

AI 영상 분석 기술을 활용한 건설현장 화재 대응 플랫폼 구축 정책에 관한 연구

최 갑 용*

A Study on Policies for Establishment of Fire Response Platform in Construction Site using AI Video Analysis Technology

Kap-Yong Choi*

요 약

건설현장에서 발생하는 화재는 스프링클러, 피난 설비 같은 소방 설비가 완비되지 않아 대형 화재로 확산되는 경우가 많다. 이로 인한 대량의 인명 피해를 감소시키기 위해 정부에서는 임시 소방시설 설치를 요청하고 있고, 화재 발생 이후 현장에 대한 발화 지점, 근로자의 위치 등을 신속히 파악하여 대처하는 소방 시스템을 요구하고 있다. 그러나, 소방본부에서 운영하는 시스템과 건설현장을 연결하는 시스템이 없는 실정이라 신속한 소방 대응이 어렵다는 문제점이 있다. 이러한 요구 사항에 부응하고자 본 연구에서는 건설현장을 위한 AI 영상 분석 기술을 적용한 화재 대응 플랫폼의 구축 방안을 제안한다. 또한, 구축된 건설현장 화재 대응 플랫폼과 긴급구조표준시스템을 연동하여 대형 화재에 신속히 대처하는 방안을 제시한다.

Abstract

Fires occurring at construction sites are often spread to large-scale fires because fire fighting facilities such as sprinklers and evacuation facilities are not fully equipped. In order to reduce the large amount of human damage caused by this, the government is requesting the installation of temporary fire fighting facilities, and a fire fighting system is required to quickly identify and respond to the ignition point of the site and the location of workers after the fire occurs. However, there is a problem that it is difficult to respond to fire quickly because there is no system that connects the system operated by the fire department and the construction site. To meet these requirements, this study proposes a plan to build a fire response platform applying AI image analysis technology for construction sites. In addition, it proposes a plan to quickly cope with large-scale fires by linking the established fire response platform at the construction site with the emergency rescue standard system.

Keywords

fire response platform, construction site fire, AI, image processing, fire dispatch system

* 대구북부소방서 서장
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8912-6921>

· Received: Nov. 20, 2024, Revised: Dec. 17, 2024, Accepted: Dec. 20, 2024
· Corresponding Author: Kap-Yong Choi
Daegu Bukbu Fire Station, Daegu, Korea
Tel.: +82-53-350-4713, Email: net3mg@gmail.com

I. 서 론

건설현장에서 발생하는 화재는 대형 재해로 이어지는 경우가 많다[1][2]. 지속적으로 정부에서 화재 안전 특별 대책을 수립하고 정책을 펼침에도 화재로 인한 피해가 계속되고 있다. 더욱이 건설현장 특성상 화재감지기, 스프링클러 설비, 피난 설비 등의 소방 설비가 완비되지 않아 화재 발생 시 인명 피해가 확대되는 경우가 많이 발생한다[1]-[4]. 또한, 건설현장에서 널리 사용되는 스티로폼 단열재 등은 열가소성 수지로 화염이 가해지면 유류와 같은 성상을 갖는다[5]-[7]. 빠른 연소 속도는 물론 다량의 유독 가스 발생이 뒤따른다. 그 밖에도 다양한 가연성 자재가 많이 사용되고 있다. 특히 대형 건설현장은 건축 자재를 지하 주차장 등 내부 공간에 보관하는 경우가 많아 불이 나면 급속한 연소 확대 위험성이 있다. 스티로폼 및 우레탄폼 등과 같은 가연성 자재 사용은 용접·용단으로 화기에 노출되기 쉽다[5][6]. 터파기 작업에서부터 유기용제를 이용한 마감 작업까지 각각의 공정마다 화재 발생이 쉬운 환경이 조성되어 있으며 때로는 여러 작업이 동시에 진행되기 때문에 다른 작업장과 달리 화재 위험성이 높은 불안정 상태들이 건물 완공시까지 다수 존재한다[1][4][8].

2020년 경기 이천 물류센터 신축공사 현장의 지하 2층 저온 창고에서 화재가 발생하여 작업 중이던 근로자 38명이 사망하고, 12명이 부상을 입었다[6][9][10]. 건설현장에서의 용접·용단은 화재 발생의 주요 원인으로 꼽힌다. 실험에 따르면 용접·용단 시 발생하는 불티는 멀리 10m까지 비산하며 불티에 의한 훈소 현상으로 화재 초기에 쉽게 발견하지 못해 화재를 키우는 경우도 많다[5][6]. 건설현장 화재 발생을 초기에 인지하고 신속한 대응을 하기 위해서 정부에서는 건설현장 임시 소방 시설을 설치하도록 하고 있다[4]. 이러한 목적으로 설치된 임시 소방 시설은 화재 발생 시 조금이라도 근로자가 신속히 대처하기 위해 만들어진 시설이다. 그러나, 화재 발생 이후에는 현장에 대한 정보 부재[11] 등으로 인해 소방관이 골든타임을 확보하고 신속한 현장 대응을 하는 것은 여전히 어려운 문제이다[3][4].

건설현장 화재에서 출동한 소방대원이 골든타임을

확보하기 위해 가장 중요한 것은 화재 발생 지점과 근로자의 위치 파악이다. 그러나 현재 소방본부에서 운영 중인 시스템에서는 건설현장과 소방대원을 연결할 수 있는 시스템이 없는 실정이다[4].

또한, 건설분야에서 디지털화 도입 수준은 타 산업에 비해 저조한 현황이고, 대형 건설사 위주로 진행 중인 상태이다[12]. 건설분야에서는 기관별 보유 정보의 공동 활용을 위해 플랫폼 구축, 중대재해처벌법 제정 등으로 현장 관리 모니터링, 민원 발생 감소를 위한 지능형 사물 인터넷 모니터링 등 건설에 관련된 부분이 진행되고 있지만[12]-[14] 소방과의 연계는 현재 고려되지 않고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 소방본부에서 운영하는 시스템에 새로운 기술인 AI 영상 분석 기술을 융합하여 건설현장의 화재 발생 시 골든타임을 확보하여 인명 피해와 재산 피해를 경감하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

연구 방법으로는 건설현장 화재에 대해 발생 요인을 분석한 후 현재의 소방 시설 설치 범위에 AI 영상 분석을 통한 화재 사전 인지 기술을 적용하고 이를 긴급구조표준시스템과 연동하여 대형 화재를 예방하고자 한다.

