

안전모 장착용 가스 누출 경보 IoT 시스템 설계 및 구현

주용민* · 이효승** · 오재철**

Design and Implementation of Gas Leakage Alarm IoT System for Safety Helmet

Yong-Min Ju* · Hyo-Seung Lee** · Jae-Chul Oh**

요약

현재 화학, 제조, 조선, 철강 등 대부분의 공업 지역에서는 가스와 관련된 작업을 진행하게 되는데 이러한 작업을 수행하는 담당자의 경우 가스 누출 등의 사고를 인지하지 못하고 질식하는 등의 위험을 안고 작업을 진행하게 된다. 그 예로 2015년 파주에서 질소 가스가 누출돼 2명이 사망하고 4명이 부상을 당하였고 2018년에는 포항에서 4명의 근로자가 질소가스에 질식하여 사망하는 사고가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 현장 작업자가 필수로 착용하여야 하는 안전모에 가스 센서와 통신모듈 등으로 구성된 IoT 장치를 장착하여 작업자가 가스의 누출을 즉각적으로 인지함과 동시에 안전담당자에게 상황을 전달할 수 있는 시스템을 구현하여 이를 통해 산업 현장에서 가스 누출에 대한 인명사고를 줄일 수 있기를 기대한다.

ABSTRACT

Currently, most of the industrial areas like chemistry, manufacturing, shipbuilding, and steel, perform the work related to gas, and the staffs who are in charge of this work have a risk of suffocation without cognizing incidents like gas leak. For example, when the nitrogen gas leaked in 2015 at Paju, two people were killed and four people were injured. In 2018 at Pohang, four workers were suffocated to death from nitrogen gas. In order to solve this problem, this study realized the system in which workers could immediately cognize the gas leak and also deliver the situation to the staff in charge of safety at the same time, by installing the IoT device composed of gas sensor and communication module on the safety helmet that should be worn by field workers. This study is expected to be able to reduce the casualties caused by gas leak in industrial sites.

키워드

Alarm, Arduino, Bluetooth, GAS Leakage, Suffocation
알람, 아두이노, 블루투스, 가스 누출, 질식

1. 서론

지금까지도 산업현장에서는 유해가스로 인한 질식

사고가 빈번히 발생하고 있다. 가스 누출원은 탱크의 파열로 인한 누출 또는 가스가 배관을 통하여 옮겨지는 과정에서 초과압력이 발생하거나 배관이 노후화한

* 순천대학교 컴퓨터공학과(jym3370@scnu.ac.kr)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2018. 10. 13

• 수정완료일 : 2018. 11. 13

• 게재확정일 : 2018. 12. 15

• Received : Oct. 13, 2018, Revised : Nov. 13, 2018, Accepted : Dec. 15, 2018

• Corresponding Author : Hyo-Seung Lee, Jae-Chul Oh

Dept. Computer Engineering, Suncheon National University,

Email : hodol0@scnu.ac.kr, ojc@scnu.ac.kr

경우, 해당 배관에서의 누출 또는 파열에 의한 누출이 발생 하게 된다고 한다[1]. 특히 혈색소와 결합하여 산소운반 능력을 방해하여 질식작용을 일으키는 일산화탄소와 공기 중의 산소량을 저하시키는 이산화탄소 등이 대표적인 질식 또는 사망의 원인이라고 한다[2]. 이러한 문제들을 해결하기 위해 각 산업 현장에서는 안전교육을 실시하고 있지만 해년마다 일어나는 가스 질식 사고의 건수로 예측하건데 그 효율성은 미비하다 할 수 있을 것이다. 이러한 이유로 최근 Private LoRa를 기반으로 하는 가스 안전 원격 모니터링 시스템과 같이 IoT 기술을 이용한 가스 감지 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3]. 하지만 이는 밀폐 공간에서의 고정된 장비를 이용하여 감시하는 기능으로 작업자의 현재 위치에서 위험을 측정하기에는 한계가 있을 것으로 생각된다. 본 논문에서는 작업자가 필수로 착용하여야 하는 안전모에 장착하여 사용할 수 있는 가스 감지 및 통신용 IoT 장치와 안드로이드 기반의 어플리케이션을 설계 개발하여 현장에서 사용이 가능한 가스 누출 경보 IoT 시스템을 구현하여 산업현장에서 발생할 수 있는 가스로 인한 사고 등에 신속히 대처하여 사고로 인한 인명피해를 줄일 수 있기를 기대한다.

