

건물 특성과 시간적 변화가 소방시설관리시스템의 화재알람에 미치는 영향 분석 연구[☆]

Analysis of Building Characteristics and Temporal Changes of Fire Alarms

임 관 목¹ 고 설 태² 김 유 신³ 박 건 철^{2*}
Gwanmuk Lim Seoltae Ko Yoosin Kim Keon Chul Park

요 약

본 연구는 서울소방재난본부의 IoT 소방시설관리시스템에 기록된 실시간 화재알람 발생 데이터를 분석하여, 화재알람 발생 영향요인을 규명하고 이를 바탕으로 효과적인 화재사고 예방체계를 구축하기 위한 학술적 시사점을 제시하는데 있다. 도심지역을 중심으로 고층·복합건물의 수가 증가하고 기존 건물도 고도화되면서, 화재 등 비상상황 발생 시 상주인원의 신속한 대피와 초동대응을 돕는 자동화재탐지설비의 설치가 늘어나고 있다. 그러나 화재상황을 잘못 탐지하여 정확성이 낮아지면 상주인원의 불편이 늘어나고 신뢰성도 줄어들기 때문에, 효율적인 점검과 건물 환경 조사를 통해 시스템을 개선할 필요가 있다. 이번 연구는 잘못된 화재탐지가 용도나 시간 등 건물 특성 및 외부 환경에 기인함을 밝히고, 이에 근거하여 효율적인 시스템 점검과 건물 환경 개선이 필요함을 강조하는 것에 목적을 두고자 하였다. 분석 결과, 건물의 규모(연면적)가 화재알람 발생에 가장 큰 영향을 끼쳤고 민간 건물, R형 수신기인 건물, 고장일수 또는 경종차 단일수가 많은 건물에서 화재알람 발생이 높아지는 것으로 나타났다. 또한 건물의 주용도에 따라 화재알람 발생의 영향요인이 다르게 나타나기도 하였다. 시간적으로는 평일 주간 사람들의 일상 활동 패턴(오전 9시~오후 6시)을 거의 그대로 따르는 것으로 나타났으며, 오전 10시 경, 오후 2시 경에 각각 최고치를 기록했다. 연구를 통해 시스템 내부 점검과 함께 화재알람 발생에 영향을 끼치는 건물 환경 조사도 필요함을 강조하고, 후속 연구와 시스템 고도화를 위해 실시간 건물 환경 정보를 추가 데이터화하는 방안 등의 제안을 하였다.

☞ 주제어 : 소방시설관리시스템, 자동화재탐지설비, 화재알람, 화재감지기, 실시간신호분석

ABSTRACT

The purpose of this study to find the factors influencing the fire alarms using IoT firefighting facility management system data of Seoul Fire & Disaster Headquarters, and to present academic implications for establishing an effective prevention system of fire situation. As the number of high and complex buildings increases and former buildings are advanced, the fire detection facilities that can quickly respond to emergency situations are also increasing. However, if the accuracy of the fire situation is incorrectly detected and the accuracy is lowered, the inconvenience of the residents increases and the reliability decreases. Therefore, it is necessary to improve accuracy of the system through efficient inspection and the internal environment investigation of buildings. The purpose of this study is to find out that false detection may occur due to building characteristics such as usage or time, and to aim of emphasizing the need for efficient system inspection and controlling the internal environment. As a result, it is found that the size(total area) of the building had the greatest effect on the fire alarms, and the fire alarms increased as private buildings, R-type receivers, and a large number of failure or shutoff days. In addition, factors that influencing fire alarms were different depending on the main usage of the building. In terms of time, it was found to follow people's daily patterns during weekdays(9 am to 6 pm), and each peaked around 10 am and 2 pm. This study was claimed that it is necessary to investigate the building environment that caused the fire alarms, along with the system internal inspection. Also, it propose additional recording of building environment data in real-time for follow-up research and system enhancement.

☞ keyword : Fire-fighting Facility Management System, Automatic Fire Detection Facility, Fire Alarm, Fire Detector, Real-time Sensing Analysis

1. 서 론

화재 발생 시 신속한 긴급 상황 전파와 초동 대응은 인명 피해를 막고 물적 손실도 최소화하는 매우 중요한 조

¹ Dept. of Digital Inclusion, Seoul Digital Foundation, Seoul, 03909, Korea.

² Dept. of Policy Research, Seoul Digital Foundation, Seoul, 03909, Korea.

³ Chief Data Scientist, RT Data Lab, Seoul, 06655, Korea.

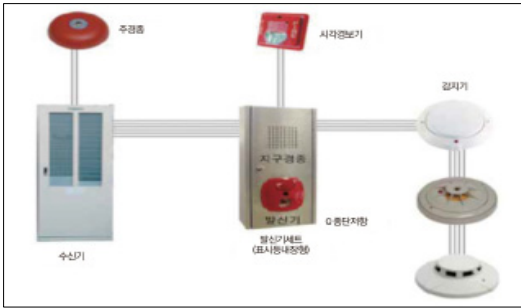
* Corresponding author (parkkc07@skku.edu)

[Received 23 February 2021, Reviewed 15 March 2021(R2 11 MAy 2021, R3 7 June 2021), Accepted 05 August 2021]

[☆] This work was supported by the Seoul Digital Foundation grant funded by the Seoul Metropolitan Government.

치이다. 그러나 사람이 긴급 상황을 인지하고 이를 전파하는 것에는 한계가 있기 때문에, 그 역할을 대신해 줄 소방시설관리시스템(이하 ‘소방시스템’)으로 자동화재탐지설비를 개발하여 널리 활용하고 있다.

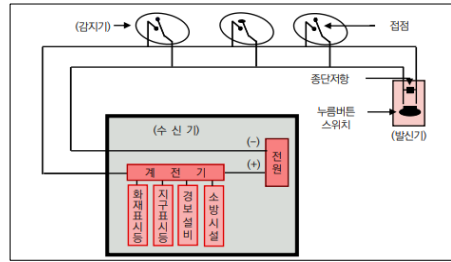
자동화재탐지설비는 화재가 발생한 상황을 인지하기 위해 건물 내의 열(온도)과 빛(광원), 연기(대기환경) 등을 자동으로 감지하고, 비상상황 발생 시 경종(비상벨) 등의 경보설비를 가동하여 상주인원의 신속한 대피를 유도하고 스프링클러 등 연동 소화설비를 작동시킨다(그림 1 참조). 또한 해당 건물을 관할하는 소방서에도 화재 발생을 알려, 사람의 신고 없이도 소방서의 빠른 출동과 초동 대응을 도울 수 있다[1]. 이를 통해 화재를 조기에 발견하고, 상주인원의 신속한 대피와 초기 진압을 가능하게 하여 인적·물적 피해를 최소화하는 역할을 담당한다.



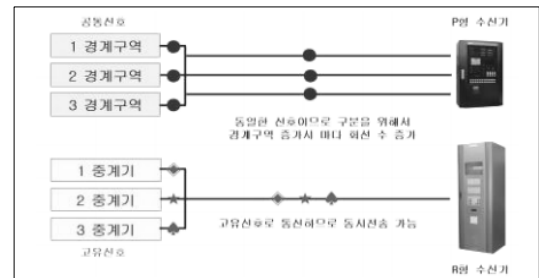
(그림 1) 자동화재탐지설비 구성도(P형)
(Figure 1) Automatic Fire Detection Facility
* 출처 : 국민안전처·한국소방안전협회(2016)

자동화재탐지설비는 기본적으로 중단저항이 설치되어 있어 적은 전류만 흐르는 상태에 있으나, 화재상황 탐지 등으로 일정치 이상의 전류가 흐르게 되면 계전기가 작동하여 연동 소방시설들이 자동으로 동작하는 원리로 작동한다. 또한 발신기를 통해 사람이 수동으로 화재경보기를 작동시킬 수도 있다(그림 2 참조).

자동화재탐지설비는 신호전송방식에 따라 공통신호방식인 P형과 고유신호방식인 R형으로 나뉜다. P형 설비는 별도의 중계기를 설치하지 않은 상태에서, 수신기에 전류 흐름만으로 직접 화재상황을 전송하므로 특정 화재 위치를 판별할 수 없다는 단점이 있다. 반면 R형 설비는 중계기를 사용하여 특정 위치에서의 화재탐지를 고유신호로 전환하여 수신기에 전달하는 방식을 채택하고 있다. P형은 주로 소규모 건물에 설치되고, R형은 대형 건물에서 많이 채택하고 있다(그림 3 참조).



(그림 2) 자동화재탐지설비 회로 간략도(P형)
(Figure 2) Circuit Design for Automatic Fire Detection Facility
* 출처 : 중앙소방학교 ‘예방실무’ 교육자료(2017)



(그림 3) P형·R형 설비, 공통신호·고유신호의 구분
(Figure 3) Classification of Sensor Types and Facilities
* 출처 : 중앙소방학교 ‘예방실무’ 교육자료(2017)

『소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령』 제15조에서는 ‘특정소방대상물’로 지정된 건물에 해당 건물의 규모, 수용인원, 용도 등을 고려하여 소방시설을 적절히 설치하도록 명시하고 있다. 최근 고층·복합건물이 증가하고, 기존 건물도 리모델링 등을 통해 고도화되면서 자동화재탐지설비를 설치한 건물도 늘어나고 있으며, 그 중요성 또한 더욱 커지고 있다.

