

3D/BIM 기반 기존 건축물 실시간 건물 화재 정보 관리 방안

배수빈¹ · 차희성^{2*}

¹아주대학교 건축학과 석사과정 · ²아주대학교 건축학과 교수

A Method on Developing 3D/BIM-Based Real Time Fire Disaster Information Management

Bae, Subin¹, Cha, Heesung^{2*}

¹Graduate Student Department of Architectural Engineering, Ajou University

²Professor, Department of Architectural Engineering, Ajou University

Abstract : Fire accidents in buildings are reported more frequently nowadays. Existing building fire accidents can lead to large-scale accidents as damage to human and physical resources increases over time, so it is necessary to quickly find ways to suppress fires and rescue them. Currently, more attention is being paid to new buildings than the existing buildings. In addition, fire information can not be captured in a real time basis for the buildings. In line with the demands of this technology, this study presents a quick and systematic fire management method to minimize damage caused by fire in buildings. As a way to achieve the purpose of the study, ArduinoTM sensors and ExcelTM and RevitTM-DynamoTM tools have been combined to develop a new fire information management system and develop a real-time 3D visualization model. It is expected to contribute to the real-time smart fire management system by proposing a fire management application as a way to utilize it in the future.

Keywords : ArduinoTM Sensor, Building Information Model, Fire Disaster Management, RevitTM-DynamoTM Linkage

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1.1.1 연구의 배경

전 세계적으로 건물은 대형화, 고층화되고 있으며, 이로 인해 건물의 내부는 복잡화되고 있다(Jung et al., 2018). 대형화, 고층화된 건물에서 발생한 화재로 인한 문제는 피난 동선 복잡화, 피난 시간 증대 등이며, 이러한 문제로 인해 건물 관리자와 소방관의 효과적인 대처가 어렵다(Hwang et al., 2011). 또한, 고층화, 대형화된 건물은 순식간에 화재 규모가 확대되고 손쉬운 진압이 어렵기에 잠재적 위험성을 가지고 있어 추가 피해로 이어질 가능성이 크다(Kwon, 2016).

2021년 6월부터 2022년 7월까지 발생한 화재 발생 건수는 전년도와 비교해 12% 증가하였다. 또한, 전체 화재 발생 건수 중 건축 등 구조물에서 발생한 화재 수는 전체 63.7%를 차지하고 있다. 이렇게 건물 내 화재 발생 수는 점점 증가하고 있지만 이를 효율적으로 관리 및 대응하는 방법은 미약한 실정하기에 효과적인 건축물 화재 대응을 위해 건물 내부 시설에 대한 정보가 제공되어야 하고(Dilo & Zlatanova, 2011) 해당 정보가 유지관리 단계에서 통합되어 지속적으로 관리될 필요가 있다(Wang et al., 2015).

앞서 언급한 화재대응 및 관리의 문제를 해결하기 위한 방안으로 건물 내에서 발생하는 재난의 예방·대비·대응·복구로 이어지는 단계를 체계적·효율적으로 관리하여 피해를 예방하거나 최소화하는데 ICT 기술을 사용하고 있으며, 실시간으로 재난상황을 인지하여 조기위험 예측, 실시간 재난 정보제공, 재난 대응 및 복구 등과 관련된 연구가 진행되고 있다(Sood & Rawat, 2021). ICT 정보 기술의 발전으로 인해 화재 관리의 변환에 대한 제안이 많아지고 있으며 특히 재난관리의 경우, BIM (Building Information Modeling)을 도

* **Corresponding author:** Cha, Heesung, Department of Architectural Engineering, Ajou University, 206 World Cup Road, Wonchun-dong, Yeongtong-gu, Suwon, Korea

E-mail: hscha@ajou.ac.kr

Received August 22, 2022 **revised** December 23, 2022

accepted January 18, 2023

입하여 실제 건축물의 동적/정적 모니터링 데이터와 연계해 3차원 모델링 기반의 직관적 상황 파악 및 도면 데이터 제공 등의 효과적 활용을 기대하고 있다(Kim & Hong, 2018). 이처럼 화재 스마트 제어 시도에 대한 노력이 추진되고 있으며 건물 내부의 화재 위험과 관련된 정보를 얻고, 화재 관리를 해결하기 위해 라이프사이클 전체에 걸쳐 BIM 기술을 적용하는 것에 대한 중요성이 대두되고 있다(Sun & Turkan, 2020).

그러나 화재 관리를 위한 운영 및 유지 관리 기간에서 BIM 기술의 기능은 여전히 부족할 실정이다(Wang et al., 2021). BIM을 활용하여 안전한 대피 및 구조를 지원하는 사후 화재 관리 솔루션에 대한 연구는 많이 진행된 것을 확인할 수 있지만(Sabbaghzadeh et al., 2022), 화재가 발생하기 전의 상황에 초점을 맞춘 사전 화재 관리에 대한 고려는 미흡한 상태이다.

1.1.2 연구의 목적

본 연구의 주요 목적은 사전, 사후의 화재 정보 관리 방안을 개발하는 것이며 ICT와 접목해 화재 관리를 스마트하게 변화하기 위한 방법론을 제안한다. 우선, 화재가 발생하기 전인 사전관리 상황에서는 화재를 예방하기 위한 주요 시설물이 유지관리 되어야 한다. 시설물이 효율적으로 관리되어야 화재가 발생했을 때 조기에 화재를 탐지해 큰 피해를 예방할 수 있고, 초기진압의 가능성이 높아진다. 화재 발생한 사후관리에서는 건물 내 화재 대처를 위해 건물 관리자와 재난 구조자에게 건물 내부의 정보와 화재에 대한 정보가 요구된다. 건물 내부 배치, 유해화학물질 저장 위치, 구조물 등과 같은 직접적인 정보가 필요하다. 이러한 사전, 사후의 정보를 통합하여 화재가 이루어진다면 화재 발생 시, 건물 내부의 상황을 미리 파악할 수 있어 화재의 확대 가능성을 낮추고 구출 작업과 진압 시간을 단축할 수 있는 효과가 있다. 따라서 증가하는 화재 발생에 따른 피해를 최소화하고 효율적인 화재 관리 및 구조·대피 작업을 원활하게 돕기 위해 본 연구에서는 BIM의 적용을 통해 건물 내 실시간 스마트 화재 관리 및 시각화 모델 생성에 대한 방법을 제안하고자 한다. 이를 달성하기 위해 온도 센서를 통해 화재 정보를 수집하고 BIM을 활용하여 화재 정보를 사전에 구조자와 건물관리자에게 제공해 효율적인 화재 관리가 이루어지도록 한다. 더불어, 실시간 화재 정보를 획득하고 3차원의 시각화된 Model을 생성하여 구조자에게 전달할 수 있으며, 3D 시각화 Model은 화재 현장에 도착하기 전에 재난 구조자에게 전송되어 직관이 아닌 객관적 정보를 바탕으로 소방 활동을 수행할 수 있도록 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 절차는 6단계로 이루어져 있다. 우선, 건물 화재의 동향을 파악한 후 현행 화재 관리 체계의 한계점을 파악하고, 재난 구조자의 면담조사와 선행연구 조사를 통해 문제점을 구체화한다. 이후, 앞서 파악한 문제를 통해 스마트 화재 관리 방안 및 화재 관리 방법론을 제시하고, 제시된 계획안을 바탕으로 Add-in 프로그램 프레임워크를 구축하여 사례 건물을 대상으로 방법론의 실현 가능성을 확인하였다. 마지막으로, 전문가 인터뷰를 통해 실효성을 판단하였고, 향후 발전 방향에 대한 고찰을 수행하였다. 자세한 사항은 <Fig. 1>에서 확인할 수 있다.

