전통시장 외부공간의 화재 대응을 위한 시스템 개발에 관한 연구

Development of System for Responding to Fire in Space Outside Traditional Market

소윤범* · 김용한** · 민세홍***

So, Yoonbeom*, Kim, Yonghan**, and Min, Sehong***

Abstract

As severe fire occurs and spreads successively in a traditional market, the need for the prompt response to the fire in the space outside the traditional market becomes more urgent. The fire-detection system used for the Daegu S-traditional market has the problems of having no adaptability to outside space, achieving fire detection reliability for the inside space owing to false alarms, and for operating the critical fire-detection signal delivered from the fire detector through the fire command center to the fire station in the independent state without interconnectedness. Hence, in this study, a reliable image-based fire-detection system prepared for reducing the fire risks of the traditional market, including the problems of the occurrence of unwanted alarms and adaptability to fire detection in the outside space, is developed. A demonstration-based real-time-situation notice system was connected from the fire detector to the fire command center, fire stations, merchants, and residents.

Key words : Traditional Market, Image Fire Detection, Situation Propagation, 3D Space Data

요 지

최근 잇따른 전통시장의 대형화재 발생에 따라, 전통시장 외부공간에서 발생하는 화재의 신속 대응에 대한 중요성이 대두되고 있다. 현재 운영 중인 대구 S시장 등 다수의 전통시장의 화재감지시스템은 외부공간의 적응성이 없을 뿐만 아니라 비화재보로 인해 내부공간에 대한 화재감지 신뢰성 또한 문제가 있었으며, 화재감지기로부터 방재실을 거쳐 소방관서로 전달되는 중요 화재감지신호가 상호 연계성 없이 독립된 상태로 운영되고 있는 문제점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 비화재보 발생 문제와 외부공간의 화재감지 적응성 문제 등 전통시장 화재위험에 대비한 신뢰성 있는 영상기반 화재감지시스템 개발과 화재감지기부터 방재실, 소방관서, 상인 및 시민까지 연계된 실증기반 실시간 상황전파시스템 개발 방안에 대해 제안했다.

핵심용어 : 전통시장, 영상화재감지시스템, 상황전파시스템, 3D공간데이터

1. 서 론

최근 대구 서문시장 화재(2016)와 여수 수산시장 화재(2017), 서울 남대문시장 화재(2017) 등 연이은 전통시장 대형화재 사고를 계기로 전통시장의 안전관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 아직도 많은 전통시장에는 노후화된 시설과 다량의 집적된 가연물 그리고 부실한 방재시설로

인해 여전히 높은 화재위험에 노출되어 있고 화재가 발생되는 경우 대형 손실로 이어질 위험이 잠재하고 있는 것이 사실이다(Jeong, 2017).

전통시장은 1970년대 공업 위주 경제개발 정책으로 인해 개설 수가 급증하였지만 1996년 유통업체의 증가로 인해 침체기가 발생하면서 개설 빈도가 급감하였다. 정부는 전통시장 활성화를 목적으로 관련 근거법을 제정하여 시설현대

*정회원, 가천대학교 설비·소방공학과 석사과정(E-mail: ybum1224@naver.com)

Member, Master's Course, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

**가천대학교 설비·소방공학과 박사과정(E-mail: ceo@kmsglobal.kr)

Ph.D. Candidate, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

***교신저자, 평생회원, 가천대학교 설비·소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-5714, Fax: +82-31-750-8746, E-mail: shmin@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

화사업을 추진하였지만 상인회가 조직되지 않은 시장 및 미등록 시장은 사업범위에서 제외되었고 대부분의 전통시장은 1970년 이전에 개설되어 건물의 시설 노후화가 심각한 상태이다(Lim, 2019).

기존 소방청에서 운영하고 있는 재난·재해 관련 상황전파보고 시스템은 센서 계측데이터에 기반한 경보가 이를 활용하고자 하는 다른 방재모니터링 시스템 어플리케이션 프로토콜이 서로 호환되지 않아 자동화된 정보전파체계를 이루지 못하고 있으며 전화와 e-mail 등 인력 중심으로 정보전파가 이루어지고 있다(Jeong and Kim, 2010).