II. 관련 연구

2.1 현황

최근 10년 동안 우리나라에서는 연간 평균 4만 건 이상의 화재가 발생하였다. 2023년은 38,857건의 화재 발생으로 2,477명 인명 피해와 9,529억 원의 재산 피해를 가져왔다[15]. 그중 건설현장에서 발생한 화재는 대형 화재로 이어지는 추세로 발생 건수가 급증하고 있다. 2019년 3월 경기 용인시 쇼핑몰 신축 건설장에서 화재로 13명이 부상자가 발생했다. 2018년 3월에는 인천 부평구의 한 주상복합 신축 건설현장에서 용접 작업 중 발생된 화재로 2명이 사망하고 5명이 다쳤다. 또한 2020년 4월 29일 발생한 경기도 이천 건설현장 화재에서는 용접 불티가 천장 우레탄폼에 튀어 발화[6]한 것으로 사망 38명, 중상 4명, 경상 8명으로 총 50명의 인명 피해가 발생했다.

최근 2018년부터 2022년까지 건설현장에서 발생한 화재는 다음 표 1에서 보듯이 총 3,790건이며 인명 피해는 사망 56명, 부상 279명으로 총 335명이다[16][17].

표 1. 최근 5년간 공사현장 화재 및 인명피해 통계
Table 1. Statistics on construction site fires and casualties over the last 5 years

Category	Total	Annual average	year 2018	year 2019	year 2020	year 2021	year 2022
Occurrences (cases)	3,790	758	889	781	691	655	774
Deaths (persons)	56	11	7	4	39	3	3
Injuries (persons)	279	56	91	48	51	50	39

건설현장은 많은 사람이 함께 작업하는 공간으로 내·외장 건축자재 등 수용된 가연물이 많고, 용접·용단 등의 화재 위험 작업이 이루어지는 특성이 있는 장소이다[3][5][7]. 또한, 작업 시 발생하는 소음으로 인해 다른 작업 공간에서 발생한 화재를 초기에 인지하지 못할 우려가 있으며, 아직 완성된 건축물이 아니기에 대피에 어려움을 겪거나 고립될 경우 대형 인명 피해로 이어질 수도 있다[2][18]. 이러한 열악한 환경에서 화재를 예방하기 위해 소방청은 건설현장에 건축물이 완공되기 전까지 소화기, 간이 소화 장치, 비상경보 장치, 간이 피난 유도선 등 총 8가지의 임시소방시설을 운영하도록 규정되어있다[4].

2.2 소방출동 시스템

건설현장 화재 신고를 접수한 119종합상황실에서 그림 1의 소방 출동 처리 흐름도에 따라 관할 소방서 및 소방안전센터에 출동 명령을 한다. 출동 명령을 접수한 소방서 및 센터에서는 즉시 출동한다. 즉, 119 신고에 따른 위치 파악, 출동대 편성 및 지령, 상황 전파 및 관제의 흐름을 따른다.

우리나라 모든 재난에 대응하기 위해 소방청과 18개의 시도 소방본부에 119 신고를 접수할 수 있는 상황실을 운영하고 있으며 연간 1천만 건 이상의 신고를 접수하고 있다. 다음 절에서는 건설현장에서 화재 발생시 119 신고 접수를 할 수 있는 긴급구조표준시스템과 영상 문자를 접수할 수 있는 119다매체 신고 시스템의 현황을 서술한다.

2.2.1 긴급구조표준 시스템

소방청은 각 시도별 화재, 구조, 구급 출동을 위해 긴급구조표준시스템을 운영하고 있다. 화재의 경우 119 신고와 동시에 화재 발생 위치를 파악하고 가장 인접한 센터 3개소에 출동 명령을 자동으로 전달하는 시스템으로 되어 있다. 신고 접수 후 출동까지의 흐름은 그림 2에서 보듯이 신고접수-출동명령 및 출동-상황관제(수시)-현장도착-현장대응-현장상황보고(수시)-대응단계격상(대형화재 경우)-추가출동-상황 및 종결 순서로 화재에 대응하고 있다. 건설현장 화재 발생에 대한 신고 접수 후 소방본부에서는 소방서와 119안전센터로 출동지령을 내리며, 지령을 받은 3개 센터가 현장으로 출동하여 대응을 한다.

