

# 실감형 화재관리기술 검증을 위한 테스트베드 적용방안 연구

최우철, 김태훈\*, 윤준희  
한국건설기술연구원 미래융합연구본부

## A Study on Application of Test Bed for Verification of Realistic Fire Management Technology

Woo-Chul Choi, Tae-Hoon, Kim\*, Joon-Hee, Youn  
Department of Future Technology and Convergence Research, KICT

**요약** 최근 밀양 세종병원(2018), 종로 고시원(2018), 김포 요양병원(2019) 등 재난약자를 포함한 다수의 시민들이 사용하는 다중이용시설물에서 대형 화재가 발생하여 많은 인명 및 재산피해가 초래되고 있다. 이러한 피해를 줄이고자 여러 시범적인 연구가 진행되었지만, 최신 공간정보 및 IoT 기술을 활용한 첨단 화재대응기술 개발은 아직 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 현업 적용기술 개발을 위해 실감형 재난관리기술 연구를 기반으로 도출된 세부 기술들을 실증할 수 있는 테스트베드를 구축하였다. 세부적으로는 첫째, 테스트베드의 건축물 조건 및 후보지를 조사·분석하여 연구대상 건축물의 만족조건과 후보대상 건축물을 도출하였으며, 둘째, 테스트베드를 선정하여 필요한 센서 및 시설물 인프라 구축 등 성과물 실증을 위한 기반을 마련하였다. 마지막으로 기술실증을 위한 시나리오를 제작하였으며, 테스트베드용 시스템을 개발하여 실제 테스트베드 현장 실증을 성공적으로 수행하였다. 해당 테스트베드는 실감재난관리 연구사업의 중간성과물을 검증하고 개발기술들의 질적 향상을 높이는 데 기여할 것으로 예상된다. 본 연구가 향후 타 연구과제에서 테스트베드 구축 시 참조할 수 있는 모범사례가 되어, R&D 성과의 가치를 더욱 높일 수 있기를 기대한다.

**Abstract** Recently, a large fire occurred in a multi-use facility used by a large number of citizens, including the vulnerable, resulting in a lot of injuries and damages. Although several pilot studies have been conducted to reduce such incidents, the development of advanced disaster response technology using the latest spatial information and IoT technology is still insufficient. In this study, a pilot test bed is built to demonstrate detailed technologies derived through the first stage of realistic fire management technology research for the development of applied technology in the field. In detail, the building conditions and candidate sites of the test bed were first investigated and analyzed to derive satisfactory conditions and candidate target buildings. A second pilot test bed was then selected, and the necessary sensor and facility infrastructure were built to demonstrate the outcomes. Finally, a scenario was produced for technology verification, and a test bed system was developed. The pilot test bed is expected to contribute to verifying intermediate outcomes of realistic fire management research projects, enhancing the quality of the developed technologies.

**Keywords** : Realistic Fire Management, Multi-use Facilities, Spatial Information, Test-bed, IoT

본 연구는 행정안전부 공간정보 기반 실감 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술개발사업의 연구비지원(과제번호 21DRMS-B146826-04)에 의해 수행되었습니다.

\*Corresponding Author : Tae-Hoon, Kim(KICT)

email: kth@kict.re.kr

Received December 22, 2020

Revised January 15, 2021

Accepted March 5, 2021

Published March 31, 2021

## 1. 서론

### 1.1 배경 및 필요성

최근 들어 밀양 세종병원(2018), 종로 고시원(2018), 김포 요양병원(2019), 울산 주상복합건축물 화재(2020) 등 재난약자를 포함한 다수의 시민들이 이용하는 다중이용시설물에서 대형 화재가 발생하여 다수의 인명 및 재산피해가 초래되는 등 불안감이 증가하고 있다. 이에 정부 및 관련기관에서 화재 안전 대응 및 피해저감을 위한 여러 연구를 진행하였으나, 현업에서의 적용은 미흡한 실정이다. 따라서 최신 IT기술 및 3차원 공간정보 기술을 활용하여 화재 발생 시 화재의 발화지점 및 확산현황, 재실자 및 대피자 위치와 숫자 현황, 소방시설물 및 위험물 현황, 층별 상세도면 및 실내의 공간정보 현황 등 화재현장과 관련된 상세하고 실시간적인 화재정보의 전달·공유를 통해 재난안전 대응력을 높이는 연구가 필요하다. 이러한 연구성과들을 단순히 연구 목적이 아닌 현장에서 활용가능한 실용화 수준으로 향상시키는 실증 테스트베드의 구축 및 적용방안 연구는 필수적이라 할 수 있다.