최근 전통시장들의 잇따른 화재로 인해 전통시장 화재 안전관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 5년 간 (2015~2019) 발생한 화재건수를 전체범위와 전통시장으로 나누어 재산피해액 평균을 비교한 결과, 전체화재의 재산피해액은 건당 평균 12,875천 원인 것에 비해 전통시장은 평균 505,091천 원으로 약 40배 이상 매우 높게 나타나는 양상을 보였다. 전통시장의 경우 전기, 가스, 기계적 시설들이 많고 노후화 된 경우가 대다수이며, 가연성이 높은 재고자산 보유, 밀집형 점포구조 및 많은 인구유동량 등의 특징이 있다. 이로 인해 화재가 발생할 경우 대형화재로 이어질 위험이 크게 잠재하고 있는 상황이다. 특히 이 연구의 표본으로 설정한 대구 S시장에서는 1951년부터 현재까지 총 17건의 크고 작은 화재가 발생했으며, 비교적 최근 발생한 2005, 2016년 S시장 화재에서는 각각 약 680억과 470억 원의 재산피해를 냈다. 2016년 발생한 화재의 경우 새벽 2시경 건물 외부공간에서 화재가 발생해 화재감지기에 감지되지 못했고, 결국 초기대응에 실패해 Fig. 1에 나타난 4지구가 전소됐다. 정부에서는 2022년까지 대한민국에 있는 모든 전통시장에 화재감지장치 설치를 추진하고 있으나, 실제 대형 화재의 발생원인인 건물 외부공간의 화재를 감지하는 것에는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 전통시장의 화재위험에 대비하고 전통시장 외부공간의 화재 발생 시 인적·물적 피해를 최소화 할 수 있는 신뢰성 있는 영상기반 화재감지시스템 및 실시간 상황전파시스템의 개발 방안을 제시하였다.

Fig. 1. Calculating Model and Boundary Condition of Drainage

2. 전통시장 영상기반 화재감지시스템

2.1 기존 화재감지시스템의 문제점

2018년부터 소상공인시장진흥공단에서 진행 중인 전통시장 화재알림시설 설치사업은 전통시장 개별 점포의 화재를 조기에 감지하기 위해 화재감지기 설치를 지원하는 사업으로서, 기존 화재감지시스템(Fig. 2)은 화재감지기, 수신기, 자동화재속보설비, 영상CCTV, 서버로 구성된다.

Fig. 2. Traditional Market Traditional Fire Detection System

기존 전통시장 화재감지시스템은 화재감지기에 감지된 화재신호를 수신기와 연결된 자동화재속보설비를 통해 소방관서로 통보한다. 그러나 실제 화재가 아닌데도 불구하고 전등, 전기난로 등을 화재로 오인해 화재신호를 발신하는 비화재보 문제가 자주 발생하고 있다. 이는 불꽃감지기의 감지신호는 빛의 파형을 이용해 화재 여부를 측정하는 원리로서 불꽃과 유사한 파형을 화재로 오인하기 때문이다. 이러한 비화재보는 자동화재속보설비를 통해 화재신호를 전달 받은 소방대의 불필요한 출동을 야기하고 있다. 전통시장의 기존 화재감지시스템은 화재감지기가 작동했음에도 전통시장 방재실에 설치되어 있는 CCTV를 통해 관리자가 화재여부를 육안으로 확인하거나, 화재목격자의 신고에 의존하고 있는 실정이다. 특히 화재감지기에 의해 발견되기 어려운 건물 외부공간에서 화재가 발생한다면, 화재신고 및 화재진압 골든타임 지연으로 인해 대형화재로 이어지게 될 가능성이 크다.

실제 2019년 9월 현장조사를 통해 대구 S시장의 화재감지시스템을 확인해본 결과, 화재감지시스템은 독립된 구조로서 모니터링 시스템과 상호간 연계가 없었고, 각 지구별 영상시스템은 관리자에 의해 수동으로 모니터링 되고 있었으나, 화소가 좋지 않아 육안으로의 정확한 식별이 어려웠다. 또한 감지기 및 수신기는 정상 작동중이었으나 소방관서로 화재를 통보하는 핵심기기인 자동화재속보설비는 화재가 아닌 상황에서도 오작동하고 있는 중이었다(Fig. 3).

2016년 대구 S시장 화재가 대형화재로 확대된 원인은 건물 외부에서 발생한 화재를 화재감지기가 감지할 수 없었고, 최초 신고자인 S시장 1지구 건물 경비원이 현장을 목격하고 약 3분 후 소방대가 도착했을 때는 4지구 남쪽에서 다량의 화염 및 유독가스가 분출해 이미 화재가 건잡을 수 없이 번져나간 상태였기 때문이다.

