

IoT 기반 화재탐지시스템의 연기 및 온도감지기 비화재보 신호 패턴 분석

박승환* · 김두현**† · 김성철***

Analysis of Unwanted Fire Alarm Signal Pattern of Smoke / Temperature Detector in the IoT-Based Fire Detection System

Seunghwan Park* · Doo-Hyun Kim**† · Sung-Chul Kim***

†Corresponding Author

Doo-Hyun Kim

Tel : +82-43-261-2463

E-mail : dhk@chungbuk.ac.kr

Received : November 29, 2021

Revised : January 19, 2022

Accepted : February 15, 2022

Abstract : Fire-alarm systems are safety equipment that facilitate rapid evacuation and early suppression in case of fire. It is highly desirable that fire-alarm systems have low false-alarm rates and are thus reliable. Until now, researchers have attempted to improve detector performance by applying new technologies such as IoT. To this end, IoT-based fire-detection systems have been developed. However, due to scarcity of large-scale operational data, researchers have barely studied malfunctioning in fire-alarm systems or attempted to reduce false-alarm rates in these systems. In this study, we analyzed false-alarm rates of smoke/temperature detectors and unwanted fire-alarm signal patterns at K institution, where Korea's largest IoT-based fire-detection system operates. After analyzing the fire alarm occurrences at the institution for five years, we inferred that the IoT-based fire-detection system showed lower false-alarm rates compared to the automatic fire-detection equipment. We analyzed the detection pattern by dividing it into two parts: normal operation and unwanted fire alarms. When a specific signal pattern was filtered out, the false-alarm rate was reduced to 66.9% in the smoke detector and to 46.9% in the temperature detector.

Key Words : IoT-based fire detection system, unwanted fire alarms, false alarm rate

Copyright©2022 by The Korean Society of Safety All right reserved.

1. 서론

화재로 인한 인명 및 재산상의 손해는 지속 발생하고 있다. 소방청 통계에 따른 2019년에는 40,103건, 2020년에는 38,659건의 화재가 발생하였다¹⁾.

화재경보체계는 화재가 발생하였을 때 신속하게 작동하여 대피 및 초기 화재진압이 가능케 하는 안전장치이다. 화재경보체계에 있어서 가장 중요한 것은 낮은 오경보율로서 신뢰성을 의미한다.

오경보를 감소시키는 것은 소방관계자의 불필요한 출동 등과 같은 손실을 예방하고 오경보로 인식한 거주자의 지연 대피하는 등의 문제를 해결하기 위한 핵심 요소이다. 이런 문제를 해결하기 위해 오경보 감소를

를 위한 연구가 진행되었다. 특히 IoT와 같은 신기술을 적용하거나 복합형 감지기의 적용 등과 같은 감지기의 성능향상과 관련된 연구가 진행되었다²⁻⁷⁾.

IoT 기술이 적용된 디지털 방식의 화재탐지시스템의 경우에는 감지기의 고장 여부를 자가 판단하여 휴대전화 알람을 통해 알려주거나 CCTV와 연동하여 실시간 원격감시가 가능해졌다.

IoT 기술이 적용된 새로운 형태의 화재경보체계에도 불구하고 화재감지기의 입출력 신호 패턴을 분석하여 오경보를 구별하는 연구 결과는 없는 실정이다.

신호 패턴 연구를 위해서는 다년간의 방대한 데이터가 필요하다. 그러나 이런 데이터를 얻을 수 있는 대규모 운영실적이 희소하여 IoT 기반 화재탐지시스템과

*한국원자력연구원 연구실안전팀 팀장 (Laboratory Safety Management Team, Korea Atomic Energy Research Institute)

**충북대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

***충북대학교 안전공학과 초빙교수 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

※ 2021년 행정안전부에서 주최하고 한국안전학회에서 주관한 재난안전 논문공모전 수상작입니다.

