

다중센서 및 아두이노를 활용한 Personal Mobility 스마트헬멧

김대현* · 양원영* · 한동욱* · 함주민* · 이봉주**

Personal Mobility Safety Helmet Device using Multi-Sensor and Arduino

Dae-Hyun Kim* · Won-Young Yang* · Dong-Wook Han* · Ju-Min Ham* · Boong-Joo Lee**

요약

본 논문에서는 Personal Mobility에 사용되는 스마트헬멧의 안전성 보강을 제안한다. 주요 내용은 헬멧이 안전 신호를 보낼 수 있도록 아두이노를 베이스로 사용하여 초음파 센서를 활용한 거리별, 각도별 변화에 따라 센서의 값을 설정하여 오차를 최소화하여 원활한 인식이 되도록 하였다. 또한, 자이로센서를 활용하여 각 기울기에 따른 방향지시등이 점등되도록 하였다. CDS 센서를 이용하여 야간에 150 lux 이하로 내려갈 시 LED가 점등되도록 설계하였다. 최종적으로 5cm 이내에서 헬멧 착용 여부를 확인할 수 있으며, 평균속도 주행 시 10도에서 방향지시등이 점등되며, 150lux 이하에서 LED가 점등됨을 확인하였다.

ABSTRACT

Due to the recent development of battery technology, various types of means of transportation such as electric kickboards, Segways, and electric bicycles have emerged, which can be defined as Personal Mobility. In this paper, as the incidence of safety accidents increases due to the increase in the number of users of Personal Mobility, safety helmet devices that strengthen safety capabilities and peripheral recognition functions were studied. In order for the helmet to send a safety signal, Arduino was used as a base to set the value of the sensor according to changes in distance and angle using the ultrasonic sensor to minimize errors and ensure smooth recognition. In addition, a gyro sensor was used to turn on the direction indicator according to each slope. Using a CDS sensor, the LED is designed to turn on when it goes below 150 lux at night. Finally, it is possible to check whether a helmet is worn within 5cm, and when driving at an average speed, the direction indicator light is turned on at 10 degrees, and the LED is turned on at less than 150 lux.

키워드

Helmet, Illuminance Recognition, User Recognition, RFID Features
헬멧, 조도 인식, 사용자 인식, RFID 기능

* 남서울대학교 전자공학과 (raeogus217@naver.com, mh061207@naver.com, ehddnr1911@naver.com, mydogs2@naver.com) · Received : Jun. 28, 2023, Revised : Jul. 20, 2023, Accepted : Aug. 17, 2023
· Corresponding Author : Boong-Joo Lee
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : bjlee@nsu.ac.kr

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
· 접수일 : 2023. 06. 28
· 수정완료일 : 2023. 07. 20
· 게재확정일 : 2023. 08. 17

1. 서 론

전동킥보드 사용량의 급증과 함께 안전사고도 증가하는 추세이다. 이에 정부는 헬멧 착용을 의무화하도록 도로교통법을 개정했으나, 헬멧 착용자는 16%에 불과한 상황이며 단속과 처벌 또한 어려운 상황이다. CCTV를 통한 단속을 진행한다고 하더라도 즉각적으로 제재하는 데 어려움이 있기에 헬멧 미착용 시 사용자에게 즉각적인 규제를 적용할 수 있고 헬멧 착용률도 향상할 수 있는 새로운 방법이 필요한 상황이다. 이에 정부는 2021년 5월 전동킥보드 주행 시 헬멧 착용을 의무화하도록 도로교통법을 개정하였으나, 관련 법률이 개정된 지 1년이 지났음에도 불구하고 헬멧을 착용하지 않은 이용자가 대다수인 것으로 나타났다[1]. 또한, 도로교통법에 따르면 PM은 차로로 정의되어 있어 안전이 고려되어야 한다. PM이 차로 정의되어 있음에도 불구하고, 이에 대한 인식이 부족하여 교통법규를 준수하지 않는 경우가 많으며, 이로 인해 안전에 대한 무감각이 존재한다[2]. 헬멧 탐지에 관한 기존 연구들은 공사 현장에서의 헬멧 착용 여부, 혹은 오토바이 탑승자에 대한 헬멧 착용 여부만을 탐지하였다[3,4]. Personal Mobility 산업이 상대적으로 새로운 패러다임이고 헬멧 착용에 관한 법률적 강제성이 다른 수단에 비해 빈약하므로 이에 관한 연구는 부족한 상황이다.

