

디지털 방식 무선 화재알림설비의 신호 패턴 인식기법 적용

박승환* · 김두현**† · 김성철***

Application of Signal Pattern Recognition Technique of Digital Wireless Fire Alarm 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 : July 4, 2022
Revised : August 7, 2022
Accepted : August 22, 2022

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

Abstract : The purpose of this study was to apply the signal pattern recognition technique to the digital wireless fire-alarm system and to reduce unwanted fire alarms. In this study, the fire alarms of the K Institute, which operates the largest digital wireless fire-alarm system in Korea, were classified into normal operations and unwanted fire alarms, and these were analyzed and compared with actual fire signals. In addition, by designing a non-fire signal filter and applying it to the K Institute, we confirmed that the monthly unwanted fire alarm rate of all 5,713 detectors decreased sharply. In particular, the unwanted fire alarm rate for flame decreased from 1.09% to 0.11% and the unwanted fire alarm rate for smoke decreased from 0.65% to 0.035%.

Key Words : digital wireless fire-alarm system, IoT fire detector, unwanted fire alarms, false alarm rate

1. 서론

최근 10년간 발생한 화재 사고 건수는 42,332건이고 인명피해는 2,215명으로 나타났다¹⁾. 이러한 화재 사고가 발생하지 않도록 예방하는 것이 가장 중요하겠지만 발생하였을 때 신속히 대응하는 것 또한 중요하다.

자동화재탐지설비는 화재 발생 시 신속하게 화재를 탐지하고 경보를 발생시킴으로 거주자의 대피와 소방관계자가 신속한 대응을 할 수 있도록 한다. 이에 자동화재탐지설비는 낮은 오작동률에 기반한 신뢰성을 갖추어야 하는데, 그렇지 못한 경우 인명 및 재산피해를 크게 초래한다.

이러한 예로 2021년 6월 17일 경기도 소재의 쿠팡 물류센터에서 발생한 화재를 들 수 있다. 사고 당시 자동화재탐지설비가 평소 낮은 오작동률에 기반한 신뢰성을 갖지 못하였기에 당시 방재실 근무자들은 화재경보를 오작동으로 간주해 6번이나 초기 하였는데, 이러한 대응은 사고의 피해를 크게 초래하였다²⁾.

2019년 서울시의 소방재난본부에 따르면 2015년~2019년까지의 화재감지기의 연간 비화재보율은 2.2~7.6%로 상당히 높은 수준이다. 이는 소방서 출동을 통계의 기반으로 하였기 때문에 실제 비화재보율은 더 높은 것으로 추측된다³⁾.

또한 2015년 소방시설관리협회의 자료에 따르면 서울 시내 총 36개소의 특정소방대상물의 35,705개의 화재감지기에 대하여 2014.2.15.일부터 2015.2.14일까지 1년간 발생한 비화재보 횟수는 총 1,563회로서 전체 화재감지기의 4.38%에 해당하였다⁴⁾.

이러한 기존 아날로그 방식 자동화재탐지설비의 한계점을 극복하기 위해 비화재보율 감소와 더불어 좀 신속 및 정확하고 편리함을 갖춘 CCTV 또는 IoT 기술이 적용된 디지털 방식의 새로운 화재정보체계가 연구되거나 보급되고 있다⁵⁻¹⁰⁾.

CCTV 기반의 화재정보체계의 경우 공공장소나 산불 등에 사용될 수 있으나 사적영역이 포함되는 장소에는 사용이 제한적이다. 이에 반해 디지털 방식 무선

*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)

화재알림설비는 자동화재탐지설비와 자동화재속보설비의 기능을 결합한 IoT 기반의 화재알림시설로서 상황에 따라 CCTV, 스마트폰 등과 연계할 수 있는 확장성과 AI 스피커 등과 같은 인터넷 통신 결합상품으로 보급되어 일상생활에서 그 사용이 증가하고 있다.

이러한 IoT 기술이 적용된 디지털 방식 무선 화재알림설비의 신뢰성에 대한 척도는 기존의 아날로그 방식 자동화재탐지설비의 신뢰성 척도방식인 열, 연기 등의 변화와 같은 아날로그적인 화재징후들에 대한 정확한 감지 여부와는 달리 아날로그적인 화재징후들에 대한 감지된 신호를 디지털 방식으로 분석하여 화재와 비화재로 구분하는 것에 주안점을 두고 있다. 이런 이유로 디지털 방식 무선 화재알림설비가 낮은 비화재보율로 인한 신뢰성을 갖도록 하기 위해서는 감지신호에 대한 분석과 관련된 연구가 활발히 이루어져야 한다.

그러나 이런 연구 활동과 실적이 적은 이유는 소방관계법령에 설치 유지 및 안전관리에 대한 내용이 명시되어 있지 않아 IoT 기술이 적용된 디지털 방식 무선 화재알림설비를 대규모로 설치하고 운영하는 곳이 희소하여 관련 데이터를 확보하기 어렵기 때문이다.

