

무선 감응식 주택 단독 화재 경보 시스템 개발

박현호* · 조성진* · 박병화* · 허정훈* · 고윤석**

Development of a Single Fire Alarm System of House Based on Wireless Communication

Hyeon-Ho Park* · Seong-Jin Cho* · Byeong-Hwa Park* · Jeong-Hun Heo* · Yun-Seok Ko**

요약

본 논문에서는 주택 내의 단독 화재경보기들이 무선통신을 통해 상호 화재 정보를 공유함으로써 심야 시간대의 화재 인지력 저하 문제, 방 간 격벽으로 인한 경보 신호 감쇄 문제를 해소할 수 있는 무선 감응식 주택 단독 화재경보기를 개발하였다. 무선 감응식 화재경보기는 온도 센서와 가스 센서를 기반으로 온도와 CO₂ 농도를 감시, 주택의 화재를 감지하고 무선 송수신 모듈 등을 이용하여 다른 방의 단독 무선 경보기들에게 화재 경보를 전송함으로써 신속하고 정확한 화재인지가 가능하도록 설계되었다. 아두이노를 주제어장치로 하는 3개의 무선 감응식 단독화재 경보기의 시제품들이 제작되었으며, 온도 및 가스 시험에서 정확하게 동작함으로써 그 유용성을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a single house fire alarm device, which can solve the problem of fire perception at midnight time and the attenuation of alarm signal due to the wall between rooms based on the wireless communication, was developed. The radio controlled fire alarm device was designed to allow fire to be recognized quickly and accurately by monitoring the temperature and CO₂ concentration based on the temperature sensor and gas sensor, by detecting the fire in the house and by transmitting the fire alarm to the individual wireless alarms of other rooms using the wireless transmission/reception module. Using the Arduino as a main control device, three independent fire alarm device prototypes were made, and their usefulness was verified by the correct operations in temperature and gas tests.

키워드

Single House Fire Alarm Device, House Fire, Wireless Communication, Temperature Sensor, Gas Sensor
단독 주택 화재 경보 장치, 주택 화재, 무선 통신, 온도 센서, 가스 센서

* 남서울대학교 전자공학과(qkgusgh56@naver.com, hujung623@naver.com, jbg489@naver.com, qkrqud345@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2018. 06. 25
• 수정완료일 : 2018. 08. 20
• 게재확정일 : 2018. 10. 15

• Received : Jun. 25, 2018, Revised : Aug. 20, 2018, Accepted : Oct. 15, 2018 •
• Corresponding Author : Yun-Seok Ko
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : ysko@nsu.ac.kr

I. 서 론

국민 안전처의 2017년 e-나라지표, 화재발생현황에 따르면 국내 화재 발생 건수는 44,178건, 인명피해 2,024명 그리고 재산피해 42,060,300만원으로 확인되고 있다¹⁾. 전체 화재발생 건수 중 건축물 화재가 27,714건으로 다소 많은 비중을 차지하고 있다. 화재의 유형으로는 건축·구조물 화재, 자동차·철도차량 화재, 위험물·가스제조소 등에서의 화재, 선박·항공기 화재, 임야 화재, 기타 화재로 분류된다. 그중 가장 인명피해가 높은 것은 건축·구조물 화재다. 일반적으로 주거 화재발생요인은 주로 전기적, 화학적 요인 그리고 부주의가 있다. 그 중 전기적 요인과 부주의로 인한 화재가 높은 비중을 차지하고 있다. 특히, 심야시간대에 화재가 발생하는 경우, 주택 거주자가 화재를 인식하는데 상당한 시간 지연이 발생되기 때문에 재산상의 손실은 물론, 심각한 인명피해를 가져온다 [1-10]. 소방청은 이러한 문제의 심각성을 인식하고 심야 시간대의 화재 인지력 저하 문제, 방간 격벽으로 인한 경보 신호 감쇄 문제를 해결하기 위한 방안으로서 유선통신방식으로부터 한정되었던 자동 화재 탐지 설비 신호전달체계를 사물 인터넷 기반의 무선통신방식도 사용할 수 있도록 ‘감지기, 수신기, 중계기 및 발신기의 기술기준’을 개정하였다[11]. 그리고 개정된 기술 기준에 따라 주택 내에서 단독 화재 경보기들간 무선 연동을 통해 화재정보를 공유함으로써 화재로 인한 인명피해를 최소화할 수 있는 무선 감응식 단독 화재 경보기의 개발이 시급히 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 화재 발생 시 인명피해를 최소화하기 위한 무선 감응식 주택 단독 화재경보기를 개발하는 것을 목표로 한다. 무선 감응식 단독 화재경보기는 온도 및 유해가스 농도를 기반으로 화재 및 가스 누출 유무를 판단할 수 있도록 온도 센서 모듈, 가스 센서 모듈을 입력 센서 모듈로 활용하며, 이상을 감지한 화재 및 가스 누출 단독경보기가 다른 방들의 경보기에게 무선통신으로 화재의 위험을 알림으로써 신속한 대처를 통해 인명피해나 재산상의 손실을 최소화할 수 있도록 개발한다.

