

다중 센서를 이용한 위험 상황 감지 안전모

최우용* · 김효상* · 고동현* · 이장훈* · 이승대**

Risk Situation Detection Safety Helmet using Multiple Sensors

Woo-Yong Choi* · Hyo-Sang Kim* · Dong-Hyeon Ko* · Jang-Hoon Lee* · Seung-Dae Lee**

요약

본 논문에서는 산업 재해의 주요 원인인 추락 및 낙상 사고와 가스 누출에 중점을 둔 위험 상황 감지 안전모를 다루었다. 가속도 센서를 이용한 중력 가속도 측정을 통해 추락 상황 범위를 설정하였으며, 그 결과 80%의 추락 및 낙상 감지율을 확인 할 수 있었다. 또한 가스 센서를 통해 위험 가스 농도를 측정하여 시리얼 모니터를 통해 188 이상의 디지털 값이 출력될 경우 가스 위험 상황으로 판단하였다, 앱 인벤터 프로그램을 기반으로 제작한 스마트폰 어플을 통해 추락 및 낙상 상황 경고 메시지와 가스 경고 메시지를 확인할 수 있도록 구현하였다.

ABSTRACT

In this paper, we dealt with a safety helmet for detecting dangerous situations that focuses on falling accidents and gas leaks, which are the main causes of industrial accidents. the fall situation range was set through gravity acceleration measurement using an acceleration sensor, and as a result, a fall detection rate of 80% could be confirmed. In addition, the dangerous gas concentration was measured through a gas sensor, and when a digital value of 188 or more was output through a serial monitor, it was determined as a gas dangerous situation, and a fall warning message and a gas warning message could be checked through a smart-phone application produced based on the app inventor program.

키워드

Acceleration Sensor, CO Detection, Falling Detection, Gas Detection Sensor, Industry Safety Helmet
가속도 센서, 일산화탄소 감지, 추락 감지, 가스 센서, 산업 안전모

1. 서론

연도별 OECD 회원국의 산업 근로자 10만 명당 사고 사망자 수를 보면 우리나라의 사망자 수가 높은 비중을 차지하고 있으며 2020년 산업 재해로 인한 경제적 손실 추정액이 30조원으로 2019년 대비 8.45%가

증가한 것으로 나타났다[1-2]. 또한 2021년 산업 재해 사망자 발생 현황을 보면 사고 사망자의 경우 추락, 끼임, 충돌, 교통사고, 뒤집힘, 화재 순으로 많이 발생하였다[3]. 2022년도 현재 우리나라에서는 산업 재해의 새로운 예방책으로 중대재해처벌법이 시행되고 있으며 근로자의 안전 교육도 강화되고 있다. 그러나 산

* 남서울대학교 전자공학과(ouou258@naver.com, 0242khs@naver.com, kodh0703@naver.com, wkdgns013@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2022. 10. 30
• 수정완료일 : 2022. 11. 20
• 게재확정일 : 2022. 12. 17

• Received : Oct. 30, 2022, Revised : Nov. 20, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022

• Corresponding Author : Seung-Dae Lee

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : seungdae@nsu.ac.kr

업 재해 발생 시 현장 상황 및 근로자의 상태 파악이 어려워 사고 상황에 효과적으로 대처하지 못하는 것도 현실이다. 특히 안전모의 경우 근로자의 안전과 직결된 장비임에도 불구하고 불편하다는 이유로 미착용 상태로 작업하다가 사망하는 사고가 빈번히 발생하고 있다.

이에 따라 포항제철의 스마트 안전모의 경우 카메라를 부착하고 무선 마이크를 통해 작업장의 영상과 음성 데이터를 공유함으로써 현장 상황 판단이 용이하며 가스 감지, 고전압 감지 등을 진동모터를 통해 작업자에게 알려주도록 설계하였다. 그러나 상황에 따른 알림 기능이 미비하고 산업 재해의 주원인인 낙상 및 추락 사고에 대한 대책이 미흡하였다[4].