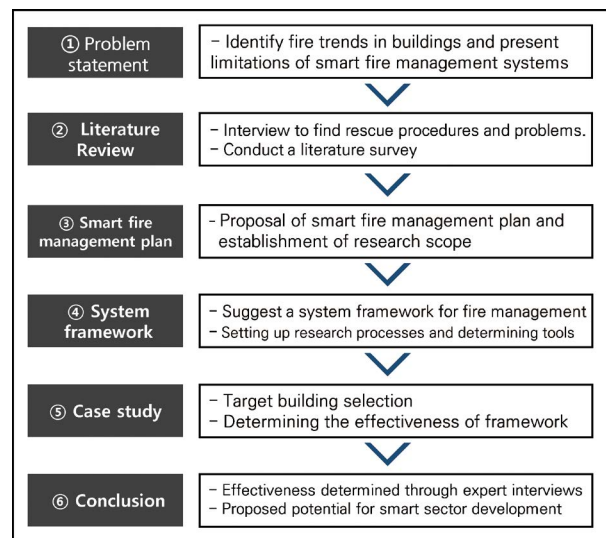


Fig. 1. Research methodology flowchart

2. 예비적 고찰

2.1 재난 구조자 면담조사

화재 관리 시스템을 개발하기 전, 재난 구조를 담당하는 재난 구조자와 면담조사를 실시하여 화재 발생 시 구조 절차 그에 따른 문제점을 파악하였다.

구조 절차의 경우, 소방 활동은 현장에 도착하여 발화점과 주변을 확인하고, 구조대상자를 파악하는 것에서부터 시작한다. 이후 대상 건물의 PDF 도면을 받아 건물 내부를 파악하여 소방 활동을 시작한다. 소방관들은 구조물 너머의 정보가 없고, 어떤 위험이 따를지 모르기 때문에 대부분 본인의 직감에 의존하여 화재 발생 이상 층부터 순서대로 호실을 탐색하고, 필요시에는 강제 개방을 통해 구조를 진행하기에 현장에 많은 위험요소가 존재한다는 것을 확인하였다.

면담조사 결과, 구조 절차에서 초기에 건물 내 발화점과

화재의 흐름을 파악해야 하며 재난 구조자의 직관이 아닌 객관적 정보가 제공되어야 한다는 것을 파악하였다.

2.2 선행연구 조사

본 연구에서는 스마트 화재 관리와 관련한 문헌조사를 실시하였다. 소방/재난 안전 분야에서 데이터베이스의 구축과 활용, 감시를 통해 예측 및 대응책을 마련하였으며 국내에서 BIM을 통해 소방·재난 안전 분야의 도입 방향을 마련하였음을 확인하였다(Lee, 2017). 국외에서는 BIM 모델, SQL 서버 및 Windows 환경을 사용하여 화재 감시 및 관리 시스템을 개발하였고 다양한 실제 사례에서 시스템 기능을 검증하였음을 확인할 수 있었다(Shiau et al., 2013). 건물의 화재 안전관리를 지원하기 위해 대피 평가, 대피 경로 계획, 안전 교육 및 장비 유지 관리의 네 가지 모듈로 나누어 BIM을 통해 효율적인 안전관리를 지원하고자 하였으며, BIM을 활용해 3D 기하학적 데이터를 효과적으로 제공하고 웹 기반 환경에서 정보를 지원할 수 있음을 입증하였다(Wang et al., 2015).

재난관리에서 3D 시각화 및 센서를 활용한 연구도 확인할 수 있었다. BIM 및 센서를 활용해 지능형 화재 예방 및 재해 구호 시스템을 구축, 개인 현지화, 대피/구조 경로 최적화, 모바일 유도장치 정보를 통합하여 실시간 동적 화재 정보를 3D로 표현함을 보여줌을 확인하였다(Chen et al., 2018). 또한, 센서를 활용해 3D 시각화를 효과적으로 제공하여 화재 안전의 평가 및 계획, 조기 감지 및 경보대응을 제공하며 3D 시각화를 통해 전반적인 건물안전을 위한 소방구조를 촉진할 수 있음을 보여주었다(Cheng et al., 2017).

앞서 언급한 연구 이외에도, 재난관리를 위해 다양한 기술들이 사용된 것을 확인할 수 있었다. BIM과 증강현실(AR)을 결합해 화재 안전장치로 구성된 탐지 및 수리 시스템을 구축하였고 BIM 정보 모델의 확립을 통해 증강현실(AR) 기술과 결합 되어 모바일 기기를 이용한 검사 및 유지보수를 용이하게 하였음을 볼 수 있었다(Yi-jao et al., 2018). 극한 상황에서 인간의 행동을 분석하기 위해 게임으로 접근하여 시뮬레이션(화재, 연기)과 함께 BIM의 기능을 사용하여 사실적인 게임 시나리오를 구축하여 화재 발생 시에 발생할 수 있는 충돌을 방지하고 초기 계획 단계에서 위험을 탐지하는데 도움이 될 수 있는 시스템을 제작한 연구도 볼 수 있었다(Chen et al., 2020).

기존 연구의 경우, BIM 기반 화재 관리를 위해 데이터베이스를 구축하고 정보 모델을 생성하여 소방 구조 및 대피를 지원하는 구성이 대부분이며 이는 화재가 발생한 특수상황만을 다루고 있다. 화재의 발생 전 단계인 예방적 차원에서 BIM 및 데이터베이스를 활용해 화재 안전장치의 유지보수, 시설물 점검의 편의성과 효과적 데이터 관리에 대한 연구가 선행된 것을 볼 수 있었다. 하지만 이는 화재가 발생하

기 전 또는 후의 상황 하나에만 초점을 맞추고 있다. 즉, 시스템 활용의 빈도수가 낮아 실질적 사용이 어렵다는 것이다. 또한, 시스템 대부분은 화재가 발생한 상황에만 작동이 되므로 특이한 경우 이외의 대부분 일상에서는 불필요하다.