관련된 신호 패턴 연구논문 및 오경보율에 관한 통계가 현재까지 발표되지 않았다. 이러한 이유로 인해 인위적인 환경에서 만들어진 실험실 규모의 화재실험 또는 실물 화재실험에서 얻어진 데이터를 참고하고 있다. 이런 실험 데이터는 실제 현장의 다양한 변수가 포함되어 있지 않아 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 최대규모의 IoT 기반 화재탐지시스템을 운영하는 K 기관을 대상으로 하여 5년간의 화재경보 알람을 분석하였다. 이를 토대로 화재감지기의 연기 및 온도 신호를 분석하였다. 먼저 자동화재탐지설비와 비교하여 IoT 기반 화재탐지시스템의 오경보율에 대해 분석하였고 연기 및 온도 신호에 대한 감지 패턴을 도출하였다.

감지 패턴에 대해서는 정상 작동과 비화재보 신호 패턴으로 구별하여 분석하였고 이를 바탕으로 특정 신호 패턴을 걸러낸다면 오경보율을 대폭 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 IoT 기반 화재탐지시스템의 비화재보 감소를 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

2. 이론적 배경 및 분석 대상

2.1 IoT 기반 화재탐지시스템

IoT 기반 화재탐지시스템은 정확한 구성이나 명확한 법령상 정의가 없다. 일반적으로 IoT 기술을 활용하여 화재를 탐지하는 것으로 인식하고 있을 뿐이다.

현재 가장 흔히 사용되는 자동화재탐지설비는 법률로서 제작기준과 제품설치기준이 명확하게 규제되어 있다. 최근에는 기술의 발달과 편의성 등 소비자의 요구가 반영된 IoT 기술이 적용된 신제품들이 출시되어 자동화재탐지설비와는 별개로 보조적 설비로써 사용되고 있다.

2016년 11월 30일 02시 08분경에 발생한 서문시장의 화재의 경우에는 총 839개의 점포가 전소하였으며 추정된 재산 피해 금액은 약 4천5백억 원이 발생하였다. 서문시장은 2005년에도 대형화재가 발생하여 시장 대부분이 전소되는 피해를 본 경험이 있다⁸⁾.

정부는 2016년 서문시장 화재 사고를 계기로 중소벤처기업부 주도하에 2018년부터 ‘전통시장 화재알림시설 설치사업’을 시작하였다. 아날로그 방식의 자동화재탐지설비와 달리 무선통신을 허용하였고 CCTV와 연계하여 화재 발생 시 소방관서와 점주 등에게 자동으로 통보할 수 있도록 하였다.

이로 인해 지금까지 특수한 장소에서 아날로그 방식의 보조적 수단으로 사용되었던 디지털 방식의 화재탐지시스템이 전통시장에 설치되었다. 특히 화재감지기의 경우에는 무선통신과 배터리 사용으로 인해 유선 사용

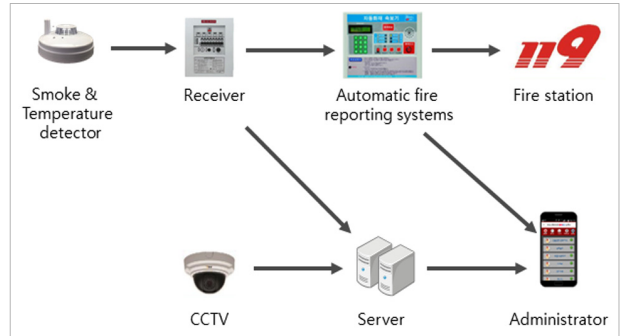


Fig. 1. Configuration diagram of IoT-based fire-detection system.

이 제한되었던 노후 되고 복잡한 구조의 전통시장에 설치를 쉽게 하였고 소방서 화재 통보 시 GPS 정보, 점주 연락처 등의 정보 전달이 가능하였다.

Fig. 1은 IoT 기반 화재탐지시스템에서 일반적으로 사용되는 구성도이다⁹⁾.

이런 변화로 인해 정부는 2019년 사물인터넷(IoT) 등 정보통신 융합 신기술을 활용한 새로운 형태의 화재알림설비를 허용하는 등의 포괄적 네거티브 규제 전환 등의 조치를 시행하였다¹⁰⁾.

그러나 이러한 신기술의 허용에도 불구하고 감지 신호 패턴 수집 및 분석을 통한 오경보 감소 등에 관한 연구는 전혀 없는 실정이다.