### 1.2 선행연구

박미연(2016)은 효율적인 재난대응을 위해 센서네트워크, 클라이언트 머신, 상황인지, 시뮬레이션 알고리즘 등을 지하철 역사공간 재난대응시스템 개발에 적용하고, 일부 현장실험을 통해 프로토타입 개발결과와 효율성을 검증하였다[1]. 방재플랫폼 체계를 통해 효율적인 초기대응을 하려는 시도도 있었는데, 송창영(2017)은 여수국가산업단지를 대상으로 재난대응 프로세스를 분석한 후 센서, 재난대응 시나리오, 집단지성 협업네트워크의 개념을 적용한 플랫폼 체계를 구축하여 재난 감지 및 스마트폰 등을 기반으로 한 재난정보의 공유 연구를 수행한 바 있다[2]. 김택민(2016)은 재난대응 절차별 업무 지원 기능을 전문가 설문을 통해 적정성을 평가하여 6가지 주요기능(재난현장정보, 대시/시설정보, 피해현황, 피해예측지도, 대피지도/대처매뉴얼, NDMS 연계)으로 설정하는 피해상황관리시스템의 개발방향을 수립하였다[3]. 소운범(2020)은 화재에 취약한 전통시장을 대상으로 영상기반의 화재대응시스템 개발을 추진하였는데, 화재감지의 오동작(비화재보)을 줄이기 위해 기존 불꽃감지 화재감지와 영상기반 화재감지 알고리즘을 연계하여 화재감지의 신뢰성을 증가시켰으며, 실시간 상황전파 시나리오 제시 및 3D 공간데이터의 구축을 통해 공간인지력을 높이고

자 하였다[4]. 김지은(2018)은 3차원 BIM 기반 재난 통합정보 시스템 활용 서비스를 시설물 정보관리/3차원 시각화/재난재해 관제 관점으로 제시하여 효과적인 재난대응을 도모하고자 하였다[5].

연구성과의 검증을 위한 테스트베드 구축 사례로 이기준(2012)은 화재감지 오보 감소를 위한 다중정보 기반 시스템의 테스트베드 설계안을 제시하였으며, 화재감지의 신뢰성 개선을 위해 연기감지기 및 일산화탄소 농도감지기의 3가지 독립정보를 통합적으로 이용하여 화재를 감지하는 알고리즘을 제안하고 테스트베드 측정데이터 및 시뮬레이션을 통해 실보와 비화재보의 가능성을 저감시킬 수 있었다[6]. 최대우(2011)는 웹 인터페이스를 갖는 센서 네트워크 게이트웨이를 개발하여 특정 센서노드로부터 싱크까지의 데이터 전송경로와 센서노드 간 상대 위치 파악이 가능한 무선센서 네트워크의 테스트베드를 구축하였다[7]. 또한 홍창희(2015)는 BIM/GIS 플랫폼 실무 적용성 실증을 위한 테스트베드 구축 연구를 수행하였다. 시설물의 전 생애주기에서 발생 가능한 데이터를 포함하는 3차원 BIM 모델을 GIS 플랫폼 상에 업로드하여, 시설물 정보관리, 화재대응 모드 구현, 에너지 사용량 시각화 모드 구현 등 다양한 서비스가 활용될 수 있도록 테스트베드 구축 및 실증 연구를 통해 실용화 가능성을 검증하였다[8].

테스트베드를 구축하기 위해서는 대상지 건축물에 대한 관련 DB가 존재해야 하며, 실증을 위한 서비스 및 시나리오가 마련되어야 한다. 이와 관련해서 정운철(2018)은 재난별 피해예측 결과와 연계하기 위해 한국시설안전관리공단의 시설물정보관리시스템을 활용하여 1, 2층 대형건축물 인벤토리의 적합한 구축방안을 제시하였다[9]. 최우철(2020)은 공공과 민간분야 전문가 인식 차이를 중심으로 실감형 재난대응 서비스 구현방안 및 시나리오를 제시하였으며[10], 고미정(2018)은 재난대비훈련 시나리오의 작성 가이드를 연구하였다[11].

본 연구에서 테스트베드에 적용할 실감형 재난관리기술은 행정안전부에서 추진 중인 '공간정보 기반 실감 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술개발' 과제에서 개발한 성과를 활용하고자 한다. 김태훈(2019)의 연구에서 제시한 실감형 재난관리 기술 및 서비스는 재실자 감지, 상황대응 방송 및 문자정보 자동 발송, 상황인지 최적대피경로 제공, 표준안전모델 기반 시설물 3차원 가시화, 피해예측, 피해저감방안 및 외부 연계 등이 있다[12]. 최우철(2020)의 논문 역시 실감형 재난관리 성과를 기반으로 서비스 구현방안을 제시하였다. 주요 기술 및 서비스를

살펴보면, 디지털 트윈 기반 3차원 관계, 다중 센서 기반 실시간 시설모니터링, CCTV 기반 지능형 관계, 상세 재난상황 정보 제공, 유관기관 자동 정보연계 등이 있다 [10]. 이를 종합한 결과, 실감형 재난관리기술은 다중 센서 기반 실시간 3차원 재난상황 모니터링 기술로 정의할 수 있으며, 본 기술 속성을 고려한 테스트베드 적용방안이 도출되어야 할 것으로 보인다.

기존 선행연구는 센서, CCTV, BIM 등의 최신 IT기술을 기반으로 전문가 설문 등을 활용하여 효과적인 재난 대응기술과 파일럿 시스템을 개발·실증하였다. 일부 현장 검증을 통해 효용성을 실증 연구하였으나, 다양한 시나리오 기반으로 현장을 실증하기에는 공간 및 시간적인 측면에서 매우 미흡한 편이었다. 또한 최근 국가연구개발 성과의 상용화를 위해 테스트베드를 구축하고 적용하는 사례가 증가하고 있으나, 구체적인 테스트베드 구축 프로세스나 실증방법 등은 갖추지 못한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실감형 재난관리기술개발 과제의 테스트베드 구축사례를 통해 테스트베드의 선정 방법, 테스트베드 H/W 인프라 및 DB 구축방법, 성과물 실증을 위한 시나리오 개발 및 테스트베드용 시스템 개발까지 모범적인 테스트베드 구축 프로세스를 제안하고자 한다. 구체적으로 2장에서는 테스트베드 대상 건축물 조건을 고려하여 대상 후보지 조사 및 선정과정을 수행하고, 3장에서는 테스트베드 현황 및 사용자 요구사항 분석 기반으로 실감형 화재관리 설비/시스템 구축 내용을 다룬다. 4장에서는 테스트베드 실증/검증 시나리오를 구성하여 실제 복지관 시설을 대상으로 시스템 현장 테스트 및 실감형 화재관리 서비스를 구현하며, 5장에서는 본 논문의 의의 및 기대효과에 대하여 기술하고자 한다(Fig 1).