II. 무선연동 단독화재 경보기 개발

2.1 무선연동 시스템 구성도

그림 1은 본 논문의 무선연동 화재경보 시스템 구성도이다. 부엌에서는 가스 센서와 온도 센서를 배치하고 각 방에는 온도 센서로 구성되고 해당 센서들의 제어부는 아두이노 우노를 사용한다. 해당 센서들의 값들이 설정한 임계값을 넘게 되면 LED와 부저로 위험을 알리고 무선 통신 모듈인 CC1101모듈로 아두이노 제어부간 위험을 송수신하여 주택 내부에 있는 사람에게 위험을 알려주게 된다.

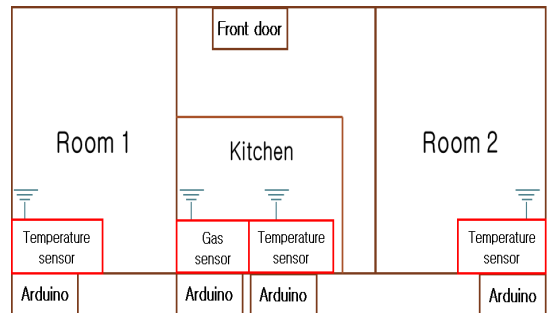


그림 1. 무선연동 화재 경보 시스템 구성도

Fig. 1 Configuration of wireless communication based fire alarm system

2.2 화재경보기 하드웨어 설계

본 논문에서는 오픈 소스를 지향하고 다양한 함수를 제공하는 장점을 가지는 아두이노를 무선 감응형 단독 화재경보기의 주제어장치로 채택하였다. 그리고 주택 화재 감지 방법으로서 가장 보편적 방법인 정온식 방식이 채택되었다. 이를 실현하기 위한 방안으로서 온도센서가 활용되는데, 채택된 온도센서는 $-40 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 까지 넓은 측정 범위를 가지며 정밀도는 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 소수점까지 포함한다. 온도 센서는 각 방과 부엌에 설치하고 해당 구역의 온도가 급격하게 올라 일정 온도 이상이 되어 화재가 감지되면 모든 경보기들에게 신호를 보내 화재위험을 알릴 수 있도록 설계한다. 또한 본 논문에서는 가스누출을 감지, 집 안에 있는 사람들에게 위험을 신속히 알려 가스누출로 인한 화재를 방지하기 위해 방안으로서 가스센서를 사용한다. 전원은 5V를 사용하며 가연성 가스가 센서부에

1) 국민 안전처, e-나라지표.

달라붙을 시 저항 값이 낮아지는 원리를 이용하여 가스를 감지한다. LPG, 부탄가스, 프로판가스, 메탄가스, 알코올, 수소가스, 연기 등을 감지하는데 가스가 축적이 되면 아날로그 신호를 아두이노로 전송한다. 가스 누출 위험이 있는 부위에 설치하여 가스수치가 설정한 임계값을 넘으면 모든 단독 경보기들에게 가스누출 신호를 보내 알람이 울리도록 설계한다.

화재감지정보의 송수신을 위한 무선 송수신 모듈로서 CC1101 모델이 채택되었다. 이 모듈은 3.3V로 동작하는 초저전력 통신모듈로서 최대 1km 거리까지 통신이 가능해 원거리 통신에 적합하고 최대 통신 속도는 10Mbps가량 되는 제품이다. 주택 화재 및 가스 누출 경보 시스템 간에 무선 연동을 위하여 이 모듈을 사용한다.