그러나 이와 같은 소방시스템은 기계적 알고리즘으로 상황을 감지하는 특성 상, 화재가 아님에도 ‘화재’로 상황을 오인하는 경우가 발생할 수 있다. 즉 시스템 고장 등의 장애로 인한 오작동뿐 아니라, 화재가 아님에도 상황을 잘못 감지하여 시스템이 동작하는 비화재보 상황도 발생할 수 있는 것이다. 시스템을 설치·구축하는 건물들이 점차 늘어나면서 이와 비례하게 시스템 오작동과 그로 인한 오인출동 사례가 계속 증가하고 있다. 최근 3년 간 서울시에서 경보 오동작에 의한 화재 오인출동 횟수도 뚜렷하게 증가하고 있는 것으로 나타났다(표 1 참조).

특히 2017년 제천 스포츠센터, 2019년 김포 요양병원 등 주요 화재 인명피해 발생원인 중 하나로 소방시설의 미작동이 지적되면서, 자동화재탐지설비의 중요성을 많은

사람들이 인식하게 되었다. 그러나 이후 시스템의 잦은 오작동으로 언론에서도 신뢰성에 우려를 표한 바 있다.

(표 1) 서울시 화재 오인출동현황(경보오동작 원인) 통계 (Table 1) Statistics on the current status of fire alarms in Seoul (causes of false alarms)
*출처 : 서울 열린데이터광장(data.seoul.go.kr, 2020)

	2016	2017	2018	2019
오인 출동 횟수	119	162	307	364
전년 대비 증가율		0.36	0.90	0.19

자동화재탐지설비의 오류 신호가 자주 발생하면 관할 소방서의 불필요한 인력 소모가 발생하고 피로도 또한 높아지며, 동시간대 다른 지점에서의 실제 화재 발생 시 상황 대처에도 어려움을 줄 수 있다. 건물 내 상주인원은 잦은 화재알람으로 인한 소음으로 업무 또는 일상생활에 불편을 겪고 화재정보를 신뢰하지 않게 될 수 있으며, 시스템 전원 차단 등으로 이어져 실제 화재 시 신속한 대피와 초기 진압에 실패하여 막대한 인명과 재산 피해를 초래할 수 있다[2]. 자동화재탐지설비 설치 건물 수가 계속 늘어나고 있는 만큼, 오인 출동과 전원 차단 등으로 인한 불편과 피해가 발생하지 않도록 지속적 개선과 점검이 요구되고 있다.

자동화재탐지설비의 오류를 개선하고 정확성을 높이기 위한 여러 기술적 연구들은 지속적으로 이루어지고 있다[2][3][4][5]. 이와 같은 자동화재탐지설비의 오류를 줄이고 성능을 개선하려면 시스템 자체의 기술적 요소와 함께, 건물의 구조적 특성과 주용도, 내부 환경의 관계도 살펴볼 필요가 있다. 즉 건물의 구조적 특성과 환경 변화에 따라 시스템이 어떤 반응을 보이는지 이해하는 연구도 병행해야 할 필요가 있는 것이다.

일례로 경남 진주시의 10년 간 축적된 화재데이터를 사용한 연구에 따르면, 시설의 종류에 따라 화재발생의 상관성이 높은 것으로 나타났고, 특히 주거·공업지역과 다르게 중심상업지역에 화재위험도가 높은 시설이 집중 분포하여 다른 지역에 비해 화재위험에 더 크게 노출된 것으로 나타났다[6]. 또한 다른 연구에서는 노후화된 건물 및 지역 환경에서 화재발생의 빈도와 안전관리 부족 등으로 인한 위험성이 커 주의를 필요로 하는 것으로도 나타났다[7][8]. 이와 같이 시설의 종류, 특성과 지역적 차이, 노후화 정도 등 건물 내·외부 환경에 따라 화재발생의 빈도 및 위험도가 다른 만큼, 자동화재탐지설비도 건물의 특성에 따라 영향을 받을 수 있음을 짐작케 한다. 건물 특

성이나 환경에 따른 민감성을 반영하여, 알맞은 시스템 운영과 시설 환경 개선이 함께 이루어져야 할 것이다.

이러한 배경에 따라 화재발생 영향 요인으로 건물 특성과 외부 환경에 주목하고 이를 대비하기 위한 연구도 수차례 진행되어 왔다. 특히 화재상황 인지 및 사고 예측을 위한 기술들이 다양하게 도입되면서 분석방법 또한 고도화를 거듭하고 있는데, 화재탐지 정확성 향상을 위한 주요 방안 중 하나로 사물인터넷(IoT) 단말기를 활용하는 것도 주목받고 있다. 시스템이 감지한 화재정보를 IoT 단말기가 데이터베이스에 기록하고, 이 데이터를 관할소방서 및 유관 연구기관에서 분석·조치하도록 돕는 것이다.

실제로 자동화재탐지설비를 비롯한 자동화된 소방시스템에서 수집한 데이터를 분석하여 성과를 이룬 사례도 나오고 있다. 일례로 미국 뉴욕에서는 5개 기관의 데이터를 모아 약 60개의 위험요소를 분류하고, 각 요소들에 따른 위험도를 평가하여 화재에 가장 취약한 건물의 목록을 생성하고 알맞게 대응하는 Firecast 시스템을 RBIS(Risk Based Inspection System, 위험기반 검사시스템)를 통해 운영하고 있다[9][10].

최근 국내 전문 연구기관에서도 IoT 기능 등을 도입하여 다양한 정형·비정형 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 화재상황 탐지 정확성을 높이고 빠른 긴급대응을 돕기 위한 연구를 지속적으로 전개하고 있다. 다중 센서 기능을 활용하여 화재탐지 정확도 향상을 시도한 연구, 어두운 지하공동구 내 화재탐지를 위해 딥러닝 기술을 활용한 연구 등을 통해 화재상황 발생 시 대응력을 향상시키는 성과로 나타나고 있다[11][12]. 그 밖에도 건물의 내·외부 환경에 따른 화재위험도 측정 및 이상징후 예측, 영상 및 사진 등 비정형 데이터를 이용한 화재탐지 학습 및 예측모델 개발, 공간정보 기술(GIS)을 활용한 화재위험등급 분류 및 화재취약지역 발굴 등 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 그 결과를 화재 등 긴급재난 상황 대비에 활용할 수 있게 되었다[13][14][15][16][17]. 다양한 데이터를 활용한 화재탐지 및 대비 기술과 알고리즘 고도화는 많은 건물의 안전관리에 크게 기여할 것으로 기대된다.

한편, 최근 서울시의 경우 「2020 스마트도시 및 정보화 시행계획」에 따라 2019년부터 서울소방재난본부 주관으로 IoT단말기와 연동된 실시간 소방시설관리시스템을 주요 건물에 국내 최초로 구축·운영하기 시작했다. 다만 설치 이후에도 오류 발생 없이 실제 화재를 탐지하는 안정화가 이루어지기까지는 어느 정도 기간이 필요한 상황에 있다. 따라서 빠른 시일 내에 해당 소방시스템의 효과성을 객관적으로 검증하고, 문제점을 진단하여 단계적

으로 기능을 고도화하는 방안을 강구하고 있다.

이런 상황에서, 비록 초기에 불과하나 현 시점까지 모인 화재수신기 이벤트 기록 데이터 분석을 통해 소방시스템의 효율적 운영과 점검을 계획하여 신뢰성을 높일 수 있는 방안을 찾는 것이 필요하다고 판단된다. 향후에는 오류신호와 정상신호를 선별하기 위해 일정 주기에 따라 건물 환경 데이터를 기록하여, 실제 화재상황 탐지의 정확성을 지속적으로 높일 수 있는 알고리즘을 개발·적용하면 상주인원의 신속한 대피와 초동 대응에 큰 역할에 기여하고 신뢰도도 높아질 것으로 생각된다. 특히 공공 부문 주도의 IoT 소방시설관리시스템 최초 도입으로, 시스템의 빠른 보급 확대와 안전사고 대응에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 다만 해당 시스템이 비교적 최근 도입·설치되고 있기 때문에(2019~2020년), 이 시스템을 활용하고 문제를 개선하기 위한 연구가 앞으로도 계속 필요할 것으로 판단된다.

위와 같은 배경에 따라, 이번 연구는 서울특별시 소방재난본부의 실시간 소방시설관리시스템 화재알람 기록 데이터를 분석하여 건물 특성 및 시간적 변화와 화재알람 발생횟수의 상관관계와 주요 영향요인을 알아내고자 한다. 즉, 건물 및 소방시스템의 특성과 계절적·시간적 요인에 따라 자동화재탐지설비의 오작동이 영향을 받을 수 있음을 알리려는 것이 연구의 기본적인 목적이 있다. 나아가 각 건물 특성별 화재알람 발생 영향요인과 집중적 발생 시간대를 파악하여, 건물 및 소방시스템 안전점검 계획에도 일정 수준 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 연구 설계

2.1 분석 대상 및 데이터

분석에 활용하는 데이터는 서울특별시 소방재난본부에서 제공하는 실시간 소방시설관리시스템의 화재알람 발생 기록 데이터이다. 이 시스템에는 ‘특정소방대상물’로 지정된 건물들의 화재알람 발생을 포함한 화재수신기 이벤트 내용들이 실시간으로 기록된다. 화재수신기가 화재상황 및 고장, 경종차단 등 소방시스템 내 이벤트를 탐지하면, 함께 설치된 IoT단말기가 해당 정보를 데이터화하여 수집 및 기록이 이루어지는 방식이다.