따라서 본 연구에서 최근 IoT 기술이 적용된 디지털 방식 화재알림설비를 설치하여 경보시스템을 재구축한 K 기관으로부터 화재경보에 대한 정보를 수집하여 정상 작동과 비화재보로 분류하고, 화재실험으로부터 얻어진 감지신호와 비교분석을 하였으며, 비화재보율의 감소를 위해 특정 패턴의 신호를 필터링할 수 있는 알고리즘을 개발한 후 시스템에 적용해보았다.

2. 이론적 배경 및 운영현황

2.1 디지털 방식의 무선 화재알림설비

디지털 방식의 무선 화재알림설비는 특정소방대상물에 보조적 수단으로 사용되다가 2016년 발생한 대구 서문시장 화재 사고를 계기로 전통시장의 화재하중에 대한 높은 현실과 구조의 복잡 및 다양성으로 인한 경계구역 설정의 어려움, 유선을 사용하는 아날로그 방식 자동화재탐지설비의 설치 제한 그리고, 관계인의 안전관리 등이 고려되어 2018년부터 「전통시장 현대화 지원사업」에 의해 일부 전통시장에 설치되어지고 있다¹¹⁾.

최근 2019년 4월 국무조정실 규제혁신기획관실에서 발표된 보도자료에 따르면 IoT 기술을 보유한 업체들의 소방산업 진출을 위해 IoT 기술이 반영된 무선방식의 새로운 화재경보체계 허용하고 있다¹²⁾.

현재 소방청에서는 “화재예방, 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령” 개정을 추진하고 있다.

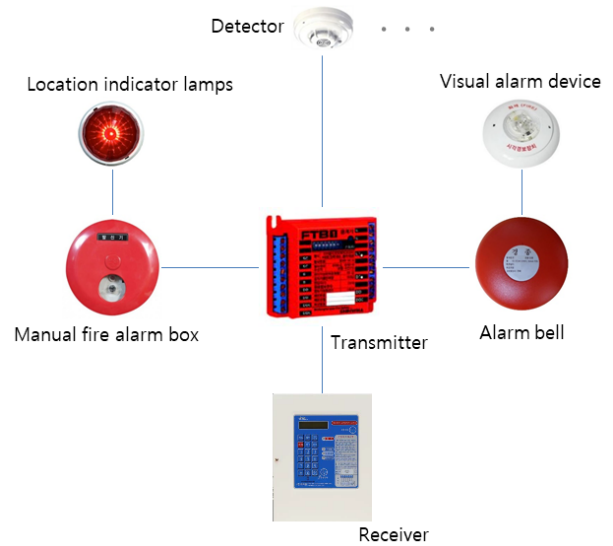


Fig. 1. Automatic fire-detection equipment(wired, analog).

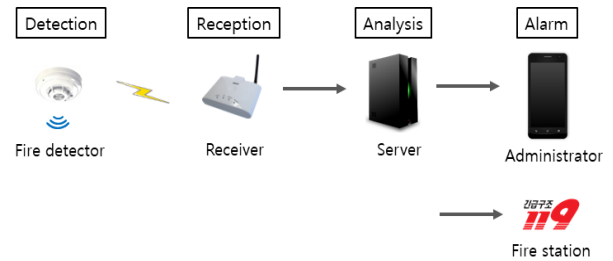


Fig. 2. Fire alarm system(wireless, digital).

Fig. 1과 Fig. 2는 개정안의 설명자료에 포함된 아날로그 방식의 유선 자동화재탐지설비와 디지털 방식의 무선 화재알림설비이다¹³⁾.

Fig. 2에서와 같이 디지털 방식의 무선 화재알림설비의 구성에 서버가 포함됨에 따라 기존 유선을 사용하는 아날로그 방식 자동화재탐지설비에서 제약이 있었던 감지기로부터 얻어지는 감지 정보를 분석할 수 있는 여건이 마련되었다. 그러나 이와 관련된 연구 활동 및 실적은 미미한 실정이다.

2.2 K기관의 구축 현황

K 기관은 IoT 기술이 적용된 디지털 방식의 무선 화재알림설비를 2019년에 시작하여 2021년 말까지 3년에 걸쳐 구축하였다.

2019년에는 LoRa(Long Range) 통신을 사용하여 신속한 정보 교환 및 전달을 위한 전용 독립 통신망 구성하였고 2020년부터 2021년까지 92개 동의 기관 전체 건물에 5,713개의 감지기를 설치하였다.

Fig. 3은 K 기관의 디지털 방식 무선 화재알림설비의 구성도이다.