따라서 본 논문에서는 기존 안전모의 단점을 보완하기 위하여 초음파 센서를 이용하여 근로자의 안전모 착용 유/무(여부)를 관리자가 파악할 수 있도록 하고 낙상 및 추락 사고를 판단할 수 있도록 가속도 센서를 이용하여 추락 및 낙상 감지 알고리즘과 가스 센서와 버저를 이용한 가스 누출 알고리즘을 설계하여 추락 및 낙상 사고, 가스 누출이 발생할 경우 안전모와 블루투스로 연결된 관리자 앱을 통하여 관리자가 실시간으로 확인할 수 있도록 하였으며 근로자는 알람을 통해 현장에서 위험 상황을 인지할 수 있도록 설계하고자 한다.

본 논문에서는 2장에서 각 상황에 따른 가속도 센서 및 가스 센서 데이터를 추출하기 위한 하드웨어 구성 및 알고리즘을 구상하고 3장에서는 이에 따른 상황별 센서 데이터를 추출하였다. 추출된 데이터를 이용해 위험상황을 감지할 수 있는 데이터 범위를 추출하고자 하였으며 마지막 4장에서 결론을 도출하였다.

II. 시스템 구성

2.1 안전모 시스템의 하드웨어 구성

본 논문에서 설계하고자 하는 안전모 시스템의 구성은 제어부의 Arduino nano 보드와 버저 센서, 가속도 센서, 초음파 센서, 가스 센서 등 4개의 입력부 센서로 구성되어 있다. 그리고 통신부인 블루투스는 스마트폰 애플리케이션을 통하여 출력을 제어한다. 입력 센서와 제어부 그리고 블루투스를 거쳐서 안전모 착

용 여부, 추락 및 낙상 감지 확인, 가스 누출 경보를 애플리케이션을 통해서 확인할 수 있도록 한다. 표 1에 안전모 시스템의 하드웨어 구성을 나타내었다.

표 1. 하드웨어 환경
Table 1. Hardware environment

H/W Part	Function
Arduino nano	Controller
MPU-6050	Acceleration Sensor
MQ-9	Gas Sensor
HC-SR04	Ultra-sound Sensor

안전모에 부착된 핵심 하드웨어 부품은 1개의 아두이노 나노 보드와 3개의 입력 센서이다. 아두이노 나노 보드는 우노에 비해 핀의 수가 줄어들어 소형 사이즈에 적합한 보드이다. 14개의 디지털 포트와 8개의 아날로그 포트 구성되어 있으며, 동작 전압 5V, 입력 전압 7~12V이며, 또한 DC 입출력 핀 출력 전류 40mA의 스펙을 가졌다[5]. 가속도 센서인 MPU-6050은 가속도와 자이로센서 2개를 1개의 센서에 모두 포함하고 있는 6DOF(Degrees of Freedom) MEMS 센서이며, I2C(Inter Integrated Circuit) 통신 프로토콜을 통해서 데이터를 추출할 수 있다. 또한, 7개의 16bit ADC를 내장, VDD는 2.375~3.46V이다[6]. 중력 가속도를 측정할 수 있는 알고리즘을 적용하여 작업자의 낙상 및 추락 시 감지할 수 있도록 한다. 가스 감지 센서로 MQ-9를 사용하였는데 MQ-9는 5V의 동작 전압과 150mA의 소비 전류를 가지며, 디지털 출력과 아날로그 출력 모두 가능하도록 설계되었다. 이때 아날로그 출력 전압은 0.1~0.3V이며 10~1000ppm CO(일산화탄소) 범위까지 감지할 수 있다[7]. 가스 농도를 측정하여 위급상황 시 안전모에 부착된 부저(buzzer) 센서가 울리며, 통신부(블루투스)를 거쳐서 애플리케이션으로 가스 감지 경고가 울리도록 하였다. 초음파 센서인 HC-SR04 센서 모듈로 초음파 송신부, 초음파 수신부, 제어 회로로 구성되어 있다. 동작 전압은 5V이며, 동작 전류는 15mA, 측정 거리는 2cm~4m까지 가능하다[8]. 이는 초음파 센서를 이용하여 거리 측정을 통해서 안전모 사용자의 착용 여부를 관리자가 애플리케이션으로 직접 확인 및 점검할 수 있도록 구성하였다.