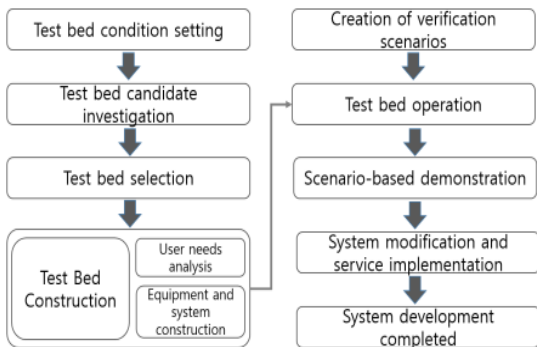


Fig. 1. Research process

## 2. 테스트베드 선정

### 2.1 테스트베드 대상 건축물 조건

본 연구의 테스트베드는 실제 재난에 취약한 중소규모의 다중이용시설로 설정하였다. 대상 건축물의 조건설정을 위해 관련 정부부처(행정안전부, 세종시 교육청, 국토교통과학기술진흥원 등), 지자체(서울시, 경기도, 대전시, 세종시, 안양시 등), 관리기관(학교, 병원, 복지관, 요양시설 등) 등의 요구사항을 조사·분석하여 다음과 같은 다섯 가지 요구조건을 도출하였다. 첫째 인구밀집도가 높은 다중이용 건축물, 둘째 주기적인 소방활동 점검대상 건축물 및 시설물(안전취약 건축물 포함), 셋째 화재안전 및 소방관련 센서(CCTV포함) 설치·운영 시설물(시변정보 취득 가능), 넷째 재난안전 피난약자(어린이, 노약자, 환자, 장애인 등) 이용 건축물, 마지막으로 대상시설물 운영기관의 적극적인 협조와 이관 및 운영관리 가능 여부이다 (Table 1).

Table 1. Test bed target conditions

No.	Test bed condition
1	Population density
2	Fire fighting inspection target
3	Fire detection sensor and system
4	Evacuation weak(Elderly, Patient, Children)
5	Active cooperation of the operating organization

재난안전 분야의 조사 및 통계자료 등을 기반으로 전문가 인터뷰를 통해 테스트베드 후보지 및 선정요인을 도출하였다. 테스트베드 후보지는 정부의 ‘화재특별대책 TF’의 결과에 따른 화재취약건물(특정소방대상물)인 기숙사, 근린생활시설, 교육연구시설, 의료시설, 노유자시설, 일반복합건축물, 숙박시설, 문화집회시설 등으로 선정하였다. 테스트베드 선정요인 기초자료의 경우 데이터 접근성을 고려하여 건축물대장과 공공데이터포털 취득 데이터로 설정하였다. 이를 통해 건축물 후보지의 용도, 소재, 구조, 면적, 층별 개요, 전유공용면적, 전유부 데이터 등을 취득할 수 있었다. 이러한 건축물대장/공공데이터포털 속성정보 및 연속수치지형도의 건물공간정보를 통합한 건물통합정보를 구축하여 Fig 2와 같이 데이터베이스화하였다. 해당 건축물 정보는 테스트베드 대상 건축물 현황분석 및 선정요인의 기초자료로 활용하였다.

목적지		데이터정의서				작성일	2017
조직명/명		부동산 제공 표준 데이터셋 v1.03		F_FAC_BUILDING		데이터출력/ 건물충당도면	
데이터출력명		건물충당도면		태그/ID		F_FAC_BUILDING	
No	필드ID	필드명	타입	길이(Byte)	NULL	PK/FK	Default
1	LIFD	LIFD	VARCHAR2	28	N		
2	BLD_NM	건물명칭	VARCHAR2	150			
3	DONG_NM	동명칭	VARCHAR2	150			
4	GRND_FLR	건물층별 지상층수	NUMBER	5			
5	LIGND_FLR	건물층별 지하층수	NUMBER	5			
6	PRU	동지코드	VARCHAR2 (19)	19			
7	ARCHAREA	건물층별건축면적	NUMBER	28,9			
8	TOTALAREA	건물층별 건축면적	NUMBER	28,9			
9	PLATAREA	건물층별대지면적	NUMBER	28,9			
10	HEIGHT	건물층별 높이	NUMBER	28,9			
11	STRT_CD	부도	VARCHAR2 (2)	2			
12	USABILITY	부도	VARCHAR2 (5)	5			
13	BC_RAT	건물층별 건비율	NUMBER	28,9			
14	VL_RAT	건물층별 용적률	NUMBER	28,9			
15	BLDRSST_PK	건축대상_PK	VARCHAR2	28			
16	USEAPR_DAY	승인일자	VARCHAR2	8			
17	REGIST_DAY	데이터생성_변경일자	VARCHAR2	8			
18	ISB_CD	부도	VARCHAR2	2			
19	VIOL_BD_YN	위반건물	VARCHAR2	2			
20	GEODIN	항주제계연계기	VARCHAR2	17			
21	BLDG_PNU	건물 필지 고유번호	VARCHAR2	19			
22	BLDG_PNU_YN	건물 필지 고유번호 유	VARCHAR2	1			
23	BLD_UNLICENSE	건물 무허가 여부	VARCHAR2	1			
24	BD_MGT_SG	도보영주권 건물관리	VARCHAR2	25			
25	ISCG_OVD	안전관리대상ID	INTEGER				
26	COL_ADM_SECT_CD	안전시공구코드	VARCHAR2	5			
27	OBJECTID	OBJECTID	INTEGER				
28	SHAPE	도형ID	ST_GEOMETRY				
인덱스명				인덱스키			
일부규칙							