2.3 화재경보기 동작 알고리즘 설계

그림 2는 본 논문에서 제안하는 부엌의 화재 및 가스 누출 감지 경보 시스템의 알고리즘이다. 가스 누출이 감지됨과 동시에 임계값 이상의 온도가 감지되면 화재경보가 울리게 되고 가스만 단독으로 감지될 경우 가스 누출 경보가 울리게 된다.

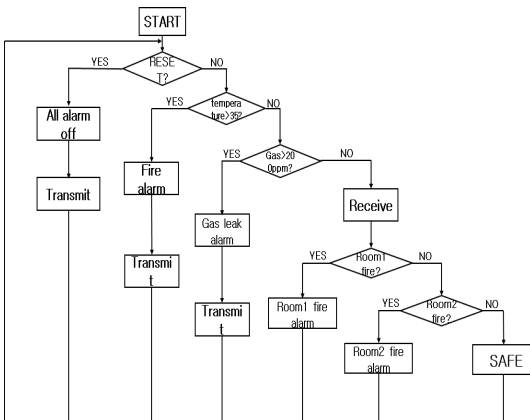


그림 2. 부엌 가스누출 및 화재 경보 알고리즘
Fig. 2 Algorithm for kitchen gas leak and fire alarm

이 모든 위험 발생 시 발생 위치와 종류를 다른 경보 시스템의 제어부로 송신한다. 또 리셋 기능을 통해 위험 상황이 종료되었을 시 부엌의 아두이노를 리셋 시키면 안전신호를 다른 모든 제어부로 송신해서 다

른 화재경보 시스템의 경보를 끌 수 있다. 화재 및 가스누출이 감지되지 않은 경우에는 수신상태를 유지하게 되며 다른 경보 시스템으로부터 위험신호를 수신하면 LED와 부저를 통해 경보를 울린다.

반면에 그림 3은 방에서의 화재 경보 시스템 알고리즘이다. 전체적인 시스템은 부엌의 화재 및 가스 누출 경보 시스템과 동일하지만 온도센서를 통한 화재 감지 및 경보 기능만 동작한다. 또 위험 상황이 종료되고 부엌의 경보시스템으로부터 리셋 신호를 수신하면 모든 경보가 꺼지도록 설정하였다.

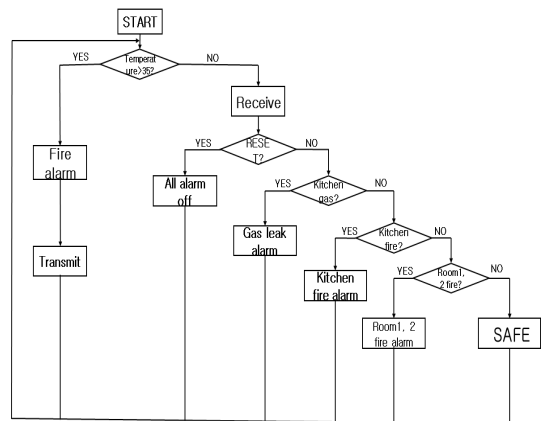


그림 3. 방화재 경보 알고리즘
Fig. 3 Algorithm of the room fire alarm

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 개발된 무선 감응식 단독 화재경보기의 유효성을 검증하기 위해서 먼저 제안된 동작 알고리즘에 기반하는 아두이노를 주제어장치로 하는 3개의 무선 감응식 단독화재 경보기들의 시작품들을 제작하였다. 그리고 이들에 대한 온도 및 가스 동작 시험을 실시하기 위한 시험 시스템을 제작하였고 이를 이용하여 온도 및 가스 동작 시험을 실시, 그 유효성을 확인하였다.

3.1 시작품 및 시험 시스템 제작

본 논문에서는 시작품에 대한 성능 시험이 용이하게 실시되고 확인될 수 있도록 하기 위해서, 외부에서 내부를 확인할 수 있도록 면적 90x60cm² 인 아크릴

관 위에 25x25x25cm³ 인 아크릴 상자로 부엌, 현관, 방이 2개인 단독 주택을 구현하였다.