2.2 추락 및 낙상, 가스 알고리즘

본 논문에서 제안하는 안전모 시스템은 근로자와 관리자로 나뉘고 모든 안전 기능은 근로자를 위해 만들어졌다. 안전모의 안전 기능은 크게 2가지로 구분한다. 첫 번째는 위험 가스를 감지할 수 있는 기능이다. 센서를 통해 CO의 농도를 측정 후 기준 수치를 초과할 경우 안전모에서 알람이 울리며, 관리자에게 근로자의 위험 상태를 알려줄 수 있도록 구현하였다[9]. 가스 감지 알고리즘의 방식은 그림 1과 같다.

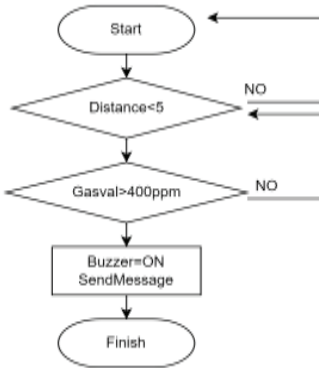


그림 1. 가스 감지 알고리즘
Fig. 1 Gas detection algorithm

가스 감지 알고리즘은 안전모를 쓰고 있을 때만 작동한다. 초음파 센서와 사용자 머리 간의 거리가 5cm 이내일 경우, 안전모 착용으로 판단하여 가스 감지의 첫 번째 발생 조건으로 한다. 그리고 CO 농도 변수 'Gasval' 값이 400ppm보다 큰 데이터 값을 출력한다면 안전모에 부착된 버저가 울리면서 애플리케이션으로 경고 문자가 가도록 한다. 여기서 CO 감지의 범위를 400ppm으로 설정한 이유는 농도별 인체 영향 400ppm에서 1~2시간에 전 두통, 2.5~3시간에 후 두통이 발생함으로 400ppm이 넘는 즉시 위험 상태로 판단하였다[10].

두 번째는 추락 감지 기능이다. 근로자가 안전모를 착용하고 있는 상태에서 낙상 및 추락하게 될 때 이를 인지하여 애플리케이션을 통해 관리자에게 알려주도록 구현하였다. 추락 및 낙상 감지 판단을 위한 알고리즘은 그림 2와 같다. 추락 감지 알고리즘 또한 가스 감지 알고리즘과 마찬가지로 초음파 센서와 사용자 머리 간의 거리가 5cm 이내일 경우, 안전모 착용

으로 가정하여 낙상 및 추락 알림의 첫 번째 발생 조건으로 한다. 그리고 자유 낙하 판단하기 위해 중력 가속도 변화를 측정한다.

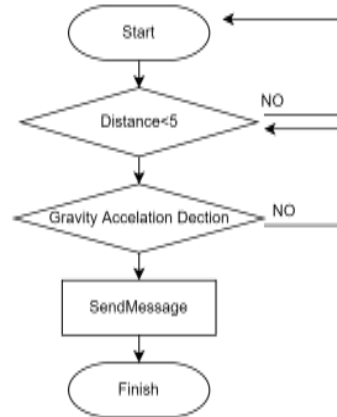


그림 2. 추락 및 낙상 감지 판단 알고리즘
Fig. 2 Fall detection algorithm

본 논문에서 애플리케이션의 구현은 앱인벤터를 이용하였다. 앱인벤터는 안드로이드 스마트폰 앱을 개발할 수 있는 비주얼 프로그래밍 도구로써 기본 플랫폼은 MIT 미디어랩에서 개발한 스크래치에 기반하고 있다. 안전모와 애플리케이션을 연동시켜 출력값에 따라 상황별 텍스트를 출력하도록 설계하였다[11-12].