따라서 본 연구에서는 BIM의 3차원 시각화 모델을 활용하여 화재 발생 전, 후를 모두 아우를 수 있어 활용성이 높으며 일상 시(유지관리)와 비상시(화재 관리)의 정보를 통합해 위급상황 발생 시 즉각적 대응이 이루어지고 소방 시설물을 효율적으로 관리할 수 있는 스마트 화재 정보 관리 방법론을 제안하고 구동 가능성을 판단하였다.

3. 실시간 건물 화재 정보 관리 방법론

3.1 스마트 화재 관리 방법론 개요

소방 시설물 모니터링 및 실시간 건물 화재 정보를 제공하는 스마트 화재 관리 방법론을 제안한다. 본 방법론은 화

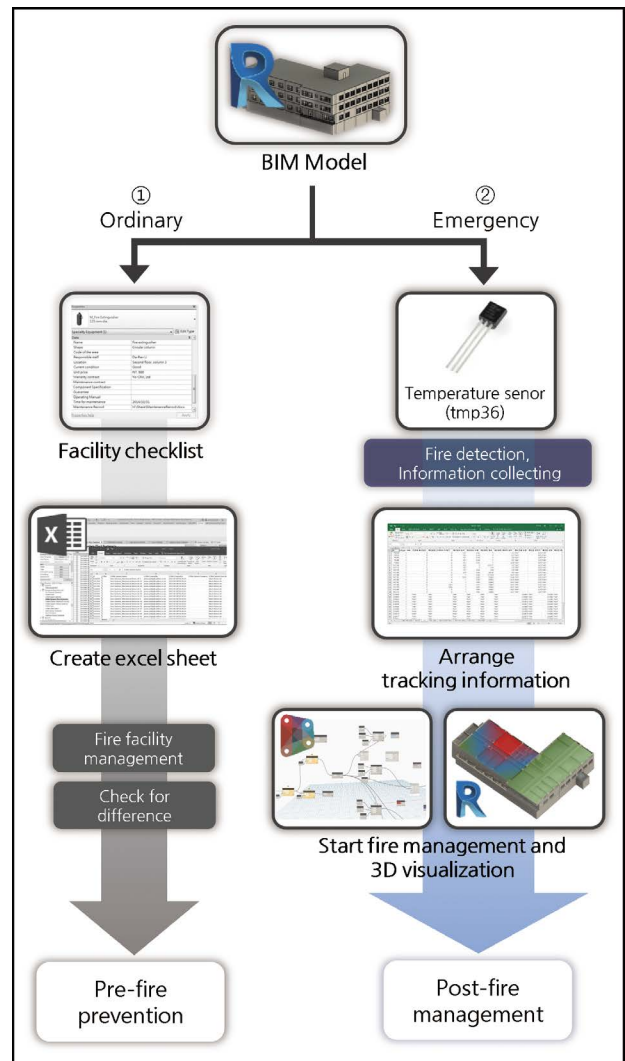


Fig. 2. Smart fire management system algorithm

재 발생 시 건물 내 센서에서 오는 위치정보, 온도정보, 속성 정보 등 건물에서 계속해서 변화되는 화재 정보를 관리하는 실시간 건물 화재 정보 관리 영역과 주요 소방 시설물의 정보를 관리하는 유지관리 영역으로 나누어져 있다. 이때, 실시간 건물 화재 정보는 화재 발생 시, 건물 내에서 온도, 연기, 이산화탄소와 같이 계속해서 변화하는 정보를 의미하며 자세한 내용은 다음과 같다.

일상 시에 소방 시설물을 모니터링하는 유지관리 영역은 BIM의 다양한 속성 정보가 기록되는 점을 활용해 화재 설비 관리 이력, 위치, 점검 주기 등 다양한 핵심정보에 대한 데이터를 체크리스트와 시각화 모델로 생성하는 역할을 한다. 이는 건물의 주요 시설물이 누락되는 정보 없이 효율적, 체계적으로 관리할 수 있도록 유도하며 화재를 예방 및 2차 피해를 방지하는 역할을 한다(Fig. 2-①).

화재가 발생한 비상시에는 실시간 건물 화재 정보 관리 영역으로 즉각 변환되어 사후 화재 관리가 시작된다(Fig. 2-②). 화재에 대한 정보를 수집하기 위해 온도 센서를 이용하였으며, 센서를 통해 변화하는 온도정보를 추출하고 3D 시각화 Model을 생성한다. 생성된 3D Model과 추출된 정보는 건물 관리자와 구조자에게 제공되어 화재 발생 시 사후 관리를 위해 사용되며 건물 내 화재에 대한 정보 수집의 효율성을 높이고 신속한 의사결정에 도움을 준다.

따라서, 스마트 화재 관리 방안은 일상 서비스에서 즉각 비상 모드로 전환되어 신속한 재난 파악 및 대응이 가능하며 본 연구에서는 비상시 화재 관리인 실시간 건물 화재 정보 관리 부분을 우선적으로 진행하였다.

3.2 실시간 화재 정보 관리 시스템 구축방안

본 연구를 진행하기 위해서는 직관적 화재 데이터가 필요하다. 이러한 데이터는 실시간으로 수집되어야 한다. 이를 구현하기 위해 아두이노 센서와 엑셀을 사용하였고, 시각화 모델을 생성하기 위해 Revit-Dynamo™를 사용하였다.

〈Fig. 3〉의 Framework는 화재 관리 모듈의 전체적인 시스템 흐름도이며 연구에서 활용한 대상 건물 이외에 다른 건물에 동일하게 적용할 수 있다.

대상 건물이 Revit®™내에 3D Model로 생성되어있으면 화재 발생 시, 화재 관리 모듈로 변환된다. 그 후, 화재 관리가 시작되어 온도 센서를 통해 온도를 감지한다. 실제 건물 내 센서를 설치해 화재 발생 시뮬레이션을 진행할 수 없기에 본 연구에서는 건물 모형을 제작하여 tmp36 온도 센서를 활용해 화재를 감지하고, 실시간 환경 정보(온도정보, 발화점)를 획득하였다. 온도정보는 아두이노 프로그램(IDE)과 Excel®™을 이용해 온도 센서를 활성화시켜 수집하였다. 수집된 정보는 Excel sheet로 생성되어 Dynamo로 전송되고 3D 시각화 Model을 생성하며 Model의 그리드 내에 온도별로 색상이 표현된다. 자세한 구현 방법은 사례 적용 단계에서 설명하고자 한다.

