

[Research Paper]

임계온도스위치를 이용한 저전력 단독경보형 정온식 감지기 개발

조성우 · 정순규 · 손지민* · 김현탁**†

한국전자통신연구원 소재부품원천연구본부 연구원, *과학기술연합대학원대학교 대학원생,

**한국전자통신연구원 소재부품원천연구본부 책임연구원

Development of a Low-Power Standalone Heat Detector Using a Critical-Temperature Switch

Sungwoo Jo · Sun-Kyu Jung · Jimin Son* · Hyun-Tak Kim**†

Researcher, Materials & Components Basic Research Division ETRI,

*Graduate Student, University of Science and Technology,

**Senior Researcher, Materials & Components Basic Research Division ETRI

(Received June 4, 2019; Revised July 3, 2019; Accepted July 3, 2019)

요 약

본 연구에서는 임계온도스위치를 이용하여 저전력 단독경보형 정온식 감지기를 개발하였다. 임계온도스위치는 70 °C에서 저항이 급격하게 감소하는 특성을 나타내는 소자로, 금속-절연체 전이 현상을 이용함으로써 온도 측정에 대한 높은 신뢰성을 보장한다. 또한 임계온도스위치의 금속에서 절연체로 변하는 디지털적인 특성을 이용하여 마이크로컨트롤러 사용 없이 화재를 감지함으로써 단독경보형 정온식 감지기의 소비 전력을 최소화하였다. 시험결과 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기는 소방청 고시 단독경보형 정온식 감지기 시험 조건을 만족했으며, 소비 전력을 측정한 결과 기존 제품 대비 70%의 전력만으로 화재를 감지함을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper reports development of a low-power standalone heat detector using a Critical-Temperature Switch. The Critical-Temperature Switch, which is a thermally sensitive and passive component whose resistance decreases significantly at 70 °C due to a metal-insulator transition, provides reliable temperature measurements. This digital-like behavior of the Critical-Temperature Switch can detect fires without a microcontroller, meaning that it can minimize the power consumption of the standalone heat detector. The experimental results showed that the standalone heat detector using the Critical-Temperature Switch complied with the Notification of the National Emergency Management Agency. Compared to conventional standalone heat detectors, only 70% of the power was consumed monitoring the fires.

Keywords : Critical-temperature switch, Vanadium oxide, Standalone heat detector

1. 서 론

2017년 국내에서 발생한 화재는 총 44,178건이며, 이 중 주거시설은 총 11,768건으로 전체 화재의 약 26.6%이지만, 주거시설의 사망자는 전체 화재사망자의 58.2%를 차지할 정도로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다⁽¹⁾. 특히 생활공간 화재중 51.9%가 주방에서 발생하는 것으로 나타났다. 미국의 경우에도 공동 주택의 화재 발생 중 주방에서의 화재가 약 40%를 차지하는 것으로 나타났다⁽²⁾. 주방과 같

이 다량의 화기를 취급하는 장소에서 발생하는 화재를 감지 및 경보하기 위해 정온식 감지기를 사용한다⁽³⁾.

단독경보형 정온식 감지기는 단독으로 화재를 감지, 주위에 화재 경보를 울릴 수 있는 장치이다. 대부분의 단독경보형 정온식 감지기는 마이크로컨트롤러(Microcontroller, MCU), 아날로그-디지털 컨버터(Analog-digital converter, ADC), Negative temperature coefficient (NTC) 서미스터, 스피커, 건전지로 구성되어 있다⁽⁴⁾. 특히 건전지를 사용하고 있기 때문에 회로의 소비 전력을 최소화하는 것이 필수적이거나 현재 주종을 이루

† Corresponding Author, E-Mail: htkim@etri.re.kr. TEL: +82-42-860-5731, FAX: +82-42-860-6495

