

신뢰성 개선을 위한 저전력 열연 복합식 단독경보형 감지기 개발 Development of the Low Power Stand-Alone Smoke and Heat Detector for the Reliability Improvement

지승욱 · 김시국 · 이재진* · 김필영* · 이춘하†

Seung-Wook Jee · Si-Kuk Kim · Jae-Jin Lee* · Pil-Young Kim* · Chun-Ha Lee†

호서대학교 소방방재학과, *(주)태산전자
(2011. 11. 18. 접수/2012. 1. 10. 수정/2012. 2. 10. 채택)

요 약

본 논문은 2011년 개정된 “감지기 형식승인 및 검정기술기준”에 적합한 단독경보형 감지기 개발에 관한 연구이다. 변경된 내용의 가장 큰 특징은 전원이다. 10년 이상 사용 가능한 단독경보형 감지기를 개발하기 위해 나노전력기술이 사용된 저전력 마이크로컨트롤러를 사용하였다. 마이크로컨트롤러의 슬립모드를 활용하고, 저전력의 전원감시부, 열감지부 및 연기감지부를 제작하여 저전력 단독경보형 감지기를 개발하였다. 특히, 비화재보를 줄이기 위해 단독경보형 감지기는 열연 복합식으로 개발되었다. 사용자는 딥스위치를 이용하여 열감지모드 또는 열·연기감지모드로 동작형태를 선택할 수 있다. 마이크로컨트롤러가 지원하는 RS-485 통신기능을 활용하여 유선으로 단독경보형 감지기 간에 통신이 가능하도록 하였다. 이로써 화재발생시 보다 넓은 지역까지 경보를 알릴 수 있고 비화재보를 줄인 열연 복합식 단독경보형 감지기를 개발하였다.

ABSTRACT

This study is described for development of the stand-alone smoke and heat detector (SASHD) according to the revised in 2011 type approval and performance inspection code for detector. The main improvement of the revised regulation is source. CMOS microcontroller with nano watt technology is use for development of the workable SASHD over 10 years. The low-power SASHD is developed by using the power-saving sleep mode of microcontroller, by making the low-power source voltage checker, heat detector and smoke detector. The stand-alone detector is developed by smoke and heat detector type for reduce false fire alarm. User can choose type of work between the heat detection mode and smoke & heat detection mode. The SASHD can communicate with each them using RS-485 communication supported from microcontroller. So, this study can develop the SASHD that is able to alarm more wide area when fire occurs and reduce a flash fire alarm.

Key words : The stand-alone detector, Smoke and heat detector, Heat detector

1. 서 론

2007년부터 2010년까지 4년 동안 우리나라에서 발생한 총 화재는 186,694건이다. 이를 발화장소별로 분류했을 때 주거지에서 발행한 화재는 45,989건으로 24.6%를 차지하고 있다. 하지만 화재로 인한 사망자는 전체 1,605명 중 878명(54.7%)이 주거지에서 발생했던 것으로 나타났다. 즉, 화재로 인한 사망자 중 절

반 이상이 주거지에서 발생되고 있다.¹⁾

이에 정부는 주택화재로 인한 인명피해를 줄이고자 주택에 단독경보형 감지기와 소화기구 설치를 의무화하는 내용의 “소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률”을 2011년 8월 4일 일부개정 하였으며 2012년 2월 5일부터 시행하려고 하고 있다. 소방방재청 역시 이에 따라 “감지기 형식승인 및 검정기술기준”을 2011년 1월 4일 개정하였다.^{2,3)}

한편 단독경보형 감지기를 포함한 감지기를 사용함에 있어 비화재보로 인한 경제적인 손실때문에 자동화

† E-mail: leecha@hoseo.edu

재탐지설비의 운영을 정지시킨 사례들이 보고되고 있다. 감지기 오동작 문제는 두 가지 이상의 센서를 사용한 복합식 감지기를 이용해 해결되고 있는 추세이다. 문제는 아직까지도 개정된 규정에 따라 형식승인을 받은 단독경보형 감지기가 매우 적고, 특히 복합형의 단독경보형 감지기는 전무하다는데 있다.⁴⁾¹⁰⁾

이에 본 논문은 개정된 규정에 따르면서도 비화재보를 줄일 수 있는 복합형의 단독경보형 감지기 개발에 대하여 다루고 있다.