2.2 K 기관 IoT 기반 화재탐지시스템 운영 실태

IoT 기반 화재탐지시스템 대부분은 가정에서 사용하는 인터넷 통신회사들에 의해 가정용 CCTV, AI 스피커 등과 같은 IoT 제품들과 연계 상품으로 유통되거나 개별상품으로 판매되었다.

최근 전통시장에 일부 설치되었으나 운영 기간이 1~2년 정도로 짧으며, 비화재보에 대한 원인분석 및 관리체계가 허술하다. 또한 기존에 자동화재탐지설비를 전문으로 하는 소방시설관리업체들의 반발로 인해 정부 지원사업으로서의 추가적인 설치는 불투명한 상황이다.

소방시설관리협회는 민간전문업체 의한 소방시설 자체 점검 제도를 수탁업무를 수행하는 소방시설관리업체의 대표성을 가지고 있는 단체이다. 협회에 소속된 소방시설관리업체가 관리하는 아날로그 방식의 자동화재탐지설비는 전국에 다양한 환경의 방대한 수량이나 소방 인력이 상주하지 않는 위탁으로 관리 및 운영되기 때문에 즉각적인 대응에 한계가 있다.

이와 비교하여 K 기관은 2010년부터 IoT 기반 화재탐지시스템을 설치 운영하고 있으며 기관 자체적으로 소방관제실을 24시간 운영하여 화재 경보관리를 체계적으로 실시하고 있다. 화재감지기의 형태는 불꽃, 연

기, 온도를 감지하는 복합형으로서 3,648개가 설치되어 있다. 이는 단일부지 및 기관으로서는 국내 최대규모이고 운영 기간에서도 국내 최장기간이다.

본 연구에서는 K 기관에서 운영 중인 IoT 기반 화재탐지시스템을 대상으로 하여 2016년부터 2020년까지의 5년간 화재경보를 분석하였고 현재 가장 범용적으로 사용되고 있는 연기 및 온도감지기의 데이터를 대상으로 하였다.

3. 비화재보 신호 패턴 분석

3.1 5년간 비화재보 통계

Table 1은 K 기관의 IoT 기반 화재탐지시스템의 화재 알람 건수를 나타내었다.

Table 1. Number of fire alarms from IoT-based fire detection system in K institution

	Total	Unwanted fire alarms	Normal operation
Smoke	176	154	22
Temperature	57	49	8
Total	233	203	33

화재 알람 발생 시 소방관제실에서 출동하여 작성한 현장 확인 결과보고서를 바탕으로 분석하였고 5년간 233건의 화재 알람이 발생하였다. 현장 확인 결과를 바탕으로 감지기 작동 원인이 확인되지 않은 알람은 비화재보로 분류하였다. K 기관은 연구기관으로서 약 600개소에 실험실을 보유하고 있다. 연기 및 고온이 발생하는 실험이나 그 외 작업 등으로 인한 감지기의 작동 원인이 확인된 때에는 정상 작동으로 분류하였다.

Fig. 2와 Fig. 3은 정상 작동 알람을 제외한 연기 및 온도 비화재보 월별 건수를 나타내었다.

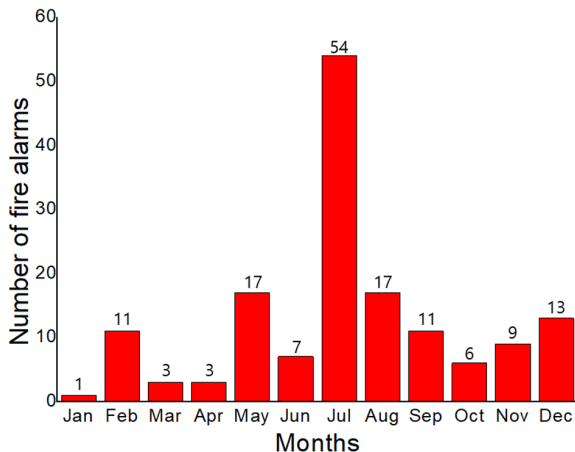


Fig. 2. Number of smoke unwanted fire alarms per month.