Fig. 2. Realistic Fire Management Data-base

## 2.2 테스트베드 선정요인

이러한 사용자 요구분석 및 조사결과 자료 등을 기반으로 전문가 집단심층토의(Focus Group Interview, 이하 FGI)를 거쳐 테스트베드 선정요인을 도출하였다. FGI는 다양하고 심층적인 의견을 논의하여 관련 정보를 수집할 수 있는 질적조사방법이다. 아직 대중화되지 않은 실감형 화재관리기술에 대한 전문지식을 토대로 테스트베드를 선정해야 되는 본 연구에 적합하다고 판단하였다. FGI 참여 전문가는 실감형 재난관리 연구단 연구진 7명으로 구성하여 2020년 8월 25일에 진행하였다. 앞서 설명한 테스트베드 선정 요구조건 및 데이터베이스 요소를 검토한 뒤, 전문가 집단에게 개방형으로 테스트베드 선정요인을 질문하였다. 집단심층토의 결과, 주 이용자, 이용자 수(밀도), 관리기관, 기존 소방센서 설치여부, 재난안전취약성, 재난인팩트, 재난발생빈도, 시스템 적용 시 효과, 관리기관 협조가능성, 시스템 이관가능성 등의 최종 테스트베드 선정요인이 도출되었다(Table 2).

Table 2. Selection factor

Factor	Contents
Main user	Whether the vulnerable to disasters
Number of users	User density
Management agency	Public/Private
Fire sensor installation	Sensor connection
vulnerability	Building use/structure/material, etc.
Impact	Disaster vulnerability(impact)
Occurrence frequency	Disaster vulnerability(frequency)

Effect of application	Operational effectiveness
Possibility of cooperation	Ease of demonstration
System transferability	Operability after testing

## 2.3 테스트베드 대상 후보지 조사 및 선정

테스트베드 후보 건축물을 보유 혹은 관리하고 있는 지자체들과의 협의 및 시설 방문조사를 수행한 결과, 최종 테스트베드 후보지는 A 지자체의 요양복지시설, B 지자체의 초등학교, C 지자체의 노후상업빌딩으로 선정되었다. 각 후보지별 테스트베드 선정요소의 특징들은 Table 3과 같다.

Table 3. Selection factor of target candidate building

Factor	Target candidate building		
	(A) Nursing facility	(B) Elementary School	(C) Old commercial facility
Main user	Elderly, Patient	Children	Citizen
User density	M	H	L
Management agency	Public/Private	Public	Private
Fire sensor installation	H	H	L
vulnerability	H	M	H
Impact	H	H	M
Occurrence frequency	L	L	M
Effect of application	H	H	H
Possibility of cooperation	H	M	L
System transferability	H	M	L

A 지자체의 요양복지시설의 경우 노인보호시설, 장애인보호시설 및 일반인지원시설이 포함된 5층 규모의 건물로 재난취약층을 포함한 다양한 인원이 상주하고 있었다. CCTV, 화재센서, 소화설비 등이 설치된 통합관제실이 운영되고 있으며, 안전관리자(주간)가 지정이 되어 있어 테스트베드 활용에 효과적이다. 또한 중요한 선정요인 중 하나로서 지자체 및 관리기관에서 적극적인 도입의지를 보였다. B 지자체 초등학교의 경우 약 500명의 학생과 교직원 등이 있는 신축 4층 건물로, 화재 안전전문 인력이 부족한 상황이다. 테스트베드 지정을 위한 협의주체

가 지자체, 교육청, 학교로 복잡화되어 있어 협의 시 많은 시간이 소요되었다. C 지자체 관내에 있는 상업시설의 경우 오래된 5층 건물로 병원, 음식점, 학원 등 다양한 업종이 포함되어 있었다. 화재센서 등 방재시설물이 낙후되어 있어 시스템 적용 시 효과는 높을 것으로 예상되었으나, 관리주체, 시스템 이관 및 유지보수 등이 해결해야 될 문제점으로 지적되었다. 이러한 테스트베드 후보대상지의 선정 요인별 분석 결과, 재난약자가 상주하며 적절한 사용인원수 및 건물규모, 시스템적용 효과, 특히 가장 적극적인 유치 및 지원의지를 보였던 A 지자체의 요양복지시설(안양시 만안종합사회복지관)로 테스트베드를 최종 선정하였다.