2. 개정된 단독경보형 감지기의 특징

2011년 1월 4일 개정된 “감지기 형식승인 및 검정기술기준” 및 “감지기의 형식승인 및 검정시험세칙”에서 과거와 구별되는 단독경보형 감지기의 가장 큰 특징은 전원이다. 감지기의 주전원으로 사용되는 건전지는 리튬전지와 같이 자체 방전율이 급격히 저하되는 시점이 10년 이상으로 증빙된 전지로서 그 용량은 아래의 7가지 항목을 고려하여 결정되어야 한다.³⁾¹⁰⁾

- (1) 감시상태에 필요한 소비전류로 일정 간격의 주기에 따라 변동되는 경우에는 주기별 소비전류를 산출하도록 하고 있다.
- (2) 점검 등에 따른 소비전류는 월 1회 이상의 점검에 의한 작동으로 소비되는 전류로 하며, 점검 주기별 작동에 의한 화재경보 지속시간은 3초 이상으로 하여야 한다.
- (3) 건전지의 자연방전전류는 전지 제조사 자료 또는 공인된 자료를 근거로 한다.
- (4) 건전지 교체 정보에 따른 소비전류 산출은 저전압 검출을 위하여 소비되는 전류를 포함한다.
- (5) 부가장치가 설치된 경우에는 부가장치의 작동에 따른 소비전류를 포함시켜야 한다.
- (6) 기타 전류를 소모하는 기능에 대한 소비전류도 포함시켜야 한다.
- (7) 안전 여유율은 전체 소비전류의 1.5배 이상으로 한다.

3. 감지기 형식승인 및 검정기술기준에 따른 열연 복합식 단독경보형 감지기 구조 및 기능

Figure 1은 본 논문을 통해 개발된 열연 복합식 단독경보형 감지기에 대한 블록다이어그램을 보여준다.

마이크로컨트롤러의 입력에 수동으로 작동시험을 할 수 있도록 자동복귀형 스위치를 설치하였다. 또한 서

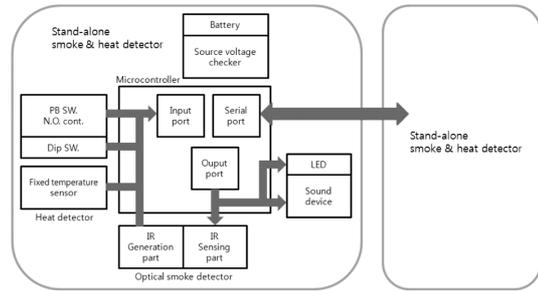


Figure 1. Block diagram for the stand-alone smoke and heat detector.

미스터(Thermistor)를 이용한 정온식 열감지기와 광전식 연기감지기의 수신부도 연결되어 있다. DIP스위치는 사용자로부터 감지기의 동작모드를 입력받기 위해 설치되어 있다. 이를 통해 감지기는 열감지모드, 열·연기감지모드로 구분하여 동작될 수 있다. 건전지 성능 저하 여부는 전원감시부를 통해 마이크로컨트롤러의 입력단자로 입력된다.

광전식 연기감지기의 전원을 제어하기 위해 광전식 연기감지기의 송신부는 마이크로컨트롤러의 출력부와 연결되어 있다. 화재 시 화재경보음 및 건전지 성능 저하시 건전지 교체 음성안내를 발할 수 있는 음향장치와 작동표시등의 역할을 하는 표시등도 마이크로컨트롤러의 출력부와 연결되어 있다.

통신모듈은 마이크로컨트롤러가 지원하는 기능으로 단독경보형 감지기 간에 데이터를 주고 받을 수 있도록 활성화 시켜 놓았다.