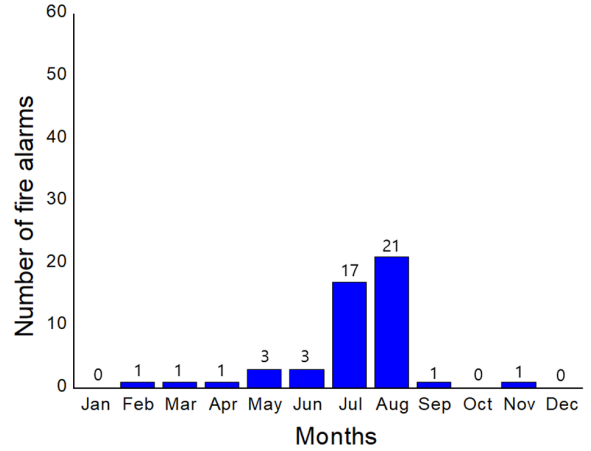


Fig. 3. Number of temperature unwanted fire alarms per month.

연기 및 온도 모두 7월과 8월에 가장 많은 비화재보가 발생하였다. 연기 비화재보의 경우에는 7월과 8월에 71건이 발생하였으며 전체 비화재보의 46.1%에 해당한다. 온도 비화재보의 경우에는 7월과 8월에 38건이 발생하였으며 전체 비화재보의 77.6%에 해당한다.

자동화재탐지설비와 관련된 선행 연구 결과에 의하면 비화재보의 원인 중 습도와 온도가 차지하는 비율은 48%(습도 28%, 온도 22%)이며 특히 습기가 감지기 기관에 접촉되면서 쇼트가 일어나는 경우가 가장 많았다¹¹⁾.

연기 비화재보의 경우에는 습도 및 온도 영향과 관계된 7월과 8월의 발생 비율이 46.1%로 선행 연구 결과와 비슷한 수치를 보였다. 온도 비화재보의 경우에는 더 높은 수치를 보였다. 이는 K 기관의 경우에는 정온식 온도감지기로 폭염에 의한 온도상승의 영향으로 분석되었다. K 기관에서 발생한 7월과 8월의 온도 비화재보 38건 중에서 17건은 폭염주의보가 내려지는 12시에서 14시 사이에 발생하여 45%를 차지하였고 대부분은 공조설비가 없는 소규모 창고이거나 냉난방기를 작동하지 않는 주말에 발생하였다.

3.2 연기감지기

IoT 기반 화재탐지시스템은 화재감지기가 임계값 이상을 감지하게 되면 측정값을 서버로 저장하고 일정 시간 간격으로 지속 측정한다. K 기관의 경우에는 임계값 이상의 경우에는 10초 단위로 측정하게 되어있다. 연기 알람 값은 데이터통신 단위인 8 bit로 0~255까지의 숫자로 표현되고 온도는 0~100까지로 표현된다. 연기 알람 값에 대해서는 서버에 저장된 176건을 모두 그래프로 표기한 후 비슷한 특성으로 분류하였다. 그 결과 델타(Δ , Delta) 패턴, 감마(Γ , Gamma) 패턴, 복합형 패턴으로 분류되었다.

Table 2. Number of occurrences of smoke signal patterns

	Delta pattern	Gamma pattern	Hybrid pattern
Unwanted fire alarms	103	18	33
Normal operation	0	0	22

델타형 신호 패턴은 변동성과 비 연속성을 의미한다. 시간의 흐름에 따라 감지 값이 연속성이 없이 외부 자극 등에 의해 순간적으로 값이 튀어 오르는 신호 패턴이다.

감마형 신호 패턴은 연속성과 비 변동성을 의미한다. 시간에 흐름에 따른 감지 값의 연속성은 있으나 변화가 적어 신호 패턴이 일정하게 나타나는 패턴이다. 감지 값의 한계점에 도달한 때도 더 이상 변화량을 나타낼 수 없으므로 이와 같은 감마형 패턴이 나타난다.

복합형 신호 패턴은 시간의 흐름에 따라 감지 값의 연속성과 변동성이 같이 나타나는 특성이 있다.

Table 2는 신호 패턴의 분류 기준에 의한 연기 신호 패턴 발생 건수이다. 비화재보에서는 3가지 신호 패턴이 나타났으나 정상 작동에서는 복합형 패턴만 나타났다.