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

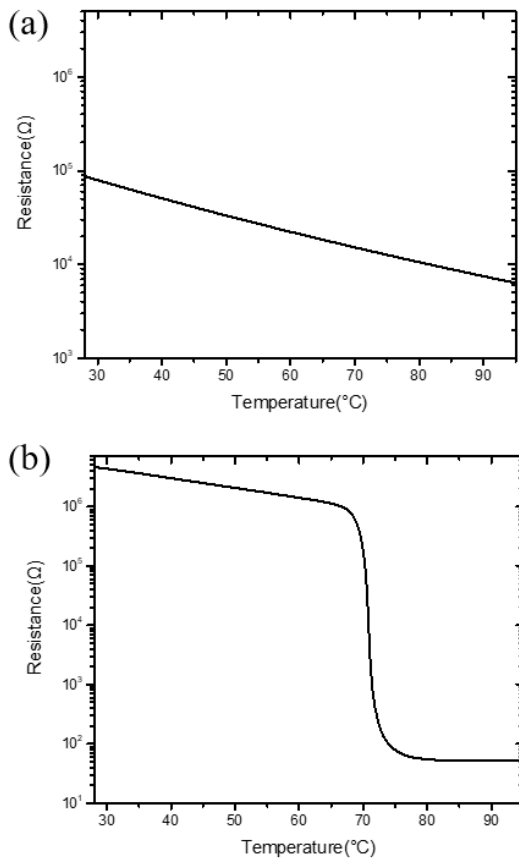


Figure 1. Temperature-resistance curve of (a) muRata's NTC Thermistor (NXRT15WF104) and (b) ETRI's CTS.

는 제품들은 MCU의 ADC를 이용하여 화재를 감지하기 때문에 주기적인 MCU 동작이 필수적이고 이로 인하여 소비 전력을 최소화하는데 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 단독경보형 정온식 감지기의 소비 전력 최소화와 온도 측정에 대한 높은 신뢰성을 보장하기 위해 임계온도스위치(Critical-temperature switch, CTS)를 활용하는 방안을 제시하고자 한다. 또한 임계온도스위치 소자의 특성 분석을 통해 소자의 장점을 파악하고, 이 특성을 이용한 화재감지 알고리즘을 제시하고, 그 알고리즘을 이용하여 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기를 구현하였다. 구현된 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 감지기가 단독경보형 감지기의 형식승인 기준 충족 여부에 관한 시험을 진행하였고, 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기와 기존 제품의 화재 감지를 위한 소비 전력을 비교해 보았다.

2. 화재 감지 알고리즘

2.1 임계온도스위치

임계온도스위치는 바나듐 이산화물(Vanadium dioxide, VO₂)에서 일어나는 금속-절연체 전이 현상을 이용한 소자

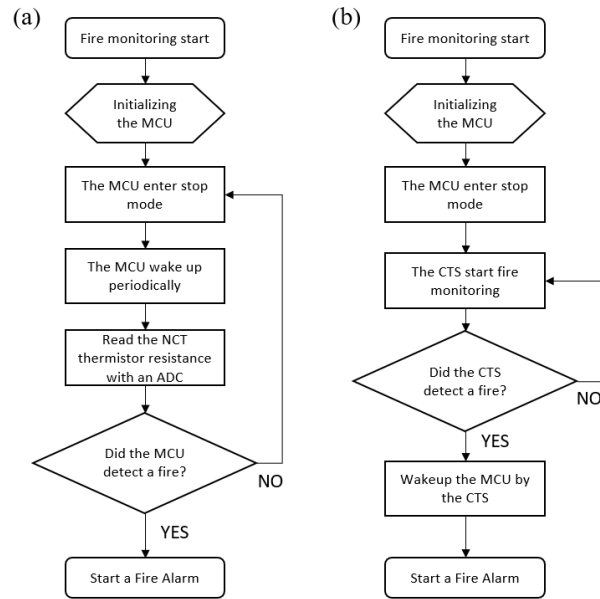


Figure 2. A fire detection algorithm based on (a) NTC Thermistors commonly used in conventional standalone heat detectors and (b) CTS made with VO₂ and used in developed standalone heat detector.

이다^(5,6). 이 소자는 선행연구⁽⁷⁾를 통해 8 in 웨이퍼로 대량 생산 기술을 개발하였으며, 이로 인해 낮은 원가의 임계온도스위치 제작이 가능해졌다.

임계온도스위치는 70 °C에서 발생하는 VO₂의 상전이 현상을 이용하고 있으므로 주위 환경변화에 따른 영향이 거의 없으며 높은 신뢰성을 보장한다. 이는 기존의 바이메탈 온도 스위치에서 발생하는 전기 화학적 부식에 의한 오작동 등을 방지할 수 있다.

또한 임계온도스위치는 디지털적인 특성을 가지고 있다. 일반적인 NTC 서미스터는 Figure 1의 (a)와 같이 온도가 증가함에 따라 저항이 선형적으로 감소한다⁽⁸⁾. 이와는 다르게 임계온도스위치는 Figure 1의 (b)와 같이 25 °C 상온에서 약 4 MΩ의 큰 저항값을 유지하다가 70 °C 이상 온도가 올라가게 되면 약 50 Ω의 저항값을 가지게 되는 디지털적인 특성을 가지고 있다. 이러한 디지털적인 특성으로 인해 높은 온/오프 비율(On/off ratio)을 가지고 있고, 이는 온도 측정의 높은 신뢰성을 보장해 준다는 것을 의미한다. 또한, 임계온도스위치는 25 °C 상온에서 약 4 MΩ의 큰 저항값을 유지하고 있으므로 상온에서 소자가 소비하는 전력이 매우 적은 장점이 있다.