본 논문에서는 Personal Mobility 이용자의 안전을 보장하기 위해 스마트헬멧 제작에 관한 것으로, 초음파 센서, RFID, 자이로센서, 조도 센서를 이용하여 Personal Mobility 이용자의 주변 상황을 헬멧의 센서들이 인식 및 분류하는 시스템을 제안한다. 아두이노를 주제어 장치로 하여 초음파 센서의 헬멧 착용 인식, 조도 센서의 조도량에 따른 야간 LED 점등, 자이로센서를 이용한 방향지시등, RFID를 이용한 사용자 인식기능이다. 이러한 센서들이 사용자 주변 상황을 인식할 수 있도록 설정한 후 제어함으로써 사용자의 안전을 최소한으로 보장한다. 그리고 이러한 기능이 장착된 헬멧을 제작하여 제안된 방법론의 유효성을 검증한다.

II. 안전 헬멧 동작 및 구성

2.1 관련 연구 및 조사

선행된 연구된 논문의 방향지시등 기능을 확인해

보았을 때 자전거는 방향전환·진로변경 시 신호 불이행은 교차로에서 방향 지시를 하지 않고 회전하는 행위를 포함하며, 이는 범칙금 부과 대상이다[5]. 따라서 자전거와 같은 PM을 이용 시 사용자의 안전성 향상과 방향지시등을 통한 신호 전달이라는 2가지의 장점이 있다. 하지만 방향지시등 점등 시 버튼을 눌러야 하는 단점이 존재한다. 이에 본 논문에서는 버튼을 누르지 않고 사용자의 몸의 기울기를 측정하여 자동으로 방향지시등이 점등되도록 제작하였다. 2번째로 CDS 센서를 사용하였다. 빛의 조도량에 대한 전기적 저항값의 차이를 통해 빛을 감지하는 센서다. 정확한 값을 구하는 것보단 밝고 어두운 정도를 판별하기에 적합한 센서이다[6]. 이에 헬멧에 CDS 센서를 부착하여 야간에 차량 또는 사람이 PM 이용자를 좀 더 쉽게 판별하여 안전성을 확보할 수 있도록 제작하였다. 마지막으로 앱 인벤터 프로그램을 기반으로 제작한 스마트폰 어플을 통해 주변상황을 인지하도록 제작하였다[7].

2.2 안전 헬멧 구성도

그림 1은 본 논문에서 제작하고자 하는 Personal Mobility 안전 헬멧 시스템의 구성도 블록선도이다. 구성은 제어부에 Arduino Mega 보드, 초음파 센서, 자이로센서, 조도 센서, 피에조 부저 등의 5개의 센서로 구성되며 통신부는 블루투스 및 스마트폰 어플리케이션을 이용하여 제어한다. 입력부에서 받은 정보가 블루투스를 통해 안전 헬멧 착용 여부, 각도에 따른 방향지시등, 조도 량에 따른 LED 점등 여부를 확인할 수 있도록 한다.