각 공간에 해당하는 아크릴 상자에는 무선 감응식 단독 화재경보기 모듈이 설치되는데, 2개 방들에 해당하는 공간에 설치되는 무선 감응식 단독 화재경보기 모듈은 아두이노[12], 온도센서, LED와 부저로 구성되고 부엌, 현관에 해당하는 공간에 설치되는 무선 감응식 단독 화재경보기는 온도센서, 가스센서, 아두이노, LED, 부저로 구성된다, 그림 4는 시험 제작된 무선 감응식 단독 가스누출 및 화재 경보기들 및 시험 시스템의 전체 외형 사진을 보인다.



그림 4. 시험 제작된 가스누출 및 화재 경보기 프로토타입과 시험 시스템 사진

Fig. 4 The picture of the gas leakage and fire alarm device' prototypes and test system

3.2 온도 감지 실험

방에 해당하는 아크릴 상자에 설치한 온도센서를 이용한 실험이다. 실제 화재 상황을 재현할 수가 없어 임계값을 35도로 낮게 설정하고 핫 팩을 사용하여 온도센서 구동 후 15초부터 온도변화를 주었다.

표 1. 시간에 따른 온도변화와 경보 동작
Table 1. Temperature change and alarm operation over time

#	Time(sec)	Temperature(°C)	Operation
1	5	22.1	no
2	10	24.2	no
3	15	29.5	no
4	20	34.8	no
5	25	38.3	yes
6	30	45.5	yes
7	35	42.2	yes
8	40	40.5	yes

온도가 임계값인 35도가 넘었을 때 LED와 부저가 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 표 1은 시간에 따른 온도변화와 LED와 부저를 통한 경보 동작 여부를 나타낸 것이다.

3.4 가스 감지 실험

부엌, 현관에 해당하는 아크릴 상자에 설치한 가스센서를 통한 가스감지실험이다. 가정에서 사용하는 도시가스의 주성분인 LNG 가스는 사용하기에 한계가 있어 시중에서 사용하는 라이터 가스인 LPG 가스로 대체하였다. 그림 5는 본 연구에서 사용하는 가스센서인 MQ-2의 데이터시트²⁾에 기재된 감지 특성 그래프이다. ppm값이 Rs/R0의 값에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. 맑은 공기 중에서 아날로그 출력과 R0값을 구한 다음 센서에 가스를 노출시키면 Rs값과 가스센서의 아날로그 출력 전압이 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

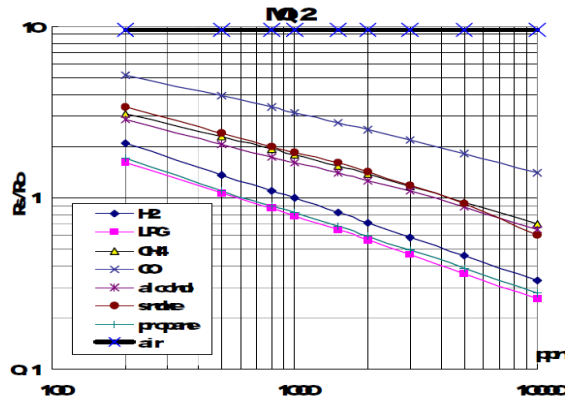


그림 5. MQ-2 감지 특성 그래프
Fig. 5 MQ-2 sensitive characteristics graph

MQ-2는 200~5000ppm의 LPG가스를 감지할 수 있기 때문에 200ppm에 해당하는 전압인 1.85V를 임계값으로 설정하였다. 가스센서 구동 후 15~30초 동안 가스를 주입하고 그에 따른 출력 전압과 경보 동작 여부를 시험하였다. 표 2는 가스 주입 시 가스센서의 전압 출력 변화와 경보 동작 여부이다.