연기 신호 패턴 현황을 그래프로 나타내었다. Fig. 4는

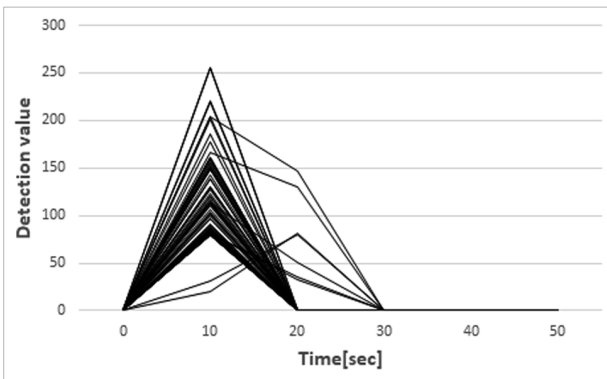


Fig. 4. Delta pattern of smoke signals.

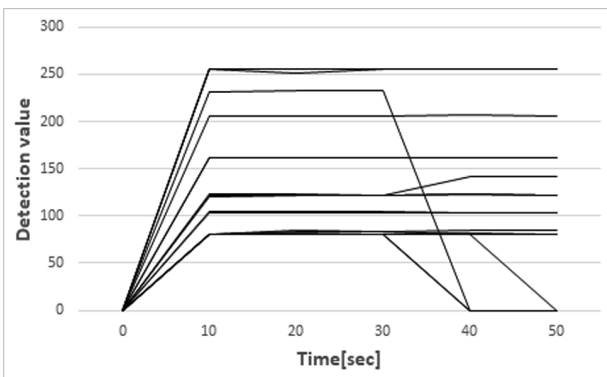


Fig. 5. Gamma pattern of smoke signals.

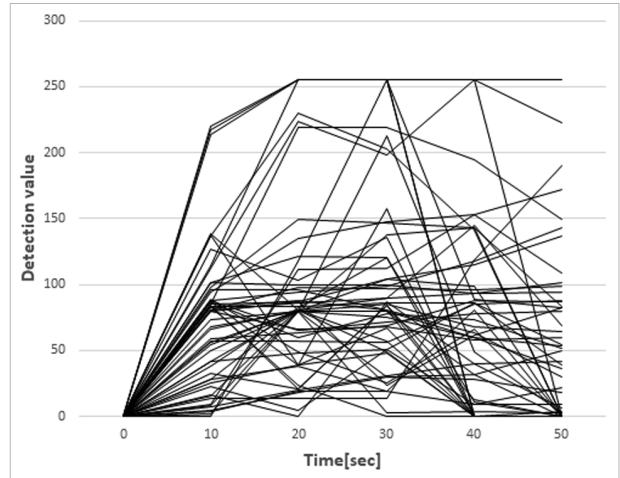


Fig. 6. Hybrid pattern of smoke signals.

연기 신호 패턴 델타형, Fig. 5는 감마형 및 Fig. 6은 복합형의 패턴이다. 복합형 패턴의 경우에는 정상 작동과 비화재보에서 동시에 나타났다.

전체 연기 비화재보 154건에서 델타형 신호 패턴은 103건으로 66.9%를 차지했다. 이 중 7월과 8월에 발생한 건수는 45건으로 전체 비화재보 델타형 신호 패턴의 43.9%가 이때 발생하였다.

3.3 온도감지기

연기 신호 패턴과 같은 방식으로 온도 신호 패턴을 분석하였다. Table 3은 신호 패턴 분류 기준에 의한 온도 신호 패턴 발생 건수이다. 비화재보에서는 3가지 신호 패턴이 나타났으나 정상 작동에서는 감마형 패턴만 나타났다.

감마형 신호 패턴의 대부분은 50도 부근에 집중되어 있다. 이는 정온식 온도감지기의 임계값을 50도로 설정하여 운영하였기 때문에 경계선에 부근까지 여름철 폭염 등으로 인해 건물 내부온도가 상승한 경우이거나 고온이 발생하는 실험 및 작업 등으로 인해 정상 작동한 경우이다.

