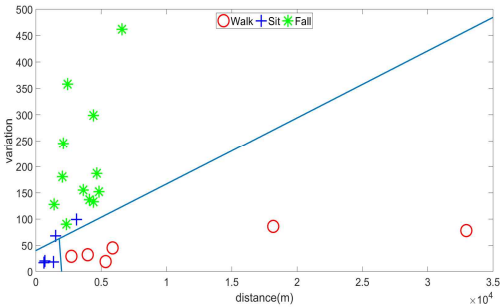


Fig. 8. Classification after Feature Extraction

그림 8은 세 개의 클래스(walking, sitting, falling)에 대한 훈련 데이터의 K근접 이웃 알고리즘을 적용한 후 분류된 데이터이다. x축은 이동 거리 데이터를 표시하고, y축은 분산으로 표시된다. 그림 8에서 보는 바와 같이 앉는 동작에서는 이동 거리와 분산이 모두 작게 나타났다. 걷기와 낙상을 비교하였을 경우 걷는 동작에서는 이동 거리는 크게 나타났지만 분산은 100 이하로 작게 표현되었으며, 낙상에서는 이동거리가 1m 이내로 관측되는 반면 분산은 큰 값을 보였다.

표 2과 같이 낙상 탐지 알고리즘에서는 총 11개의 데이터 중 True-Positive가 9개, False-Negative가 2개이며 전체 성능은 81%이다. 분류 작업에서 발생한 오류는 추후 실험에 현재의 2배 정도 데이터를 수집하여 낙상 감지 알고리즘의 정확도와 신뢰성을 높일 수 있다.

Table 2. The calculation of False Positive Rates from KNN Algorithm

Result of Test \ Assessment According to KNN Algorithm	True	False
Positive	9	0
Negative	0	2

Ⅴ. 결론

본 논문에서는 고립되어 있거나 접근이 힘든 장소인 작업 현장에서 작업자의 건강 상태와 낙상을 모니터링 하는 것이 목적이다. 필수적으로 착용하여야 하는 안전모와 스마트 모니터링 시스템을 이용하여 관제센터에서 신속한 대처가 가능한 IoT 안전모에 대한 연구를 수행하였다.

제안한 스마트 안전모는 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 스트레스 측정은 PPG 센서를 이용하여 사용자의 피로도를 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 둘째, 낙상이 발생할 경우, 가속도 센서로 구현된 낙상 감지 알고리즘을 통해 관제센터로 알림으로써 신속한 대처를 할 수 있다. 셋째, 관제센터에서 안전모의 카메라로 접속하여 원거리에서도 작업 현장을 확인할 수 있다. 하지만 블루투스의 전송 속도로 인해 영상이 매끄럽게 연결되지 못하는 문제에 대한 개선이 필요하다. 또한, 센서 간의 상호작용에 대한 연구를 통해 시스템의 정확도 향상에 관한 연구가 필요하다.

본 연구는 안전모에 적용하였지만 향후 작업자뿐만 아니라 일상생활에도 적용할 수 있는 모니터링 시스템으로 활용할 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] H. G. Ryu. (2018, May.). Preliminary study for development of safety accident prevention IoT(Internet of Things) Cone system through dangerous area setting in construction sit. Journal of the Korea Institute of Building Construction. [Online]. 18(1), pp. 76-77. Available: http://kic.or.kr/Upload/Session/45/%EC%8B%9C%EA%B3%B5%EA%B4%80%EB%A6%AC2-6.pdf

[2] J. M. Kim, J. B. Lee, and S. R. Chang. (2017, Aug.). Relationship between the Risk Level and the Job Stress Level of Work Types in Architectural Work. Journal of the Korea Society of Safety. [Online]. 32(4), pp. 73-78. Available: http://nas1kosos.superscholar.kr/jkss/2017324073.pdf

[3] M. R. Lee. (2011, Nov.). Relationship between Occupational Stress and Depression of Construction Workers. Korean Journal of Occupational Health Nursing. [Online]. 20(3), pp. 279-288. Available: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1001.3975&rep=rep1&type=pdf

[4] J. H. Kim. (2013, Sep.). A Study on Protective Purposes and intents of Use of Safety Helmets as for Reduction of Falls. Journal of the Korean Society of Safety. [Online]. 28(5), pp. 83-89. Available: http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=JAKO&cn=JAKO201330258591004&oCn=JAKO201330258591004&pageCode=PG11&journal=NJOU00294752

[5] S. C. Jung, J. H. Kwon, and Y. G. Park, “A study on preventing falls by tripping in platforms at construction sites,” Occupational Safety Research Department, Dec. 2014.