2) MQ-2 데이터시트, <https://www.mouser.com>

표 2. 가스 주입 시 출력 전압과 경보 동작
Table 2. Output voltage and alarm operation for gas injection

#	Time (sec)	Gas Injection	Output Voltage[V]	Alarm Operation
1	5	no	0.24	no
2	10	no	0.24	no
3	15	yes	1.8	no
4	20	yes	2.4	yes
5	25	yes	4.45	yes
6	30	yes	4.54	yes
7	35	no	3.52	yes
8	40	no	1.06	yes

3.5 무선 통신 실험

무선 통신 모듈을 이용해 거리에 따른 통신 여부와 정확도를 측정하기 위한 실험이다. 두 대의 아두이노에 무선 통신 모듈을 장착하여 거리 변화를 주어 거리에 따른 동작 여부와 통신 시간을 측정하였다. 실험 결과 대략 70m 까지 통신이 잘 되는 것을 확인하였고 따라서 주택에서의 경보 시스템 간 무선 통신 시스템을 구현하기에 적합한 것을 확인할 수 있었다. 표 3은 거리에 따른 통신 여부와 시간을 나타내는데, OT는 동작시간을 표시한다.

표 3. 거리에 따른 통신 여부 및 동작시간
Table 3. Communication status and operating time over distance

#	Distance(m)	OK/Fail	OT(sec)
1	5	OK	0.5
2	10	OK	0.5
3	15	OK	0.5
4	20	OK	0.5
5	30	OK	1
6	40	OK	1
7	50	OK	1.5
8	60	OK	1.5

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 주택 단독 화재경보기의 단점인 심야 시 낮은 대처로 인해 발생하는 인명피해를 줄일 수 있도록 무선통신에 기반한 무선 감응식 주택 화재 경보기를 개발하였다. 무선 감응식 화재경보기는 온도 센서와 가스 센서를 기반으로 온도와 LPG농도를 감시, 주택의 화재를 감지하고 무선 송수신 모듈 등을 이용하여 다른 방의 단독 무선 경보기들에게 화재 경보를 전송함으로써 신속하고 정확한 화재인지가 가능하도록 설계하였다. 아두이노를 주제어장치로 하는 3개의 무선 감응식 단독화재 경보기의 시작품들을 제작하였으며, 제작된 시험 시스템을 통한 온도 및 가스 시험에서 제작된 무선 감응형 단독 화재경보기들이 8번의 가스 및 화재 경보 실험에서 100%의 성공률로 동작하는 것을 확인함으로써 그 유용성을 검증할 수 있었다.

References

- [1] H. Kim and J. Park, "Fire detection in outdoor using statistical characteristics of smoke," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 149-154.
- [2] S. Park, C. Hwang, and D. Park, "Internet of things (IoT) on system implementation with minimal arduino based appliances standby power using a smartphone alarm in the environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2014, pp. 1175-1182.
- [3] W. Cho and H. Choi, "Wireless communication based pregnant woman alarm service: concept and wireless communication technologies," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 12, 2015, pp. 1361-1366.
- [4] W. Cho, "Study on integration scheme of wireless communication in railway wireless network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 6, 2015, pp. 659-664.
- [5] D. Kim and C. Ban, "The design and

implementation of a door-lock system using a smart phone," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 11, 2015, pp. 1217-1224.

- [6] H. Lee and J. Oh, "Design and implementation of a small server room environment monitoring system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 385-390.
- [7] Y. park, G. Lee, Y. Jeong, H. No, and H. Kim, "Plant cultivation system using the IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 657-662.
- [8] K. Kim and S. Han, "Home security system based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 147-154.
- [9] B. Lee, Y. An, J. Lee, and D. Kim, "Indoor environment control system utilizing the internet of things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 645-650.
- [10] Y. Park, S. Lee, S. Ahn, J. Choi, and J. Kim, "Study of information transmission system for visually impaired," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 1227-1232.
- [11] H. Kim, "A tendency of development for wireless fire detection system and research of technical standard," *Fire Technology Research*, vol. 2, no. 1, 2009, pp. 28-41.
- [12] S. Monk, *Programming Arduino: Getting started with Sketches*, Paju: Jpub, 2013.

저자 소개



박현호(Hyeon-Ho Park)

2013년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업 예정

※ 관심분야 : 반도체, 주택자동화



허정훈(Jeong-Hun Heo)

2013년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업 예정

※ 관심분야 : 반도체



박병화(Byeong-Hwa Park)

2013년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업 예정

※ 관심분야 : 전력전자



조성진(Seong-Jin Cho)

2013년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업 예정

※ 관심분야 : 통신시스템



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사).
1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사).
1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.
1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.
1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.
2012년~2013년 University of Utah 방문교수
※ 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 스마트그리드, 주택자동화, 인공지능, 로봇제어