2.2 일반적인 단독경보형 정온식 감지 알고리즘

일반적인 단독경보형 정온식 감지기는 화재 발생 시 화재 경보음을 발생시켜 주위에 화재를 알려야 하므로 MCU를 포함하고 있고, 화재 감지를 위해 NTC 서미스터의 저항값을 지속적으로 읽어 들여 주위 온도를 측정한다.

일반적인 감지기는 Figure 2의 (a)와 같이 감지기에 전원

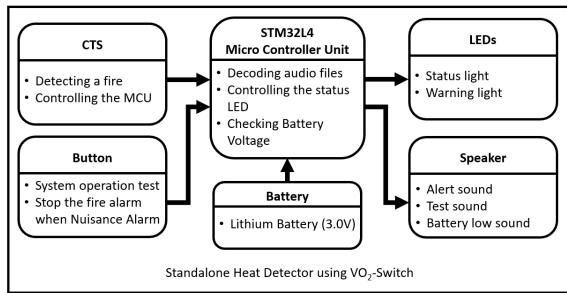


Figure 3. Functional block diagram of the standalone heat detector using the CTS.

이 인가되면 MCU는 초기화 과정을 거치게 된다. 이후 MCU는 스탑모드(Stop mode)에 들어가 저전력 상태를 유지하게 된다. 이후 화재 감지를 위해 MCU는 주기적으로 깨어나 ADC를 이용해 NTC 서미스터의 저항값을 읽어 들이고, 이 저항값을 온도로 변환하여 주위 온도를 측정하게 된다. 즉, 약 8 s 간격으로 MCU가 동작을 위해 깨어나 동작하므로 주기적으로 전력을 소모하게 된다.

2.3 임계온도스위치를 이용한 화재 감지 알고리즘

임계온도스위치를 이용한 화재 감지기의 알고리즘은 임계온도스위치의 급격한 저항 변화를 이용하여 MCU의 웨이크업-핀(Wakeup-pin)을 제어하는 알고리즘이다.

임계온도스위치를 이용한 화재 감지기의 알고리즘은 Figure 2의 (b)와 같다. 감지기에 전원이 인가되면 MCU는 스탑모드에 들어가게 되며, 이후 임계온도스위치 단독으로 화재를 감시하게 된다. 임계온도스위치의 저항이 고저항 상태를 유지하는 경우 주위 온도가 70 °C이하인 것으로 화재가 발생하지 않았다는 것을 의미한다. 만약 화재가 발생하여 주위 온도가 70 °C 이상이 되면 임계온도스위치의 저항은 급격하게 낮아지게 되고, 이로 인해 임계온도스위치에 인가되는 전압은 급격히 낮아지게 된다. 이러한 전압의 변화는 MCU의 웨이크업-핀에 인가되는 전압을 변화시키고, 이로 인해 MCU는 스탑모드에서 깨어나 화재 경보를 울리게 되는 것이다.

이 알고리즘의 장점은 MCU의 주기적인 동작 없이 화재를 감지할 수 있다는 점으로 온도 측정을 위해 소모되는 소비전력을 획기적으로 줄일 수 있다.

3. 감지기의 설계 및 구현

3.1 감지기의 구조

임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기의 제안된 구조는 Figure 3과 같다. 알람 제어를 위한 STMicroelectronics사의 MCU, 화재를 감지하고 화재 감지 시 MCU를 제어하는 임계온도스위치, 작동 테스트 및 화재 경보음 제어를 위한 버튼, 화재 경보 및 작동 표시를 위한 LED, 화재 경보음

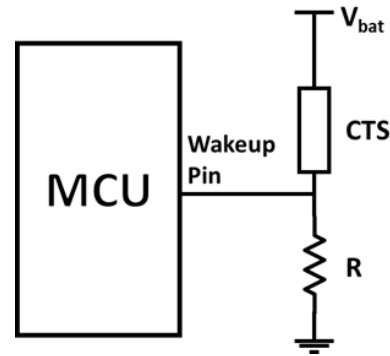


Figure 4. Fire detection circuit ($R = 500 \text{ k}\Omega$).

발생을 위한 스피커, 그리고 전원을 공급하는 3 V 건전지로 구성되어 있다.