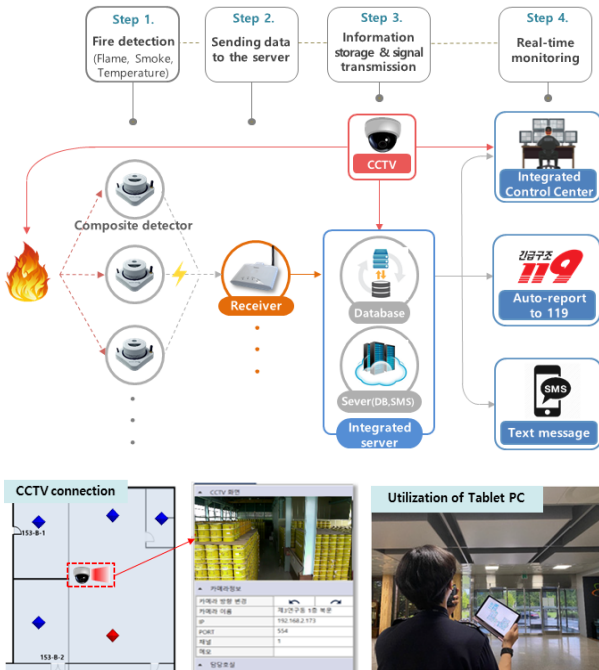


Fig. 3. Configuration diagram of K institute's digital fire-detection system.

감지기와 CCTV를 연동하여 화재 시 현장 상황 확인이 쉽게 하였고 소방관계자가 현장 출동 시 감지기의 위치를 태블릿 PC를 통해 신속 확인이 가능하게 하였다. 시스템은 구성은 Fig. 3과 같은 기본적인 구조로 되어 있으나 IoT 네트워크의 확장성을 이용하여 CCTV와 태블릿 PC의 활용, 그리고 소방관계실 운영을 통해 사람과 사물, 사물과 사물 간에 소통하는 형태로 구성되었다.

K 기관은 소방관계실은 24시간 운영하며 화재경보 발생 시에는 상주하는 소방대응요원이 현장에 출동하여 확인 후 출동보고서를 작성한다.

본 연구에서는 K 기관의 디지털 방식 무선 화재알림설비로부터 화재경보 발생 시 작성된 출동보고서를 바탕으로 정상 작동과 비화재보로 분류하여 연구에 활용하였다.

3. 화재 신호 특성

K 기관에서 수집된 화재경보를 정상 작동과 비화재보로 분류하고 이를 실제 화재 신호와 비교 분석하였다. 화재 신호 분석은 실물 화재 재현 실험을 통해 얻은 데이터를 활용하였다.

3.1 실물 화재 재현 실험을 통한 화재 신호 분석

Fig. 4는 실물 화재 재현 실험의 현장 사진이다¹⁴⁾. 폐주택을 대상으로 15시 02분에 실험을 진행하였고 내부



Fig. 4. Field photos of the real fire reproduction experiment.

Table 1. Detector's sensor configuration

	Flame	Smoke	Temperature
Sensor	UV rays	Photosensitivity	Thermistor

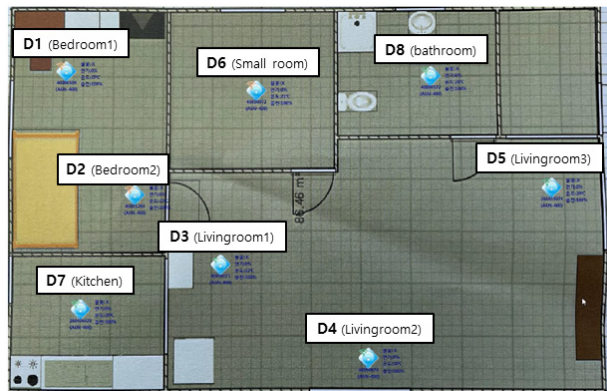


Fig. 5. Layout of the detectors.

에는 K 기관에 설치된 것 같이 3가지 센서(불꽃, 연기, 온도)가 내장된 열·연기·불꽃 복합형 감지기 8개를 설치로 하였으며 그 구성은 Table 1과 같다.

시스템은 구성은 Fig. 3과 감지기는 무선통신으로 수신기(Receiver)와 연결하였고 화재 감지신호 정보는 서버로 저장된다. 주택 내부에는 CCTV를 설치하여 화재 상황을 감시할 수 있도록 하였다.

Fig. 5와 같이 주택 내부에 감지기를 배치하였으며 안방에서부터 화재가 발생하는 시나리오로 실험을 진행하였다.

감지 속도는 불꽃 센서가 가장 빨랐으며 다음으로 연기 센서, 온도 센서 순이었다. 작은방(D6), 주방(D7) 등의 감지기에서는 불꽃 센서가 작동하지 않았다. 이는 불꽃 센서의 경우 화재 시 발생하는 자외선을 감지하여 작동하게 되는데 감지기가 화재에 직접적으로 노출되어 자외선을 감지하지 않았기 때문에 작동하지 않은 것으로 판단된다.

Table 2. Fire alarm for 8 weeks

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Total
Flame	29	24	24	13	13	26	29	45	203
Smoke	15	9	14	6	2	10	10	11	77
Temperature	9	4	8	3	0	0	0	1	25

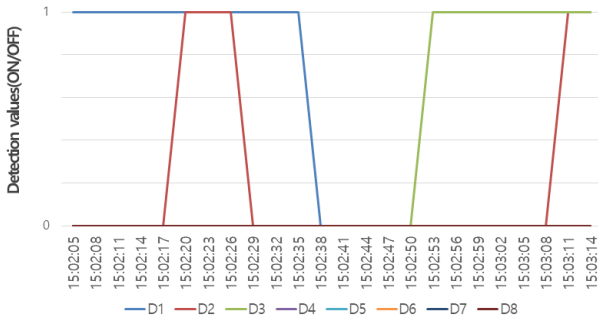


Fig. 6. Flame detection.