4. 사례 적용

4.1 정보 모델 생성

본 단계에서는 실시간 화재 정보 관리 시스템의 온도 센서 환경을 구축하기 위해 Revit - 3D Model을 생성하였다. 또한, 건물 내 그리드를 설정해 온도 센서를 각각 할당해주는 센서의 온도정보를 위치별로 3D Model에 표현할 수 있도록 하였다.

4.1.1 모델링 및 그리드 생성

본 연구에서는 A 대학교 약학관의 많은 사람이 몰리는 1층을 기준층으로 선정해 시뮬레이션을 진행하였다.

위와 같이 온도의 세부적 변화를 파악하여 시각화하기 위해 건물의 3D Model을 생성해 주었고, Model의 평면도 상에 그리드를 설정해주었다. 그리드 설정 작업은 건물 내 구역을 나누어 센서를 위치별로 배치해주기 위함이다. 생성된 A 대학교의 3D Model은 〈Fig. 4〉와 같다.

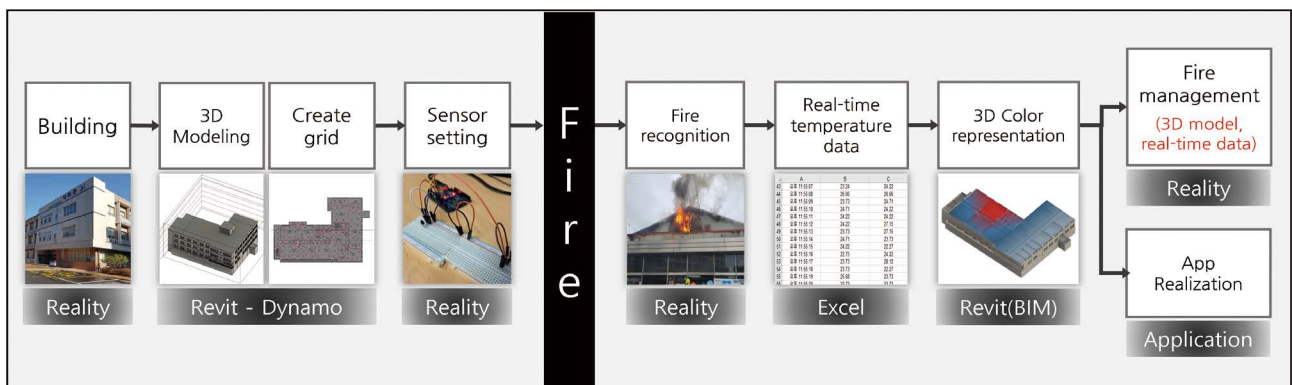


Fig. 3. System framework

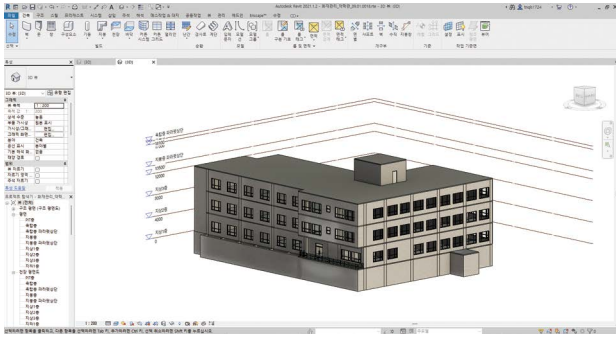


Fig. 4. Case study project: 3D Modeling

4.1.2 온도 센서 환경 구현

모델링 단계가 끝난 후, 아두이노 온도 센서를 활용해 건물 내부에 센서가 배치되어있는 환경을 구축하였다. 첫 번째로, 시뮬레이션을 위해 축적 1/100의 건물 모형을 만들어 건물의 모습을 구현하였다. <Fig. 5>와 같이 건물 모형 내에 온도 센서를 배치해준 후 아두이노 회로를 만들어주었다. 아두이노 센서 환경에서는 수십 개의 센서를 활용해 시뮬레이션을 진행하기에는 민감도와 정확성이 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 온도감지 센서 3개를 이용하여 센서의 작동-데이터 수집-3D 모델 구현의 가능성을 판단하였다.

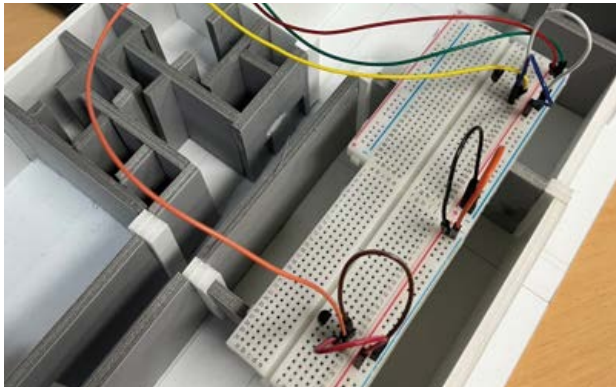


Fig. 5. Arrangement of sensor in a model

4.2 실시간 온도 정보 추출

4.2.1 아두이노 기반 온도 추출

본 단계에서는 앞서 구축한 온도 센서를 이용해 화재 발생 시 실시간으로 변화하는 온도 데이터를 추출하고자 한다. 먼저, 아두이노 소프트웨어(IDE)를 이용해 온도 변화 값을 추출하기 위한 코드를 작성하였다. 첫 번째로, 각 센서가 연결된 핀 번호를 가져와 PC와 시리얼의 통신 속도를 설정해 준다. 그 후, 온도가 올라갈 때 전압의 변화 값을 센서 핀으로부터 읽도록 해준 후, 읽은 값을 섭씨로 변환하여 시리얼 모니터로 출력할 수 있는 명령어를 입력해준다. 또한 Excel sheet에 온도정보가 자동으로 정렬되도록 하는 코드도 함께 작성된다. 최종적으로 완성된 코드는 <Fig. 6>과 같다. 본 연

구에서는 3개의 온도 센서를 사용하였기에, 각각의 센서별로 코드를 작성하여 센서 3개에 해당하는 온도 값을 한 번에 불러올 수 있도록 설정하였다. 온도정보는 1초에 한 번씩 업데이트 되도록 하여 빠르게 변화되는 온도정보를 수집할 수 있도록 하였다.

```

파일 편집 스케치 출 도움말
int sensorA = A0;
int sensorA_value = 0;

int sensorB = A1;
int sensorB_value = 0;

int sensorC = A2;
int sensorC_value = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL, Time, Temp1, Temp2, Temp3");
}

void loop()
{
  sensorA_value = analogRead(sensorA);
  float voltage1 = sensorA_value*5.0/1024.0;
  float Temperature1 = (voltage1-0.5)*100;

  sensorB_value = analogRead(sensorB);
  float voltage2 = sensorB_value*5.0/1024.0;
  float Temperature2 = (voltage2-0.5)*100;

  sensorC_value = analogRead(sensorC);
  float voltage3 = sensorC_value*5.0/1024.0;
  float Temperature3 = (voltage3-0.5)*100;
    
```