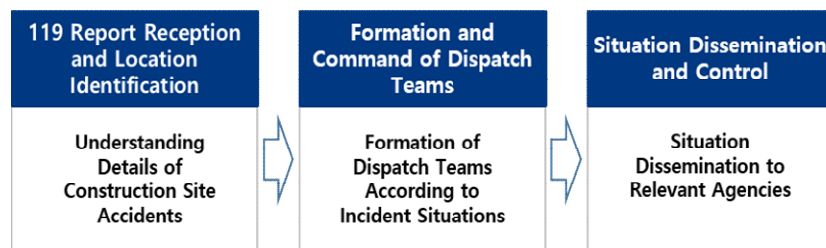


그림 1. 소방 출동 처리 흐름도
Fig. 1. Fire dispatch flowchart

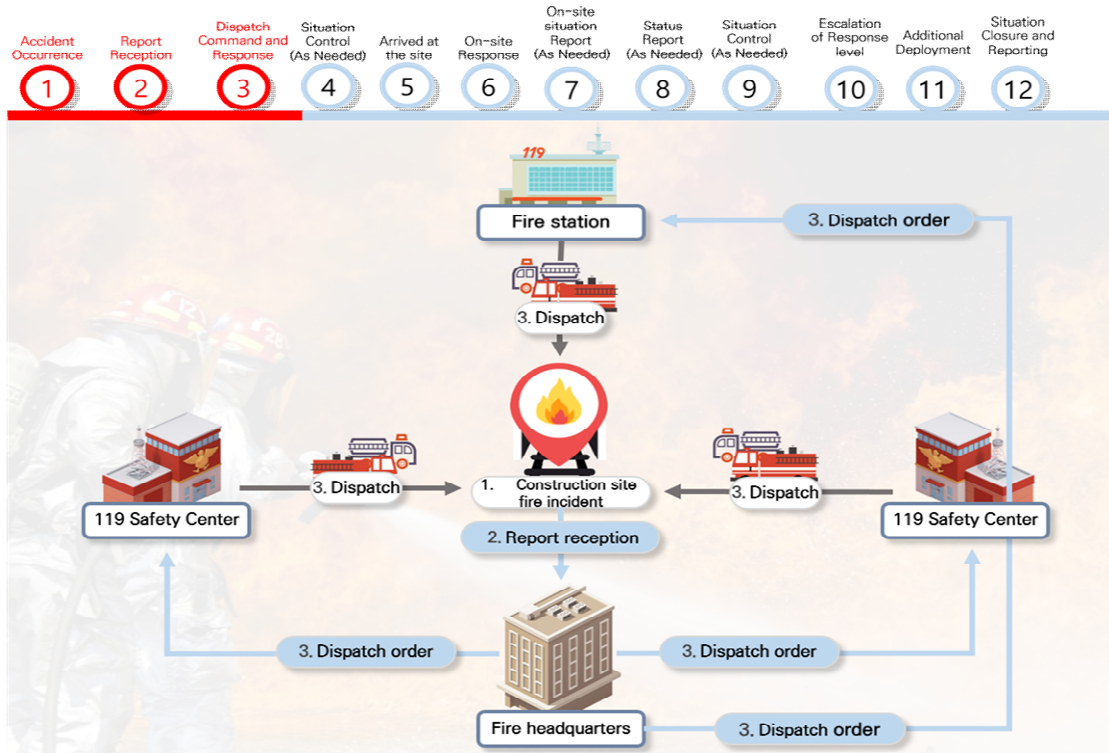


그림 2. 화재대응 흐름도

Fig. 2. Fire response flowchart

2.2.2 119다매체 신고 시스템

소방 다매체 신고 시스템은 그림 3과 같이 다매체 인터페이스, 영상 전화 호 분배기, 신고 통합 분배, 양방향 의사 소통으로 나뉘 볼 수 있다. 기존의 음성 중심의 신고 접수 서비스에서 영상, 문자, SNS 등 다양한 매체로 서비스를 하는 시스템으로서 일반 휴대폰에서 음성 119 신고 외 영상 119 신고가 가능하며 일반 센서에서 수집되는 데이터에 의한 119 신고도 가능하도록 구축된 시스템이다. 문자, 음성 등의 다매체 신고는 SMS/MMS 인터페이스, 화재속보설비 인터페이스, 웹 신고/SNS 인터페이스, 스마트폰 응용 프로그램 서비스, 문자 기반 신고 open API 처리 모듈로 구성된 다매체 신고 공통 서버를 통해 신고 정보를 저장한다. 영상 신고 인터페이스, 영상 신고 호 분배 기능으로 구성된 영상 전화 호 분배기에서는 영상 신고를 받아 영상 교환기를 통해 위치 정보를 저장한다. 다매체를 통해 신고된 내용은 통합 신고 인터페이스, 긴급 신고 처리 모듈, 긴급 구조 표준 시스템과의 연계 기능을 가진 다매체 신고 분배 서버를 통해 신고 위치, 유

형, 내용으로 분리 추출되어 출동 지령을 하달한다.

이러한 기능을 가진 119다매체 신고 시스템은 건설현장에서 영상으로 접수되는 신고를 처리하기 위한 시스템으로 활용된다. 영상 신고는 영상 교환기를 통해 위치 파악 후 분배할 시도 결정 후 시도 소방본부의 긴급구조표준시스템으로 전달한다.

2.3 건설현장 화재 유형 분석

최근 2022년까지 5년간 건설현장 화재 사고는 총 3,790건으로 사망 56명, 부상 279명으로 집계된다 [16][17]. 화재 원인으로서는 주로 부주의 78%, 전기적 요인 11%, 기계적 요인 2% 순으로 부주의에 속하는 흡연, 우레탄폼 작업, 고형알코올 사용 작업, 페인트(시너) 작업 등에서 발생한 화재 2,958건, 전기적 요인 화재 200건, 기계적 요인 화재 79건으로 조사되었다. 발화원은 용접이 1,805건으로 48%, 담배꽂초 296건으로 8%, 전기적 단락 149건으로 4% 순으로 집계되었으며, 원인별, 발화원별 그래프는 다음 그림 4와 같다[16][17].

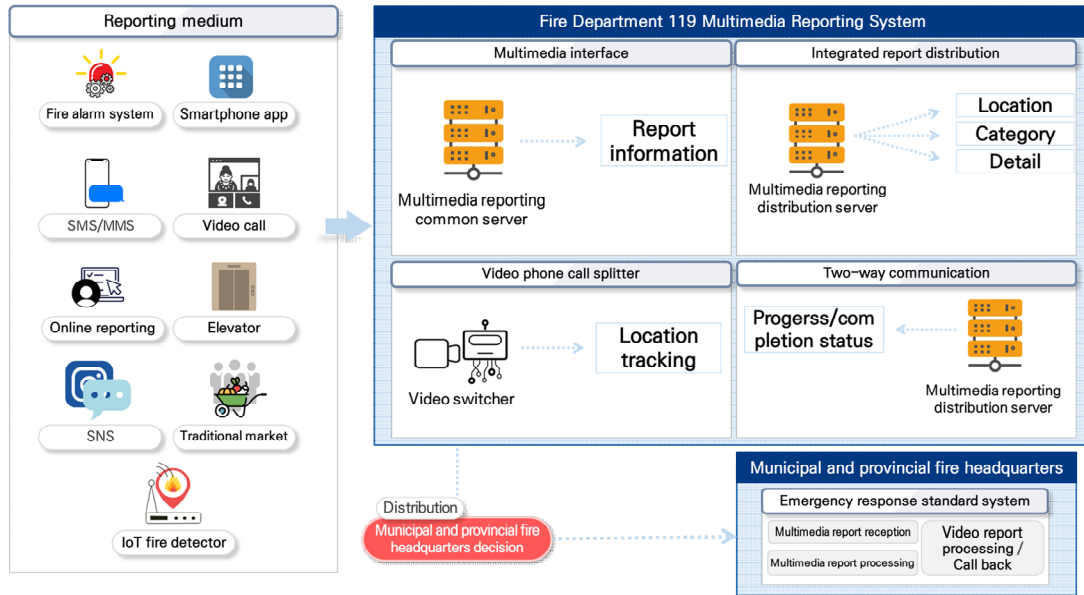


그림 3. 소방 다매체 신고 시스템
Fig. 3. Multi-channel fire reporting system

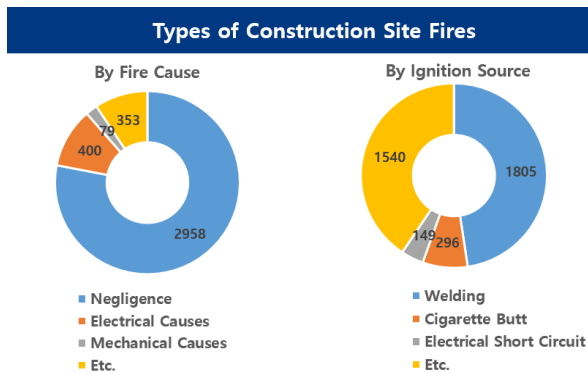


그림 4. 건설현장 화재 유형
Fig. 4. Types of construction site fires

중·소규모 건설현장에서 발생하는 화재는 마감 공사 단계의 유증기 발생 또는 단열작업 중에 용접·용단의 불꽃 또는 전기 누전에 의한 것으로 나타났다. 이러한 공사현장의 화재 발생 요인은 가연성 건축자재인 샌드위치패널, 뽐칠우레탄 등 대형 화재 발생 위험이 있는 자재를 여전히 사용하고 있는 점을 들 수 있다[5]-[7]. 또한, 위험 작업들이 사전 조정 없이 혼재 또는 동시에 진행되고 있는 것도 화재 재발 요인으로 작동한다[1][3]. 각종 보고서에 따르면 인화성 물질 취급 작업 시 환기 장치, 가스 경보기 등 안전 설비 미설치 및 작업 계획서 상의 작업 시기, 공법 등이 실제 현장과는 일치하지 않은 경우도 많은 것으로 나타났다[2][8][19].

