

최종보고서											보안등급	
											일반[☒], 보안[☐]	
중앙행정기관명		국토교통부				사업명		사업명			국토교통연구기획	
전문기관명(해당 시 작성)		국토교통과학기술진흥원				사업명		내역사업명 (해당 시 작성)			국토교통연구기획	
공고번호		공고(2020)-제35호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
						연구개발과제번호						
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EI0605	30%	EE0108	20%	EE1305	20%	EI1104	20%	EI0308	10%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문		인공지능 기반 대형 복합역사 화재대응 기술 개발 기획								
		영문		Planning for the development of fire countermeasure technology for large-scale complex stations based on artificial intelligence								
연구개발과제명		국문										
		영문										
주관연구개발기관		기관명		한국철도기술연구원				사업자등록번호		138-82-02013		
		주소		(16105) 경기도 의왕시 철도박물관로 176				법인등록번호		135221-0000076		
연구책임자		성명		이덕희				직위		책임연구원		
		연락처		직장전화		-		휴대전화		-		
				전자우편		-		국가연구자번호		-		
연구개발기간		전체		2020. 12. 22 - 2021. 12. 21 (12 개월)								
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체		기타()		합계		연구개발비 외 지원금
		현금		현금		현금		현금		현금		
		현물		현물		현물		현물		합계		
총계		120,000								120,000		120,000
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고
												역할 기관유형
공동연구개발기관		한국기계연구원		김창현		실장		-		-		공동 출연연
		한국철도공사		권수영		책임		-		-		공동 공사
위탁연구개발기관												
연구개발담당자 실무담당자		성명		이영걸				직위		선임연구원		
		연락처		직장전화		-		휴대전화		-		
				전자우편		-		국가연구자번호		-		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 12 월 21 일

연구책임자: 이 덕 희 (인)

(주관) 한국철도기술연구원 원장: 한 석 윤 (직인)

(공동) 한국기계연구원 원장: 박 상 진 (직인)

(공동) 한국철도공사 연구원장: 정 정 래 (직인)

국토교통부장관 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		국토교통연구기획				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
내역사업명 (해당 시 작성)						연구개발과제번호							
기술 분 류	국가과학기술 표준분류	EI0605	30 %	EE0108	20 %	EE1305	20 %						
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)													
연구개발과제명		인공지능 기반 대형 복합역사 화재대응 기술 개발 기획											
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2022. 01. 31 (12 개월)											
총 연구개발비		총 120,000천원 (정부지원연구개발비:120,000천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)											
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[√]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()						
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)		기획연구											
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)		기획연구											
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		대심도(GTX 등) 복합환승 역사 화재에 대응하기 위한 인공지능 기반 화재인지 및 예측 분석 기술, 화재 대응 시스템, 통합 운영시스템 개 발 및 검증									
		전체 내용											
연구개발성과		- 복합역사 화재대응 관련 시장, 기술, 특허, 정책 등 동향 분석 - 기술수요조사 및 과제도출 방안 제시, 본과제 공모를 위한 과제제안요구서(RFP) - 세부계획 및 사업추진 방안 제시											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		- 첨단 IoT 센서 및 인공지능 기술 기반 화재대응 기술 도입에 따라 신속하고 능동적인 안전 관리 대처 가능 - 실시간 지능 관제시스템 도입을 통하여 신속한 화재대응 및 안전한 호흡이 가능한 안전 지역으로 대피 시간 대폭 감소 - 안전한 대국민 대심도 철도교통 서비스 제공 및 화재사고 대응 기술 혁신을 통하여 지 하공간 활용가치를 높이며, 국토 교통 안전에 대한 국민 신뢰성 제고 - 복합역사 화재 발생시 실효적 소방지원 및 피해저감을 통한 복구 및 보상 비용 절감											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유		해당 없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구시 설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		신품종		
									생명 정보	생물 자원	화합물	정보	실물
				1									
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)		인공지능		복합역사		화재대응기술		피난안전		시스템 통합			
영문핵심어 (5개 이내)		artificial intelligence		complex station		fire countermeasure tech.		evacuation safety		system integration			

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
제1절 기술의 정의 및 분류체계	1
1. 기술의 정의 및 범위	1
2. 기술분류체계	3
제2절 연구개발 배경 및 필요성	4
1. 추진 배경	4
2. 사업의 필요성	7
제2장 국내외 동향 및 환경분석	17
제1절 국내외 정책동향	17
1. 국내 정책동향	17
2. 국내 법제도	23
3. 국외 정책동향	30
제2절 국내외 시장동향	33
1. 국내 시설 운영현황	33
2. 국내외 시장동향	48
제3절 국내외 기술동향	52
1. 국내 기술 및 연구동향	52
2. 국외 기술 동향	62
제4절 논문 및 특허분석	70
1. 논문분석	70
2. 특허분석	87
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	132
제1절 비전 및 목표 설정	132
1. 비전 및 목표	132
제2절 핵심요소기술 선정	133
1. 기술수준 평가	133
2. SWOT 분석	142
3. 사업 추진 전략 도출	143
제3절 연구개발과제 구성	144

제4장 사전 타당성 분석	167
제1절 사업논리 모형	167
제2절 기술적 타당성	169
제3절 정책적 타당성	172
제4절 경제적 타당성	173
1. 대형복합역사 화재사고 피해비용저감 효과 방법에 의한 분석	173
제5장 사업운영 계획	180
제1절 예산투입계획	180
제2절 인력투입계획	185
제3절 연구시설 투입계획	186
부록 참고문헌	188

표 목 차

표 1-1-1 화재대응 분야 기술 분류 표	3
표 1-2-1 전국 지하철 역사 심도 분석	6
표 2-1-1 지하역사 설치 소방시설	25
표 2-1-2 복합역사 화재대응 구조 및 설비 관련 규정	28
표 2-2-1 수신기 설치 유형	33
표 2-2-2 감지기 설치유형	34
표 2-2-3 배연설비 설치유형	35
표 2-2-4 소화설비 유형	35
표 2-2-5 피난지원 설비	35
표 2-2-6 수신기 유형	39
표 2-2-7 감지기 유형	39
표 2-2-8 배연설비 유형	40
표 2-2-9 소화설비 유형	40
표 2-2-10 피난설비 유형	41
표 2-2-11 수신기 설치 유형	41
표 2-2-12 감지기 설치유형	43
표 2-2-13 배연설비 설치유형	44
표 2-2-14 소방설비 유형	44
표 2-2-15 피난지원 설비	45
표 2-2-16 수신기 지능화 단계 구분	47
표 2-2-17 스마트 재난대응산업 세계 시장규모 및 전망(단위: 백만 달러, %)	50
표 2-2-18 스마트 재난대응산업 국내 시장규모 및 전망(단위: 억원, %)	50
표 2-2-19 스마트 재난안전 대응 시스템의 분류(중소기업 전략기술로드맵, 2019)	50
표 2-2-20 AI 국내시장 규모 및 전망(단위: 억원, %)	51
표 2-3-1 기술분류 체계분석	52
표 2-4-1 분석 대상	70
표 2-4-2 분석대상 기술분류	71
표 2-4-3 분석대상 기술분류	72
표 2-4-4 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계	72

표 2-4-5 분석대상 기술분류	74
표 2-4-6 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수	76
표 2-4-7 상위 6개 국가의 논문 편수 및 비중 비교	77
표 2-4-8 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석	77
표 2-4-9 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수	78
표 2-4-10 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석 ...	79
표 2-4-11 화재대응 기술 분야의 한국 SCI 논문점유율 현황	80
표 2-4-12 화재대응 기술 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수	81
표 2-4-13 화재대응 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 편수 및 비중 비교	82
표 2-4-14 분야별 피인용 횟수 분석	82
표 2-4-15 화재대응 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석	83
표 2-4-16 통합방재시스템 구축·운영 분야 한국의 SCI 논문점유율 현황	84
표 2-4-17 통합방재시스템 구축·운영 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수	84
표 2-4-18 분야별 피인용 횟수 분석	85
표 2-4-19 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 상위 5개 국가의 논문 편수 및 비중 비교 ·	85
표 2-4-20 통합방재시스템 구축·운영 분야 상위 5개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석	86
표 2-4-21 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계	87
표 2-4-22 분석대상 기술분류	88
표 2-4-23 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계	88
표 2-4-24 분석대상 기술분류	92
표 2-4-25 분야별 연도별 특허출원 추이	93
표 2-4-26 소분류별 출원건수 및 비중	94
표 2-4-27 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	95
표 2-4-28 출원국가별 연도별 특허	97
표 2-4-29 대형복합역사 및 유사공간분야 화재대응 기술	99
표 2-4-30 화재정보 인지 및 데이터화 기술 토픽별 키워드('16~'20)	101
표 2-4-31 화재정보 인지 및 데이터화 기술 주요 특허 1	102
표 2-4-32 화재정보 인지 및 데이터화 기술 주요 특허 2	103
표 2-4-33 화재위험 분석/예측 및 경보기술 토픽별 키워드('16~'20)	105
표 2-4-34 화재위험 분석/예측 및 경보 기술 주요 특허1	106
표 2-4-35 화재위험 분석/예측 및 경보 기술 주요 특허2	107

표 2-4-36 화재 연기차단 및 제·배연 기술 토픽별 키워드('16~'20)	108
표 2-4-37 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허1	109
표 2-4-38 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허2	110
표 2-4-39 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허3	111
표 2-4-40 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허4	112
표 2-4-41 이용자 대피 지원 기술 토픽별 키워드('16~'20)	114
표 2-4-42 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허1	115
표 2-4-43 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허2	116
표 2-4-44 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허3	117
표 2-4-45 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허4	118
표 2-4-46 화재 소화기술 토픽별 키워드('16~'20)	120
표 2-4-47 화재진압 기술 주요 분석 특허1	121
표 2-4-48 화재진압 기술 주요 분석 특허2	122
표 2-4-49 통합방재시스템 구축·운영 토픽별 키워드('16~'20)	124
표 2-4-50 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허1	125
표 2-4-51 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허2	126
표 2-4-52 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허3	127
표 3-2-1 인공지능 기반 대형 복합 역사 화재 대응 요소기술	134
표 3-2-2 '화재정보 디지털화 및 인지기술' 기술수준 및 기술격차	135
표 3-2-3 '화재정보 디지털화 및 인지기술' 기술수준 및 기술격차	135
표 3-2-4 'AI기반 화재위험 식별 및 감지기술' 기술수준 및 기술격차	136
표 3-2-5 'AI기반 화재위험 식별 및 감지기술' 기술수준 및 기술격차	136
표 3-2-6 'AI기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술' 기술수준 및 기술격차	137
표 3-2-7 'AI기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술' 기술수준 및 기술격차	137
표 3-2-8 'AI기반 제연/배연 기술' 기술수준 및 기술격차	138
표 3-2-9 'AI기반 제연/배연 기술' 기술수준 및 기술격차	138
표 3-2-10 'AI기반 소화시스템 기술' 기술수준 및 기술격차	139
표 3-2-11 'AI기반 소화시스템 기술' 기술수준 및 기술격차	139
표 3-2-12 'AI기반 화재대응 시스템 통합 운영기술' 기술수준 및 기술격차	140
표 3-2-13 'AI기반 화재대응 시스템 통합 운영기술' 기술수준 및 기술격차	140
표 3-2-14 SWOT 분석 결과	142

표 3-2-15 SWOT 분석 결과 기반 사업 추진 전략 도출	143
표 3-3-1 기술수요조사	145
표 3-3-2 1분야 제안기술 분석	146
표 3-3-3 2분야 제안기술 분석	147
표 3-3-4 3분야 제안기술 분석	148
표 3-3-5 기획위원회 추진사항	149
표 3-3-6 화재 인지/예측 분야	150
표 3-3-7 스마트 화재대응 시스템 분야	151
표 3-3-8 통합운영시스템 기술 분야	151
표 3-3-9 중점개발 기술	152
표 3-4-1 세부과제별 주요 연구내용	153
표 3-5-1 사업 추진체계	157
표 3-6-1 세부과제 카테고리	160
표 3-6-2 세부과제 성과목표 및 성과지표	161
표 3-6-3 1핵심분야 세부 성과지표	162
표 3-6-4 2핵심분야 세부 성과지표	162
표 3-6-5 3핵심분야 세부 성과지표	162
표 3-6-6 1핵심분야 주요 성과지표	163
표 3-6-7 2핵심분야 주요 성과지표	164
표 3-5-8 3핵심분야 주요 성과지표	164
표 4-1-1 사업논리 모형	167
표 4-1-2 As-Is vs To-Be	168
표 4-2-1 총괄 성과지표	169
표 4-2-2 유사과제 목록	170
표 4-4-1 사업 비용	173
표 4-4-2 비용/편익 분석 결과	177
표 5-1-1 세부과제별 예산투입 계획	180
표 5-1-2 세부과제별 예산투입 계획(1핵심)	181
표 5-1-3 세부과제별 예산투입 계획(2핵심)	182
표 5-1-4 세부과제별 예산투입 계획(3핵심)	184
표 5-2-1 연도별 참여예상 연구인력(단위: 억원, 명)	185

표 5-2-2 연차별 자원배분(단위: 백만원)	185
표 5-3-1 대도시 지하철 역사 심도 현황.....	186
표 5-3-2 GTX 신설 역사 심도 계획	187

그림 목 차

그림 1-1-1 인공지능 기반 복합역사 화재대응 시스템 기본 기능도	2
그림 1-2-1 수도권 GTX 예정 선도	4
그림 1-2-2 삼성역 복합역사 조감도	5
그림 1-2-3 동탄역 복합역사 조감도	5
그림 1-2-4 부평역 복합역사 조감도	5
그림 1-2-5 인천시청역 복합역사 조감도	5
그림 1-2-6 대구지하철 화재현장	7
그림 1-2-7 대구지하철 화재 피해 현장	7
그림 1-2-8 지하역사 전동차 화재사고 발생 상황	8
그림 1-2-9 지하역사 승객 피난 상황	8
그림 1-2-10 부산 마린시티 우신골든스위트 화재	9
그림 1-2-11 의정부 그린아파트 화재	9
그림 1-2-12 울산 삼환아르누보 화재	9
그림 1-2-13 제천 스포츠센터 화재	10
그림 1-2-14 밀양 세종병원 화재	11
그림 1-2-15 고양 종합터미널 화재	11
그림 1-2-16 계단부 피난을 위협하는 연층 부력효과 계산 사례	12
그림 1-2-17 대심도 역사 화재/연기확산 시뮬레이션 수행 사례	13
그림 1-2-18 대심도 역사 승객 피난소요시간 분석 사례	13
그림 2-1-1 정부의 부처별 안전관리 계획 동향 정리 자료	18
그림 2-1-2 제4차 국가안전관리기본계획 추진방향	19
그림 2-1-3 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 비전 및 목표	20
그림 2-1-4 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략	21
그림 2-1-5 디지털 뉴딜을 통한 대한민국의 변화	22
그림 2-1-6 1980~2016년까지 전세계 자연재난 발생건수	30
그림 2-1-7 미국 AI 관련 정책 추진현황	30
그림 2-2-1 수신기 설치 상황 및 관제 화면	34
그림 2-2-2 불꽃감지기 설치 장면	34
그림 2-2-3 특별피난계단 출입구	36

그림 2-2-4 특별 피난계단 내부(왼쪽), 특별피난계단 외부출구(오른쪽)	36
그림 2-2-5 서울역 공항철도 공조실	37
그림 2-2-6 수막설비 시설	37
그림 2-2-7 역사 대피로 안내도	38
그림 2-2-8 수신기	39
그림 2-2-9 수신기 인터페이스	39
그림 2-2-10 소화설비	40
그림 2-2-11 옥내 소화전	41
그림 2-2-12 애경백화점 주 수신기 연동 PC화면	42
그림 2-2-13 애경백화점 주 수신기	42
그림 2-2-14 지상1호선 부 수신기	42
그림 2-2-15 수인분당선 주 수신기	42
그림 2-2-16 아날로그 감지기(연기 스포트형)	43
그림 2-2-17 일반 감지기 종류	43
그림 2-2-18 배연설비	44
그림 2-2-19 특별피난계단 입구	45
그림 2-2-20 특별피난계단 출구	46
그림 2-2-21 특별피난계단 지상 연결부	46
그림 2-2-22 피난안전구역 입구	46
그림 2-2-23 피난안전구역 내부	46
그림 2-2-24 역사 방재 시스템	47
그림 2-2-25 소방 안전 시스템 시장의 각 분야별 시장 규모와 전망	49
그림 2-2-26 전세계 지역별 소방 안전 시스템 시장의 규모와 전망	49
그림 2-2-27 AI 국내시장 규모 및 전망 차트	51
그림 2-3-1 서울교통공사 2호선 스마트 스테이션 구축 사례	52
그림 2-3-2 실시간 철도안전관제 시스템 개발 개념도	53
그림 2-3-3 부산교통공사 비상대피 시스템 시범 적용 사례	54
그림 2-3-4 지능형화재 감지시스템	54
그림 2-3-5 지능형 초고층 화재방호시스템	55
그림 2-3-6 한국건설기술연구원의 재난관제 시스템 시범 적용 사례	55
그림 2-3-7 재실자 이동 현황 시스템화를 위한 전체 검출 과정 및 모니터링 예시(건설연)	56

그림 2-3-8 대피통로 유도 시스템(좌), 대피통로 유도 시스템(우) 설치 예상도	56
그림 2-3-9 인공지능 기반 화재대피로(좌, 기계연), 스마트폰 기반 화재대피로(우) 유도 시스템	57
그림 2-3-10 HPA*E 알고리즘을 이용한 어린이집 화재 대피경로	58
그림 2-3-11 딥러닝 기반 화재 모니터링 및 대피 경로 생성 GUI	58
그림 2-3-12 실시간 가변식 대피경로 산출 및 송출 기술 Intelvac-K	59
그림 2-3-13 한국철도기술연구원의 계단형 접이식 스마트 대피통로 개발 사례	60
그림 2-3-14 스마트 비상마스크 보관함	60
그림 2-3-15 지능형 제연·배연 시스템 기술 구성도	61
그림 2-3-16 Dynamic Evacuation System 모식도	62
그림 2-3-17 Smart Evacuation Routing Algorithm을 활용한 위험 구역 제외 탈출 경로 산정	62
그림 2-3-18 시뮬레이션 기반 경로 설정 -> Active Exit Signage	63
그림 2-3-19 적외선 이용(좌), 휴대폰 신호 이용(우) 출입기 계수기	64
그림 2-3-20(미국, 보쉬) 불꽃 & 연기 검출 카메라 AVIOTEC(출처 : Source Security)	64
그림 2-3-21 스마트폰용 대피로 안내 시스템	65
그림 2-3-22 Project GETAWAY 참고이미지	66
그림 2-3-23 중국 청도대학의 경로생성 알고리즘(좌), Huixian Jiang 연구팀 대피 경로 생성 알고리즘(우)	67
그림 2-3-24(미국)계단실 능동형 차압 제연시스템	68
그림 2-3-25 크로스레일 터널 화재안전 설계 개략도(출처 : Mott MacDonald)	69
그림 2-3-26 환기시스템(출처 : Mott MacDonald)	69
그림 2-4-1 연도별 SCI 논문게재 건수 추이	75
그림 2-4-2 연도별 게재된 논문 수	76
그림 2-4-3 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 출원건수	78
그림 2-4-4 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 출원건수	78
그림 2-4-5 화재대응 기술 분야 연도별 출원건수	80
그림 2-4-6 화재대응 기술 분야 연도별 출원건수	81
그림 2-4-7 통합방재시스템 구축·운영 분야 연도별 출원건수	84
그림 2-4-8 연도별 출원건수	93
그림 2-4-9 소분류별 출원 건수 및 비중	94
그림 2-4-10 출원국가별 연도별 특허출원 추이	96
그림 2-4-11 중분류별 출원국가 특허 동향(단위: 건)	98
그림 2-4-12 특허기술 성장단계	128

그림 2-4-13 대분류 기준 출원국가별 특허기술 성장단계	129
그림 3-1-1 연구 비전 및 목표 로드맵	132
그림 3-4-1 연구수행 협력 체계	156
그림 3-5-1 연차별 기술개발 로드맵	157
그림 3-5-2 과제별 연차 로드맵	158
그림 3-6-1 과제 최종 성과목표 및 비전	159

제1장

기술의 정의 및 필요성

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의 및 범위

1.1. 기술의 정의

- 본 기획에서 개발하고자 하는 '인공지능 기반 대형 복합역사 화재대응 기술'은 아래와 같은 구성요소로 이루어짐

- (인공지능)

인공적으로 구현된 지능, 실제적으로는 지능을 갖춘 컴퓨터시스템으로 구성되며 실시간 모니터링 및 사전 구축된 데이터를 기반으로 합리적인 분석과 예측력을 가짐

- (복합역사)

철도의 정거장으로서 고유한 기능 이외에 상업, 주거, 환승 등의 다양한 기능을 복합적으로 수행하도록 건설된 역사. 기능적 목적에 따라 지상, 지하구조물로 건설할 수 있으나 도심내 복합역사의 경우 대부분 지하 복합역사로 건설되고 있음

- (대형 복합역사)

복합역사 중 일반 역사에 비하여 규모가 크고 수용시설과 사용 인원이 많은 역사를 대형 복합역사로 정의

- (화재대응 기술)

화재가 발생했을 때 신속하게 인지하는 화재감지 기술, 화재로 인한 위험 공간에서 인명을 신속하게 피난할 수 있도록 하는 피난지원 기술, 연소과정에서 발생한 연기를 제어하거나 배출하는 제연/배연 기술, 화재를 소멸토록 하는 소화기술을 통칭함

위 구성요소 정의를 종합하여 본 기획의 대상 기술을 아래와 같이 정의하고자 함

- (인공지능 기반 복합역사 화재대응 기술)

합리적 분석과 예측력을 갖춘 인공적 제어시스템에 기반하여 복합기능을 수행하도록 건설되어 규모가 크고 사용 인원이 많은 복합역사에서 화재가 발생했을 때 화재를 신속하게 인지하고 역사설내의 인명을 피난시키고 연기를 제거하며 화재를 진압하는 기술

- * 본 기획에서 개발하고자 하는 기술은 사용면적 및 수용인원이 일반 역사의 10배 이상이며, 환승 정거장을 포함한 지하 4층 이상의 대심도 복합역사를 대상으로 적용하고자 함

1.2. 기획연구의 범위

- **(기술의 범위)** 본 사업의 기획연구 범위는 대규모 복합 철도역사에서 화재 발생 시 인공지능 기술을 활용하여 빠른 상황인식, 최적 대피로 결정, 인명 대피, 배연, 소화 등 체계화된 화재대응이 가능한 시스템 개발 세부 요소기술 및 통합운영 기술로 기획과제 RFP에서 요청한 사항은 아래와 같음

- 화재정보 디지털화 및 인지 기술(센서 및 데이터 수집)
- AI 기반 화재위험 식별 및 감지 기술(데이터 분석 및 추론)
- AI 기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술(화재 대응)
- AI 기반 화재대응 시스템 통합 및 운영 기술(통합 운영)

기획요청서에 제시된 범위 외에도 인공지능 기반의 스마트 대응이 가능한 지능 제/배연 시스템, 소화시스템 등 화재대응 기술 범위로 확장 기획 추진함

- 지능형 제연/배연 시스템 기술
- 지능형 소화시스템 기술
- 기타 필요 기술

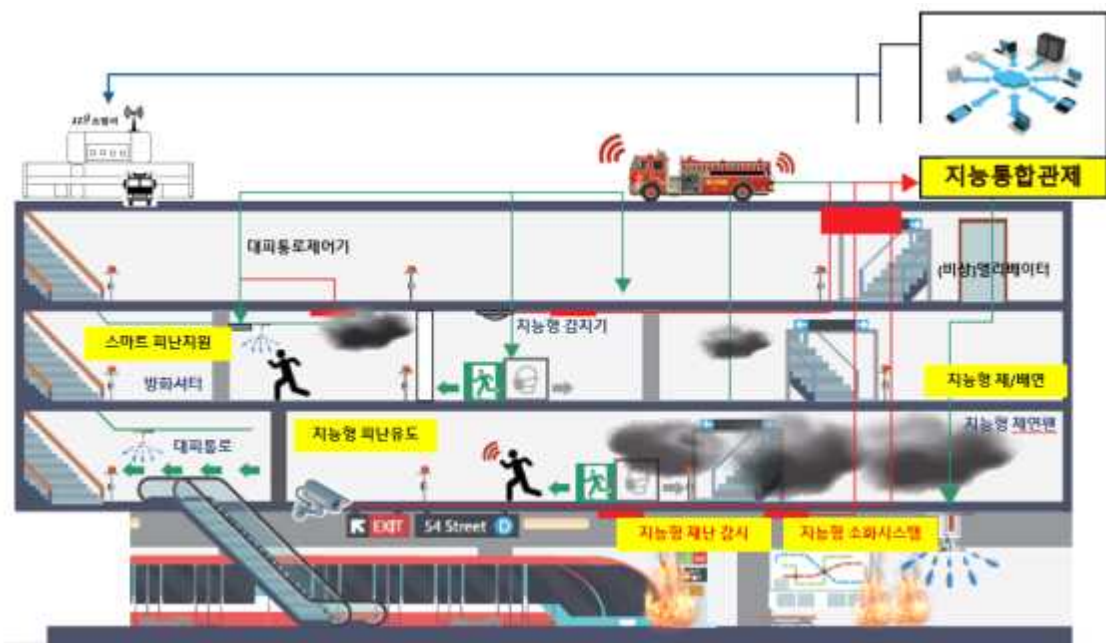


그림 1-1-1 인공지능 기반 복합역사 화재대응 시스템 기본 기능도

2. 기술분류체계

- 본 기획에서 제안하고자 하는 연구기획 범위는 전통적인 재난관리 4단계의 예방, 대비, 대응, 복구 중 대응 단계에 해당
- 본 연구과제에서 개발하고자 하는 복합역사 화재대응 기술의 소분류는 화재의 발생으로 기인된 화재감지, 연기제어, 피난유도, 소화활동에 이르는 일체의 대응 기술과 이의 통합 제어기술로 이루어짐

표 1-1-1 화재대응 분야 기술 분류 표

대분류	중분류	소분류
(복합역사) 화재대응 기술	화재 감지	화재인지(감지센서) 기술
		화재정보 데이터화 기술
	연기제어	연기 제어(제연) 기술
		연기 배출(배연) 기술
	피난지원	피난경보 장치 기술
		피난유도 기술
		피난 대피로 제공 기술
		피난자 호흡보호 기술
	화재소화	화재 확산 억제 기술
		화재 소화 기술
	통합방재시스템 기술	화재위험 분석/예측 기술
		통합제어 기술

제2절 연구개발 배경 및 필요성

1. 추진 배경

□ 대심도 철도 건설의 증가

- 수도권 교통난 해소와 장거리 통근자들의 교통복지 제고를 위해 수도권 외곽에서 서울 도심 주요 3개 거점역인 서울역, 청량리역, 삼성역을 방사형으로 교차하여 연결하는 광역급행철도(GTX) 노선 계획이 수립되어 건설 추진
- 수도권광역급행철도(GTX)는 기존 건설된 지하철과 안전한 교차 및 환승, 도심 건축물의 지하구조물, 지하 공동구 시설물과의 안전거리 확보, 지하 영역 소유권 분쟁, 건설시 환경 민원 회피 등을 위하여 평균 심도 40m 이상의 대심도 노선으로 계획되며 이에 따라 정거장 역사도 대부분 동등 수준의 대심도에 설치될 예정
- 수도권광역급행철도(GTX) A노선은 '28년 개통 예상, B노선은 '21년 우선사업자 선정 완료 상태로 '27년 개통 계획, GTX A-C 외에도 D,E,F가 제안되고 있는 등 대심도 복합역사는 지속적으로 증가 예정



그림 1-2-1 수도권 GTX 예정 선도 (출처: 머니투데이)

□ 지하 대심도 복합환승센터의 증가

- 국가통합교통체계효율화법(2009.12.) 시행에 따라 다수 역사가 복합환승센터로 구축 예정임, 여기서 "복합환승센터"란 열차, 항공기, 선박, 지하철, 버스, 택시, 승용차 등 교통 수단 간의 원활한 연계교통 및 환승 활동과 상무, 업무 등 사회경제적 활동을 복합적으로 지원하기 위하여 환승시설 및 환승 지원시설이 상호연계성을 가지고 한 장소에 모여 있는 시설
- 대부분의 대심도 복합역사는 주차장, 상업시설, 광역버스 환승정거장 등을 지하구조에서 연결하고 있어서 지하 5층 이상의 다층구조를 구성하고 있으며 기존 일반역사에 비하여 10배 수준의 연면적과 상시 이용자 존재

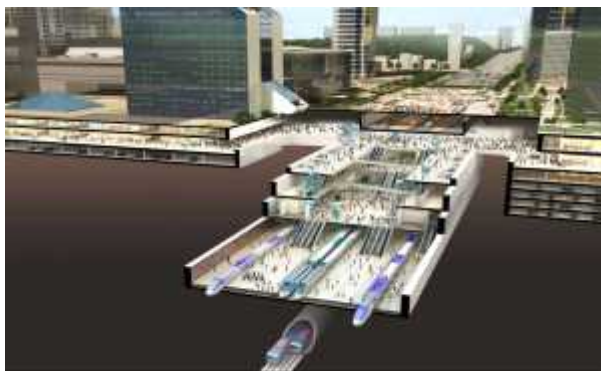


그림 1-2-2 삼성역 복합역사 조감도



그림 1-2-3 동탄역 복합역사 조감도

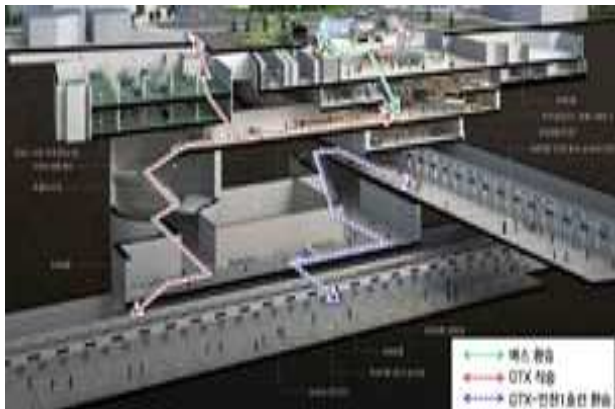


그림 1-2-4 부평역 복합역사 조감도

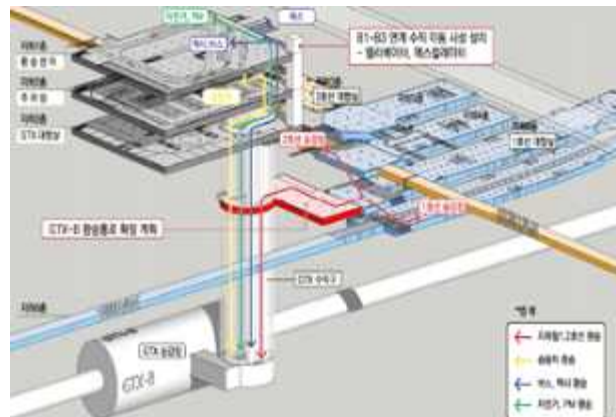


그림 1-2-5 인천시청역 복합역사 조감도

□ 지하철 역사 대심도화 심화

- 도시공간의 포화로 인한 지하공간 개발이 적극적으로 추진되고 있으며, 전국 대도시권 지하철 이용자수(서울기준 2018년 1일 지하철 평균수송인원 약 780만명)와 지하철 연장이 지속적으로 증가하고 있는 상황
- 심도 25m 이상 지하역사는 수도권 49개 역사를 포함하여 전국적으로 79개에 이르며 이중 상당수는 도시철도 정거장 및 환승편의시설 설계 지침에서 정한 비상대피시간(승강장 4분, 외부출입구 6분 이내 탈출)을 준수하지 못하는 것으로 조사
 - 프라임경제기사(2020.10.15.) 김민철의원“서울지하철108개역, 비상대피시간 초과”

표 1-2-1 전국 지하철 역사 심도 분석

구분	노선 현황		철도역사		
	전체 선로 연장	터널구간 연장	총 역개수 (출처 데이터 기준)	심도 40m 이상 역사	심도 25m 이상 역사
서울	357.6km	-	278	4 (1.4%)	45 (16.2%)
인천	60.2km	약 52km	56	-	6 (10.7%)
부산	120.3km	약 90.4km	114	2 (1.8%)	7 (6.1%)
대구	82.9km	-	91	-	10 (11.0%)
대전	22.6km	전구간 지하	22	-	5 (22.3%)
광주	20.5km	-	20	-	-
GTX A~C (미확정)	240.4km	-	~ 30	~ 25 (83%)	-

※출처

- 서울 : 서울시 열린데이터광장(data.seoul.go.kr, 2020년 기준) / 공항철도, 분당선 등 제외
- 인천 : 인천교통공사 홈페이지 및 월간조선 기사(<http://monthly.chosun.com/client/news/viwap?dcd=8&nNewsNumb=201711100021>)
- 부산/대구/대전 : 각 교통공사 홈페이지 및 공공데이터포털(data.go.kr, 2020년 기준)
- 광주 : 광주교통공사 홈페이지

2. 사업의 필요성

▣ 다중이용시설 화재사고 발생 현황

○ 지하철 화재사고

- **대구지하철 중앙역 화재사고('03.2.)** 사망자 192명, 부상자 148명 발생, 전동차 2편성 소실, 화재원인은 방화이며 철도차량 내장재가 불에타기 쉬운 소재로 제작되었으며, 화재가 발생한 승강장에 다른 전동차가 정차하는 인적오류, 지하역사가 화재로부터 발생한 연기를 충분히 제어하지 못하는 주요 세가지 문제점 노출



그림 1-2-6 대구지하철 화재현장 (출처: 연합뉴스)

- **서울지하철 7호선 철산역 화재사고('05.1.)** 부상1명, 전동차 3량 소실, 차량철산역 - 운수역으로 진행하던 전동차에서 50대 남자가 시너와 신문지를 이용하여 방화, 신속한 초동 조치로 화재 확산을 막았으나, 화재가 재발화하여 전동차 3량이 완전 소실됨, 소방대가 출동 운수역 인근에서 소방호수를 연결하여 대량 살수 소화



그림 1-2-7 대구지하철 화재 피해 현장(출처: 연합뉴스)

- **부산 대티역 화재사고('12.9.)** 부상 42명, 전동차 1량 소손, 전동차 지붕 급전계통 오류로 지붕화재 발생, 승객 다수가 연기에 노출되어 피난하던 중 호흡계 부상으로 병원 호송, 역무원이 소화기를 이용하여 화재진압, 화재 열차가 승강장에 정차중인데도 인근 승강장으로 열차진입하여 정차하는 오류(대구지하철 중대 과실)는 반복되었음



그림 1-2-8 지하역사 전동차 화재사고 발생 상황



그림 1-2-9 지하역사 승객 피난 상황

- **서울지하철 3호선 방화('14.5.)** 부상자 1명, 전동차 1량 손상, 매봉 - 도곡 운행중 70대 남성이 시너 약 5리터를 바닥에 붓고 방화, 도곡역 역무원 소화기로 소화처리
- **서울지하철 2호선 잠실역 화재('17.1.)** 오전 6시30분 출근시간 전동차내 설치된 충전기 과열로 불꽃 발생, 소화기 진압, 인명피해는 없었으나 화재 및 소화활동 진행 상황에 대한 안내 없이 승객들을 열차내에서 대기하도록 하여 불안감으로 인한 승객의 자력 대피 상황으로 이어지는 등 비상대응조치에 대한 혼선
- **서울지하철 5호선 길동역 방화('21.7.)** 길동역 내부에서 남성 A가 새벽에 가스라이터로 코로나 방역안내 접근금지 테이프에 방화 시도, 경찰차로 집에 태워달라는 요청을 거절당하자 불만 폭주로 공공시설에 방화시도
- **우이신설선 4.19민주묘지역 방화('22.1.)** 남성이 쓰레기통에 방화, 승객이 소화기를 이용하여 화재진압, 안전요원은 5분후 현장 도착, 무인 운영 정책으로 안전요원이 역내 근무하지 않는 점, 화재 발생 승강장에 무정차 원칙인 열차가 정차하는 상황 등에 대한 비상대응조치 혼선 논란

○ (초)고층빌딩 화재

- **부산마린시티 우신골든스위트 화재('10.10.)** 부상 5명, 오피스텔 4층 미화원 탈의실에서 전기 누전으로 인한 화재 발생, 52m에 달하는 고가사다리차와 소방차 수십대 동원했지만 화재가 발생한지 30여분 만에 38층이 불이 타고 오를 정도로 빠르게 올

라가는 불길을 잡지 못함. 4층에는 스프링클러가 설치되지 않았으며, 건물 외벽 유리가 특수 강화유리라서 화재를 제대로 진압하지 못함. 또한 건물 외벽이 인화성이 강한 가연성 외장재로 화재가 외벽을 타고 빠르게 번짐.



그림 1-2-10 부산 마린시티 우신골든스위트 화재(출처: 연합뉴스)

- **의정부 대봉그린아파트 화재('15.1)** 5명 사망, 125명 부상, 화재원인은 4륜 오토바이 배선 합선에 의한 실화로 추정, 이웃한 아파트와 단독주택으로 화재가 확산되어 피해 확대, 드라이비트 공법으로 설치된 가연성 외벽 마감재가 화재확산의 주요 원인으로 지목됨, 11층 이상 건물에 의무사항인 비상계단이나 스프링클러 시설이 적용되지 않은 10층 건물이라는 점이 사망사고 발생의 원인으로 지적
- **울산 삼환아르누보 화재('20.10.)** 부상자 93명, 담배꽂초로 인한 화재로 추정, 건물의 외장재가 알루미늄 복합 패널로 되어 있어 불이 쉽게 번짐. 강풍으로 인해 화재 진압 작업이 어려웠을 뿐 아니라 바람에 의해 화재가 빠르게 번져 33층 규모의 고층 건물 전체가 타올라 그 주변 마트 등까지 불이 번질 정도의 대규모 화재였음. 강풍으로 소방헬기를 띄우지 못함



그림 1-2-11 의정부 그린아파트 화재(출처: 매일경제 뉴스)



그림 1-2-12 울산 삼환아르누보 화재(출처: YTN)

○ 다중이용시설 화재

- **제천 스포츠센터 화재('17.12)** 29명의 사망, 37명의 부상, 1층 주차장의 배관에 열선을 설치하는 작업을 하는 도중 천장 구조물에 불이 옮겨붙었고, 불이 옮겨붙은 천장 구조물이 차량으로 떨어져 연소가 확대됨, 소방대가 16시에 도착했으나, 1층 차량과 LP가스통의 폭발 위험성 때문에 신속히 접근하지 못하고 16시 30분에 내부로 진입함, 불법 주차 차량으로 굴절차 전개가 불가하였고 소방활동이 늦어짐, 또한 자동 화재탐지설비가 제대로 작동하지 않았다는 지적이 있으며 스프링클러의 알람벨브가 잠겨 스프링클러가 작동하지 않음, 화재 발생 초기에 정전되었는데 비상전원이 공급되지 않아 피해가 확대됨.