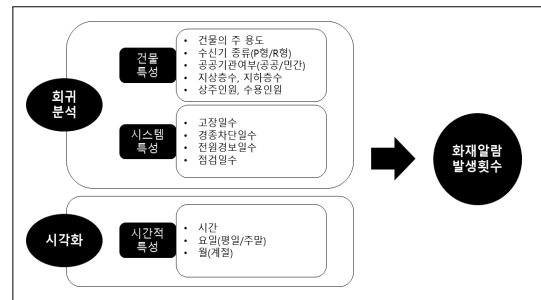
이번 분석에서는 이 기록들 중 2019년 12월부터 2020년 8월까지 9개월 간 유의미하게 수집된 기록이 있는 총 714개소의 특정소방대상물 지정 건물을 대상으로 하였다. 다만 소방서의 실제 화재출동 기록과 비교한 결과 대부분의

기록이 비화재보 등의 오류신호 기록이었다. 시스템 운영 초기인 것을 감안하면, 전체적으로 아직 시스템의 안정화와 정교한 정비가 더 필요한 상황인 것으로 볼 수 있다.

2.2 연구모델링 및 분석방법

이번 분석에서는 자동화재탐지설비의 실제적인 점검과 내부 환경 조사의 효율성을 높여주기 위해 화재알람 발생의 영향요인 탐색과 최적의 점검·환경 조사 시간을 추정하는 것에 중점을 두기로 하였다.

설계한 연구 방법과 모델에 따른 연구 순서와 구체적인 내용은 다음과 같다. 먼저 화재알람의 발생횟수를 비롯한 주요 변수의 기초통계량을 산출하여 각 변수의 개별적 특성을 파악한다. 둘째로 화재알람 발생에 영향을 미친 건물 및 시스템 특성을 회귀분석으로 확인한다. 공공기관 여부, 건물의 층 구성, 상주인원, 수용인원, 점검일수, 고장일수, 경종차단일수, 전원경보일수 등을 독립변수로 활용하며, 건물의 수용도를 별도 구분하여 각각 회귀분석을 실시한다. 그리고 월, 요일, 시간대별 화재알람 발생 현황을 그래프로 시각화할 것이다. 이를 통해 회귀분석 결과와 결합하여 특히 주목해야 할 요인들을 확인하고 소방시설의 점검·조사에 도움을 주고자 한다. 연구 모델링에 따라 설계한 연구 모형은 그림 4와 같으며, 분석 방법은 표 2와 같다.



(그림 4) 연구 모형
(Figure 4) Research Model

(표 2) 세부 연구 내용 및 방법
(Table 2) Research Process and Method

연구 내용	분석 방법
건물 특성과 시스템 특성이 화재알람 발생에 미치는 영향	회귀분석
월·요일·시간적 변화에 따른 화재알람 발생횟수 변화	빈도분석 및 시각화

2.3 변수설명 및 기술통계

이번 분석에서 활용하는 주요 변수들의 구성과 내용을 설명하면 표 3과 같다. 변수 선택에 있어서는 화재알람 발생횟수에 영향을 줄 수 있을만한 특성 중 연속형 변수(Continuous Variables) 형태의 특성과 5개미만 하위범주가 전체집단의 약 80%를 차지하는 범주형 변수(Categorical Variables) 특성을 선정하였다. 이러한 주요 특성들을 건물의 특성과 소방시스템(자동화재탐지설비)의 특성으로 다시 구분하였다. 그밖에 건물의 양식(건축 재료)과 구조도 건물 특성 변수 중 하나로 고려되었으나, 모든 건물이 철근콘크리트 양식으로 파악되어 변수에서 제외하였다.

(표 3) 주요 변수 형식 및 내용
(Table 3) Measurement Instruments

특성 구분	변수	형식 (단위)	내용
건물 특성	화재알람 발생횟수	숫자 (회)	건물에서 화재알람이 발생하여 데이터로 기록된 횟수
	연면적	숫자 (m ²)	건물의 전체 합계 바닥면적
	공공기관 여부	T/F	공공기관 건물 여부 - True : 공공기관
	건물층수	숫자 (층)	건물의 총 층수 - 지상과 지하로 별도 구분
	상주인원	숫자 (명)	주거·업무 등의 목적으로 건물에 상주하는 인원
	수용인원	숫자 (명)	하나의 건물 안에서 최대로 수용 가능한 인원
시스템 특성	수신기 종류	P형/R형 (개)	자동화재탐지설비 중 화재수신기의 종류로써 P형과 R형으로 구분 - P형 : 중계기 없이 개별통신선으로 화재신호를 전달하는 방식 - R형 : 다중통신선과 중계기를 통해 화재신호를 전달하는 방식
	자동화재탐지설비 개수	숫자 (개)	자동화재탐지설비가 설치된 수 - 감지기, 중계기, 수신기, 발신기로 구성되며 감지기의 비중이 높음
	고장일수	숫자 (일)	자동화재탐지설비의 고장 발생일 수
	경종차단일수	숫자 (일)	화재탐지 시 울리는 경종(비상벨)의 전원차단 날짜 수
	전원경보일수	숫자 (일)	자동화재탐지설비 상용전원(주전원)의 이상으로 경보가 발생한 날짜 수

이번 분석에 활용한 주요 변수의 기술통계량은 표 4와 같다. 기술통계를 산출한 결과, 주요 영향요인들이 비교적 낮은 집중치(평균, 중앙값)에 비해 매우 높은 분산치(표준편차)를 나타내어, 분석 대상 건물들마다 개별적인 차이가 상당히 크다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 극소수의 대규모 건물들은 대다수의 중·소규모 건물들과 여러 변수들에서 극심한 편차를 보였다.

(표 4) 주요 변수 기술통계표
(Table 4) Descriptive Statistics

변수	평균	표준편차	최소값	중앙값	최대값
지상층수(층)	5.71	7.387	0	4	55
지하층수(층)	2.20	1.682	0	2	9
점검일수(일)	2.44	5.936	0	1	63
고장일수(일)	0.93	7.707	0	0	127
경종차단일수(일)	2.56	13.36	0	0	153
전원경보일수(일)	2.30	3.90	0	1	24

3. 분석 결과

3.1 건물의 규모가 화재알람에 미치는 영향

이번 연구의 핵심 변수는 '화재알람 발생횟수'이다. 이 화재알람 발생횟수는 개별적인 감지기의 화재감지를 통해 데이터 기록이 이루어지기 때문에, 그 설치 수가 많아 질수록 횟수가 크게 증가할 개연성을 가진다. 그리고 자동화재탐지설비의 감지기 설치 수가 많다는 것은, 그만큼 건물의 규모가 크다는 것을 의미한다. 따라서 화재알람의 전체 발생횟수는 필연적으로 연면적과 같은 건물의 규모에 결정적으로 큰 영향을 받게 되는 것이다.

관련 법적 근거에서도 그 단서를 찾을 수 있다. 『자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준』 고시에는 건물의 높이 및 단위 면적 등에 따른 자동화재탐지설비 설치 기준을 명시하고 있다. 즉 규모에 따라 일정 간격으로 화재감지기를 비롯한 자동화재탐지설비를 여럿 설치하여 화재 상황을 감지하고 상황발생 시 이를 모두 기록한다. 결론적으로, 규모가 큰 건물에서는 여러 위치에서 화재감지기가 상황을 탐지하고, 마치 화재가 대량 발생한 것처럼 동시다발적으로 데이터가 기록된다.

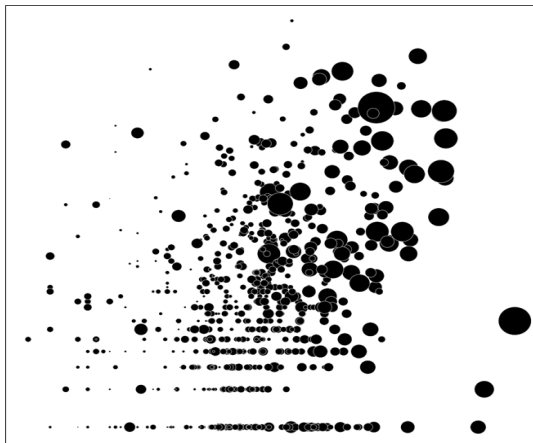
표 5와 같이 이번 분석 데이터에서 화재알람 발생횟수

가 최상위권에 속하는 10개 건물의 화재발생 기록을 대조해 보았다. 그 결과, 7개의 건물이 연면적 상위 100위권에 속하는 건물로 나타났다. 자동화재탐지설비 수는 3개 건물만이 상위 100위권이었으나, 200위권으로 범위를 넓히면 8개 건물이 속하는 것으로 나타났다.

(표 5) 화재알람 발생횟수 순위별 연면적, 자동화재탐지설비 수 (Table 5) Statics for Fire Alarm Occurrences

화재알람 발생횟수		건물 연면적		자동화재탐지설비	
횟수	순위	크기(m ²)	순위	개수	순위
1,718	1	2,663.35	636	257	175
1,065	2	11,344.80	250	231	196
897	3	64,779.31	24	2,626	10
767	4	23,320.46	100	88	442
706	5	1,938.60	661	18	656
680	6	91,674.67	11	654	71
615	7	60,521.99	26	444	104
586	8	39,989.00	45	426	109
575	9	45,627.24	43	1,286	29
549	10	38,674.75	49	302	155

또한 그림 5는 전체 건물의 연면적(점 크기), 자동화재탐지설비 수(X축), 화재알람 발생횟수(Y축)의 관계를 나타낸 것인데, 전체적으로 연면적의 크기가 큰 건물이 자동화재탐지설비가 설치된 수가 많고, 그에 따라 화재알람의 발생횟수도 상당히 높은 축에 속함을 알 수 있다.