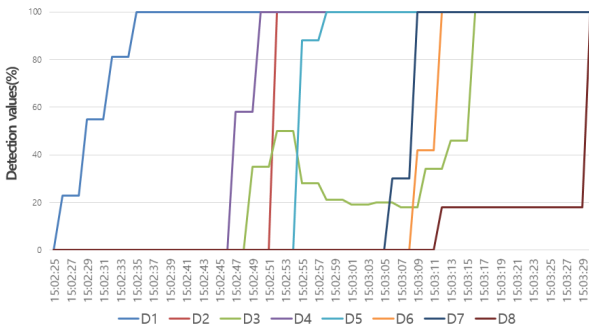


Fig. 7. Smoke detection.

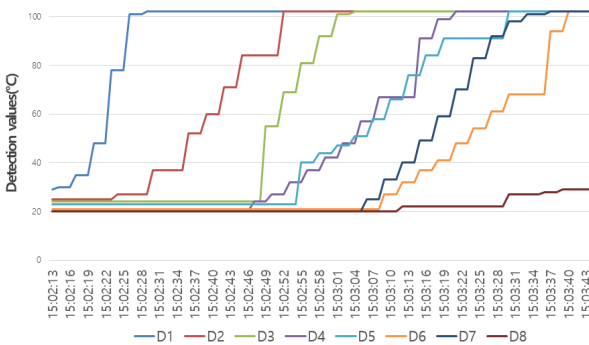


Fig. 8. Temperature detection.

Fig. 6~8은 감지기의 불꽃, 연기, 온도 감지 값을 그래프로 나타낸 것이다. 시간과 감지 값으로 표현된 그래프에서는 화재가 발생하자 급격한 기울기 상승과 감지기 shut-down 되기 전까지 시간의 흐름에 따른 감지 값의 연속성을 확인할 수 있었다.

실물 화재 재현 실험에 사용된 감지기의 불꽃 센서의 회로는 ON/OFF 형태로 0과 1로 표현되고 이는 ‘감

지되었음’, ‘감지되지 않았음’을 의미한다. K 기관에서는 개량된 불꽃 센서를 사용하여 감지 한계 측정값을 데이터 통신 단위인 8bit의 디지털 신호로 0~225로 등분하여 표현되도록 하였다. 연기와 온도센서는 이와 같은 방식으로 0~100으로 표현되며 감광율(%)과 섭씨 온도(°C)를 의미한다.

3.2 K 기관의 화재경보 현황

5,713개의 감지기를 8주간 운영하였고 이때 발생한 화재경보 현황은 Table 2와 같다. 24시간 운영되는 소방관제실에서는 화재경보 발생 시 현장 도착까지 3~5분 정도가 소요되었으며 화재경보 원인을 확인하였다. 온도경보 25건 중에서 1건의 기기 결함을 제외하고 24건은 천정형 난방기 작동으로 급격한 온도변화에 의하여 발생되었다. 이 감지기에 대해서는 난방기의 송풍구와 떨어진 곳으로 위치를 변경하여 재설치하였다.

온도 센서에 의한 경보를 제외하고 불꽃 센서와 연기 센서의 경보에 대해서는 Table 3과 같이 정상 작동과 비화재보로 분류하였다. 정상 작동은 방재실에서 현장을 확인하였을 때, 불꽃 센서로부터 발신되는 화재경보는 불꽃에서 방사되는 자외선 또는 기타 요인으로 인해 자외선이 발생하여 감지기가 탐지 가능한 상황, 연기 센서로부터 발신되는 화재경보는 주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하여 감광률 15%에 도달할 수 있는 조건의 경우에는 정상 작동으로 분류하였다.

K 기관은 원자력 연구기관으로 약 600개소의 실험실을 운영 중이며, 실험이나 작업 등으로 인해 감지기가 동작할 수 있는 조건이 조성될 수 있다. 비화재보는 현장 확인 시 감지기의 작동 원인이 확인되지 않은 경우이다.

불꽃 센서로부터 발신되는 화재경보는 전체 203건 중에서 비화재보가 124건으로 전체 불꽃 센서로부터

Table 3. Normal operation and unwanted fire alarms

	Total	Normal operation	Unwanted fire alarms
Flame	203	79	124
Smoke	77	3	74

발신되는 화재경보의 61%를 차지했고 연기 센서로부터 발신되는 화재경보는 전체 77건 중에서 비화재보가 74건으로 전체 연기 센서로부터 발신되는 화재경보의 96%를 차지하였다. 이를 전체 감지기를 기준으로 한 달간 비화재보율로 환산하면, 불꽃 센서는 1.09%, 연기 센서는 0.65%였다.

3.3 정상 작동과 비화재보의 신호 분석

Table 3은 서버에 저장된 불꽃 센서와 연기 센서로부터 발신되는 화재경보 280건에 대한 감지 값을 분석하여 정상 작동과 비화재보로 구분한 것이다. 3.1 실물 화재 재현 실험을 통한 화재 신호 분석에서 확인한 바

와 같이 화재 신호는 시간의 흐름에 따른 감지 값의 연속성이 있어야 한다.