그림 1-2-13 제천 스포츠센터 화재(출처: 경향신문)

- **밀양 세종병원 화재('18.1)** 47명 사망, 145명 부상 정확한 화재 원인은 파악되지 않았지만, 응급실 천장에서 불길기 시작되었다고 주장됨(전선의 전기합선). 화염보다는 연기와 유독가스가 거동이 불편한 환자들을 순식간에 덮치는 바람에 인명피해가 커짐(실제로 화상으로 인한 사망자는 없다고 밝힘), 병상이 증가하여 수용인원이 증가함에 따라 의료진의 수도 늘어야 하지만 병원측이 적절한 인원을 갖추지 못했고, 불법 증축으로 대피로를 확보하지 못해 피해가 커짐, 또한 병원내 스프링클러가 설치되어있지 않아 피해가 커짐.



그림 1-2-14 밀양 세종병원 화재(출처: 이데일리)

- **고양 종합터미널 화재('14.5.)** 사망자 8명, 부상자 58명, 지하 1층 공사현장에서 용접 작업 중 튄 불꽃이 누출가스에 옮겨붙어 화재로 이어짐. 불법인테리어 공사가 진행되고 있었으며, 스프링클러가 작동하지않아 초동진화도 이루어지지 않았을 뿐 아니라 대피방송을 하지않아 피해가 커짐.



그림 1-2-15 고양 종합터미널 화재(출처: SBS뉴스)

□ 대심도 복합역사 화재 대형화 위험성

○ 대형 사고로 진전될 가능성

- 지하철 화재사고는 일반 주거용 시설이나 물류시설 등과 달리 초밀집 시설로 혼잡 시간에 수천명의 인원이 동시에 단일 지하역사에 밀집
- 2003년 대구 중앙역 화재사고는 최고 밀집 시간대가 아니었음에도 불구하고 192명 사망자와 148명의 부상자 발생, 대부분의 사상자는 유독성 가스에 질식사 한 것으로 조사됨
- 2012년 부산 대티역 전동차 화재사고 발생시에도 승객들은 유독성 연기에 노출된 상태로 호흡을 보호받지 못하고 자력으로 탈출함으로써 40여명의 승객이 호흡기 손상 치료를 받음
- 최근 건설되는 대심도 복합역사의 경우 기존 역사에 비하여 10배 수준의 동시 피난 인원이 발생할 수 있으므로 대형 인명피해 발생 가능

○ 피난/구난 활동의 어려움

- 대심도 지하역사는 기존 역사에 비하여 심도가 깊어짐으로 승객의 피난동선이 길어진 반면, 소방대의 구조 활동을 위한 진입의 어려움이 가중되어 이중으로 위험성 증대

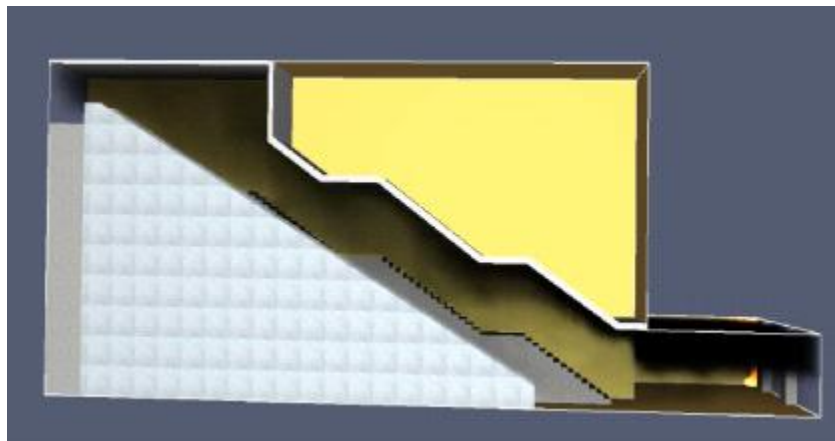


그림 1-2-16 계단부 피난을 위협하는 연층 부력효과 계산 사례

- 대심도 지하역사 대상 최대 위험 시나리오인 승강장 화재열차 및 대합실 편의시설 화재 시나리오를 적용하여 화재/피난 시뮬레이션 수행 결과 이용객의 상당수가 계단부 통과에 실패하여 사상하는 것으로 분석됨(단, 호흡 보호시설 설치시 등가사망자 70% 개선 효과 있음, 출처: 한국철도기술연구원)

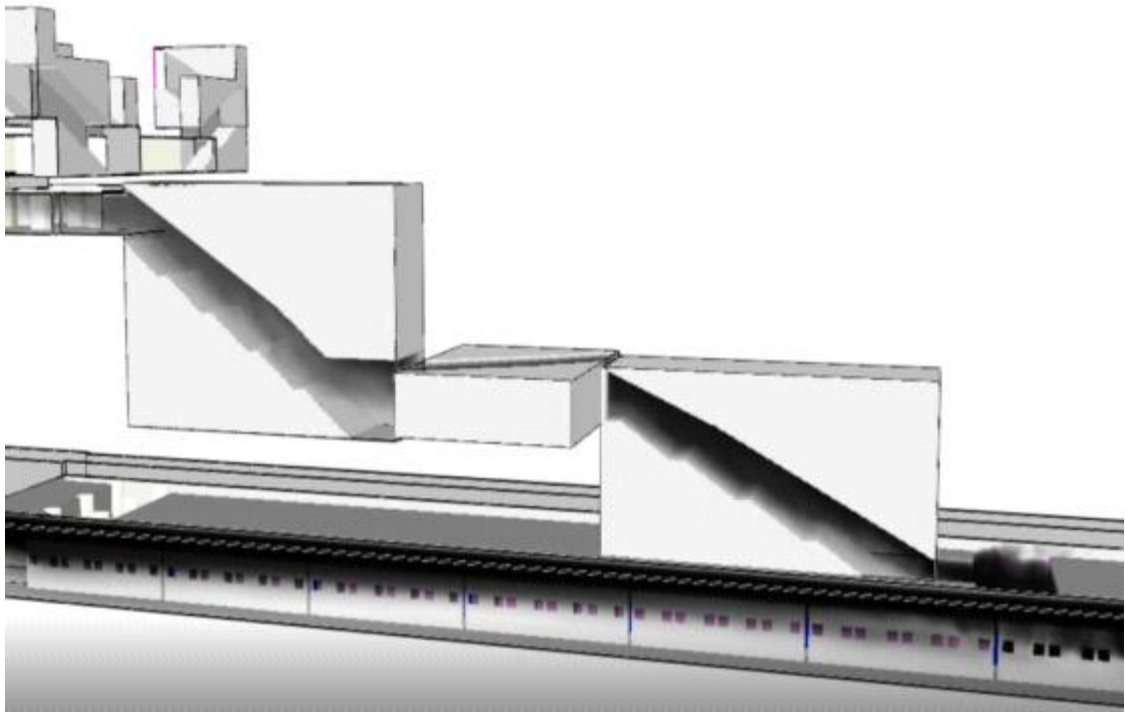


그림 1-2-17 대심도 역사 화재/연기확산 시뮬레이션 수행 사례

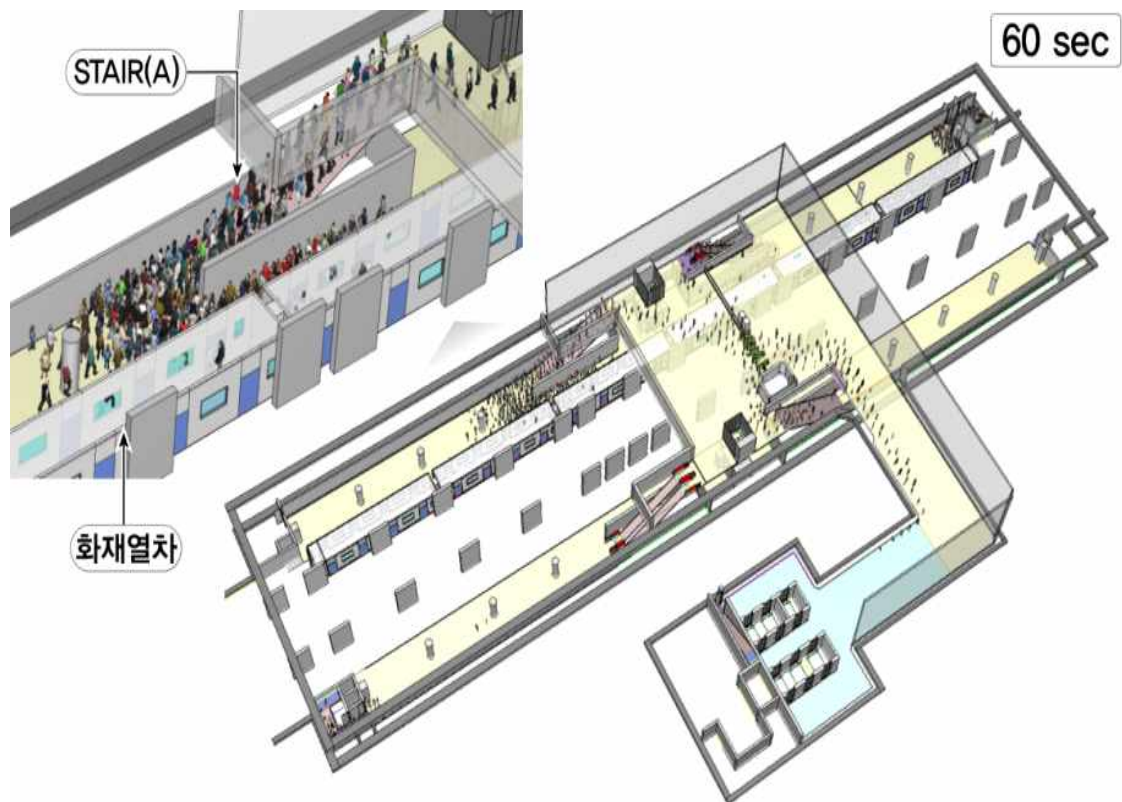


그림 1-2-18 대심도 역사 승객 피난소요시간 분석 사례

▣ 국가지원 필요성

- (정부 국정과제에 부합) 본 기획의 사업은 정부 국정목표 「내 삶을 책임지는 국가(국정목표)」, 「국민 안전과 생명을 지키는 안심사회를 구현하기 위하여(국정전략)」 및 (국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축, (국정과제 56) 통합적 재난관리체계 구축 및 현장즉시 대응 역량 강화에 부합함

- (국토부연구개발 종합계획에의 부합) 국토교통부'제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)' '4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성'과 '사람 중심의 국토교통 기술개발'을 추진전략으로 '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'을 실천과제로 내세운 바 있음. 본 기획은 4차 산업혁명 기술을 기반으로 한 재난 예방 안전 기술개발 과제로 이에 부응, 실효적 철도 역사의 안전성 강화를 위하여 본 사업의 과제 성과물을 반영한 관련 규정의 개정(안)도 함께 제시하도록 할 예정임

- (한국 뉴딜 종합계획에의 부합) 2020년 정부의 '한국판 뉴딜 종합계획' 에서 '디지털 트윈' 과 '국민안전 SOC 디지털화'를 디지털뉴딜 전략과제로 선정함. 본 과제의 목표인 인공지능 기반 대응 기술은 디지털 트윈과 인공지능 체계의 디지털 센싱 기술을 기반으로 운영될 예정임

- (철도교통의 공공성) 철도교통은 정부가 관리해야 하는 핵심 대중교통분야로 철도 안전법은 정부(국토교통부)의 종합안전관리 및 안전기술 진흥의 의무를 부여하고 있음, 국외에서도 미국 국가표준기술연구원(NIST)의 'Smart Firefighting Project', EU eVACUATE 프로젝트 등 정부지원 사업으로 추진

제2장

국내외 동향 및 환경분석

제2장 국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

□ 재난안전 관련 국정과제

- 정부는 국민의 안전을 위하여 「내 삶을 책임지는 국가(국정목표)」, 「국민 안전과 생명을 지키는 안심사회를 구현하기 위하여(국정전략)」하에 아래 국정과제를 추진
(국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축
(국정과제 56) 통합적 재난관리체계 구축 및 현장즉시 대응 역량 강화
 - 정부는 제천 스포츠센터 화재('17.12), 밀양 세종병원('18.1) 화재 등 연이어 발생하는 화재사고에 대통령 지시를 통하여 복합건물, 지하공동구, 전통시장 등 사회기반 시설 화재 재난에 대한 안전관리 정책 집중 강화
 - 여의도 지하공동구화재('00.2), KT 통신구 화재('18.2), 이천 쿠팡물류센터화재('21.6), 이천물류창고 화재사고('20.4), 군포복합물류터미널화재('20.4), 양지물류센터 화재('20.7) 등 최근 대형물류창고 화재로 인한 사상자가 증가에 따라 관련 법령을 정비하고 안전관리 정책 강화
- 국정과제 달성을 위하여 정부 각 부처는 관련 세부 계획을 작성하여 추진, 해당 정책 중 본 기획 대상과 관련 정책은 아래와 같음
 - 과기정통부 : 재난과학기술 개발 10개년 로드맵('15-'24)
 - 행정안전부 : 재난 및 안전관리기술개발 종합계획(소방방재청: 소방안전특별관리 기본계획, 화재안전정책 기본계획)
 - 국토교통부 : 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027), 철도안전종합 계획, 국토교통 R&D 중장기 전략

<부처별 중장기 계획 동향>

부 처	2013	2014	2015	2016	2017	2018 이후
과기 정통부	국가중점과학기술 전략로드맵(향후 10년 간)					
	제4차 지방과학기술진흥종합계획('13-'17)				제5차 지방과학기술 진흥종합계획('18-'22)	
	제3차 과학기술기본계획('13-'17)				제4차 과학기술 기본계획('18-'22)	
	과학기술 기반 사회문제 해결 종합 실천계획('14-'18)					
				정부R&D 혁신방안	정부R&D 정책분야별 투자방향('17-'18)	
	제1차 정부 R&D 중장기 투자전략('16-'18)					
	재난재해 대응 과학기술 역할강화 기본방향('14)	재난 대응 과학기술 역할 강화 3개년 실천전략('15-'17)			과학기술을 통한 국민생활문제 해결방안(안)	
	재난과학기술 개발 10개년 로드맵('15-'24)					
행정 안전부	제2차 국가안전관리 기본계획('10-'14)		제3차 국가안전관리 기본계획('15-'19) - 안전혁신 마스터플랜 -			
	국민안전 종합대책('13)					
	제2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획('13-'17)				제3차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획('18-'22)	
소방청				소방 역량 강화 종합대책('16)	제1차 소방안전 특별 관리기본계획('17-'21) 제1차 화재안전정책 기본계획('17-'21)	
국토부	제2차 건설교통 R&D 중장기계획('13-'17)				제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획('18-'22)	
	제7차 국토교통안전기본계획('12-'16)			제8차 국토교통 안전 기본계획('17-'21)		
	제2차 철도안전종합계획('11-'15)		제3차 철도안전종합계획('16-'21)			
	국토교통R&D 중장기 전략('14-'23)					
	제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획('13-'17)				제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획('18-'22)	
해수부	제1차 국가해사안전기본계획('12-'16)			제2차 국가해사 안전기본계획('17-'21)		
	해양수산 R&D 중장기계획('14-'20)					
	해양사고 예방 종합대책('13)					
	제2차 연안정비계획('10-'19)					
기상청	제2차 기상업무발전 기본계획('12-'16)			제3차 기상업무발전 기본계획('17-'21)		
	기상 R&D 5개년 기본계획('13-'17)					
	지진, 지진해일, 화산 대응체계 선진화를 위한 SAFE 비전 2020('12-'20)					
산업부	화학물질안전관리 종합대책('13)					
환경부	국가 기후변화 적응대책('11-'15)					

그림 2-1-1 정부의 부처별 안전관리 계획 동향 정리 자료(출처: 국가과학기술심의회)

□ 제4차 국가안전관리기본계획(2020-2024)

- 재난및안전관리기본법에 의하여 각종 재난 및 사고로부터 국민의 생명·신체·재산을 보호하기 위해 국가의 재난 및 안전관리 기본 방향을 정하는 최상위 계획
 - 4차 기본계획 전략 중 과학기술 기반 재난관리를 천명하고 미래·첨단 재난안전 산업 육성 및 기술개발을 중점 추진 과제로 설정하였음
 - 안전기준 제도 개선의 방향은 통합적·체계적 안전기준 관리기반 구축 추진

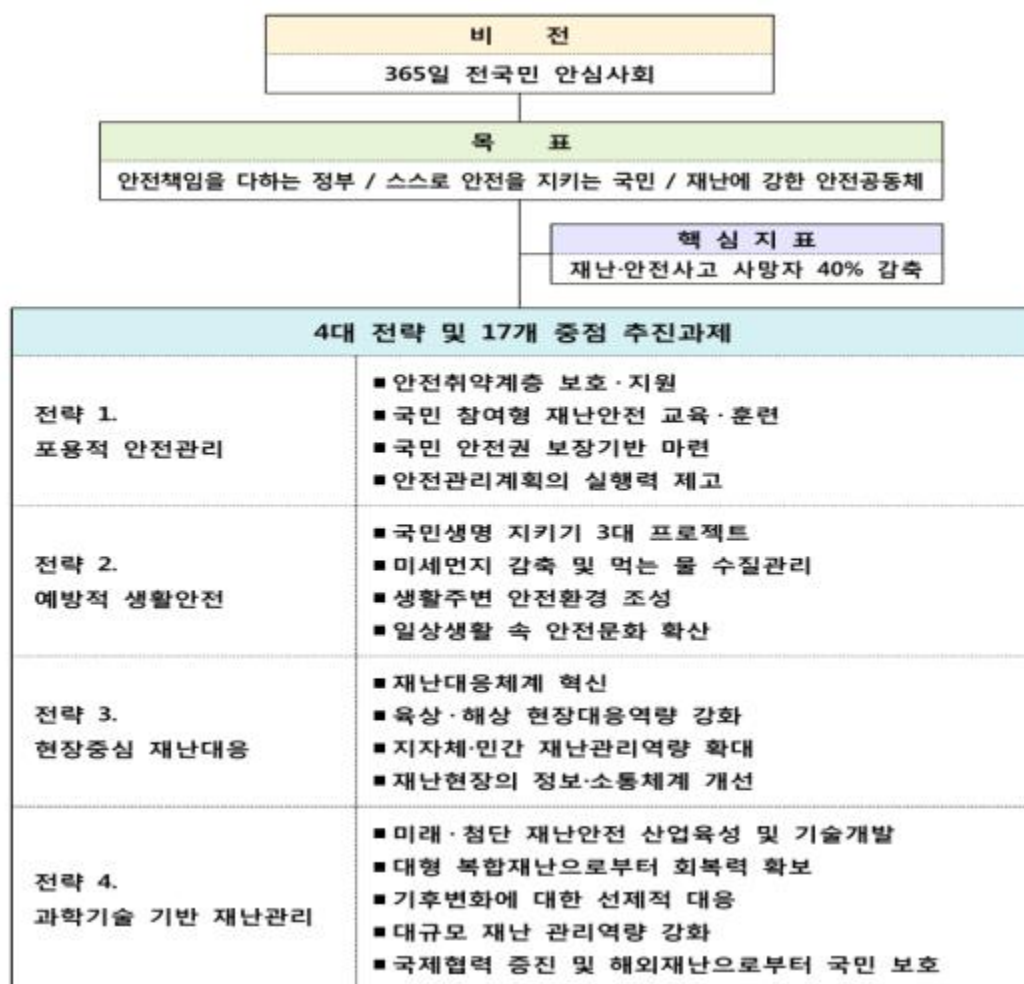


그림 2-1-2 제4차 국가안전관리기본계획 추진방향

□ 제3차 재난 및 안전관리 기술 개발 종합계획(2018-2022)

- 국가과학기술심의회는 재난 및 안전관리 기본법에 따라 재난 및 안전관리 과학 기술을 활용한 국민 안전 확보를 위하여 2018 이후 5년 동안 추진될 안전관리 기술 개발의 비전, 목표 및 추진 전략을 수립
- 미래·신종재난 대비 재난안전기술 선진화 추진전략으로 재난안전 위험요소 예측·영향 평가 기술 개발, 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술 개발, 재난안전 융·복합 대응 기술 개발, 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술 개발을 설정

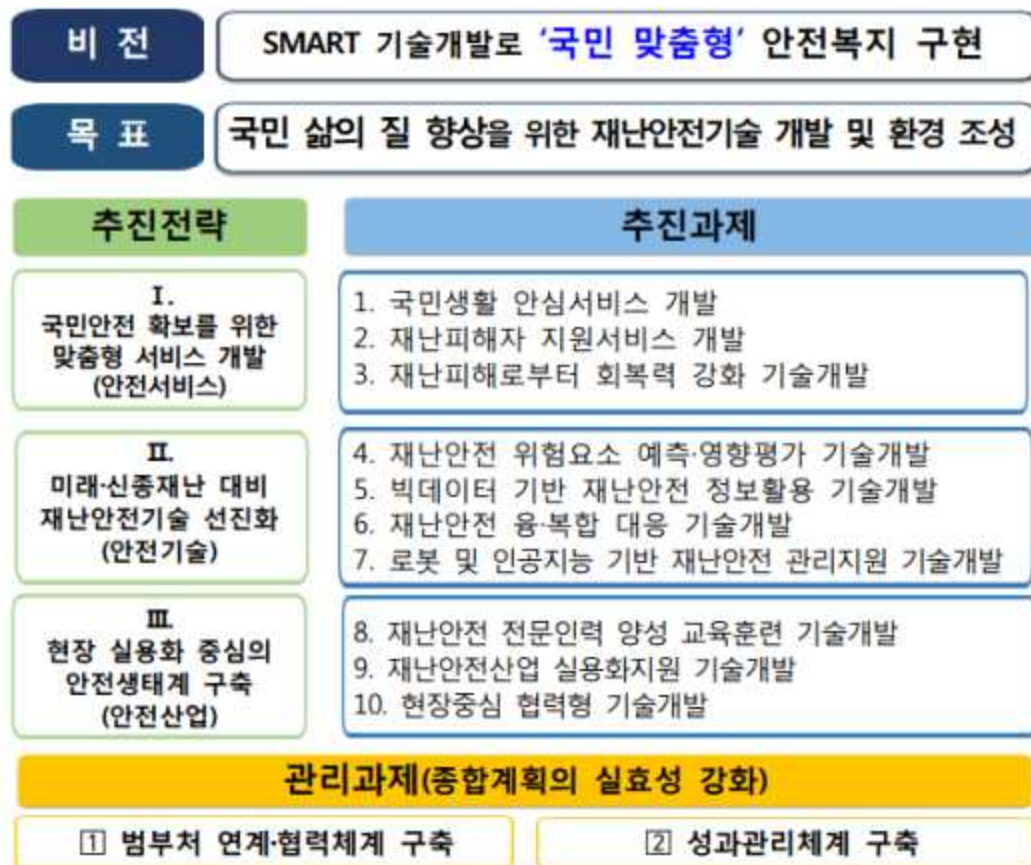


그림 2-1-3 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 비전 및 목표

- 국토교통부는 '제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)'에서 '4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성'과 '사람 중심의 국토교통 기술개발'을 추진전략으로 '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'을 실천과제 추진

01 비전과 목표		
비전	혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통	
목표	TARGET 01 혁신성장동력 국가경쟁력 세계 3위	TARGET 02 국토교통 관련 삶의 질 만족도 67.6점 → 75.9점
		TARGET 03 연구환경 만족도 60.5점 → 75.9점
추진전략	실천과제	
추진전략 01 ... 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성	- 초연결 도시 구현 기술 개발 - 무인이동체 자율주행 기술 개발 - 디지털 기반 국토정보 기술 고도화	
추진전략 02 ... 기술융합을 통한 새로운 가치창출	- 융합기술을 통한 건설 지능화 실현 - 고부가가치 건설기술 창출 - 기존 수송시스템 혁신기술 도입	
추진전략 03 ... 사람 중심의 국토교통 기술	- 재난·재해 예방 등 안전 기술 개발 - 친환경 생활공간 조성 기술 개발 - 사회이슈 해결형 기술 개발	
추진전략 04 ... 미래지향적 R&D 시스템 도입	- 국토교통 R&D 관리체계 혁신 - 국토교통 연구개발 기반 강화 - 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화	

그림 2-1-4 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략 (출처: 국토교통부)

□ 디지털 뉴딜 정책

- 정부 '2020년 한국판 뉴딜 종합계획'에서 '디지털 트윈'과 '국민안전 SOC 디지털화'를 디지털 뉴딜 전략과제로 선정, 사람 중심의 4차 산업혁명 시대 구현(사회 문제 해결(안전)을 위해 복합재난, 화재 등 자연·사회재난으로부터 국민의 생명 및 재산보호에 대한 의지를 추진
- 과학기술정보통신부, 범부처 '2022년 디지털 뉴딜 실행 계획'을 발표 교통·물류·안전 등 국가 기반 시설 디지털화 추진

□ 디지털 뉴딜 정책

- 정부 '2020년 한국판 뉴딜 종합계획'에서 '디지털 트윈'과 '국민안전 SOC 디지털화'를 디지털 뉴딜 전략과제로 선정, 사람 중심의 4차 산업혁명 시대 구현(사회 문제 해결(안전)을 위해 복합재난, 화재 등 자연·사회재난으로부터 국민의 생명 및 재산보호에 대한 의지를 추진 22만여 개, 인력 14만 명 이상)로 경제 활력 제고 ▲데이터댐 구축, 공공데이터 개방 등을 통한 데이터 시장 성장 ▲중소·벤처 기업에 바우처, 스마트 공장·상점·공방 지원으로 디지털 경쟁력 확보 등
 - 국토, 도시·물류, 국민 안전 등의 디지털화 계획 포함. 국토 부문에서는 국도의 67%에 지능형교통체계를 구축하고, 철도 시설물의 실시간 상태 관리를 위한 사물인터넷 센서를 25개 노선에 구축
 - 도시의 디지털화를 위해서는 도시 내 공공서비스 제공을 위한 데이터 기반 스마트시티 플랫폼을 4개 지자체에 시범 도입하고, 수요응답형 버스, 스마트 횡단보도 등 도시 문제 해결을 위한 스마트 시티 솔루션을 35개 지자체에 발굴·보급
 - 우리나라는 옥스퍼드 인사이트(Oxford Insights)의 '정부 인공지능 준비 지수'에서 172개국 중 7위를 차지해 2019년(26위) 대비 19단계 상승. 국제전기통신연합(ITU)이 발표하는 '국제정보보호지수(GCI)'에서는 194개국 중 4위를 기록해 전년도 대비 11단계 상승



그림 2-1-5 디지털 뉴딜을 통한 대한민국의 변화(출처: 과학기술정보통신부)

2. 국내 법제도

대심도 역사의 화재안전 대응 기술 관련 국내 법제도는 건축법, 철도안전법, 소방법 등 걸쳐서 관련 규정을 명시, 인명안전의 확보, 시설물의 보호, 화재진압 관련 규정을 제시하고 있음

○ (건축법/ 건축법 시행령)

- 건축물의 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전·기능·환경 및 미관을 향상시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적
- 피난시설 및 용도제한 규정(제49조)을 통하여 피난과 관련된 내용을 수록하고 있으며, 대통령령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물과 그 대지에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 복도, 계단, 출입구, 그 밖의 피난시설과 저수조(貯水槽), 대지 안의 피난과 소화에 필요한 통로를 설치하도록 하여 피난시설 설치의 근거를 마련. 방화(防火) 등을 위하여 필요한 용도 및 구조의 제한, 방화구획(防火區劃), 화장실의 구조, 계단·출입구, 거실의 반사 높이, 거실의 채광·환기, 배연설비와 바닥의 방습 등에 관하여 필요한 사항도 마련하도록 근거를 수록. 위 기준으로 인해 배연설비는 건축법을 근거로 설치되며, 제연설비는 소방법에 적용을 받도록 규정, 화재 시 외부로부터 소방관이 진입할 수 있는 소방관 진입창 설치에 대한 규정 제시
- (건축법 시행령) 직통계단의 설치, 피난안전구역의 설치기준, 피난계단의 설치, 지하층과 피난층 사이의 개방공간 설치, 방화구획 등의 설치, 건축물의 내화구조, 건축물의 마감재료, 방화문의 구분, 비상용 승강기의 설치, 피난용 승강기의 설치 등의 건축물(지하역사 포함) 화재안전 관련 사항 기술

○ (건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙)

- 건축법 및 건축법 시행령에서 정한 내화구조, 방화구조, 난연/불연재료, 직통계단의 설치기준, 피난안전구역의 설치기준, 피난계단 및 특별피난계단의 구조 등 국토부장관이 정하는 세부사항을 규정
- (피난안전구역의 설치기준) 해당 건축물의 1개 층을 대피공간으로 내화구조로 구획, 피난안전구역에 연결되는 특별피난계단은 피난안전구역을 거쳐서 상·하층으로 갈 수 있는 구조로 설치
- 내부마감재료는 불연재료로 하고, 피난안전구역으로 통하는 계단은 특별피난계단의 구조로 설치, 비상용 승강기 승하차 할 수 있는 구조로 설치, 식수공급을 위한 급수전을 1개소 이상 설치 예비전원에 의한 조명설비를 설치, 긴급연락이 가능한 경보 및 통신시설을 설치, 배연설비를 설치, 그 밖에 소방청장이 정하는 소방 등 재난관리를 위한 설비를 갖추 것

- (비상용승강기의 승강장 및 승강로의 구조) 승강장의 창문·출입구 기타 개구부를 제외한 부분은 당해 건축물의 다른 부분과 내화구조의 바닥 및 벽으로 구획, 승강장은 각층의 내부와 연결될 수 있도록 하되, 그 출입구(승강로의 출입구를 제외한다)에는 갑종방화문을 설치
- 창문이나 배연설비를 설치, 창문이 있거나 조명설비, 피난층이 있는 승강장의 출입구로부터 도로 또는 공지에 이르는 거리가 30미터 이하일 것
- (비상용승강기의 승강로의 구조) 승강로는 당해 건축물의 다른 부분과 내화구조로 구획, 각층으로부터 피난층까지 이르는 승강로를 단일구조로 연결하여 설치할 것
- (피난용 승강기의 설치기준) 내화구조, 승강장은 각 층의 내부와 연결될 수 있도록 하되, 방화문, 배연설비를 설치, 전용 예비전원은 초고층 건축물의 경우에는 2시간 이상, 준초고층 건축물의 경우에는 1시간 이상 작동이 가능, 상용전원과 예비전원의 공급을 자동 또는 수동으로 전환이 가능

○ (초고층 및 지하연계 복합건축물의 재난관리에 관한 특별법)

- 초고층 및 지하연계 복합건축물과 그 주변지역의 재난관리를 위하여 재난의 예방·대비·대응 및 지원 등에 필요한 사항을 정하여 재난관리체제를 확립함으로써 국민의 생명, 신체, 재산을 보호하고 공공의 안전에 이바지함을 목적
- 사전재난영향성검토, 피난안전구역 설치 기준, 종합방재실의 설치, 대피 및 피난유도 등에 관한 사항을 정함

○ (소방기본법/시행규칙)

- 화재를 예방·경계하거나 진압하고 화재, 재난·재해, 그 밖의 위급한 상황에서의 구조·구급 활동 등을 통하여 국민의 생명·신체 및 재산을 보호함으로써 공공의 안녕 및 질서 유지와 복리증진에 이바지함을 목적
- 관공서, 학교, 정부미도정공장, 문화재, **지하철 또는 지하구의 화재** 및 11층(「건축법 시행령」 제119조제1항제9호의 규정에 의하여 산정한 층수) 이상인 **건축물 및 지하상가의 화재 또는 철도차량에서 발생한 화재에 대하여 종합상황실의 실장은 지체없이 상부의 종합상황실에 각 보고토록 규정하여 지하철 화재사고 관리의 중요성을 명시**

○ (화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률/시행령)

- 화재와 재난·재해, 그 밖의 위급한 상황으로부터 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 화재의 예방 및 안전관리에 관한 국가와 지방자치단체의 책무와 소방시설등의 설치·유지 및 소방대상물의 안전관리에 관하여 필요한 사항을 정 함으로써 공공의 안전과 복리 증진에 이바지함을 목적
- 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령, 별표에서 특정소 방대상물을 지정 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추 어야 하는 소방시설의 종류와 설치 기준을 제시
- 피난계획의 수립 시 포함되어야 할 사항, 피난유도 안내정보를 제공하는 방법에 대하여 기술
- 지하역사는 시행령 [별표2] 특정소방대상물 관련 조항은 아래 두 가지 항에 해당, 그동안 지하역사는 운수시설로 특정소방대상물이지만 승강장과 연결된 터널부는 궤도차량용 터널을 제외하는 예외구역으로 취급되어 왔음. 최근에는 스크린도어를 설치하여 터널부와 승강장부가 구획됨으로써 승강장 구역도 역사의 일부로 스프 링클러 등 특정소방대상물 대성 설비 설치하고 있음

[별표2] 특정소방대상물

6. 운수시설

가. 여객자동차터미널

나. 철도 및 도시철도시설(정비창 등 관련 시설을 포함한다)

다. 공항시설(항공관제탑을 포함한다)

라. 항만시설 및 종합여객시설

27. 지하가

지하의 인공구조물 안에 설치되어 있는 상점, 사무실, 그 밖에 이와 비슷 한 시설이 연속하여 지하도에 면하여 설치된 것과 그 지하도를 합한 것

가. 지하상가

나. 터널: 차량(궤도차량용은 제외한다) 등의 통행을 목적으로 지하, 해저 또는 산을 뚫어서 만든 것

○ (소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률/시행령)

- 특정소방대상물에 해당하는 지하역사에 설치하여야 하는 소방시설은 시행령 [별표 5]에 의해서 아래 설비 설치 의무를 가짐

표 2-1-1 지하역사 설치 소방시설

설비	종류	근거
소화설비	소화기구	각층의 면적총합(이하 '연면적'이라고 한다.) 33m ² 이

		상인 시설물에는 소화기구를 설치	
	옥내소화전설비	건물 각층의 연면적이 3,000㎡ 이상이거나 지하층·무창층중 바닥의 면적이 600㎡ 이상인 경우 옥내소화전설비를 설치	
	스프링클러설비	운수시설로서 바닥면적 합계가 5,000㎡ 이상 혹은 수용인원이 500명 이상인 경우 모든층에 스프링클러설비를 설치	
경보설비	비상경보설비	각층 400㎡ 이상이거나 바닥면적이 150㎡ 이상인 지하층 또는 무창층의 경우 비상경보설비를 설치	
	비상방송설비	연면적이 3,500㎡ 이상의 건물에는 비상방송설비를 설치	
	자동화재탐지설비	운수시설로서 연면적 1,000㎡ 이상인것에는 자동화재탐지설비를 설치	
	시각경보기	운수시설은 자동화재탐지설비 설치하게되면 자동으로 시각경보기를 설치	
	가스누설경보기	운수시설은 가스누설경보기를 설치	
피난구조설비	피난기구	특정소방대상물의 모든 층에는 화재안전기준에 적합한 피난기구를 설치	
	인명구조기구	공기호흡기	운수시설중 지하역사는 공기호흡기를 설치
	유도등	특정소방대상물에는 피난구유도등, 통로유도등 및 유도표지를 설치	
		비상조명등	지하층 또는 무창층의 바닥면적이 450㎡ 이상인 경우에는 각 지하층 또는 각 무창층마다 비상조명등을 설치
		휴대용 비상조명등	철도 및 도시철도 시설중 지하역사에는 휴대용 비상조명등을 설치
소화용수설비	상수도 소화용수설비	연면적 5,000㎡ 이상인 것에는 상수도소화용수설비를 설치	
소화활동설비	제연설비	운수시설중 철도 및 도시철도시설의 바닥면적이 1,000㎡ 이상인 것에는 제연설비를 설치해야한다.	
	연결송수관설비	지하층을 포함하는 층수가 7층 이상인 것에는 연결송수관설비를 설치해야한다.	
	연결살수설비	운수시설로서 해당 용도로 사용되는 부분의 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 것에는 연결살수설비를 설치	
	비상콘센트 설비	지하층 층수가 3층 이상, 지하층의 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 것은 지하층의 모든 층에 비상콘센트설비를 설치	
	무선통신보조설비	지하층의 바닥면적의 합계가 3,000㎡ 이상이거나 지하층의 층수가 3층 이상이고, 지하층의 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 것은 지하층의 모든층에 무선통신보조설비를 설치	

○ (다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법/시행령/시행규칙)

- 화재 등 재난이나 그 밖의 위급한 상황으로부터 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 다중이용업소의 안전시설등의 설치·유지 및 안전관리와 화재위험평가, 다중이용업주의 화재배상책임보험에 필요한 사항을 정함으로써 공공의 안전과 복리 증진에 이바지함을 목적
- “불특정 다수인이 이용하는 영업 중 화재 등 재난 발생 시 생명·신체·재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 것으로서 대통령령으로 정하는 영업”을 의미. 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 제2조(다중이용업)에서 세부적인 대상을 제시. 건축법에서의 피난시설 및 방화구획등에 대한 법을 준수하고 유지 및 관리하도록 규정, 세부적 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행규칙」 의해 비치대상을 세부적으로 정함

○ (도시철도 정거장 및 환승 편의시설 설계 지침)

- 도시철도법 및 도시철도건설규칙에 따라 도시철도 이용객의 안전을 도모하고 편의를 증진하기 위해 도시철도 정거장을 계획하고 설계하는데 목적
- 승강장, 대합실, 역무시설, 통로, 내부 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터, 무빙워크 등 구조물 및 설비 설치 기준 등을 기술하고 있으며 특히 피난설계의 기본원칙으로 각 승강장마다 독립적인 탈출경로가 두 가지 이상, 대피 수용량은 일 통행시간 중 가장 혼잡할 때를 기준, 정거장 내 열차 화재 및 정거장 화재에 대비, 방화구역이 설정되어 있지 아니한 경우는 제연(除煙)시설을 관련 규정
- 정거장 내 열차화재 시나리오에 대하여 대피인원 산정기준, 대피시간 산정(모든 승객이 4분 이내 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 안전한 외부출입구를 벗어나도록 한다) 설정

○ (환승센터 및 복합환승센터 설계 배치기준)