III. 실험 및 고찰

3.1 1m와 2m 추락 상황 비교

추락 상황에서 가속도 센서의 출력데이터를 추출하기 위해 실험 가능한 높이인 1m 및 2m에서 데이터를 추출하고 이를 통해 센서의 인식 범위를 설정하고자 하였다. 표 2에서 1m 및 2m의 추락 상황에서 출력된 중력 가속도 데이터를 비교하였다. 표 2에서 보는 바와 같이 x 축의 경우 1m 추락 데이터의 평균값이 16071이고 2m 추락 데이터의 평균값이 16293으로 유사하게 측정되었으며 나머지 축의 경우에도 동일한 결과가 측정되었다. 이는 1m에서 추락했을 때 중력 가속도 데이터를 실제 추락 높이에서 낙하했을 때의 데이터와 동일하다고 가정할 수 있다. 따라서 이 데이터를 바탕으로 가속도 센서에서 출력되는 데이터의

평균값을 이용하여 추락 상황을 인지할 수 있게 된다.

표 2를 통해 1m 추락 상황을 실제 추락 상황으로 판단할 수 있었으면 이와 비슷할 것이라 예상되는 낙상 상황에서의 데이터를 추출하여 비교해 보았다. 낙상 데이터 추출은 안전모를 직접 착용하고 넘어지는 상황을 1회로 하여 총 10회 실험하였다.

표 2. 1m와 2m 추락 상황 데이터
Table 2. 1m and 2m fall down status data

Height	1m			2m		
	Times	X-axis	Y-axis	Z-axis	X-axis	Y-axis
1~10	16812	8155	10651	17640	9645	11370
11~20	16108	12745	13422	15831	6640	11670
21~30	17839	10516	11312	15284	5684	11482
31~40	15329	8728	9334	17097	10990	12748
41~50	14266	4560	9242	15612	9072	7271
Average	16071	8941	10792	16293	8406	10908

표 3. 낙상 상황 데이터
Table 3. fall down status data

Status	Fall Down		
Times	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
1	12908	8740	3532
2	16692	4564	4976
3	13804	4320	2304
4	11828	32767	10792
5	17348	668	6828
6	15968	32767	11880
7	9736	13452	17620
8	10264	4092	1768
9	18084	1476	6104
10	16476	3552	7692
Average	14311	10640	7350

표 3에 보인 바와 같이 낙상 데이터의 x, y, z축의 평균값을 보면 1m 추락 상황의 데이터와 유사함을 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 낙상 및 추락 상황을 동일한 상황으로 판단하고 시스템에 반영하였다.

3.2 산업 현장 3가지 상황 배제

추락 및 낙상 상황 데이터의 범위를 정확하게 설정하기 위해서 1m 추락 상황의 데이터에서 현장 근로자의 많은 행동 중 대표적인 3가지 상황인 장업장에서 단순 걷기, 엘리베이터로 이동하기 및 작업을 위한

움직임을 배제하기로 하여 3개의 상황에 대한 데이터를 측정하였다.

표 4. 걷는 상황
Table 4. Walk status

Status	Walk		
Times	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
1~10	1935	1368	16320
11~20	1986	1387	16417
21~30	2076	1413	16033
31~40	2060	1422	16547
41~50	2216	1521	16774
Average	2054	1422	16418

표 5. 엘리베이터 이동 상황
Table 5. Elevator movement status

Status	Elevator		
Times	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
1~10	2286	1678	16154
11~20	2571	1881	16194
21~30	2693	1910	16110
31~40	2561	1843	16415
41~50	2641	1854	15946
Average	2550	1833	16164

표 6. 작업 중인 상황
Table 6. Working status

Status	Work		
Times	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
1~10	13630	9513	11782
11~20	11577	9643	10785
21~30	9446	10154	12195
31~40	12638	10722	9945
41~50	12374	10835	10281
Average	11933	10174	10998

표 4에서 보인 바와 같이 추락 상황에서 배제해야 할 첫 번째 상황인 안전모를 쓰고 걸을 때의 데이터를 추출하기 위해 안전모를 착용하고 6m의 거리를 왕복하면서 실험을 진행하였다. 표 4에서 보는 바와 같이 x, y 축의 데이터 범위가 1m 추락 상황 데이터 범위에 들어가 있지 않음을 확인할 수 있었다.