(그림 5) 연면적-자동화재탐지설비 수-화재알람 발생횟수 상관관계 산점도
(Figure 5) Correlation Scatter Plot Diagram

이와 같이 화재알람에 상당한 영향을 미치는 건물 규모(연면적)와 자동화재탐지설비 개수 관련 변수는 사전에 통제를 하거나, 일정 시간동안 동시에 울린 알람의 기록을 묶어서 변수를 재정의한 뒤 다른 영향요인들을 살펴볼 필요가 있다고 판단된다.

비슷한 흐름에 따라 화재수신기의 종류와 공공기관 여부의 관계를 유추할 수 있다. 화재수신기의 종류는 P형과 R형으로 구분된다. P형은 중계기가 없는 단순한 구조를 이루고 있고, R형은 중계기를 통해 화재신호가 전달되는 비교적 복잡한 구조를 이루고 있다. 이 때문에, 규모가 크고 복잡한 건물에는 주로 R형 수신기가 이용된다. 『소방기술기준에 관한 규칙』 제 83조(자동화재탐지설비의 수신기)에 해당 내용이 설명되어 있다.

이와 같은 수신기의 종류에 따라 화재알람 발생횟수를 비교하면 표 6과 같다. R형 수신기가 P형보다 비교적 적은 건물에 설치되어 있음에도, 화재알람은 전반적으로 P형보다 R형에서 더 많이 발생했다. 이는 규모가 상대적으로 큰 건물의 특성과 유사한 결과라고 할 수 있다. 비슷하게 공공/민간건물에 따라 분류한 경우에도, 공공기관보다 민간 소유 건물이 수가 적음에도 화재알람 발생횟수가 많음을 알 수 있다. 이번 분석 대상 건물에서 공공기관(26.3%)보다 민간 건물(88.0%)이 R형 수신기를 더 많이 도입하고 있어, 기관 특성과 수신기 종류가 밀접한 연관성을 갖는 것으로 볼 수 있었다.

(표 6) 수신기 종류와 공공기관 비중 및 화재알람 발생횟수와의 관계 기술통계표

(Table 6) Descriptive Statistics for Relation between Receiver Type and Public Institutions and the Frequency of Fire Alarms

변수	건물수 (%)	화재알람 발생횟수와의 관계				
		평균	표준편차	최솟값	중앙값	최댓값
수신기 종류						
P형	449 (62.9)	15.86	35.60	0	5	424
R형	265 (37.1)	90.97	181.84	0	24	1,718
공공기관 여부						
민간	125 (17.5)	106.77	219.03	0	29	1,718
공공	589 (82.5)	30.36	79.17	0	8	767

3.2 건물 및 소방시스템 특성이 화재알람에 미치는 영향

다음으로 건물의 주요 특성이 화재알람 발생횟수에 미치는 영향을 다중회귀분석으로 살펴보았다. 다중회귀분석은 여러 독립변수가 있을 때 종속변수에 미치는 각각의 영향력을 상대적으로 비교하고, 변수 간 정확한 인과관계를 파악할 때 활용한다[18]. 축적된 화재사고 데이터를 바탕으로 하여 건물 및 지역적 특성에 따른 화재사고 발생의 인과관계 규명을 위한 연구에서도 회귀분석을 활용한 바 있어[19], 이를 참고하여 분석을 시도하였다.

분석에 앞서 건물의 규모가 화재알람 발생에 큰 영향을 미친다는 분석 결과에 근거하여, 화재알람 발생횟수를 건물 연면적으로 나누어 규모 요인을 통제하고, 이 변수를 표준화하여 나타낸 화재알람 발생횟수를 종속변수로 규정하여 다중회귀분석을 실시하였다. 또한 전체 회귀분석을 실시한 뒤, 수신기의 종류와 건물 용도에 따라 데이터를 나누어 영향요인의 세부적 차이를 검토하였다.

전체 데이터를 대상으로 분석한 결과, 건물에 설치된 수신기의 종류가 R형일 때(유의수준 0.05 이내), 지하층수가 적을수록, 고장일수와 경종차단일수가 많을수록, 점검일수가 적을수록(유의수준 0.05 이내) 화재알람의 발생횟수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 공공기관이 아닌 민간 건물인 경우 화재알람 발생횟수가 더 많은 것으로 나타났으며 이는 0.05 수준에서 유의하였다(표 7 참조).

(표 7) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표
(Table 7) Result of Regression Analysis by Building and Firefighting Systems

(N = 714)	계수 ()	표준편차	t
상수	0.1234	0.120	1.030
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	-0.3016*	0.124	-2.424
수신기 종류 [1 : R형]	0.3378**	0.096	3.529
지상층수	0.0341	0.058	0.584
지하층수	-0.1127**	0.041	-2.721
상주인원	-0.0240	0.046	-0.521
수용인원	-0.0053	0.042	-0.127
점검일수	-0.0740*	0.036	-2.057
고장일수	0.2384**	0.035	6.857
경종차단일수	0.1593**	0.036	4.463
전원경보일수	0.0219	0.038	0.579
R-Square : 0.199 / F Statistic : 15.840 / P-value : 0.000			

또한 위의 결과가 자동화재탐지설비의 수신기 종류(P형/R형)에 의해 달라질 수 있는지 확인하기 위해 각 수신기 종류에 따라 데이터를 분할하고 앞과 같은 방식으로 회귀분석을 실시하였다. P형 수신기를 설치한 건물만을 대상으로 회귀분석을 실시한 결과, 해당 회귀모델은 유의수준 0.05 이내에서 유의미한 것으로 나타났다.

모델 내 유의미한 회귀계수는 상주인원뿐인 것으로 나타났다(유의수준 0.05 이내), 상주인원이 많을수록 화재알람 발생 가능성이 높아지는 경향으로 나타난다. 즉, P형 수신기를 설치한 건물에서는 대체로 해당 건물에서 업무 또는 일상생활을 영위하는 상주인원의 규모에 의해 화재수신기가 영향을 받는다고 볼 수 있다(표 8 참조).

(표 8) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 P형 수신기
(Table 8) Result of Regression Analysis for P-type Sensor

(N = 449)	계수 ()	표준편차	t
상수	-0.1031	0.077	-1.345
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	-0.0778	0.078	-0.995
지상층수	0.0568	0.057	0.999
지하층수	-0.0211	0.022	-0.973
상주인원	0.0836*	0.037	2.282
수용인원	0.0179	0.023	0.766
점검일수	0.0420	0.037	1.131
고장일수	0.0125	0.009	1.345
경종차단일수	0.0197	0.015	1.345
전원경보일수	0.0037	0.013	0.283
R-Square : 0.033 / F Statistic : 2.167 / P-value : 0.036			

R형 수신기 운영 건물에서는 고장일수가 많거나 경종차단일수가 많을수록(유의수준 0.05 이내) 화재알람 발생횟수가 늘어나는 경향을 보였다. 즉, R형 수신기에서는 잦은 고장이 곧 화재알람의 빈번한 발생(오작동)을 의미하는 것으로 생각할 수 있다. 또한 잦은 비화재보 발생 시 울리는 경종에 불편을 겪는 상주인원이 경종을 차단하는 경우도 많았을 상황을 유추할 수 있다(표 9 참조).

(표 9) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 R형 수신기
(Table 9) Result of Regression Analysis for R-type Sensor

(N = 265)	계수 ()	표준편차	t
상수	0.6295	0.358	1.757
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	-0.3193	0.234	-1.365
지상층수	0.1324	0.106	1.252
지하층수	-0.1871	0.096	-1.957
상주인원	0.0195	0.073	0.267
수용인원	0.0247	0.079	0.311
점검일수	-0.0767	0.061	-1.265
고장일수	0.2401**	0.056	4.294
경종차단일수	0.1478*	0.059	2.515
전원경보일수	0.2702	0.539	0.501
R-Square : 0.125 / F Statistic : 4.043 / P-value : 0.000			

다음으로 건물의 용도에 따라 집단을 분류하고 각각에 대한 회귀분석을 시도하였다. 『화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령』(소방시설법 시행령) 제 5조(별표 2)에는 특정소방대상물의 종류를 크게 30가지로 지정하고 있으며, 각 건물은 종류에 따라 주 용도를 갖는다. 이번 연구는 분석 대상 건물의 약 80%(567개)에 해당하는 4개(운수시설, 교육연구시설, 업무시설, 복합건축물) 용도만을 대상으로 한다. 이들은 화재알람 발생횟수에서도 1~4위를 차지하고 있다(표 10 참조).