전체 온도 비화재보 49건에서 비화재보 감마형 신호 패턴은 23건으로 46.9%를 차지했고 전체 온도 알람 건수 57건에서 비화재보와 정상 작동을 포함한 감마형 신호 패턴은 31건으로 54.4%를 차지했다.

전체 온도 비화재보 49건 중 7월과 8에 발생한 건수는

Table 3. Number of occurrences of temperature signal pattern

	Delta pattern	Gamma pattern	Hybrid pattern
Unwanted fire alarms	9	23	17
Normal operation	0	8	0

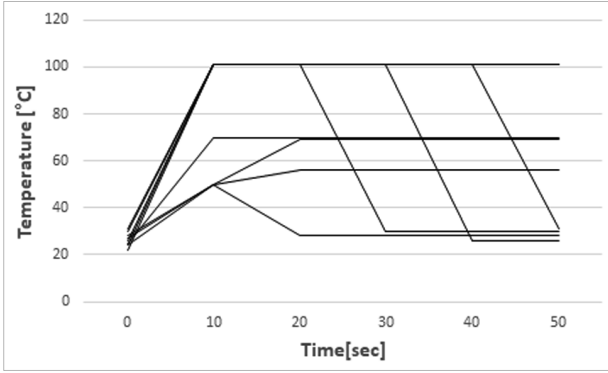


Fig. 7. Delta pattern of temperature signals.

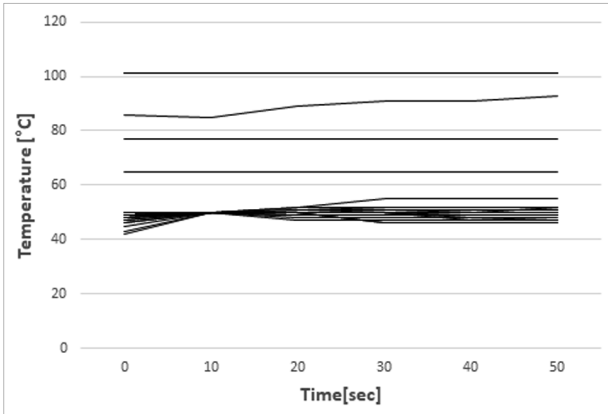


Fig. 8. Gamma pattern of temperature signals.

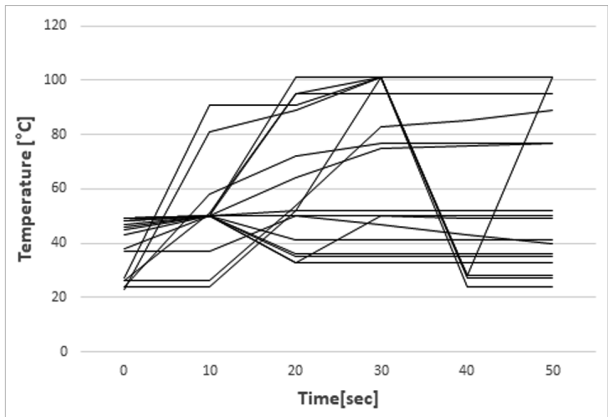


Fig. 9. Hybrid pattern of temperature signals.

38건으로 77.6%가 이때 발생하였다. 7월과 8월에 발생한 건수 38건 중에서 감마형 패턴은 18건으로 47.4%를 차지했다.

4. 결과 및 고찰

4.1 IoT 기반 화재탐지시스템 오경보율

Table 4는 2015년 소방시설관리협회가 발표한 자동

Table 4. False alarm rate of automatic fire-detection equipment (Korea Fire Protection System Management Association, 2015)

	Number of detectors	Unwanted fire alarms(1 year)	Annual false alarm rate
Smoke	12,875	822	6.38%
Temperature	22,830	741	3.25%

Table 5. False alarm rate of IoT-based fire-detection system(K institution, 2016~2020)

	Number of detectors	Unwanted fire alarms(5 years)	Annual false alarm rate
Smoke	3,648	154	0.84%
Temperature	3,648	49	0.27%

Table 6. False alarm rate of automatic fire-detection equipment (K institution, 2018~2020)

	Number of detectors	Unwanted fire alarms(3 years)	Annual false alarm rate
Smoke	1,495	347	2.39%
Temperature	3,316		

화재탐지설비 오경보율이다. 연기감지기는 6.36%, 열감지기는 3.75%의 오경보율이 발생하였다¹²⁾.