이를 근거로 비 연속성(Discontinuity)과 연속성(Continuity)을 구분하기 위해 불꽃 센서와 연기 센서로부터 발신되는 화재경보를 시간의 흐름에 따른 감지 값에 대한 그래프로 표현하였다.

Fig. 9와 Fig. 10은 불꽃 센서와 연기 센서의 화재경보 신호를 각각 비 연속성과 연속성으로 분류한 것이다. 화재 시에는 감지기가 화재에 의해 기능 상실 및 진화가 될 때까지 감지 값의 연속성을 가진다¹⁵⁾. 그러므로 Fig. 9와 Fig. 10의 (b) 비 연속성은 화재의 징후가 아니라 외부로부터의 순간적인 자극 등의 이상 신호로

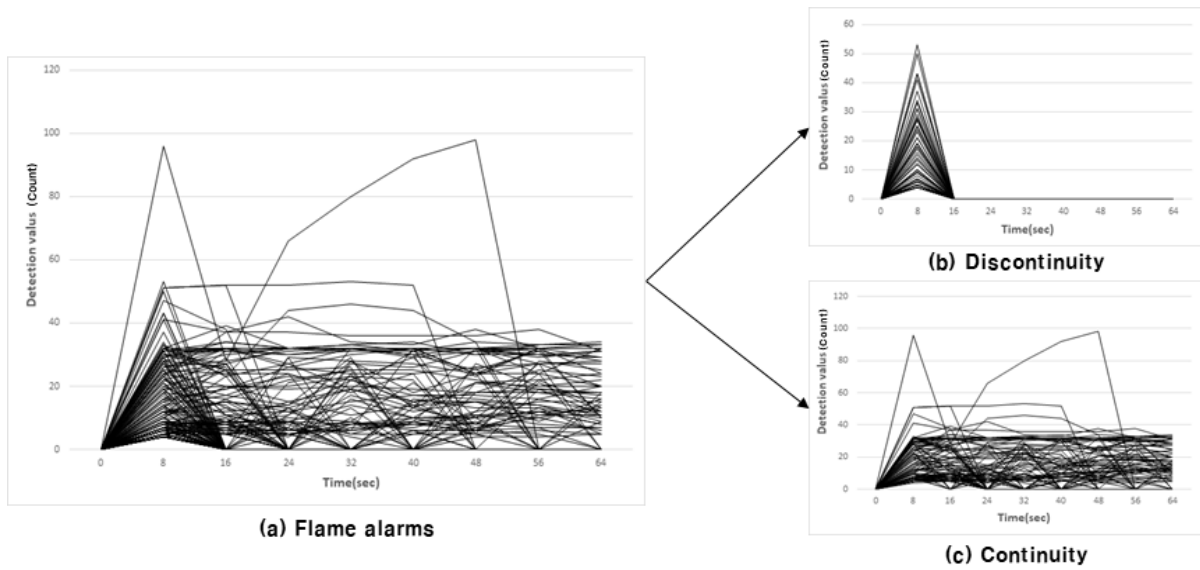


Fig. 9. Signal classification of flame alarms.

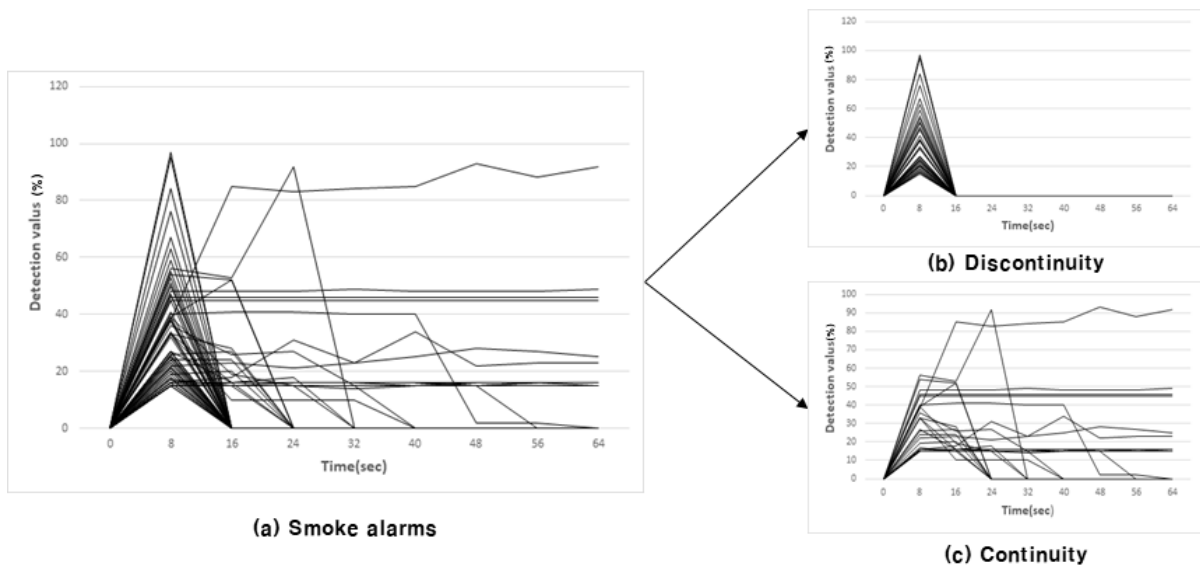


Fig. 10. Signal classification of smoke alarms.