(표 10) 주용도별 건물 수, 비율 및 화재알람 발생횟수 분포표
(Table 10) Number of Buildings, Ratio and Fire Alarm Occurrences by Usage

(N = 714)	건물 수	비율 (%)	화재알람 발생횟수
운수시설	218	30.53	3,107
교육연구시설	174	24.37	6,922
업무시설	90	12.61	3,026
복합건축물	85	11.90	8,955
문화 및 집회시설	26	3.64	1,864
노유자시설	19	2.66	626
항공기 및 자동차관련시설	19	2.66	771
공동주택	17	2.38	2,087
의료시설	16	2.24	1,036
지하가	12	1.68	413
기타	38	5.32	2,422

먼저 가장 많은 용도의 건물이 있는 운수시설부터 분석을 수행하였다. 버스과 지하철 중심으로 구성된 서울의 운수수단(대중교통) 특성 상, 운수시설 해당 대상물의 대다수는 지하철역인 것으로 확인되었다. 분석 결과, 수신기 종류가 R형일 때, 지상층수가 많을수록, 고장일수가 적을수록 화재알람 발생이 증가하는 경향을 보였다. 특히 다른 대상물의 결과와 다르게 고장일수가 적을 때 화재알람의 발생횟수가 더 증가하는 것으로 나타난다. 이는 상주인구보다 유동인구가 많고, 좁은 승강장에 많은 인원이 몰리는 경우가 많으며, 지하의 밀폐된 환경에 주로 건설되는 지하철역의 특성이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 즉, 지하철 내 먼지 등 이물질에 의한 영향과 열차의 역 진입·발차에 따른 대기환경 변화에 따라 오히려 고장이 적게 나는 건물에서 알람이 더 예민하게 반응할 여지가 높은 것이다(표 11 참조).

(표 11) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 운수시설
(Table 11) Result of Regression Analysis for Transportation Facility

(N = 218)	계수 ()	표준편차	t
상수	-0.0686**	0.006	-10.788
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	0.0063	0.005	1.245
수신기 종류 [1 : R형]	0.0111**	0.002	5.727
지상층수	0.0125**	0.004	2.951
지하층수	-0.0015	0.001	-1.957
상주인원	0.0017	0.005	0.346
수용인원	-0.0004	0.001	-0.590
점검일수	0.0002	0.001	0.174
고장일수	-0.0194*	0.010	-2.014
경종차단일수	0.0075	0.008	0.981
전원경보일수	0.0000	0	0.123
R-Square : 0.235 / F Statistic : 6.347 / P-value : 0.000			

둘째로 교육연구시설에 해당하는 용도의 건물들을 대상으로 실시한 분석이다. 교육연구시설에는 초·중·고등학교, 대학교 및 연구소, 도서관, 연수원, 학원 등이 포함된다. 분석 결과, 수신기 종류가 R형일 때와 지상층수가 비교적 적을 때 화재알람 발생이 증가하는 경향을 보였다. 교육연구시설의 특성으로는 지상층수가 있는데, 지상층수가 적은 건물은 비교적 좁은 공간 안에 많은 인원이 상주하면서 그 인원들의 여러 활동 요인(연구, 실험 등)에 따라 화재알람이 더 예민하게 반응할 여지가 있었을 것으로 판단된다(표 12 참조).

(표 12) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 교육연구시설

(Table 12) Result of Regression Analysis for Education Facility

(N = 174)	계수 ()	표준편차	t
상수	-0.9267	0.709	-1.307
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	0.0121	0.658	0.018
수신기 종류 [1 : R형]	1.3990**	0.406	3.446
지상층수	-1.6619**	0.571	-2.912
지하층수	-0.4330	0.275	-1.576
상주인원	-0.1412	0.212	-0.666
수용인원	-0.3332	0.610	-0.547
점점일수	-0.1851	0.208	-0.889
고장일수	0.0963	0.078	1.229
경종차단일수	-0.6156	0.479	-1.285
전원경보일수	-0.0173	0.292	-0.059
R-Square : 0.130 / F Statistic : 2.433 / P-value : 0.010			

다음은 셋째로 비중이 높았던 업무시설 건물의 분석 결과이다. 업무시설에는 시·구 청사, 동 주민센터 등 공공기관 건물과 민간 기업의 건물이 모두 포함되는데, 이와 같은 공공기관 여부는 화재알람 발생에 유의미한 차이를 가져다주지 않았다. 반면 수신기 종류에 대해서는 앞의 다른 용도들과 같이 유의미한 영향력의 차이가 발생했고(유의확률 0.05 이내), R형일 때 P형보다 더 발생횟수가 커지는 것으로 나타났다. 또한 경종차단일수가 많을수록 화재알람 발생횟수도 많아지는 것을 알 수 있었다.

업무시설에서 한 가지 더 주목할 점은 상주인원이다. 상주인원이 많을수록 화재알람의 발생이 유의미하게 많아지는 것으로 나타났다(유의확률 0.05 이내). 상주인원과 경종차단일수를 연계하여 화재알람의 관계를 해석하자면, 업무시설의 특성 상 업무 수행을 위해 상주하는 인원의 활동이 많기 때문에, 상주인원이 많은 건물에서 화재알람의 비화재보 발생 여지가 많으며, 그 때문에 상주인원이 불편을 겪어 경종을 차단하는 경우도 빈번하게 발생함으로써 그 상관성을 갖는 것으로 예상된다(표 13 참조). 복합건축물로 분류된 건물의 회귀분석 결과는 회귀식의 F값이 유의수준 조건을 충족하지 못하여 모델이 유의하지 않은 것으로 나타났다. 화재알람 발생횟수가 매우 많음에도 불구하고 여러 용도 및 특성이 혼합된 건물이기 때문에, 일정한 인과관계 없이 불규칙하게 영향을 받는 것으로 판단된다. (표 14 참조)

(표 13) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 업무시설

(Table 13) Result of Regression Analysis for Office Facility

(N = 90)	계수 ()	표준편차	t
상수	-0.1462	0.238	-0.615
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	-0.1166	0.240	-0.486
수신기 종류 [1 : R형]	0.5390*	0.210	2.570
지상층수	-0.1651	0.192	-0.859
지하층수	-0.1142	0.127	-0.900
상주인원	0.3428*	0.133	2.585
수용인원	0.0147	0.055	0.266
점점일수	-0.0941	0.055	-1.701
고장일수	-0.0623	0.061	-1.024
경종차단일수	0.2302**	0.071	3.245
전원경보일수	-0.0822	0.159	-0.516
R-Square : 0.290 / F Statistic : 3.225 / P-value : 0.002			

(표 14) 건물 및 소방시스템 특성에 따른 화재알람 발생횟수 회귀분석 결과표 복합건축물

(Table 14) Result of Regression Analysis for Complex Facility

(N = 85)	계수 ()	표준편차	t
상수	0.1239	1.078	0.115
공공기관 여부 [1 : 공공기관]	-0.6514	0.673	-0.968
수신기 종류 [1 : R형]	0.8010	1.005	0.797
지상층수	0.1175	0.280	0.419
지하층수	-0.2559	0.249	-1.028
상주인원	0.0628	0.173	0.363
수용인원	0.0404	0.257	0.157
점점일수	-0.4943	0.466	-1.060
고장일수	-0.0957	0.449	-0.213
경종차단일수	0.0839	0.135	0.62
전원경보일수	0.6129	1.065	0.576
R-Square : 0.072 / F Statistic : 0.575 / P-value : 0.829			

3.3 시간대별 화재알람 발생 패턴 시각화

다음으로 시간적 요인과 그 변화가 화재알람의 발생에 미치는 영향을 보고자 하였다. 시간·계절의 변화에 따라 화재알람의 발생횟수와 그 패턴이 뚜렷하게 다를 경우,

소방시스템 점검 및 건물 환경 조사 등 후속조치 시 그 특성을 반영하여 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

먼저 연도-월별 화재알람 발생횟수 빈도표를 산출하고, 이를 바탕으로 한 시각화 그래프에서 패턴을 파악하는 방법으로 알아보기로 하였다. (표 15 참조)

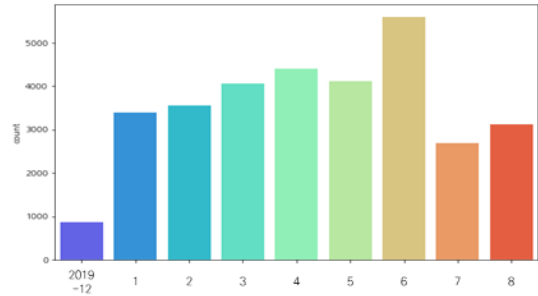
(표 15) 월, 요일별 화재알람 발생횟수 분포표
(Table 15) Number of Fire Alarm Occurrences by Month and Day

연도-월	월	화	수	목	금	토	일	합계	
2019	12	182	143	110	92	136	124	91	878
2020	1	703	493	684	706	550	204	52	3,392
	2	426	419	864	755	664	296	129	3,553
	3	863	679	729	491	874	197	234	4,067
	4	1,145	548	1,120	496	916	107	64	4,396
	5	681	1,038	311	586	1,221	199	87	4,123
	6	708	820	1,060	1,692	703	345	272	5,600
	7	451	553	369	559	297	310	154	2,693
	8	658	427	444	406	462	362	366	3,125
합계	5,817	5,120	5,691	5,783	5,823	2,144	1,449	31,827	

먼저 월별 화재알람 발생횟수(표 15 세로축)를 보면 2019년 12월이 이후의 기간보다 뚜렷하게 낮은 것을 확인할 수 있다. 이 기간은 시스템 구축 초기 단계로써, 주요 소방대상물에 데이터 기록을 위한 시스템을 도입하고 이를 안정화시키는 단계에 해당하는 건물들이 많았던 것으로 확인되었다. 그 때문에 화재알람 발생횟수가 이후 시기보다 매우 큰 차이를 보이고 있다.