MCU의 경우 화재 경보음 처리 및 음성 데이터 저장을 위해 STM32L4 모델을 사용하였다. STM32L4는 스탑모드를 지원하는 MCU로 일반적인 MCU보다 스탑모드 시 소모하는 소비전력이 낮다. 또한, 화재 경보음, 배터리 교체 경보음, 감지기 테스트 음은 MP3 파일 형태로 사용하여 파일 용량을 최소화하였으며, 이를 통해 추가 메모리 부착 없이 MCU 단독 사용이 가능하도록 설계하였다.

3.2 화재 감지 회로

화재 감지 회로는 Figure 4와 같이 구성하였다. 임계온도스위치는 고정저항과 직렬로 연결되어 있으며 웨이크업-핀과 연결되어 있다. 이는 임계온도스위치의 저항 변화에 의해 웨이크업-핀에 인가되는 전압이 달라지는 것을 의미한다. 이때 저항은 약 500 k Ω 으로 상온에서의 임계온도스위치의 저항값 4 M Ω 보다 매우 적으므로 웨이크업-핀에는 로우(Low) 신호가 입력된다. 화재 발생 시에는 임계온도스위치의 저항이 급격히 떨어져 약 50 Ω 의 저항값을 가지게 되므로 웨이크업-핀에 하이(High) 신호가 입력되고 이로 인해 MCU는 스탑모드에서 깨어나 동작 상태가 된다. 이후 MCU는 화재 경보음 회로를 제어하여 주변에 화재 알람을 울리게 된다. 특히 상온에서는 임계온도스위치와 저항의 합성 저항값이 4.5 M Ω 이상으로 매우 높기 때문에 화재 감지 회로에는 670 nA 이하의 매우 적은 전류가 흐른다.

또한 임계온도스위치는 디지털적인 특성인 높은 온/오프 비율을 가지고 있기 때문에 노이즈에 매우 강하며 이는 결과 높은 신뢰성을 보장한다는 것이다.

이 결과 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기는 화재감시를 매우 적은 전력으로 할 수 있으며, 높은 신뢰성을 보장한다.

3.3 정상 동작 테스트

정상 동작 테스트를 위해 버튼을 MCU의 웨이크업-핀과 연결하였다. 버튼을 누르는 경우 MCU에 연결된 웨이크업-

핀에 하이 신호가 입력되어 MCU는 동작 상태로 전환된다. MCU는 정상임을 알리는 작동 테스트 알람음을 1회 울리고 다시 스탭모드로 전환되게 된다.

3.4 건전지의 저전압 감시

건전지의 저전압 감시를 위해 STM32L4에 내장된 Programmable voltage detector (PVD) 기능을 이용하였다. PVD는 STM32L4에 내장된 기능으로 MCU에 공급되는 전압이 설정된 전압 이하로 내려갈 시에 MCU를 웨이크업 시키는 기능이다. 이 기능은 ADC를 사용하지 않고 내부 전압을 측정하는 기술이기 때문에 MCU가 스탭모드 일 때도 배터리의 전압을 측정할 수 있고, 저전압 시 저전압 경보를 울릴 수 있다.

3.5 화재 경보 및 경보 정지

화재 경보는 화재 경보음과 화재 경보 LED를 통해 진행된다. 화재 경보음은 MCU 내부에 저장된 MP3 파일을 MCU가 디코딩하고 디지털-아날로그 컨버터(Digital-analog converter, DAC)를 통해 연산 증폭기(Operational amplifier)로 전달된다. 연산 증폭기로 전달된 신호는 연산증폭기에

의하여 증폭되고 증폭된 신호는 스피커를 통해 주위에 음향으로 전달되게 된다. 이때 화재경보등인 붉은색 LED 또한 지속적으로 깜빡이게 된다. 화재 발생 시 MCU에 연결된 버튼은 웨이크업-핀이 아닌 인터럽트(Interrupt) 모드로 동작하게 된다. 이를 이용하여 비화재보가 발생하였을 때 버튼을 누르면 MCU는 화재 경보 정지 상태가 된다.

3.6 화재 감지기 구현

Figure 5는 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기 프로토타입 사진이다. Figure 5의 (a)는 조립된 프로토타입의 윗면 사진으로 여기서 사용된 플라스틱 케이스는 현재 판매 중인 제품의 케이스를 분리하여 사용하였다. Figure 5의 (b)는 조립된 프로토타입의 아랫면 사진으로 Tekcell사의 CR123A 3 V 리튬배터리가 들어가 있다. 이 건전지의 용량은 2400 mAh으로 일반적인 단독경보형 정온식 감지기에 많이 사용된다.