Table 4. Signal classification of discontinuity and continuity

		Total	Discontinuity	Continuity
Flame	Normal operation	79	0	79
	Unwanted fire alarms	124	107	17
Smoke	Normal operation	3	0	3
	Unwanted fire alarms	74	49	25

나타난 것으로 비화재 신호로 분류할 수 있다¹⁶⁾.

Table 4는 Fig. 9와 Fig. 10에서 나타내는 불꽃 센서와 연기 센서의 비 연속성 및 연속성 신호 분류 현황이다. 정상 작동에서는 불꽃 센서로부터 발신되는 화재경보와 연기 센서로부터 발신되는 화재경보 모두 연속성만 나타났다.

비화재보에서는 비 연속성과 연속성이 나타났다. 불꽃 센서로부터 발신되는 비화재보는 전체 124건 중 107건이 비 연속성으로 약 86.3%를 차지하였다. 연기 센서로부터 발신되는 비화재보는 전체 74건 중 49건이 비 연속성으로 66.2%를 차지하였다. 이는 비화재 신호로 분류할 수 있는 비 연속성을 필터링할 수 있다면, 불꽃 센서로부터 발신되는 비화재보율 86.3%, 연기 센서로부터 발신되는 비화재보율 66.2%를 줄일 수 있음을 의미한다.

비화재보에서 연속성을 나타내는 신호는 감지기의 결함으로 판단되나 연속성을 가지는 화재 신호와 같은 형태를 보임으로 본 연구에서는 이에 대한 추가적인 고려를 하지 않았다.

3.4 비화재 신호 필터의 설계

화재경보 분석을 통해 비 연속성은 비화재 신호임을 확인하였다. 서버를 활용하여 비화재 신호를 필터링하기 위해서는 다양한 방법이 있을 수 있다. 그러나 장시간 사용되는 소방용품의 특성을 고려하면 복잡한 연산작업으로 서버에 부하를 주는 것은 적정치 않은 것으로 판단하였다. Table 5는 한국소방산업협동조합 및 한국화재소방학회에서 발표한 자동화재탐지설비의 구성품의 권장 내용연수 기간이다¹⁷⁾.

디지털 방식의 무선 화재알림설비에서 연산 작용과 정보저장을 담당하는 서버는 자동화재탐지설비 내용연수 기간과 비교하였을 때, 서버의 핵심부품인 CPU,

Table 5. Recommended service life of components of automatic fire-detection equipment

Detector	Manual fire alarm box	Alarm bell	Transmitter	Receiver
10-15년	20년	20년	15년	15-20년

RAM 등의 실리콘 반도체 소자의 열 발생률의 증가로 인한 수명 단축과 신뢰도 저하 등에 대한 사항을 보수적으로 고려하더라도 최소 10년 이상의 내구성이 필요할 것으로 판단된다¹⁸⁻²⁰⁾.

서버 수명을 고려하여 최소한의 연산 작용으로 비화재 신호를 필터링하기 위해서 Fig. 11과 같이 시스템을 설계하였다.

디지털 방식의 무선 화재알림설비는 네트워크 구조로 이루어져 있다. K 기관의 경우에는 5,713개 감지기에 고유 MAC 주소를 할당되고 무선통신으로 97개의 수신기(Receiver)와 연결하였고 화재 감지신호 정보는 서버로 저장된다.

MAC 주소는 네트워크상의 기기를 구분하기 위한 고유번호임으로 K 기관의 5,713개의 감지기에 고유번호가 부여된다.

Fig. 11은 감지기 MAC 주소 단위로 송신된 정보의 저장 형태를 도식화 한 것이다. 이와 같은 저장 형태는 MAC 주소 단위로 이루어짐으로 K 기관은 감지기의 수만큼인 5,713개로 구성된다.

일반적인 상태에서 감지기는 10분마다 수신기와 통신을 하여 감지기 상태를 나타내는 일반정보(G-Info)를 송신한다. 화재징후가 있는 경우에는 감지 값이 특정 임계값을 넘어서면 감지신호를 전송하고 임계값 이하가 될 때까지 8초마다 통신을 한다. 임계값 이상의 정보에 대해서는 Fig. 11에서 Detect로 표기하였다.

Fig. 9와 Fig. 10에서 비 연속성(Discontinuity)과 연속성(Continuity)을 구분하였고 비 연속성은 비화재 신호이고 연속성은 화재 신호로 정의하였다.

Fig. 11의 a는 비 연속성임으로 비화재 신호이다. 12 : 20 : 13초에 저장된 신호는 감지기가 임계값 이상의 신호를 감지하여 서버로 그 값을 저장하였다. 화재 신호의 연속성을 가지기 위해서는 8초 후에 또 다른 신호가 저장되어야 하나 이와 같은 패턴이 발생하지 않았다.