안전관리자, 화재감시자 등 현장 안전담당자들의 역할 부족 등으로 인해 화재 발생시 대피로 확보, 비상 훈련 등 화재 대응체계 역시 미흡하다 [8][11][18]. 더욱이 수시로 변경되는 건설현장의 작업 공정은 위험 작업에 대한 실시간 파악을 어렵게 만들고 적시에 점검 및 감독에 한계를 가져온다 [1][2][4][8][19].

III. 건설현장 화재 발생시 대응 한계

3.1 소방 출동 시스템의 문제점

화재 발생시 119종합상황실에서는 화재 현장의 상황을 신속하게 파악하기 위해 신고접수 시 자동 혹은 수동으로 재난 현장 상황을 파악한다. 그림 5에서 보듯이 파악하는 내용은 일반 화재의 경우 건축물용도, 상주 인원, 유동 인구, 인접 건물 연소 확대 가능성 등을 파악하고 출동 후에는 주변 환경 정보, 건축물 세부 정보, 현장 영상 정보, 상황 정보 공유 등을 통해 상황 관제를 실시한다. 현장 대응시에는 작전도 및 건축물도면 제공, 현장 대원 작전 지시 정보를 119상황실에서 현장으로 제공하게 된다.

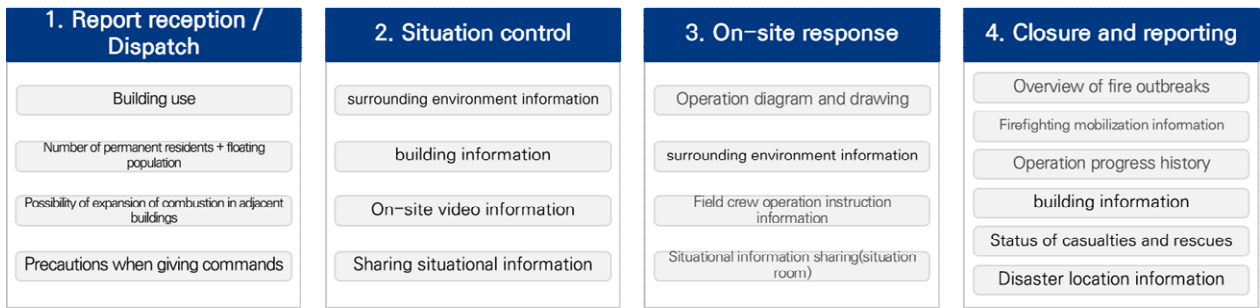


그림 5. 건설현장 화재시 소방 활동 흐름도
Fig. 5. Construction site fire response flowchart

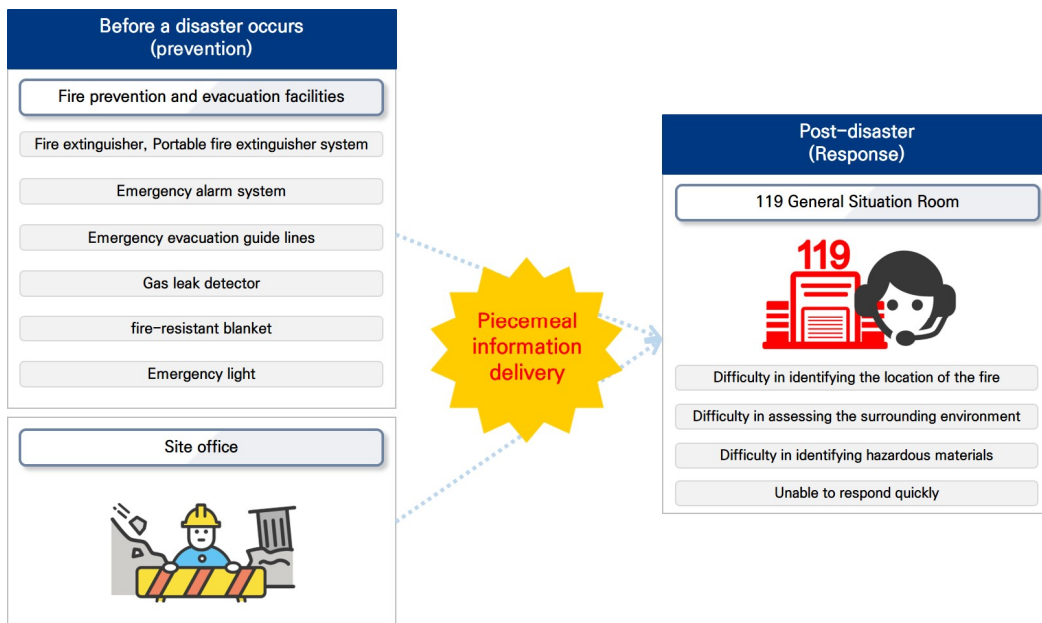


그림 6. 건설현장 화재 발생 전후 흐름도
Fig. 6. Pre- and post-fire flowchart for construction sites

그러나 건설현장 화재의 경우 신속한 인명 구조가 우선이나 119신고시 화재 발생 위치 및 건설현장 상황, 건설 작업 중인 인력 수 등 가장 중요한 정보의 파악이 수동으로 행해지므로 골든타임을 확보하는 데 어려운 점이 있다[4].

3.2 건설현장 화재시 협업의 문제점

건설현장에 대한 예방적인 측면 즉 건설현장 화재 예방 및 대피를 위한 시설은 소화기, 간이 소화장치, 비상경보 장치, 간이 피난 유도선, 가스 누설경보기, 방화포, 비상 조명등, 소방안전관리자 세부 업무 등 많은 법과 규정을 만들어 왔으나[1][5] 화

재 발생 이후에는 소방에 단순 전화로 전달됨에 따라 건설현장에 대한 정보 중에서 단편적인 내용만 119상황실에서 파악하고 출동하는 문제점이 있다. 건설현장에 화재가 발생할 시 가장 중요한 목표는 신속한 인명 구조이므로 소방 출동시 가장 필요한 요소는 건설현장에 대한 화재 발생 위치, 주변 환경 파악, 위험물 파악 등이 우선 되어야 한다. 그러나, 건설현장 화재에서는 그림 6에서 보듯이 예방 및 대응에 초점을 맞추기 때문에 인명구조에 대한 정보 파악없이 단순히 현장 관리사무소 직원의 119신고 내용만으로 출동함으로써 대형 인명 피해를 방지할 수 없다는 문제점을 가지고 있다[4].