또한, 표 5는 추락 상황에서 배제해야 할 두 번째 상황으로 안전모를 착용하고 5층에서 1층으로 엘리베이터를 이용해 이동하며 실험하였다. x, y 축의 데이터 범위가 걷는 상황과 마찬가지로 추락 상황 데이터

범위에 들어가 있지 않음을 확인할 수 있었다. 표 6은 세 번째 배제 상황으로 안전모 착용하고 작업 중인 상황으로 안전모를 착용하고 땅을 판다고 가정하여 고개를 45° 숙이고 땅을 파는 행동으로 실험을 하였다. x, y축의 범위가 걷는 상황과 엘리베이터 상황과 달리 낙상 및 추락 상황의 데이터 범위에 겹쳐있어 낙상 및 추락 상황 데이터에서 작업 중인 상황의 데이터 범위에서 작업 상황 데이터를 배제해야 함을 알 수 있다.

3.3 정규분포도를 통한 x,y 축 추락 가속도 범위

추락 상황 데이터에서 3가지 상황에 대한 데이터를 배제 시키기 위해 정규분포도를 이용하였다[13]. 정규분포도를 통해 x축 추락 범위를 설정한다.

그림 3은 걷는 상황과 엘리베이터 두 상황을 정규분포로 나타낸 것이다. 두 상황의 정규분포를 보면 그림 4의 낙상 및 추락 상황의 정규분포와 겹치지 않는다. 이는 낙상 및 추락 상황에 이 두 상황은 포함되지 않는다는 것을 알 수 있다.



그림 3. x축 엘리베이터 이동, 걷는 상황 정규분포도
Fig. 3 X-axis elevator movement, walking situation normal distribution

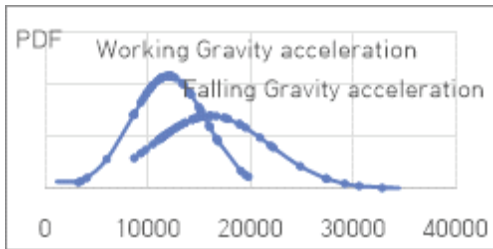


그림 4. x축 낙상 및 추락과 작업 상황 정규분포도
Fig. 4 X-axis fall and working situation normal distribution

작업 중인 상황을 보면 낙상 및 추락 상황과 어느 정도 겹침을 알 수 있다. 여기서 작업 중인 상황 x축 가속도 정규분포의 흩어짐 정도를 0.9σ 로 두고 낙상 및 추락 상황 x축 가속도 정규분포의 흩어짐 정도는 1.2σ 로 두어 작업 중인 상황의 중력 가속도가 겹치는 범위를 배제시켰을 때 x축 낙상 및 추락 범위를 15704-22254로 둘 수 있었다.

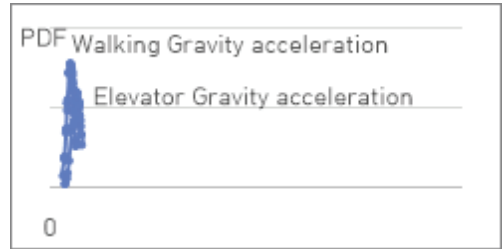


그림 5. y축 엘리베이터 이동, 걷는 상황 정규분포도
Fig. 5 Y-axis elevator movement, walking situation normal distribution

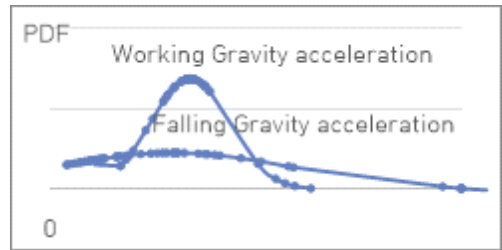


그림 6. y축 낙상 및 추락과 작업 상황 정규분포도
Fig. 6 Y-axis fall and working situation normal distribution

x 축 낙상 및 추락 상황 중력 가속도 범위를 구한 것과 같이 y 축도 각 상황에 대해 정규분포도를 비교하여 추락 상황에서 3가지 상황에 대해서 겹치는 부분을 배제하도록 하였다. 그림 5는 걷는 상황과 엘리베이터 두 상황을 정규분포로 나타낸 것으로, x축과 마찬가지로 이 두 상황의 정규분포 또한 y 축 낙상 및 추락 상황의 정규분포와 겹치지 않는다. 이에 y 축 낙상 및 추락 상황에 이 두 상황은 포함되지 않음을 알 수 있다.