Figure 2는 단독경보형 감지기의 동작을 나타내는 순

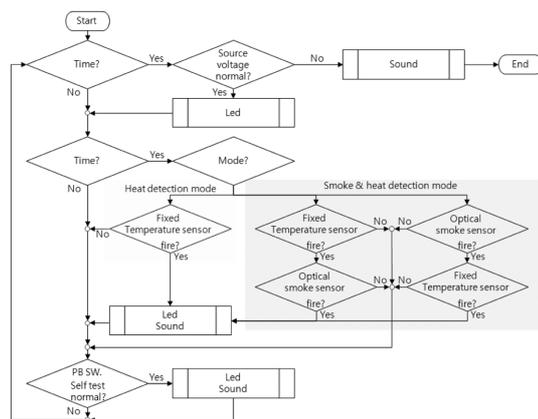


Figure 2. Flowchart for the execution of the stand-alone smoke and heat detector.

서도 이다. 동작은 다음과 같이 수행된다.

먼저, 마이크로컨트롤러는 내장된 타이머를 이용해 설정된 시간이 되면 전원전압을 검사한다. 정상일 경우 작동표시등을 점등 후 소등되도록 함으로써 전원포시를 하지만, 비정상일 경우 음향장치를 통해 건전지 교체 경보를 발한다.

둘째, 덤스위치를 통해 감지기의 동작모드를 입력받는다. 동작모드는 열감지모드, 열·연기감지모드로 나뉜다. 열감지모드에서 마이크로컨트롤러는 열 센서로부터 화재신호를 입력 받으면 출력부와 연결된 표시등 및 음향장치를 통해 화재경보를 발하게 된다. 열·연기감지모드에서 마이크로컨트롤러가 하나의 센서로부터 화재신호를 입력 받으면 다른 센서의 상태를 읽게 된다. 여기서도 화재신호를 입력받게 되면 화재경보를 발하지만, 그렇지 않으면 두 센서 모두 화재신호를 발하지 않을 때까지 4.6S 주기로 두 센서를 모두 읽게 된다.

셋째, 자동복귀형 스위치의 값을 읽게 된다. 스위치가 눌러졌을 경우 작동시험을 하게 된다. 즉, 표시등과 음향장치를 통해 화재경보를 발하게 된다.

이상의 세 가지는 무한 반복하게 된다.

4. 감지기 형식승인 및 검정기술기준에 따른 열연 복합식 단독경보형 감지기 시제품 제작

Figure 3은 3장에 따라 개발된 열연 복합식 단독경

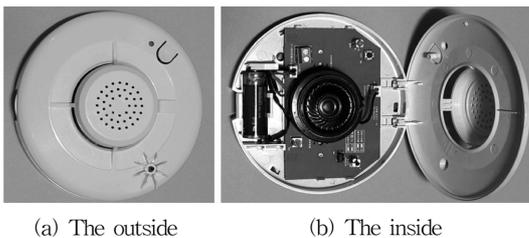


Figure 3. The stand-alone smoke and heat detector prototype.

Table 1. Low-power Features of Micro Controller

State	Value	Note
Standby Current	1 nA	2.0 V
Operating Current	20 μ A	32 kHz, 2.0 V
	< 1 mA	4 MHz, 5.5 V
Watchdog Timer Current	<1 μ A	2.0 V

보형 감지기에 대한 시제품 모습을 보여준다.

제어기는 Table 1과 같은 나노전력기술이 적용된 마이크로컨트롤러(Microchip Technology Inc., PIC16F)를 사용하였다.

4.1 정온식 열감지기

정온식 열감지기는 Figure 4와 같이 구성되었다.

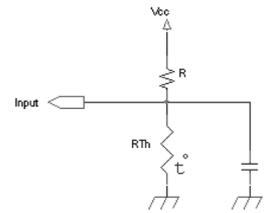
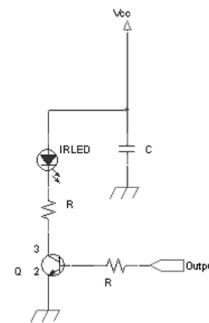
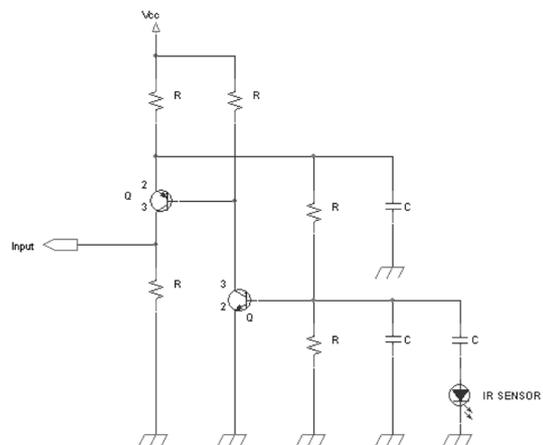