이에 본 논문에서는 II장에서 가스 누출과 관련된 연구 및 각종 가스센서에 대한 내용을 소개하고 III장에서 가스 누출 감지 IoT 디바이스에 관한 설계 및 앱에 대한 설계 IV장에서는 III장의 설계 내용을 바탕으로 시스템을 개발하고 V장에서는 이에 따른 결과를 통해 결론을 맺고자 한다.

II. 관련연구

2.1 가스 누출 및 감지

지금까지 가스를 검출하여 사고를 예방하고자 하는 연구들은 꾸준히 지속되어 왔으며 그 예로 5000 ppm 이하의 메탄가스 농도에서 50 ppm 이하의 최소 검출 한계를 가지는 저 농도 감지를 위한 NDIR 방식의 초소형 고정도 메탄센서 모듈[4]의 개발과 같이 저 농도의 가스만으로도 가스 누출을 검출할 수 있는 센서에 대한 연구와 라즈베리파이와 스모크 센서를 이용하여 해당 위치의 가스누출 및 화재 여부를 판단[5]하거나

6가지의 화학가스(H₂S, C₃H₈, CH₄, CO, NH₃, C₂H₆)를 검출 할 수 있는 센서 및 제어부를 이용한 반도체식 센서 어레이와 SVM 기술을 이용한 배관가스 누출 감지기[6]에 대한 연구 등을 통해 가스누출 사고를 인지하고 이후 해당 이벤트를 어떠한 방식으로 전달하여 사고예방 또는 신속한 대처를 할 것인가에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 하지만 이러한 연구들은 대부분 고정된 위치 즉, 사고가 발생할 수 있을 것으로 예측되는 위치에 해당 장비를 고정시키고 모니터링 하는 방식으로 실제 작업자 위치한 곳에 대한 가스안전에 대한 보장은 어렵다고 판단된다. 이러한 이유로 본 연구에서는 가스 검출 및 통신이 가능한 휴대용 IoT 장치를 안전모에 장착하여 가스누출 사고에서 부터 작업자의 안전을 도모 하고자 한다.

2.2 가스센서와 사물인터넷

가스센서는 그 역할에 따라 매우 다양한 종류가 존재하게 되는데 그중 대표적인 가스 센서는 MQ-2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-7 등이 있다. 이중 MQ-2 센서는 LPG, I-부탄, 프로판, 메탄, 알코올, 수소, 연기 등 다양한 감지가 가능하며 가정 및 산업계의 가스 누설 감지 장치에 사용하는 등 가스 누출 감지에 적합하여 본 연구에서는 가스 감지 IoT 디바이스에 MQ-2 센서를 적용하고자 한다.

MQ-2 센서를 이용해 감지된 가스 누출에 대한 정보를 해당 작업자 및 안전 관리자에게 실시간 전달하기 위해 아두이노와 블루투스를 이용하여 사물인터넷 기반의 장치를 설계하고자 한다. 사물인터넷이란 다양한 센서를 각종 사물에 부착하고 통신을 통해 인간과 사물 또는 사물과 사물 간에 상황인식 또는 상호 소통을 위한 지능적인 서비스라 할 수 있다[7]. 아두이노는 오픈소스를 기반으로 하는 단일 보다 마이크로 컨트롤러로써 센서 값을 받아 환경과 상호작용이 가능한 물건을 제작하기에 용이[8]하므로 센서로부터 받아온 데이터를 처리 가공하고 판단하는 역할을 수행할 수 있다. 블루투스를 이용한 통신 방식은 산업, 과학, 의료용으로 할당된 주파수 대역을 사용하므로 별도의 전파 사용에 관한 허가를 받을 필요가 없어 개인 무선기기에 많이 사용[9]되는 장점을 가지고 있어 본 연구에서는 가스 검출을 위한 IoT 장치와 작업자의 스마트폰과 상호 연결해 주는 통신 방식으로 사용하고자 한다.

III. 디바이스 및 시스템 설계

본 연구는 안전모에 IoT 장치를 장착하여 가스 누출에 대해 작업자에게 신속히 알려 현장의 인명을 보호하고 안전관리자로 하여금 현재의 상황을 직시할 수 있도록 하기 위한 시스템이다.