시스템 구축 및 정비가 어느 정도 이루어진 2020년 1월에는 화재알람 발생횟수가 전월대비 약 4배가량 증가하였으며, 이후 발생횟수가 완만하게 증가하는 추세를 이루며 6월 정점에 이르고, 7-8월에는 다시 이전보다 뚜렷하게 감소하는 것으로 나타났다(그림 6 참조).

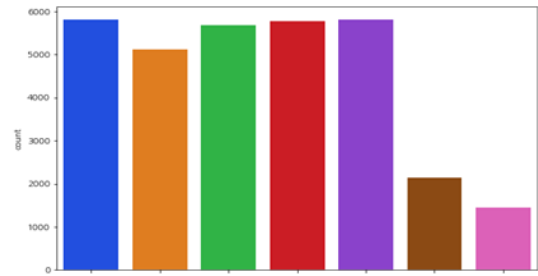
데이터 제공에 협조한 서울소방재난본부 측에 따르면, 소방시스템의 여름철 잦은 오류발생으로 불편을 겪는 경우가 많기 때문에 선제적으로 시스템 점검을 실시하였다고 한다. 그 결과 화재알람 발생횟수가 비약적으로 감소한 효과가 있었던 것으로 추정된다.



(그림 6) 월별 화재알람 발생횟수 그래프

(Figure 6) Graph for Fire Alarm Occurrences by Month

요일별 화재알람 발생횟수(표 15 가로축)에는 크게 평일과 주말의 차이가 있음을 확인할 수 있다. 평일(월~금)에는 화재알람 발생이 약 5,000여 회 전후의 비슷한 횟수로 나타난 반면 주말에는 토요일이 2,144회, 일요일이 1,449회로, 평일보다 매우 적은 발생횟수의 차이를 나타내고 있다(그림 7 참조).

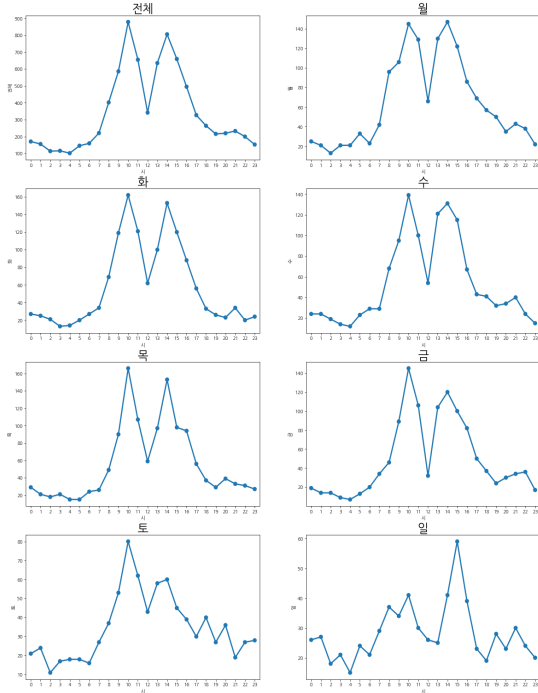


(그림 7) 요일별 화재알람 발생횟수 그래프

(Figure 7) Graph for Fire Alarm Occurrences by Day

다음으로 화재알람의 시간대별 발생 패턴을 보고자 꺾은선그래프로 시각화하였다. 분석에 앞서, 동시다발적 알람이 발생한 건물의 규모 변수를 통제한 것처럼 한 번의 화재상황에 여러 위치에서 연속으로 울린 알람을 하나의 알람으로 간주할 필요가 있었다. 건물별 알람들의 평균 지속시간을 분석하였을 때, 전체 건물의 약 95%에 해당하는 건물들(675개)이 대체로 10분 이내의 평균 알람 지속시간을 가지고 있었다. 따라서 마지막 알람 해제시간으로부터 최대 10분(600초)의 시간이 지나면 동시에 지속적으로 울린 알람이 아닌 것으로 간주하고, 그 이내에 울린 알람들만 묶어 하나의 '사건'으로 간주하여 화재알람 발생횟수를 재구성하였다.

시간대별 화재알람 발생횟수를 시각화한 결과는 그림 8과 같다. 최상단 왼쪽이 전체 화재알람이며, 이후 그림은 요일별로 그래프를 시각화한 결과이다.



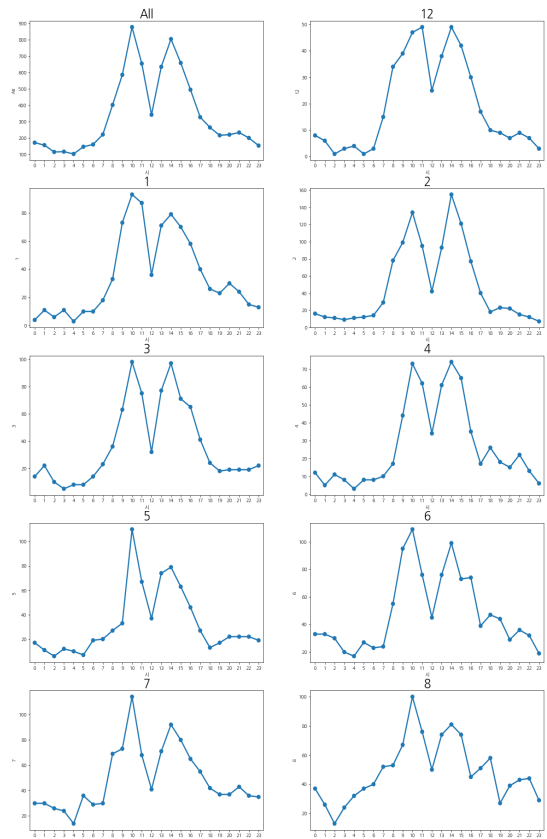
(그림 8) 시간대별 화재알람 발생횟수 그래프(전체-요일별)
(Figure 8) Graph for Fire Alarm Occurrences by Time(Day)

우선 심야새벽 시간인 0시부터 오전 4시까지 낮은 수준의 발생횟수를 유지하다가, 아침시간인 오전 5시부터 8시까지 완만한 증가 추세를 보인다. 이후 오전 9시 이전 시간 대비 가파른 횟수 증가가 발생하고, 10~11시 경에 오전 시간대의 최고치를 기록한다. 그러다가 11시에 다시 9시와 비슷한 횟수로 감소하고 낮 12시에 잠시 소강 상태로 나타난다. 그리고 다시 오후 1시부터 큰 증가 추세를 보이고 오후 2시 경에 오후 시간 최고치를 기록하게 된다. 그리고 오후 3시 이후 급격한 감소 추세를 보이고, 이후 계속해서 점차 감소하며 오후 6시 이후에는 비교적 낮은 발생횟수를 유지하는 것으로 나타났다.

전체 화재알람을 요일별로 나누어 살펴보았다. 평일(월~금)의 경우 세부적인 횟수의 차이는 있지만, 전체적인 패턴 상에는 전체 알람횟수와 거의 동일한 흐름으로 나타나고 있다. 반면 주말의 경우 토요일은 오전 10시, 일

요일은 오후 3시에 일시적으로 크게 증가한 경우를 제외하면 평일과 다르게 비교적 산발적이고 불규칙하게 나타나고 있으며, 전체 발생횟수도 평일보다 적은 편이다.

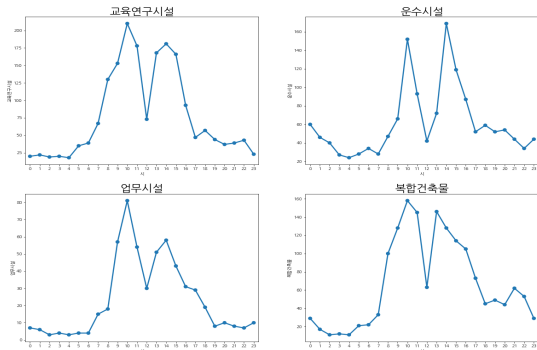
그림 9와 같이 전체 알람을 월별로 나누어 분석했을 때에도 전반적으로 비슷한 패턴을 나타낸다. 다만 8월에는 저녁시간(오후 6시~7시 경)에도 발생량이 크게 낮아지지 않고 오히려 소폭 상승으로 기록되기도 하였다. 그러나 이 또한 오후 2~3시경에 오후시간 최고치를 기록한 뒤 점차 감소하는 패턴과 엇갈리는 결과로 이어지는 않았던 것으로 확인되었다.



(그림 9) 시간대별 화재알람 발생횟수 그래프(전체-월별)
(Figure 9) Graph for Fire Alarm Occurrences by Time(Month)

앞서 정한 용도에 맞게, 주요 4개 용도 시설을 대상으로 시간대별 알람도 확인해 보았다. 역시 발생횟수의 세부적인 차이는 있었지만, 발생 패턴에서 매우 유의미한 차이점이 나타나지는 않았다(그림 10 참조).

지금까지 분석한 화재알람의 시간적 발생 패턴을 종합하면, 알람의 발생빈도가 최고치를 보이는 시간은 대체로 평일 오전 10~11시경과 오후 2~3시경이고 밤~새벽시간대에는 일정하게 매우 낮은 발생횟수를 갖는 것으로 나타났다. 또한 이는 용도나 계절적 요인에 관계없이 공통된 결과로 나타났다.