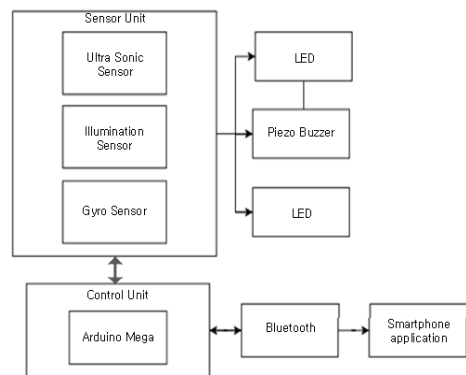


그림 1. 시스템 블록선도
Fig. 1 System block diagram

표1에 안전 헬멧 시스템의 구성을 나타내었다. 아두이노를 기반으로 하여 헬멧에 달린 초음파 센서로 사용자를 인식하고, 조도 센서를 이용해 빛의 양을 감지하여 일정 기준 lux(럭스) 값을 충족하면 야간에 식별할 수 있도록 LED를 ON/OFF로 동작시킨다. 자이로센서를 활용하여 기울기가 목표값에 도달하면 헬멧에 방향지시등 LED가 점등하도록 동작시킨다. 이러한 동작들을 스마트폰과 아두이노 및 블루투스 와 연동하여 작동할 수 있도록 설계한다.

표 1. 하드웨어 구성
Table 1. Hardware configuration

Using Part	Function
Arduino Mega	Controller
HC-SR04	Distance measurement
MPU-6050	Check the slope
CDS-Cell	Measure the amount of light
Piezo buzzer	Sound

2.3 아두이노 메가보드

오픈소스 하드웨어는 회로도 등의 디자인을 전부 공개하여 누구나 쉽게 배우고 사용할 수 있으며 이용자가 용도에 맞게 수정 및 보완하여 활용할 수 있다. 사물인터넷 서비스의 발전에 큰 도움이 되는 오픈 소스 하드웨어는 센서를 연동한 시스템의 개발을 쉽고 편리하게 할 수 있도록 등장하고 발전했다. 아두이노는 단일보드 마이크로 컨트롤러로, 오픈소스를 기반으로 한다. 이는 보드 자체뿐만 아니라 개발 도구와 환경도 포함하는 개념이다. 아두이노는 주로 Atmel사의 AVR을 탑재한 보드를 사용한다. 이는 통합개발 환경을 제공하여 마이크로 컨트롤러의 동작을 간편하고 유연하게 제어할 수 있다. 아두이노는 USB를 통해 펌웨어를 간단하게 보드에 업로드할 수 있다. 일반적인 AVR 프로그래밍의 복잡한 단계를 건너뛸 수 있다. 아두이노는 프로그램 작성과 보드에 프로그램 업로드하는 과정이 간단하고 편리하여 임베디드 개발 경험을 요구하지 않고 프로그램을 만들 수 있다. 센서 기반의 사물인터넷을 위해 최적화된 제품인 아두이노는 다양한 IT 기기와 전자장치, 조명장치, 로봇 등을 만들기 위해 작은 크기에 각종 센서나 부품을 연결할 수 있는 것이 특징이다. 또한, 아두이노는 오픈소스

프로그래밍기에 아두이노를 활용하거나 변형하여 새로운 제품을 쉽게 개발할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 이유로 최근 주목을 받고 있는 여러 제품에 많이 사용되어 아두이노의 쓰임새를 확대하고 있다[8].

2.4 초음파 센서

먼저 입력부인 초음파 센서가 측정된 정보 값을 Arduino로 보낸다. 이때 5cm 안쪽으로 정보가 인식될 시 그 값을 수신부인 스마트폰 애플리케이션으로 보내 그 값을 결정하고 값에 따라 블루투스 통신을 이용하여 알람 시스템의 작동 여부를 결정한다. 초음파 센서는 총 4개의 핀으로 구성되어 있다. Vcc, Gnd, Trig, Echo 이며 5V의 동작 전압을 갖는다. HC-SR04의 동작 원리는 Trig 핀으로 초음파 신호를 보낸다. 이 신호가 물체에 부딪혀 반사되어 Echo 핀으로 돌아오면 수신된 초음파 신호의 펄스 폭을 측정, 이는 Trig 핀에서 보낸 초음파가 소요된 시간을 나타낸다.

$$t = \frac{2 \times L}{Vs} \quad \dots (1)$$

이는 식(1)에 보인 바와 같다. t는 신호가 되돌아올 때까지 걸리는 시간, L은 물체와의 거리, Vs는 음속이다. 이를 위한 주 제어장치로는 아두이노 메가보드를 사용하였다.