- 국가통합교통체계효율화법에 따라 환승센터 및 복합환승센터의 설계·배치에 관한 세부적인 사항을 정하는 것을 목적
- 서비스수준(LOS) 관련사항에 교통수단 간 환승거리, 보행교통류율 및 점유면적 등 환승센터 및 복합환승센터의 환승시설 이용자에게 제공되는 서비스 상태를 A~F까지 6등급으로 나누며, A는 서비스가 가장 좋은 상태이며 F는 서비스가 가장 나쁜 상태로 세분 하여 평가토록 함
- 서비스 관점에서 승객의 보행밀도를 계산하도록 하였으나, 화재안전과 관련해서는 특별한 별도 규정을 제시하지 않음

○ (철도시설의 기술기준)

- 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률 시행규칙」제7조제2항에 따라 철도시설의 기술기준에 관하여 필요한 사항을 정함
- 철도시설의 안전성 분석 대상으로 1킬로미터 이상의 본선 터널과 지하역 및 철도 신호제어설비에 대하여 안전성 분석을 실시토록 하여 대심도 지하역사는 안전성 분석의 대상이 됨
- 터널시설물에 대한 화재안전 규정에 대하여 대피로, 비상조명, 소화기, 방연문, 화재감지기, 제연배연설비, 대피통로 접속부, 대피로, 안전손잡이, 대피통로, 수직갱, 경사갱, 교차통로, 방재구난지역 등 비교적 상세하게 기술하고 있으나 지하역사에 대하여는 (피난로 및 피난설비) 지하 3층 이하 승강장에 지상 직접연결 특별피난계단 설치 요구만 기술하고 있음

표 2-1-2 복합역사 화재대응 구조 및 설비 관련 규정

구 분	건축법 시행령	건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙	초고층 및 지하연계 복합건축물의 재난안전에 관한 특별법	도시철도 정거장 및 환승 편의시설 지침	환승센터 및 복합환승센터 설계 배치 기준	철도시설 기술기준
피난계단	제34조(직통계단의 설치) 피난층, 피난안전구역까지 50미터 이하 제35조(피난계단의 설치) 지하 3층 이상 특별 피난계단 설치 * 피난계단(직통계단, 거실-계단실), * 특별피난계단(직통계단, 거실-부속실-계단실) 돌출계단 불가(노대필요) 제37조(지하층과의 피난통로) 지하층과 피난층사이의 개방공간 또는 천장이 개방된 외벽설치	제9조(피난계단 및 특별피난계단의 구조) ①영 제35조제1항 각 호 외의 부분 본문에 따라 건축물의 5층 이상 또는 지하 2층 이하의 층으로부터 피난층 또는 지상 통하는 직통계단(지하 1층 경 상 인 우 에 는 5층 으로부터 피난층 또는 지상 통하는 직통계단과 직접 연결된 지하 1층의 계단을 포함한다)은 피난계단 또는 특별피난계단으로 설치해야 한다. 제9조(피난계단 및 특별피난계단의 구조) 내화구경 1.5미터 이상, 불연마감, 갑종/을중방화문, 피난층이나 지상 직결, 유효너비 0.9미터 * 갑종방화문(비차열1시간 이상, 차열30분 이상), 을중방화문(비차열30분 이상)	제7조(사전재난영향성검토협의내용) 1. 종합방재실 설치 및 종합재난관리체계 구축 계획 4. 피난안전구역 설치 및 피난시설, 피난유도 계획 5. 소방설비-방화구획, 방연-배연 및 체연계획, 발화 및 연소확대 방지 계획 -- 중략 - 제14조 (피난안전구역 설치기준 등) 3. 초고층 건축물 등 지하층에 피난안전구역이나 선큰을 설치할 것 -- 피난안전구역 및 선큰설치 조건 -- 중략 -	피난시설 - 두 가지 이상 독립적인 탈출경로 / 직통계단 대피시간의 기준 - 모든 승객 4분 이내 승강장 탈출, 6분 이내 안전한 외부출입구 탈출		제60조 (피난로 및 피난설비) (3) 지하 3층 이하 승강장에 지상 직접 연결 특별피난계단 설치
		제8조의2(피난안전구역의 설치)	제18조(피난안전구역 설치) ① 초고			

3. 국외 정책동향

○ 재난발생 현황

- 기후변화로 인한 가뭄, 홍수, 태풍 등의 자연재해가 매년 증가하는 추세이며, 경제 발전에 따른 도시·산업화로 인해 피해금액도 점차 증가하는 추세

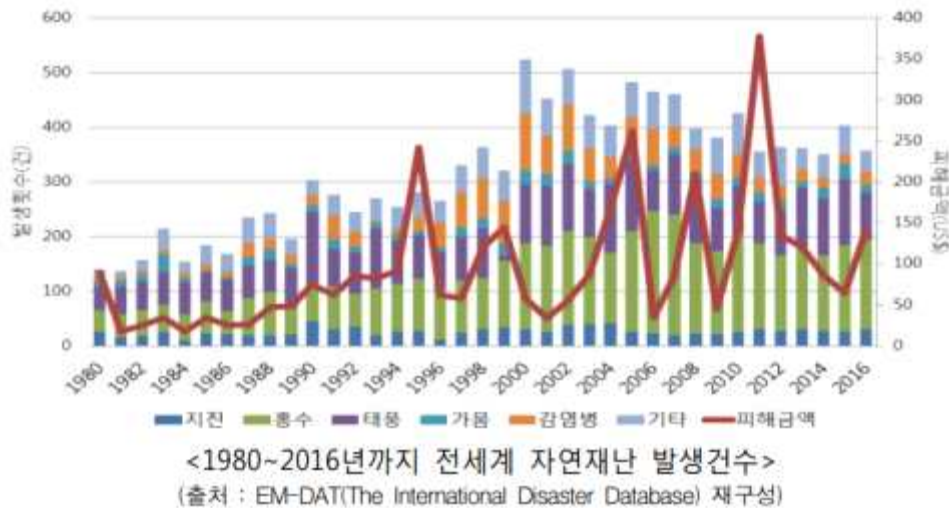


그림 2-1-6 1980~2016년까지 전세계 자연재난 발생건수

○ 인공지능 재난대응 기술 개발 촉진 정책

(미국)

- 국토안보부 산하 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency)을 중심으로 통합관리, 사전대비 중심의 재난관리체계 운영, 국가비상정보관리시스템(NEMIS : National Emergency Management Information System)을 구축 신속한 대응 체계를 구축, 국가과학기술위원회는 국가재난과학기술 10개년 전략계획(Grand Challenge for Disaster Reduction) 수립 대형 재난 대응 계획수립 운영

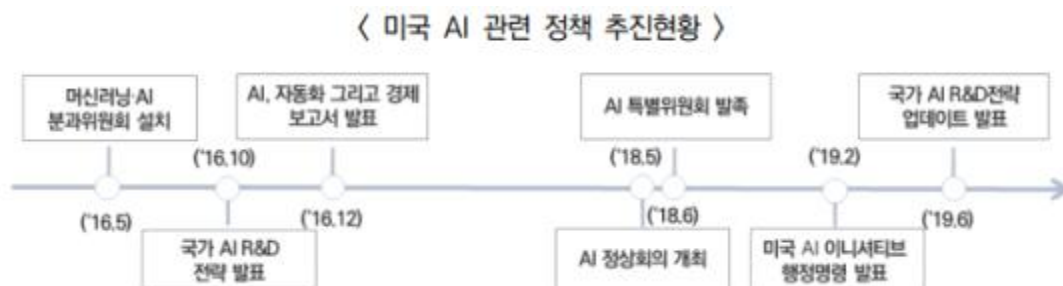


그림 2-1-7 미국 AI 관련 정책 추진현황 (출처 : www.whitehouse.gov/ai/, IITP 재구성)

- 트럼프의 행정명령 이후, 미 연방정부의 AI 연구개발 이니셔티브가 급속도로 강화
 - 최근 AI 연구개발 이니셔티브를 지원하기 위해 총 3개 부문으로 구조화
 - AI R&D 전략 연구 우선순위는 기업이 해결하기 어려운 분야에 초점을 맞추고 있으며, 미국의 주도권 유지를 위한 연구개발 투자를 강조
- 미 국방부는 19년 인공지능 전략을 요약한 보고서 ("Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy")를 발표, AI 기술 활용 방안 확대 추진
- 미국연방철도(Federal Railroad Administration) 스마트 안전관리 정책 추가

(EU)

- 유럽연합 협력을 기반으로 재난예측 및 감시 대응을 위한 정책 'Horizon 2020' 추진, 그 일환으로 DARWIN 프로젝트, RASOR 프로젝트 등에서 재난 대응기술 개발 추진, Centauro 프로젝트 재난 구조 로봇기술 연구 추진
- 스마트시티 사업과 연계하여 철도 스마트 철도 사업 추진
- EU 공동연구센터 관련 프로젝트 Project GETAWAY는 기차 역사 대상 대피 안내 솔루션을 연구개발, Project eVACUATE는 대형 인구 밀집 공간 대상 재난안전 IoT 플랫폼 연구개발
- 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)는 철도기술 중.장기 로드맵 'Rail Route 2050'을 수립하고 철도 유지보수 효율화 및 비용절감 필요성 제시, 철도교통 전반에 걸쳐 유지보수 및 신규 건설비용 감소를 목표로 설정, 운영 자동화 등 혁신적인 신기술 적용을 통해 높은 수요에 대응하고 신규 건설 및 유지보수 비용 절감, 철도인프라의 유지보수 비용 50% 절감을 목표로 설정하고 'Rail 2030-Research and innovation priorities'에서 개량 및 유지보수를 위한 신기술 개발을 통한 비용 절감 필요성 제시
- 영국은 AI공공 서비스 정책 개발 [18.9]을 통하여 영국정부와 WEF 4차 산업혁명 센터가 공동으로 시민의 편익을 위한 책임있는 AI 기술 설계 및 서비스 제공을 위한 책임있는 AI 기술 설계 및 서비스 제공을 위해 가이드 라인 개발
- 독일은 국가 산업전략 2030보고서 [19.2]에서 AI의 경우 앞선 기술력을 바탕으로 글로벌 주도권 탈환을 위한 상용화 촉진 정책 실시 예고, 독일 'AI 국가전략' [18.11]에서 연방정부 AI 전략 개료를 토대로 '25년까지 세계 최고 AI 국가 건설'을 목표 달성 추진

(일본)

- '재해대책기본법'을 중심으로 재해 종류, 방재단계(예방, 복구) 등에 따라 구분하고 과학기술 활용 추진, 재해단계별 중앙정부와 지방단체의 권한과 책임을 분리, 민관 연계 대응 체계 구축
- (과학기술 혁신 종합전략 '17) 초 스마트 사회 실현을 위한 IoT, 빅데이터, 인공지능 기술 활용한 재난예측 및 대응 기술개발 계획 수립
- Innovation 25 프로젝트, IT 융합 신사업 창출 전략, 인간생활기술 전략 등을 통해 ICT 융합 서비스 국가 차원에서 추진
- AI 전략 2019 ['19.3], AI 핵심 공통 기반으로서 데이터 기반 정비 ['19.3] 등 추진 전략을 통하여 AI 도입을 통해 포용성과 지속가능성이 실현되는 사회로의 변화를 목표로 설정하고, 4대 전략목표와 7대 분야에서의 전략을 제시, 교육개혁을 통한 AI인재 육성과 확보, AI 표준화 국제 이니셔티브를 확보하기 위해 AI R&D 사이클 구축, 디지털 정부 실현 및 활성화 추진

(중국)

- 대학 AI 혁신 행동계획 ['18.4]을 통하여 차세대 AI 발전 계획의 인력양성 방안 실행을 위한 교육부의 세부 계획으로, 대학 등 고등 공기관의 AI기술 혁신 및 인재양성을 위한 세부 방안을 제시, 차세대 AI 발전 계획을 토대로 3단계 목표를 설정하고 학과목 개선, 전문 역량 강화 등 대학교의 7가지 역할을 제시
- 차세대 AI 산업 발전을 위한 3개년 계획(Three-Year Action Plan to Promote the Development of New-Generation Artificial Intelligence Industry)을 발표 [중국 국무원 '17.12], 차량, 서비스 로봇, 인증 시스템과 같은 지능화되고 네트워크화 된 제품 개발 계획, 지능형 센서 및 신경망 칩을 포함한 인공지능 지원 시스템 개발의 강조, 지능형 제조 시스템 개발 장려, AI 개발 환경 향상-산업 훈련 자원 투자, 표준 테스트 및 사이버 보안 등 추진

제2절 국내외 시장동향

1. 국내 시설 운영현황

□ 지하 서울역 공항철도

○ 수신기 설치유형

표 2-2-1 수신기 설치 유형

	유형(수량)	신호전달방식	연계기능/설비	가능여부 (○×)	비고(설치위치 외)
수신기 (제조사/모델명:	☐ P형(1급/2급)	☒ 유선 ☐ 무선	☐ 소방서 속보 기능 유무	×	
	☐ P형복합식		☒ 구내 경보(경종/사이렌)	○	
	☐ GP형		☐ 구내 음성안내	○	
	☐ GP형복합식		☒ 배연설비자동연계	○	
	☐ R형		☒ 소화설비자동연계	○	
	☒ R형복합식		☒ 기타연계설비 (비상조명 게이트 승강설비)	○	
	☐ GR형				
	☐ GR형복합식				
	☐ 간이형수신기				
	☐ 기타()				

* 소방서 속보는 상시 관제하므로 설치하지 않음

* 승강설비 조치내용 : 승강기는 최상층 오픈상태 정지, 에스컬레이터 운행 정지(연동해제 운영)
(사례)승강기는 최상층 오픈상태 정지, 에스컬레이터 정지

(서울역 특징)

* 소화설비자동연계의 경우 배관 가압만 자동(1차측 자동)

* R형(역무실) 주수신기(오픈포트 120개), 부수신기(지하5층)

* 방재실은 검암 통합관제 소재

* 주변역 화재시 인접역 경보, 자동 안내

* 수막설비 설치

* 지맨스

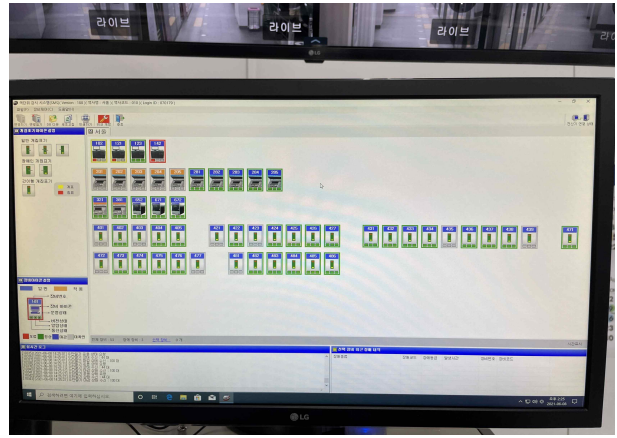


그림 2-2-1 수신기 설치 상황 및 관제 화면

○ 감지기 설치유형

표 2-2-2 감지기 설치유형

설치유형	설치위치	신호전달방식	비고(특이사항)
☒ 연기감지기	☐ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☒ 유선 ☐ 무선	
☒ 열감지기	☒ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☒ 복도,오픈공간	☒ 유선 ☐ 무선	
☐ 복합감지기	☐ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☐ 유선 ☐ 무선	
☐ 기타()	☐ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☐ 유선 ☐ 무선	높은 천장은 불꽃 감지기 추가 설치



그림 2-2-2 불꽃감지기 설치 장면

○ 배연설비 설치유형

표 2-2-3 배연설비 설치유형

설치유형	배연제어방식	제어	비고(특이사항)
☒ 공조설비 겸용 ☐ 복합감지기 ☐ 기타()	☐ 화재구획 배기 ☒ 화재구획배기-주변구획급기 ☐ 전체배기	☒ 자동 ☐ 수동	■ 승강장 구획분할-(4)개 ■ 전용배기

○ 소화설비 유형

표 2-2-4 소화설비 유형

설치유형	설치위치	제어	비고(특이사항)
☒ 수계(물분무)	일반공간	스프링클라헤드퓨즈	☒ 수막설치 구간 있음 ☒ 중천장 상향식 노즐 설치
☐ 가스계	전산실, 신호실, 방송실(무인운영)	가스-2중감지연동	

○ 피난지원 설비

표 2-2-5 피난지원 설비

설치유형	설치위치	제어	비고 (특이사항)
☒ 특별피난계단 ¹⁾	승강장, 지하 4층	☐ 스프링클라헤드퓨즈 ☐ 가스-2중감지연동	■ 중간합류지점 유무 :
☐ 일반계단	지하3층 이상		
☐ 비상엘리베이터	X		
☐ 피난안전구역 ²⁾	지하3층 계단 앞	X	X
☐ 기 타			

1) 특별피난계단 : 부속실을 거쳐 계단실과 연결되는 계단으로 부속실의 위치와 무관하게 공통적으로 ① 직통계단이
 어야 하며, ② 돌음계단으로 할 수 없다.(피난방화규칙 제9조 제3항). 붙임 참조

2) 화재, 지진 등의 재난이 발생했을 때 건축물 내의 근무자, 거주자, 이용객이 1층을 통해 외부로 나갈 수 없을 때
 임시로 대피하는 구역으로 피난층으로 부르기도 함 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법」
 제18조, 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 시행령」 제14조 붙임 참조



그림 2-2-3 특별피난계단 출입구



그림 2-2-4 특별 피난계단 내부(왼쪽), 특별피난계단 외부출구(오른쪽)



그림 2-2-5 서울역 공항철도 공조실



그림 2-2-6 수막설비 시설

○ 기타 사항

- (기타 설비개선 사항, 운영상 건의사항 등 피난안전성 향상 관련 작성)



그림 2-2-7 역사 대피로 안내도

□ 대전지하철 신흥역

표 2-2-6 수신기 유형

	유형(수량)	연계기능/설비	통신	비고(설치위치외)
수신기 (제조사/ 모델: 지멘스 (신화-S RF)	☒ P형(1급/2급) ☐ P형복합식 ☐ GP형 ☐ GP형복합식 ☐ R형 ☐ R형복합식 ☐ GR형 ☒ GR형복합식 ☐ 간이형수신기 ☒ 기타()	☐ 소방서 속보 ☒ 구내 경보(경종/사이렌) ☒ 구내 음성안내 ☒ 배연설비자동연계 ☐ 소화설비자동연계 ☒ 기타연계설비 (비상조명 게이트, 승강설비)	☒ 유선 ☐ 무선	* 설치위치: - 역무실, CO2실

* 승강설비 조치내용 : 승강기는 최상층 오픈상태 정지, 에스컬레이터 운행 정지(연동해제 운영)

* 특이사항 : 속보설비는 24시간 관제실 운영으로 생략



그림 2-2-8 수신기



그림 2-2-9 수신기 인터페이스

표 2-2-7 감지기 유형

	설치유형	설치위치	통신	비고(특이사항)
감지기	☒ 연기감지기 ☒ 열감지기 ☒ 복합감지기 ☒ 기타()	☐ 구획실(열감지기) ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도, 오픈공간 (연기감지기)	☒ 유선 ☐ 무선	대부분 연기 감지기, 전기실 또는 통신실은 이중화(중요한 곳)

표 2-2-8 배연설비 유형

	설치유형	배연제어	제어	비고(특이사항)
배연 설비	☒ 공조설비 겸용 ☒ 복합감지기 기타()	화재구획 배기 화재구획배기-주변구획 급기	자동 수동	제연 구역수 6개 층마다 2개 가압장치 x

*특이사항 : 역사 공조설비 공기 순환 계통을 미리 지정해둔 구역 중에서 화재로 인식한 구역만 배기계통으로 바뀌 배연 동작 수행



그림 2-2-10 소화설비

표 2-2-9 소화설비 유형

	설치유형	설치위치	제어	비고(특이사항)
소화 설비	☒ 수계(물분무) ☒ 가스계 기타()	수계- 일반공간 가스계(CO2) 기타	스프링클러- 헤드퓨즈 가스-2중감지 연동	수막설치 구간 없 음

* 스프링클러 - 화재로 인한 고온 발생 시 해당 헤드 퓨즈 부분이 녹아 방수실시, 배관 내 압력 저하에 따른 층압 펌프 구동으로 소화수 지속 방출

* CO2 - 전기실, 변전실, 통신기계실, 신호기계실 등 전기 설비 밀집 기능실 화재에 대응 하여 해당 기능실 내 화재 감지 시 보관중인 CO2를 해당 기능실에 방출하여 질식소화 실시.



그림 2-2-11 옥내 소화전

표 2-2-10 피난설비 유형

	설치유형	설치위치	제어	비고 (특이사항)
피난 설비	☒ 특별피난계단 ☒ 일반계단(지하3층 이상) ☒ 비상엘리베이터 ☒ 피난안전구역()	☒ 특별피난계단 ☒ 일반계단(지하3층 이상) ☒ 피난안전구역()	☒ 스프링쿨러 ☒ 헤드퓨즈 ☒ 가스-2중감 ☒ 지연동	피난유도방식 : 유도등, 음성 안내 기능

□ 수인분당선 지하 수원역

표 2-2-11 수신기 설치 유형

	유형(수량)	신호전달방식	연계기능/설비	가능여부 (○X)	비고(설치위치 외)
수신기 (제조사/ 모델: 지멘스 (신화-SRF)	☐ P형(1급/2급)	☒ 유선 ☐ 무선	☐ 소방서 속보 기능 유무		*설치위치: - 역무실(1호선 부수신기) - 애경백화점 방재실(1호선 주수신기) - 역무실(수인선) *통합관제 연결 방식: 수인선 수신기만 서울 상황실 구로관제실 연결(지하역사)
	☐ P형복합식		☒ 구내 경보(경종/사이렌)	○	
	☐ GP형		☒ 구내 음성안내	○	
	☐ GP형복합식		☒ 배연설비자동연계	○	
	☐ R형		☐ 소화설비자동연계		
	☐ R형복합식		☒ 기타연계설비 (비상조명 개구트 승강설비)	○	
	☒ GR형 ☐ GR형복합식 ☐ 간이형수신기 ☐ 기타()				

* 승강설비 조치내용 : 승강기는 최상층 오픈상태 정지, 에스컬레이터 운행 정지(연동해제 운영)



그림 2-2-12 애경백화점 주 수신기 연동 PC화면



그림 2-2-13 애경백화점 주 수신기



그림 2-2-14 지상1호선 부 수신기



그림 2-2-15 수인분당선 주 수신기

○감지기 설치유형

표 2-2-12 감지기 설치유형

설치유형	설치위치	신호전달방식	비고(특이사항)
☒ 연기감지기	☒ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☒ 복도,오픈공간	☒ 유선 ☐ 무선	
☒ 열감지기	☐ 구획실 ☒ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☒ 유선 ☐ 무선	
☐ 복합감지기	☐ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☐ 유선 ☐ 무선	
☐ 기타()	☐ 구획실 ☐ 기계실/전기실(열) ☐ 복도,오픈공간	☐ 유선 ☐ 무선	

*감지기 분류 : 일반 감지기 – 중계기를 거쳐 다량 감지기 통합 위치 특정
아날로그 감지기 – 각 감지기 자체 위치 특정



그림 2-2-16 아날로그 감지기 (연기 스포트형)



그림 2-2-17 일반 감지기 종류

○배연설비 설치유형

표 2-2-13 배연설비 설치유형

설치유형	배연제어방식	제어	비고(특이사항)
☒ 공조설비 겸용 ☐ 복합감지기 ☐ 기타()	☐ 화재구획 배기 ☒ 화재구획배기-주변구획급기 ☐ 전체배기	☒ 자동 ☐ 수동	☒ 승강장 구획분할-(3)개

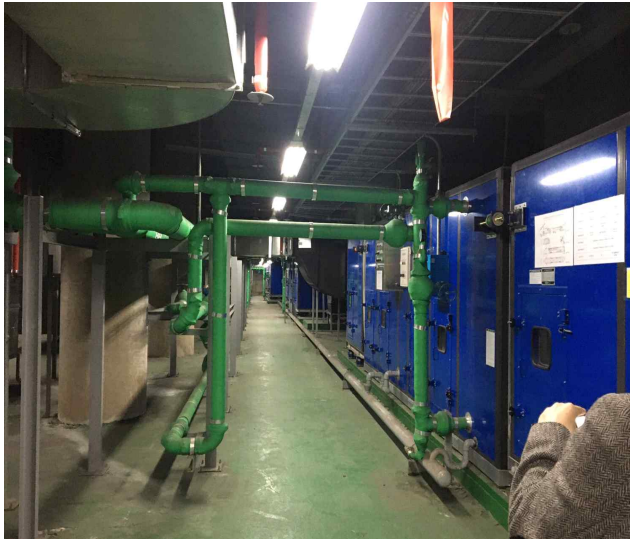


그림 2-2-18 배연설비

○소화설비 유형

표 2-2-14 소방설비 유형

설치유형	설치위치	제어	비고(특이사항)
☒ 수계(물분무)	☒ 일반공간	☒ 스프링클라 헤드퓨즈	☒ 수막설치 구간 없음/있음
☒ 가스계	☒ 전산실 신호실 방송실(무인운영)	☒ 가스-2중감지연동	
☐ 기타()			

○피난지원 설비

표 2-2-15 피난지원 설비

설치유형	설치위치	제어	비고 (특이사항)
☒ 특별피난계단	수인선 - 승강장, 지하 4층	☐ 스프링클라헤드퓨즈 ☐ 가스-2중감지연동	*특별피난계단 지상 층은 도로앞 잔디공 원, 지하4층에서만 진입 가능
☒ 일반계단	지하3층 이상		
☐ 비상엘리베이터			
☒ 피난안전구역	지하 3층 게이트 앞		
☐ 기 타			



그림 2-2-19 특별피난계단 입구



그림 2-2-20 특별피난계단 출구



그림 2-2-21 특별피난계단 지상 연결부



그림 2-2-22 피난안전구역 입구



그림 2-2-23 피난안전구역 내부

○ 특이사항

- 애경백화점 방재실 현장 확인 사항
 - 1) 기존 시스템 오보확인기능 부재로 방재관리자가 직접현장 출동확인
 - > 수신기와 카메라(CCTV) 연동 필요
 - 2) 지역회로로 인해 정확한 화재위치 파악 곤란

○ 현장운영 시사점

- 지하역사 스마트 방재시스템 관리체계는 선로별 (중앙방재 시스템) → (사업소 방재시스템) → (역사 방재시스템) 체계로 단계 구성됨
- 역사방재시스템(관리자)은 감지기, 경보설비, 비상조명, 피난유도, 제연설비, 소화설비 등과 연동되어 있으며, 수신기와 별도로 스크린도어, CCTV, EV/ES 설비를 관리
- 복합역사 지능형 통합운영시스템 설치시 방재관리 범위를 선정하고 적정기능을 계층화하여 구성할 필요
- 현장 운영중인 방재시스템의 지능화/자동화 정도는 4단계로 구분될 수 있으며 R형 수신기의 화재 위치 확인 기능이 지능화의 첫 단계, 수신기에 자동화 정도에 따라 R형을 두가지로 분류할 수 있으며, 디지털트윈 기술을 접목한 스마트 스테이션이 현단계 가장 지능화 된 수준, 이후 목표수준은 5단계 예측대응 가능한 통합시스템이 타당



그림 2-2-24 역사 방재 시스템

표 2-2-16 수신기 지능화 단계 구분

	특징	예상설치비율(%)
1단계(P형 수신기)	P형 수신기, 구역화재, 낮은 자동화율	(20)
2단계(R형 일반)	R형 수신기, 위치파악, 낮은 자동화율	(30)
3단계(R형 연계)	2단계 + (화재대응 설비) 높은 자동화율	(50)
4단계(Smart Station)	3단계 + 디지털트윈, 실시간 지능관제	(5)
5단계(Smart Station Plus+)	4단계 + (예측 대응) 지능관제, 혁신 대응설비	(-)

2. 국내외 시장 동향

- (세계 각국의 인공지능 기술 선도 경쟁) 미국의 AI 이니셔티브 전략, 독일 AI 국가산업전략 2030, 일본 Innovation 25 프로젝트 등 선진국은 각자 인공지능 기술을 선도하기 위한 전략적 투자 추진, 우리나라도 인공지능 국가전략('19) 및 한국판 뉴딜 종합계획('20)이나 재난 안전관리 기술 종합계획을 통하여 인공지능 재난안전 적용 기술 개발 중점 추진
- (인공지능 활용 재난안전 기술 개발) 인공지능 활용 재난안전 활용 분야는 건축물 및 공간 디지털 정보 구축, 재난의 확장 및 피해 예측, 정밀 위치 정보를 이용한 피난 안내 서비스 제공, 자율 운전 로봇을 이용한 구조 등으로 영역을 확장하고 있음
 - 미국, NIST 'Smart Firefighting Project' 첨단 재난 장비와 ICT 기술을 접목하여 공간정보 수집을 통한 소방대 지원 및 대피 알림 서비스 제공
 - EU, Horizon 2020 및 유럽공동 연구프로그램은 자연·사회재난대응기술 프로젝트(DARWIN, RASOR), 재난구조 로봇 기술(Centauro, TRADR), 밀집공간 피난안전 기술(eVACUATE) 등 다양한 인공지능 재난안전 기술 개발
- AI 기반의 지능형 로봇 분야 시장
 - (미국) [연방 VR·AR Program]을 통해 교육·국토·재난·의료 등 분야에서 R&D 및 서비스 지원, VR 훈련 플랫폼, VR 콘텐츠 공모, 퇴역군인 대상 원격 가상병원 등 시장
 - (EU) [Horizon 2020] 연구 프로젝트 중 하나로 VR·AR을 선정, [Industry 4.0(독일)]에서 VR을 9대 기술 중 하나로 지정 활발한 시장 개척 추진
 - (일본) '2030 미래를 여는 전략기술' 중 하나로 VR·AR을 선정하고, [VR Techno Japan] 정책을 통해 민관 협업 2,000억원 규모 펀드 조성
 - (중국) 9대 전략형 신흥사업의 하나로 Digital Creative 산업을 선정, VR·AR 활용 R&D 투자를 강조하고, 5G 산업개발 실행계획을 통해 VR·AR 활용 프로그램 추진
- 산업연구원, 안전산업의 경쟁력 평가와 과제(2017) 보고서 및 행안부 재난안전산업 실태조사(2019) 자료에 근거하여 웹스가 제시한 스마트 재난대응산업 세계 시장규모는 2023년 기준 17,190 백만달러 수준이며, 국내 시장규모는 9,017억원 수준임

○ (소방 안전 시스템 분야 시장) 전 세계 소방 안전 시스템 시장은 2021년에서 2026년의 5년의 기간 동안 6.4%의 연평균 성장율을 기록하며 2026년까지 846억 달러의 규모에 이를 것으로 예상됨 (Market and Market 보고서, 2022)

- 건설 산업의 성장, 화재 발생으로 인한 인명 및 재산 손실의 증가, 엄격한 규정 준수, 무선 화재 감지 기술을 갖춘 시스템의 증가가 시장 성장을 이끄는 주요 요인
- 기술적 측면에서는 IoT 기술 채택의 증가가 소방 안전 시스템 시장의 성장에 주요 요인
- 북미 대륙에서 시장의 성장은 건설 산업에서 신기술의 높은 수요가 주요 요인으로 꼽힘

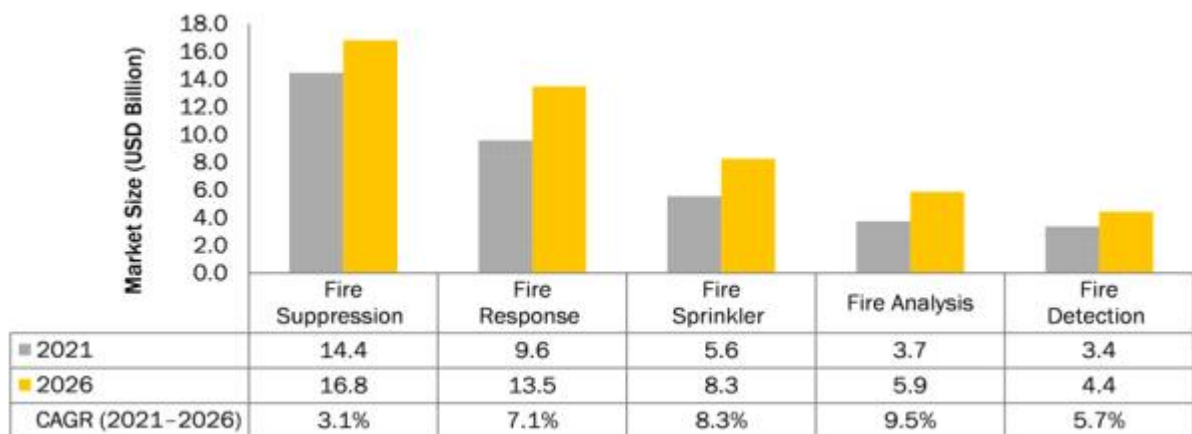


그림 2-2-25 소방 안전 시스템 시장의 각 분야별 시장 규모와 전망

- 소방 안전 시스템 시장은 5가지의 분야로 구성이 되며 각각 화재 진압, 화재 대응, 화재 스프링클러, 화재 분석, 그리고 화재 감지로 구성이 됨
- 2021년부터 2026년까지 5년간 연평균 성장률은 화재진압 3.7%, 화재대응 7.1%, 화재 스프링클러 8.3%, 화재분석 9.5%, 그리고 화재 감지 5.7%로 전망

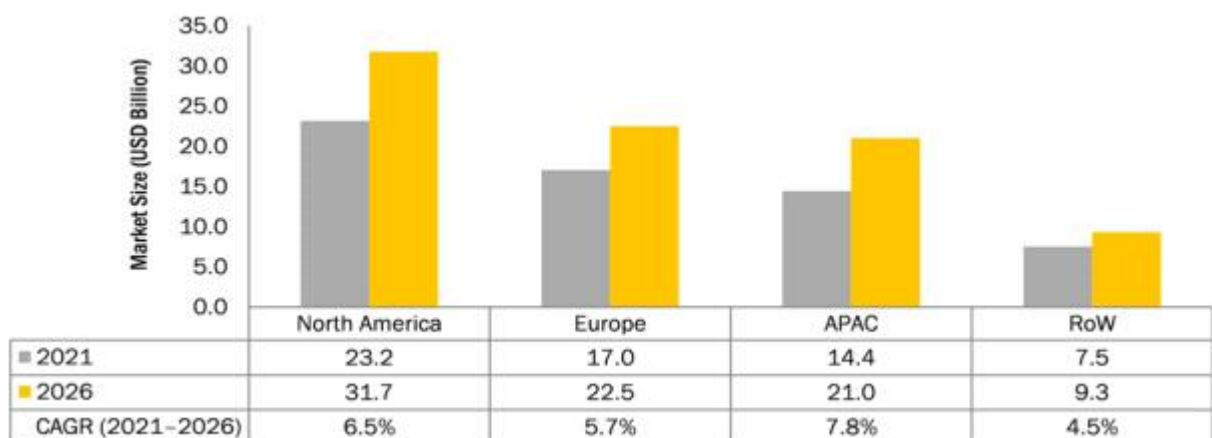


그림 2-2-26 전세계 지역별 소방 안전 시스템 시장의 규모와 전망

- 지역별 연평균 성장률 전망은 북미대륙 6.5%, 유럽 5.7%, 아시아태평양 지역 7.8%, 그리고 기타지역 4.5%로 전반적으로 고르게 성장세를 보이는 가운데 아시아 태평양 지역의 성장세가 두드러짐

표 2-2-17 스마트 재난대응산업 세계 시장규모 및 전망(단위: 백만 달러, %)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
국내시장	11,648	12,429	13,264	14,150	15,100	16,112	17,190	6.7

주) 4차 산업은 안전산업 분야의 3.2%로 추정/자료: 산업연구원, 안전산업의 경쟁력 평가와 과제(2017, 웹스 가공)

표 2-2-18 스마트 재난대응산업 국내 시장규모 및 전망(단위: 억원, %)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
국내시장	4,002	4,582	5,247	6,007	6,878	7,875	9,017	14.5

주) 행정안전부 따르면, 재난대응산업은 '17년 기준 12조 8,8062억 원 이며, 4차 산업은 3.2%에 해당함

자료: 행정안전부, 재난안전산업 실태조사(2019) 웹스 가공

- (행정안전부 소방안전본부 협업사업) 데이터 기반 초정밀 실시간 소방관제 통합 플랫폼' 사업은 지방자치단체와 소방서, 민간기업 간의 협업으로 '초정밀 위치정보 (1초당 오차 20M → 0.1M)' 의 디지털 기술 활용을 통해 구조 시간을 확보하고 시민의 생명과 재산을 지키는 사업으로 지난해 행정안전부가 실시한 '2020 지방자치단체 협업 특별교부세 지원사업' 대상으로 선정
- 긴급출동 차량의 실시간 이동정보·도착정보를 안내를 통해 신고자의 불안감 해소 및 최적 경로 안내가 가능하고, 출동 시간 또한 대폭 단축

표 2-2-19 스마트 재난안전 대응 시스템의 분류 (중소기업 전략기술로드맵, 2019)

용도	세부내용
빅데이터 수집·분석	- 차세대 이동통신 및 재난안전통신망 양방향 재난현장 상황 수집 및 전달 기술 - 재난현장 빅데이터 분석 및 재난현장 상황 인식 기술 - 재난현장 빅데이터 고속 탐색 및 분류 기술
디지털트윈 공간 생성 및 관리	- 3D 공간 기반 고속 디지털트윈 공간 탐색 기술 - 계층별 디지털트윈 공간정보 관리 기술개발
재난 전조감지 및 능동대응 상황 전달	- 화재재난 확산정보 및 요구조자 위치정보 기반 능동대응정보 전달 기술 - 대상공간(공동구, 전통시장 등) 환경 센싱정보 기반 화재재난 전조 감지 및 자율 학습 기술 - 실내 지역 단위 능동대응 정보 기반 재난지역 IoT 장치 원격제어 기술 개발
재난안전관리 통합 플랫폼 공통 기술	- 재난안전관리 통합 데이터베이스 구축 - 개별 모듈간 상호연계 위한 표준 입출력 인터페이스

- (국내 철도분야 스마트 재난관리 기술) 서울교통공사는 LG 유플러스와 서울 2020년까지 서울지하철 2호선에 디지털트윈 기술을 접목한 스마트 스테이션 플랫폼 설치 운영, 21년 현재 8호선 다른 지하철 운영기관도 스마트 안전 기술 시범 적용을 추진
- AI 국내시장 규모는 연평균 18% 수준으로 지속적으로 상승하여 2024년까지 7,539억원까지 증가하는 것으로 전망됨(한국 IDC)

표 2-2-20 AI 국내시장 규모 및 전망(단위: 억원, %)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	CAGR
국내시장	2,821	3,323	3,915	4,612	5,433	6,400	7,539	17.8%

자료 : 한국IDC-국내 인공지능 AI시장 전망(2020.04.)