### 3. 테스트베드 구축

#### 3.1 테스트베드 현황 및 사용자 요구사항 분석

본 연구 뿐 아니라 모든 테스트베드 R&D 성과 적용을 위해서는 세밀한 현황분석 및 실사용자 요구사항 반영이 필요하다. 만안종합사회복지관은 2016년 준공된 연면적 4,433㎡의 지상 5층, 지하1층 건물이다. 모든 지상층은 난연성 마감재로 구성되어 화재 확산 지연을 도모할 수 있으나, 지상 2층의 장애인 주간보호센터와 노인 주간보호센터의 주 상주인원이 재난 취약층이다. 특히, 장애인 주간보호센터 내부는 낙상 방지를 위한 가연성 벽면/바닥임에 따라 적극적으로 고도화된 화재관리 방안이 요구된다.

테스트베드 실증이 시범운영에 그치지 않고 실질적 활용 및 성과 확산이 되기 위해서는 실사용자 요구사항이 수렴되어야 한다. 이를 위해 복지관 시설 담당자와의 인터뷰 결과, 복지관과 같은 중소규모 건물의 공공다중시설은 안전관리 인력이 매우 부족하므로 지능형/선별적 관제가 반드시 필요한 것으로 분석되었다. 현재 복지관의 시설 담당자는 단 한명인 상황이므로 부재 시 시설 모니터링 및 돌발상황 대응을 위한 모바일 관계, 화재관리 자동화 시스템이 필요하며, 화재상황 시 긴급 대응도 중요하지만 평상시에도 잘 활용될 수 있는 상시 관계 및 관련 화재정보 구축 역시 필요한 것으로 조사되었다. 안양시청 관계센터 탐장의 경우 안양시 내 유사 복지관 7곳, 더 나아가 시 전체 공공시설물을 시차원에서 모니터링 가능한 관계서비스 확대 필요성을 언급하여 이를 고려한 관계센터 연계방안을 모색하고자 하였다.

#### 3.2 테스트베드 설비/시스템 구축

본 테스트베드 구축은 단순히 센서 및 CCTV 설치를 통한 화재상황 모니터링이 목적이 아닌 고도화된 실감형 화재 관리에 중점을 두었다. 테스트베드 현황 및 사용자 요구사항을 고려하여 세부 공간별 화재감지 및 재실자 여부를 분석하고, 실시간 현장정보를 웹, 모바일 기기 등을 활용하여 3차원 실감형 서비스를 제공하고자 하였다. 또한 관리자 뿐만 아니라 재실자를 위한 현장정보 및 대피경로 안내, 지자체 관계센터 연계를 고려하였다.

효과적인 테스트베드 설비/시스템 구축을 위해 소방 화재설비와 관계설비를 나누어 구축방안을 수립하였다. 소방화재와 관계설비는 기능 및 물품내역이 다르고 구축 공사업체의 자격과 전문성을 달리하기 때문이다. 소방화재설비의 경우 기존 P형 화재수신반은 하나의 층(또는 동일층 내 2개 구역) 정보만 수신되므로, 공간별/구역별 화재감지정보 취득을 위해 R형 화재수신반을 도입하였다. 그리고 공간별 특성을 고려하여 연기식, 정온식, 차동식 화재 감지기를 차등 구축하였다. 일반적으로 광전식인 연기식 감지기는 빛 양을 감지하므로 주로 홀, 계단, 복도 등 층고가 높고 넓은 장소에 설치한다. 차동식 감지기는 온도 변화가 급격할 때 작동하므로 방, 거실과 같이 온도 변화가 적은 곳에 설치하며, 정온식 감지기는 설정온도에 도달하면 작동하므로 주방, 보일러실과 같이 온도 변화가 많은 곳에 설치한다. 본 복지관의 경우 홀과 계단에는 연기식을 설치하였고, 저녁 이후 직원 퇴근 후에는 재실인원이 없으므로 급격한 온도차 발생을 고려하여 주로 정온식 감지기를 설치하였다.

화재 발생 시 정확한 발화지점과 건물 내 재실자 여부 판단이 인적피해를 최소화할 수 있는 중요한 요소이다. 이를 위해 복지관 공간별 동작 감지센서, 문개폐 감지센서, CCTV 등 실감형 현장 관계 목적의 센서/중계기와 관리자 관계 목적의 방재실 내 상황판, 서버, 운영 워크스테이션, 광케이블 연계 공사 등의 테스트베드 화재관계 설비를 구축하였다. 이를 통해 화재상황 뿐 아니라 예방적 관리를 위한 센서 오작동 여부, 화재 취약공간 집중 관계, 지자체 관계센터 연계 등을 구현할 기반을 마련하였다.

### 4. 테스트베드 실증 및 서비스 개발

#### 4.1 실증/검증 시나리오 구성

성공적인 테스트베드 운영을 위해 실증과 검증 시나리오를 각각 설정하였다. 실증 시나리오의 경우 서비스 운영 목적으로 기존 실감형 재난대응 서비스 구현방안[10]을 참고하여 재구성하였다. 크게 화재상황 지능형 대응 서비스, 화재대비 상시안전 서비스, 화재예방 점검 및 훈련 서비스로 구분하였다. 화재상황 지능형 대응 서비스는 공간별 상세 화재상황 정보 전달 및 재실자 현황 전달 목적의 관리자 서비스, 화재상황정보 전달 및 최대대피동선 안내 목적의 재실자 서비스, 119, 지자체 관제센터 등 유관기관에 상세 화재상황정보를 전달하기 위한 유관기관 서비스로 설정하였다. 화재대비 상시안전 서비스는 방화문 개폐, 화재센서 작동 여부, CCTV 영상 관제 등의 실시간 시설 모니터링 서비스, 공간별 안전상태정보 제공 및 이를 통한 취약공간 집중 모니터링 서비스를 제공한다. 마지막으로 화재예방 점검 및 훈련서비스는 피해예측 시뮬레이션과 상황대응, 훈련지원, AR/VR 교육 지원 등을 통한 화재 매뉴얼 시스템화 서비스를 제공한다.