2.5 자이로센서 제어

본 논문에서는 이용자의 방향지시등 작동을 위해 자이로센서가 선택되었다. 자이로센서 제어는 회전하는 물체의 각속도를 측정하는 센서이며 헬멧의 각도를 측정하는 데 사용된다. 자이로센서는 센서가 회전할 때 XYZ 축에 따른 각속도의 변화를 측정한다[9].

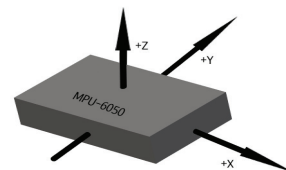


그림 2. MPU 6050 좌표계
Fig. 2 MPU 6050 coordinate system

그림 2는 MPU 6050의 좌표계를 나타내었다[10]. 가속도 센서는 자이로센서의 오차를 보정하기 위해 사용된다. 이는 가속도 센서를 사용하면 Roll, Pitch 각을 바로 구할 수 있기 때문이다[11]. 따라서 시간적 적분을 하지 않아도 된다. 하지만 이런 각도 정보는 가속도 센서가 정지해 있을 때만 유효하다. 만약 움직임이 있으면 방향 가속도의 영향을 받아 각도 추측이 정확하지 않다. 자이로센서는 Roll, Pitch, Yaw 각을 구할 수 있지만, 시간적 적분에서 오차가 누적된다. 따라서 자이로센서는 실제 동작과 비슷한 값이 출력값으로 발생하나, 그에 따른 누적오차가 발생하게 된다. MPU-6050의 최대 측정값은 2000 /sec까지 값을 출력한다.

2.6 조도 센서

낮은 조도로 인해 적절한 시야가 제공되지 않는 심야 운전은 어려운 운전 형태이다. 이러한 시야 감소는 도로 이용자의 안전성을 저하시킨다. 따라서 야간에 도로 이용자의 안정성을 높이기 위해서 헬멧에 LED 설치하는 반드시 필요한 과정이다. 조도 센서는 빛의 강도를 감지하는 물질이다. 빛이 적게 들어오면 저항값이 높아지고, 빛이 많이 들어오면 저항값이 낮아지는 특성이 있다. 조도 센서의 동작 원리는 광전효과이다. 광전효과는 빛이 반도체 물질에 충돌하면 생성되는 현상이다. 조도 센서 내부에 있는 Cadmium Sulfide 물질은 반도체 물질로 이루어져 있으며 빛이 들어오면 전자-정공 쌍이 생성된다. 이렇게 생성된 전자-정공 쌍이 Cds Cell 내부에 전자 및 전자과 현상을 발생시키면서, 전체적인 전기 저항값을 변화시킨다. 빛의 강도가 강해질수록 전자-정공 쌍이 많아지므로 내부의 저항값이 낮아진다. 따라서 밝은 환경에서는 저항값이 작아지고 어두운 환경에서는 저항값이 커지는 원리를 이용하였다.

그림 3은 조도 센서를 응용한 회로이다. 이때 연산증폭기(Op-Amp) 741은 비교기로 사용되었다. 연산증폭기의 비교기는 Op-Amp의 반전입력과 비반전 입력을 비교하여 두 개의 포화 값 중 하나를 출력한다. 위 회로는 이상적인 경우 12V와 0V 2개의 출력을 가진다. 평상시에는 연산증폭기의 비반전 입력이 조도 센서를 포함하는 전압분배 회로에 의한 반전입력보다 작게 되어 연산증폭기의 출력이 0V가 되고 트랜지스

터는 동작하지 않는다. 그러나 조도가 어두워지면 저항이 증가하여 트랜지스터가 작동하여 릴레이 구동이 결정된다.