[6] U. P. Chong, (2011, Nov.). Crane Monitoring System for Moving Objects in Safety Lines. The Journal of Korea Institute of Signal Processing and Systems. [Online]. 12(4), pp. 237-241. Available: http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=1a0202e37d52c72d&control_no=1f0b9b195c58e01dc85d2949c297615a

[7] R. Kanan, O. Elhassan, and R. Bensalem. (2018, Apr.). An IoT-bsed autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. Journal of Automation in Construction. [Online]. 88, pp. 73-86. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516303946

[8] M. F. Alam, S. Katsikas, O. Beltramello, and S. Hadjiefthymiades. (2017, July.). Augmented and virtual reality based monitoring and safety system: A prototype IoT platform. Journal of Network and Computer Applications. [Online]. 89(1), pp. 109-119. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804517301315

[9] O. Amon, U. Jamshid, S. Yusupov, C. U. Lee, and R. Oh. "The Smart Utility Monitoring System for Industrial Safety and Enhancement on the IOT Technology," in The 3rd International Conference on Smart Media and Applications, Chiang Mai, 2014,

[10] P. Perkins, and S. Heber. "Identification of Ribosome Pause Sites Using a Z-Score Based Peak Detection Algorithm," in 2018 IEEE 8th International Conference on Computational Advances in Bio and Medical Sciences, Las Vegas, 2018.

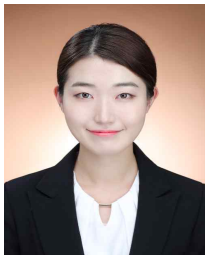
[11] P. H. Charlton, T. Bonnici, L. Tarassenko, D. A. Clifton, R. Beale, and P. J. Watkinson. (2016, Mar.). An assessment of algorithms to estimate respiratory rate from the electrocardiogram and photoplethysmogram. 2016 Institute of Physics and Engineering in Medicine. [Online]. 37(4), pp. 610-626. Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/37/4/610/meta

[12] A. Sucerquia, J. D. Lopez, and J. F. V. Bonilla. (2017, Jan.). SisFall: A Fall and Movement Dataset. Journal of Sensors(Basel). [Online]. 17(1), Available: https://www.researchgate.net/publication/272427743_Assessing_Methods_of_Heart_Rate_Variability

[13] K. Trimmel. (2011, Jan.). Sensitivity of HRV parameters including pNNxx proven by short-term exposure to 2700m altitude. [Online]. 32, pp. 275-285, Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/32/3/001/meta

저자 소개

구 예 진 (Ye-Jin Gu)



2018년 2월 : 계명대학교 전자공학사
2018년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 전자공학과 석사과정
관심분야 : 신호처리, IoT 응용 개발, u-Health, 생체인식

김 종 진 (Jong-Jin Kim)

1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과(학사)
1985년 2월 : 한국과학기술원 전자공학전공(석사)
1995년 2월 : 경북대학교 전자공학전공(공학박사)
1997년 2월 ~ 현재 : 부경대학교 전자공학과 교수
관심분야 : Computer Architectures, Ubiquitous Healthcare

정 완 영 (Wan-Young Chung)

1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과(학사)
1989년 2월 : 경북대학교 전자공학전공(석사)
1998년 2월 : 규슈 대학교 센서 공학(공학박사)
1999년 2월 ~ 2008년 2월 : 동서대학교 조교수
2008년 2월 ~ 현재 : 부경대학교 교수
관심분야 : Wireless Sensor Networks, Ubiquitous Healthcare and Automobile Applications, Smart Lighting with Visible Light Communication, and Embedded Systems