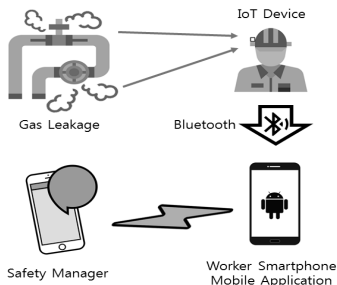


그림 1. 안전모 가스 누출 경보 IoT 시스템 구성도
Fig. 1 Gas leak alarm IoT system configuration diagram for safety helmet

이를 구현하기 위해 본 연구에서는 가스 누출을 감지하고 작업자에게 알리기 위한 IoT 디바이스와 디바이스에서 감지한 가스 누출 상황을 안전 관리자에게 전달하기 위한 모바일 애플리케이션으로 구분하여 설계하였다.

3.1 가스 누출 감지 IoT 디바이스 설계

가스 누출 감지용 IoT 디바이스는 가스 감지를 위한 센서부, 센서로부터 제공된 데이터를 판별하고 해당 이벤트를 처리하기 위한 데이터 처리부, 스마트폰과의 연결을 위한 통신부로 구성되어 있으며 작업자에게 가스 누출 상황을 시각적으로 전달하기 위한 LED와 전원부인 배터리로 구성되어 있다.

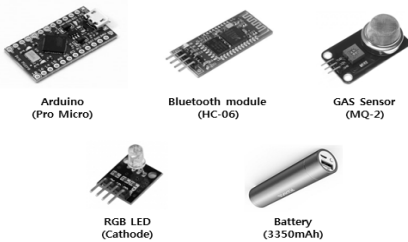


그림 2. 가스 누출 경보 IoT 장치 구성
Fig. 2 Gas leak alarm IoT device configuration

가스 누출 감지용 IoT 디바이스는 가스 감지 즉시 해당 작업자에게 LED를 통해 이 사실을 전달하고 가스 누출이 현장에서 5초 이상 지속될 경우 작업자의 스마트폰에 현 상황을 전달하도록 설계하였다.

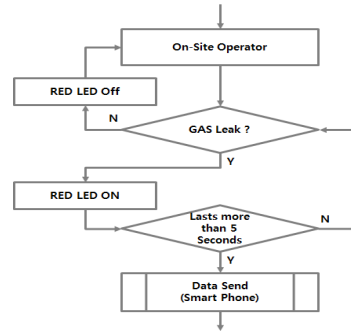


그림 3. 가스 누출 경보 IoT 장치 알고리즘
Fig. 3 Gas leak alarm IoT device algorithm

3.2 가스 누출 상황 감지 모바일 앱 설계

가스 누출 감지용 IoT 디바이스가 5초 이상 지속적으로 가스를 감지하게 될 경우 현장 작업자가 LED 경보를 확인하지 못하였거나 무시하였다고 판단하고 스마트폰에 가스 누출 데이터를 전달하게 된다.

데이터를 전달받은 애플리케이션은 현장 작업자에게 소리와 진동을 통해 가스 누출을 알리고 안전 관리자에게 해당 작업자의 위치 및 시간 등을 전달하여 작업자와 안전관리자가 실시간으로 현재 상황을 파악할 수 있도록 설계 하였다.

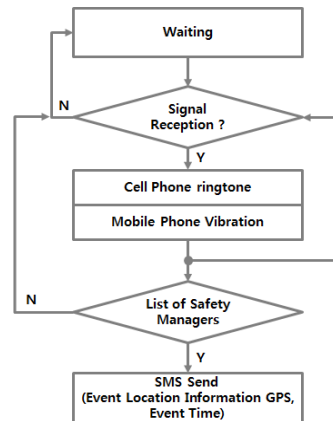


그림 4. 가스 누출 경보 모바일 앱 알고리즘
Fig. 4 Gas leak alarm mobile app algorithm

IV. 디바이스 및 시스템 개발

회로를 구성하고 아두이노 스케치를 이용하여 가스 센서의 정상 동작 및 블루투스 모듈의 정상 동작 여부를 시리얼 모니터를 이용하여 확인하여야 한다. 이때 아두이노와 컴퓨터 및 아두이노와 블루투스의 통신 속도는 9600bps를 적용하였다.