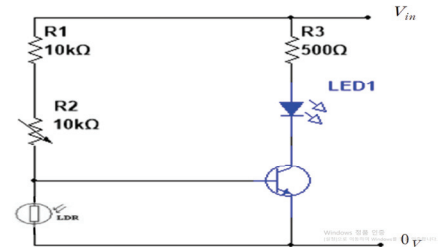


그림 3. 조도 센서 회로도

Fig. 3 Illumination sensor circuit diagram

2.7 피에조 부저

피에조 부저는 물체에 기계적인 압력을 가하면 전압이 발생하고, 역으로 전압을 가하면 기계적인 변형이 발생하는 현상이다. 이 압전효과를 이용하여 피에조 부저에서 모듈 안쪽에 얇은 핀을 사용하여 미세한 떨림을 만들어내 소리를 발생시킨다. 여기에 능동부저를 사용하였다. 능동부저는 외부전원만으로 소리가 발생하는 부저이다. 단순 출력을 내보낼 시 적합하다. 피에조 센서는 측정값이 지정되면 경보가 울리도록 설계되었다.

2.8 RFID 기능

RFID는 태그, 라벨, 카드 등에 마이크로 칩을 넣어 데이터를 저장하고, 무선주파수를 통해 리더기가 데이터를 자동으로 읽는 기술이다. 직접 접촉하지 않아도 되고, 속도도 빨라 물체감지 및 인식에 유용하다. RFID 태그가 키보드에 위치하여 사용자가 태그를 할 시 사용자 인식 정보가 수신부인 보드에 저장된다. 이후 다시 RFID 태그 시 헬멧 착용 여부가 확인된다.

III. 실험 및 고찰

3.1 하드웨어 구성 및 개발환경

본 논문에서 실험 검증을 위해 제작한 안전 헬멧은 그림 4와 같다. 오픈소스 하드웨어 플랫폼인 Arduino Mega를 이용하여 스마트폰의 정보를 수신하고 LED를 제어하였다. HC-06 블루투스 모듈을 이용하여 스마트폰과 Arduino Mega 간의 통신을 수행하였다.

LED는 헬멧에 부착되어 움직임의 상태에 따라 점등 상태 변경이 가능하도록 하였다. 일반적으로 사용하는 자전거 헬멧을 이용하여 헬멧 뒤쪽에 초음파 센서를 부착하여 제작하였다.

3.2 애플리케이션

본 논문에서는 사용자가 애플리케이션을 사용하여 안전 헬멧을 제어할 수 있도록 하였다. 앱 인벤터를 사용하여 만든 애플리케이션은 사용자의 핸드폰으로 간편하게 안전 헬멧의 제어가 가능하다. 아두이노와 애플리케이션 간의 연동은 블루투스 통신을 통해 연결하였다.



그림 4. 안전 헬멧 구성도
Fig. 4 Smart helmet configuration diagram

애플리케이션의 주 기능은 사용자의 헬멧 착용 여부를 확인시켜주고 GPS 기능을 사용하여 실시간 위치를 확인할 수 있는 것이다. 애플리케이션은 블루투스 모듈을 이용해 개발된 보드와 무선으로 연결되고 제어된다. 애플리케이션의 메인화면은 그림 5과 같다.



그림 5. 애플리케이션 메인화면
Fig. 5 Application main screen

BT Connect를 클릭하여 블루투스 연결 여부를 확인한 후 RFID 태그를 접촉하면 아래의 빈칸에 각 상황에 맞는 연결 신호가 도출되도록 구현하였다. 이후 운동을 마치고 헬멧을 벗으면 경고음이 울리는데 이때 RFID 태그를 한 번 더 태그하면 경고음이 중지되고 그에 맞는 신호가 애플리케이션에 표시된다. 또한, 내비게이션 지도를 클릭하면 주변 상황이 지도로 표현되고 내 위치가 지도상에 원으로 표시되어 있다.