Fig. 6. Temperature extraction coding

4.2.2 Excel 기반 실시간 온도 추출

앞서 추출한 온도 데이터는 아두이노 프로그램 내에서 생성된 정보로, Revit-Dynamo와 연동하여 온도 값을 Model 내에 지정해줄 수 없다. 따라서, Excel을 이용해 sheet 형식으로 온도 값을 불러오도록 하는 작업이 추가로 요구된다. 아두이노 소프트웨어와 Excel용 PLX-QAD 소프트웨어를 이용해 실시간으로 온도 정보를 가져올 수 있으며 추출한 온도 정보의 결과 값은 <Fig. 7>과 같다.

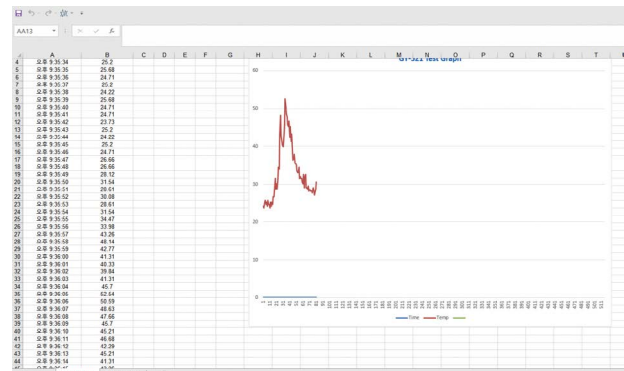


Fig. 7. Extracted temperature information

4.2.3. 화재 발생 시뮬레이션

마지막으로, 센서가 배치된 건물 모형 내에 화재가 발생하였을 때, 센서 및 프로그램이 제대로 작동이 된다는 것을 증명하기 위한 목적으로 시뮬레이션을 진행하였다. <Fig. 8>

과 같이 평면도상 건물의 우측상단에 화재가 발생했음을 가정하여 건물 모형의 온도 센서에 불을 가까이하는 방식으로 진행하였다.

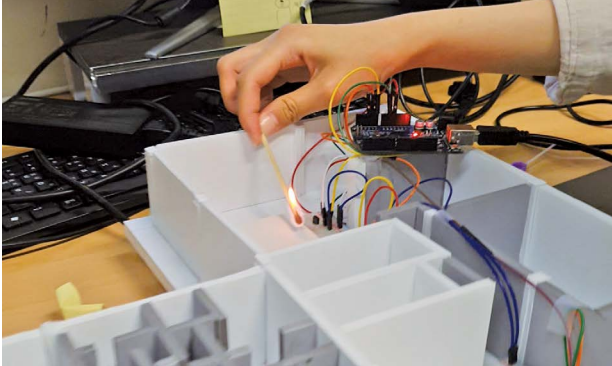


Fig. 8. Experiment of fire occurrence

4.3 Revit-Dynamo 활용

변화하는 온도 값을 Revit에서 생성한 3D Model에 색상화 하기 위해서는 Dynamo를 이용한 작업이 필요하며 구현 단계는 다음과 같다.

4.3.1 센서 배치 및 온도 값 색상 지정

4.1.1항에서 진행된 그리드 형성이 완료되면, Dynamo를 이용해 건물 모형에서의 센서 위치와 Model의 그리드 분할 구역 위치를 일치시켜준다. 실시간으로 변화하는 온도를 정확하게 표현하기 위해 그리드의 위치와 센서의 위치를 지정해주는 프로세스를 반복하였다. 또한, 온도 범위를 설정해 주어 온도 구간 별 표현되는 색상을 지정하는 작업을 진행하였다. 센서의 민감도를 고려해 0℃~26℃는 파란색, 26℃~40℃는 보라색, 40℃~60℃는 주황색, 60℃ 이상은 빨간색으로 지정해주었다. <Fig. 9>는 그리드별로 센서의 위치를 지정해주고, 온도 구간별 표현되는 색상을 지정해주는 Dynamo 작업 결과물이다.

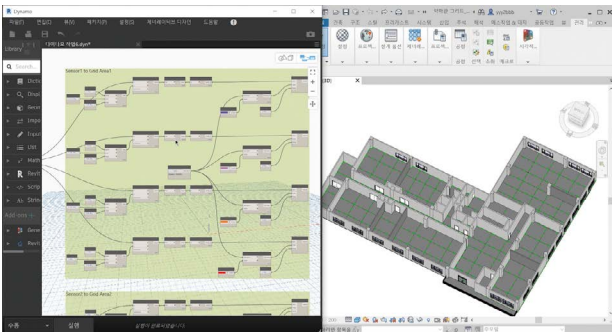


Fig. 9. Positioning sensors in 3D model

4.3.2. Dynamo-Excel 연계

센서-온도 데이터는 화재 발생 시, 1분 단위로 실시간 Excel sheet 파일이 자동 생성·저장되며 Revit-Dynamo로 연동하였다. 1분 단위로 저장되는 엑셀 파일은 온도 데이터 값을 1초 단위로 추출하고 <Fig. 10>과 같이 Dynamo로 파일을 연동한다. 이후, 파일 내 저장된 60개의 온도 값 중 가장 높은 온도 값이 3D Model의 그리드에 색상으로 표현되도록 설정해주었다.

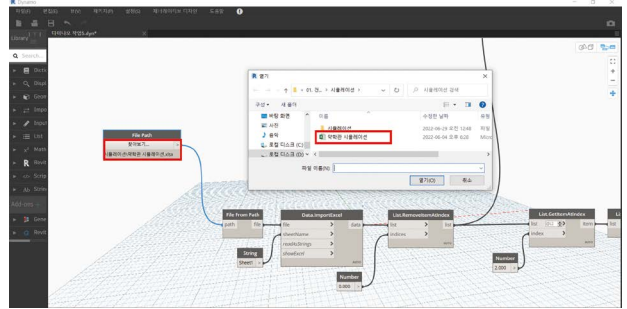


Fig. 10. Linking Dynamo with Excel

4.3.3. Revit-Model 내 색상 표현

1분 간격으로 생성되는 새로운 엑셀 파일은 Dynamo 파일 내에 자동으로 삽입·연동되어 Revit 모델 상에서 실시간 색상 표현이 가능하도록 하였다. 그리드 영역으로 분할한 구역에 대하여 센서가 인식한 온도 값을 색상으로 표현하게 되며 이를 통해 전체 평면에 대한 그라데이션 색상 표현이 가능해진다. 결론적으로, <Fig. 11>과 같이 최종 시각화 모델이 생성되었으며 화재 발생 구역에 대한 직관적인 확인이 가능하게 된다. 화재가 발생했다고 가정한 우측상단의 경우 가장 진한 색상으로 나타났으며, 화재 발생 위치와 점점 멀어질수록 푸른색으로 표현이 되는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 최종적으로 구현된 본 시스템을 통해 화재 발생 시, 3D Model의 색상 변화에 따라 발화점을 파악하고 화재 진행 상황을 실시간으로 확인할 수 있다.