Figure 5의 (c)는 프로토타입의 조립된 내부 모습으로 붉은색으로 표시된 부분이 임계온도스위치이다. 임계온도스위치는 투명 패키지 형태로 제작되어 PCB 면에서 1 cm 높게 부착이 되어 있다. 화재 알람을 위하여 4 Ω의 스피커를

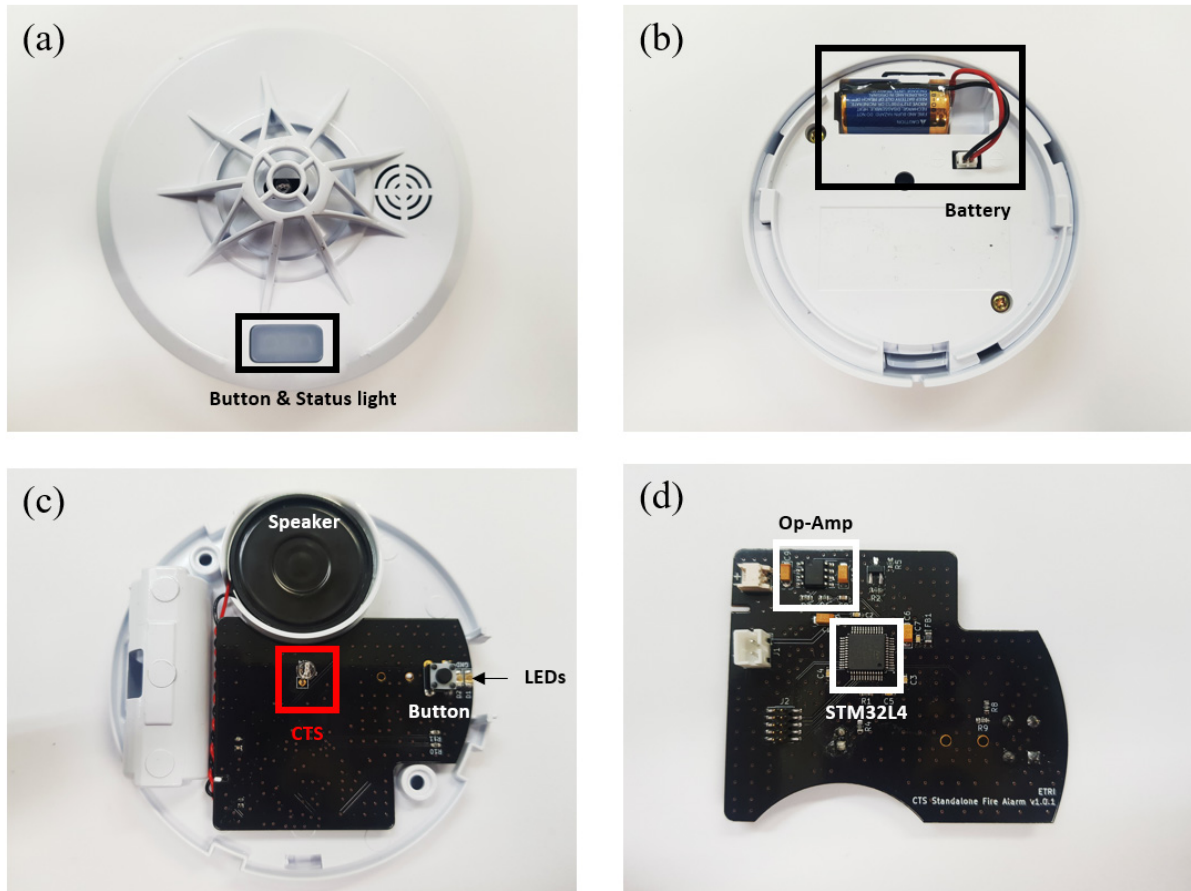


Figure 5. The prototype of the standalone heat detector using the CTS. (a) Top view of the prototype assembly. (b) Bottom view. (c) Inside view of case and top side of the PCB. (d) Bottom side of the PCB.