그림 6은 x축과 마찬가지로 작업 중 상황과 낙상 및 추락 상황의 정규분포가 겹침을 알 수 있다. 여기서 낙상 및 추락 상황 y 축의 흩어짐 정도를 2σ 로

두고 작업 중인 상황 y 축의 흠어짐 정도는 0.4σ 로 두어 작업 상황을 배제시키면 y 축 낙상 및 추락 범위를 3672-9000으로 둘 수 있었다. 여기서 z 축은 낙상 및 추락 범위 설정에 배제시켰다. 배제 이유는 z축의 정규분포를 추락 및 낙상 상황에서 3개의 상황별에 대해서 배제시켰을 때 추락 범위가 없어서 z 축으로 추락 및 낙상 범위를 x축과 y 축에 비해서 판단하기 어려웠다. 하지만 x축과 y 축 이 두 개의 축만으로도 낙상 및 추락 상황을 충분히 판단할 수 있다고 보았기에 z 축 상황은 배제시켰다.

낙상 및 추락 범위 설정 후 설정한 범위에서의 추락 및 낙상 감지율을 확인하였다. 각 상황에 따라 각각 10회씩 반복하여 관리자 앱의 알람 신호를 확인하였다. 실험 결과, 낙상 및 추락 상황을 제외한 3가지 상황에 대해서는 모두 0%의 오차율을 확인하였으며 낙상 및 추락 상황의 경우에는 80%의 감지율을 보였다. 그림 7은 낙상 및 추락 상황을 판별할 수 있는 관리자 앱 화면이다.

3.4 400ppm에서 출력되는 가스 데이터 확인

주변의 CO 농도가 400ppm 이상에서 위험 상황을 인지하여 가스 감지 메시지를 애플리케이션으로 보내기 위하여 식 (1)을 이용하여 부피가 $4.9m^3$ 인 아크릴 상자 내부에 CO 가스를 주입하여 CO 농도를 400ppm으로 맞추고 이때 출력되는 디지털 값을 시리얼 모니터를 통해 확인하였다.

$$1ppm = Volume \times \frac{1}{10^6} \quad (1)$$



그림 7. 낙상 및 추락 알람 신호
Fig. 7 Fall down alarm signal

표 7은 400ppm 이상이 되는 시점에서 시리얼 모니터를 통해 출력하는 디지털 값을 확인하는 실험을 10회 실행한 결과이다. 표 7의 실험 결과를 통해 총 10번 실험하였을 때의 평균값인 188의 디지털 값이 시리얼 모니터를 통해 출력될 때 주변의 CO 농도가 400ppm인 위험 상황으로 판단하여 안전모 버저가 울리며 애플리케이션으로 가스 감지 경고 메시지가 전송되도록 하였다.

표 7. 시리얼 모니터 디지털 값
Table 7. Serial monitor digital value

Times	400ppm gas detection status
1	198
2	200
3	178
4	175
5	202
6	178
7	198
8	201
9	173
10	175
Average	188