IV. 추진 방안

앞에서 살펴본 바와 같이 건설현장은 스티로폼 및 우레탄폼 등과 같은 가연성 자재 사용과 용접, 유기용제를 이용한 마감재 등의 작업이 동시에 일어나 다른 작업환경과 달리 화재 위험성이 높은 불안정 상태들이 다수 존재하기 때문에 사전에 화재를 예방하는 것은 매우 중요하고 화재가 발생할 경우 즉시 소방출동시스템과 연결해서 골든타임을 확보하는 것이 매우 중요하다. 따라서 이러한 부분을 해결하기 위해서는 화재나 붕괴가 일어날 경우 실시간으로 관리사무소와 관할 소방본부로 즉시 상황을 전송하는 시스템이 필요하다. 현재도 이러한 부분을 해결하기 위해 소방 시설 보강 등을 지속적으로 추진하였으나 아직 큰 효과를 못보고 있는 상황이다.

다음 표 2는 기존 시스템과 제안한 시스템을 정보 전달, 화재 감지, 통합성, 적응성, 효율성의 항목으로 비교 분석하여 차이점을 나타내고 있다. 기존 시스템은 단편적이고 정적인 정보만 제공하여 현장 전체 상황을 파악하기 어렵고, 수동 신고와 기본 센서에 의존하여 화재 감지 및 대응이 지연된다. 또한, 긴급구조표준 시스템과 연결되지 않아 협조에 제한이 있으며, 데이터 및 분석 기능 부족으로 단순하거나 소규모 화재 사고에만 대응 가능하여 의사결정 및 소방 자원 배분에서 비효율성이 발생한다.

그러므로, 본 연구에서는 기존 시스템의 문제점을 해결하기 위해 예측 예방 중심 재난 관리와 실시간 현장 상황을 감시할 수 있는 AI 영상 분석을

통한 건설현장 화재 예방 방안을 제시하고자 한다. AI 영상 분석을 통한 건설현장 화재 예방 시스템에서는 빅데이터 기반 건설현장의 화재 원인 및 특성 분석, 건설현장 GIS DB, 화재 예방 및 대응 플랫폼, 딥러닝 기반 화재 예방 대응을 위한 영상 분석 시스템의 연계 및 구축이 필요하다. 목표 시스템의 구성도는 다음 그림 7과 같다.

AI 영상 분석 화재 대응 플랫폼의 세부 구축 내용으로는 건설현장의 현황을 정확히 파악하기 위해 사용자 및 시스템 요구사항 분석 및 설계와 영상 분석 등을 통한 건설현장 화재 예방 및 대응 시스템 설계가 필요하다. 분석이 완료되면 기본 검증 수행을 통한 화재 파악을 위한 영상 분석 학습 구조 및 무선 센서 네트워크 개발을 추진하여 건설현장 화재 예방 및 대응 시나리오를 개발하여야 한다. 또한 건설현장 실시간 모니터링을 위해서는 건설현장에 대한 빅데이터 기반 화재 원인 및 특성 분석을 추진하고 건설현장에 대한 지형도면 및 구조물 CAD 도면 기반의 건설현장 GIS DB 구축을 하여야 한다.

이러한 작업이 완료되면 영상 분석 등을 통한 건설현장 화재 예방 및 대응 시스템 개발과 건설현장 영상 통합관리 시스템 구축을 추진하고 소방본부 119다매체 신고시스템과 연결하여 건설현장을 실시간 관리한다. 최종적으로 건설 현장 화재 예방 및 대응 시나리오 기반 표준운영절차(SOP) 매뉴얼 개발하여 현장에 적용시키면 AI 기반 건설현장 화재 대응 플랫폼 구축이 완료된다.

표 2. 제안 시스템과 기존 시스템의 비교
Table 2. Comparison between proposed and existing systems

Category	Existing system	Proposed system
Information delivery	Provides only fragmented and static information, making it difficult to grasp the overall situation on-site	Offers real-time and comprehensive information through AI video analysis and data integration
Fire detection	Relies on manual reporting and basic sensors, leading to delays in detecting and responding to fires	Utilizes AI-powered video analysis for early fire detection and prediction, reducing response time
Integration	Does not connect with advanced systems like the Emergency Rescue Standard System, limiting coordination	Fully integrates with emergency systems, enabling rapid sharing of fire locations, personnel data, and risks
Adaptability	Limited to handling simple or small-scale fire incidents due to insufficient data and analysis capabilities	Capable of adapting to complex and large-scale fire incidents with predictive analytics and real-time monitoring
Efficiency	Prone to delays and inefficiencies in decision-making and resource allocation	Enhances decision-making and resource allocation with real-time insights and data-driven predictions