(그림 10) 시간대별 화재알람 발생횟수 그래프(상위 4개 용도별)
(Figure 10) Graph for Fire Alarm Occurrences by Time(Top 4 Facility Usage)

이러한 화재알람 발생 패턴의 결과는 사람이 주로 일상 활동(경제활동 등)을 하는 시간대(평일 주간 9시~18시 : 12시 점심시간은 제외)의 흐름을 그대로 따라가는 것으로 볼 수 있기 때문에, 자동화재탐지설비는 사람들의 일상 활동에 매우 민감한 영향을 받는다고 볼 수 있다. 또한 이 결과에 따라 소방시스템 점검 및 건물 내부 환경 조사 시간을 오전 10시 또는 오후 2시 경으로 맞추면 보다 효율적으로 비화재보의 다발성 발생 영향요인을 진단하고 알맞은 조치를 취할 수 있을 것으로 기대한다.

4. 결 론

4.1 분석결과 종합

지금까지의 분석 결과를 바탕으로 자동화재탐지설비의 화재알람 발생 특성과 패턴, 그리고 영향을 미치는 요인들을 종합하면 다음과 같다.

(1) 기록된 화재알람 발생횟수에 가장 크게 영향을 미쳤던 요인은 건물의 규모로 볼 수 있다. 건물의 규모가 클수록 그에 상응하는 수준의 자동화재탐지설비를 설치해야 하고, 그에 따라 1차래의 화재상황에도 알람이 동시다발적으로 발생·기록되는 것이다. 이와 같은 동시다발적

화재알람이 모두 기록되면서 총 화재알람 발생횟수가 커졌고, 건물에 따라 상당한 편차를 가지게 되었다.

(2) 규모 외 다른 특성이 화재알람에 미치는 영향을 보기 위해, 규모 변수 중 대표성을 가진 연면적을 통제된 상태에서 회귀분석을 실시하였다. 용도에 따라 유의미한 영향력은 다르지만, 전반적으로 공통된 점을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 공공기관보다 민간 건물에서 화재알람이 더 많이 발생
- R형 화재수신기일 때 P형보다 화재알람이 더 많이 발생
- 점검일수가 적을수록 화재알람이 많이 발생
- 고장일수가 많을수록 화재알람이 많이 발생
- 경종차단일수가 많으면 화재알람이 많이 발생

용도 및 수신기 종류에 따라 다르게 분석되었거나, 특정 수신기/용도에서만 예외적으로 나타난 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

① 수신기 종류

- P형 수신기 건물의 경우, 상주인원이 많을수록 화재알람이 유의미하게 많아지는 경향을 보임
- R형 수신기에서는 시스템 고장일수와 경종차단일수가 증가하면 화재알람이 많이 발생하는 경향을 보임

② 용도

- 교육연구시설에서는 지상층수가 낮으면 화재알람이 많이 발생하고, 운수시설은 지상층수가 높으면 화재알람이 많이 발생하는 경향으로 나타남
- 운수시설에서는 고장일수가 적을 때 화재알람이 더 많이 발생하는 경향이 나타남
- 업무시설에서는 상주인원이 많으면 화재알람 발생이 유의미하게 많아지는 경향으로 나타남
- 복합건축물은 어떠한 건물 및 시스템 특성도 화재알람 발생에 유의미한 영향을 주지 못함

용도에 관계없이 공통적으로 가장 뚜렷하게 나타나는 특징으로는 민간 소유 건물이고, 수신기 종류가 R형인 경우에 화재알람이 많이 발생한다는 점이다. 이 결과를 건물 규모와 연계하면, 민간 건물 중 규모가 크고 비교적 최근 지어진 신식 건물은 R형의 고도화된 소방시스템을 곳곳에 설치할 가능성이 높다. 반면 공공기관은 건축연도가 비교적 오래되고, 규모 또한 상대적으로 크지 않은 상황에서 P형 수신기를 운영하는 경우가 많다고 볼 수 있다.

실제로 이번 분석 대상 건물 중 공공기관 건물의 최초 사용허가 연도는 1937년, 최다 허가연도는 1985년인 반면, 민간 건물의 최초 사용허가 연도는 1980년, 최다 허가연도는 2004년일 정도로 격차가 크게 나타났다. 이와 같은 공공/민간 건물의 특성은 규모가 큰 민간 건물에서 R형 화재수신기를 주로 활용하고 있고, 해당 건물에서는 한 차례의 화재상황 탐지에도 동시다발적으로 화재알람이 많이 발생하고 있음을 간접적으로 알려주고 있다.

또한 시스템의 기계적 특성은 점검과 고장, 경종차단이 연관성을 갖는 것으로 나타났다. 점검일수가 많고 고장일수가 적은 건물은, 그만큼 오작동 알람이 적은 편으로 생각할 수 있다. 또한 경종차단일수의 경우, 비상상황에 대비한 소방시스템의 경종이 자주 차단되는 것이 정상시에 겪는 상주인원의 불편이 많다고 해석할 수 있기 때문에, 경종차단이 많은 건물 역시 주기적인 점검과 환경 조사가 필요함을 알려준다. 다만 예외적으로 운수시설에서는 지하철에서의 밀폐된 내부 환경에 의해 고장일수가 적을수록 알람이 더 울리는 것으로 판단된다.

또한 복합건축물은 여러 용도의 특성이 복합적으로 얽혀있기 때문에, 일관성 있는 유의미한 인과관계를 찾을 수 없었던 것으로 나타났다. 따라서 복합건축물도 층 구성, 규모, 인원 등 여러 세부 특성을 나누어 영향요인을 파악하는 것이 후속 연구에서 필요할 것으로 생각된다.

이번 연구 결과가 각 용도별 영향요인에 맞는 소방시스템의 점검 및 운영의 기준을 확립하고, 건물 환경 조사 추진의 근거가 될 수 있을 것으로 기대한다.

(3) 화재알람에 영향을 미치는 시간적·계절적 요인을 파악하기 위해 시간대별 화재알람 그래프 시각화를 실시하였다. 그 결과 평일의 경우 ‘새벽시간 낮은 발생횟수·아침시간 급증-오전 10시 경 최고치-점심시간(12시) 일시적 급감-오후 1시 증가-오후 2시 경 최고치-오후 3시 이후 급감-저녁 6시 이후 낮은 발생횟수’의 일정한 패턴을 가지고 있었으며, 비교적 불규칙한 패턴의 주말보다 전체적인 발생횟수도 매우 높게 나타났다. 월별·용도별 결과는 세부적인 수치의 차이만 있었을 뿐, 패턴에서의 뚜렷하게 다른 차이점은 거의 나타나지 않았다.

이와 같은 결과는 사람의 주 활동 시간(오전 9시 ~ 오후 6시, 점심시간 제외)과 거의 일치하는 것으로 생각할 수 있으며, 결과적으로 사람의 일상 활동이 화재감지에 상당한 영향을 준다는 것을 간접적으로 알 수 있었다.

결과를 종합하면, 오전-오후 시간대별 최다 알람 발생 시간인 오전 10~11시경 또는 오후 2~3시경 실시하는 것이 최적의 시스템 점검 시간일 것으로 예상된다. 또한 기

본적인 시스템 점검과 함께, 회귀분석을 통해 도출된 각 건물의 용도별 주 영향요인을 함께 고려하여 특수한 점검 및 건물 환경 조사 기준을 만드는 것도 도움이 될 것으로 판단된다. 향후 화재알람 발생 당시의 건물 환경 조사가 더 뒷받침된다면 보다 명확한 화재알람 오류발생 원인 파악과 점검 시간 및 주기 설정 효과가 더 커질 것으로 생각된다.

4.2 연구의 의의

이번 연구는 서울소방재난본부의 IoT 소방시설관리시스템 데이터를 진단하고, 실제 현장에서의 활용 방안을 발굴하기 위한 목적의 연구에서 출발하였다. 그리고 탐색 분석을 통해 건물 곳곳에서 잘못된 화재감지가 여러 위치에서 대량으로 발생하고 있음을 인지하였고, 그 원인을 건물의 구조적 특성과 자동화재탐지설비의 고장/차단 이력 등 시스템 외적 요인에서 찾아내고자 하였다. 이를 통해 소방시스템의 자체적 개선 및 고도화와 함께, 비화재보를 일으키는 건물의 내부 환경이나 구조적 영향요인을 찾아내는 것도 필요함을 강조하고자 하였다. 내부 시스템 개선과 외부 환경 정비의 병행을 제안함으로써, 소방시스템의 오작동 문제를 해결하고 신뢰성 제고에 기여하는 것에 궁극적인 목적이 있다.

연구를 통해 밝혀낸 결과에 의하면, 기본적으로 연면적과 같은 건물의 규모에 따라 화재감지기 수도 많기 때문에, 하나의 화재발생에도 알람의 발생횟수가 매우 크게 늘어난다는 것을 알 수 있었다. 또한 건물의 공공성 및 용도, 화재수신기의 유형과 고장·점검 빈도, 건물 내 상주인원 등에 따라라도 화재알람의 발생과 그 횟수가 달라질 수 있음을 확인하였다.

또한 화재알람 발생이 빈번하게 일어나는 것에 시간과 계절적 요인에도 원인이 있는지 판단하고, 효율적인 시스템 점검과 운영에 도움을 주기 위한 화재알람 발생 패턴 분석을 실시하였다. 이번 연구로 건물의 특성과 용도별 영향요인, 시간적 요인 등을 조합하여 소방시스템 점검과 건물 환경 조사의 근거로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

향후 후속 연구가 더 진행되고 더 많은 데이터가 수집되면, 건물 특성과 화재알람 간 보다 세밀한 관계를 파악할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 자동화재탐지설비를 추가 설치·운영하는 경우에도 축적된 연구 결과를 참고할 수 있을 것으로 기대한다.