Figure 4. The circuit diagram for the fixed temperature sensor.



(a) The generation part of the infrared light



(b) The sensing part of the infrared light

Figure 5. The circuit diagram for the optical smoke sensor.

Figure 4에서 R_{th} 는 서미스터로 온도에 따라 저항값이 변화한다. R_{th} 와 직렬로 연결된 R 을 조절하여 특정 온도 이상이 되면 마이크로컨트롤러의 입력 포트에 입력되도록 함으로써 화재를 판단하도록 하였다.

4.2 광전식 연기감지기

마이크로컨트롤러는 출력포트를 통해 광전식 연기감지기의 송신부를 제어한다. 송신부는 일정 시간이 되면 구동되며 이때 수신부의 값을 마이크로컨트롤러가 읽어 화재 유무를 판단하게 된다.

광전식 연기감지기부의 경우 A5303 등과 같이 BiCMOS(Bipolar complementary metal oxide semiconductor) 타입의 저전력 소자가 개발되어 있지만, 발신부와 수신부를 각각 제어함으로써 전력효율을 더욱 증대시키기 위해 Figure 5와 같이 광전식 연기감지기부의 송신부와 수신부를 직접 제작하였다.

4.3 전원감시부

전원감시를 위한 회로 구성은 Figure 6과 같다. Figure 6에서 $R1$ 과 $R2$ 의 비를 이용하여 전지의 전압변화가 V_{cc} 의 값을 변화시키더라도 일정전압 이하가 되면 마이크로컨트롤러의 입력이 될 수 있도록 하였다.

마이크로컨트롤러는 이 회로로부터 59.8S 간격으로 전원전압을 읽도록 프로그램 되어 있다. 전원전압이 정상일 때는 출력포트를 조정하여 작동표시등을 점등시키지만, 전원전압이 일정전압 이하가 되면 음향장치를 통해 건전지 교체 경보를 발하도록 하였다.

4.4 음향장치

음향장치는 음성재생칩(Voice OTP IC, Aplus integrated circuits Inc., AT89021)과 오디오 증폭기(Audio power amplifier, STMicroelectronics, TS4990)로 구성되어 있다. 작동시험 및 화재 시에는 경보음만 발생되며, 건전지 교체 경보는 1회의 경보음과 “건전지를 교체하여

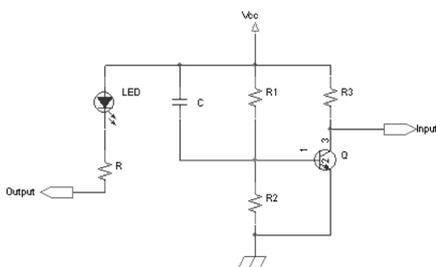
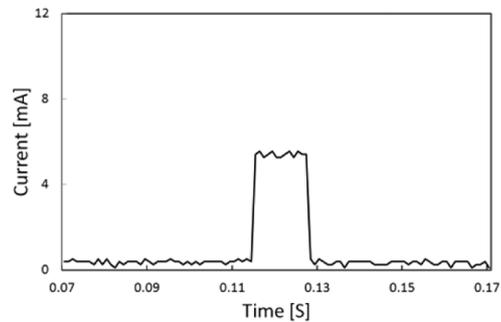


Figure 6. The circuit diagram for the voltage monitoring part of battery.