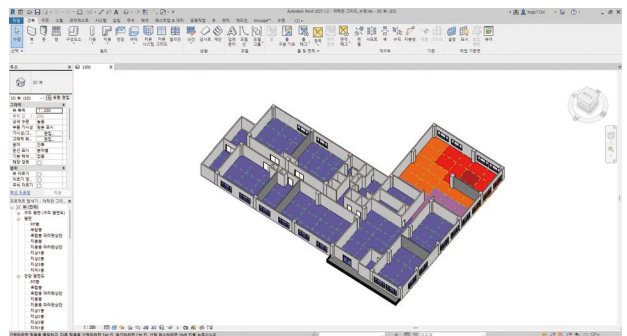


Fig. 11. Color representation in 3D model

5. 사례 적용 시사점

5.1 어플리케이션 구현 필요성

앞서 생성된 시각화 모델 즉, 실시간 건물 화재 관리 시스템은 PC 환경에서 구현된 것으로 PC를 사용할 수 있는 환경에서만 활용이 가능하다. 따라서, 실시간으로 변화하는 정보를 화재 현장에서 더욱 빠르게 확인할 수 있는 추가적인 기능이 요구되기에 PC 환경에서 제작된 기능을 스마트폰에서도 사용이 가능하도록 하는 모바일 어플리케이션 구현을 제안한다. 어플리케이션의 구성은 소방관의 인터뷰(2.1절 참고)를 통해 구조 상황에서 우선으로 다루어져야 하는 항목을 선정하였다. 건물 주변 정보와 대상 건물 특성을 확인할 수 있는 건물의 기본 정보 및 재료의 특성, 발화점과 건물 내 온도 변화 정보를 획득할 수 있는 시각화 모델, 직감에 의존한 구조 활동을 직관적으로 도울 수 있는 경로 최적화의 총 4가지 항목을 선정하였다. 본 어플리케이션 개발이 완료된다면 구조자에게 건물 내 소방 활동에 유효한 정보를 손쉽게 빠르게 제공하여 화재로 인한 피해 발생을 최소화 할 수 있을 것으로 기대된다. 제안하고자 하는 어플리케이션 기능의 자세한 내용은 다음과 같다.

5.2 어플리케이션 구현 방안

5.2.1 화재 발생 개요 정보 자동 생성

가장 먼저 화재가 발생했을 때 어플리케이션에는 화재 경고 알람과 동시에 화재 발생 개요 창이 생성된다. 이를 통해 구조자들은 출동해야 할 건물에 대한 주소와 내부 정보를 대략 파악할 수 있게 된다. 또한, 화재를 인식한 센서의 위치 정보를 추출하여 화재 발생 층을 간략하게 표시해주고, 대상 건물 구조의 취약점, 화재 경과 시간을 보여주어 구조 활동 시 주의할 점에 대해 직관적으로 확인할 수 있도록 고안하였다.

5.2.2 건축물 재료의 특성 안내

화재 발생 개요 창을 넘어가면 건물과 화재에 대한 세부적인 정보를 얻을 수 있다. 3D Model을 어플리케이션 화면 내에 삽입하여 각 층의 3D 평면을 확인할 수 있도록 한다. 구현된 모델에서 각 구조물을 선택하면 사용 재료에 대한 정보와 특징을 확인할 수 있다. 특히 내벽 구조물의 경우 비내력벽 구조체인지 직관적으로 알 수 있게 하여 구조자가 비내력 구조물을 이용한 구조, 진압활동 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

5.2.3 온도 시각화 모델 고도화

어플리케이션에 기본적인 3D Model이 구현되면, 자동으로 화재가 발생한 위치와 온도의 변화를 확인할 수 있는 시각화 모델이 생성된다. 이때, 시각화 모델의 그리드 영역을

선택하면 그 영역의 세부 온도 값을 확인할 수 있게 된다. 추가로, 화재가 발생한 시점부터 센서의 온도 데이터는 실시간으로 누적되기 때문에 시각화 모델에서 현재 시각의 온도 데이터뿐만 아니라 과거 화재 데이터 또한 조회할 수 있다. 따라서 세부 영역 온도 조회 및 과거 데이터 조회 기능을 통해 온도 변화에 따른 구조·진압 방법을 고려해볼 수 있게 된다.

5.2.4 구조·대피 경로 최적화

마지막으로 어플리케이션 내에 구조자의 구조 활동에 직접적인 도움을 줄 수 있는 기능을 삽입하였다. 프로그램 상에서 화재가 발생한 위치와 주요 출입 동선(계단, 출입구)과의 거리를 산출하여 최적의 경로 루트를 표시해준다. 이때, 구조자의 현 위치를 확인할 수 있는 기능을 추가하여 어플리케이션을 사용하는 사용자의 위치 변화에 따라 유동적으로 구조 경로를 추천한다.

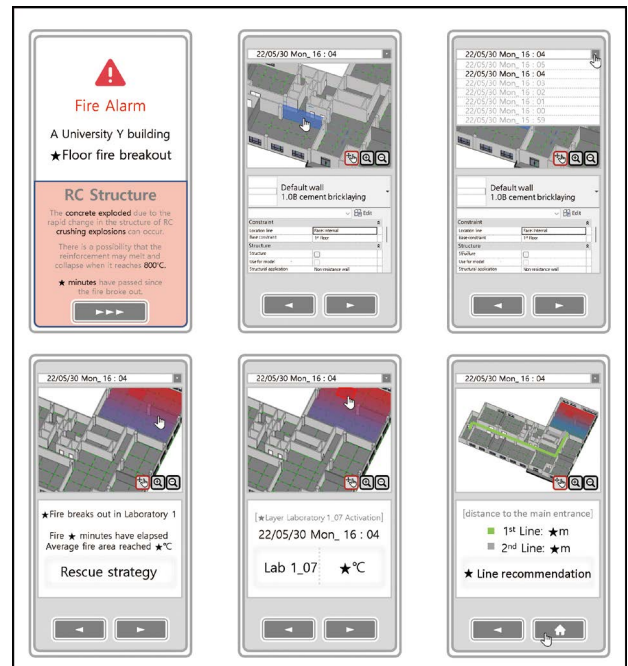


Fig. 12. Smart Fire System Application

6. 시스템 실효성 평가

6.1 전문가 인터뷰

본 연구에서 제안된 실시간 건물 화재 정보 관리 방안의 실효성을 평가하기 위해 소방, 건축 관련 전문가 5명과 인터뷰를 진행하였다. 시스템의 전반적인 내용과 실무 적용성에 대한 전문가의 의견을 얻고자 인터뷰를 진행하였으며, 전문가의 일반사항과 시스템에 대한 평가 내용은 다음과 같다.