IV. 결론

본 논문에서는 산업 현장 사고 원인의 대부분을 차지하는 가스 사고와 추락 및 낙상 사고를 인지하는 기능과 위험 상황 발생 시 이를 관리자에게 알려주기 위한 애플리케이션의 기능을 설계하고 구현하였다. MPU-6050 센서의 가속도 변화 값을 추락 상황과 3 가지 상황별로 비교해 보면서 추락 및 낙상 감지 범위를 설정하였으며, MQ-9 센서를 이용하여 400ppm 에서 출력하는 디지털 값을 시리얼 모니터를 통하여 가스 감지 알고리즘을 설계하였다. 가속도 센서의 신뢰도를 증가시키기 위해 작업자가 안전모를 착용 후 걷는 상황, 엘리베이터 이동 상황, 작업 상황에 대한 데이터를 추출하고 낙상 및 추락 상황 출력데이터에 서 배제하여 좀 더 정밀한 낙상 및 추락 범위를 설정 할 수 있었다. 그 결과 MPU-6050 센서를 통해 x, y, z축에서 나오는 데이터에 z축을 배제한 x축과 y축만을 이용하여 낙상 및 추락 감지 범위를 설정하였으며, 범위에 대한 낙상 및 추락 감지 실험 결과 80%의 감지율을 확인할 수 있었다. 확인 결과 본 논문에서 의 도하였던 결과와 유사한 결과값을 보인다는 것을 알 수 있다.

향후에는 안전모 착용자의 위치를 파악할 수 있는 실내 측위 및 GPS 기능을 추가하여 근로자의 위치 파악을 가능하게 한다면 좀 더 완성된 안전모가 될 것 이라 판단된다.

References

- [1] S. Choe, "Comparison and Analysis of Deaths in Construction Industry in OECD Countries," *Construction & Economy Research Institute of Korea Research report*, Sept. 2020.
- [2] Ministry of Employment and Labor, "2020 Industrial Accident Analysis Booklet," *Policy data report*, Dec. 2021.
- [3] H. Lee, "Industrial accident status at the end of March 2021," *Ministry of Employment and Labor policy data report*, May 2021.
- [4] D. Lee, W. Kim, J. Kim, S. Lim, and K. Kong, "Smart Safety Helmet Using Arduino," *J. of the institute of internet broadcasting and communication*, vol. 19, no. 1, 2019, pp. 77-83.
- [5] A. Kurniawan, *Arduino Nano A Hands-on Guide for Beginner*. Tasikmalaya: PE Press, 2019.
- [6] K. Atharva, A. Diksha, and S. Pushkar, "Low-cost Compact Theft-Detection System using MPU-6050 and Blynk IoT Platform," *In Proc. 2020 IEEE Bombay section signature conf. (IBSSC)*, Mumbai, India, Dec. 2020, pp. 113-118.
- [7] O. Dundar, *Home Automation with Intel Galileo*. Birmingham: Packt Publishing, 2015.
- [8] Y. Misra, *Programming and Interfacing with Arduino*. London: CRC Press, 2021.
- [9] Y. Ju, H. Lee, and J. Oh, "Design and Implementation of Gas Leakage Alarm IoT System for Safety Helmet," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1411-1416.
- [10] Korea Gas Safety Corporation, "Gas accident Yearbook.," *Publish report*, Feb. 2022.
- [11] D. Wolber, "App inventor and real-world motivation," *In Proc. of the 42nd ACM technical symp. on Computer science education (SIGCSE'11)*, Dallas, USA, March 2011, pp. 601-606.
- [12] W. Mo, J. An, S. Yoo, J. Lim, and B. Lee, "The Development of Tire Safety Recognition Application with Pressure and Laser Sensors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, 2021, pp. 725-734.
- [13] S. Lee and G. Lee, "Development of Simulation Method of Doppler Power Spectrum and Raw Time Series Signal Using Average Moments of Radar Wind Profiler," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 6, 2020, pp. 1037-1044.

저자 소개



최우용(Woo-Yong Choi)

2017년 3월~현재 남서울대학교
전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정

※ 관심분야 : 반도체 응용, 전력전자



이승대(Seung-Dae Lee)

1990년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1992년 단국대학 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 유무선통신시스템, 네트워크 보안



김호상(Hyo-Sang Kim)

2021년 3월~현재 남서울대학교
전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정

※ 관심분야 : 통신시스템, 반도체 응용



고동현(Dong-Hyeon Ko)

2017년 3월~현재 남서울대학교
전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정

※ 관심분야 : 통신시스템, 반도체 응용



이장훈(Jang-Hoon Lee)

2016년 3월~현재 남서울대학교
전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정

※ 관심분야 : 마이크로프로세서