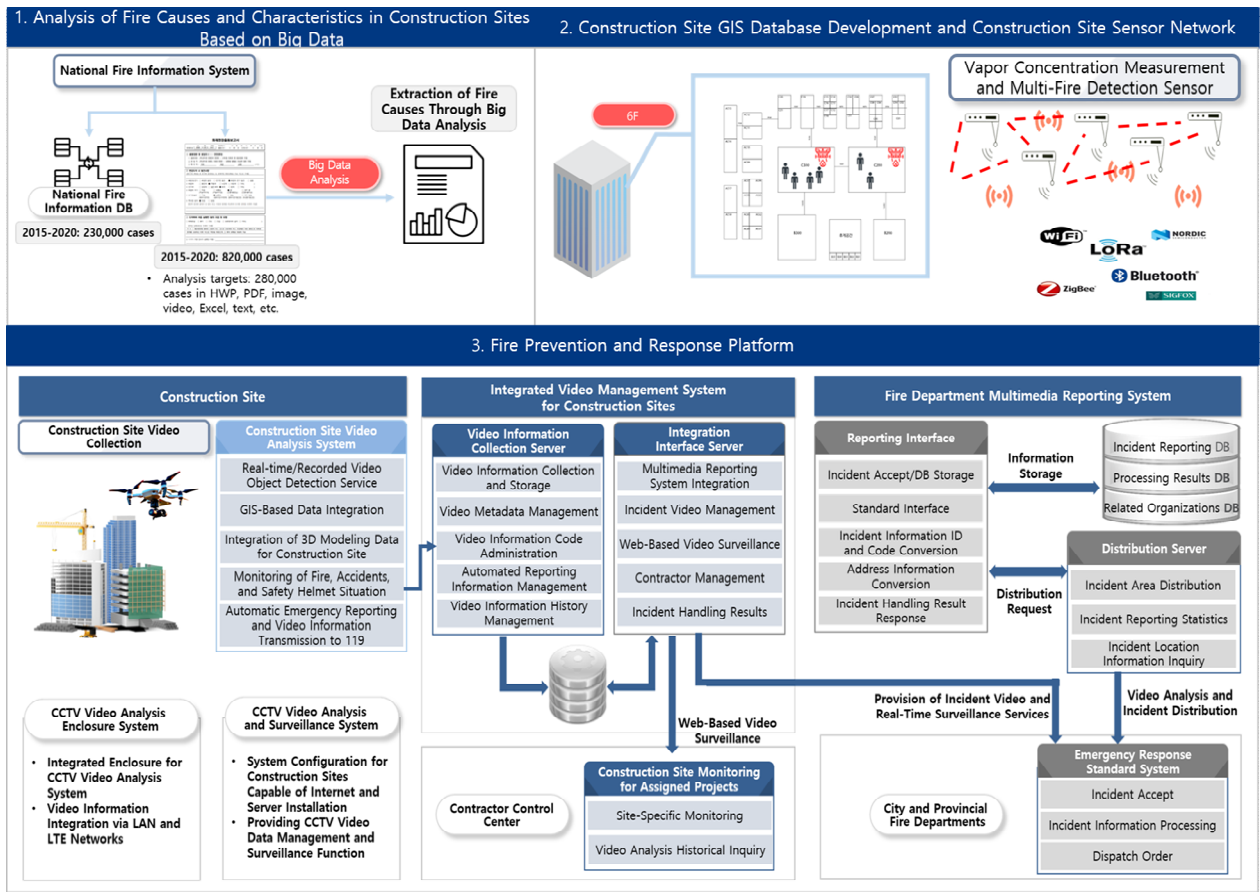


그림 7. 건설현장 화재예방 시스템 구성도

Fig. 7. Fire prevention system architecture for construction sites

4.1 빅데이터 기반 건설현장의 화재 원인 및 특성 분석

분석된 결과를 보면 화재가 발생한 건설현장은 ① 마감 공사 단계에 ② 유증기 발생 또는 단열 작업 중에 ③ 용접·용단의 불꽃 또는 전기 누전으로 발생하고 있음을 알 수 있듯이 공사장에서 단계별 화재 발생 요인을 찾아내고 기존의 데이터와 결합하여 새로운 모델링을 하는 것이 필요하다. 이러한 작업을 위해서는 소방청에서 보유한 국가화재정보 시스템 내에 공사장 화재 데이터를 수집/저장하여 화재 발생 요인에 대한 데이터 셋을 구축한 후 구축된 데이터 셋을 학습시켜 공사장 화재 요인별 모델링을 수행한다.

4.2 건설현장 GIS DB 구축

AI 영상 분석을 통한 건설현장 화재 예방 시스템

구축은 건설현장에서 일어나는 화재를 관리사무소와 소방본부 상황실에서 실시간 감시하는 시스템이다. 화재가 발생할 경우 건설현장 사무실과 119상황실에서 실시간 위치 파악을 위해서는 좌표 값이 부여된 3차원 실내 공간 정보 구축이 건설현장 화재 예방 시스템에서는 필수적이다. 3차원 실내 공간 정보를 구축하여 3차원 건설현장 화면에서 센서 및 건설현장 등을 중첩하여 공간 정보 데이터를 획득하고, 또한 내·외부 공간 정보 연계를 통한 시설물 상태 정보를 모니터링할 수 있도록 한다. 실시간 모니터링을 통해 화재 발생 시 3차원 공간 정보를 통해 최초 발화 지점에 대한 위치 정보, 건물 또는 구조물 붕괴 지점에 대한 정확한 위치를 파악한다.

4.3 화재 예방 및 대응 플랫폼

화재 예방 및 대응 플랫폼에서는 모형의 생성, 관리, 분석, 그리고 시각화 기술을 개발하고, 이를 바

탕으로 건설현장의 환경을 분석하고 관련 저작 도구를 개발해야 한다. 이를 통해 건설현장에서 발생하는 초기 화재 상황을 정확하게 판단할 수 있는 AI 엣지 컴퓨팅을 설치하고 운영해야 한다. 또한, 건설현장 화재 예측 및 관리 기술을 개발하여 정보의 수집, 통합, 분석을 지원하는 건설현장 통합 상황 관제 시스템을 구축해야 하며, 119신고 접수 시 건설현장의 3차원 공간 정보, 소방 시설 및 센서 위치, 화재 발생 위치 등의 데이터를 119긴급구조 시스템과 실시간으로 연동하는 통합 플랫폼을 구축한다.

제안된 건설현장 화재 대응 플랫폼은 기존 시스템에서 단편적인 정보만으로 출동하던 상황과는 달리, 그림 8에서 볼 수 있듯이 화재나 재난 사고 발생 시 수집 및 분석 시스템이 예측한 화재 위험 이벤트와 건설현장 정보를 119 종합상황실의 관제 시스템으로 실시간으로 전달한다. 건설 현장에서 발생한 영상 및 센서 데이터는 수집 및 분석 시스템에 저장되어 훈련된 AI 모델에 재훈련 및 예측을 위한 데이터로 사용되며, 수집/분석된 데이터는 현장 사무소와 소방 감리 사무소에 각각 저장되어 모니터링에 사용된다. 건설현장에서 생성된 영상 및 센서

데이터 분석으로부터 이벤트가 감지되면 관제실에서 출동을 지시하고, 출동시 현장 정보를 전송받아 건설현장의 화재에 대응한다. 전송되는 현장 정보는 현장 3D 데이터, 이벤트 발생 좌표 및 지도, 구역별 잔존 인원, 현장 위험물 정보, 추정 최초 발화 시점 및 지연 시간 등이 있다. 제안된 건설현장 화재 대응 플랫폼을 통해 보다 신속하고 정확한 대응이 가능해진다.

4.4 딥러닝 기반 화재 예방 대응을 위한 영상 분석

건설현장에 있는 CCTV 영상 데이터, 열화상 정보, 유증기 농도 데이터, 복합 화재감시 센서 데이터 등을 수집하고 딥러닝 기반 데이터 분석 및 영상 분석을 할 수 있는 시스템을 구축한다. 이러한 각종 센서에 대한 정보를 실시간 파악하고 의사 결정을 할 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축해야 한다. 영상 분석 기술을 활용하여 화재 상황을 예측하고, 위험 사고를 예방하기 위한 시스템 개발이 필요하다.