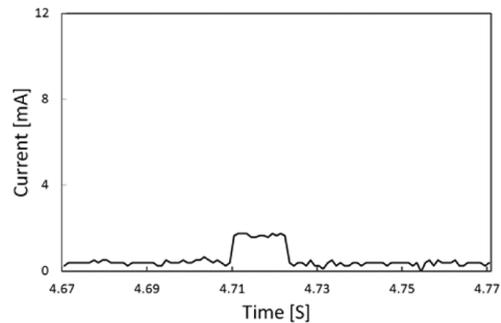
주십시오”라는 음성안내로 구성되어 있다. 음량은 경보기로부터 1 m 떨어진 거리에서 지시소음계(Sound level meter, TES사, 1350A)를 이용하여 측정하였다. 그 결과 작동시험 및 화재 시 경보음은 90 dB, 건전지 교체 경보 시 경보음은 85 dB, 음성안내는 70 dB였다.

4.5 통신모듈

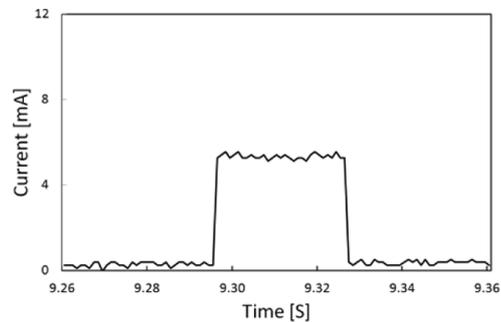
마이크로컨트롤러가 지원하는 RS485 통신모듈을 이용하여 주변에 설치된 열연 복합식 단독경보형 감지기 간에 화재신호를 주고받을 수 있는 유선연동기능을 갖추고 있다. 이로써 화재 시 보다 넓은 지역까지 경보



(a) When MC checks source voltage and heat sensor



(b) When MC checks a heat sensor



(c) When MC checks smoke & heat sensors

Figure 7. The current waveform (MC = Microcontroller).

를 알릴 수 있다.

4.6 건전지 용량 결정

본 연구를 통해 개발된 Figure 3의 단독경보형 감지기에 사용되는 건전지의 용량은 ‘감지기 형식승인 및 검정기술기준’에 따라 다음의 네 가지를 고려하여 결정하였다.

첫째, 본 단독경보형 감지기에 대하여 전류계(Yokogawa, 201131)를 이용하여 측정한 평상 시 소비 전류는 $6.7 \mu\text{A}$ 였다. 이밖에 열감지기 감시, 연기감지기 감시 및 전원감시를 위해 전류가 소모된다. Figure 7은 이때의 전류파형을 보여준다. 전류파형은 전류프로브(Tektronix, TCPA300 Amplifiers & TCP312 AC/DC Current Probe)를 이용하여 측정되었다.

전원감시와 열감지기감시가 0.013S 동안 수행된 것을 시작으로 4.6S 주기로 열감지기감시가 0.013S 동안 진행된다. 또한, 9.2, 27.6, 46.0S에서는 열감지기감시와 연기감지기감시가 0.030S 동안 진행된다. 따라서 59.8S를 주기로 전원감시 1회, 열감지기 감시가 13회, 연기감지기 감시가 3회 이루어진다. 59.8S 동안 소모되는 전류를 계산하면 전원감시 및 열감지기 감시에 $5.4 \text{ mA} \times 0.013\text{S} \times 1\text{회} \approx 0.070 \text{ mA}$, 연기감지기감시에 $5.4 \text{ mA} \times 0.030\text{S} \times 3\text{회} = 0.486 \text{ mA}$, 열감지기감시에 $1.7 \text{ mA} \times 0.013\text{S} \times 9\text{회} \approx 0.199 \text{ mA}$, 평상시 소비전류에 $6.7 \mu\text{A} \times (59.8 - 0.013 \times 1\text{회} - 0.030 \times 3\text{회} - 0.013 \times 9\text{회})\text{S} \approx 0.399 \text{ mA}$ 가 되어 총 1.154 mA가 소모된다. 이를 10년간으로 환산하면 전류량은 $1.154 \text{ mA} / 59.8\text{S} \times 24\text{H} \times 365\text{일} \times 10\text{년} \approx 1,690.5 \text{ mAh}$ 가 된다.