Fig. 3. Daegu-si S Traditional Market's Fire Fighting Facility Error

2.2 영상기반 화재감지시스템

전통시장은 면적 대비 인구유동량과 전기 및 가스 사용이 많고 시설이 노후화됨에 따라 화재 발생 시 인명 및 재산피해의 위험도가 매우 높은 상황이다. 전통시장의 대형화재 발생 위험의 원인으로 비화재보 문제 및 신뢰성 있는 외부공간 화재감지의 부재가 화두 되고 있다.

1년간(2014년 2월~2015년 1월) 조사한 서울특별시 관할 특정소방대상물의 판매시설 및 영업시설의 비화재보의 실태 Table 1과 같다.

Table 1. Actual False Alarm of Sales Facilities (Korea Firefacilities Management Association)

#	Number of Detectors (NA)	Number of Occurrences (NA)	Incidence (%)	Number of Buildings (NA)
1	17,455	726	4.16	7

비화재보 원인으로는 크게 인위적 요인, 기능상 요인, 유지관리상 요인, 설치상 요인으로 나타 낼 수 있는데 1년간 (2014년 2월~2015년 1월) 조사한 감지기별 대표적인 비화재보의 원인은 Table 2에 나타난다.

Table 2. Causes of False Alarm by Detector (Korea Firefacilities Management Association)

#	Causes of False Alarm		
Heat Detector	Heating	29.7%	artificial
	Flaw detector	3.1%	functional
Smoke Detector	Welding	12.3%	artificial
	Dust	8.1%	functional

FM Approval의 비화재보 인증시험(Table 3)에 나타난 시험항목을 토대로 전통시장 화재특성에 따라 발생할 수 있는 비화재보 대상은 Table 4와 같이 정리할 수 있다.

Table 3. False Alarm Certification Test (FM Approval)

#	Type of Test
1.	Sunshine
2	Welding
3	Electric Stove (1,500 W)
4	Headlight (100 W)
5	Fluorescent light (40 W)
6	Halogen lights (500 W)

Table 4. Major False Alarm Target in Traditional Market Environment (National Fire Data System)

#	Type Causes of False Alarm
1	Lamp
2	Electric Stove
3	Headlight
4	Welding
5	Sunshine
6	Gas Burner Flame

비화재보에 대한 고려가 충분하지 않을 경우, 화재감지시스템에 대한 신뢰성 저하로 빠른 대처가 이루어지지 못해, 대규모 피해가 일어날 위험이 있다.

전통시장 외부공간을 감시하던 기존 불꽃감지기는 비화재보에 관한 알고리즘이 적용되지 않은 단순 화재감지 기능 뿐이었기 때문에 비화재보에 적응성이 전혀 없었다. 따라서 외부공간에서의 화재를 초기에 신속하고 정확하게 감지할 수 있는 영상기반 화재감지시스템의 구축을 통해 비화재보를 최소화하는 방안을 구축할 수 있다.

2.3 영상기반 화재감지 시나리오 작성

신속한 화재감지를 통해 대형화재를 막기 위한 기존의 화재감지 기법보다 진보된 화재감지 기법의 필요성이 증대 되고 있다. 이에 따라 영상을 기반으로 화재를 감지하는 알고리즘에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

Ryu and Kwak (2020)에서는 화재 검출 신뢰성을 높이기 위해 화재 이미지를 화염, 연기, 연무 3가지로 나누어 학습을 진행하는 연구를 수행하였다. 화재영상, 비화재영상에 대하여 추론 진행 결과 화염감지, 연기, 연무의 검출율은 각 90.8%, 83.6%, 98%를 보였다.

Nguyen and Ro (2017)에서는 연기 감지율 향상을 위해 색 분류, 연기 영역 크기 변화 등에 대한 특징의 검출 및 학습에 관한 연구를 수행하였다. 연구 결과 40 FPS (Frame per Second)의 성능을 달성하였다.

Frizzi et al. (2016)에서는 연기 감지를 위해 전체 원본 프레임을 스캔하는 대신 기능 맵을 직접 스캔하는 연구를 수행하였다. 이를 통해 10배의 속도증대와 97.9%의 정확도를 달성하였다.

연기의 경우 모양, 색 등의 특징이 일정하지 않아 영상인식을 통한 검출에 어려운 점이 있다. 문제를 해결하기 위한 높은 연산량의 딥러닝 모델이 요구되며, 영상처리를 통해 일정 수준 이상 연산량을 감소시킬 수 있다.