4.3 후속연구를 위한 제언

이번 연구에서 데이터 분석을 실시하면서 수집 데이터의 미비 등으로 인한 몇 가지 한계점이 도출되었으며, 후속 연구 추진 및 시스템 고도화, 데이터 추가 확보를 통해 이 한계점을 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

가장 먼저 데이터 수집 및 시스템 운영에서의 자체적인 한계가 있었다. 이번 연구에서 초점을 맞춘 부분이 건물의 내부 환경이다. 건물 내부 환경이 자동화재탐지설비가 화재상황 탐지와 그 민감성에 직접적인 영향을 주었을 것이라는 점이다. 특히 화재알람 발생 상황 당시의 건물 온도, 광원(빛), 유해가스 농도 등 화재상황을 인지하는 내부 환경이 화재감지와 알람 발생에 결정적으로 영향을 끼쳤을 가능성이 높다. 그러나 현재의 분석 시점에는 위와 같은 건물 환경 변수가 시스템에서 수집되지 않아 내용 파악과 변수 활용에 제약이 겪게 되었다. 향후 이 데이터들이 추가 수집되면 더 구체적이고 유의미한 알람 발생의 원인 분석과 함께 오류신호의 선별과 예측 등이 가능해질 것으로 생각된다.

또한 같은 건물 내 동시다발로 울리는 화재발생 알람을 하나의 '사건'으로 묶을 수 있는 시스템 구성이 이루어져야 한다. 앞서 규모와 화재알람의 관계 분석처럼 한 건물에 여러 화재감지기가 설치된 경우, 하나의 화재 상황을 탐지함에도 동시다발적으로 화재알람이 대량 기록되어 데이터 분석에서의 혼선을 유발할 수 있는 여지가 있는 것으로 판단된다. 따라서 향후 연구와 소방시스템 운영에 도움이 될 수 있도록, 모든 소방대상물에서 화재 발생을 감지했을 때 해당 위치정보를 상세하게 기록할 수 있도록 시스템을 고도화하고, 데이터 기록 시에는 이번 분석(시각화)에서 보인 것처럼 동시다발적으로 발생한 '알람'을 하나의 큰 '사건'으로 묶어서 자동 기록할 수 있는 방안이 있어야 될 것으로 판단된다.

마지막으로, 지금까지의 분석 결과를 바탕으로 도출한 가이드라인은 건물 용도와 시간 등을 비롯한 몇 가지 요인별로 크게 분류하여 '경향'을 분석한 결과라고 판단된다. 따라서 '일반적인' 점검 및 환경 조사의 근거자료 중 하나로 이번 결과를 활용할 수 있겠으나, 건물 개별적인 특이사항이나 그 밖에 통제가 어려웠던 외부 요인의 결과를 모두 반영하는 것에는 한계가 있었다고 판단된다. 즉, 대다수의 건물과는 전혀 다른 시간에 화재알람이 많이 울리거나, 사람들의 일반적인 비활동시간(야간, 주말 등)에 알람이 여러 차례 발생한 경우도 존재할 수 있는 것이다. 해당 건물은 특이사항이 있는 건물로 분류하여

별도 조사 및 후속 연구를 통해 오류를 바로잡아야 하며, 만약 오류가 아닌 경우 해당 건물 특성에 맞는 소방시설 관리시스템의 운영을 도모할 필요가 있을 것이다.

참고문헌(Reference)

- [1] H.S. Hwang, "Automated Fire Detection System", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 9, No. 5, pp. 427-435, 1995.
- [2] J.H. Lee, C.H. Lee, S.K. Kim, H.S. Kong, "A Study about False Alarm of Automatic Fire Detection System", Journal of the Korea Safety Management & Science, Vol. 13, No. 1, pp. 41-49, 2011.
<https://doi.org/10.12812/ksms.2011.13.1.041>
- [3] Y.J. Son, Y.I. Lee, S.H. Lee, "Research on the Reliability Improvement of Automatic Fire Alarm System", Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 42-49, 2008.
- [4] B.S. Lee, D.K. Kwak, D.Y. Jung, D.J. Cheon, "A Study on Design and Operation Performance of Automatic Fire Detection Equipment (P-type One-class Receiver) by Bidirectional Communication", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 61, No. 2, pp. 347-353, 2012.
<https://doi.org/10.5370/KIEE.2012.61.2.347>
- [5] J.W. Ryu, S.P.Kwon, "Fire Risk Assessment Based on Weather Information Using Data Mining", Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 29, No. 5, pp. 88-95, 2015.
- [6] M.S. Seo, H.H. Yoo, "Significance Analysis of Facility Fires Though Spatial Econometrics Assessment", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 38, No. 3, pp. 281-293, 2020.
<https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.5.088>
- [7] S.K. Choi, J.M. Moon, "Investigation of Awareness for Evaluation Factors of Fire Response Capability to Apartment Residents", Journal of the Korean Housing Association, Vol. 32, No. 1, pp. 15-22, 2021.
<https://doi.org/10.6107/JKHA.2021.32.1.015>

- [8] J.A. Hwang, J.Y. Kang, S.J. Kim, "A Study on the Spatial Characteristics of Urban Fire and Its Relationship with the Spatiality of Urban Decline in Seoul", SH Urban Research & Insight, Vol. 10, No. 3, pp. 1-20, 2020.
<https://doi.org/10.26700/shuri.2020.12.10.3.1>
- [9] Ministry of the Interior, National Information Agency, "D.gov Edge 2015", Vol. 4, pp. 11-12, 2015.
- [10] K. Kim, "Management and Roles of Fire Safety System of Building in America", Architecture and Urban Space, Vol. 35, pp. 65-69, 2019.
- [11] J.K. Park, K.H. Nam, "Implementation of Multiple Sensor Data Fusion Algorithm for Fire Detection System", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 25, No. 7, pp. 9-16, 2020.
<https://doi.org/10.9708/jksci.2020.25.07.009>
- [12] J.S. Kim, C.W. Lee, S.H. Park, J.H. Lee, C.H. Hong, "Development of Fire Detection Model for Underground Utility Facilities Using Deep Learning : Training Data Supplement and Bias Optimization", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, No. 12 pp. 320-330, 2020.
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.12.320>
- [13] J.D. Shin, S.H. Jung, M.S. Kim, H.J. Kim, "Analysis of Fire Risk with Building Use Type Using Statistical Data", Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 12, No. 4, pp. 107-114, 2012.
- [14] W.Y. Song, W.H. Jung, M.H. Cho, G.Y. Choi, H.S. Kong, "Developing a Service Model to Improve the Management of Firefighting Vulnerable Areas Based on WebGIS", Journal of Korean Institute of Plant Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 55-64, 2015.
- [15] J.A. Ok, "Fire Data Collection and Utilization in Gyeonggi-Do", Gyeonggi Development Institute : GRI Issues Report, pp. 1-9, 2015.
- [16] Y.M. Na, D.H. Hyun, D.H. Park, S.H. Hwang, S.H. Lee, "AI Fire Detection & Notification System", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 25, No. 12, pp. 63-71, 2020.
<https://doi.org/10.9708/jksci.2020.25.12.063>
- [17] K.S. Ko, J.K. Yang, D.H. Hwang, H.S. Ko, C.O. Ga, J.P. Cho, "Building Fire Prediction Model Study Using AI", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 45, No. 7, pp. 1210-1218, 2020.
<https://doi.org/10.7840/kics.2020.45.7.1210>
- [18] D.S. Kim, N.J. Kang, "Regression: Basics and Applications", pp. 85-116, Nanam, 2008.
- [19] E.J. Shin, M.S. Koh, D.I. Shin, "Fire Accident Analysis of Hazardous Materials Using Data Analytics", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 24, No. 5, pp. 47-55, 2020.
<https://doi.org/10.7842/kgas.2020.24.5.47>

● 저 자 소 개 ●



임 관 목(Gwanmuk Lim)

2016년 경기대학교 사회복지학과 학사
2018년 한양대학교 사회학과 석사
2018년 한국여성정책연구원 위촉연구원
2020년~현재 서울디지털재단 주임연구원
관심분야 : 도시·사회문제, 빅데이터, 스마트시티
E-mail : realistic8997@sdf.seoul.kr



고 설 태(Seoll-tae Ko)

2014년 한국외국어대학교 일반대학원 경영정보학 석사)
2014년 한국조달연구원 연구원
2017년 중견기업연구원 연구원
2018년~현재 서울디지털재단 주임연구원
관심분야 : 스마트시티, 지능정보화, 빅데이터
E-mail : kost@sdf.seoul.kr



김 유 신(Yoosin Kim)

2000년 국민대학교 정보관리학부 졸업(학사)
2009년 국민대학교 비즈니스IT전문대학원 졸업(석사)
2013년 국민대학교 비즈니스IT전문대학원 졸업(박사) & 미국 텍사스 주립대 Post-doctoral Research Fellow
현재 RTDataLab Founder & Chief Data Scientist
관심분야 : IoT Based Big Data Analytics & AI Service
E-mail : yoosin@rtdata.co.kr



박 건 철(Keon Chul Park)

2011년 연세대학교 정보대학원 정보시스템학 석사
2015년 연세대학교 정보대학원 정보시스템학 박사
2016년~현재 서울디지털재단 책임연구원
관심분야 : 인공지능, 빅데이터, 스마트시티
E-mail : parkkc07@skku.edu