연구성과의 현장 검증을 위해 실제 화재 발생을 가정하여 시나리오를 구성하였다. 열연기 발생기를 활용하여 복지관 체력단련실에서의 화재를 발생시켰다. 이때 실제 화재로 오인하지 않도록 미리 지역 소방서 및 민간 보안 업체에 사전 양해를 구했으며, 경보음 및 자동화재 탐지 설비가 작동되지 않도록 선조치하였다. 시나리오는 화재 발생 이상상황 감지 후 웹플랫폼 내 3D 지도 위에 이벤트를 표출하여 해당공간으로 자동 이동하게 된다. 이후 안전관리자가 3D 지도를 확인하며 실시간 변화되는 안전상태정보 및 주변 센서값, CCTV 정보 등을 토대로 화재발생 여부에 대한 확정을 짓는다. 화재발생 확정 후 복지관 소방대, 재실자에게 MMS 전송 및 대시보드를 기반으로 구체적인 화재상황을 전파한다. 관리자는 건물 밖으로 대피하는 인원에 대한 재실자 숫자 감소 확인 및 동작 감지센서 기반 공간별 재실 여부를 확인한다. 화재 진압 후 피해복구 정보를 확인하는 것으로 전체 검증 시나리오를 구성하였다.

#### 4.2 검증 시나리오 기반 시스템 현장 테스트

앞서 설정한 검증 시나리오를 기반으로 시스템 현장 테스트를 수행하였다(2020년 11월 13일 수행). 총 현장 테스트 검증 항목은 5개로서, 1) 온도, 연기 등 센서 이상값 감지 및 경고 메시지 알람, 2) 안전관리자의 이벤트 알람 확인 후 센서, CCTV 등을 모니터링하여 화재 확인, 3) 화재 확인 시 화재 경고 발생(클릭) 및 소방대 대응팀별 상황전파/대응방안 전달(대시보드 전파 포함), 4) 재

실자 포함 현장상황 모니터링 및 대피경로 모니터링, 5) 화재 진압 후 피해복구 정보 확인으로 구성하였다. 5개 항목 모두 성공적으로 검증되었으며, 관련내용은 Table 4, Fig 3과 같다.

Table 4. Field test verification result

Factor	Test content	Test result
Detect sensor abnormal values	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detect sensor abnormal values such as temperature and smoke</li> <li>Warning message alarm</li> </ul>	Apply abnormality detection value and check warning message alarm
Safety manager check	<ul style="list-style-type: none"> <li>Safety manager's event alarm confirmation</li> <li>Fire check after sensor and CCTV</li> </ul>	Check the changed safety status information
Fire warning and situation propagation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fire warning after confirming fire</li> <li>Dissemination of the situation by building fire brigade response team / delivery of response plans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propagate the situation after confirming the fire y building fire brigade response team(message)</li> <li>Dashboard propagation check</li> </ul>
Evacuation and site condition monitoring	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring of occupants and evacuation routes</li> </ul>	Check the number of changed occupants and evacuation route
Fire fighting	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation of damage recovery information</li> </ul>	Confirmation of damage recovery information

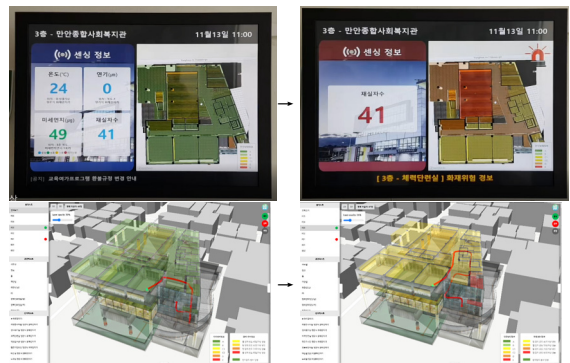


Fig. 3. Field test verification

#### 4.3 실감형 화재관리 테스트베드 서비스 구현

실감형 화재관리 테스트베드 서비스 구현을 위해 실감형 재난관리 웹플랫폼 및 안전관리자 사용 편의성을 고려한 모바일플랫폼(반응형 웹 모듈)을 개발하였다. 웹플랫폼의 메뉴는 크게 서비스 소개, 소방대, 건물 모니터링, 피난안내로 구성하였다. 본 웹플랫폼은 안전관리자 요구를 기반한 사용 편의성 향상, 최적의 화면 구성에 따른 사용 효율성 향상, 직관적인 메뉴 체계를 통한 빠른 사용법 습득을 고려하였다.

서비스 소개 메뉴는 본 플랫폼을 처음 접하는 사용자가 전체적인 실감형 화재관리 서비스를 쉽게 이해할 수 있도록 직관성을 높이는데 중점을 두었다. 본 메뉴에서는 실감형 재난관리 플랫폼에 대한 서비스 개념과 화재상황 지능형 대응서비스, 화재예방 점검 및 훈련서비스, 화재 대비 상시안전 서비스 등의 세부 서비스를 설명한다(Fig 4).