기존연구에서와 같이 현재 영상기반 화재감지 알고리즘은 인공지능에 기반한 딥러닝 Convolution Neural Network (CNN) 모델에 기반하여 연구가 수행되고 있는 추세에 있다. CNN 모델의 예시(Fig. 4)를 보면 데이터에서 특징을 추출하여 특징들의 패턴을 파악하는 구조를 가지며 Convolution Layer, Pooling (Sub-sampling) Layer 등의 복합적인 구성을 통해 완성된다.

입력 영상으로부터 화재를 검출하고자 할 때, 영상 내에는 찾고자 하는 화재에 해당되는 객체 이외 여러 사물들이

존재할 수 있으므로 전경영상과 배경영상의 분리를 위한 전처리 과정이 필요하다(Ryu and Kwak, 2020).

이러한 전처리 과정과 학습용으로 사용될 데이터셋의 선정(Fig. 5), CNN Model 내 Layer 구성, 활성화 함수 (Activation Function) 등의 세부적인 조정에 따라 영상기반 화재감지 알고리즘 별 성능의 차이가 발생하게 된다.

기존 영상기반 화재감지 알고리즘 연구에서는 비화재보 문제해결을 위해서 화재형태 학습을 통한 영상화재감지에 중점을 두고 연구가 진행되었으나, 화재는 형태가 무수히 다양하고 예측이 불가능한 특성이 있기 때문에 신뢰성을 높이는 것에는 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 영상기반 화재감지 알고리즘을 개발하고, 개발된 알고리즘과 IR파장(적외선 파장)을 인식하여 화재발생을 감지하는 기존 불꽃감지기 알고리즘을 비교 분석하여 화재를 감지하는 AND 신호 알고리즘을 구축했다.

영상기반 화재감지시스템의 시나리오는 Fig. 6과 같이 구축된다. 불꽃감지 및 영상기반 화재감시 기능이 적용된

Fig. 4. Example of CNN Model Used for Fire Detection

Fig. 5. Type of Dataset Used for Fire Detection

Fig. 6. Video-based Fire Surveillance System Scenario

IP카메라에 화재신호가 발생하게 되면 엡지컴퓨터로 신호가 전송되고, 화재영상 및 구축된 알고리즘을 통해 비화재보 분석 과정을 거치게 된다. 분석을 통해 엡지컴퓨터에서 화재신호를 실화재로 판단될 경우, 실시간 상황전파시스템과 연계되어 방재실, 소방관서, 시장상인 및 시민들에게 화재상황이 전파된다.

2.4 영상기반 화재감지 알고리즘

기존 화재감지는 크게 3가지로 열감지기와 연기감지기, 그리고 불꽃감지기가 사용된다. 외부공간 화재의 적응성이 있는 기존 불꽃감지기의 단독 활용이 아닌 영상기반 화재감지기와 연계하여 보다 신뢰성 높은 화재감지체계를 구축할 수 있다. Fig. 7에 영상기반 화재감지시스템의 개념도를 나타냈다. 취득 영상을 바탕으로 한 감지정보(①)와 불꽃감지기를 바탕으로 한 감지정보(②)를 통해 화재여부를 결정

한다. 이때 영상기반 화재감지시스템이 구축되는 환경에 따라 결정부의 설정값을 변경하며(③) 영상기반 감지정보와 불꽃감지기를 기반으로 한 감지정보 중 어느 쪽에 더 가중치를 줄지를 결정할 수 있다. 어떤 종류의 화재가 발생하기 좋은 지역인지, 비화재보 대상이 많이 보이는 환경인지에 대해서, 테스트베드 혹은 유사 환경에서의 시스템 운용기반 축적경험을 근거로 가중치를 변경·운용할 수 있는 사전 설정 테이블을 구축하고 활용할 수 있다.

기존 불꽃감지기의 알고리즘은 Fig. 8과 같이 구성되어 있으며, 불꽃감지기와 영상기반 화재감지기의 AND신호 알고리즘은 Fig. 9와 같이 나타낼 수 있다. 이와 같이 영상기반 화재감지의 알고리즘을 개발하고, 기존 불꽃감지 화재감지와 AND신호 알고리즘 체계로 보완 구축함으로써 전통시장에서 발생할 수 있는 비화재보 문제를 최소화하며, 외부공간 화재감지의 신뢰성을 높일 수 있다.