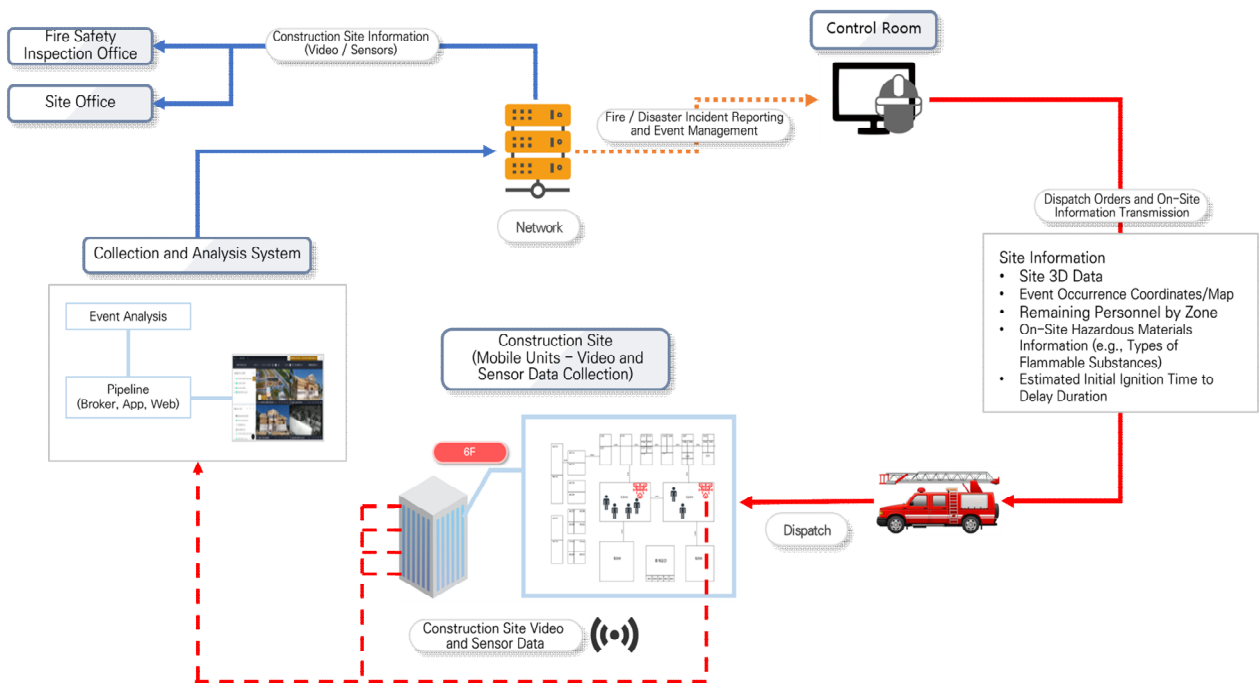


그림 8. 건설현장 화재 대응 플랫폼의 업무 흐름도
 Fig. 8. Workflow of a construction site fire response platform

이 시스템은 작업자의 안전모 미착용 여부와 동시시간대 위험 작업 감시, 낙상 사고 등 작업자 사고 발생 여부를 확인하며, 미구조자 및 구조대원 등의 출입 인원을 분석하여 잔류 인원 수를 파악한다. 또한, 실시간 모니터링을 통해 상황을 인지하고, 의사결정 지원 정보를 제공하며, 이상 상황 발생 시 위험도를 추론하는 기술 개발이 요구된다. 이러한 영상 분석 결과는 사고 발생 즉시 소방본부의 119다매체 시스템과 연동되어, 정보가 실시간으로 전송되는 시스템으로 구축되어야 한다. 이를 통해 신속한 대응과 정확한 상황 파악이 가능해져, 사고 대응 효율성을 극대화할 수 있다. 그림 9는 딥러닝 기반 화재 예방 대응을 위한 영상 분석 구현 방안이다.

V. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 건설현장에서 발생하는 화재 요인

과 현 소방 대응 체제의 문제점을 살펴보고, 문제를 해결하기 위한 건설현장 화재 대응 플랫폼에 필요한 기술 및 연계 방법을 제안하였다. 제안된 AI 영상 분석을 통한 건설현장 화재 예방 방안 연구를 통해 건설현장 영상 분석 플랫폼 개발 방향 설정 및 건설현장 화재 안전 관리 제도 개선 방향 도출이 가능할 것이며 이러한 연구를 통해 감리 및 감리 인력 부족으로 인한 작업자 중심의 건설현장 안전관리체계가 건설현장 특성 기반 영상 분석 플랫폼으로 해결될 것으로 기대된다. 또한 작업자 중심에서 감리자 중심으로의 영상 분석 플랫폼 기반 화재 예방 및 대응 체계 구축이 가능할 것이다.

향후 화재 확산 예측, 화재 전조 감지 및 능동 대처 기술을 통한 사회적, 경제적, 환경적 피해의 최소화 및 복구 비용의 절감 도모 등 AI 영상 분석에 따른 기대효과 만큼 후속 연구가 절실하다.