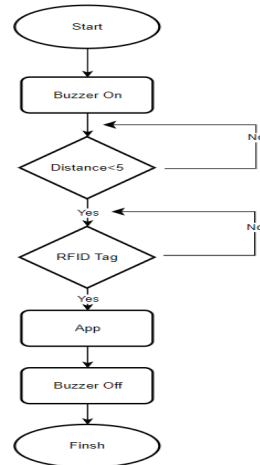


그림 6. 부저 동작 알고리즘
Fig. 6 Buzzer motion algorithm

그림 6은 애플리케이션 동작 알고리즘이다. 초음파 센서가 헬멧 착용을 인식하고, RFID는 태그 인식 여부를 판별한다. 먼저 초음파 센서가 헬멧 착용을 인식하지 못하면 RFID 태그 탐지를 하지 않는다. 초음파 센서가 헬멧 착용 인식을 했으나 RFID가 태그되지 않으면 C라는 신호를 핸드폰으로 전송, 핸드폰이 다시 E라는 신호를 보드를 보내 경고음이 울리게 된다.

3.3 초음파 센서를 이용한 헬멧 착용 인식 실험

본 논문에서 헬멧 착용 여부를 초음파 센서를 통하여 확인할 수 있도록 제작하였다. 그림 7은 사용자의 헬멧 착용 가능 여부를 실험한 결과이다. 실험결과 1cm에서는 20%의 인식률을 보였으며 3~7cm는 100%의 인식률을 보였다. 이후 거리가 멀어질수록 인식률이 소폭 하락하는 결과가 도출되었다.

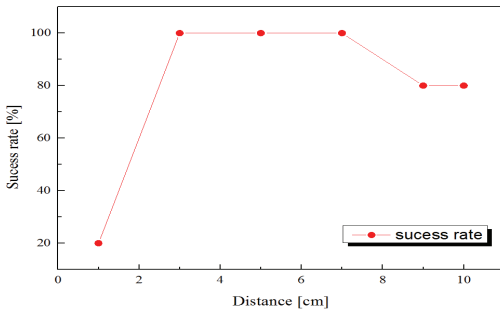


그림 7. 거리별 인식 가능 여부
Fig. 7 Recognition by distance

3.3.1 초음파 센서 각도 실험

초음파 센서는 외부 잡음이나 주변 센서에 영향을 받을 수 있고 탐지 물체와의 기울기 차이에 따라 오차가 발생하는 문제점이 생길 수 있다. 따라서 본 실험에서는 초음파 센서의 각도를 다르게 하여 측정하는 실험과 초음파 센서와 다른 종류의 센서를 동시에 사용했을 때의 정확도 실험을 진행하였다. 센서의 개수에 따른 초음파 센서 정확도의 결과값은 표 2와 같으며 평균값은 최소 99%에서 최대 100%의 정확도를 보여 2개의 센서 사용 시에는 오차율이 문제가 없는 것으로 확인되는 결과가 도출되었다.

표 2. 다수의 센서 사용 시 거리별 인식률
Table 2. Recognition rate by distance when using multiple sensors

Number of Sensor	Distance	Measure value	Accuracy
1	1	1	100
1	3	3	100
1	5	5	100
1	7	6.99	99
1	9	9.02	98
1	10	10.1	99
2	1	1	100
2	3	2.89	97
2	5	5.02	98
2	7	6.94	98
2	9	9.06	98
2	10	9.88	97

단위 : Distance=Cm, Accuracy=%

물체와 센서의 기울기에 따른 정확도 값은 표 3과 같으며 기울기가 커짐에 따라 정확도가 낮아지는 결과가 도출되었다.

표 3. 센서와 물체의 각도 차이에 따른 인식률
Table 3. Recognition rate according to the angle difference between the sensor and the object

Slope difference [°]	Distance [cm]	Measurement value	Accuracy [%]
10	1	0.99	99.9
20	3	3.1	99
30	5	5.5	95
40	7	7.6	94
50	9	9.7	93

3.4 자이로센서 실험

헬멧 착용 시 헬멧의 각도에 따라 LED가 점등되는 자이로센서 각도별 인식률을 실험하였다. 첫 번째로 헬멧을 착용하고 주행 상태에서 5도부터 25도까지 차례로 실험을 진행하였다. 각각의 각도 선정 기준은 헬멧 착용 후 코너를 돌 때 방향지시등이 쉽게 켜지는 각도로 설정하였다. 실험결과 5-10에서 100%의 인식률을 확인할 수 있었으며 15-25도는 순차적으로 인식률이 낮아지는 결과가 도출되었다. 따라서 5도보다 더 적은 각도도 인식률이 높지만 노이즈를 고려했을 때 10도에서 기능에 가장 적합한 결과가 도출됨을 확인하였다. 실험결과는 그림 8에 나타내었다.