둘째, Figure 8은 월 1회 이상 실시되는 점검 시 전류파형의 모습을 보여준다. 화재경보를 3초 이상 지속할 경우 그림의 파형이 3개 나타나며 약 223 mA의 전

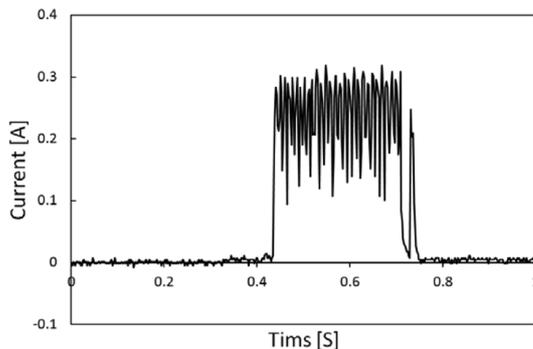


Figure 8. The current waveform at the self test of the standalone smoke and heat detector.

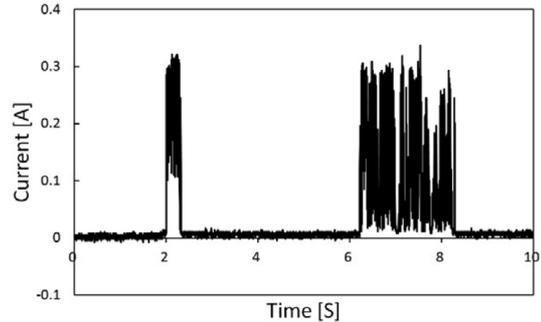


Figure 9. The current waveform when the battery replacement alarm rings.

류가 0.35S씩 3회 동안 소모되었다. 따라서 1회 시험에 소모되는 전류는 $223 \text{ mA} \times 0.35\text{S} \times 3\text{회} \approx 234.15 \text{ mA}$ 가 되고, 이 시험은 매월 1회 실시되므로 10년간 필요한 전류량은 $234.15 \text{ mA} / 3,600\text{S} \times 12\text{회/년} \times 10\text{년} = 7.8 \text{ mAh}$ 가 된다.

셋째, Figure 9는 건전지교체경보 시 전류파형을 보여준다. 건전지교체경보는 1회의 경보음과 1회의 음성경보로 구성되며, 경보음은 0.350S 동안 223 mA의 전류를 소모하였고, 음성경보는 2.1S 동안 119 mA의 전류를 소비하였다. 건전지교체경보는 2분간 1회 이상 발생 되어야 한다. 따라서 1시간 동안 소모되는 전류량은 $(223 \text{ mA} \times 0.350\text{S} + 119 \text{ mA} \times 2.1\text{S}) \times 30\text{회} \approx 2.7 \text{ mAh}$ 가 된다. 또한 건전지교체경보는 72시간 동안 지속되어야 하므로 건전지교체경보에 따른 전류량은 $2.7 \text{ mAh} \times 72 \text{ h} = 194.4 \text{ mAh}$ 가 된다.

넷째, 부가 장치인 유선연동 기능은 화재가 발생되면 사용되는 기능으로 소비전류는 감지기 동작전원이 3.6 V이고, 내부 임피던스를 $1 \text{ M}\Omega$ 으로 설계했기 때문에 $3.6 \mu\text{A}$ 가 된다. 유선연동 신호 전송은 화재를 감지했을 때만 발생되기 때문에 비화재시 유선연동으로 인해 소비되는 전류량은 0 mAh이다. 한편, 유선연동 신호를 수신하는 것은 전원감시와 동시에 이루어지기 때문에 Figure 7(a)의 전원감시에 포함되어 있다.

이상의 결과로부터 총 소모되는 전류량은 약 $1690.5 + 7.8 + 194.4 = 1,892.7 \text{ mWh}$ 가 된다. 여기에 안전율 1.5를 곱하면 전류량이 약 2,839 mWh 이상인 건전지가 필요함을 알 수 있다.