인터뷰 대상자는 소방관 2명, 건물 관리자 및 방재 센터

관리자 3명으로 구성되어 있으며 자세한 실무 경력은 5년 미만, 5~10년, 10년 이상으로 나누어 구분하였으며 자세한 내용은 <Table 1>에서 확인할 수 있다.

Table 1. General information of interviewees

Occupation	Number	Career	Number
Fire fighter	2	-5 years	1
		5-10 years	1
Facility manager (FMr)	3	-5 years	1
		5-10 years	1
		10 years-	1

Table 2. The result of the interviews

Classification	Answer
Advantage	If the system is used in practice, the utilization of fire information in the building will be high.
	There is a potential for development and practical application.
Limit	Familiar with the current rescue method, there will be difficulties in using the program.
	There is a lack of trust that could help with the rescue

6.2 인터뷰 결과

인터뷰 내용은 크게 본 연구에서 제안한 실시간 건물 화재 정보 관리 방안의 장점과 한계점으로 나눌 수 있었다. 우선, 건물 관리자의 입장에서 본 시스템의 전반적인 평가는 긍정적이었으며 본 시스템이 실무에 적용될 수 있도록 더욱 보완되었을 경우, 발전 가능성이 높은 것으로 나타났다. 기존의 화재 정보 관리 방식에 비해 정보 수집 및 처리의 속도가 월등히 빠를 것이며 신속한 판단에 많은 도움을 받을 수 있을 것이라는 응답을 받았다. 또한, 해당 시스템을 활용했을 경우, 화재 발생 시 가장 중요한 골든타임 이내 의사결정 지원의 가능성이 있으며 업무의 능률을 향상 시킬 수 있어 실무 적용 가능성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

소방관의 평가에서는 실무 적용성에 대한 한계점을 확인할 수 있었다. 시스템의 전반적인 평가는 건물관리자의 평가와 비슷했으며 보완되었을 경우 건물의 화재 정보를 수집하는데 많은 도움을 받을 수 있을 것이라는 답변을 받았다. 그러나 소방관들은 현재 구조 방식에 익숙해 본 시스템을 사용하여 구조를 진행하기에는 큰 어려움이 있을 것이라고 하였다. 새로운 시스템이 만들어지더라도 관습적으로 진행하던 구조 방식이 있기에 실무에 적용되어 크게 도움이 될 것이라고는 판단하지 않으며 이러한 시스템이 구조에 도움이 될 수 있을 것이라는 신뢰성이 부족하다고 하였다. 현재 소방 구조는 2D 도면을 바탕으로 구조를 진행하기에, 2D 도면과 본 시스템을 함께 활용할 수 있는 방안을 마련한다면 아

주 유용하게 쓰일 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

7. 결론

7.1 연구의 결과

본 연구를 통해 건물 내 발생한 화재에 대한 직접적인 정보가 통합되어 시각화된 3D Model의 개발이 우선적으로 요구되어짐을 판단하였다. 따라서 건물의 유지관리 정보와 건물에서 발생한 화재에 대한 정보가 통합된 스마트 화재 관리 시스템 방법론을 작성하였으며, 화재 발생 시 유효한 정보를 수집하고 시각화된 3D Model을 생성하였다. 이를 통해 화재 발생 시 생성되는 정보들이 교류 및 사용됨을 확인하였고, 가시화 기반의 화재 관리 시스템 개발의 필요성을 판단하였다. 전문가들의 인터뷰를 통해 3D/BIM 및 센서를 이용해 건물 내 화재에 대한 정보공유 및 활용의 가능성을 보았으며, 필요한 정보를 모두 포함한 시스템의 발전 및 모바일 어플 발전 가능성을 주장하였다.

본 연구는 화재 발생 시에 건축물의 특성을 반영하지 못하고 구조자의 직관에 의존 및 단순한 화재 상황에만 초점을 두고 이루어지는 현 화재대응시스템에 정보측면의 미흡한 부분을 인지하였다. 이를 건축물에 대한 정보 부족으로 인한 구조 절차의 복잡화라고 판단하였으며, 변화되는 화재 정보를 신속히 파악하고 전달, 관리할 수 있는 도구의 부재로부터 발생함을 파악하였다.

따라서, 위에서 언급한 문제점을 보완한 스마트 화재 관리 시스템의 방법론을 개발하여 화재 정보의 접근성을 높인 화재 대응이 가능하도록 했으며, 이를 통해 건물 관리자와 구조자는 유효한 정보를 획득해 효과적인 사후 화재 관리가 가능할 것으로 기대된다. 결과적으로, 유의미한 화재 정보를 가시화된 모델로 제공함으로써 화재 발생 시 객관적인 정보를 적시적재에 사용할 수 있도록 하였으며, 화재 관리의 편리성 및 정보의 신뢰성을 확보하는데 기여할 수 있을 것이다. 하지만 현재는 시스템 방법론을 개발하고 그에 해당하는 시각화 모델을 생성해 실효성을 확인한 것에 그친다는 한계를 가진다. 향후 연구에서는 해당 연구 결과를 바탕으로 모바일 어플리케이션 제작 및 서버 구축 등 스마트 분야로의 발전하는 과정이 요구되며 구조자의 입장에서 본 시스템이 실무에 유용하게 적용될 수 있는 방안을 모색하고 구현하는 과정이 요구된다.

7.2 연구의 의의

최근 건축물의 화재 사고 발생시 미흡한 대처로 인한 피해 정도가 증대됨에 따라 기존의 화재 관리·대처 방안 외 새로운 스마트 화재 관리 방안의 필요성이 대두되고 있다. 이

에 대한 본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째로, 센서를 통한 화재 정보를 취득 후 실시간 가시화 정보를 생성함으로써 건물 내 재난 구역에 대한 직관적 접근이 가능하다. 둘째로, 실시간 기반 화재 데이터를 구축하여 구조·진압에 대한 최적의 가이드라인 제시로 구조자의 합리적 의사결정을 돕는다. 셋째로, 낭비되는 시간을 최소화 하여 재산, 인명 피해를 축소시킨다. 넷째로, 어플리케이션 개발과 같은 스마트분야로의 발전가능성을 가지고 있다.