Fig. 7. Diagram of Camera-based Fire Detection System

Fig. 8. Wireless Flame Detector Algorithm

Fig. 9. Video Flame Detector Algorithm

3. 실시간 상황전파시스템

3.1 실시간 상황전파시스템 시나리오

Fig. 10은 외부공간의 영상기반 화재감지시스템 및 실시간 상황전파시스템의 추진체계이다. 전통시장 화재 발생 시 영상기반 화재감지시스템 판단모델을 기반으로 한 화재 감시구역별 화재신호를 영상기반 알고리즘이 적용된 엡지 컴퓨터로 전송하고, 엡지컴퓨터에서 판별된 화재신호와 화재인식영상은 실시간으로 광대역 무선통신콘트롤러의 광대역무선망을 통해 방재실로 전송된다. 실시간 상황전파시스템을 통해 화재신호를 수신한 방재실 관리자 등 전통시장 화재안전책임자는 시스템과 연계된 영상모니터링을 통해 실화재 및 비화재 여부를 판단하여 관할 소방관서 및 상인, 시민들에게 화재상황전파를 결정한다. 만약 방재실에서 화재신호를 수신 후 결정자의 부재 등의 사유로 인해 일정시간 내 화재상황전파 결정이 이루어지지 않을 경우, 자동으로 상황전파단계로 진행된다.

Fig. 10. Real-time Situation Propagation System Promotion Flow

방재실에서 실화재 판단 결정시 관할 소방관서로는 전통시장 관리자용 앱·웹을 통해 실시간 화재신호 및 화재위치 영상신호 등 화재진압에 필요한 정보가 전송되며, 상인 및 시민들에게는 전통시장 사용자용 앱을 통해 화재신호 및 화재피난에 필요한 정보가 전송되어 신속하게 화재상황을 전파한다.

전통시장 실시간 상황전파시스템은 영상기반 화재감지시스템, 알고리즘 적용 엡지컴퓨터, 광대역 무선통신콘트롤러, 방재실 및 관할소방관서용 상황전파 앱·웹, 상인 및 시민용 상황전파 앱으로 구성된다. 기존 배선에 의지해 신호를 전송하던 아날로그 방식인 화재감지시스템을 근·장거리통신 인터페이스로 구축함으로써 배선단선, 불량 등의 문제로 인한 화재신호 오류 및 누전사고(Park and Min, 2019) 등의 문제를 줄이고, 신뢰성 있는 화재신호를 송출하여 실시간 상황전파시스템 구축을 용이하게 한다.

시스템 구축을 위한 앱·웹 개발 방안으로 전통시장 관리자와 사용자간의 항목 구분이 필요하다. 공통항목으로는 공지사항(재난뉴스), 기상특보, 유관기관 정보(연락처 및 위치), 실시간 화재신호 알림, 화재신호 발생 감지기 위치의 항목들이 있으며, 관리자용(소방관서, 방재실)앱·웹은 감지기 위치별 실시간 영상모니터링, 이벤트 정보 조회(화재, 비화재보), 이벤트 발생지역 영상스트리밍, 3D공간정보, 화재예측플랫폼 연계 항목으로 구축되고, 사용자용(상인, 시민)앱은 화재시 대응방법(국민행동요령), 재난신고(긴급전화 및 문자신고), 감지기 위치 지도의 항목으로 구축된다(Fig. 11).

3.2 3D공간데이터

전통시장 특성상 면적당 점포 밀집율이 높고 진입로 및 골목 폭이 좁아 다량의 연기가 방출되면 시야 확보가 힘들게 된다(Seo and Min, 2017).

Fig. 12는 본 연구의 표본인 대구 S시장을 2019년 9월 실제 촬영한 3D공간데이터이다. 공간데이터 구축을 위해

(a) APP of Disaster Prevention Manager and Fire Fighter

(b) APP of Market Traders and Citizens

(c) Web of Real-time Situation Propagation System

Fig. 11. Example of Real-time Situation Propagation System

(a) SCEN (V2019.2)

(b) Front-Top View

(c) Front-Side View

Fig. 12. Daegu-si S Traditional Market's 3DScan Space Data

FARO사의 FARO Laser Scanner Focus M70 모델을 사용해 촬영했으며, 촬영된 3D공간데이터는 FARO사의 Software SCEN (V2019.2)를 통해 Processing 및 Registration 과정을 진행해 완성했다.