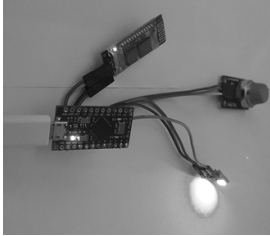


그림 5. 가스 누출 경보 IoT 장치 회로 구성
Fig. 5 Gas leak alarm IoT device circuit configuration

본 연구에서 사용한 블루투스 모듈인 HC-06은 사용 전 시리얼 통신을 이용하여 모듈의 초기 값을 설정하여야 하는데 먼저 AT+NAME 명령을 이용하여 블루투스의 모듈 이름을 설정하고 AT+PIN명령을 통해 상호 연결을 위한 비밀번호를 설정해 주어야 한다. 또한 본 연구에서 사용되는 블루투스 모듈은 슬레이브로 동작하여야 하므로 AT+ROLE=S 명령을 이용하여 슬레이브 모드로 세팅하여야 한다. 이렇게 초기 세팅이 완료되면 가스센서로부터 들어온 값을 블루투스를 이용해 전달하게 된다.

이렇게 구성된 장치를 안전모에 장착하기 위해 케이스를 설계하고 3D 프린터를 이용하여 케이스를 제작하였다.

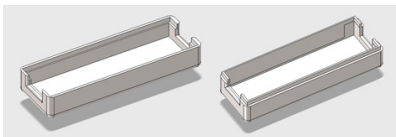


그림 6. 가스 누출 경보 IoT 장치 케이스 설계
Fig. 6 Gas leak alarm IoT device case design

제작된 케이스에 가스 누출 경보 IoT 모듈을 조립하여 그림 7과 같이 안전모에 장착할 수 있는 가스 누출 경보 IoT 장치를 완성하였다.

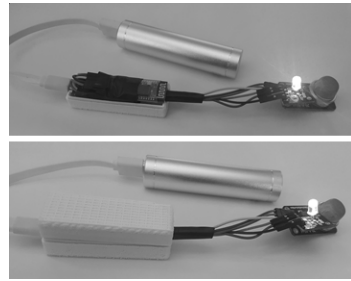


그림 7. 가스 누출 경보 IoT 장치 조립
Fig. 7 Gas leak alarm IoT device assembly

설계의 내용과 같이 가스 누출 경보 IoT 장치는 가스의 누출을 확인한 즉시 작업자에게 알리기 위해 LED를 점등하고 가스의 농도가 높거나 5초의 시간이 지난 이후에도 지속적으로 가스가 감지될 경우 작업자의 모바일에 이를 전달하게 된다.

현장 작업자의 모바일 앱 화면으로 평상시 좌측과 같은 화면에서 가스가 지속적으로 감지되거나 가스의 농도가 높은 경우 오른쪽과 같이 화면이 변경되고 상황을 인지시키기 위해 알람과 진동이 동반된다.



그림 8. 현장 작업자 모바일 앱 실행화면
Fig. 8 Mobile app execution screen of on-site operator

또한 안전 관리자는 현재 가스 누출 상황을 실시간으로 확인하고 조치할 수 있도록 그림 9와 같이 가스가 누출된 위치, 작업자의 ID 및 가스 누출 시간 등과 같은 데이터를 수신 할 수 있다.

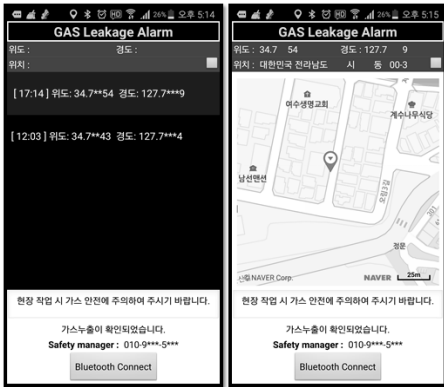


그림 9. 안전관리자 모바일 앱 실행화면
Fig. 9 Mobile app execution screen of safety manager

이를 통해 안전 관리자는 현재 가스 누출 상황을 실시간으로 확인하고 통상적으로 알려져 있는 연기질 식사의 골든타임인 5분 이내에 인명을 구조 할 수 있는 방안을 제시하고 진행할 수 있을 것으로 예상된다.