따라서 본 시제품에 사용된 건전지는 건전지 제조사의 자료에 따라 연간 자연방전률이 1%인 건전지 중 건전지 용량을 x로 할 때 식 $x \geq (2,839 + x \times 0.01\text{년} \times 10\text{년})$ 에서 구하였다. 그 식을 만족하는 건전지로 전류량 3,650 mAh의 전지가 결정되었다.

5. 결 론

본 연구는 2011년 개정된 “감지기 형식승인 및 검정 기술기준”에 적합하면서, 감지기의 비화재보를 줄인 열연 복합식 단독경보형 감지기 개발에 대하여 다루고 있다. 그 결과 다음과 같은 성능을 만족하는 열연 복합식 단독경보형 감지기를 개발하였다.

첫째, 개정된 단독경보형 감지기의 가장 큰 특징은 전원이다. 건전지 교체 없이 10년 이상 사용가능한 감지기를 개발하기 위해 나노전력기술이 사용된 마이크로컨트롤러를 사용하였다. 또한 마이크로컨트롤러의 슬립모드를 활용하고 저전력 회로설계를 통해 10년 동안 1,892.7 mAh의 저전력을 소모하는 열연복합형 감지기를 개발하였다.

둘째, 저전력을 소모하면서도 열감지기와 연기감지기를 모두 채용한 열연 복합식 단독경보형 감지기를 개발하였다. 비화재보로 인해 발생하는 경제적인 피해와 불편 때문에 자동화재탐지설비를 정지시키는 사례가 줄어들 것으로 기대된다.

셋째, 마이크로컨트롤러에서 기본으로 제공되고 있는 RS-485 통신기능을 활용하여 유선연동기능을 추가하였다. 단독경보형 감지기 간 통신이 가능하기 때문에 화재발생시 경보범위가 확대됨에 따라 대피시간 확보 등의 장점이 있어 인명피해 감소에 기여할 것으로 기대된다.

본 논문을 통해 개발된 열연 복합식 단독경보형 감지기는 현재 형식승인 절차가 진행 중에 있으며 좋은 결과가 기대되고 있다.

참고문헌

1. 소방방재청, “국가화재정보시스템 화재통계현황(<http://>

125.60.28.52:5989/nfds2/rdPage.aspx)”(2011).
 2. 소방방재청, “소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률(법률 제 11037호)”, 소방방재청공고제2011-91호(2011).
 3. 한국소방산업기술원, “감지기의 형식승인 및 검정 기술기준”, 소방방재청고시 제2011-1호(2011).
 4. 김시국, 지승욱, 이춘하, 양승현, 이재진, 김필영, “주 소형화재감지기의 필요성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 2010년도 추계학술발표회 자료집, pp.175-179(2010).
 5. 지승욱, 김시국, 양승현, 이재진, 김필영, 이춘하, “재래식 화재감지기와 P형 수신기에 대한 화재위치검출 및 신뢰성 개선”, 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.25, No.5, pp.39-44(2011).
 6. J. Cheon, J. Lee, I. Lee, Y. Chae, Y. Yoo, and G. Han, “A Single-Chip CMOS Smoke and Temperature Sensor for an Intelligent Fire Detector”, IEEE Sensors J., Vol.9, No.8, pp.914-921(2009).
 7. Wang Xihuai, Xiao Jianmei, and Bao Minzhong, “Multi-sensor Fire Detection Algorithm for Ship Fire Alarm System Using Neural Fuzzy Network”, Signal Processing Proceedings, 2000. WCCC-ICSP 2000. 5th International Conference, Vol.3, pp.1602-1605(2000).
 8. 손영진, 이영일, 이상현, “자동화재탐지설비의 신뢰성 개선에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.22, No.4, pp.42-49(2008).
 9. 박세화, 조재철, “주택화재 예방을 위한 저소비 전력형 단독경보형 정온식감지기 개발에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.6, pp.61-68(2010).
 10. 한국소방산업기술원, “사이버자료실(http://www.kfi.or.kr/data/state_list_02.asp)”(2011).
 11. 한국소방산업기술원, “감지기의 형식승인 및 검정시험세칙”, 소방방재청고시 제2011-1호(2011).