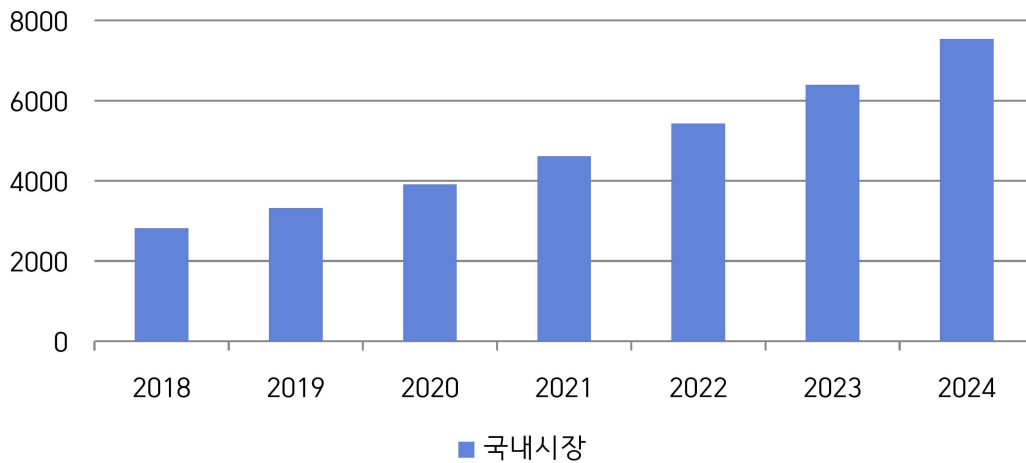


그림 2-2-27 AI 국내시장 규모 및 전망 차트

제3절 국내외 기술동향

○ 본 사업과 관련된 기술분류 체계에 따라 아래와 같이 조사 분석

표 2-3-1 기술분류 체계분석

구 분	세부기술	기술적 특징
AI 대응 통합 시스템	- 스마트 스테이션 - IoT센서 기반 재난안전 비상대피 시스템 - IoT센서 기반 지능형 화재감지 시스템 - 지능형 초고층 화재 방호 시스템	- 디지털 트윈 - 사물인터넷
재난 감지/예측/분석	- BIM 가상 플랫폼 화재예측 - 재실자수 모니터링 기술 - 영상 기반 화재 감지 시스템	- DB 구축 및 활용 - RFID
스마트 피난 안내	- 대피통로 유도 시스템 - 스마트폰 실내 대피 내비게이션 - 최적 대피 경로 생성 알고리즘	- 최적 대피통로 산출 - 실내 신호 전달
스마트 피난/구난 설비	- 스마트 대피통로 - 스마트 비상마스크 보관함	스마트 대응 설비
제·배연/소화	제배연 시스템	능동 제배연

1. 국내 기술 및 연구 동향

□ AI 대응 통합 시스템

○ (스마트 스테이션) 서울교통공사 지하철 관리 지능화 사업, 디지털트윈 기술을 활용해 역사 스크린도어, 소방설비, 전원관리, 시설관리, 열차운행정보 관리

- 역사 및 차량 CCTV 실시간 영상을 활용하여 화재감지, 순찰기능, 승객 부정승차, 쓰러짐, 재난약자 도움 요청 상황 등을 자동으로 인식하는 기술
- LG유플러스 컨소시엄이 2019 ~ 2020년 서울교통공사 지하철 2호선 전체 역사를 대상으로 적용, 2022년 현재 8호선으로 확대 추진



그림 2-3-1 서울교통공사 2호선 스마트 스테이션 구축 사례

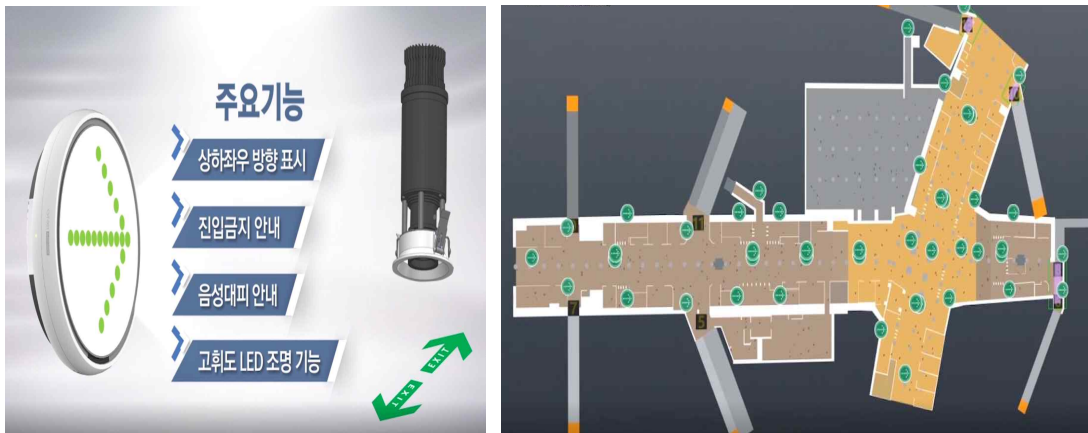


그림 2-3-3 부산교통공사 비상대피 시스템 시범 적용 사례

○ (IoT센서 기반 지능형 화재감지 시스템) ㈜인콘에서 화재발생시 초동조치로 골든 타임을 확보하기 위해 사물인터넷(IoT) 기술을 접목한 지능형 화재감지 시스템 개발

- 전통시장을 중심으로 화재발생 초동대응 기술을 지원, 열/연기 5초 이상 감지한 경우, CCTV 카메라를 연동하여 화재발생 여부를 확인
- LoRa 통신망을 사용하여 화재경보 발생 정보를 운영서버로 자동전송하여 상황 전파
- 실시간 화재 모니터링 시스템을 통해 소방서/지자체관리자/점포주에게 해당 정보를 알림으로써 초동조치를 통해 골든타임 확보



그림 2-3-4 지능형화재 감지시스템

○ (지능형 초고층 화재 방호 시스템) (주)커니스와 부산외대 공공위험관리센터에서 공동연구를 통해 LoRa/BLE 통신 모듈 내장 가스센서, LoRa게이트웨이, 대피안내 기기로 구성된 지능형 초고층 화재 방호 시스템 개발

- 평시엔 환경 정보를 전달, 재난 시 안전 대피경로정보 화면 및 스피커로 유도
- 빌딩의 출입구 또는 계단이나 대피안내 기기를 설치하여, 화면 및 음성으로 최적대 피경로 화면 안내 표출
- 선박 안, 지하 시설물, 수직갱, 터널, 정화조 등 사고 위험도가 높은 곳에서 작업을 할 때 현장 본부에서 근로자 상태를 모니터링하는 밀폐형재난안전 시스템 제공
- 피난 시뮬레이션 통계분석을 활용한 피난경로 도출 방식으로 실시간 대피경로 안내에는 한계가 있음



그림 2-3-5 지능형 초고층 화재방호시스템

□ 재난 감지/예측/분석

○ (BIM 가상 플랫폼 화재예측) 한국건설기술연구원과 한국철도기술연구원은 초고층 빌딩 및 복합환승센터에 적용할 수 있는 건축물 디지털 트윈으로 불리는 빌딩정보모델링(BIM) 기법의 가상 플랫폼에 화재예측 DB를 구축하고 실시간 센서 정보에 연계하여 예측하고 피난 경로를 안내하는 피난안내 시스템을 공동 개발

- 초고층건물 테스트베드에서 시범 운영 중. 센서의 임계값을 기준으로 경보가 발하는 기존의 방법에 오작동 방지 알고리즘을 탑재하였으나, 최신의 인공지능 인지 기법이 반영되지는 않음

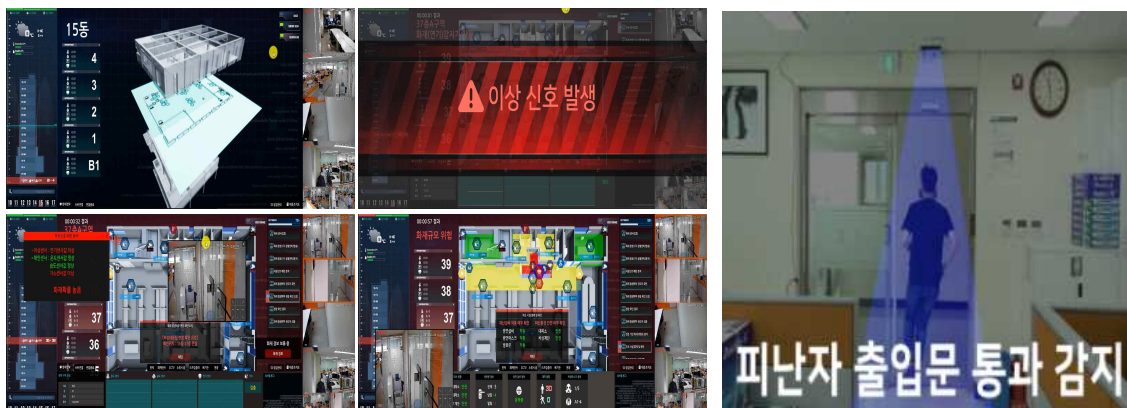


그림 2-3-6 한국건설기술연구원의 재난관제 시스템 시범 적용 사례

- (재실자수 모니터링 기술) 한국건설기술연구원은 영상분석 기법과 모션 해석 기법을 활용하여 게이트를 통과하는 인원의 출입방향을 연속적으로 분석하는 방법으로 재실자수와 비상엘리베이터 탑승인원을 계수하는 기술과 시제품을 개발하고 초고층빌딩에 시험 운영중

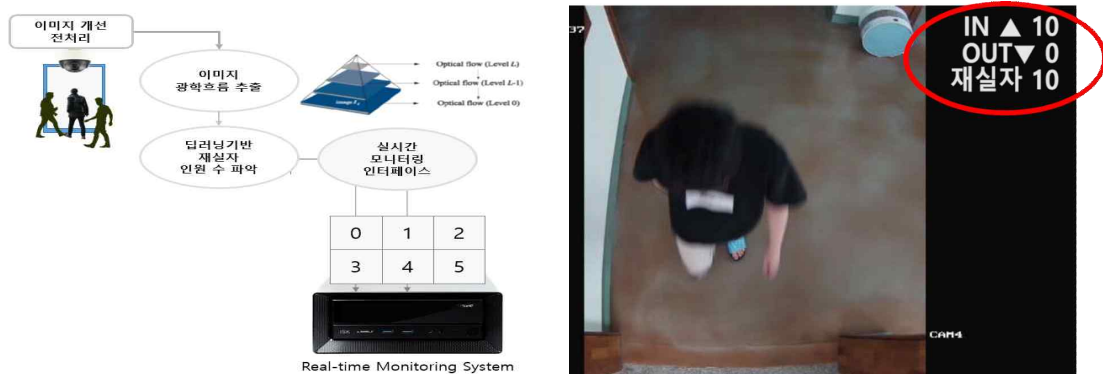


그림 2-3-7 재실자 이동 현황 시스템화를 위한 전체 검출 과정 및 모니터링 예시(건설연)

□ 스마트 피난안내

- (대피통로 유도 시스템) 한국철도공사는 지하공간(역사 및 승강장)에서 재난상황 발생 시 빠른 상황 인지 후 긴급 상황에 대한 대응 의사결정을 지원하고 최적의 대피경로를 유도 할 수 있는 시스템을 개발
 - 분당선 이매역을 테스트베드로 하여 실증시험
 - 이매역에 역시스템에 맞춤형 개발된 한계가 있다고 평가됨

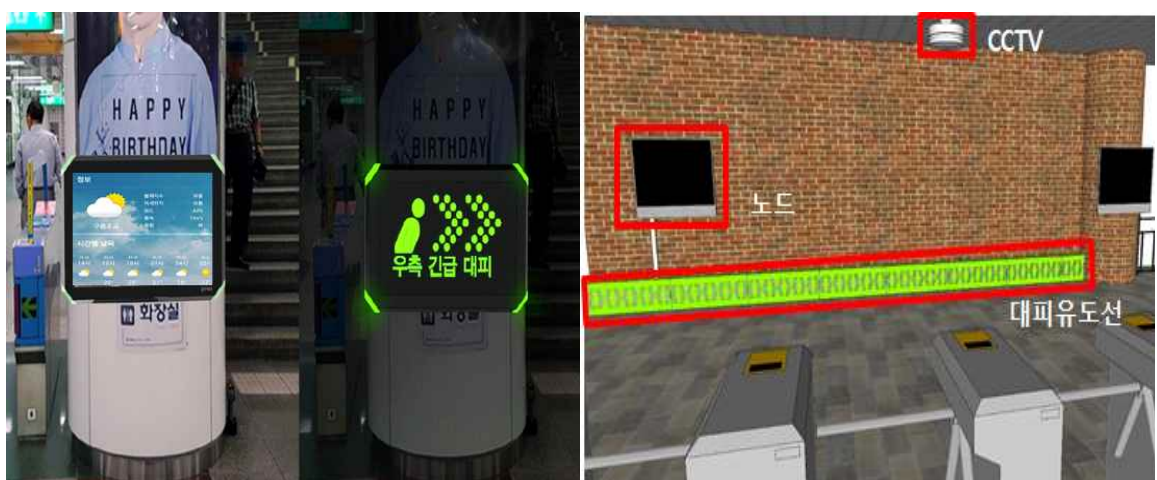


그림 2-3-8 대피통로 유도 시스템(좌), 대피통로 유도 시스템(우) 설치 예상도

- **(대피통로 유도 시스템)** 한국기계연구원은 IoT화재 센서, AI 및 레이저식 대피로 유도장치를 개발하여 대전지하철 시청역에서 시범 운영
- 이 기술은 AI를 적용하는 시도의 하나로 평가할 수 있으나 상용화를 위해서는 체계적으로 포괄적인 범위로 기술개발 범위를 확장할 필요가 있음



그림 2-3-9 인공지능 기반 화재대피로(좌, 기계연), 스마트폰 기반 화재대피로(우) 유도 시스템

- **(스마트폰 실내 대피 내비게이션)** 성균관대 정재훈 교수팀은 스마트폰을 이용한 실내 대피 내비게이션 시스템을 개발
- 중앙 관제 장치에서 사용자의 스마트폰에 대피 경로 및 화재 상황을 송출해주는 앱을 이용하여 사용자가 스스로 대피 경로를 선택가능
- 화재로 인한 통신 두절 등 폐쇄적 공간에서 쉽게 발생할 수 있는 돌발 상황에 대처 할 수 없다는 단점이 있음
- 스마트폰 앱을 사용함에도 불구하고 긴급한 상황에서 요구조자가 최적의 대피 경로를 파악할 수 없을 수 있다는 점이 연구의 한계점임
- **(최적 대피경로 생성 알고리즘)** 서울대학교 도시공학과 염춘호 교수팀은 HPA*E 기반 화재 발생시 대피 시뮬레이션을 3D 모델로 재현하고, 최적의 대피경로 및 대피 시간을 시나리오 별로 산출
- HPA*E 기법은 Grid 기반의 경로 생성 기법을 근간으로 하고 있기 때문에, 산출된 경로의 최적성(Optimality)를 보장할 수 없음
- 100명 이상의 다양한 요구조자가 발생하는 복합 역사 화재 대응 시스템에는 이용할 수 없다는 단점이 있음
- 그러므로 인공지능 기반 최적 경로 시스템의 개발이 필수적으로 요구되는 실정임

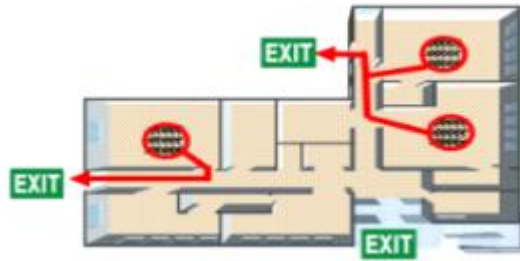


그림 2-3-10 HPA*E 알고리즘을 이용한 어린이집 화재 대피경로

○ (최적 대피경로 생성 알고리즘) 배재대학교 정희경 교수팀 Recurrent Neural Network (RNN) 기반의 구조물 화재 재난 시 최적 대피로 안내 시스템 제안

- 구조물의 연기, 유독 가스 등의 정보를 인자로 하여 구조물 사용자의 안전을 최우선하는 경로를 생성해 주는 알고리즘을 개발하였으나, 실시간성 및 목업 테스트를 진행하지 않음

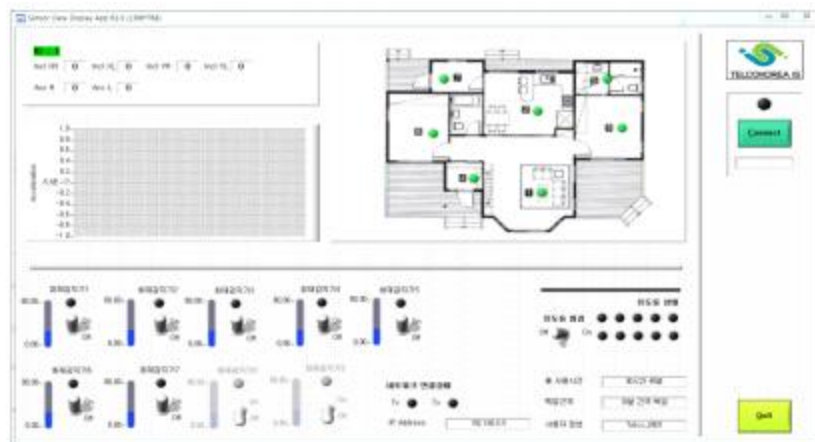


그림 2-3-11 딥러닝 기반 화재 모니터링 및 대피 경로 생성 GUI

○ (최적 대피경로 생성 알고리즘) 목포대학교 김호경 교수팀은 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 활용한 최적 대피 경로 생성 알고리즘을 제안

- 다익스트라 알고리즘은 Grid 기반의 경로 생성 기법이므로 계산의 효율성을 증명되었으나, 경로의 최적성은 증명되지 않으므로, 요구조자가 많은 경우에서 사용하기 어려운 단점이 있음
- 다양한 돌발 인자 : 유독 가스, 화재 발화 지점 등을 고려하지 않은 단편적인 경로 생성 알고리즘으로 본 과제에 직접 활용하기에는 무리가 있음

○ (최적 대피경로 생성 알고리즘) (주)코너스, (주)선우엘, 호서대학교에서 기존의 센서들과 3D 디지털트윈 기술을 이용하여 실시간 화재 상황을 수집하고 이를 반영한 최적대피경로를 지능형 알고리즘을 통해 보급형 PC로 수초 내에 산출하며, 초저전력 장거리 중계기를 활용해 실시간(가변식) 대피 경로를 피난자에게 송출하는 기술(Intelevac-K) 개발

- 매초마다 변화하는 재난상황을 반영하기 위해 시간의 흐름과 재실자 이동상황에 따라 그래프를 확장하면서도, 안전하고 빠른 3차원 입체 경로 탐색 기법을 적용하기 위한 알테라 (AI real time evacuation routing algorithm; ARTERA) 개발
- 자체 내장형 온도 센서 및 연기 센서를 통해 무선중계기로 화재정보를 전달하고, 무선 중계기로부터 수신된 신호에 따라 대피방향 음성안내, LED 화살표, 고휘도 방향 조명 안내 기능 수행
- 3D 디지털 트윈 기술을 이용하여 3차원 공간모델 상에 내부 구조와 함께 피난 동선을 노드와 아크 그래프로 반영하여 복잡한 수학적 모델링 없이 비교적 간단한 경로산출 수리문제로 자동변환
- 디지털 트윈 기술은 실제 건물에서 실행하기 어려운 위험상황들을 디지털 모델 상에서 발생시켜 안전관리 시나리오를 검증 가능
- 롯데백화점 센터시티점(지상 10층, 지하 1층) 8층 내부에 1000명 배치 후 2가지 시나리오에 대해 30% 이상의 대피 단축 효과 확인



그림 2-3-12 실시간 가변식 대피경로 산출 및 송출 기술 Intellevac-K

□ 스마트 피난/구난 설비

○ (비상 대피통로) 한국철도기술연구원에서 화점 인근에서 바로 펼쳐지게 하여 피난자의 신속한 진입이 가능하도록 접이식 스크린 대피통로 개발 중

- 대피통로의 경우 건축법에 의한 (특별)피난계단, 비상엘리베이터 등의 고정 시설물이 주로 설치 운영되어 왔으나, 피난 시설이 설치된 위치까지 도달하지 못하고 유독성 연기를 흡입하는 사례가 빈번함
- 현재 철도연에서 길이 20미터 수준 시제품 제작하였으나 역사 현장 적용을 위해서 소재 및 기구 성능 개선 및 대형 테스트베드에서의 성능 검증이 요구되는 단계임



그림 2-3-13 한국철도기술연구원의 계단형 접이식 스마트 대피통로 개발 사례

○ (스마트 비상마스크 보관함) 한국철도기술연구원에서 RFID 태그를 부착하여 마스크 이탈 현황 및 사용자의 통과 위치 모니터링이 가능하여 구조활동에 도움이 되는 마스크 개발, 보관함은 공기청정 기능과 함께 소화기 보관, 제세동기 보관 및 피난 안내기능이 부가되어 비상시 피난 활동에 도움을 줄 수 있는 스마트 보관함 개발

- 공기주머니 방식을 적용 및 휴대성능 확보
- 산소카트리지를 이용한 순수산소 공급 및 3중 정화필터(카본, 수분필터, 가스흡착제)를 활용하여 정화공기 공급
- 초고층·복합시설, 다중이용시설, 공항, 지하상가, 쇼핑센터 등 대규모 인원 수용 시설에 적용 가능
- 다기능 적용으로 크기가 증대하여 휴대성이 미흡한 한계가 있음



그림 2-3-14 스마트 비상마스크 보관함

□ 제·배연 시스템

○ (제·배연 시스템) 국내의 제연/배연 시스템은 건축과 소방 관계법령에 의해 진행되고 있으며, 크게 거실에서의 연기배출과 피난계단으로의 연기침투 방지를 목적으로 하고 있음, 거실에서의 연기배출은 배연창에 의한 자연배연과 기계제연에 의한 강제적 배연 규정이 있고, 피난계단으로의 연기침투 방지는 압력차를 이용하는 급기가압설비의 규정이 있음.

- 제연/배연 시스템 관련 기준은 건축물의 거실과 피난계단으로 적용범위가 한정되며, 대공간·터널·대합실 등의 복합·대형 공간으로 이루어지는 복합역사의 제연/배연 시스템으로는 적용에 한계가 있음.
- 차압 기준과 관련하여 실제 화재 환경에서는 기준치를 상회하는 경우가 잦으며, 이는 능동적인 제·배연 제어 시스템의 부재로 인한 결과로 보여짐.
- 시나리오별 제어 방식을 활용한 기술은 상기와 같이 다양한 측면으로 개발되었으나, 실시간 상황 인지 기반의 능동형 제연·배연 시스템은 여전히 연구개발이 부족함.
- 화재는 건축물의 목적에 따라 구조, 환기 특성 및 재실자 이동 특성이 극명하게 상이하므로, 대형 복합역사라는 특징적 구조를 고려하여 이에 적합한 능동적 제어 방식의 제·배연 시스템의 개발이 요구됨

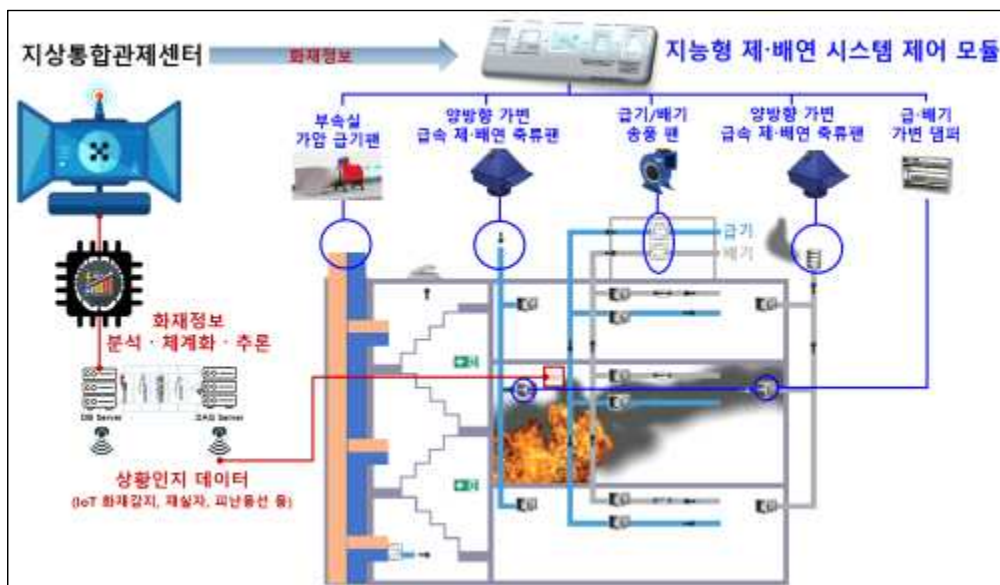


그림 2-3-15 지능형 제연·배연 시스템 기술 구성도

2. 국외 기술 동향

□ AI 대응 통합 시스템

○ (스마트 화재 발생 대응 시스템) 대만 Dynamic Evacuation System 소방 산업 분야 전문 업체인 Hex Safety에서 Dynamic Evacuation System을 개발

- 화재 상황 발생 시의 대응 시스템으로서 화재 수신기(Fire Alarm Control Panel), 각 층별 디바이스 정보 모니터링 패널 (Dynamic Evacuation Panel), 스마트 피난 라우팅 알고리즘(Smart Evacuation Routing Algorithm), 동적 대피안내기기 (Dynamic Signage Lights)로 구성
- 화재 정보 수신 시 수집된 정보를 패널에서 조회하고, LoRa 무선 통신을 통해 스마트 피난 라우팅 알고리즘에 따른 가장 안전한 대피 경로 안내를 대피안내기기에 전달



그림 2-3-16 Dynamic Evacuation System 모식도

- Smart Evacuation Routing Algorithm을 통해 화재 감지 센서에 의해 판단된 위험 구역(Hazardous zones)을 제외 후 탈출 경로 산정, Dynamic Evacuation Signage Lights을 통해 안전 경로 안내
- 유해연기 탐지 경로만 제외하고 안내하기 때문에 대피경로탐색 과정이 없어 빠른 경로나 진입 차단 등의 안내는 불가함

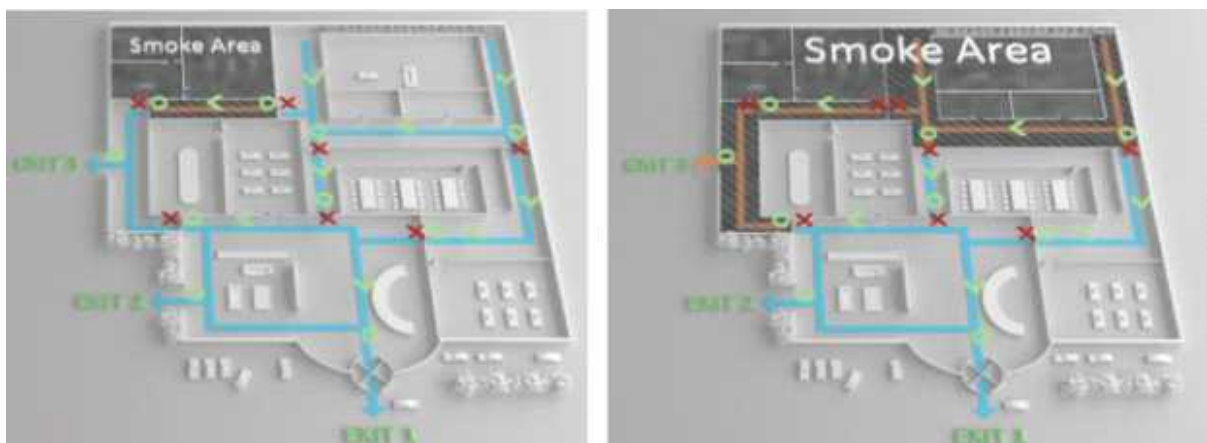


그림 2-3-17 Smart Evacuation Routing Algorithm을 활용한 위험 구역 제외 탈출 경로 산정

○ (재난안전 IoT 플랫폼) EU R&D 펀드로 진행된 Project eVACUATE는 대형 인구 밀집 공간 대상 재난안전 IoT 플랫폼을 연구개발

- 인원 밀집도가 높은 대형 경기장, 국제공항, 선박, 도시철도 역사 등을 대상으로 한 재난안전 IoT 플랫폼을 연구개발함
- 2013년도부터 진행하여 858만 유로를 지원받아 대형 컨소시엄으로 구성
- 대피대상자들에게는 대피안내 방향과 상황을 안내하는 Active Exit Signage와 모바일 어플리케이션을 통한 위치기반 실시간 대피안내경로를 동시에 제시
- 현재 아테네 국제 공항과 스페인 Real Sociedad에 일부 공간에서의 테스트를 진행하여 기존 안내 표지판 대비 대피시간 23% 감소의 결과를 나타내었으나, 한정된 공간의 테스트 결과라는 한계가 있음



그림 2-3-18 시뮬레이션 기반 경로 설정 -> Active Exit Signage

□ 재난 감지/예측/분석

○ (재실자수 모니터링 기술) 사물인터넷(IoT) 기반의 자체 배터리 방식을 사용, 적외선 센서 등 거리 측정 센서를 사용하여 특정 구역의 장애물 통과 정보를 추출하는 방식으로 출입자를 계수하는 방식의 재실자 모니터링 기술 개발

- 국외에서 개발된 적외선 센서 출입자 통제기(people counter)는 상권 분석, 유동 인구 조사, 통행량 측정을 위한 용도로 개발되어 활용
- 진입과 진출을 구별할 수 없고 사람과 물체의 구별이 불가하여 의미있는 인식률을 기대하기 어렵고 일반 상점의 진출입을 감시하는 목적으로 이용
- 휴대폰을 이용한 재실자 카운팅 기법은 사람들이 휴대폰을 늘 소지한다는 가정 하에 휴대폰의 발신 신호를 감지하여 출입자 수를 세는 방식으로 개발되었으며, 신호의 유무외의 정보는 수집되지 않기 때문에 모션 검출이 불가한 문제가 있고 다른 검출 센서와 결합된 형태로 구성하는 경우 높은 효과를 기대할 수 있다고 기대됨

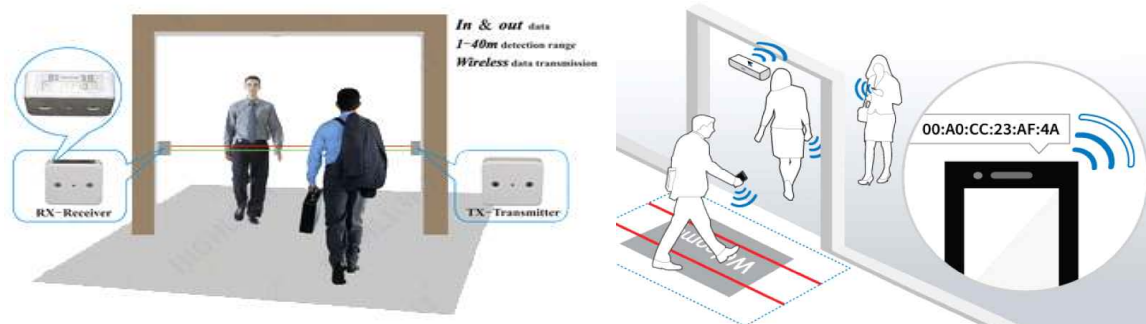


그림 2-3-19 적외선 이용(좌), 휴대폰 신호 이용(우) 출입기 계수기

○ (영상 기반 화재 감지 시스템) BOSCH에서 AVIOTEC의 IP 카메라를 활용해 데이터 기반으로 학습된 인공지능 알고리즘으로 화재 및 연기를 감지하는 시스템 개발

- 적외선 및 열화상 카메라 영상을 인공지능 기반의 알고리즘으로 분석하여 검출
- 상승 연기와 지속적인 기류 움직임을 기반으로 한 물리적 연기 모델 사용
- 방향과 속도를 변경하는 투명 및 반투명 물체의 모션 감지
- 불꽃 모양 및 조도 등급 판단, 물리 모델과 인공지능을 결합하여 사용



그림 2-3-20 (미국, 보쉬) 불꽃 & 연기 검출 카메라 AVIOTEC (출처 : Source Security)

□ 스마트 피난 안내

○ (스마트폰 실내 대피 내비게이션) 터키 Karabuk University에서 인공지능, RFID 및 스마트폰을 활용한 개인용 대피로 안내시스템 연구 수행

- RFID 태그를 가지고 있어야하여 불특정 다수가 사용하는데 제약이 있음

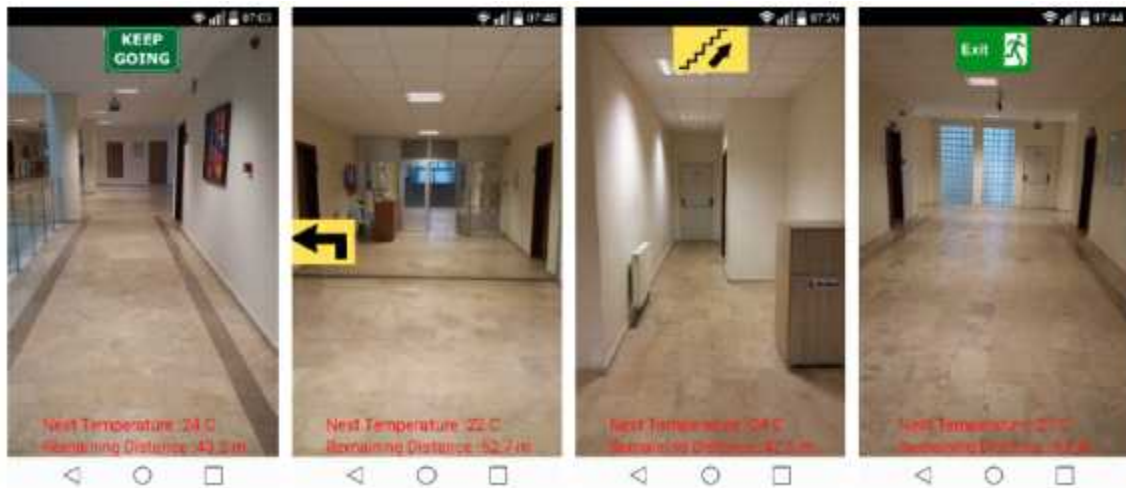


그림 2-3-21 스마트폰용 대피로 안내 시스템

○ (대피통로 유도 시스템) EU R&D 펀드로 진행된 Project GETAWAY는 기차 역사 대상 대피 안내 솔루션을 연구개발

- 2013년도부터 3백만 유로의 예산을 투입하여 재난상황 발생 시 대피유도 안내를 하기 위한 Intelligence Adaptive Dynamic Signage System에 대해 연구를 진행
- 재난 상황이 발생하는 경우에 따라 제공할 수 있는 대피로에 대한 시나리오를 사전에 입력하여 대피 유도를 하는 방식을 취하고 있음
- 재난 시 소방 동선과 출구를 설계하기 위한 용도의 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 대피경로를 산출하였기에 대피경로 계산에 소요되는 시간이 (6~8분) 오래 걸림



그림 2-3-22 Project GETAWAY 참고이미지

○ (최적 대피 경로 생성 알고리즘) 중국 Fuquan Pan 연구팀은 Social Force 모델을 이용하여 건물 속 화재 발생 시 요구조자의 최적 경로 생성 알고리즘 연구

- 해당 알고리즘은 다양한 요구조자가 발생하였을 때 적용하기 쉬우나, 하나의 비상구만을 두고 최적 경로를 생성하였기 때문에 복잡한 지형상태에서 적용하기 어려움

○ (최적 대피 경로 생성 알고리즘) 중국 Huixian Jiang 연구팀은 모바일 기기에서 사용가능한 AI 기반 화재 대피 시스템에 대한 연구

- 해당 알고리즘은 동적으로 변화하는 상황에서 대피 경로를 생성한다는 점에서 진보성이 있으나, 단순히 최단 거리만을 최적의 경로라고 파악하는 등 실제 화재 상황에 적용 하기엔 무리가 있음

○ (최적 대피 경로 생성 알고리즘) 영국 Stelios Sotiriadis 연구팀은 화재 상황에서 다수의 요구조자가 있을 때 가상의 힘을 모델링하여 대피 경로 생성 및 대피 시스템 개발 및 시뮬레이션

- 해당 시스템을 이용하여 20% 이상의 요구조자를 구조할 수 있었다고 보고함
- 해당 시스템은 정적인 환경에서 검증되었기 때문에 복잡하고 동적인 환경에서 검증을 하여야 함

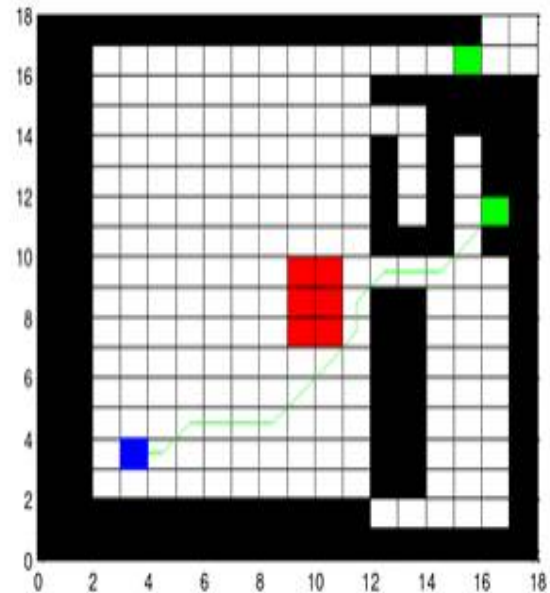
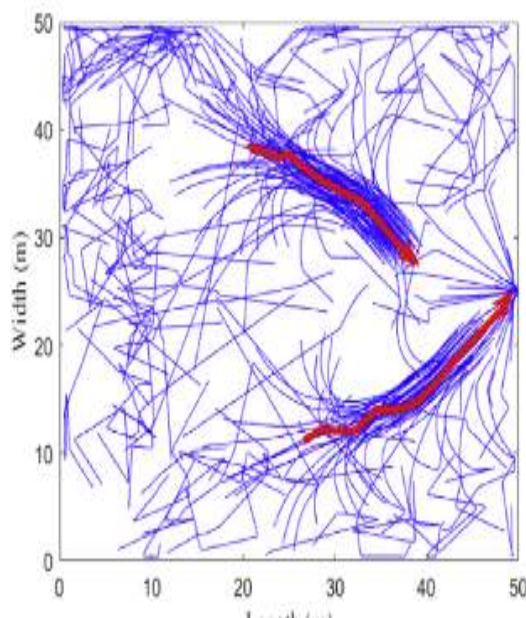