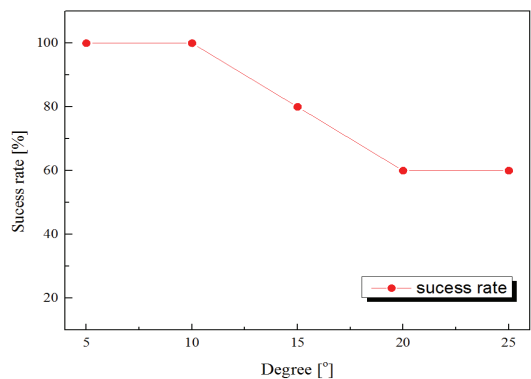


그림 8. 자이로센서 각도별 인식률
Fig. 8 Gyro sensor recognition rate by angle

3.5. 거리별 LED 인식률 실험

LED 시인성 분석을 위하여 거리별로 시인성 분석을 하였다. 차량과 신호등의 거리가 20~100m 범위일 때, 신호등 종류의 평균적인 판단율은 90.24%, 신호등의 평균적인 인식률은 94.50%다. 차량과 신호등의 거리가 50m 이하일 때, 신호등 판단율은 98.32%, 인식률은 96.07%, 적색등의 경고 신호 발생률은 98.89%였다. 하지만 거리가 50m 이상이면, 신호등 판단율은 82.16%, 인식률은 92.93%로 떨어졌다. 따라서 차량과 신호등의 거리가 50m를 넘으면 신호등 인식률과 판단율이 크게 감소하였다[12].

또한, 조도계로 헬멧의 밝기를 측정결과 84 lux로 이는 KSA 3011 조도 기준의 최저조도 기준시 거친 작업이 가능한 60 lux를 충족한다[13].

측정결과 KSA 3011 기준 각 거리에서 시인성 판별이 가능하다는 결과를 도출하였다.

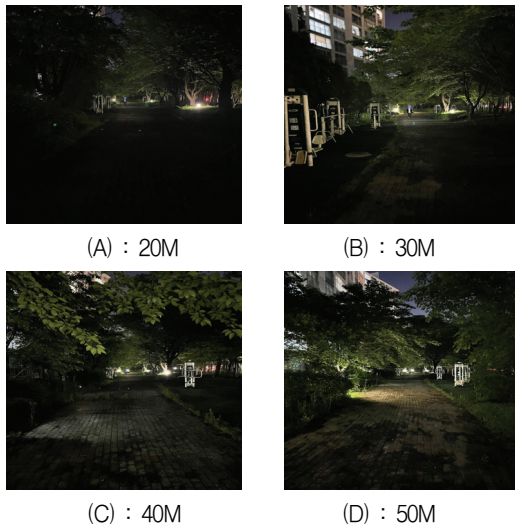


그림 9. 각 거리별 측정 사진

Fig. 9 Measurement photos for each distance

IV. 결론

본 연구는 아두이노와 다중센서를 탑재한 Personal Mobility 안전 헬멧의 개발 및 설계 과정을 제시하였다. 이를 통해 Personal Mobility 이용 시 헬멧이 주변 상황을 지속해서 파악하고, 상황 발생 시 알림을 통해 예방함으로써 이용자들의 안전한 기기 이용에

도움을 줄 수 있을 것이다. 아두이노와 다중센서를 활용한 헬멧에서는 이용자의 헬멧 착용 확인, 조도량에 따른 LED, 각도에 따른 방향지시등 점등 등의 기능을 통해 운전자 또는 위험이 되는 상황에서 미리 인지 및 방어가 가능해지고 사고 발생률을 낮출 수 있는 환경을 제공할 수 있다. 아울러 이러한 안전 헬멧은 PM 이용뿐만 아니라 공사 현장, 소방관, 연구실 등의 분야에서 종사하는 사람들에게도 유용할 것으로 판단된다.