3D공간스캐너를 활용해 전통시장 3D공간데이터 시스템을 구축함으로써, 사전에 구축해 두었던 전통시장 3D공간데이터를 출동 소방대원에게 공유해 시야확보가 어려운 지역의 공간인지각을 높여 효율적인 화재진압 및 구조 활동에 도움을 준다.

4. 결 론

본 연구에서는 전통시장 대형화재의 주된 발생원인 중 하나인 건물 외부화재의 안전성에 대한 고찰을 진행하였다. 전통시장 환경특성이 고려된 신뢰성 있는 영상기반 화재감지 시나리오 및 상황전파시스템 구축 연구를 진행하였으며, 연구의 표본으로 화재 이력이 많고 피해범위가 컸던 대구광역시 중구에 위치한 S시장을 설정해, 전통시장의 화재 위험 문제를 해결하고자 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 실제 대구 S시장의 현장조사를 통해 전통시장에 설치된 기존 화재감지시스템은 화재감지에 의한 내부화재감지에는 적응성이 있었지만 외부공간에서 발생하는 화재에는 불꽃감지의 비화재보로 인한 오작동 문제로 적응성이 없었다. 또한 방재실과 소방관서의 화재감지시스템 연계 부재의 문제 확인을 통해 대형화재 대응을 위한 외부공간의 조기화재감지의 중요성을 파악했다.
- (2) 문제가 되고 있는 비화재보 문제를 최소화 하고자 영상기반 화재감지 시나리오 작성 및 알고리즘 개발을 통해 기존 단순 화재 감시기능뿐 이었던 감지신호를 불꽃감지와 영상기반 화재감지의 AND 알고리즘으로 개발하여 외부공간의 화재를 신뢰성 있게 감지할 수 있는 방안을 제시했다.
- (3) 화재감지시스템의 상호시스템연계성 부재 문제를 해결하기 위해 전통시장 화재 발생 시 소방관서, 방재실, 시장상인, 시민들에게 앱·웹을 통해 신속하게 실시간 상황을 전파할 수 있는 실시간 상황전파시스템의 시나리오를 영상기반 화재감지시스템과 연계하여 구축하였다.
- (4) 전통시장 특성상 면적당 점포밀집율이 높고 골목 폭이 좁아 다량의 연기가 방출되면 시야확보가 힘든 점을 파악하고, 실제 3D공간스캐너를 사용해 연구의 표본인 대구광역시 S시장의 촬영을 통해 실시간 상황전파시스템과 연계된 3D공간데이터를 구축했다.
- (5) 전통시장에서 발생할 수 있는 대형화재는 복합적인 화재요인을 갖고 있기 때문에 전통시장의 시설적, 구조적, 제도적, 교육적 영향 등 다양한 화재요인에 대한 대책과 그에 따른 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 대한민국 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 국민생활안전 긴급대응연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 2019M3E9A1109141).

References

- Frizzi, S., Kaabi, R., Bouchouicha, M., Ginoux, J.-M., Moreau, E., and Fnaiech, F. (2016). Convolutional neural network for video fire and smoke detection. *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. doi:10.1109/IECON.2016.7793196
- Jeong, J.H., and Kim, H. (2010). Development of infrastructure automatic alert populating system using national important facility monitoring system. *The Magazine of the Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 10, No. 4, pp. 78-84.
- Jeong, T.Y. (2017). Traditional market status and safety management. *KFPA Webzine*, No. 73. Retrieved from https://www.kfpa.or.kr/webzine/201704/disaster_prevention_01.html
- Lim, S.B. (2019). *A study on developing the fire safety guidelines of the old congested area*. Master's thesis, Gachon University.
- Nguyen, M.D., and Ro, S. (2017). Smoke detection algorithm using deep learning. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Science*, Vol. 42, No. 7, pp. 1370-1379.
- Park, E.S., and Min, S.H. (2019). Study on the correlation analysis between leakage-current generation and temperature using half circuit. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 7, pp. 241-245.
- Ryu, J., and Kwak, D. (2020). A study on flame and smoke detection algorithm using convolutional neural network based on deep learning. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 20, No. 1, pp. 223-232.
- Seo, Y.G., and Min, S.H. (2017). A study on the cause analysis and countermeasures of the traditional market for fires in the TRIZ method. *Fire Science and Engineering*, Vol. 31, No. 4, pp. 95-102.

Received	July 3, 2020
Revised	July 3, 2020
Accepted	August 18, 2020