그림 2-3-23 중국 청도대학의 경로생성 알고리즘(좌), Huixian Jiang 연구팀 대피 경로 생성 알고리즘(우)

□ 제배연/소화

○ (지능형 제연/배연 시스템) 국외의 연구에서는 대형 역사에서 화재발생시 이용자의 안전한 대피를 위한 방안의 하나로서 연기의 확산방지와 배출 및 피난경로로의 침투 방지를 위한 제연/배연 시스템을 제시하고 있으며, 송풍계통 최적설계와 지능형 실시간 제어 방안 및 성능검증 규정 등이 활용되고 있음

- 특히 대상공간과 화재조건 및 피난경로 등을 고려해서 가압(Pressurization), 유동(Airflow), 부력(Buoyancy), 구획(Compartment), 배연(Exhaust) 등의 다양한 제연/배연 시스템 설계기법을 개발하여 활용하고 있음
- 즉, 연기생성·확산·제어분야의 이론적 기반 확립과 다양한 실규모 실험을 통하여 제연/배연 시스템 설계기술을 개발하여 왔으며, 효율성과 적응성을 확보한 제기준 정립에 지속적인 투자를 하고 있음

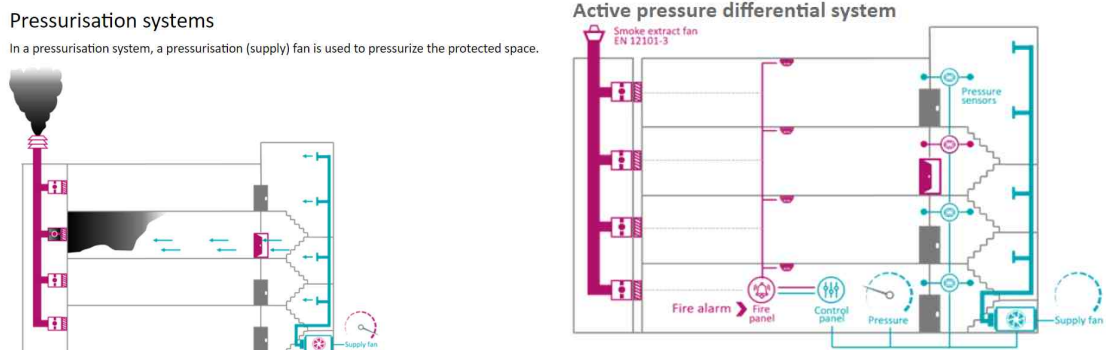


그림 2-3-24 (미국)계단실 능동형 차압 제연시스템

- 미,독 등 선진국에서 보편적으로 사용하는 능동 차압 시스템은 보호 공간과 인접한 방 또는 방화 실 사이의 압력 차이 정보를 기반으로 연기제어를 하게 되며 인접한 방과 관련된 보호 공간의 압력 차이는 주파수 인버터와 같은 가변속도 드라이브(VSD) 제어 팬에 의해 제어됨
- 차압 제연시스템의 기본 원리는 제연구역의 출입문 경계 사이 차압(화재 시 화재 실과 제연구역간의 압력 차)의 최대와 최소 허용 차압을 유지하면서 문을 개폐함으로써 연기 이동을 막는 것이며 따라서 해외에서는 반드시 최대, 최소 허용차압을 규정하고 있음. 출입문의 원활한 개폐와 직접 관련된 개방력을 중요시하기 때문임. 하지만 국내에서는 이 방식을 적용하지 않고 부속실 단독 급기가압 제연방식의 시스템을 도입하였음

□ 통합운영시스템

○ 런던, 크로스레일의 주요 화재안전관리 시스템

- 제안된 개방형 통로 철도 차량의 화재 안전 설계
- 터널 환기 및 플랫폼 연기 제어를 위한 화재 크기 설계 시스템
- 모든 터널에 대한 시스템 차원의 화재 전략 수립
- 터널 및 모든 역에 대한 연기제어 및 터널용 소방 시스템 운영
- 역사의 화재안전 설계를 위하여 역사내부의 비상통로, 상부 도로의 피난루트 등을 고려하였으며 화재발생시 시간에 따른 가시도를 계산하여 피난 통로의 안전성을 검토함. 이를 위하여 화재연기의 거동을 전산유체역학으로 해석 검증

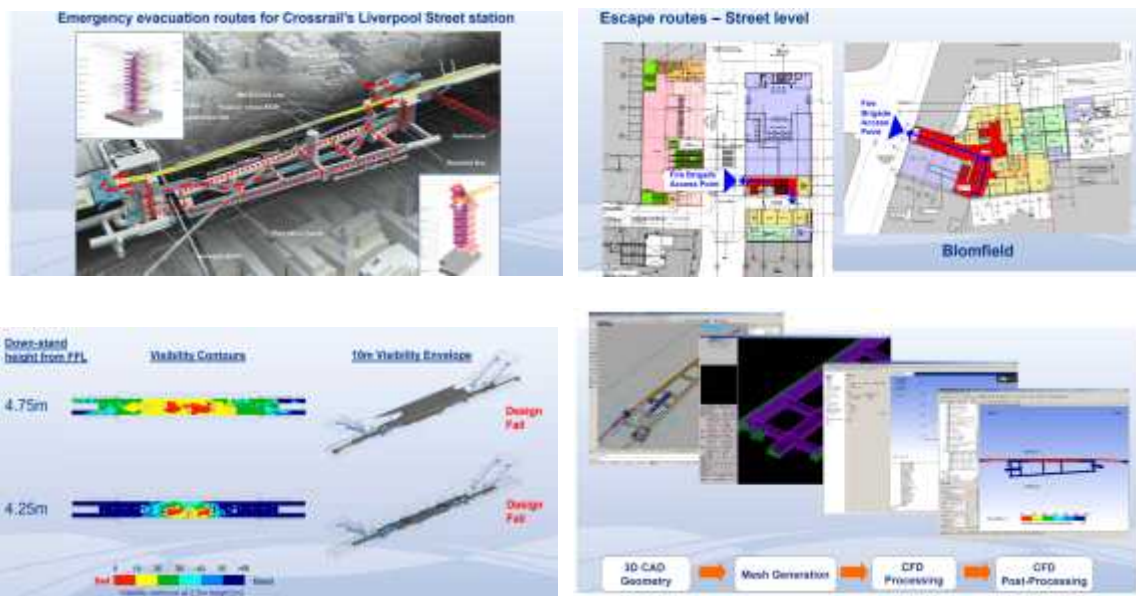


그림 2-3-25 Liverpool st. 지하역 안전성 분석 수행 사례(출처 : Mott MacDonald)

○ 터널 및 승강장 연계 화재안전 설계

- 승강장 설계화재강도 1.1 MW
- 철도차량 설계화재강도 8.8 MW

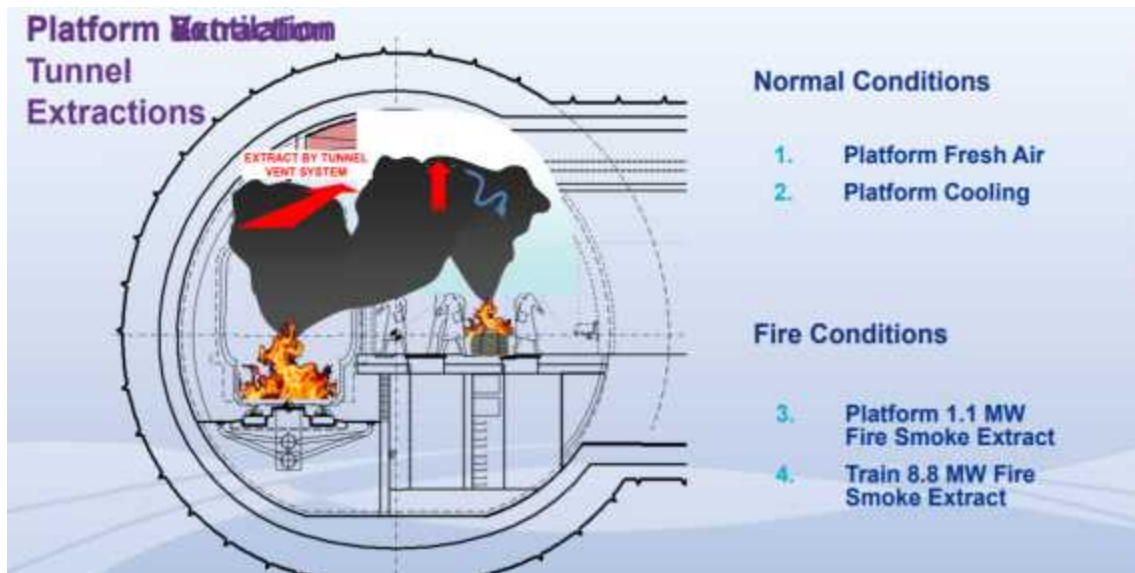


그림 2-3-26 크로스레일 터널 화재안전 설계 개략도(출처 : Mott MacDonald)

○ twin tunnel로 설계되었으며 비상시 작동하는 터널환기 시스템 도입

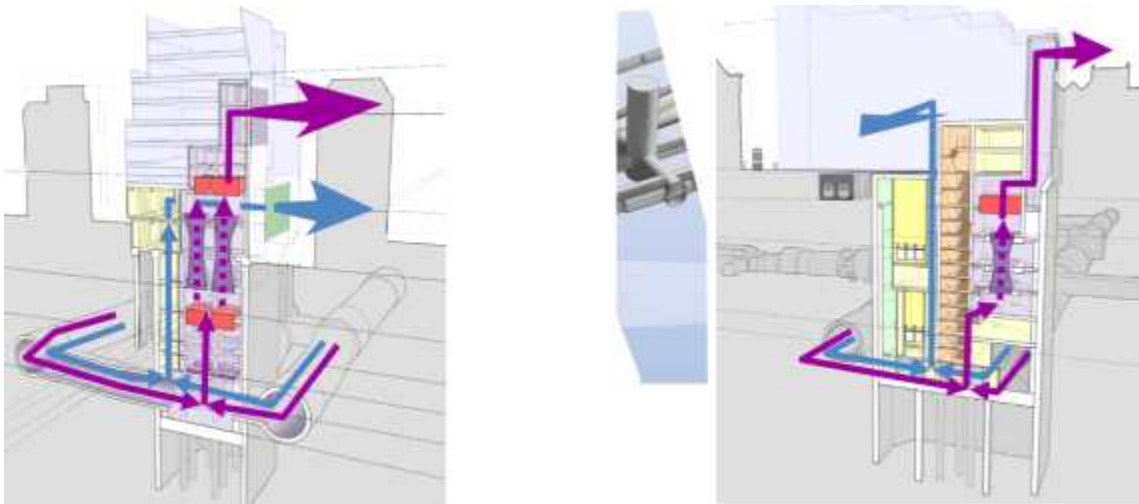


그림 2-3-27 환기시스템(출처 : Mott MacDonald)

제4절 논문 및 특허 분석

1. 논문분석

1.1. 분석개요

□ 분석 목적

- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술의 SCI 논문 동향분석을 통해 연구 동향의 파악과 해당 분야의 기술 및 수준을 간접적으로 평가하고 사업추진 방향 도출에 활용
- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응기술을 화재 감지 및 위험분석/예측 기술, 화재대응 기술, 통합방재시스템 구축·운영으로 분류하여 기술관련 국내·외 SCI급 논문을 분석

□ 분석 범위

- 2001년부터 2020년까지 20년 동안의 관련 분야 전세계 SCI 논문을 대상으로 분석

표 2-4-1 분석 대상

대상 종류	내용
논문 DB	더웬트 이노베이션 (Derwent Innovation)
검색조건	Web of science
검색기간	2001.01.01. ~ 2020.12.31. (총 20년)

- 발주처와의 논의를 거쳐 확정된 중분류 및 소분류 기술 체계를 기준으로 정량분석을 실시

표 2-4-2분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	기술 정의
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	화재정보(연기, 온도, 가스, 이미지, 열화상 등)를 디지털화하여 관제센터로 전송하는 기술
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	화재정보 및 상황(시간별 이용자 수, 동선 정보, 출입구 이용현황 등) 빅데이터 분석을 통한 위험도 평가 및 경보·안내 기술
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	방화구획, 방화스크린 제어, 제배연시스템 가동 등 화재연기 차단 및 제·배연을 위한 기술
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	시설 정보, 화재 전파 상황, 승객 밀집도 기반 최적 대피로 판단 및 대피로 안내 스마트 대피통로, 구난 셔틀 등 대피 시설·장비의 개발, 개선, 운영을 위한 기술
		ABC. 화재 소화 기술	자동소화시스템, 소화구획화 등 소화 성능 향상 지원을 위한 설비 운영 기술
	AC. 통합방재시스 템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	역사 연기 차단 및 제·배연 시스템, 대피로 안내, 대피 시설·장치 등의 통합 운영·관리 시스템 개발 기술

□ 분석 방법

- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술을 중분류 3가지, 소분류 5가지로
구분하여 논문 동향을 분석
 - 소분류별 검색 키워드를 조합하여 검색식을 확정하여 이를 논문 DB에 적용하여
로데이터(Raw Data)를 확보함
 - 로데이터는 발주처의 검토를 통해 노이즈를 제거하고 기술을 재분류하여 분석대
상 유효건수를 선별함
 - 유효건수를 대상으로 게재연도별, 국가별 등으로 분류하여, 각 중점추진 기술별
로 논문게재수, 점유율 등으로 구분하여 분석을 수행함

표 2-4-3 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	기술 정의
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	화재정보(연기, 온도, 가스, 이미지, 열화상 등)를 디지털화하여 관제센터로 전송하는 기술
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	화재정보 및 상황(시간별 이용자 수, 동선 정보, 출입구 이용현황 등) 빅데이터 분석을 통한 위험도 평가 및 경보·안내 기술
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	방화구획, 방화스크린 제어, 제배연시스템 가동 등 화재연기 차단 및 제·배연을 위한 기술
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	시설 정보, 화재 전파 상황, 승객 밀집도 기반 최적 대피로 판단 및 대피로 안내 및 스마트 대피통로, 구난 셔틀 등 대피 시설·장비의 개발, 개선, 운영을 위한 기술
		ABC. 화재 소화 기술	자동소화시스템, 소화구획화 등 소화 성능 향상 지원을 위한 설비 운영 기술
	AC. 통합방재시스 템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	역사 연기 차단 및 제·배연 시스템, 대피로 안내, 대피 시설·장치 등의 통합 운영·관리 시스템 개발 기술

□ 논문 검색식

표 2-4-4 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계

기술분류			구 분	검색식	검색 건수	중복 제거	유효 건수
대분류	중분류	소분류					
A. 대형복합역 사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예 측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND ((fire* OR flame* OR smoke) NEAR/5 (collect* OR detect* OR sens* OR digitaliz* OR monitor*))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));	54	54	10
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND (((fire* OR flame* OR smoke) AND (risk) AND (Analy* OR predict* OR simulat* OR imaginary OR virtual OR senario OR algorithm)) OR ((fire* OR flame* OR smoke OR emergency) NEAR5 (alarm* OR	145	122	55

				warn* OR inform* OR alert OR caution)))))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));			
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame*) AND ((smoke) AND (control OR emission OR exhaust* OR extraction))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));	87	65	48
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame* OR smoke) AND (((escap* OR egress OR evacuat* OR rescue) NEAR3 (pathfind* OR guid* OR route OR exit OR Inform*)) OR ((escap* OR egress OR evacuat* OR rescue) NEAR3 (shelter OR device* OR facility* OR equipment* OR partition* OR wall OR door OR damper OR shutter OR curtain OR block OR compartment)))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));	154	119	78
		ABC. 화재 소화 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND ((fire* OR flame*) NEAR3 (fight OR extinguish* OR prevent* OR stop* OR suppression))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));	49	31	8
		ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	영 문	ALL=(((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) ADJ1 station) OR ((large* OR high) ADJ2 (building*)) OR ((underground) ADJ1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame*) AND ((integrat* OR total*) NEAR3 (control OR management OR system OR program* OR software))) AND (PY>=(2001) AND PY<=(2020));	18	8	12

□ 유효특허 선별 결과

- 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 확보한 로데이터(Raw Data) 중 '대형 복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술'과 무관한 내용의 논문은 분석에서 제외되도록 노이즈를 제거

- 각 소분류별로 노이즈를 제거하여 다음과 같이 유효데이터를 추출

표 2-4-5 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	선별 결과	
			Raw-data	유효데이터
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	54	10
		AB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	122	55
	소계		176	65
	AB. 화재 대응 기술	BA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	65	48
		BC. 이용자 대피 지원 기술	119	78
		CA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	31	8
	소계		215	134
	AC. 통합방재시스템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	8	12
	소계		8	12
	총계		399	211

1.2. 전체

- 최근 20년 간 SCI 논문 게재 수를 분석한 결과, 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야 논문이 2016년 이후 증가하는 추세로 보이나, 한국은 매우 미흡한 수준
- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야의 20년간 게재된 전세계 SCI 논문은 총 208편으로 조사되었으며, 2016년 이후 증가하는 추세
- 2001년 1편의 논문을 시작으로 증가와 감소를 반복하였으나, 2016년 9건의 논문 게재 이후 증가하여 2020년 42건으로 급증함

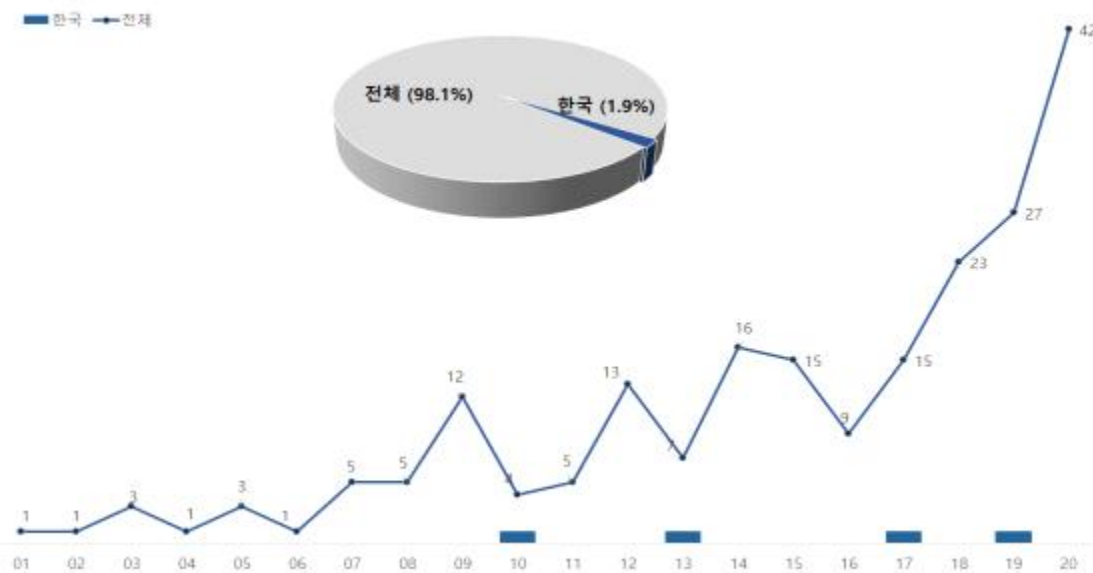


그림 2-4-1 연도별 SCI 논문게재 건수 추이

- 중분류 기준 연도별 논문게재 수를 분석한 결과, AB.화재대응기술 분야의 논문이 가장 많이 증가하였으며, 가장 많은 비중을 차지
- AA.화재감지 및 위험분석/예측 기술, AB.화재대응 기술 분야는 상이한 구간이 존재하나 증가하는 추세
- AA.화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야는 2004년 1건의 논문을 시작으로 점차 증가하여 2020년 18건의 논문을 게재함
- AB.화재대응 기술 분야는 2001년 1건의 논문 시작으로 점차 증가하여 2020년 22건의 논문이 게재됨
- AC.통합방재시스템 구축·운영의 경우 2008년 이후 12건 논문을 게재하여 매우 미흡한 수준

- 중분류별 비중을 분석한 결과, AB.화재대응 기술 분야가 총 131편(63%)으로 가장 많은 비중을 차지
- AA.화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 65편(31.3%), AC.통합방재시스템 구축·운영 분야 12편(5.8%) 순으로 비중을 차지



그림 2-4-2 연도별 게재된 논문 수

표 2-4-6 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수

(단위 : 건)

대분류	연도별 논문게재 건수																				합계
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
AA				1	1		1	3	2	2	2	3	2	3	4	1	3	7	12	18	65
AB	1	1	3		2	1	4	1	9	2	2	10	4	11	9	8	12	16	13	22	131
AC								1	1		1		1	2	2				2	2	12
합계	1	1	3	1	3	1	5	5	12	4	5	13	7	16	15	9	15	23	27	42	208

- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야의 SCI 논문 상위 5개국을 분석한 결과, 잉글랜드 77편(37.0%)으로 가장 높은 비중을 차지
- 네덜란드 54편(26%), 미국 35편(16.8%), 스위스 16편(7.7%), 중국 5편(2.4%), 한국 4편(1.9%) 순으로 차지하였으나, 5위부터는 큰 격차를 보임
- 한국의 경우 전체 18개국 중 6위를 차지하였으나, 전체 논문 비중은 1.9% 수준으로 연구 활동이 활발하지 않는 것으로 분석

표 2-4-7 상위 6개 국가의 논문 편수 및 비중 비교

순위	국가명	논문편수(20년간)	비중(%)
1	잉글랜드	77	37.0
2	네덜란드	54	26.0
3	미국	35	16.8
4	스위스	16	7.7
5	중국	5	2.4
6	한국	4	1.9
7	기타	17	8.2
전체		208	100

- 국가별 영향력 지수(IF) 분석결과, 잉글랜드(15.221)의 학술적 성과가 가장 높고, 한국(3.5)의 낮은 것으로 분석됨
- 국가별 영향력 지수(IF)는 잉글랜드(15.221), 네덜란드(14.259), 중국(10.8), 미국(9.118), 스위스(4.813), 한국(3.5) 순으로 나타남
 - 중국의 경우 5건의 논문 중 2건의 피인용수가 각각 16회, 34회로 나타나 IF 값이 높게 나온 것으로 분석됨
 - 한국의 논문 피인용 수는 14회로 IF 3.5로 나타났으며, 상위 5개 국가와 비교했을 때 학술적 성과가 초기 단계인 것으로 분석

표 2-4-8 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석

순위	국가	논문 편수	국가별 논문 피인용수	전체 논문 피인용수	IF*
1	잉글랜드	77	1,172	3,226	15.221
2	네덜란드	54	770	3,226	14.259
3	미국**	34	310	3,226	9.118
4	스위스	16	77	3,226	4.813
5	중국	5	54	3,226	10.800
6	한국	4	14	3,226	3.500

* IF(Impact factor) : 국가별 영향력 지수인 IF는 피인용횟수/총수록논문수 계산

** 미국의 경우, 논문 1개의 피인용 수가 727건으로 전체 평균에 영향을 주는 값으로 판단하여 제외하고 분석

1.3. 화재감지 및 위험분석/예측 기술

- 최근 20년간 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야의 SCI 논문게재 수를 분석한 결과, 상이한 구간이 존재하나 증가하는 추세로 분석됨
- 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야의 20년간 게재된 전세계 SCI 논문은 총 65편으로 2016년 이후 증가하여 2020년 18건의 논문이 게재됨

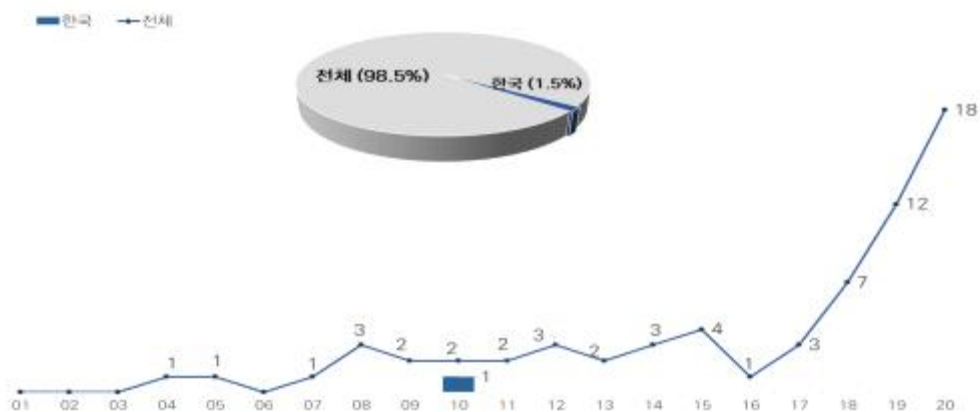


그림 2-4-3 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 출원건수

- 한국의 SCI 논문게재 수는 최근 20년간 총 1편으로, 전체 SCI 논문 중 1.5%를 차지

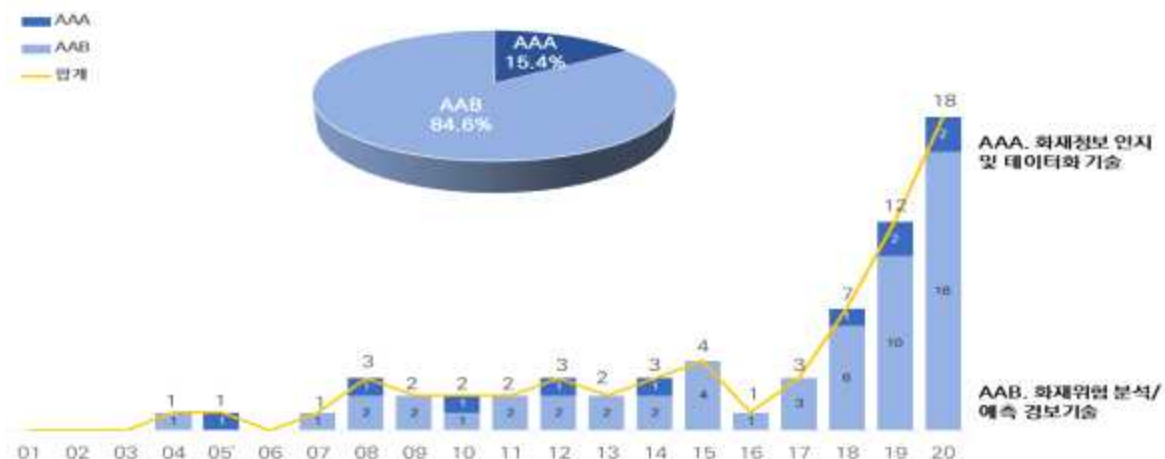


그림 2-4-4 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 출원건수

표 2-4-9 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수

(단위 : 건)

대분류	연도별 논문게재 건수																				합계
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
AAA					1			1		1		1		1				1	2	2	10
AAB				1			1	2	2	1	2	2	2	2	4	1	3	6	10	16	55
합계				1	1		1	3	2	2	2	3	2	3	4	1	3	7	12	18	65

□ 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야의 SCI 논문게재 수 기준 상위 6개국을 분석한 결과, 잉글랜드가 19편(29.2%)으로 가장 높은 비중을 차지

○ 네덜란드 18편(27.7%), 미국 20편(20.0%), 스위스 7편(10.8%), 독일 2편(3.1%), 한국 1편(1.5%) 순으로 나타남

표 2-4-10 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석

순위	국가	논문 편수	국가별 논문 피인용수	전체 논문 피인용수	IF*
1	잉글랜드	19	280	648	14.737
2	네덜란드	18	204	648	11.333
3	미국	13	103	648	7.923
4	스위스	7	17	648	2.429
5	독일	2	6	648	3.000
6	한국	1	13	648	13.000

* IF(Impact factor) : 국가별 영향력 지수인 IF는 피인용횟수/총수록논문수 계산

1.4. 화재대응 기술

- 최근 20년간 화재대응 기술 분야의 SCI 논문게재 수를 분석한 결과, 상이한 구간이 존재하나 증가하는 추세로 분석됨
- 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야의 20년간 게재된 전세계 SCI 논문은 총 131편으로 2001년 1편을 시작으로 증가와 감소를 반복하였으나 2020년 22편의 논문이 게재됨

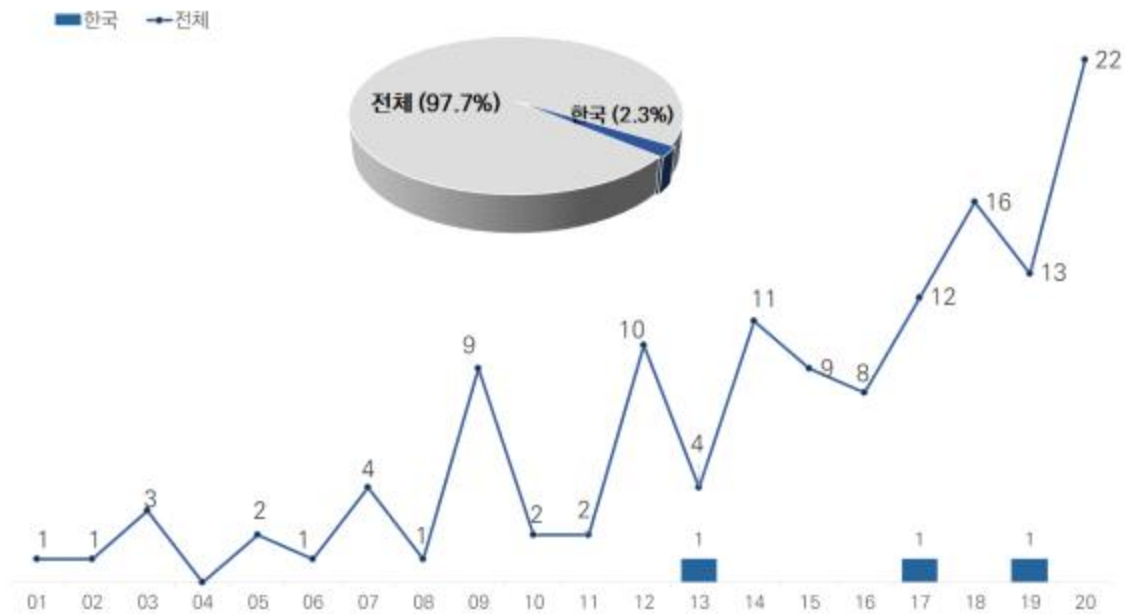


그림 2-4-5 화재대응 기술 분야 연도별 출원건수

- 한국의 SCI 논문게재 수는 최근 20년간 총 3편으로, 전체 SCI 논문 중 2.3%를 차지

표 2-4-11 화재대응 기술 분야의 한국 SCI 논문점유율 현황

구분	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	합계
한국													1				1		1		3
전체	1	1	3		2	1	4	1	9	2	2	10	4	11	9	8	12	16	13	22	131
비중 (%)													25				8.3		7.7		2.3

- 소분류 기준 연도별 논문게재 수를 분석한 결과, 이용자 대피지원 기술 분야의 논문의 비중이 가장 크고, 최근 증가하는 추세
- 화재연기 차단 및 제·배연기술과 이용자 대피지원 기술은 크게 증가하는 추세를 보였으나, 화재 소화기술은 여전히 미흡한 수준
- 이용자 대피지원 기술 분야는 2005년 2편의 논문을 시작으로 2019년 감소하였으나, 2020년 14편의 논문이 게재됨
- 화재연기 차단 및 제·배연 기술 분야는 2001년 1편의 논문을 시작으로 2020년 8편의 논문이 게재됨
- 소분류별 비중을 분석한 결과, 이용자 대피지원 기술 분야가 총 77건(58.8%)으로 전체의 절반 이상을 차지
- 화재연기 차단 및 제·배연 기술(35.1%), 화재 소화기술(6.1%) 순으로 나타남
- 특히, 화재 소화기술 분야는 20년간('01~'20) 총 8건(6.1%)의 논문이 게재되어 학술적 성과가 미흡한 것으로 분석



그림 2-4-6 화재대응 기술 분야 연도별 출원건수

표 2-4-12 화재대응 기술 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수

(단위 : 건)

대분류	연도별 논문게재 건수																				합계
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
ABA	1	1	2			1	1	1	1	1		2	3	5	3	2	5	7	2	8	46
ABB					2		2		8	1	1	7	1	4	6	5	6	9	11	14	77
ABC			1				1				1	1		2		1	1				8
합계	1	1	3		2	1	4	1	9	2	2	10	4	11	9	8	12	16	13	22	131

- 화재대응 기술 분야의 SCI 논문게재 수 기준 상위 6개국을 분석한 결과, 잉글랜드가 52편(39.2%)으로 가장 높은 비중을 차지
- 네덜란드 34편(26.0%), 미국 21편(16.0%), 스위스 8편(6.1%), 한국 3편(2.3%), 중국 2.5편(1.5%) 순으로 나타남

표 2-4-13 화재대응 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 편수 및 비중 비교

순위	국가명	논문편수(20년간)	비중(%)
1	잉글랜드	52	39.7
2	네덜란드	34	26.0
3	미국	21	16.0
4	스위스	8	6.1
5	한국	3	2.3
6	중국	2	1.5
7	기타	11	8.4
전체		131	100

- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야 국가별 영향력 지수(Impact factor)를 분석한 결과, 네덜란드 논문의 IF가 16.294로 가장 높고, 잉글랜드(15.038), 미국(10.250) 순으로 분석됨
- 소분류별 논문의 전 세계 평균 피인용 횟수는 이용자 대피지원 기술 14.96, 화재연기 차단 및 제·배연 기술, 화재 소화기술 3.88 순으로 나타남
- 화재대응 기술 분야의 전체 국가 논문의 피인용 수는 1,688회이며, 평균 피인용 횟수는 12.98회로 나타남

※ 이용자 대피지원 기술 분야의 경우, 논문 1편의 피인용 횟수가 727회로 전체 평균에 큰 영향을 주는 이상치 값으로 판단하여 제외하고 분석

표 2-4-14 분야별 피인용 횟수 분석

구분	논문 편수	피인용 횟수	평균 피인용 횟수(편당)
ABA. 화재연기 차단 및 제·배연 기술	46	520	11.3
ABB. 이용자 대피지원 기술	76	1,137	14.96
ABC. 화재 소화기술	8	31	3.88
전체	130	1,688	12.98

* 이용자 대피지원 기술 분야의 논문 1개의 피인용 수가 727회으로 전체 평균에 영향을 주는 값으로 판단하여 제외하고 분석

- 국가별 영향력 지수(IF) 분석결과, 네덜란드(16.294)의 학술적 성과가 가장 높고, 한국(0.3)이 가장 낮은 것으로 분석됨
- 국가별 영향력 지수(IF)는 네덜란드(16.294), 잉글랜드(15.038), 미국(10.250), 중국(8.5), 스위스(7.250), 한국(0.3) 순으로 나타남
- 한국의 논문 피인용 수는 1회로 IF 0.3으로 나타났으며, 상위 5개 국가와 비교했을 때 학술적 성과가 매우 미흡한 것으로 판단

표 2-4-15 화재대응 기술 분야 상위 6개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석

순위	국가	논문 편수	국가별 논문 피인용수	전체 논문 피인용수	IF*
1	잉글랜드	52	782	2,415	15.038
2	네덜란드	34	554	2,415	16.294
3	미국	20	205	2,415	10.250
4	스위스	8	58	2,415	7.250
5	한국	3	1	2,415	0.333
6	중국	2	17	2,415	8.500

* IF(Impact factor) : 국가별 영향력 지수인 IF는 피인용횟수/총수록논문수 계산

** 미국의 경우, 논문 1개의 피인용 수가 727건으로 전체 평균에 영향을 주는 값으로 판단하여 제외하고 분석

1.5. 통합방재시스템 구축·운영

- 최근 20년간 통합방재시스템 구축·운영 분야의 SCI 논문게재 수를 분석한 결과, 총 12건의 논문이 게재되어 학술적 성과가 미흡한 것으로 분석
- 2008년 1편의 논문을 시작으로 매년 0~2편의 논문이 게재되었으나, 2020년 기준 2편의 논문이 게재되어 학술적 성과가 초기단계인 것으로 분석

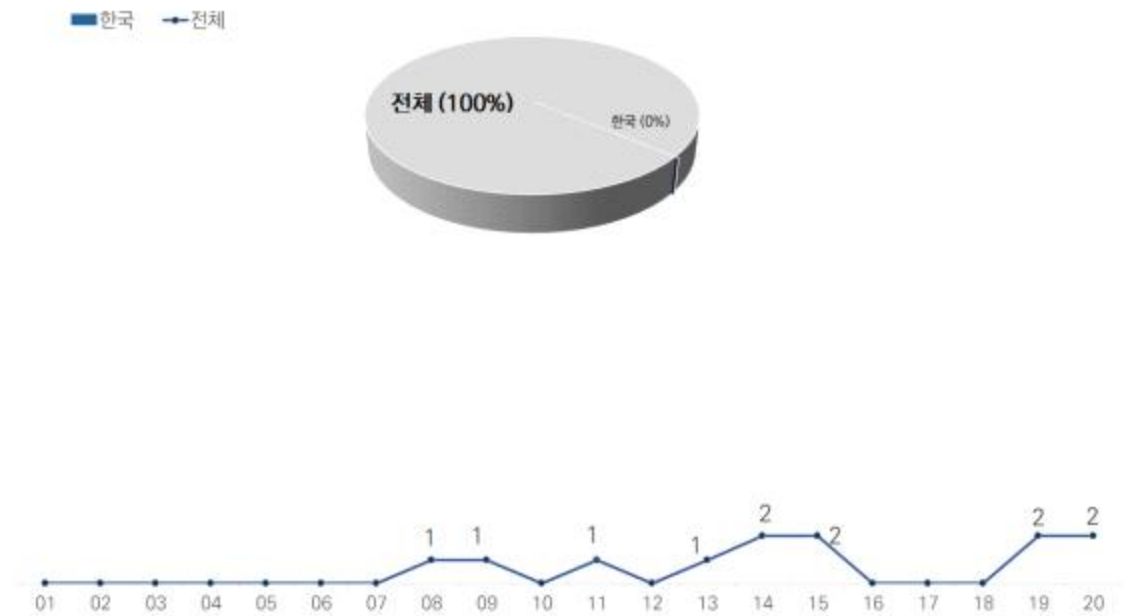


그림 2-4-7 통합방재시스템 구축·운영 분야 연도별 출원건수

- 최근 20년간 한국의 SCI 논문게재 수가 없었으며, 대형복합역사의 통합방재시스템 구축·운영의 학술적 성과가 없었던 것으로 나타남

표 2-4-16 통합방재시스템 구축·운영 분야 한국의 SCI 논문점유율 현황

구분	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	합계
한국																					0
전체								1	1		1		1	2	2				2	2	12
비중 (%)																					0

표 2-4-17 통합방재시스템 구축·운영 분야 연도별 중점기술분야의 논문게재 건수

(단위 : 건)

대분류	연도별 논문게재 건수																				합계
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
ACA								1	1		1		1	2	2				2	2	12
합계								1	1		1		1	2	2				2	2	12