References

- [1] D. Kim and J. Jeong, "Deep Learning-based Electric Kickboard Helmet Detection under Night Driving Conditions" *The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 71, no. 10, 2021, pp. 1411-1419.
- [2] J. Yoo, H. Kang, and W. Han, "Verification of automatic directional marking system for cyclist safety using Proteus VSM," *Academic Conference of the Korean Society of Electronics*, vol. 10, no. 5, 2015, pp. 1604-1610.
- [3] R. Silva, K. Aires, T. Santos, K. Abdala, R. Veras, and A. Soares, "Automatic detection of motorcyclists without helmet," in *Computing Conf.*, Pittsburgh, Latin American, Oct 2013, pp. 1-7.
- [4] K. Li, X. Zhao, J. Bian, and M. Tan, "Automatic Safety Helmet Wearing Detection," *2017 IEEE 7th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, Honolulu, HI, USA, 2017, pp. 617-622.
- [5] J. Kim and S. Kim, "A study of the development for a turn-signal helmet cover design utilizing Arduino," *The Journal Of Korean Institute Of Next Generation Computing*, vol. 12, no. 6, 2016, pp. 71-81.
- [6] J. Kim, B. Lee, M. Yang, Y. Yoo, and D. Jeong "Development of emergency exit guidance lights using the characteristics of each sensor in the event of a fire," *Journal of the Korean Electronics and Telecommunications Society*, vol. 16, no. 6, 2021, pp. 1019-1028.
- [7] S. Lee, H. Kim, Y. Choi, J. Lee, and D. Ko. "Risk Situation Detection Safety Helmet using

Multiple Sensors," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, 2022, pp. 1267-1274.

- [8] Y. Oh and S. Lee, "IoT and the Open Source Development Platform," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 32, no. 6, 2014, pp. 25-30.
- [9] B. Moon and J. Ryu, "Implementation of Fall Direction Detector using a Single Gyroscope," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, vol. 21, no. 2, 2016, pp. 31-37.
- [10] C. Kang, Y. Yoo, and C. Park, "Improving Posture Estimation Performance Using Modified Euler Angle-Based Kalman Filter," *Control Robotics Society*, vol. 14, no. 9, 2008, pp. 881-885.
- [11] J. Kang, "Pose Control of Mobile Inverted Pendulum using Gyro-Accelerometer," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 15, no. 10, 2010, pp. 129-136.
- [12] H. Kim, H. Park, and H. Jung, "Vision based Traffic Light Detection and Recognition Methods for Daytime LED Traffic Light," *IEMEK Journal of Embedded Systems and Applications*, vol. 9, no. 3, 2014 pp. 145-150.
- [13] KSA11 Std. *A Study on the Revision of the Korean Industrial Standard for Illumination*, 1993.

저자 소개



김대현(Dae-Hyun Kim)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
 ※ 주 관심분야 : 반도체 공정설계, 디스플레이



양원영(Won-Young Yang)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
 ※ 주 관심분야 : 센서응용, 디스플레이



한동욱(Dong-Wook Han)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
 ※ 주 관심분야 : 전력전자



함주민(Ju-Min Ham)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
 ※ 주 관심분야 : 디스플레이, 반도체



이봉주(Boong-Joo Lee)

1996년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1998년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
 2003년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
 전) LG전자 디지털디스플레이 연구소 선임연구원
 전) 남서울대학교 전자공학과 학과장
 전) University of Utah(USA), 방문교수
 현) 남서울대학교 전자공학과 교수(07.9~현재)
 현) 남서울대학교 연구지원 센터장
 ※ 관심분야: 유기/무기 전자소자, 차세대 디스플레이