본 연구는 건물 내 화재 관리를 위한 방법론을 고안하였고, 수집한 정보를 바탕으로 시각화 모델을 제시하였다. 본 연구는 온도 감지 센서와 BIM-Dynamo를 활용하여 화재 발생 시에 효율적인 스마트 화재 관리를 위한 정보를 수집하고자 하였으며, 실제 시각화 모델을 생성해 가시화된 정보를 제공하고자 했다.

7.3 향후 연구 방향

스마트 화재 관리는 화재 발생 이후에 빠르게 대처하는 방안과 화재 발생 이전에 사전 시설물 관리 모두 아울러 다루어져야 한다. 따라서 본 연구가 제시하는 화재 관리 모듈(화재 시 작동)뿐 아니라 건물의 화재 관리를 위해서는 유지 관리 모듈(사전 시설물 관리)을 통해 체계적인 점검과 점검 이력 문서관리 역시 병행해서 이루어져야 할 것이다.

또한 본 연구에서 제시한 어플리케이션 개발이 진행된다면 인적·물적 자원의 보존과 더불어 구조자의 구조 활동에 도움을 줄 수 있을 것이므로, 현재의 이론적 구상에서 그치는 것이 아닌, 실제 활발한 개발이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 3D/BIM 모델링 기반 베타얼 건물 화재정보관리 시스템 개발(S-2020-A403-00178) 결과의 일부임.

References

- Chen, H., Hou, L., Zhang, G.K., and Moon, S. (2021). "Development of BIM, IoT and AR/VR technologies for fire safety and upskilling." *Automation in Construction*, 125, pp. 103-631.
- Chen, Y.J., Lai, Y.S., and Lin, Y.H. (2020). "BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment." *Automation in Construction*, 110, 103041.
- Chen, X.S., Liu, C.C., and Wu, I.C. (2018). "A BIM-based visualization and warning system for fire rescue." *Advanced Engineering Informatics*, 37, pp. 42-53.
- Cheng, M.Y., Chiu, K.C., Hsieh, Y.M., Yang, I.T., Chou, J.S. and Wu, Y.W. (2017). "BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief." *Automation in Construction*, 84, pp. 14-30.
- Dilo, A., and Zlatanova, S. (2011). "A data model for operational and situational information in emergency response." *Applied Geomatics*, 3(4), pp. 207-218.
- Gwon, Y.J. (2016). "Development of fire simulation related to BIM technology for fire safety design based on performance of high-rise building." *The Magazine of The Korean Society of Hazard Mitigation*, 65, pp. 48-55.
- Hwang, Y.J., Koo, W.Y., Hwang, Y.K., and Youn, H.J. (2011). "A development of fire evacuation simulation system based 3D modeling." *Fire Science and Engineering*, 25(6), pp. 156-167.
- Jung, S.P., Lee, H.Y., Song, J.Y., and Kim, J.W. (2018). "A convergence study on establishment of fire-based objects for developing BIM libraries of tall buildings." *The Korean Society of Science & Art*, 36, pp. 351-365.
- Kim, J.H. (2014). "Technology trends of disaster prevention system using ICT technology." *The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 28(5), pp. 42-47.
- Kim, J.E., and Hong, C.H. (2018). "A study on the application service of 3D BIM-based disaster integrated information system management for effective disaster response." *Journal of The Korea Academia-Industrial*, 19(10), pp. 144-150.
- Lee, K.H. (2017). "Introduction of BIM to efficiently prevent and respond to fire and disaster areas." *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, 11(2), pp. 23-34.
- National Fire Information System of the National Fire Agency, <https://nfd.s.go.kr/dashboard/status.do>
- Rüppel, U., and Schatz, K. (2011). "Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations." *Advanced Engineering Informatics*, 25(4), pp. 600-611.
- Shiau, Y.C., Tsai, Y.Y., Hsiao, J.Y., and Chang, C.T. (2013). "Development of building fire control and management system in BIM environment." *Study Information Control*, 22(1), pp. 15-24.
- Sun, Q., and Turkan, Y. (2020). "A BIM-based simulation framework for fire safety management and investigation of the critical factors affecting human evacuation performance." *Advanced Engineering Informatics*, 44, 101093.
- Sabbaghzadeh, M., Sheikhhoshkar, M., Talebi, S., Rezazadeh, M., Rastegar Moghaddam, M., and Khanzadi, M. (2022). "A BIM-based solution for the optimisation of fire safety measures in the building design."

- Sustainability*, 14(3), 1626.
- Sood, S.K., and Rawat, K.S. (2021). "A scientometric analysis of ICT-assisted disaster management." *Natural hazards*, 106(3), pp. 2863-2881.
- Wang, S.H., Wang, W.C., Wang, K.C., and Shih, S.Y. (2015). "Applying building information modeling to support fire safety management." *Automation in Construction*, 59, pp. 158-167.
- Wang, L., Li, W., Feng, W., and Yang, R. (2021). "Fire risk assessment for building operation and maintenance based on BIM technology." *Building and Environment*, 205, pp. 108-188.
- Yi-Jao, C., Lai, Y.S., and Feng, C.W. (2018). "The development of BIM-based augmented reality system for fire safety equipment inspection." In *Creative Construction Conference 2018*, pp. 1075-1082.

요약 : 건축물에서 발생하는 화재 사고는 주변에서 빈번하게 확인할 수 있는 문제이다. 건축물의 화재사고는 시간의 경과에 따라 인적·물적 자원의 피해가 커지고 대형사고로 이어지게 됨으로 신속한 화재 진압·구조 방안의 모색이 필요하다. 현재 사회적으로도 화재 사고에 관한 관심은 주목되고 있으나 실제 화재 상황에 대처하는 부분에 미흡함이 존재해 안전사고에 관하여 사회가 요구하는 기대치를 충족하지 못하는 실정이다. 이러한 사회의 요구에 맞추어 본 연구는 건물 내 화재로 인한 피해를 최소화하기 위한 신속하고 체계적인 화재 관리 방안을 제시하고 있다. 연구의 목적을 달성시키기 위한 방안으로 아두이노 센서 및 Excel, Revit-Dynamo 툴을 연동하여 새로운 화재정보 관리 시스템을 개발 및 실시간 3D 시각화 Model을 개발하고, 실제 사례에 적용하여 화재 관리의 우수성을 보였다. 추후 활용방안으로 화재 관리 어플리케이션을 제안하여 실시간 스마트 화재 관리시스템에 기여할 수 있다고 기대하는 바이다.

키워드 : BIM (Building Information Management), 화재 관리, 아두이노 센서, 레빗-디이나모