- 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야 국가별 영향력 지수(Impact factor)를 분석한 결과, 중국(18.5), 잉글랜드(18.3)가 높은 것으로 나타남
- 전체 국가 논문의 피인용 수는 총 163회이며, 논문 1편당 평균 13.58회 피인용 된 것으로 나타남

표 2-4-18 분야별 피인용 횟수 분석

구분	논문 편수	피인용 횟수	평균 피인용 횟수(편당)
ACA. 통합방재시스템 구축·운영	12	163	13.58
전체	12	163	13.58

- 상위 5개 국가의 논문 게재 수를 분석한 결과, 잉글랜드가 총 6편으로 전체 50% 비중을 차지
- 게재 논문의 비중은 네덜란드(16.7%), 중국(16.7%), 미국(8.3%), 스위스(8.3%) 순으로 나타남

표 2-4-19 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야 상위 5개 국가의 논문 편수 및 비중 비교

순위	국가명	논문편수(20년간)	비중(%)
1	잉글랜드	6	50.0
2	네덜란드	2	16.7
3	중국	2	16.7
4	미국	1	8.3
5	스위스	1	8.3
전체		12	100

- 국가별 영향력 지수(IF) 분석결과, 중국(18.5)의 학술적 성과가 가장 높고, 미국과 스위스가(2.0) 가장 낮은 것으로 분석됨
- 국가별 영향력 지수(IF)는 중국(18.5), 잉글랜드(18.333), 네덜란드(6.0), 미국(2.0), 스위스(2.0) 순으로 나타남
- 한국의 경우 게재된 논문 수가 없으며, 학술적 성과가 전혀 없는 것으로 나타남

표 2-4-20 통합방재시스템 구축·운영 분야 상위 5개 국가의 논문 영향력 지수(IF) 분석

순위	국가	논문 편수	국가별 논문 피인용수	전체 논문 피인용수	IF*
1	잉글랜드	6	110	163	18.333
2	네덜란드	2	12	163	6.000
3	중국	2	37	163	18.500
4	미국	1	2	163	2.000
5	스위스	1	2	163	2.000

* IF(Impact factor) : 국가별 영향력 지수인 IF는 피인용횟수/총수록논문수 계산

2. 특허분석

2.1. 분석개요

□ 분석 목적

- 대형복합역사 및 유사공간에서의 화재대응 특허 분석을 통해 '인공지능 기반 대형 복합역사 화재대응 기술개발사업' 추진의 과학기술적 타당성을 확보하고 추진 내용 설계에 반영
- 대형복합역사의 공간적 특성에 따른 대응 이슈를 해결하는 것이 동 사업 추진의 목적이므로, 유사한 공간적 특성(대형/폐쇄성/복잡성)을 갖는 지하공간, 대형쇼핑몰, 대형빌딩 등 기술 적용 범위를 확대하여 특허 동향을 살펴봄
 - ※ 다양한 동선 형태로 이용객이 이동하거나 밀집해있는 공간을 고려. (즉 열차 내부, 터널 등은 제외)
- 위험예측, 화재대응, 통합관제시스템 관점에서의 기술트렌드를 분석함으로써 '대형 복합역사 화재 대응' 기술확보 필요성 및 기술확보 방안 설계시 기초자료로 활용

□ 분석 범위

○ 분석 대상 특허³⁾

표 2-4-21 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계

자료 구분	국가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	포커스트 (Focust)	2001.01 ~ 2020.12	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)			
	일본(JPO)			
	중국(SIPO)			
	유럽(EPO)			

3) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련 정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2020년 1월 1일(출원일 기준) 이후의 시간 구간에서는 그 정량적 의미가 유효하지 않을 수 있음

○ 기술분류체계

- 발주처와의 논의를 거쳐 확정된 중분류 및 소분류 기술 체계를 기준으로 정량분석을 실시

표 2-4-22 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	기술 정의
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	화재정보(연기, 온도, 가스, 이미지, 열화상 등)를 디지털화하여 관제센터로 전송하는 기술
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	화재정보 및 상황(시간별 이용자 수, 동선 정보, 출입구 이용현황 등) 빅데이터 분석을 통한 위험도 평가 및 경보·안내 기술
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	방화구획, 방화스크린 제어, 제배연시스템 가동 등 화재연기 차단 및 제·배연을 위한 기술
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	시설 정보, 화재 전파 상황, 승객 밀집도 기반 최적 대피로 판단 및 대피로 안내 스마트 대피통로, 구난 셔틀 등 대피 시설·장비의 개발, 개선, 운영을 위한 기술
		ABC. 화재 소화 기술	자동소화시스템, 소화구획화 등 소화 성능 향상 지원을 위한 설비 운영 기술
	AC. 통합방재시스 템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	역사 연기 차단 및 제·배연 시스템, 대피로 안내, 대피 시설·장치 등의 통합 운영·관리 시스템 개발 기술

□ 특허 검색식

표 2-4-23 대형복합역사 및 유사공간 화재대응기술 분류체계

기술분류			구분	검색식	검색 건수	중복 제거	유효 건수
대분류	중분류	소분류					
A. 대형복합 역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/ 예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	한글	((("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND (((화재 OR 연기 OR 유독가스) W/3 (감지 OR 감 시 OR 인지 OR 탐지 OR 인식 OR 측 정 OR detect* OR sens* OR 센싱 OR 모니터링 OR monitor*)) OR (화 재정보 OR 화재데이터 OR "화재 데 이터" OR "화재 정보" OR 열화상 OR (화재 W/3 (데이터 OR data OR 디지 털화 OR digitaliz* OR 영상 OR 이미 지 OR image)))) AND AD=20010101:20201231	131	35	24

			영문	((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR ((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND ((fire* OR flame* OR smoke) N/5 (collect* OR detect* OR sens* OR digitaliz* OR monitor*)) NOT TI=(vehicle OR tunnel OR weapon* OR asset) AND AD=20010101:20201231	551	551	66
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	한글	(("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND (((화재 OR 연기 OR 유독가스 OR 화재위험) N/3 (예측 OR 평가 OR 분석 OR 시나리오 OR 시뮬레이션 OR 알고리즘 OR simulat* OR scenario OR algorithm)) OR ((화재 OR 연기 OR 유독가스) N/3 (경보 OR 알림 OR 수신 OR 알람 OR 통보 OR 안내))) AND AD=20010101:20201231	258	143	36
			영문	((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR ((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND TAC=(((((fire* OR flame* OR smoke) AND(RISK) AND (Analy* OR predict* OR simulat* OR imaginary OR virtual OR senario OR algorithm)) OR ((fire* OR flame* OR smoke OR emergency) N/5 (alarm* OR warn* OR inform* OR alert OR caution)))) NOT TI=(vehicle OR tunnel OR weapon* OR asset) AND AD=20010101:20201231	540	303	229
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	한글	(("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND (화재) AND (((연기 OR "유독 가스" OR "유독가스") AND (차단 OR 환기 OR 컨트롤 OR 제어)) OR (제연 OR 배연 OR 제배연 OR 환기)) AND AD=20010101:20201231	99	43	49
			영문	((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR	365	167	160

				((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame*) AND ((smoke) AND (Control OR extraction OR emission OR exhaust*)) AND AD=20010101:20201231			
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	한글	((("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND (화재 OR 연기 OR 유독가스) AND (((피난 OR 대피 OR 도피 OR 탈출 OR 구조) AND (경보 OR 알림 OR 알람 OR 통보 OR 안내)) OR ((피난 OR 대피 OR 도피 OR 탈출 OR 구조) AND (비상* OR 방화* OR 스크린 OR 커튼 OR 차단 OR 제어))) AND AD=20010101:20201231	312	246	210
			영문	((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR ((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame* OR smoke) AND (((escap* OR egress OR evacuat* OR rescue) N/3 (pathfind* OR guid* OR route OR exit OR Inform*)) OR ((escap* OR egress OR evacuat* OR rescue) N/3 (shelter OR device* OR facility* OR equipment* OR partition* OR wall OR door OR damper OR shutter OR curtain OR block OR compartment))) AND AD=20010101:20201231	498	346	497
		ABC. 화재 소화 기술	한글	((("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND ((화재) AND (소화* OR 진화 OR 소방 OR 제어 OR 진압)) AND AD=20010101:20201231	235	73	57
			영문	((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR ((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND ((fire* OR flame*) N/3 (fight OR extinguish* OR prevent* OR stop* OR suppression)) AND AD=20010101:20201231	1,207	690	562

	AC. 통합방재시 스템 구축·운영	ACA. 통합방재시 스템 구축·운영 기술	한글	((("역사" OR 지하철역 OR 기차역 OR 철도역 OR 지하역사 OR 지하공간) OR ((지하철 OR 철도) W/2 환승) OR ((대형 OR 복합) W/2 역사) OR ((대형 OR 복합 OR 고층 OR 큰) W/2 (빌딩 OR 건물 OR 쇼핑*))) AND (화재 OR 소방) AND (((통합* OR 종합*) W/2 (관리 OR 운영 OR 프로그램 OR 시스템 OR program* OR system)) OR ((관제 OR 방재) W/2 (센터 OR 시스템 OR center OR centre OR system)))) AND AD=20010101:20201231	25	10	26
			영문	((((subway OR metro OR "train" OR railroad OR railway OR underground) W/1 station) OR ((large* OR high) W/2 (building*)) OR ((underground) W/1 (space OR place)) OR basement) AND (fire* OR flame*) AND ((integrat* OR total*) N/3 (control OR management OR system OR program* OR software)) NOT TI=(weapon* OR asset) AND AD=20010101:20201231	120	31	154

□ 유효특허 선별 결과

- 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 확보한 로데이터(Raw Data) 중 '대형 복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술'과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외되도록 노이즈를 제거
- 각 소분류별로 노이즈를 제거하여 다음과 같이 유효데이터를 추출

표 2-4-24 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	선별 결과	
			Raw-data	유효데이터
A. 대형복합 역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	682	90
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	798	265
	소계		1,480	355
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	464	209
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	810	707
		ABC. 화재 소화기술	1,442	619
	소계		2,716	1,535
	AC. 통합방재시스 템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	145	180
		소계	145	180
	총계		4,341	2,070

2.2. 분석결과

2.2.1. 특허 동향 분석

2.2.1.1. 주요 국가별 연도별 출원 동향

- 분석 목적최근 20년간 전체 2,070개 특허가 검색되며, 2018년을 기점으로 감소하는 추세
- 2001년 38건을 시작으로 증가-감소를 반복하며 꾸준히 출원되어왔으나, 2018년 238건의 특허출원 이후 다시 감소하는 추세

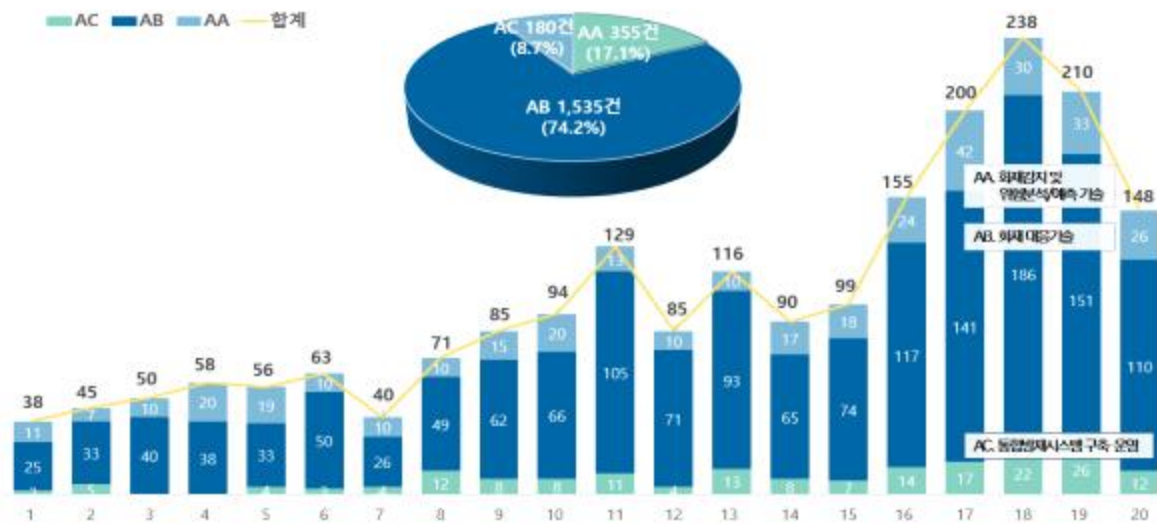


그림 2-4-8 연도별 출원건수

표 2-4-25 분야별 연도별 특허출원 추이

구분		'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	합계
AA	AAA	3	1	3	6	8	3	3	3	3	7	3	2		5	7	6	7	7	8	5	90
	AAB	8	6	7	14	11	7	7	7	12	13	10	8	10	12	11	18	35	23	25	21	265
	소계	11	7	10	20	19	10	10	10	15	20	13	10	10	17	18	24	42	30	33	26	355
AB	ABA	3	3	5	4	2	6	7	11	6	5	11	9	15	19	15	18	17	19	17	17	209
	ABB	15	15	25	24	13	34	14	25	36	38	50	25	39	27	28	51	69	76	63	40	707
	ABC	7	15	10	10	18	10	5	13	20	23	44	37	39	19	31	48	55	91	71	53	619
	소계	25	33	40	38	33	50	26	49	62	66	105	71	93	65	74	117	141	186	151	110	1,535
AC	ACA	2	5			4	3	4	12	8	8	11	4	13	8	7	14	17	22	26	12	180
	소계	2	5			4	3	4	12	8	8	11	4	13	8	7	14	17	22	26	12	180
합계		38	45	50	58	56	63	40	71	85	94	129	85	116	90	99	155	200	238	210	148	2,070

- 중분류 기준 AB. 화재대응기술 분야가 가장 높은 비중(74.2%)을 차지하였으며, AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술(17.1%), AC. 통합 방재시스템 구축·운영 (8.7%) 순으로 나타남
- AB. 화재대응기술 분야에서는 ABB. 이용자 대피 지원기술(34.2%), ABC. 화재 소화 기술(29.9%)의 비중이 높게 나타났으며, ABA. 화재연기 차단 및 제·배연 기술 (10.1%)의 비중이 낮게 나타남
 - AA. 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야에서는 AAB. 화재위험/예측 및 경보기술 (12.8%) 비중이 높게 나타났으며, AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술(4.3%) 비중은 소분류 기준 전체 분야에서 가장 낮게 나타남

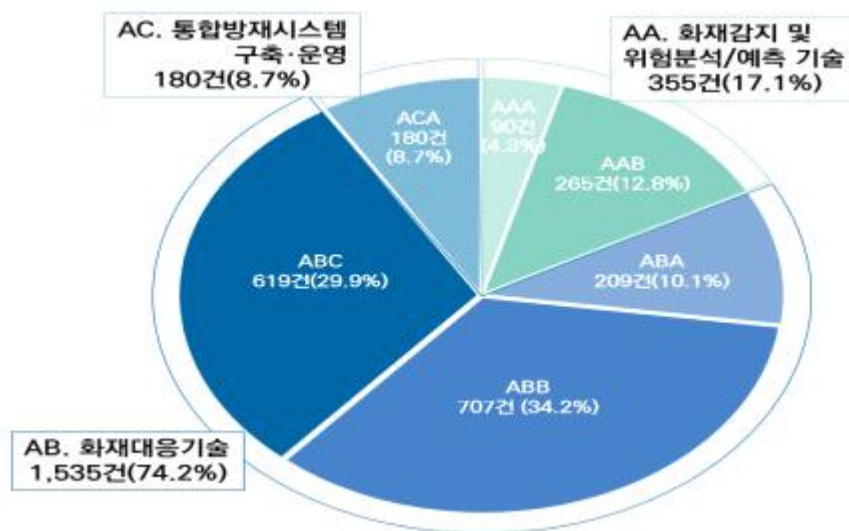


그림 2-4-9 소분류별 출원 건수 및 비중

표 2-4-26 소분류별 출원건수 및 비중

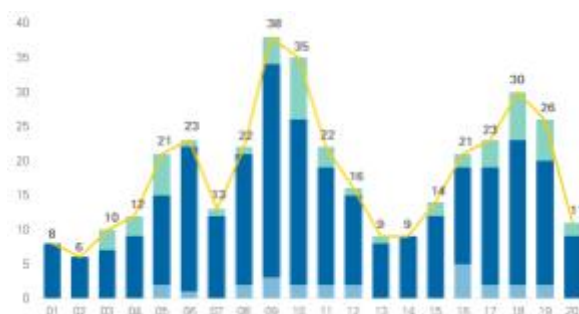
대분류	중분류	소분류	건수(건)	비중(%)
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	90	4.3
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	265	12.8
		소계	355	17.1
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	209	10.1
		ABC. 이용자 대피 지원 기술	707	34.2
		ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	619	29.9
		소계	1,535	74.2
	AC. 통합방재시스템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	180	8.7
		소계	180	8.7
	합계		2,070	100

표 2-4-27 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응기술

[illegible]

□ 연도별 출원국가의 특허 동향을 살펴보면, 중국을 제외한 한국, 미국, 유럽, 일본, 국제 특허 모두 상이한 구간이 존재하나 최근 감소하는 추세로 나타남

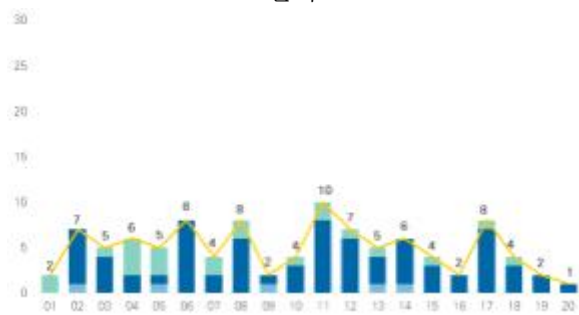
- 한국, 중국, 유럽의 경우 2018년까지 증가하는 추세였으나, 이후 감소하는 것으로 나타남
- 미국의 경우 2017년 8건의 특허가 출원되었으나, 2014년 이후로 지속 감소하는 추세로 나타남
- 일본의 경우 2004년 이후 특허 건수가 감소한 이후 매년 5건 이하의 특허가 출원됨
- 국제 특허는 2017년 16건으로 전년대비 3배 이상 급증하였으나, 이후 다시 감소하는 추세로 나타남



한국



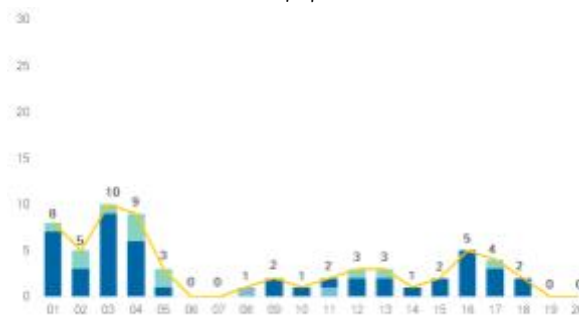
중국



미국



유럽



일본



국제

그림 2-4-10 출원국가별 연도별 특허출원 추이

표 2-4-28 출원국가별 연도별 특허

출원 국 가	중분 류	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	합 계
한 국	AA			3	3	6	1	1	1	4	9	3	1	1		2	2	4	7	6	2	56
	AB	8	6	7	9	13	21	12	19	31	24	17	13	8	9	12	14	17	21	18	9	288
	AC					2	1		2	3	2	2	2				5	2	2	2		25
	소계	8	6	10	12	21	23	13	22	38	35	22	16	9	9	14	21	23	30	26	11	369
중 국	AA	3			1		3	2	3	5	3	4	5	3	9	7	19	18	13	17	22	137
	AB	2	8	4	10	7	7	5	11	14	32	63	36	64	42	48	83	103	141	119	95	894
	AC					1		1	4	1	4	4	2	10	6	5	5	11	17	24	10	105
	소계	5	8	4	11	8	10	8	18	20	39	71	43	77	57	60	107	132	171	160	127	1,136
미 국	AA	2		1	4	3		2	2		1	2	1	1		1		1	1			22
	AB		6	4	2	1	8	2	6	1	3	8	6	3	5	3	2	7	3	2	1	73
	AC		1			1				1				1	1							5
	소계	2	7	5	6	5	8	4	8	2	4	10	7	5	6	4	2	8	4	2	1	100
유 럽	AA	4	3	3	7	7	5	5	4	5	4	4	2	2	8	6	3	6	9	8	2	97
	AB	7	8	15	8	9	14	7	10	14	5	14	10	10	5	7	9	8	10	7	3	180
	AC	1	4				2	3	4	2	2	1		2	1	2	3	3	2		1	33
	소계	12	15	18	15	16	21	15	18	21	11	19	12	14	14	15	15	17	21	15	6	310
일 본	AA	1	2	1	3	2							1	1				1				12
	AB	7	3	9	6	1				2	1	1	2	2	1	2	5	3	2			47
	AC								1			1										2
	소계	8	5	10	9	3			1	2	1	2	3	3	1	2	5	4	2			61
국 제	AA	1	2	2	2	1	1			1	3			2		2		12		2		31
	AB	1	2	1	3	2			3		1	2	4	6	3	2	4	3	9	5	2	53
	AC	1							1	1		3					1	1	1		1	10
	소계	3	4	3	5	3	1		4	2	4	5	4	8	3	4	5	16	10	7	3	94

- 기술 중분류별 출원국가의 특허출원 동향을 살펴보면, 모든 출원국가에서 AB. 화재 대응기술 분야의 특허출원 비중이 높게 나타남
- 한국(78%), 중국(78.7%), 일본(77%), 미국(73%)의 경우 AB. 화재 대응기술 분야 비중이 70% 이상으로 전체 기술 분야 특허의 대부분을 차지함
 - 한국과 중국은 AB. 화재 대응기술 분야 다음으로 AA. 화재감지 및 위험분석/예측 기술 분야의 비중이 각각 한국 15.2%, 중국 12.1%, AC. 통합방재시스템 구축·운영 분야는 한국 6.8%, 중국 9.2%로 나타남
 - 일본과 미국은 한국보다 AA. 화재감지 및 위험분석/예측 기술의 비중이 일본 19.7%, 미국 22%로 높게 나타남
- 유럽과 국제 특허의 경우, AB. 화재 대응기술 분야의 비중이 50%로 나타났으며, AA. 화재감지 및 위험분석/예측기술의 비중이 유럽 31.3%, 국제 33%로 타 국가대 비 높게 나타남
 - AC. 통합방재시스템 구축·운영 분야의 비중도 유럽(10.6%), 국제(10.6%)의 비중이 높게 나타남



그림 2-4-11 중분류별 출원국가 특허 동향 (단위: 건)

2.2.1.2. 기술분류별 키워드 분석(토픽모델링)

□ 분석 목적

- 대형복합역사 대상 화재정보 인지 및 위험분석/예측, 화재 연기차단, 대피지원, 소화기술 등 화재대응 기술, 통합방재시스템 관련 최근 기술 트렌드를 확인

□ 분석 방법

- 최근 5년('16~'20)간 영문특허의 특허 요약서를 대상으로 문서분류 방법 알고리즘인 잠재적 디리클레 할당모형(Latent Dirichlet Allocation, LDA)를 활용하여 토픽모델링 분석을 실시

- 토픽모델링 분석은 비정형화된 텍스트 내의 주제나 패턴을 찾는 방법으로 맥락과 관련된 단어들을 이용하여 유사한 의미를 가진 단어들을 군집화하는 방법을 의미
- LDA 분석은 문서에서 텍스트를 분석하여 토픽을 추출하는 기법으로 토픽의 단어 비중과 문서의 토픽 비중이라는 변수의 결합 확률분포에 따라 문서의 토픽을 도출

※ LDA는 문서 내에서 잠재된 토픽을 추정하는 기법으로 어떤 단어들을 어떠한 토픽에서 선택하여 배치할 것인지 각각의 파라미터(parameter; α , β)로 모델링하는 기법을 의미

※ 단어 등 관찰된 변수(w)를 통해 문서의 구조 같은 잠재 변수를 추론하는 것을 목적으로, 최종적으로 전체문서 집합의 주제들과 문서별 주제 비율 및 각 주제에 포함될 단어들의 분포를 도출

표 2-4-29 대형복합역사 및 유사공간분야 화재대응 기술

대분류	중분류	소분류	건수(건)
A. 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술	AA. 화재 감지 및 위험분석/예측 기술	AAA. 화재정보 인지 및 데이터화 기술	25
		AAB. 화재위험 분석/예측 및 경보 기술	107
	AB. 화재 대응 기술	ABA. 화재 연기 차단 및 제·배연 기술	77
		ABB. 이용자 대피 지원 기술	244
		ABC. 화재 소화기술	295
	AC. 통합방재시스템 구축·운영	ACA. 통합방재시스템 구축·운영 기술	80

□ 분석 절차

○ 소분류 기준 각 특허별 영문 요약서를 대상으로 형태소 분석 실시

- 특허 요약서에는 발명을 통해 해결하고자 하는 기술 분야, 기술적 과제의 해결방법의 요지, 발명의 중요한 용도 등이 기술되어있어 특허의 기술 트렌드 분석에 적합함
- 형태소 분석시 불용어와 building, station 등 장소/교통 관련 키워드를 삭제하여 분석 실시

○ 텍스트 전처리 과정 후 LDA 토픽모델링 분석을 통해 토픽을 도출

- 알파(α) 값을 0.1, 베타(β) 값을 0.01, 샘플링 반복횟수를 1,000회로 설정
- 최적의 토픽 수는 소분류별 특허 건수에 따라 최소 3개에서 최대 15개로 가정하고 분석을 실시
- 도출된 결과값을 토대로 상위 20~30개 키워드를 기준으로 토픽을 확인하고, 이후 분석결과를 비교하여 해석상 가장 유의미하고 적절한 토픽 수를 확정

□ 화재정보 인지 및 데이터화 기술

- 토픽모델링 분석 결과, 화재정보 감지 기술, 열감지, 이미지 감지, 이용자 위치 감지 및 대피경로 감지 등의 토픽이 도출되었음
- Topic1은 detector, storage, selftest, CO2, computer, selfdetection, channel 등의 키워드가 도출되어 화재정보 전송 및 데이터화 기술로 정의함
- Topic2는 temperature, heat, detector, network, cloud, thermostat 등의 키워드가 도출되어 화재 열 감지기술로 정의함
- Topic3은 circuit, processor, model, camera, characteristic, layout, algorithm 등의 키워드가 도출되어 화재 이미지 감지 기술로 정의함
- Topic4는 emergency, rescue, filter, air, measuring 등의 키워드가 도출되어 화재 시 대피지원을 위한 화재 대피경로 감지 기술로 정의함
- Topic5는 monitor, target, position, warning, robot, server, IoT, platform 등의 키워드가 도출되어 화재 대피를 위한 이용자 위치감지 및 전송 기술로 정의함

표 2-4-30 화재정보 인지 및 데이터화 기술 토픽별 키워드('16~'20)

구분		키워드	특허 수
1	화재정보 전송 및 데이터화 기술	detector, storage, selftest, CO2, computing, sensitivity, channel, computer, groundsource, performance, selfdetection, type, occupancy, rate, connection, site	17
2	화재 열 감지기술	temperature, service, management, parameter, detector, network, color, cloud, disaster, heat, point, task, light, thermostat, technology, store	12
3	화재 이미지 감지 기술	circuit, flame, structure, situation, processor, model, interface, camera, frequency, characteristic, layout, influence, speed, deployment, algorithm, requirement	12
4	화재 대피경로 감지 기술	filter, air, terminal, maintenance, operation, emergency, rescue, base, position, measuring, assembly, apparatus, quality, combination, holder, component, throughfilm	23
5	이용자 위치 감지 및 전송 기술	display, node, management, monitor, target, position, abnormality, runoff, warning, robot, server, IoT, radar, distribution, quality, periphery, platform, direction, user	18

○ 화재정보 인지 및 데이터화 기술 주요 특허

표 2-4-31 화재정보 인지 및 데이터화 기술 주요 특허 1

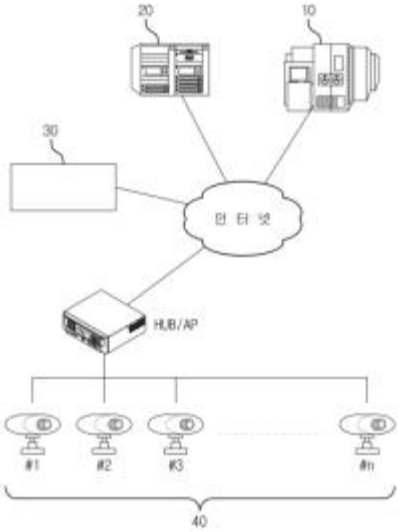
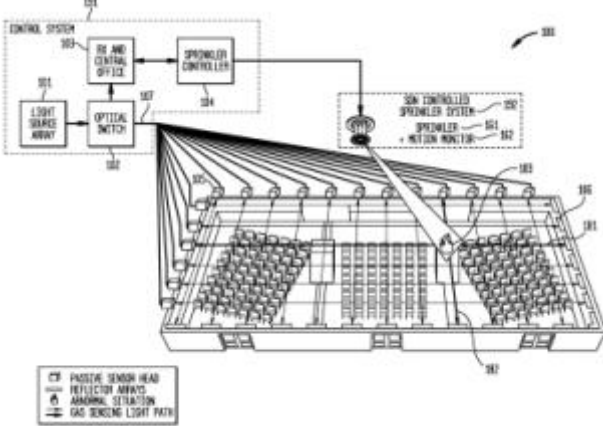
특허명		지능형 아이피(IP) 카메라를 이용한 자동 화재 인식 경보 시스템 및 그 방법(등록)	
출원기관	특허여부	투아이스(주), 한국철도기술연구원	등록
주요 내용		(개요) 본 발명은 영상으로부터 화염을 인식하기 위한 영상처리가 가능한 프로세서가 탑재 되어 각 지역의 화재를 감시하는 지능형 IP 카메라 자체에서 화재를 감지하여 3단계로 경보하고 화재 현장의 실시간 영상정보를 유선 인터넷을 통해 전송하며, 유선통신이 불가능한 경우 무선으로 자동 전환 되어 연속하여 전송하도록 하는 자동 화재 인식 경보 시스템을 개시한다. (기술적 특징) - 지능형 IP 카메라(불꽃, 연기 자동인식) - 유무선 네트워크를 통해 중앙장치에 경보 전달	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 지능형 IP(internet protocol) 카메라(영상처리 프로세서)로 화재 감지 및 경보 발령, 유무선 통신가능 (한계점) - 영상으로 화재 감지하는데 필요한 명확한 기술 부재 (보완 가능성) · 스마트 화재인지 기술 - 영상정보 및 음성인지를 통한 화재인지 기술을 첨가한 스마트 화재 인지 기술	

표 2-4-32 화재정보 인지 및 데이터화 기술 주요 특허 2

특허명	EARLY FIRE DETECTION WITH LASER-BASED SENSOR AND 2D INFORMATION MAPPING FOR HIGH CEILING BUILDINGS		
출원기관	특허여부	NEC Laboratories America, Inc.	출원/거절
주요 내용	(개요) 본 발명은 화재 감지 시스템 및 화재 감지 방법에 관한 것이다. (기술적 특징) - 다중 광학 경로를 갖는 2차원 배열로 빛을 방출하는 발광 장치 - 조기 화재 상태와 관련된 비정상 상태 식별 - 화재 스프링클러 컨트롤		
대표 이미지			
검토	(진보성) - 발광 장치를 이용한 신속한 화재 감지 시스템 (한계점) - 기존 센서의 화재 감지 능력 차이 없음 (보완 가능성) · 스마트 화재인지 기술 - 센서 오작동 보완, 24시 작동 가능한 장치 ex) CCTV		

□ 화재위험 분석/예측 및 경보기술

- 토픽모델링 분석 결과, 화재 연기감지 및 전송기술, 화재위험 감지 및 예측 시스템, 대피경로 안내기술, 화재경보 기술 등의 토픽이 도출됨
- Topic1은 smoke, capsule, space, disaster, security, image, flame, Bluetooth, model, rescue 등의 키워드 도출되어 화재연기 감지 및 대피지원 기술로 정의함
- Topic2는 module, network, sensor, communication, camera, mechanism, smoke, cabin, temperature 등의 키워드가 도출되어 화재 감지 및 전송기술로 정의함
- Topic3는 risk, robot, screen, location, map, imaging, IoT, picture, elevator, memory 등의 키워드가 도출되어 화재위험 감지 및 대피경로 안내 기술로 정의함
- Topic4는 network, data, guide, computer, realtime, sensing, processor 등의 키워드가 도출되어 화재감지 및 전송, 안내 시스템으로 정의함
- Topic5는 risk, assessment, level, gas, hazard, evaluation, value, calculation, analysis 등의 키워드가 도출되어 화재위험 분석 기술로 정의함
- Topic6는 model, analysis, danger, measurement, technology, prediction, algorithm, application 등의 키워드가 도출되어 화재위험 예측 시스템 기술로 정의함
- Topic7은 channel, pedestrian, escape, escalator, smoke, exhaust, destination, testing, route, broadcast 등의 키워드가 도출되어 대피경로 예측 및 안내기술로 정의함
- Topic8는 direction, equipment, personnel, evacuation, way, problem 등의 키워드가 도출되어 대피경로 분석 및 안내 기술로 정의함
- Topic9은 service, equipment, hazard, voice, loudspeaker, passenger, monitor, robot, speaker 등의 키워드가 도출되어 화재경보 및 안내 기술로 정의함
- Topic10은 sensor, phone, indicator, occupant, message, detector, broadcasting, database 등의 키워드가 도출되어 이용자 위치 감지 및 안내 기술로 정의함

표 2-4-33 화재위험 분석/예측 및 경보기술 토픽별 키워드('16~'20)

구분		키워드	특허 수
1	화재연기 감지 및 대피지원 기술	smoke, capsule, space, disaster, security, image, flame, Bluetooth, model, rescue, gateway, recognition, exhaust, decisionmaking, segmentation, prevention, subsystem, mode, transfer, experiment	25
2	화재연기 감지 및 전송 기술	module, network, sensor, communication, camera, mechanism, smoke, cabin, temperature, supply, wall, display, circuit, access, implementation, cloud, angle, node, lamp	31
3	화재위험 감지 및 대피경로 안내	hazard, risk, robot, display, screen, location, embodiment, straightline, manner, map, imaging, IoT, picture, elevator, memory, telemetry, light	42
4	화재감지 및 전송, 안내 시스템	communication, transmission, controller, plate, network, machine, space, processor, acquisition, conversion, data, guide, computer, set, sensing, mode, realtime	24
5	화재위험 분석	risk, assessment, level, gas, hazard, evaluation, value, calculation, analysis, accident, indicator, possibility, type, emergency, matrix, result, influence, process, probability	31
6	화재위험 예측 시스템	cloud, model, analysis, danger, measurement, processing, structure, gas, technology, efficiency, prediction, algorithm, application, parameter, security, storage, result, subsystem, protection, intelligence, evacuation	25
7	대피경로 예측 및 안내기술	module, positioning, channel, pedestrian, acquisition, group, escape, transfer, linkage, escalator, smoke, exhaust, destination, testing, route, broadcast, entrance	17
8	대피경로 분석 및 안내 기술	emergency, operation, switch, direction, equipment, personnel, evacuation, way, interface, entrance, command, exit, scheme, indication, installation, relates, occurrence, problem, access	33
9	화재경보 및 안내 기술	service, equipment, hazard, voice, loudspeaker, passenger, operation, monitor, robot, speaker, management, image, duration, technician, inside, IoT	39
10	이용자 위치 감지 및 안내기술	signal, emergency, sensor, management, interface, phone, response, identification, indicator, occupant, message, detector, period, broadcasting, database	45

○ 화재위험 분석/예측 및 경보 기술 주요 특허

표 2-4-34 화재위험 분석/예측 및 경보 기술 주요 특허1

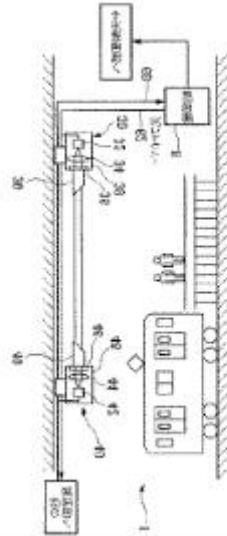
특허명		DIASASTER PREVENTING SYSTEM OF UNDERGROUND SPACE	
출원기관	특허여부	ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD, JP	특허등록
주요 내용		(개요) 특정가스 농도 외에 미스트 투과성을 측정하고 해당 가스의 평균 농도를 신속하게 측정하여 화재경보를 울리는 시스템 (기술적 특징) - 지하 1야드 면적에 레이저를 쏜 후 분석해 원형 측점 및 지하 측점 특정 가스 농도를 레이저 흡수 방법에 의해 계산. - 미스트 투과성은 방출된 입사빔과 검출된 송신빔의 비율을 취하여 계산.	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 레이저를 이용한 화재 감지 기술 (한계점) - 특정 가스 농도가 충분치 않다면 오작동 가능성이 높음 (보완 가능성) · 스마트 화재인지 기술 - 가스 농도와 함께 복합적으로 분석할 수 있는 다른 인자 필요	

표 2-4-35 화재위험 분석/예측 및 경보 기술 주요 특허2

특허명		BIG DATA-BASED WARNING SYSTEM AND METHOD	
출원기관	특허여부	SHENZHEN WINSTRONG INFORMATION TECHNOLOGY. LTD.	특허등록
주요 내용		(개요) 빅데이터 기반의 화재경고 시스템 및 방법 (기술적 특징) - IoT를 통해 보고된 적외열화상도를 판단해 화재 정보 파악 - 해당 도시에 등록된 스피커 장비의 위치 정보와 해당 고층 건물의 위치 정보 사이의 직선 거리를 계산 - 직선 거리가 지정역보다 작은 목표 스피커 장비의 존재 여부 판단 - 사물인터넷을 통해 해당 목표 스피커 장비에 화재 경보 음성 전송	
대표 이미지		 图 2	
검토		(진보성) - 빅데이터를 기반으로 한 신속한 통합 방재 시스템 (한계점) - 도시 전체의 인프라가 미리 IoT로 연결되어 있어야 함 - 실제 기술 적용 여부 미흡 (보완 가능성) · 복합역사 통합운영시스템 TB - 열화상 기술 및 화재경보를 통합하여 운영할 수 있는 통합 운영시스템 필요	