Fig. 4. Service introduction

소방대 메뉴의 경우 복지관 소방대 조직원들이 각 대응팀별 역할 및 임무 인지를 도모하고, 1년 2회 진행되는 소방훈련에 대한 훈련 시나리오 정보를 제공한다. 본 메뉴는 화재상황 발생상황 뿐 아니라 평상 시(또는 훈련 시) 활용도를 높여야 된다는 복지관 시설 담당자의 의견을 반영하였다(Fig 5).

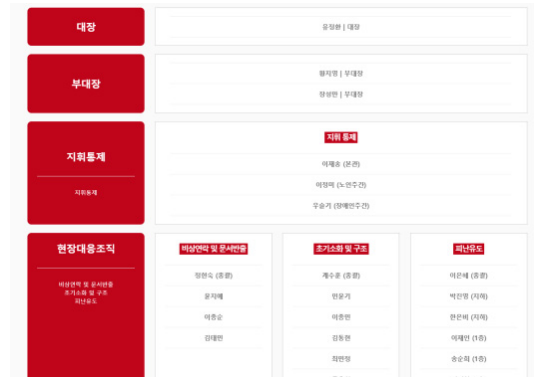


Fig. 5. Building fire brigade

건물 모니터링 메뉴는 본 웹플랫폼 및 실감형 화재관리 서비스의 핵심이다. 건물/층별현황 소메뉴에서는 테스트베드인 복지관의 주소, 면적, 용도, 구조 등 건물 및 층별 주요 정보와 공간별 설치되어 있는 소화기, 소화전, 비상구, 비상벨, CCTV 등의 화재 및 관계설비 구축 현황

정보를 제공한다. 센서정보 소메뉴에서는 공간별 화재 감지, 동작 감지, 문개폐 감지, 미세먼지 정보를 실시간으로 제공한다. 3D 안전상태정보 소메뉴에서는 3차원 공간정보를 기반으로 공간별 6등급 안전상태정보를 주요 센서 및 CCTV 영상정보, 피난경로 정보, 재실자 정보를 제공한다. 또한 화재상황 전파를 위해 SMS, LMS, MMS를 통한 소방대 대응팀 상황전파, 대시보드를 통한 건물 내 재실자 상황전파(방송시스템 연계 고려), 이벤트 발송을 통한 지자체 관제센터 상황전파 서비스를 구현하였다(Fig 6).

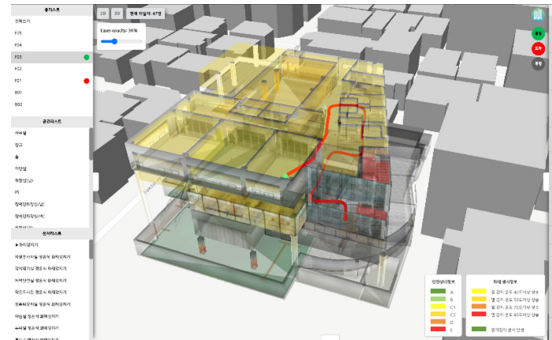


Fig. 6. Building monitoring

마지막 메뉴인 피난안내 서비스의 경우 화재 발생 시 대피를 위한 비상연락체계 정보, 피난 안내 층별/구역별 대피로 정보, 화재 발생 후 피해복구 및 피해복구 지원 정보를 제공한다(Fig 7).

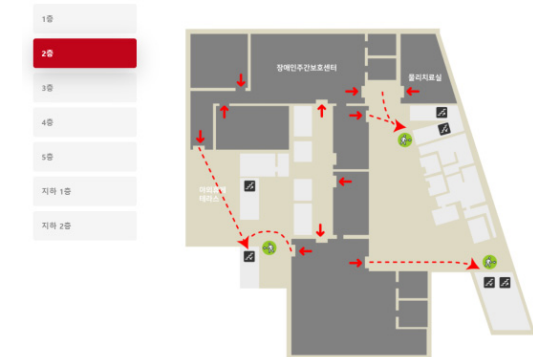


Fig. 7. Evacuation routes guide

복지관 관리자 의견을 반영하여 웹플랫폼 메뉴 구성 그대로 모바일(반응형 웹모듈) 서비스를 제공한다. 다만 CCTV 영상제공에 따른 개인정보 유출 문제 등을 고려하여 모바일은 관리자 권한을 별도로 설정하며, 서비스 시범운영을 통해 사용자 의견을 고려한 모바일 전용 기

능을 재구성할 예정이다(Fig 8).