Fig. 11의 b와 c는 연속성임으로 화재 신호이다. 12 : 40 : 03초에 저장된 신호 또한 비화재 신호로 분류할 수 있다. 그러나 8초 후인 12 : 40 : 11초에 임계값 이상의 또 다른 신호가 감지됨으로 연속성의 형태가 나타나기 시작했고 8초 후인 12 : 40 : 19초에도 같은 패턴이 발생하여 연속성을 가지고 있으므로 화재 신호로 분류할 수 있다.

디지털 방식의 무선 화재알림설비의 높은 신뢰성을 위해서 Fig. 11의 b와 c까지도 비화재 신호로 필터링할 수 있으나 빠른 반응과 보수적인 접근을 위해서 Fig. 11의 a만을 고려하였다.

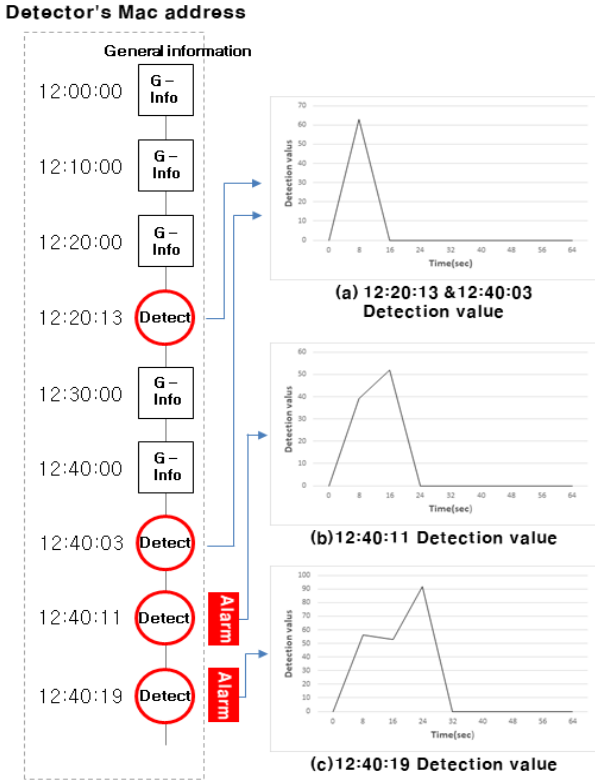


Fig. 11. Filter design for non-fire signals.

3.5 비화재 신호 필터의 적용

Fig. 11과 같이 설계한 비화재 신호 필터를 K 기관에 적용하여 운영해 보았다. Table 2의 1~8주 차에 이어서 9주 차에 불꽃 센서와 연기 센서로부터 발신되는 감지신호에 적용하였다.

Fig. 12와 Fig. 13은 필터를 적용한 결과를 나타낸 것이다. 비화재 신호 필터를 적용한 9주 차부터 급격하게 비화재보가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 일부 발생한 비화재보에 대해서는 감지기의 결함으로 판단하여 교체를 병행하였다.

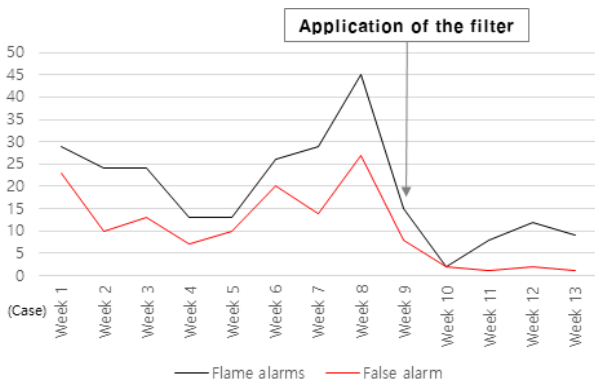


Fig. 12. Results of applying non-fire signal filter to flame alarms.

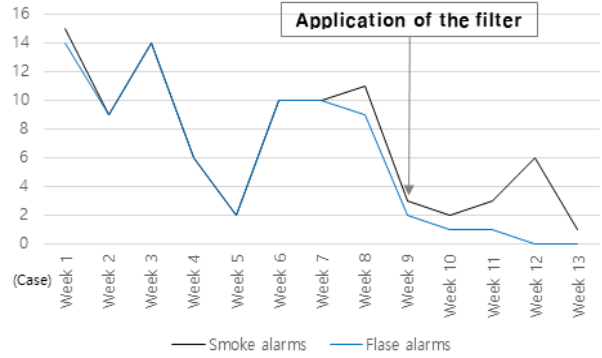


Fig. 13. Results of applying non-fire signal filter to smoke alarms.

Table 6. Results of application of non-fire signal filters

	Flame		Smoke	
	Before applying filter	After applying filter	Before applying filter	After applying filter
Monthly unwanted fire alarm rate	1.09%	0.11%	0.65%	0.035%

불꽃 센서로부터 발신되는 비화재보의 경우에는 9주 차에 8건이 발생하였으나 10주 차부터는 1건 수준으로 줄어들었고 연기 센서로부터 발신되는 비화재보의 경우에는 0건에 근접하였다.