Table 1. National Regulations for a Standalone Fire Alert in Article 5-2 of Notification No. 2019-10 of the National Emergency Management Agency, Excluding the Rule Related to Plastic Case and Battery Specification, and Experimental Results

Section No	National Regulations	Experimental Results
1	User Can Test a Fire Detector with a Button.	The Amber LED was Blinking, and Test Sound was Activated Once.
2	When a Fire Detector Detects a Fire, an Alert Sound and a Blinking LED Must be Activated.	The Red LED was Blinking, and the Alert Sound was Activated at 70 °C
3	A Fire Detector Must have Components for Status Indication. (Blinking Period Between 30 s and 60 s)	The Amber LED was Blinking Every 55 s
4	A Fire Alert Must Last for 10 min. The Alert Sound and Silence Ratio Must be Between 2:1 and 1:1 and Alert Sound Must be Below 2 s. The Volume Must be at Least 85 dB at 1 m. The Alert Sound can also Include Voice Alarm. (≥ 70 dB at 1 m)	Fire Alarm Repeated Continuously Alert Sound ~ 0.7 s Alert Sound: 86 dB / Voice Alarm: 71 dB
5	When the Voltage of a Battery is Lower than the Voltage Specified by the Manufacturer, a Fire Detector Must Raise an Alarm for 72 hours. The Alert Sound can also include Voice Alarm. (≥ 70 dB at 1m)	When the Voltage of a Battery is below 2.8 V, Voice Alarm and the Red led was Blinking and Repeated Continuously (Voice Alarm: 70 dB)
7	A Fire Alarm must be Stopped by a Button and Users must know that Fire Detection is Disabled. A fire Detector must be Back to the normal State after Stopping the Fire Alarm within 15 min.	The Fire Detector was Stopped by a Button and the Amber LED was Blinking twice every 20 s. The Fire Detector was Back to the Normal State after 6 min

부착하여 음향 크기를 키웠으며, 화재 경보 제어를 위한 버튼과 상태 표시를 위한 LED 2개가 부착되어 있다. 버튼과 LED는 매우 가깝게 부착시켜 케이스에 사용된 반투명 플라스틱에서 버튼 제어 및 상태 표시가 동시에 가능하도록 하였다.

Figure 5의 (d)는 사용된 PCB의 아랫면으로 STM32L4와 연산 증폭기가 부착되어 있다. STM32L4는 저전력 상태인 스탭모드를 지원하며 PVD 기능을 내장하고 있어 추가적인 회로 없이 전지의 저전압을 감지할 수 있다. 또한, 화재 알람 시 STM32L4의 DAC를 통해 나온 신호는 연산 증폭기를 이용하여 신호 증폭을 시켜 스피커로 전달되고, 스피커를 통해 주위에 화재 경보를 울릴 수 있도록 제작하였다.

4. 시험결과

4.1 시험 항목

단독경보형 정온식 감지기의 경우 소방청 고시 제 2019-10호 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준에 적합하여야 한다. 이 중 제5조의2 단독경보형 감지기의 일반기능을 만족시켜야 한다⁹⁾.

본 연구에서 제작된 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기의 경우 플라스틱 케이스와 관련된 제5조의2 7호의 일부와 배터리 용량에 관한 제5조의2 6호를 제외한 단독경보형 감지기 성능 및 기능에 관한 규정만 시험하였다.

Table 1은 시험에 사용된 규정들로 1호는 수동작동 시험을 할 수 있는 기능을 포함하고 있어야 함을 의미하며, 2호는 화재 발생 시 작동 표시 등 및 화재 경보음을 발해야 한다는 규정이다. 3호는 감지기가 동작 중임을 30~60 s 간격으로 알려주어야 한다는 규정이고, 4호는 화재 경보음에 관한 규정으로 화재 경보음은 경보음의 울림과 정지의 비율이 2:1에서 1:1까지 가능하다는 규정으로, 이 때 울림의 길이는 2 s 이하여야 한다. 5호는 배터리 교체와 관련된 규정으로 판매자가 지정한 배터리 전압 이하에서 배터리 교체 알람을 울려야 한다는 것이다. 7호는 화재 경보 정지 후 15 분 이내에 감지기가 정상상태로 복구하여야 한다는 규정과 감지기가 화재 경보 정지 상태일 때 화재 경보가 정지되어 있다는 것을 표시등을 통해 알려주어야 한다는 규정이다.

4.2 시험 결과

임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기의 제5조의2 단독경보형 감지기의 일반기능 시험은 한국소방산업기술원의 의뢰시험을 통해 진행되었다.