□ 화재 연기차단 및 제·배연 기술

○ 토픽모델링 분석 결과, 화재연기 감지 및 제어기술, 화재연기 제·배연 기술, 차단 기술 등의 토픽이 도출됨

- Topic1은 module, detection, signal, alarm, information 등의 키워드가 도출되어 화재 연기감지 및 경보기술로 정의함
- Topic2는 pipeline, channel, connection, transfer, collector, storage, screen 등의 키워드가 도출되어 화재 연기감지 및 제어 기술로 정의함
- Topic3는 curtain, detector, distribution, temperature, prevention, filter, circulation 등의 키워드가 도출되어 화재연기 배연기술로 정의함
- Topic4는 motor, conversion, purification, construction, hub, extractor, emission 등의 키워드가 도출되어 화재연기 제연기술로 정의함
- Topic5는 wind, platform, zone, removal, partition, bottom, ventilating 등의 키워드가 도출되어 화재연기 차단 및 제연기술로 정의함
- Topic6는 wall, curtain, capsule, glass, channel, window, emergency 등의 키워드가 도출되어 화재연기 차단기술로 정의함

표 2-4-36 화재 연기차단 및 제·배연 기술 토픽별 키워드('16~'20)

구분		키워드	특허 수
1	화재 연기감지 및 경보기술	smoke, module, speed, controller, amount, detection, signal, machine, alarm, target, adjustment, basement, input, security, range, electricity, conditioner, communication, information	20
2	화재 연기감지 및 제어 기술	pipeline, passage, unit, controller, channel, battery, connection, transfer, coil, inverter, power, position, collector, storage, performance, screen, phenomenon, heatpipe, induction	23
3	화재 연기 배연기술	flow, curtain, detector, distribution, temperature, prevention, controller, guide, filter, protection, position, pocket, fireprevention, circulation, stabilization, equilibrating, meter	15
4	화재 연기 제연 기술	energy, fume, motor, conversion, range, purification, construction, hub, extractor, mechanism, cover, blower, process, emission	16
5	화재 연기 차단 및 제연 기술	discharge, wind, platform, zone, top, type, condition, pavilion, removal, axle, louver, piston, transit, partition, bottom, arrangement, spread, problem, rescue, wall, ventilating	29
6	화재 연기 차단 기술	wall, curtain, capsule, glass, channel, configuration, lift, elevator, bottom, room, push, module, doublelayer, access, hole, window, emergency, path	38

○ 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허

표 2-4-37 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허1

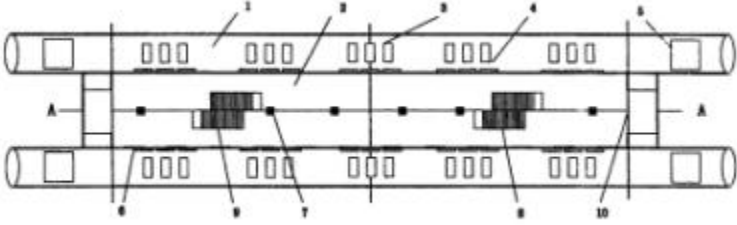
특허명		Subway disaster accident simulation testing platform(地铁灾害事故模拟实验平台)	
출원기관	특허여부	中国安全生产科学研究院	출원
주요 내용		(개요) 지하 재난 발생 시뮬레이션 플랫폼으로, 1:5 대규모 지하 실험 솔리드 모델, 화재 소스 시스템, 환기 및 연기 추출 시스템, 화재 감지 경보시스템, 실험 측정 및 수집 시스템, 데이터 분석 시스템으로 구성된다. (기술적 특징) - 다양한 화재 상황을 시뮬레이션, 실제에 가까운 뜨거운 연기가스 생성 가능 - 이론적 분석을 기반으로 발연량 결정	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 다양한 화재 상황 시뮬레이션, 실제에 가까운 뜨거운 연기가스 생성 가능 (한계점) - 모든 상황 고려 가능한 시뮬레이션의 실현 가능성 - 정확한 시뮬레이션을 위해서 요구되는 계산 시간 (보완 가능성) · 스마트 화재분석 기술 - 인공지능 및 다수 데이터를 활용한 화재분석 기술(계산속도 향상)	

표 2-4-38 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허2

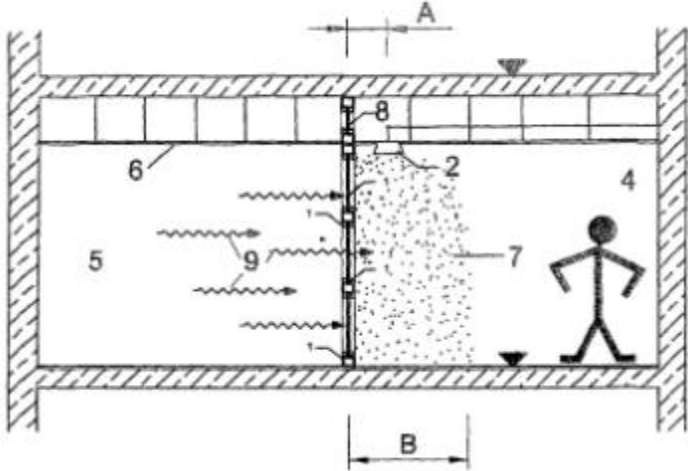
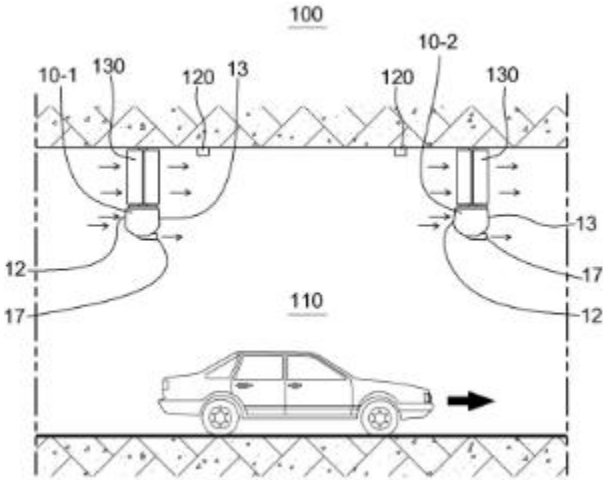
특허명		FIRE PROTECTION SYSTEM	
출원기관	특허여부	Schott AG	등록
주요 내용	(개요) 본 발명은 방화 유리 판 형태의 장벽과 물을 분무하는 장치로 구성된 방화 시스템에 관한 것이다. (기술적 특징) - 열과 연기 차단하는 벽 - 위험한 열 복사(heat radiation)으로부터 보호		
대표 이미지			
검토	(진보성) - 열과 연기를 차단하는 벽과 물을 분무하는 장치로 열복사로부터 보호 (한계점) - 자동설치 장치가 아닌 평소에도 존재하는 방화벽 (보완 가능성) · 스마트 대피통로 적용 기술 - 자동으로 설치되는 가변식 벽면을 이용한 스마트 대피 통로		

표 2-4-39 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허3

특허명		철도터널의 제연 방호벽	
출원기관	특허여부	한국철도기술연구원	등록특허만 제공(출원/거절)
주요 내용		(개요) 본 발명은 제연 방호벽에 관한 것으로, 그 목적은 터널, 지하철역 구내 등에서 화재가 발생할 경우 화재구역 인명이 정체현상 없이 인접구역으로 대피할 수 있는 이동출구로서 기능할 수 있는 터널의 제연 방호벽을 제공하는데 있다. (기술적 특징) - 터널 내부에 일정한 간격으로 설치 - 화재시 발생하는 열 감지 - 자동으로 개폐되는 제연 커튼	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 자동으로 개폐되는 비상 통로 시스템 (한계점) - 설치 비용 과대 (보완 필요기술) · 스마트 대피통로 적용 기술 - 피난에 필요한 최소공간 분할 기술 - 연기 침투 방지 가압 기술	

표 2-4-40 화재 연기차단 및 제·배연 기술 주요 특허4

특허명		에어커튼식 화연 차단 장치 및 이를 적용한 지하 구조물	
출원기관	특허여부	주식회사 동일기술공사, 한국건설기술연구원	특허등록
주요 내용		(개요) 본 발명은 에어커튼식 화연 차단 장치 및 이것이 적용된 지하 구조물에 관한 것으로, 지하 차도, 지하철로, 철도 터널, 지하 보도, 환승통로, 지하 역사, 공동구 등 폐합된 공간에 적용되며, 에어커튼에 의해 화재 연기를 차단하여 대피자가 신속하고 안전하게 대피할 수 있는 환경을 조성함으로써 인명 피해를 줄이는 것을 목적으로 한다. (기술적 특징) - 지하 구조물의 입구와 출구를 각각 향해 개압하는 흡입구 및 송풍팬, 지하 구조물의 출구로 배기, 상기 장치들을 제어하는 컨트롤러 기술.	
대표 이미지			
검토		(진보성) 에어커튼을 이용한 제/배연 시스템 (한계점) - 에어커튼의 위치를 변경할 수 없으므로 중간 화재위치와 설치위치 사이에 안정성 확보불가 (보완 가능성) · 스마트 배연 시스템 기술 - 에어커튼의 위치가 가변적이거나 연속적인 차연기술	

□ 이용자 대피 지원기술

- 토픽모델링 분석 결과, 하강 탈출 장비, 이용자 위치감지 및 구조장비, 대피/피난 시뮬레이션, 화재연기 제·배연 기술 등의 토픽이 도출됨
- Topic1은 fireproof, capsule, pipeline, safety, lifesaving, direction 등의 키워드가 도출되어 화재 피난처 관련 기술로 정의함
- Topic2는 rope, safety, wire, block, door, cable, hook, cabin 등의 키워드가 도출되어 화재시 하강 탈출을 위한 장비 관련 기술로 정의함
- Topic3는 cavity, information, controller, helicopter, LBS, hubsignal, software 등의 키워드가 도출되어 이용자 위치감지 시스템 및 구조장비 관련 기술로 정의함
- Topic4는 stair, slide, rope, guide, mechanism 등의 키워드가 도출되어 탈출용 슬라이딩 장비로 정의함
- Topic5는 module, signal, alarm, datum, application, communication, model, indication 등의 키워드가 도출되어 이용자 위치감지 기술로 정의함
- Topic6는 information, position, platform, network, passenger, risk, path 등의 키워드가 도출되어 이용자 위치감지 및 대피경로 안내 기술로 정의함
- Topic7은 safety, disaster, firefighting, ladder, space, efficiency, situation, selfrescue 등의 키워드가 도출되어 화재 구조장비 및 시스템으로 정의함
- Topic8는 cableway, descent, lifting, rope, element, friction, drop, case 등의 키워드가 도출되어 탈출용 장비 기술로 정의함
- Topic9은 air, circulation, gas, smoke, pipe, ventilation 등의 키워드가 도출되어 화재연기 제·배연 기술로 정의함
- Topic10은 lifting, slide, direction 등의 키워드가 도출되어 탈출용 장비 기술로 정의함

표 2-4-41 이용자 대피 지원 기술 토픽별 키워드('16~'20)

구분		키워드	특허 수
1	화재 피난처	air, cover, fireproof, capsule, buffer, apparatus, storage, lifesaving, steel, pipeline, safety, part, temperature, layer, outlet, plurality, direction, cushion, resistance, passage, pipe, bottom	67
2	하강 탈출 장비	rope, safety, steel, wire, block, door, belt, connection, protection, cable, hook, cabin, contact, switch, window, portion, wave, spring, groof, strike, cord	69
3	이용자 위치감지 및 구조장비	cavity, process, airbag, inflation, cage, beacon, robot, function, environment, corridor, information, controller, helicopter, LBS, configuration, transportation, life, hubsignal, software	54
4	탈출용 슬라이딩 장비	stair, slide, mechanism, support, track, floor, shell, guide, pulley, top, rope, arm, clamping, firefighting, basket, channel, telescopic, cable, passage, bottom, spiral, platform, window, handrail, driving, position	68
5	이용자 위치감지 기술	elevator, module, signal, alarm, datum, supply, circulation, sensor, detection, monitoring, controller, mode, information, position, application, communication, model, indication, traction, processor, movement	79
6	이용자 위치감지 및 경로 안내 기술	information, position, platform, network, passenger, risk, path, communication, camera, target, command, monitoring, hazard, drone, construction, indicator, datum, direction, influence, voice, flight, management, warning	51
7	화재 구조장비 및 시스템	circulation, safety, disaster, firefighting, ladder, space, efficiency, situation, relates, prevention, facility, rope, step, cost, model, case, selfrescue, advantage, frame, path, lifesaving, suspension	123
8	탈출용 장비	cableway, door, reduction, disk, brake, descent, lifting, reel, force, panel, bearing, drive, rope, problem, bin, weight, nut, storage, element, effect, friction, drop, case	62
9	화재연기 제·배연 기술	air, circulation, water, room, space, gas, smoke, pipe, tank, blowout, oxygen, refuge, surface, heat, storage, addition, pump, discharge, pressure, evacuate, damage, branch, ventilation, hole, fan, generator, basement	55
10	탈출용 장비	frame, platform, cabin, surface, lifting, slide, groove, roller, shaft, guide, slideway, speed, compartment, way, telescopic, seat, face, direction, downhill, ring, gravity, decline	76

○ 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허

표 2-4-42 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허1

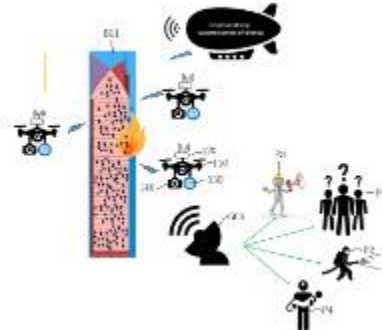
특허명		건물 외부의 무선중계기를 이용한 고층빌딩 화재 구난시스템 및 구난방법	
출원기관	특허여부	중앙대학산학협력단	특허등록
주요 내용		(개요) 고층빌딩의 화재 발생 시 화재로 인한 건물의 정전 및 건물 내 장비들의 파손 여부와 관계없이 건물 외부의 이동식 무선중계기를 중심으로 무선통신망을 구축하고 반복적으로 갱신하면서 피구난자들의 실시간 위치를 정확하게 파악하여 높은 생존율을 갖는 최적의 구난루트 정보를 제공할 수 있도록 한 것이다. (기술적 특징) - 3 대 이상의 드론이 건물 3D스캐닝 - 무선이동통신단말기로부터 통신신호 수집하는 3대 이상의 무선중계기로부터 정보 얻어 구난자들의 실시간 위치 매핑 - 최적루트 창출 및 피구난자들의 단말기로 최적루트 정보 전달 - 라이다 탑재 (단말기 미소지자 위치파악/건물 파괴 정보) - 자외선 카메라(열감지) - 피구난자 감지 및 화재 감지(화재정보 구난루트에 반영)	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 건물 내 장비들이 아닌 외부 장비들로만 피구난자 위치 특정 (한계점) - GPS 오차로 인해 같은 구난루트를 이용해야하는 피구난자들의 최적루트 정보 차이로 인한 혼선 우려 - 피난자 개개인의 맞춘 최적 구난루트를 창출하기에 제약이 많음 (보완 가능성) ·스마트 화재인지 기술 & 스마트 대피경로 안내 기술 - 대심도 역사에서의 GPS 정확도 향상 - GPS 오차에도 불구하고 혼동을 유발하지 않는 체계적인 최적구난루트를 도출 방법 - 기존 건물 대피DB와 최적 구난루트를 빠르게 매칭하는 시스템	

표 2-4-43 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허2

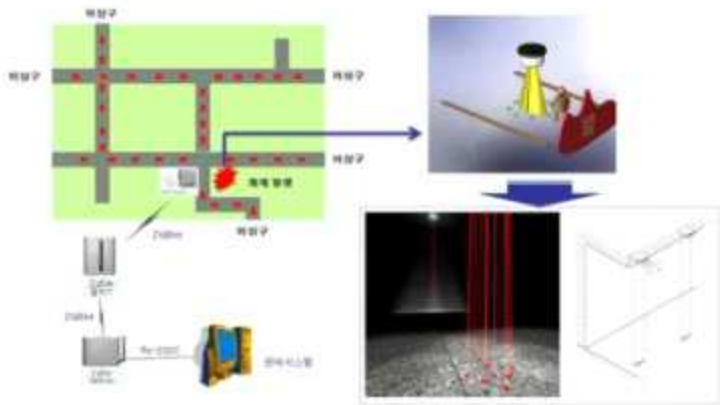
특허명		스마트 방재 서비스 플랫폼	
출원기관	특허여부	주식회사 하나아이엔씨	등록특허만 제공(취하)
주요 내용		(개요) 본 발명은 비상구 안내장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화재 또는 비상발생 시 연기속에서도 비상구를 안내할 수 있으며, 화재의 발생을 알릴 수 있는 비상구 안내장치와 화재와 같은 비상 재난 시에 외부로 탈출하기 위한 비상구의 방향을 자동적으로 유도하는 무선 통신을 기반으로 하는 지능형 대피 유도 시스템을 제공하는데 있다. (기술적 특징) - 연기감지센서 및 불꽃감지센서(화재감지) - 화재발생 시 알람 발생 - 연기속에서 시인성이 좋은 레이저빔을 조사하여 비상구 안내	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 화재 감지 및 경보 발령, 레이저 빔으로 비상구 안내 (한계점) - 화재 발생 시 실시간 상황이 반영되지 않은 구난 루트 (보완 가능성) · 스마트 대피경로 안내 기술 - 인공지능을 통한 가변형 표시가 되어 실시간 상황을 반영할 수 있는 실시간 최적 구난 루트 창출 기술	

표 2-4-44 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허3

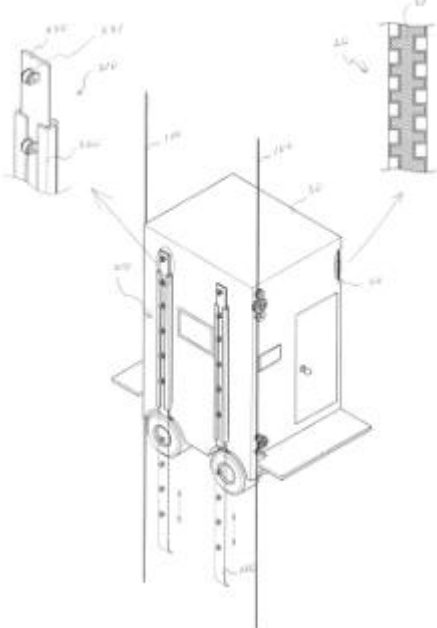
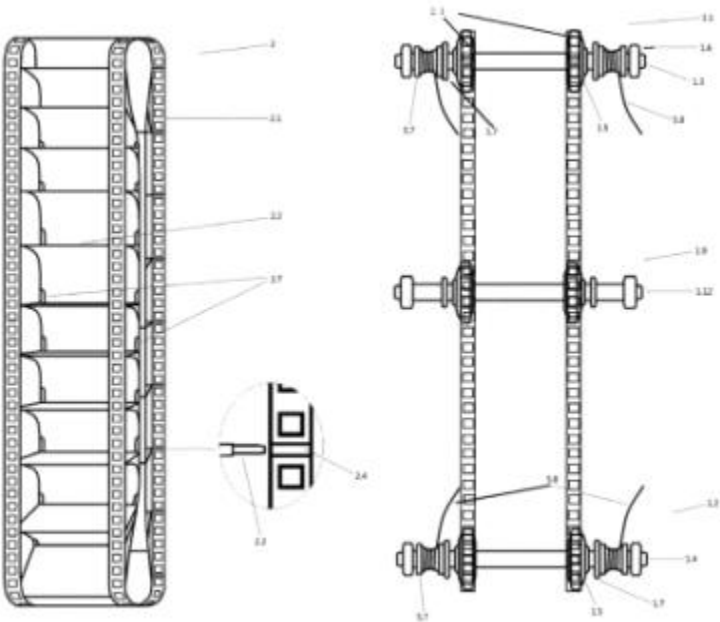
특허명		고층건물의 화재진압 및 인명구조용 엘리베이터 장치	
출원기관	특허여부	진영알엔에스	권리소멸
주요 내용		(개요) 고층건물 화재나 지진, 건물붕괴와 같은 긴급 상황 발생시 인명 구조, 소화에 사용되는 벽면 엘리베이터 장치. (기술적 특징) - 엘리베이터 자체적인 구동력을 가지는 자체동력발생수단 - 외벽이동 시 상하좌우 이동가능하게 하는 와이어풀리 및 자체 소방장치 - 열에 견딜 수 있는 내화구조	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 엘리베이터를 내려주는 와이어를 제외하고 자체동력발생 장치가 있어 이동성이 유연하다 (한계점) - 엘리베이터 주행 시 연기차단이 어렵다 (보완 가능성) · 지하역사 비상 EV 적용 기술 - 비상 동력과 연기를 가압할 수 있는 기술 필요	

표 2-4-45 이용자 대피 지원기술 주요 분석 특허4

특허명		Self-descending escape device for conflagration of high-rise building 高层楼宇火灾连续自降式逃生装置	
출원기관	특허여부	祝源	출원
주요 내용		(개요) 본 발명은 고층건물 화재 발생 시 낙하형 탈출 장치에 관한 것이다. (기술적 특징) - 기어 벨트와 기어세트가 맞물리면서 회전 - 연속적 탈출 가능 - 구조대의 통제하에 역운전 가능	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 연속적으로 탈출 가능한 수직형 피난 장치, 구조대 통제 하 역운전 가능(구난 활동 용이) (한계점) - 고층 건물 경우 외부에 설치되어 연기에 대한 위협을 고려하지 않아도 되지만 대심도 역사에 설치 될 경우 연기 고려 필요 (보완 가능성) · 지하역사 비상 EV 적용 기술 - 피난 EV 연기 차압 기술 필요	

□ 화재 소화기술

- 토픽모델링 분석 결과, 화재 내연/방화 소재 기술, 화재 소화/소방 시뮬레이션 기술, 화재 소화 기술, 화재발생 위치감지 기술 등의 토픽이 도출됨
- Topic1은 wall, block, glass, fireproof, material, insulation, partition 등의 키워드가 도출되어 화재 내연/방화 소재 기술로 정의
- Topic2는 fireproof, prevention, design, application, function, protection, test 등의 키워드가 도출되어 화재소화 시뮬레이션 기술로 정의
- Topic3는 module, sensor, controller, monitoring, position, signal, detection, alarm 등의 키워드가 도출되어 화재발생 위치감지 기술로 정의
- Topic4는 rescue, escape, protection, personnel, robot, emergency, lifesaving 등의 키워드가 도출되어 화재 대피 지원기술로 정의
- Topic5는 tank, supply, pump, storage, hose, valve 등의 키워드가 도출되어 물과 관련된 화재 소화기술로 정의
- Topic6는 wall, cavity, cabin, aircraft, platform, emission 등의 키워드가 도출되어 화재연기 제·배연기술로 정의
- Topic7은 rope, cable, lifting, base, support, shaft, hose, roof 등의 키워드가 도출되어 화재 대피시설 및 구조기술로 정의
- Topic8는 extinguisher, cabinet, door, pipeline, top, frame, rescue, refuge 등의 키워드가 도출되어 화재 대피시설 및 소화기술로 정의

표 2-4-46 화재 소화기술 토픽별 키워드('16~'20)

구분		키워드	특허 수
1	화재 내연/방화 소재 기술	layer, box, wall, block, glass, fireproof, material, insulation, tube, structure, partition, base, board, case, hanging, inside, insulating, window, heat, smoke, connection, groove, frame, spring, metal, mortar, panel, relates, opening	70
2	화재 소화 시뮬레이션	structure, agent, construction, space, steel, component, temperature, cost, fireproof, prevention, combustion, coating, efficiency, technology, effect, advantage, design, application, function, heat, protection, section, environment, test, use, performance, flame, resistance, equipment, speed	123
3	화재발생 위치 감지 기술	module, sensor, controller, monitoring, position, signal, unit, rotor, point, image, distance, ground, datum, communication, processor, detection, camera, line, nonmanmachine, alarm, temperature, connection, flight, robot, information, center, launching, angle, positioning, Image	93
4	화재 대피 지원기술	rescue, escape, protection, personnel, robot, emergency, disaster, person, air, equipment, evacuation, effect, life, prevention, model, extinguishment, process, fighting, utility, efficiency, service, security, stair, situation, facility, maintenance, lifesaving	129
5	화재 소화기술(물)	tank, supply, pump, storage, hose, valve, inlet, network, top, level, hydrant, power, pressure, pipeline, ground, outlet, pool, output, energy, height, source, rainwater, windlass, filter, drive, interface, chain, equipment ,rain, tuning	85
6	화재 연기 제·배연 기술	wall, power, type, pressure, cavity, cabin, aircraft, supply, room, chamber, machine, platform, unit, refug, engine, injection, window, flight, area, door, channel, bag, propeller, emission, air, position, car, rotorcraft	65
7	화재 대피시설 및 구조기술	frame, motor, rope, cable, lifting, base, support, shaft, hose, roof, telescopic, ground, wheel, floor, seat, wire, cylinder, steel, platform, screw, column, elevator, push, core, horizontal, extension, bolt	87
8	화재 대피시설 및 소화기술	mechanism, extinguisher, cabinet, door, pipeline, top, frame, rescue, refuge, obstacle, release, floor, gear, pipis, outlet, fireman, pull, mean, transverse, relief, support, sealing, track, module, fight, handrail, personnel, face, brace, bottleneck	89

○ 화재진압 기술 주요 분석 특허

표 2-4-47 화재진압 기술 주요 분석 특허1

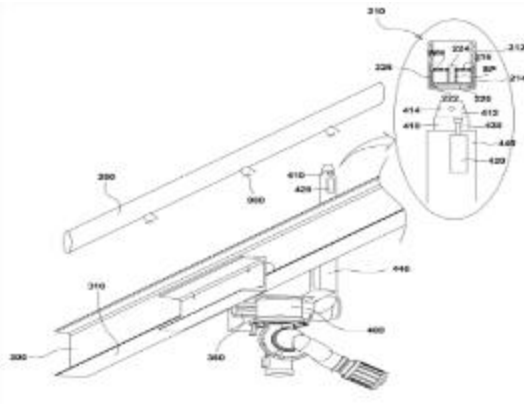
특허명		터널 또는 지하공간용 소화장치	
출원기관	특허여부	탱크테크(주)	특허등록
주요 내용		(개요) 터널 또는 지하공간에서의 화재 시 발화점으로 이동하여 소화수를 분사하는 자동형 이동식 소화장치 (기술적 특징) - 화재 감지센서의 감지신호 활용, 구동모터를 구동시켜 발화 최근접 지점으로 챔버를 이동시킨 후 소화수 자동분사	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 이동식 자동소화가 가능한 장점 (한계점) - 이동식 자동 시스템을 위한 소화관 자동 도킹 기술 실현이 어려움 (보완 가능성) · 스마트 자동소화시스템 - 지능소화를 위한 소화관 정밀 접속 기술 및 자동소화시스템	

표 2-4-48 화재진압 기술 주요 분석 특허2

특허명		Air-to-surface rocket fire extinguisher and method 一种空对地火箭灭火器及方法	
출원기관	특허여부	河南沃野智能科技有限公司 HENAN WOYE INTELLIGENCE TECH CORP, CN	심사중
주요 내용		(개요) 항공기, 소화 폭탄, 로켓 발사기 등으로 구성되어 있는 공대지 로켓 소화기와 구동 방법 (기술적 특징) - 멀티로터 항공기 기술 및 로켓 소화 폭탄, 조종 시스템	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 소화 폭탄을 이용한 자동 소화 시스템 (한계점) - 소화폭탄의 완전소화 가능성이 낮음 (보완 가능성) · 스마트 자동소화시스템 - 자동으로 소화위치에 날아가 소화탄을 발사하는 시스템 개발 필요	

□ 통합방재시스템 구축·운영 기술

- 토픽모델링 분석 결과, 화재정보 전송시스템, 화재감지 및 경보 시스템, 화재연기 감지 및 차단기술, 대피경로 예측 및 안내 시스템, 소화장비 연동 시스템, 보안 시스템 등의 토픽이 도출됨
- Topic1은 platform, transmission, phone, community, network, analysis, signal, communication 등의 키워드가 도출되어 화재정보 분석 및 전송 시스템으로 정의
- Topic2는 detection, warning, process, protection, evaluation, measure, network 등의 키워드가 도출되어 화재감지 및 경보시스템으로 정의
- Topic3는 smoke, refuge, chamber, fireextinguishing, detector, gas, partition 등의 키워드가 도출되어 화재연기 감지 및 차단기술로 정의
- Topic4는 controller, smoke, air, fan, module, networking 등의 키워드가 도출되어 화재연기 제어장치 시스템으로 정의
- Topic5는 operation, simulation, training, appliance, position, passenger, function 등의 키워드가 도출되어 대피지원 소프트웨어 기술로 정의
- Topic6는 route, communication, model, prediction, ocaton, evacuation, LTE 등의 키워드가 도출되어 대피경로 예측시스템으로 정의
- Topic7은 escape, rescue, personnel, channel, reasoning, supplement, surveillance 등의 키워드가 도출되어 대피경로 예측 및 안내 시스템으로 정의
- Topic8는 wall, storage, pipe, evacuation, water, room, basement, plan, evaluation 등의 키워드가 도출되어 대피시설 관련 기술로 정의
- Topic9은 firefighting, lamp, elevator, marker, cable, sensing, connection 등 소화 장비 연동시스템 으로 정의
- Topic10은 management, security, platform, warning, equipment, risk, facility, network 등의 키워드가 도출되어 시스템 보안으로 정의

표 2-4-49 통합방재시스템 구축·운영 토픽별 키워드('16~'20)

토픽		키워드	특허 수
1	화재정보 분석 및 전송 시스템	module, terminal, camera, platform, display, transmission, phone, community, network, analysis, signal, communication, calculation, video, situation, launching, Image, memory	16
2	화재감지 및 경보 시스템	subsystem, detection, warning, process, integration, pipeline, mechanism, power, protection, decision, maintenance, evaluation, measure, parameter, network, image, technology, link, structure, accent, model	10
3	화재연기 감지 및 차단 기술	smoke, corridor, refuge, chamber, fireextinguishing, detector, gas, partition, air, fireproof, signal, firefighting, valve, extinguishing, protection, bomb, use, separator, gyroplane, detection, flow	12
4	화재연기 제어장치 시스템	controller, smoke, acquisition, air, fan, equipment, material, temperature, danger, mechanism, instruction, distribution, pipeline, interface, concentration, module, networking	19
5	대피지원 소프트웨어 기술	operation, simulation, supply, line, position, passenger, function, user, scheme, design, training, speed, mode, number, parameter, index, level, point, model, appliance	20
6	대피경로 예측 시스템	route, communication, model, prediction, service, simulation, location, evacuation, LTE, guidance, egress, exit, technology, application, interconnection	15
7	대피경로 안내 시스템	escape, rescue, personnel, person, extinguishing, construction, accident, evacuation, step, decisionmaking, scene, rate, case, support, channel, reasoning, supplement, surveillance, place	27
8	대피시설	wall, storage, pipe, evacuation, water, room, basement, plan, evaluation, window, tank, structure, result, shell, model, plate, loop, transfer, door	22
9	소화장비 연동 시스템	firefighting, lamp, elevator, marker, cable, sensing, structure, connection, combustion, wire, component, shaft, nozzle, hose, channel, wall, cabin, window	18
10	시스템 보안	management, security, platform, warning, equipment, risk, facility, network, target, robot, internet, application, user, informatization, disaster, Internet, position, hazard	30

○ 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허

표 2-4-50 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허1

특허명		열차운행정보를 이용한 열차안전관제시스템 및 열차안전관제방법(A SYSTEM FOR CONTROLLING THE SECURITY OF A TRAFFIC USING TRAFFIC OPERATING INFORMATIONS AND A METHOD USING THEREOF)	
출원기관	특허여부	주식회사 마니정보	출원/포기
주요 내용		(개요) 본 발명은 열차 및 역사를 통합적으로 감시하고 열차운행을 제어하는 열차안전관제시스템 및 열차안전관제방법에 관한 것으로서, 실시간으로 사고발생여부를 판단하여 열차의 운행을 제어할 수 있도록 하는 열차안전관제시스템에 관한 것이다. (기술적 특징) - 차량 내부의 영상, 음성, 차량상태 등 열차 상황정보와 역사 내부의 영상, 음성 등 역사 상황정보를 유무선네트워크를 통해 실시간으로 종합사령실에 전송 - 열차 및 역사를 실시간으로 감시, 사고발생여부 판단하여 열차의 운행 제어	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 열차 및 역사의 상태에 대한 상세한 정보를 실시간으로 제공 - 열차 및 역사를 통합적으로 감시하여 사고발생여부를 신속하게 전달하고 사고발생시 열차 운행을 자동 또는 수동으로 안전하게 제어 (한계점) - 사고발생 판단하는 역사데이터처리부에 대한 기술 실현 부재 (보완 가능성) · 통합운영시스템 운영표준 구축 - 인공지능을 이용한 스마트 화재대응시스템	

표 2-4-51 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허2

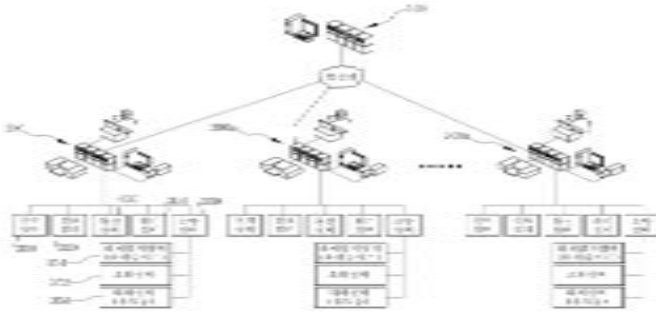
특허명		승객 대피경로 안내기능을 갖는 지하철 역사 및 터널화재방재 시스템	
출원기관	특허여부	철도기술연구원, 주식회사 리트코	특허등록
주요 내용		(개요) 선로에서 화재가 발생 시 이를 감지하고 화재발생정보를 이용하여 화재로 인한 연기의 예상진행경로를 계산하고 계산된 경로에 따라 유도등 및 환풍기의 동작을 제어하는 화재방재 시스템에 관한 것. (기술적 특징) - 화재발생위치, 화재발생지점의 풍향 및 풍속을 이용하여 상기 연기 예상 진행경로 계산 - 데이터 저장부에 연기 진행 시나리오 저장, 그중 연기 예상 진행경로와 조건을 만족하는 시나리오를 선택하여 급/배기 제어 - 연기 예상 경로에 따라 승객의 대피 경로를 계산하고 유도등의 방향을 제어	
대표 이미지			
검토		(진보성) - 연기 예상 경로를 바탕으로 승객의 피난 효율 극대화 (한계점) - 풍향, 풍속만으로는 연기확산 예측이 미흡할 수 있음 (보완 가능성) · 스마트 배연 시스템 기술 & 복합역사 통합운영시스템 TB - 대심도 지하역사의 구조에서 연기확산 예측을 위한 기술인자 발견 필요	

표 2-4-52 통합방재시스템 구축·운영 기술 주요 분석 특허3

특허명		IOT(the Internet of Things) based high-rise building digital fire fighting equipment management system 基于物联网的高层建筑数字化消防设备管理系统	
출원기관	특허여부	公安部上海消防研究所 Shanghai Fire Research Institute of the Ministry of Public Security, CN	등록특허만 제공
주요 내용		(개요) 소방장비 RFID, 전자태그, 전면 카드 판독기 등으로 구성된 IoT를 통해 소방설비의 생산정보, 공황정보, 유지정보, 폐차정보에 대한 전수명 동태관리. (기술적 특징) - 전 소방설비의 RFID 및 전자태그를 통한 정보 데이터 교환 센터 - 데이터 저장 및 통신 모듈과 소방관리기관 서버 연결	
대표 이미지			
검토		(진보성) - IoT를 이용한 통합 방재 시스템 (한계점) - 현 소방설비에서 IoT신호 센서를 부착한 소방설비로 바꾸는 것에 많은 비용 발생 (보완 가능성) · 복합역사 통합운영시스템 TB - 비용 절감 - IoT 설비를 통한 소방설비 자동 관리 및 통합운영시스템 필요	

2.2.1.3. 특허기술 성장단계

- 대분류 기준 특허기술 성장단계를 분석한 결과, 대형복합역사 및 유사공간 분야 화재대응 기술 분야의 특허 기술주기는 성장기에 해당하는 것으로 분석

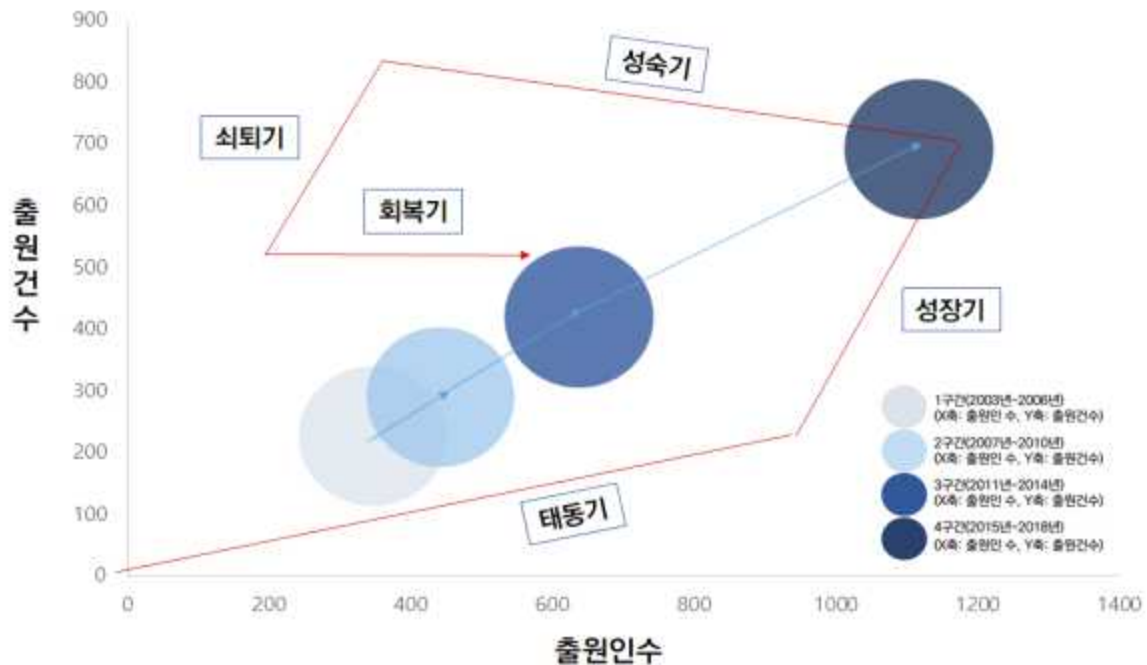
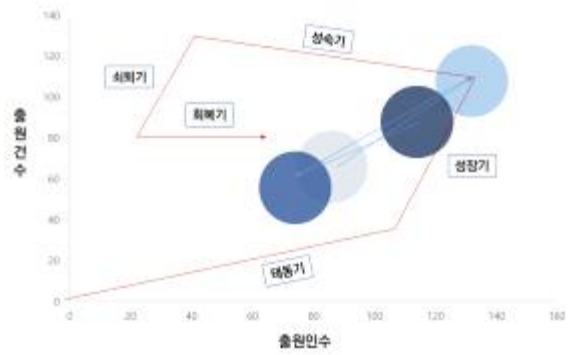
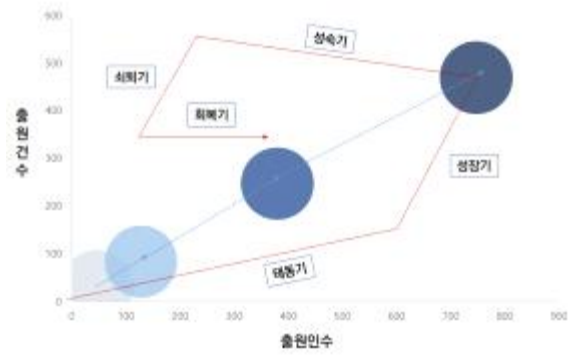