Table 5의 K 기관에서 설치된 IoT 기반 화재탐지시스템의 비화재보 발생률로서 5년간의 비화재보를 연간 오경보율로 환산하였을 때 연기감지기는 0.84%, 온도감지기는 0.27%로 나타났다.

Table 6은 K 기관에 설치된 자동화재탐지설비의 비화재보 발생률로서 3년간의 비화재보를 연간 오경보율로 환산하였을 때 2.39%로 나타났다. K 기관의 자동화재탐지설비 비화재보에 대한 기록이 연기, 온도로 구분되어 있지 않아 함께 표기하였다.

소방시설관리협회와 K 기관의 자동화재탐지설비 오경보율을 비교하였을 때 K 기관이 낮게 나타났다. 이는 설치환경과 소유자의 관리 노력에 따라 차이가 발생한 것으로 판단된다. 설치환경 및 관리 여건이 같은 K 기관을 대상으로 비교분석 하였을 때는 자동화재탐지설비에 비해 IoT 기반 화재탐지시스템의 오경보율이 낮게 나타났다.

IoT 기반 화재탐지시스템의 경우에는 감지기의 고장 유무를 원적으로 판단하여 즉각적인 교체 등의 유지보수 관리 용이성 때문에 오경보율이 낮게 나타난 것으로 분석된다. 그러나 이 통계는 단일기관을 대상으로 분석한 것임으로 불확실성이 존재하며, 더 정확한 수치를 위해서는 향후 소방시설관리협회의 통계와 같이 방대한 양의 화재감지기를 대상으로 한 통계분석이 필요할 것으로 판단된다.

4.2 연기 신호 패턴 분석 결과

정상 작동 알람을 제외한 연기 비화재 신호 패턴을 월별로 분석한 결과에서는 여름철인 7월과 8월에 급격하게 증가하는 것을 고려하였을 때 장마철 습기 등의 계절적인 요인과의 상관관계가 있음을 확인하였다.

신호 패턴 분류 기준에 의해 분석한 결과에서는 선행 연구 결과에서 습기에 의한 쇼트가 일어나는 형태의 델타형이 전체 비화재보 중에서 66.9%를 차지한다는 사실을 확인하였고 이 중 43.9%가 7월과 8월에 발생하였다.

실내에서 화재 시 발생한 연기의 수치가 10초나 20초에 0의 수치로 떨어지는 것은 급격한 강제환기를 제외하고는 불가능하다. 이러한 이유를 고려해 보았을 때도 장마철 습기 등으로 인한 감지기의 외부자극으로 인해 연기 수치가 순간적으로 상승한 것을 알 수 있다.

분석 결과를 요약하면 연기 신호 패턴의 경우에는 시간에 따른 감지신호의 연속성을 확인할 수 없다면 비화재보로 분류할 수 있다. 이는 비 연속성을 가지고 있는 델타형 신호 패턴을 인식하여 필터링한다면 비화재보의 66.9%를 감소시킬 수 있음을 의미한다.

4.3 온도 신호 패턴 분석 결과

정상 작동한 알람을 제외한 온도 비화재 신호 패턴을 월별로 분석한 결과에서는 연기 신호 패턴과 마찬가지로 여름철인 7월과 8월에 급격하게 증가하는 것을 고려하였을 때 여름철 높은 온도 등의 계절적인 요인과의 상관관계가 있음을 확인하였다.

신호 패턴 분류 기준에 의해 분석한 결과에서는 감마형이 전체 비화재보 중에서 46.9%를 차지한다는 사실을 확인하였고 이 중 47.4%가 7월과 8월에 발생한 것과 임계값 50도 부근에 알람이 집중된 것 그리고 폭염주의보가 발효되는 시간대인 것 등을 고려하였을 때 여름철 높은 기온 등의 계절적 요인과 상관관계를 뒷받침한다.