Table 1의 1호 시험결과를 보면 수동작동 시험에서는 Figure 6의 (a)와 같이 주황색 LED가 점멸하며 테스트 알람음이 1회 울렸다. 2호의 화재 감지 시험에서는 공칭작동온도 70 °C에서 화재를 감지하였으며, 붉은색 LED와 화재경보음을 통해 주위에 지속적인 경보를 알렸다. 3호의 정상 동작 표시등 시험의 경우 55 s 간격으로 주황색 LED가 점

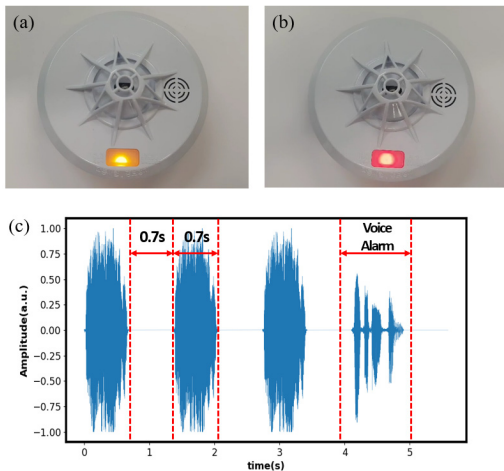


Figure 6. (a) Amber color: Test state or normal state. (b) Red color: Fire alert or battery low state. (c) Fire alert sound wave.

떨하여 정상상태임을 표시하였다. 4호 시험의 경우 화재경보음과 정지의 비율은 1:1이었으며, 화재경보음의 길이는 0.7 s 이하로 규정을 만족하고 있었다. 또한 경보음과 음성경보음의 크기는 각각 86 dB와 71 dB이므로 규정을 만족함을 알 수 있었다. 본 감지기는 2.8 V이하를 저전압으로 설정하여 제5조의 2 5호를 실험하였다. 시험 결과 배터리 전압이 2.8 V이하가 되는 즉시 저전압 경보음 및 붉은색 LED를 이용하여 저전압 경보를 알렸다. 이때 음성 알람은 70 dB로 규정을 만족하였다. 7호의 화재 경보 정지에 관한 시험의 경우 주황색 LED가 20 s 간격으로 2번 연속 깜빡이며 화재 경보 정지 상태임을 알렸으며, 화재 경보 정지 6 분 후 정상상태로 자동 복귀함을 확인하였다. 시험 결과 감지기의 형식승인 및 제품검사 기술기준 제5조2에 적합하였다.

4.3 소비전류 측정 결과

Figure 7은 일반적인 단독경보형 정온식 감지기와 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기의 화재 감지 시 소비전류를 측정된 결과이다.

Figure 7의 (a)는 일반적인 단독경보형 정온식 감지기에 3 V의 전압이 공급될 때 화재 감지 모드 시 소비전류를 측정된 결과이다. 이 경우 약 8초 간격으로 약 2.5 mA의 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다. 이는 주기적으로 MCU가 동작하여 ADC를 통해 NTC 서미스터의 저항을 측정할 때 흐르는 전류이다.

Figure 7의 (b)는 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기에 동일한 3 V의 전압이 공급될 때 화재 감지 모드 시 소비전류를 측정된 결과이다. 임계온도스위치를 이용하는 감지기의 경우 임계온도스위치 단독으로 화재를 감지하기 때문에 MCU 동작이 전혀 필요하지 않다. 이는 일반적인 감지기가 주기적으로 MCU가 동작하며 소모하는 전류가 필요하다는 단점을 보완할 수 있는 것이다.

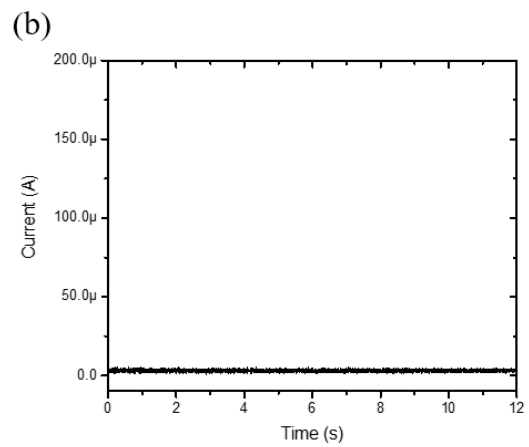
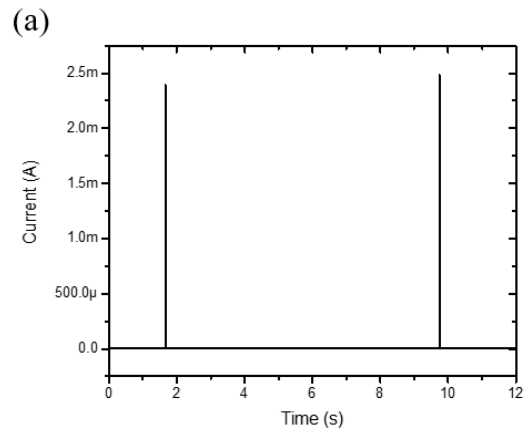


Figure 7. Current measurements during the fire detection of (a) the conventional standalone heat detector and (b) the standalone heat detector using the CTS.