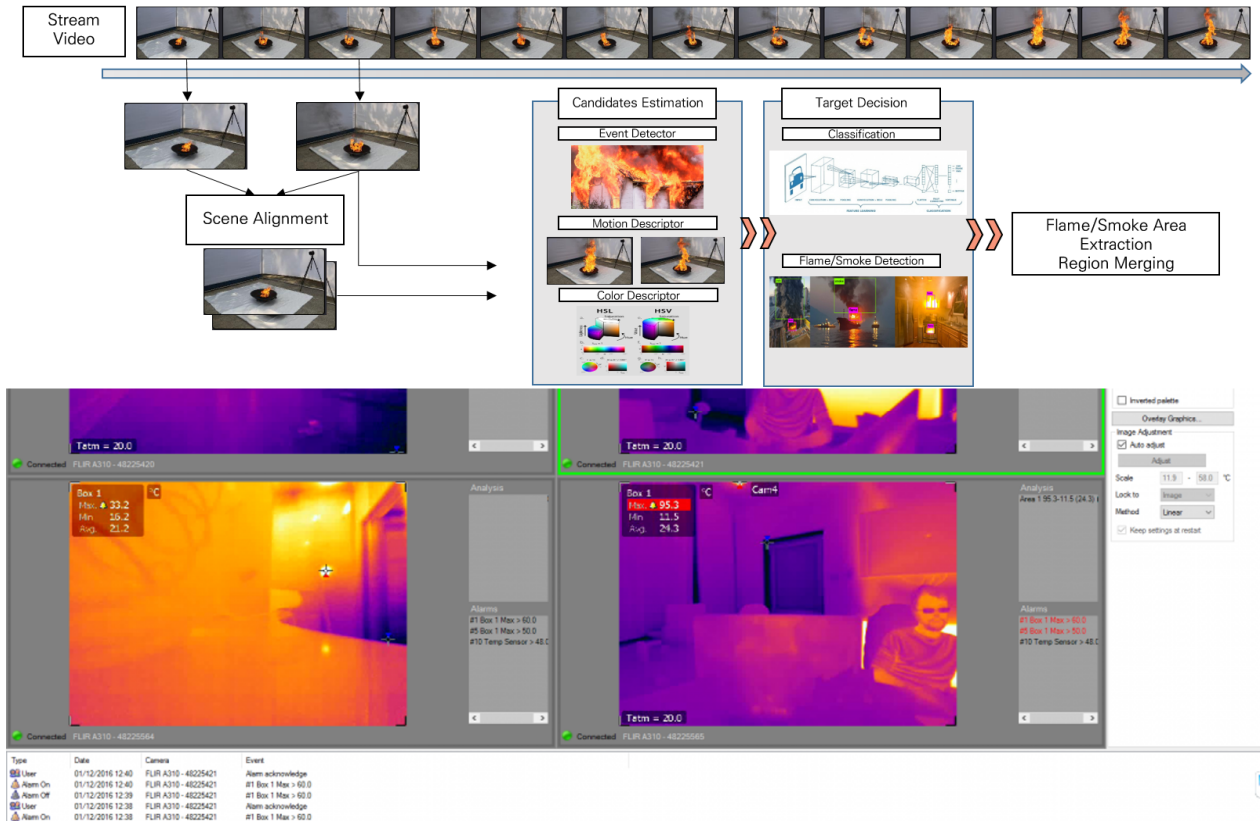


그림 9. 딥러닝 기반 화재예방 대응을 위한 영상 분석
Fig. 9. Deep learning-based video analysis for fire prevention and response

References

- [1] H. C. Lee, "A Study on Analysis and Countermeasure for Fire Accident on Construction Site", MS. Thesis, Korea National University of Transportation, Aug. 2017.
- [2] Y. J. Kang, "A Study on Cause Analysis and Countermeasure for Fire Accident during Construction", Ph.D. thesis, Myongji University, 2010.
- [3] D. G. Bae, "A Study of a Systematization for the Fire Safety Management on a Construction Site", Ph.D. thesis, University of Seoul, 2022.
- [4] C. M. Cho, "A Study on Improvement of Fire Safety Measures at Construction Work Site", MS. Thesis, Kyonggi University, 2015.
- [5] H. S. Kim, S. C. Jang, and J. G. Joo, "Preventive Priority Methods Based on the Analysis of Fire Accident Causes in Construction Site", JKICS, Vol. 2, No. 2, pp. 50-55, Dec. 2019. <https://doi.org/10.20931/JKICS.2019.2.2.050>.
- [6] H. J. Ann and K. Y. Koo, "Deep Learning Based Fire Risk Detection on Construction Sites", MDPI Journal, Vol. 23, No. 22, Nov. 2023. <https://doi.org/10.3390/s23229095>.
- [7] J. H. Choi, S. U. Chae, E. H. Hwang, and D. M. Choi, "Fire Propagation Characteristics and Fire Risks of Polyurethanes: Effects of material Type(Foam & Board) and Added FlameRetardant", MDPI Journal, Vol. 5, No. 4, Jul. 2022. <https://doi.org/10.3390/fire5040105>.
- [8] H. G. Park, "An Empirical Study on the Efficient Operation of the Safety Monitoring Team in Construction Site", Ph.D. thesis, Myongji University, 2018.
- [9] Fire Accident Cases on Construction Sites, Icheon Logistics Warehouse site, <https://www.fpn119.co.kr/136212> [accessed: Dec. 13, 2024]
- [10] Fire Accident Cases on Construction Sites, Icheon Logistics Warehouse site, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20201218117400061> [accessed: Dec. 13, 2024]
- [11] J. S. Kim, "Factor Analysis of Workers Accident in Construction Site Using Big Data Approach", MS. Thesis, Yeungnam University, 2015.
- [12] S. J. Kim, "A Study on Establishment Plan of the Construction Site Monitoring System at the Ordering Agency", proc. of KIIT conference, Jeju, Korea, pp. 170, May 2024.
- [13] S. J. Kim, "A Study on Digitalization Plans for Site Management of Public Construction Fiels", proc. of KIIT conference, Jeju, Korea, pp. 197, Jun. 2023.
- [14] K. H. Kim and B. W. Seo, "Intelligent Construction Video Management System Based on Edge Computing Using Deep Learning", Journal of KIIT, Vol. 17, No. 7, pp. 55-63, Jul. 2019. <http://doi.org/10.14801/jkiit.2019.17.7.55>.
- [15] E. S. Park, "A Study on the Development of Fire Prediction Platform by Analyzing Fire Occurrence Characteristics", MS. Thesis, Gachon University, 2020.
- [16] National Fire Agency, "Fire Statistics Yearbook", 2024.
- [17] National Fire Agency, "Enhancing Fire Safety Management at Construction Sites in Spring", National Fire Agency Press Release, Mar. 2024.
- [18] Y. J. Lee, "A Study on Preventing Fire Accident at Construction Site", MS. Thesis, Seoul National University of Technology, 2009.
- [19] S. R. Ryu, "A Study on Optimization of Smart Safety Management System Utilizing IoT Technology of Construction Project", MS. Thesis, Kyonggi Univ, 2018.

저자소개

최 갑 용 (Kap-Yong Choi)



1994년 2월 : 경일대학교

경영학과(학사)

2003년 2월 : 경북대학교

컴퓨터공학과(공학석사)

2007년 2월 : 경북대학교

지역정보학과 GIS 전공

(이학박사)

1993년 9월 ~ 2006년 10월 : 대구소방본부 정보화 담당

2007년 10월 ~ 2014년 7월 : 소방방재청 정보화 담당관실
소방정보화 담당

2014년 7월 ~ 2017년 6월 : 국민안전처 소방정보시스템
담당

2017년 6월 ~ 2019년 9월 : 국민안전처 중앙119구조본부
상황팀장

2019년 9월 ~ 2021년 3월 : 소방청 빅데이터 팀장

2022년 3월 ~ 2023년 3월 : 광주소방학교 학교장

2023년 3월 ~ 현재 : 대구소방안전본부 북부소방서장

관심분야 : 재난안전 정보 시스템, 빅데이터, AI, IoT