화재 시 발생하는 복사열은 몇 분 사이의 단시간에 건물 내부온도를 급격히 상승시킴으로 여름철 온도상승으로 몇 시간에 걸쳐 건물 내부온도가 완만하게 상승하는 감마형 신호 패턴은 비화재보의 신호 패턴임을 알 수 있다.

분석 결과를 요약하면 온도 신호의 경우에는 시간에 따른 감지신호의 급격한 변동성을 확인할 수 없다면 비화재보로 분류할 수 있다. 이는 비 변동성을 가지고 있는 감마형 신호 패턴을 인식하여 필터링한다면 비화재보의 46.9%를 감소시킬 수 있음을 의미한다.

5. 결론

K 기관에서 운영 중인 IoT 기반 화재탐지시스템을 대상으로 하여 5년간 발생한 화재정보의 연기 및 온도 신호 패턴을 분석하여 다음과 같은 결론을 확인하였다.

1. IoT 기반 화재탐지시스템의 감지기 3,648개 중 연간 오경보율을 확인한 결과 연기는 0.84%, 온도는 0.27%였다. 같은 환경에 설치된 자동화재탐지설비와 비교하였을 때 비화재보 발생률이 적은 것은 디지털 방식의 IoT 기반 화재탐지시스템은 고장 유무를 즉시 알 수 있음으로 이상 증상을 보이는 감지기의 즉각적인 교체가 가능했기 때문으로 판단된다.

2. 전체 비화재보 발생 건수를 월별로 분석한 결과 7~8월에 비화재보가 급격하게 증가하는 것은 확인하였다. 이는 여름철의 높은 습도와 온도의 영향을 받은 것으로 판단된다.

3. 연기감지기의 경우에는 감지신호의 비 연속성을 나타내는 델타형 패턴을 서버에서 분석한 후 필터링한다면 전체 비화재보의 66.9%를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

4. 온도감지기의 경우 감지신호의 비 변동성을 나타내는 감마형 패턴을 필터링하기 위해 정온식에서 차동식 방식을 전환한다면 전체 비화재보의 46.9%를 줄일 수 있는 것으로 판단된다.

References

- 1) National Fire Agency, National Fire Date System
- 2) W. Tan, Q. Wang, H. Huang, Y. Guo and G. Zhan, "Mine Fire Detection System Based on Wireless Sensor Networks", In Proceedings of the Conference on Information Acquisition (ICIA'07), 2007.
- 3) J. Zhang, W. Li, N. Han and J. Kan, "Forest Fire Detection System based on a ZigBee Wireless Sensor Network", Springer, pp. 369-374, 2008.
- 4) F. Saeed, A. Paul, A.I Rehman, W. H. Hong and H. Seo, "IoT-Based Intelligent Modeling of Smart Home Environment for Fire Prevention and Safety", J. Sens. Actuator Networks, Vol. 7, Issue 1, 2018.
- 5) T. Listyorini and R. Rahim, "A Prototype Fire Detection Implemented using the Internet of Things and Fuzzy Logic", World Trans. Eng. Technol. Educ., Vol. 16, No. 1, pp. 42-46, 2018.
- 6) H. J. Kim and J. H. Kim, "Development of a Novel Real-Time Monitoring System Algorithm for Fire Prevention", J. Korean Soc. Saf., Vol. 29, No. 5, pp. 47-53,

- 2014.
- 7) D. H. Kim and S. C. Kim, “Electrical Fire Detection System using Temperature and Current Detectors”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 22, No. 3, pp. 7-12, 2007.
 - 8) Daegu, Seomun Market District 4 Fire Accident Response White Paper, 2018.
 - 9) Small Business Market Promotion Corporation, Traditional Market Fire Alarm Facility Installation Business Operation Manual, 2019.
 - 10) The 75th National Policy Coordination Conference, “Comprehensive Negative Regulatory Transition Plan, 2019.
 - 11) E. H. Hwang, S. J. Park and S. E. Lee, “A Study on Mistaken Dispatch Reduction Measures due to Unwanted Fire Alarms”, Fire Science and Engineering, Vol. 34, No. 6, pp. 23-30, 2020.
 - 12) Dongwon University, Industry-University Cooperation Foundation, Research on Technical Proposals to Reduce False Alarms in Automatic Fire-detection Equipment, p. 14, 2015.