Table 2는 임계온도스위치를 이용한 단독경보형 정온식 감지기와 일반적인 단독경보형 정온식 감지기를 비교 정리한 표이다. 일반적인 감지기의 경우 MCU의 ADC를 이용하여 주위 온도를 측정하기 때문에 주기적인 측정이 필요하다. 이에 반하여 임계온도스위치를 이용하는 경우 MCU의 동작 없이 화재를 감지하기 때문에 지속적인 측정이 가능하며, 화재 감지 즉시 화재 알람을 울릴 수 있다는 장점이 있다. 또한, 평균적으로 1 s당 소비하는 평균 소비전류는 임계온도스위치를 이용하는 경우 3 μ A이며 일반적인 감지기의 경우 4.3 μ A이므로, 임계온도스위치를 이용하는 경우 일반적인 감지기의 약 70%의 전력만으로 화재를 감시할 수 있는 장점이 있다.

5. 결 론

선행연구⁽⁷⁾를 통해 제작된 낮은 원가의 임계온도스위치를 활용하여 저전력으로 화재를 감시할 수 있는 단독경보형 정온식 감지기를 제작하였다. 먼저 화재 감지 시 전류 소비를 최소화하기 위해 저전력 상태인 스태프모드를 지원하

Table 2. Comparison of a Standalone Heat Detector Using a CTS and Conventional One

	Using a CTS	Conventional
Heat Detection	Critical Temperature Switch	NTC Thermistor and MCU
Detection Method	Phase Transition of VO ₂	Periodically reading NTC Thermistor resistances using ADC
Detection Interval	Continuously	Within 8 s
Detection Time	Immediately	Within 8 s
Power Consumption per Second	Approximately 3 μ A	Approximately 4.3 μ A
Operation Voltage	3 V	3 V

는 STM32L4를 채택하여 사용하였으며, 임계온도스위치를 이용하여 화재를 감지함으로써 화재감시 전류를 최소화하였다. 제작된 감지기는 단독경보형 감지기의 형식승인 기준 제5조의2를 모두 충족하였다.

또한, 임계온도스위치를 사용하는 경우 VO₂의 상전이 현상을 이용하여 온도를 측정하고, 디지털적인 특성을 가지고 있기 때문에 기존의 NTC 서미스터와 바이메탈 온도 센서에 비하여 높은 신뢰성을 보장할 수 있으며, 기존 제품 대비 약 70%의 전력만으로 화재를 감지할 수 있는 장점이 있었다.

후 기

본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었습니다(19ZB1320, MIT 핵심기술 개발).

References

1. National Fire Agency, "Fire Statistical YearBook" (2017).
2. J. W. Lee, G. H. Ko, H. S. Ryou, Y. J. Jang and W. S. Jung, "Numerical Study on the Effect of Range Surrounding Environment on Detecting Time for Cooking Oil Fire in Kitchen", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 134-139 (2010).
3. National Emergency Management Agency, "Notification No. 2019-35 of the National Emergency Management Agency" (2019).
4. S. H. Park and J. Cho, "A Study on the Development of the Single Station Fixed Temperature Detector of Low Power Consumption for Residential Fire Prevention", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 24, No. 6, pp. 61-68 (2010).
5. H. T. Kim, B. J. Kim, Y. W. Lee, B. G. Chae, S. J. Yun and K. Y. Kang, "Hole-driven MIT theory, Mott transition in VO₂, MoBRiK device", *Physica C*, Vol. 460, No. 2, pp. 1076-1078 (2007).
6. B. J. Kim, Y. W. Lee, B. G. Chae, S. J. Yun, S. Y. Oh and H. T. Kim, "Temperature Dependence of the First order Metal-Insulator Transition in VO₂ and Programmable Critical Temperature Sensor", *Applied Physics Letters*, Vol. 90, No. 2, p. 023515 (2007).
7. T. Slusar, J. C. Cho, B. J. Kim, S. J. Yun and H. T. Kim, "Epitaxial Growth of Higher Transition-temperature VO₂ Films on AlN/Si", *APL Materials*, Vol. 4, No. 2, p. 026101 (2016).
8. S. K. Jung and H. T. Kim, "Development of Compensation-Type Fire Detector Using Metal-Insulator-Transition Critical-Temperature Sensor", *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 26-30 (2014).
9. National Emergency Management Agency, "Notification No. 2019-10 of the National Emergency Management Agency" (2019).