그림 10. 가스 누출 경보 IoT 장치 안전모 장착
Fig. 10 Gas leak alarm IoT device helmet mounted

시스템의 최종 테스트를 위해 그림 10과 같이 실제로 장비를 안전모에 장착하고 가스 누출과 관련된 테스트를 진행하여 IoT 장치와 현장작업자의 모바일 앱, 그리고 안전관리자의 모바일 앱이 정상적으로 상호 작용하는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

가스 누출 사고는 교통사고 등과 비교한다면 사고 발생 확률이 확실히 적다. 하지만 가스 누출 사고는

초동조치가 제대로 이루어지지 못했을 경우 반드시 인명피해로 이어지고 재난으로 발전될 가능성이 농후하다 할 수 있다.

본 연구는 과거 저자가 화학공단에 근무한 경험을 통해 당시 가스에 질식 또는 유독 가스에 중독되는 현장담당자들의 위험성을 인지하고 해당 위치에 고정하여 가스를 검출하는 비효율적인 고정형태가 아닌 작업자의 안전모에 장착하는 형태로 휴대하여 현재 위치의 위험을 실시간으로 검출할 수 있는 가스 누출 경보 IoT 장비 및 모바일 어플리케이션을 설계 개발하게 되었다. 먼저 가스 누출 사고 등이 발생하지 않도록 미리 점검하는 것이 중요하지만 혹시 그렇지 못한 불가항력적인 사항이 발생 한다면 본 연구를 통해 현장 작업자의 안전과 더 큰 재난사고로부터 안전을 도모할 수 있기를 기대한다.

References

- [1] W. Oh, U. Lee, and J. Oh, "A Development of gas discharge rate and dispersion monitoring system," In *Proc. of the Korean Institute of Gas Spring Conf.*, Busan, Korea, May 2018, pp. 171-171.
- [2] D. Cheon, D. Jung, D. Kwak, J. Kim, Y. Park, and S. Lee, "A Study on the USN Sensor Node for Injurious Gas Sensing," *Fire Science and Engineering*, vol. 2009, no. 11, 2009, pp. 221-226.
- [3] D. Yoo, T. Yoon, W. Jung, and H. Choi, "Private LoRa based Real-time Remote Gas Safety Monitoring System," In *Proc. of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences Conf.*, Jeju, Korea, June 2018, pp. 722-723.
- [4] D. Kim, I. Lee, I. Bang, D. Chun, and I. Kim, "Development of the Smallest, High-accuracy NDIR Methane Sensor Module to Detect Low Concentration," *J. of Sensor Science and Technology*, vol. 27, no. 3, 2018, pp. 199-203
- [5] D. Kim, S. Kim, and J. Ryu, "Development of Fire and Gas Leak Detectors using Raspberry Pi and Smoke Sensors," In *Proc. of the Korean Institute of Information Technology Summer*

- Conf., Gwangju, Korea, June 2018, pp. 240-242.
- [6] S. Kang, J. Kim, I. Jung, K. Im, and J. Kim, "Plumbing Gas Leak Detector Using Semiconductor Sensor Array and SVM Technology," In *Proc. of the Korean Institute of Gas Spring Conf.*, Busan, Korea, June 2018, pp. 168-168.
- [7] H. Lee, "Design and Implementation of Cattle Behavior Detection System based on Internet of Things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 1159-1166.
- [8] H. Lee and J. Oh, "Design and Implementation of a Small Server Room Environment Monitoring System by Using the Arduino," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 385-390.
- [9] B. Min, K. Park, J. Park, H. Kim, and Y. Ko, "Automatic Brake System For Stroller Using Gyro Sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 599-606.



이호승(Hyo-Seung Lee)

2005년 동국대학교 정보통신공학과(공학사)
 2008년 순천대학교 정보통신공학과(공학석사)
 2018년 순천대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

2013년~현재 청암대학교 컴퓨터정보보안과 강사
 2016년~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 강사
 ※ 관심분야 : 의료정보시스템, u-헬스케어, IoT



오재철(Jae-Chul Oh)

1978년 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1982년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

1988년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 1984년~1986년 기전대학교 전자계산학과 전임강사
 1986년~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
 ※ 관심분야 : 임베디드시스템, USN, 네트워크 설계 및 분석

저자 소개



주용민(Yong-Min Ju)

2016년 순천대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 2018년 순천대학교 컴퓨터공학과 석사수료

2016년~2017 GS ITM 플랜트 운영팀 근무
 2016년~현재 순천대학교 교직원 조교
 ※ 관심분야 : 안전관리시스템, 웹프로그래밍, 센서 네트워크 설계 및 분석