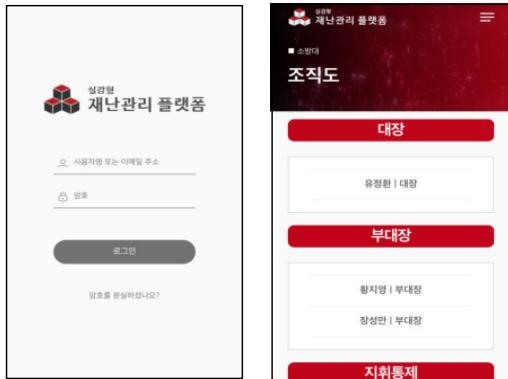


Fig. 8. Mobile platform

## 5. 결론

최근 IoT 및 공간정보 등의 급격한 기술 발전으로 이를 화재안전 분야에 적극 활용하려는 다양한 연구가 시도되고 있다. 그러나 실제로 개발된 다양한 기술들이 현장에서 적용되는 사례는 매우 제한적이다. 그 이유는 개발된 기술들이 TRL 3(실험실 규모의 기본성능 검증)에서 5수준(확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능평가)에 머물러 있기 때문이다. 이러한 이유로 개발기술의 상용화 및 현장 적용성 강화를 위해서 테스트베드의 구축 및 실증이 반드시 필요하며, 이를 통해 제품화 및 서비스 기반의 실용화 확률을 높일 수 있다. 이를 고려하여 본 논문은 실감재난관리기술 검증을 위한 테스트베드 구축 체계를 정립하고, 실제 테스트베드 구축과 개발기술 적용·검증 연구를 수행하였다. 본 연구는 테스트베드 구축 체계화와 고도화된 상용화 가능성을 함께 제시함에 따라 학술적, 실용적 가치를 동시에 지닌다. 테스트베드 선정을 위한 주요 요인 도출, 조사·분석, 명확한 사용자 요구분석 및 설비/시스템 구축, 시나리오 기반의 검증을 통해 R&D 성과의 가치를 더욱 높일 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구를 통해 구축된 테스트베드는 지속적인 운영과 사용자 피드백을 통해 연구성과의 질을 높일 수 있는 기반으로 활용될 예정이다. 해당 테스트베드 구축방안을 토대로 실감형 화재관리서비스의 지자체 확산이 이뤄질 경우 화재분야에서의 국민안전 편익 역시 향상될 것으로 판단된다. 본 연구가 향후 타 연구과제에서 테스트베드 구축 시 참조할 수 있는 모범사례가 되기를 기대한다.

## References

- [1] M. Y. Park, W. Y. Koo, W. S. Park, E. C. Park, B. G. Moon, S. G. Kwon, "A Study on Development of Interactive Smart Network(IoT)-based Subway Platform Disaster Response System", Journal of Korean Society of Disaster & Security, Vol.9, No.1, pp.19-24, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.21729/ksds.2016.9.1.19>
- [2] C. Y. Song, B. S. Yang, "A Study on the Building of Disaster Prevention Platform for Effective Response System to Hazardous Chemical Accidents: Centering on Yeosu Industrial Complex", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.17, No.2, pp.93-99, 2017.
- [3] T. M. Kim, W. Y. Kim, S. H. Lee, W. B. Sim, "A Study on the Derivation of Required Information and Function Setting for Damage Management System Based on Disaster Response Procedure", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.16, No.5, pp.97-104, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2016.16.5.97>
- [4] Y. B. So, Y. H. Kim, S. H. Min, "Development of System for Responding of Fire in Space Outside Traditional Market", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.20, No.5, pp.105-112, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2020.20.5.105>
- [5] J. E. Kim, C. H. Hong, "A Study on the Application Service of 3D BIM-based Disaster Integrated Information System Management for Effective Disaster Response", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol.19, No.10, pp.143-150, 2018.  
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.10.143>
- [6] K. J. Lee, H. G. Kim, B. W. Lee, T. O. Kim, D. G. Shin, "Test Bed Design of Fire Detection System Based on Multi-Sensor Information for Reduction of False Alarms", Journal of the Korean Institute of Gas, Korean Institute of Gas, Vol.16, No.6, pp.107-114, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.7842/kigas.2012.16.6.107>
- [7] D. W. Choi, "Implementation of a Testbed for Wireless Sensor Network", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol.12, No.1, pp.445-450, 2011.  
UCI: G704-001653.2011.12.1.057
- [8] C. H. Hong, H. S. Choi, B. G. Kim, N. C. Baek, "Establishment of Test-bed and Pilot Model for Application Demonstration using BIM/GIS Platform", Internal Research Project, Korean Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2015.
- [9] W. C. Jung, H. S. Youn, M. W. Jung, J. H. Kwon, "Development of a Building Inventory to Link the Damage Prediction Results of Natural and Social Disasters", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.18, No.3, pp.117-123, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2018.18.3.117>



- [10] W. C. Choi, T. H. Kim, "Study of Realistic Disaster Management Service Implementation Plan : Focusing on Differential Views in Public and Private Experts", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol.21, No.6, pp.625-633, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.6.625>
- [11] M. J. Ko, C. J. Kwak, B. R. Seo, W. J. Choi, "A Study on an Establishment of Scenario for the Disaster Response Training", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.18, No.2, pp.115-126, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2018.18.2.115>
- [12] T. H. Kim, J. H. Youn, "A study on 3D safety state information platform architecture design for realistic disaster management based on spatial information", Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol.20, No.4, pp.564-570, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.4.564>

윤 준 희(Tae-Hoon Kim)

[정회원]



- 1998년 8월 : 연세대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2006년 8월 : Purdue University, Dept of Civil Eng. (Engineering ph.D)
- 2007년 5월 ~ 2012년 1월 : 삼성 SDS 수석컨설턴트
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

GIS, Feature Extraction, ISP

최 우 철(Woo-Chul Choi)

[정회원]



- 2011년 2월 : 가천대학교 도시계획학과 (공학석사)
- 2020년 2월 : 가천대학교 도시계획학과 (공학박사 수료)
- 2015년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

공간정보, 도시계획, 스마트시티, 방법/방재

김 태 훈(Tae-Hoon Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학박사 수료)
- 2002년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

지리정보, 정보통신, 방재/환경