10~14주 차까지 한 달간 비화재보율을 환산하였다. 불꽃 센서로부터 발신되는 비화재보는 한 달간 6건이 발생하였고 비화재보율은 0.11%였다. 연기센서로부터 발신되는 비화재보는 한 달간 2건이 발생하였고 비화재보율은 0.035%였다. Table 6은 비화재 신호 필터를 적용한 결과이다.

4. 결론

본 연구에서 국내 최대규모의 디지털 방식 무선 화재알림설비가 설치된 K 기관을 대상으로 비화재보를 줄이기 위한 신호 패턴 인식기법을 적용하여 다음과 같은 결론을 확인하였다.

5,713개의 감지기를 8주간 운영하여 발생된 280건의 화재경보를 정상 작동과 비화재보로 분류하였고, 서버에 저장 및 기록된 감지 값으로 그래프로 나타낸 후 화재 신호의 기준이 되는 연속성과 비 연속성으로 구분하였다. 이를 통해 비화재 신호 특성인 비 연속성을 필터링할 수 있다면, 불꽃 센서로부터 발신되는 비화재보율 86.3%, 연기 센서로부터 발신되는 비화재보율 66.2%를 줄일 수 있음을 확인하였다.

장시간 사용해야 하는 소방용품의 내용연수를 고려하여 서버의 연산 작용을 최소화하면서 비화재 신호를 필터링할 수 있도록 시스템을 설계하고 K 기관에 적용하였다. 그 결과 월간 비화재보율이 급격하게 감소하였다. 불꽃 센서로부터 발신되는 월간 비화재보율은 1.09%에서 0.11%로 감소하였고 연기 센서로부터 발신되는 월간 비화재보율은 0.65%에서 0.035%로 감소하였다.

본 연구는 대규모로 설치된 디지털 방식의 무선 화재알림설비에서 신뢰할 수 있는 특정 신호만을 화재경보로 인식하는 기법을 적용한 첫 번째 사례이다. 향후 3~5년간 운영실적을 바탕으로 관련된 후속 연구가 진행된다면 유의미한 결과를 추가로 도출해 낼 수 있을 것으로 판단되며 향후 주거 및 산업 전반에 모두 적용이 가능할 것으로 기대된다.

References

- 1) National Fire Agency, National Fire Date System
- 2) Kwon S. E., "Coupang Logistics Center Fire Alarm Went Off, but it was Considered a Malfunction and Reset 6 Times", ChosunMedia, 2021.7.19.
- 3) Administrative Audit Data for Seoul Fire and Disaster Headquarters, 2019.
- 4) Korea Fire Industry and Technology Institute, "Research Report on Technical Proposals to Reduce Non-fire Alarms in Automated Fire-detection Equipments", p. 13, 2015.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) J.S. Choi and Y. H. Joo, "Fire Detection Method Using CCTV-based Flame Features and Density-based Spatial Clustering", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers KIEE Vol. 71, No. 4, p.656-662, 2022
- 10) Y. J. Kim and H. C. Cho, "Detecting Location of Fire in Video Stream Environment using Deep Learning", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers KIEE Vol. 69, No. 3, pp. 474-479, 2020.
- 11) Small Business Market Promotion Corporation, "Traditional Market Fire Notification Facility Installation Business Operation Manual", 2019.
- 12) The 75th National Policy Coordination Conference, "Comprehensive Negative Regulatory Transition Plan, 2019.4.18.
- 13) National Fire Agency Notice(No. 2019-5), "Partial amendments to the Enforcement Decree of Act On Fire Prevention And Installation, Maintenance, And Safety Control Of Fire-Fighting Systems", 2019.1.25.
- 14) LDT, "Analysis of Real Fire Experiments at Dangjin Fire Station, an IoT Complex Fire Detection Device"
- 15) S. H. Park, D. H. Kim and S. C. Kim, "A Case Study of the Characteristics of Fire-Detection Signals of IoT-based Fire-Detection System", J.Korean Soc. Saf., Vol. 37, No. 3, pp. 16-23, 2022.
- 16) S. H. Park, D. H. Kim and S. C. Kim, "Analysis of Unwanted Fire Alarm Signal Pattern of Smoke / Temperature Detector in the IoT-Based Fire Detection System", J. Korean Soc. Saf., Vol. 37, No. 2, pp. 69-75, 2022.
- 17) Korea Fire Industry Cooperative, "Recommended useful life of Firefighting Equipment"
- 18) S. Hamilton, "Intel Research Expands Moore's Law", IEEE Computer Society, Vol. 36, No. 1, pp. 31-40, 2003.
- 19) M. Vogel, and G. Xu, "Low Profile Heat Sink Cooling Technologies for Next Generation CPU Thermal Designs", Electronics Cooling, Vol. 11, No. 1, pp 20-26, 2005.
- 20) C. Soule, "Future Trends in Heat Sink Design", Electronics Cooling, Vol. 7, No. 1, pp. 18-27, 2001.