그림 2-4-12 특허기술 성장단계

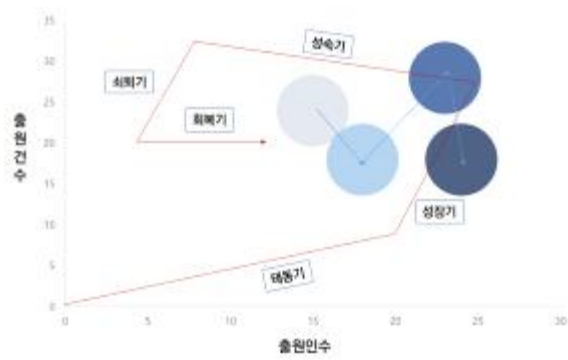
- 출원국가별로 확인한 결과, 중국, 일본, 국제 특허는 성장기에 해당하나, 미국, 유럽, 한국은 쇠퇴기 혹은 회복기로 나타남
- 중국의 경우 1구간부터 4구간까지 지속적으로 출원인과 출원건수 모두 증가하는 것으로 나타나 성장기에 해당함
- 일본은 1구간부터 2구간까지 출원인과 출원건수 모두 급격하게 감소하였으나, 2구간부터 4구간까지 지속적으로 출원인과 출원건수가 증가하는 것으로 나타나 성장기에 해당함
- 국제는 1구간부터 2구간까지 출원인과 출원건수가 감소하였으나, 2구간부터 4구간까지 지속적으로 출원인과 출원건수 모두 증가하는 것으로 나타나 성장기에 해당함
- 미국은 2구간에서 3구간까지 출원인과 출원 건수가 증가하는 추세였으나, 3구간에서 4구간까지 출원건 건수가 급격하게 감소하고, 출원인 수가 증가하여 쇠퇴기에 해당함
- 미국의 경우, 출원인을 공개하지 않는 특허가 존재하여 출원인을 공개하지 않는 특허는 특허 출원건수에서 제외하고 분석하였음
- 유럽은 1구간에서 2구간은 성숙기, 2구간에서 3구간은 쇠퇴기, 3구간에서 4구간은 출원건수가 감소하였으나 출원인 수가 증가하여 회복기에 해당함
- 한국은 2구간에서 3구간까지 급격하게 감소하는 추세로 쇠퇴기에 해당하였으며, 3구간에서 4구간까지는 출원건수는 유지하면서 출원인 수가 증가하여 회복기에 해당함



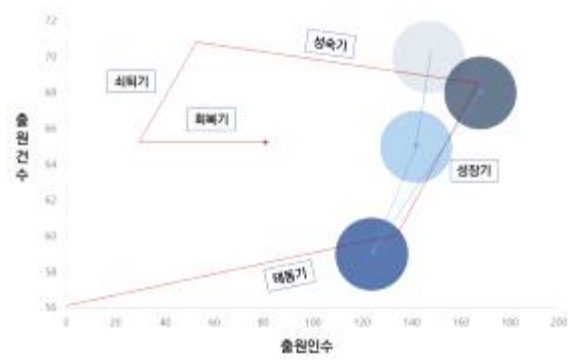
한국



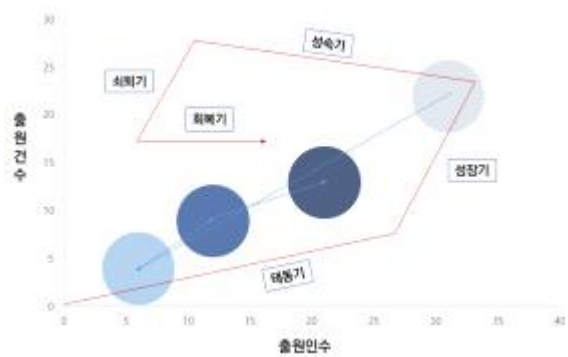
중국



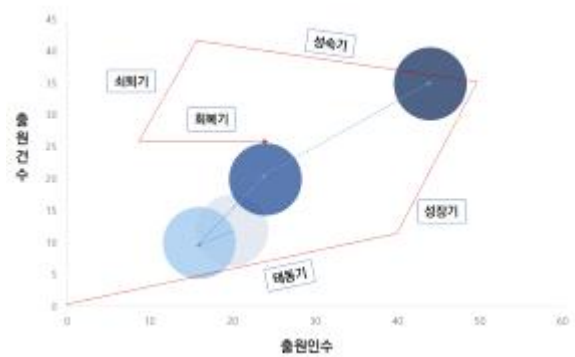
미국



유럽



일본



국제

그림 2-4-13 대분류 기준 출원국가별 특허기술 성장단계

제3장

연구개발과제 구성 및 추진전략

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표 설정

1. 비전 및 목표

□ (비전)

대형 복합역사 화재안전 성능 확보를 통한 사망자 제로화

□ (최종목표)

대심도 광역급행철도(GTX) 등 복합환승 역사 화재에 3분 이내 호흡 가능 안전지역을 제공할 수 있는 수준의 인공지능 기반 화재대응 기술 개발

□ (세부목표)

대심도 복합역사에 최적화된 인공지능 기반 화재인지 및 예측 분석 기술, 인명피난, 화재대응, 통합운영시스템 기술 개발 및 검증

□ (연구분야)

- 인공지능 화재인지 및 예측 분석 기술 개발
- 스마트 화재 대응 시스템 개발
- 인공지능 기반 통합운영시스템 구축 및 검증 기술 개발



그림 3-1-1 연구 비전 및 목표 로드맵

제2절 핵심요소기술 선정

1. 기술수준 평가

□ 평가 목적

- 기술수준평가는 인공지능 기반 대형 복합 역사 화재 대응을 위한 요소 기술 분야별 국내 기술수준을 평가하여 현재 우리나라의 기술적 위치를 확인함으로써 신규 R&D사업의 기술적 추진 타당성을 확보하는데 그 목적이 있음
- 특히 5년 전과 현재의 기술수준을 동시에 평가함으로써 주요국과 국내 기술수준 추이 및 이슈를 분석하고 현재 기준 요소 기술별 기술 성숙 정도를 평가함으로써 정부 R&D 투자의 시의성을 확인

□ 평가 방법

- 기술수준평가의 전문성과 객관성을 위해 국내 관련 분야 전문가 대상 델파이 조사 실시
 - 조사 대상 : 철도안전기술분야 산·학·연 전문가 40인
 - 조사 기간 : 2021.9~10.
- 인공지능 기반 대형 복합 역사 화재 대응을 위한 6대 요소기술을 대상으로 주요국의 기술수준, 최고기술보유국과의 기술격차, 기술성숙도 등 평가
 - 기술수준 : 최고기술보유국의 기술수준이 100%라고 했을 때, 그 외 국가들의 상대적인 기술 수준을 평가
 - 기술격차 : 최고기술보유국을 제외한 국가들의 기술수준이 최고기술보유국 기술수준에 도달하기까지의 격차를 '년' 단위로 작성
 - 기술성숙도 : 해당 요소기술의 전반적인 기술성숙 정도가 태동기/성장기/성숙기/쇠퇴기/회복기 중 어디에 해당하는지 평가
 - 태동기 : 신기술 출현
 - 성장기 : R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화
 - 성숙기 : 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태
 - 쇠퇴기 : 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생
 - 회복기 : 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴

□ 6대 요소기술 및 개요

표 3-2-1 인공지능 기반 대형 복합 역사 화재 대응 요소기술

요소 기술	요소 기술별 개요
① 화재정보 디지털화 및 인지 기술	화재정보(연기, 온도, 가스, 이미지, 열화상 등)를 디지털화하여 관제센터로 전송하는 기술
② AI 기반 화재위험 식별 및 감지 기술	화재정보 및 상황(시간별 이용자 수, 동선 정보, 출입구 이용현황 등) 빅데이터 분석을 통한 위험도 평가 및 경보 안내 기술
③ AI 기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술	시설 정보, 화재 전파 상황, 승객 밀집도 기반 최적 대피로 판단 및 대피로 안내, 스마트 대피통로, 구난 셔틀 등 대피 시설·장비의 개발, 개선, 운영을 위한 기술
④ AI 기반 제연/배연 기술	방화구획, 방화스크린 제어, 제배연시스템 가동 등 화재연기 차단 및 제·배연을 위한 기술
⑤ AI 기반 소화시스템 기술	자동소화시스템, 소화구획화 등 소화 성능 향상 지원을 위한 설비 운영 기술
⑥ AI 기반 화재대응 시스템 통합 운영 기술	역사 연기 차단 및 제·배연 시스템, 대피로 안내, 대피 시설·장치 등의 통합 운영·관리 시스템 개발 기술

1.3 평가 결과

1) 화재정보 디지털화 및 인지기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 85%, 3년의 격차 존재
- 국내 기술수준과 최고기술보유국과의 격차가 좁혀지고는 있으나 중국의 추격속도가 빨라 국내 기술 역량을 조속히 개선시키는 것이 필요

표 3-2-2 '화재정보 디지털화 및 인지기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	80	85	3	3
중국	70	80	5	4
일본	85	90	2	2
EU	100	100	0	0
미국	100	100	0	0

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 전 세계적으로 빅데이터 기반 기술개발이 활발한 시기로 성장기에 해당

표 3-2-3 '화재정보 디지털화 및 인지기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
	●			

2) AI 기반 화재위험 식별 및 감지기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 80%, 3년의 격차 존재

표 3-2-4 'AI기반 화재위험 식별 및 감지기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	75	80	4	3
중국	60	70	5	4
일본	85	90	2	2
EU	100	100	0	0
미국	100	100	0	0

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 전 세계적으로 빅데이터 기반 기술개발이 활발한 시기로 성장기에 해당

표 3-2-5 'AI기반 화재위험 식별 및 감지기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
	●			

3) AI기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 70%, 5년의 격차 존재
- 5년 전과 달리 현재는 중국과 국내 기술수준이 유사한 수준이라 적극적 투자를 통한 기술 역량 제고 필요

표 3-2-6 'AI기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	60	70	5	5
중국	50	70	6	5
일본	70	80	3	3
EU	100	100	0	0
미국	90	90	1	1

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 전 세계적으로 다양한 피난/구난 대응 기술 개발을 시도하고 있는 시기로 성장기에 해당

표 3-2-7 'AI기반 스마트 피난/구난 대응 시스템 기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
	●			

4) AI기반 제연/배연 기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 80%, 3년의 격차 존재

표 3-2-8 'AI기반 제연/배연 기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	70	80	3	3
중국	60	70	5	4
일본	85	90	2	2
EU	100	100	0	0
미국	100	100	0	0

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 미국, EU 내 제·배연 기술 개발 노력이 장기적으로 지속되어 오면서 현재는 성숙기에 해당

표 3-2-9 'AI기반 제연/배연 기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
		●		

5) AI기반 소화시스템 기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 85%, 3년의 격차 존재

표 3-2-10 'AI기반 소화시스템 기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	80	85	3	3
중국	70	80	5	4
일본	85	90	2	2
EU	100	100	0	0
미국	100	100	0	0

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 안전 기술 확보를 최우선으로 해오면서 소화시스템 개발에 대한 지속적인 투자로 현재는 성숙기 수준에 해당

표 3-2-11 'AI기반 소화시스템 기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
		●		

6) AI기반 화재대응 시스템 통합 운영기술

□ 기술수준 및 기술격차

- 최고기술보유국은 미국과 EU이며, 우리나라는 최고기술수준 대비 85%, 3년의 격차 존재

표 3-2-12 'AI기반 화재대응 시스템 통합 운영기술' 기술수준 및 기술격차

국가	기술수준 (%)		기술격차 (년)	
	2016년	2021년	2016년	2021년
한국	80	85	3	3
중국	70	80	5	4
일본	85	90	2	2
EU	100	100	0	0
미국	100	100	0	0

□ 최고기술보유국의 기술성숙정도

- 전 세계적으로 빅데이터 기반 기술개발이 활발한 시기로 성장기에 해당

표 3-2-13 'AI기반 화재대응 시스템 통합 운영기술' 기술수준 및 기술격차

태동기	성장기	성숙기	쇠퇴기	회복기
	●			

1.4 시사점

- 인공지능 기반 복합역사 화재대응 기술의 요소기술을 6개로 구분하고, 각 요소기술에 대해 주요국의 기술수준, 기술격차, 최고기술보유국의 기술 성숙 정도를 살펴보았음
- 그 결과 대체로 미국, EU가 각 요소기술의 최고기술수준을 보유
- 국내 기술수준은 최고기술보유국 대비 80%, 최고기술보유국과의 기술격차는 3~5년 정도로 나타나 향후 인공지능 기반 복합역사 화재대응 기술 개발을 위한 정부 R&D 투자를 통해 기술 역량 제고가 필요한 것으로 나타남

2. SWOT 분석

- 대형 복합역사 화재대응 기술 확보 전략 수립 관점에서 대외 여건 변화에 따른 기회, 위협 요인과 사업 추진에 있어서의 강점과 약점 토대로 전략 방향을 도출

표 3-2-14 SWOT 분석 결과

대형 복합역사 화재대응 기술 확보 전략 수립을 위한 SWOT 분석	Strength (강점)	Weakness (약점)
	▪ 국내 빅데이터/AI 기반기술 역량 우수 ▪ 선행 연구과제를 통해 기술개발 역량 및 성과 축적 ▪ 철도운영기관의 적극적인 사업 추진 의지	▪ 상용 현장에서 실증사업 추진의 어려움 ▪ 선행 연구 성과들의 현장 적용을 통한 개선점 확인 및 개선 미흡
Opportunity (기회)	S-O 전략	W-O 전략
▪ 정부는 교통 안전기술 개발, SOC 디지털화 등을 정책방향으로 제시 ▪ 국가차원의 빅데이터/AI 기반기술 역량 우수 ▪ 지하역사 대형화/복합화 추세에 따른 혁신기술 수요 증가	▪ 과제간 체계적 추진 및 성과 연계 등 시너지 가능한 추진체계 형태로 추진 ▪ 빅데이터 및 AI 기술 기반 대응 고도화 기술 확보	▪ 실용화 및 현장 적용이 용이하도록 실증단계까지 개발 ▪ 사업제안시 테스트베드 추진 계획을 제시하도록 요청
Threat (위협)	S-T 전략	T-W 전략
▪ 철도 안전 신기술 적용을 위한 규정 미비로 성과 활용 제약으로 작용 ▪ 공급자 중심 연구로 실제 수혜자 관점과 간극 발생 및 현장 활용도 떨어질 우려	▪ 위험상황 행동특성을 고려한 사람 중심 기술 개발 ▪ AI 기반 신속 판단 및 현장 대응 기술 확보	▪ 혁신법 대응이 가능한 관리 방식 적용 ▪ 과제추진시 관련 정책이나 규정 개선 추진 병행토록 요청

3. 사업 추진 전략 도출

- SWOT 분석 결과를 토대로 추진체계, 핵심분야, 추진범위, 과제관리 관점에서 사업 추진 전략을 도출
- (추진체계) 목적 중심 기술개발 및 성과 연계·활용을 위해 연구단 형태로 추진
- (중점분야) 데이터/AI 기반 인지 및 예측 기술 개발
- (중점분야) AI 기반 화재대응 시스템 기술(대피, 제배연, 소화)
- (중점분야) AI 기반 통합시스템 운영 기술
- (추진범위) 실증단계(TRL7)까지 개발
- (과제관리) 마일스톤 목표 관리 중심 지원

표 3-2-15 SWOT 분석 결과 기반 사업 추진 전략 도출

SWOT 전략	사업 추진 전략
▪ 과제간 체계적 추진 및 성과 연계 등 시너지 가능한 추진체계 형태로 추진 ▪ 빅데이터 및 AI 기술 기반 대응 고도화 기술 확보 ▪ 위험상황 행동특성을 고려한 사람중심 기술개발 ▪ AI 기반 신속 판단 및 현장 대응 기술 확보 ▪ 실용화 및 현장 적용이 용이하도록 실증단계까지 개발 ▪ 혁신법 대응이 가능한 관리방식 적용	① (추진체계) 목적 중심 기술개발 및 성과 연계·활용을 위해 연구단 형태로 추진 ② (1중점분야) 데이터/AI 기반 인지 및 예측 기술 개발 ③ (2중점분야) AI 기반 화재대응 시스템 기술(대피, 제배연, 소화) ④ (3중점분야) AI 기반 통합시스템 운영 기술 ⑤ (추진범위) 실증단계(TRL7)까지 개발 ⑥ (과제관리) 마일스톤 목표 관리 중심 지원

제3절 연구개발과제 구성

1. 기술수요조사

- 연구개발 과제 구성을 위하여 온라인 기술수요조사를 실시함
- 수요조사 기간
 - (1차) 공개수요조사 '21.2.23. - '21.3.12.
 - (2차) 기획위원회
- 수요조사 결과 : 총 28개 수요과제 접수(산업계 8, 학계 4, 연구계 16)
- 수요기술 요약
 - 화재 인지, 분석 및 예측 분야 (11개 수요기술) : 인공지능을 활용한 화재의 조기 인지를 위한 영상, 열화상, 음향 등 활용 기술, 요구조자의 위치인식 기술, 인지된 화재 데이터를 이용하여 위험도를 예측하는 기술, 계산자원이 많이 소요되는 위험도 평가를 용이하게 지원할 수 있는 기계학습 등 기술 제안되었음
 - 화재대응 시스템 기술 분야(12개 수요기술) : 화재대응 분야 중 대심도에서 피난을 용이하게 지원하는 대피통로 제안기술, 구조활동 지원 시스템 개발, 안내로봇을 피난시 활용하는 기술, 임시피난지역을 형성하는 기술 등 인명안전 지원 기술이 다수 접수, 그 외에도 연기를 제어하는 능동형/지능형 재배연 시스템과 소화시스템 자동화 기술이 각각 제안되었음
 - 통합운영시스템 운영 검증 분야(5개 수요기술) : 통합시스템 운영에서는 통합시스템이 철도종사자에게 체계적적으로 비상대응을 수행할 수 있도록 지원하는 D-SOP(Digital-Standard Operation Procedure) 비상대응기술, 통합대응 시스템 테스트 베드 구축 및 실증, 관리체계 및 통합운영을 위한 표준체계 정립 등의 과업이 제안되었음

○ 수요기술

표 3-3-1 기술수요조사

중점분야	수요조사 제안 과제	제안자
화재 데이터 인지 분석 및 예측 분야	이동형 CCTV 기반 능동형 대형 복합 역사 화재연기 차단 및 대피기술 개발	산업계
	영상 기반 인공지능 화재 인지 기술	연구계
	화재발생시 요구조자 위치확인 기술개발	연구계
	AI Visoin 기술을 활용한 화재 대응 시스템 구축	산업계
	열화상 인식지능 기반 화재 상황 인지 및 대피 지원기술 개발	학계
	인공신경망 기반 대형 지하역사 화재안전성 시뮬레이터 개발	연구계
	IoT센서 활용 화재도 위험 평가 AI 기술 개발	연구계
	확장형 AI 플랫폼 고도화 기술 개발	연구계
	AI기반 스마트 피난 모니터링 및 대응 시스템	연구계
	AI 기반 대피로 안내 플랫폼 기술 개발	연구계
	지능형 대형복합역사 피난안내시스템 및 AI기반 승강장 제·배연 기술 개발	산업계
화재대응 기술 분야	대형 복합 역사 화재 상황인지 기반 가변식 비상유도 Self-Driving Robot 개발	산업계
	인공지능형 역사 피난 안내 로봇 시스템 개발	연구계
	복합역사용 스마트 구난 셔틀 기술 개발	연구계
	터널 및 대심도 구조구난 차량 개발	산업계
	인공지능 기반 화재대응 비상피난 경사형 대피통로	산업계
	복합역사 스마트 대피통로 실용화 연구	연구계
	임시 피난안전구역 형성 및 AI 생존환경 구현기술 개발	학계
	AI 기반 통합운영 피난 E/V 기술 개발	산업계
	상황인지기반 지능형 제연/배연 시스템 기술	연구계
	인공지능 기반 승강장 능동형 배연시스템 개발	학계
	대형 복합역사의 지능형 제배연 시스템 기술 개발	연구계
	대심도/대공간 복합 역사의 지능형 원격소화 및 구획화 기술 개발	연구계
통합운영시스템 운영검증 분야	AI 기반 화재대응 시스템 테스트베드 구축 및 실증	연구계
	복합역사 디지털트윈공간 구축 및 D-SOP 기반 화재 대응 기술개발	산업계
	대형 복합 역사 화재용 지능형 화재감지 및 대피용 통합 관제시스템 개발	연구계
	AI기반 화재대응 시스템의 안전한 통합 운영 시스템을 위한 보안 통신 네트워크 플랫폼 개발	연구계
	인공지능기반 화재대응시스템 관리체계 개발	학계

○ 기술과제별 제안기술 분석

표 3-3-2 1분야 제안기술 분석

중점분야	수요과제	주요 제안 기술
(1분야) 화재 데이터 인지 분석 및 예측 분야	이동형 CCTV 기반 능동형 대형 복합 역사 화재연기 차단 및 대피기술 개발	- 에어/제연커튼 이동식 레일 및 구동체 - CCTV IR라이트 및 스피커/능동형 대피조명
	영상 기반 인공지능 화재 인지 기술	- 실시간 불꽃 감지 알고리즘 - 실시간 연기 감지 알고리즘 - 영상기반 통합 화재 감지 알고리즘
	화재발생시 요구조자 위치확인 기술개발	- 실내 라이더 도입 및 위치 및 대상물(승 객) 식별 알고리즘 - CCTV+라이더 연계정보로 생성 가능한 신규정보
	AI Visoin 기술을 활용한 화재 대응 시스템 구축	- 화재 조기 대응을 위한 영상분석 알고리즘 - 스마트 피난로 안내 시스템 개발 (구난용 시스템 별도)
	열화상 인식지능 기반 화재 상황 인지 및 대피 지원기술 개발	- 열화상 영상분석 기반 화재 인지 및 대응 시스템 요소기술 - 열화상 인식지능 기반 화재 인지 모듈 및 학습 플랫폼 - 인공지능 기반 화재 인지/대피 지원 시스템 - 화재상황 제어/대응/모니터링 통합 시스템
	인공신경망 기반 대형 지하역사 화재안전성 시뮬레이터 개발	- 시뮬레이션 결과의 학습을 통한 인공신경망 모델 - 피난 분야 화재안전성 평가 시뮬레이터 - 화재 분야 화재안전성 평가 시뮬레이터
	IoT센서 활용 화재위험도 평가 AI 기술 개발	- IoT 센서 활용 화재 모니터링 및 열·연기 거동 예측 분석 모델 - 화재 장소, 종류, 규모 등을 고려한 공간/ 경로별 위험도 평가 방법 - 위험도 평가에 기반한 복합 역사 화재 대 응 방안(선제, 국소/전역)
	확장형 AI 플랫폼 고도화 기술 개발	- 역사별 시설 정보 및 센서/대응 모듈 정 보화 및 자동 분석 - 시설 정보 및 센서/대응 모듈 정보 활용 AI 플랫폼 기능 최적화 기술 - 시설 정보 및 센서/대응 모듈 변경에 따 른 전이 학습(Transfer Learning) 기법
	AI기반 스마트 피난 모니터링 및 대응 시스템	- AI기반 재실자 인지 및 출입 감지 모듈 - AI기반 스마트 피난 시스템 - AI기반 스마트 피난 모니터링 및 대응 통 합 시스템 최적화
	AI 기반 대피로 안내 플랫폼 기술 개발	- 실시간 화재 위험도 평가 알고리즘 - 시설 정보 및 승객 밀집도 기반 대피로 선정 기술 - 최적 화재 대피로 안내 통합 시스템
	지능형 대형복합역사 피난안내시스템 및 AI기반 승강장 제·배연 기술 개발	- IoT 및 AI 기반 화재위치 판단 기술 - IoT 기반 열차 부착형 피난안내시스템 - AI 기반 능동형 화재연기 배연 시스템

표 3-3-3 2분야 제안기술 분석

중점분야	수요과제	주요 제안 기술
(2분야) 화재대응 시스템 기술 분야	대형 복합 역사 화재 상황인지 기반 가변식 비상유도 Self-Driving Robot 개발	- 가변식 비상유도 자율운행 로봇 - 복수 로봇을 활용한 협력적 화재대응
	인공지능형 역사 피난 안내 로봇 시스템 개발	- 역사 피난 안내 로봇의 하드웨어 설계 및 피난 대응 알고리즘 - 피난 대응 알고리즘 최적화 - 재난 상황에서 구동가능한 최적 제어기 - 실규모 성능 검증 및 통합시스템 연동방 안 연구
	복합역사용 스마트 구난 셔틀 기술 개발	- 구난 셔틀 인공지능 인지, 자율주행 기술
	터널 및 대심도 구조구난 차량 개발	- 터널 및 대심도 구조구난 차량 - 터널에서 승객 대피 지원 기술
	인공지능 기반 화재대응 비상피난 경사형 대피통로	- 인공지능기반 비상피난 경사형 대피통로 - 계단부 차연 통로 방식
	복합역사 스마트 대피통로 실용화 연구	- 지하역사용 스마트 대피통로 운전 지능 화 기술 - 스마트 대피통로 테스트베드 운영, 신기 술 인증 및 제도화
	임시 피난안전구역 형성 및 AI 생존환경 구현기술 개발	- 지하역사 임시피난안전구역 형성 기술 - 피난안전구역 생존 필수 구성 요소 기술
	AI 기반 통합운영 피난 E/V 기술 개발	- AI 기반 피난 E/V 통합운영 플랫폼 - 연돌현상 방지 기술
	상황인지기반 지능형 제연/배연 시스템 기술	- 양방향 분산·가변형 제/배연 설비 - 상황인지 기반 양방향 분산·가변형 제/배 연 설비 시스템
	인공지능 기반 승강장 능동형 배연시스템 개발	- 역사 화재 안전성 평가기술 - AI 기반의 능동형 승강장 배연시스템 개발
	대형 복합역사의 지능형 제배연 시스템 기술 개발	- 복합역사 제연/배연 시스템의 급배기 설 비 최적화 기술 - 지능형 제연/배연 알고리즘 및 핵심설비 개발
	대심도/대공간 복합 역사의 지능형 원격소화 및 구획화 기술 개발	- AI 기반의 원격자동소화시스템 기술 고 도화 - 승강장 및 대공간(지하주차장, 복합역사 등) 구획화 기술

표 3-3-4 3분야 제안기술 분석

중점분야	수요과제	주요 제안 기술
(3분야) 통합운영시 스템 운영검증 분야	AI 기반 화재대응 시스템 테스트베드 구축 및 실증	- 통합시스템 적용을 위한 데이터 정의 - 통합시스템 정의 및 시스템 설계 - 테스트베드 구축 (시설물 설치, 시스템 구축 포함)
	복합역사 디지털트윈공간 구축 및 D-SOP 기반 화재 대응 기술개발	- 국가 표준 기반 복합역사 디지털트윈공간 구축 및 관리 기술 - D-SOP 기반 복합역사 이상상황 감지 및 재난 대응기술 - 복합역사 디지털트윈 기반 화재 대응 플랫폼
	대형 복합 역사 화재용 지능형 화재감지 및 대피용 통합 관제시스템 개발	- 사물인식 기반 화재대응 플랫폼, 화재감지기 등 방재센서, 환경센서 등 기기 통합화/인터페이스 기술 - 화재감지/대피 및 안전정보 제공 시나리오 및 지능형 알고리즘(딥러닝 기반), 서버 및 시스템 - 실시간 화재위치 모니터링, 사용자 위치 기반 시스템, 화재 등 감지 및 개별신호 통합/전송용 통합 관제시스템
	AI기반 화재대응 시스템의 안전한 통합 운영 시스템을 위한 보안 통신 네트워크 플랫폼 개발	- 혼재된 IoT 서비스 상황에서 보안위협 연구 및 네트워크 최적화 모델링 - 네트워크 구조 연구 및 시스템 구축 기술 연구 - 대형역사망 환경에서 이상행위 탐지 및 악성코드 분석 기술 - 네트워크 보안기술 가상화
	인공지능기반 화재대응시스템 관리체계 개발	- 화재대응 시스템 관리 규정 필요성 - 화재대응 시스템의 표준화 규정 필요성

2. 과제 우선순위 평가

□ 우선순위 평가

○ 개요 : 추진과제 도출을 위하여 제안된 수요과제의 우선순위(중요도)를 평가,

- 평가항목: 혁신성, 실효성, 시급성, 정부지원 필요성으로 각 항목 10점, 총 40점

- 평가자 : 기획위원회 분과별 기술위원

○ 과제중요도 평가 결과

표 3-3-5 기획위원회 추진사항

중점분야	과제명	혁신성 (10)	실효성 (10)	시급성 (10)	정부지원 필요성(10)	합계 (40점)	중요도	연관 키워드
화재 데이터 인지 분석 및 예측	이동형 CCTV 기반 능동형 대형 복합 역사 화재연기 차단 및 대피기술 개발	5.00	5.31	4.77	5.08	20.15	★★	영상인지, 이동형 카메라, Vision
	영상 기반 인공지능 화재 인지 기술	4.15	5.08	3.92	4.15	17.31	★	
	화재발생시 요구조자 위치확인 기술개발	5.08	6.46	5.77	5.92	23.23	★★★	
	AI Visoin 기술을 활용한 화재 대응 시스템 구축	5.23	6.23	5.77	5.69	22.92	★★	
	열화상 인식지능 기반 화재 상황 인지 및 대피 지원기술 개발	5.31	5.46	5.08	5.38	21.23	★★	
	인공신경망 기반 대형 지하역사 화재안전성 시뮬레이터 개발	5.69	4.85	4.62	5.31	20.46	★★	시물레이 터 위험도 평가, DB
	IoT센서 활용 화재도 위험 평가 AI 기술 개발	4.92	4.38	4.77	4.54	18.62	★	
	확장형 AI 플랫폼 고도화 기술 개발	5.62	4.69	4.77	4.92	20.00	★★	대피경로 안내
	AI기반 스마트 피난 모니터링 및 대응 시스템	4.92	4.62	5.15	5.00	19.69	★	
	AI 기반 대피로 안내 플랫폼 기술 개발	5.15	4.77	4.85	5.31	20.08	★★	
화재 대응 시스템 기술	대형 복합 역사 화재 상황인지 기반 가변식 비상유도 Self-Driving Robot 개발	5.69	4.69	4.69	4.85	19.92	★	피난안내 로봇, 구난로봇
	인공지능형 역사 피난 안내 로봇 시스템 개발	5.23	4.92	4.38	4.62	19.15	★	
	복합역사용 스마트 구난 셔틀 기술 개발	6.54	5.92	5.46	6.08	24.00	★★	
	터널 및 대심도 구조구난 차량 개발	5.15	5.08	4.92	5.77	20.92	★	
	인공지능 기반 화재대응 비상피난 경사형 대피통로	7.00	6.77	6.38	7.46	27.62	★★★★	대피통로
	복합역사 스마트 대피통로 실용화 연구	7.38	7.69	6.92	7.31	29.31	★★★★	
	AI 기반 통합운영 피난 E/V 기술 개발	5.31	5.77	5.69	5.85	22.62	★★	피난EV
	상황인지기반 지능형 제연/배연 시스템 기술	6.00	6.15	6.15	6.38	24.69	★★★★	
	지능형 대형복합역사 피난안내시스템 및 AI기반 승강장 제·배연 기술 개발	4.85	5.54	5.00	5.69	21.08	★	지능 제연/배연
	인공지능 기반 승강장 능동형 배연시스템 개발	5.54	5.46	5.46	5.77	22.23	★★	
	대형 복합역사의 지능형 제배연 시스템 기술 개발	5.77	6.08	5.46	6.15	23.46	★★	
	대심도/대공간 복합 역사의 지능형 원격소화 및 구획화 기술 개발	5.77	5.31	4.77	5.69	21.54	★	지능소화
통합운영 시스템	AI 기반 화재대응 시스템 테스트베드 구축 및 실증	5.62	5.77	5.77	7.23	24.38	★★★★	테스트베드 SOP자동화
	복합역사 디지털트윈공간 구축 및 D-SOP 기반 화재 대응 기술개발	6.00	6.08	5.08	6.00	23.15	★★	
	대형 복합 역사 화재용 지능형 화재감지 및 대피용 통합 관제시스템 개발	4.85	5.92	5.08	6.00	21.85	★	
	AI기반 화재대응 시스템의 안전한 통합 운영 시스템을 위한 보안 통신 네트워크 플랫폼 개발	5.00	5.77	5.69	6.15	22.62	★★	통신보안 표준(개방)

2.2 추진과제 도출

- 제안과제가 다수의 기술을 포함하는 경우가 있었으며, 유사 중복 내용의 제안 등을 통합 조정하기 위하여 기획위원으로부터 높이 평가된 수요과제의 핵심 제안 기술을 중심으로 제안 수요과제를 그룹핑하여 통합

- 분야별 중점 기술과 연관 반영 체계를 아래 분야별 조정표와 같이 분석

○ 화재 인지/예측 분야

- 스마트 화재인지 기술, 스마트 예측기술, 스마트 피난안내 세부기술로 통합

표 3-3-6 화재 인지/예측 분야

분야	수요조사 기술	기획위원 중요도 평가		스마트 화재인지 및 예측분석 기술 개발
화재 인지/ 예측 분야	이동형 CCTV 화재 상황 인지	★★		(스마트 화재인지 기술)
	영상 인공지능 화재 인지기술	★		
	요구조자위치확인기술	★★★		
	열화상인식지능 기반 화재 상황 인지	★★		
	영상/음성 인식 AI 화재재난 인지	★★★		
	인공신경망 기반 화재안전성 시뮬레이터	★★		(스마트 예측분석 기술)
	IoT센서 활용 화재 위험도 평가기술	★		
	확장형 AI 플랫폼 고도화기술	★★		
	AI기반 스마트 피난 모니터링	★		(스마트 안내 기술)
	AI 기반 대피로 안내 플랫폼기술	★★		
	화재 상황인지 기반 가변식 비상유도 Robot	★		

○ 스마트 화재대응시스템 분야

- 스마트 구난서를 개발, 스마트 대피통로 운영 최적화 기술, 비상엘리베이터 운영체계 구축, 스마트 제/배연시스템 기술, 스마트 화재 소화시스템 기술로 통합

표 3-3-7 스마트 화재대응 시스템 분야

분야	수요조사 기술	기획위원 중요도 평가		스마트 화재인지 및 예측분석 기술 개발
스마트 화재대응 시스템 분야	인공지능형 역사피난 안내 로봇	★		(스마트 피난/구난 기술)
	역사용 스마트 구난 셔틀 기술	★★		스마트 구난셔틀 개발
	터널 및 대심도 구조구난차량	★★		스마트 대피통로 운영 최적화
	경사형 대피통로	★★★★		비상 엘리베이터 체계 구축
	스마트 대피통로 실용화기술	★★★★		
	임시 피난안전구역및 생존환경 기술	★★★★		
	AI 기반 통합운영 피난 E/V 기술	★★		
	상황인지기반 지능형 제연/배연시스템 기술	★★★★		(스마트 화재 대응 기술)
	인공지능 기반 승강장 능동형 배연시스템	★		스마트 제/배연 시스템
	복합역사 지능형 제배연시스템기술	★★		승강장 자동소화 시스템
	지능형 원격소화및 구획화 기술	★		

○ 통합운영시스템 기술 분야

- 테스트베드 구축/검증, 통합운영시스템 관리체계(운영표준) 기술로 통합

표 3-3-8 통합운영시스템 기술 분야

분야	수요조사 기술	기획위원 중요도 평가		스마트 화재인지 및 예측분석 기술 개발
통합운영 시스템 기술 분야	AI 기반 화재대응 시스템 테스트베드구축 및 실증	★★★		(테스트 베드 구축)
	복합역사 디지털트윈구축 및 시스템 SOP 화재 대응	★★		테스트베드 구축/검증
	지능형 화재감지대피 통합 관제	★		SOP(시스템대응) 자동화
	AI기반 화재대응 시스템의 안전한 통합 운영 시스템을 위한보안 통신네트워크플랫폼	★★		DBMS(데이터기반관리시스템)
	인공지능기준 화재대응시스템 관리체계	★★★★		(관리체계)
				운영표준 구축

- 중점분야별 추진 기술

표 3-3-9 중점개발 기술

중점분야	세부과제	중점개발 기술
인공지능 스마트 화재 인지 및 예측 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	- 영상/음성 등 스마트 인지 기술 - 요구조자 위치 (추적)인지 기술
	스마트 화재분석 확장형 AI 플랫폼 개발	- 화재확산 예측 및 위험도 평가 학습 모델 - 확장형 화재 분석 AI 플랫폼(데이터 확장 학습 기법) - 위험도 분석 DB 구축
	스마트 대피경로 안내 플랫폼 및 요소 기술 개발	- 지하역사 최적 피난경로 계산 기술 - 스마트 피난안내 표시 장치 및 운영시스템
스마트 화재 대응 시스템 개발	자율주행 스마트 구난 셔틀 개발	- 스마트 구난 셔틀 설계 기술, 시제품 - 구난셔틀 자율운전, 승객 보호운전 기술
	지하역사용 스마트 대피통로 인공지능 운영최적화 개발	- 스마트 대피통로 지능화 시스템 - 지하역사용 스마트 대피통로 최적화 체계(통로 소재, 동력, 관리, 지능운전) 개발 - 피난/구난거점구역(임시피난안전구역) 구성 기술
	지하역사 비상 EV 적용 기술	- 지하역사 비상 EV 운영표준/기준 제시 - 지하역사용 비상 EV 장치 및 제어기술
	스마트 제/배연 시스템 기술	- 스마트 제/배연 표준 운영 체계 - 스마트 제/배연 제어 장치 및 제어 기술
	스마트 화재진압 시스템	- 승강장 화재열차 자동소화 연계장치 개발(시설연계 차량내부 소화 시스템 연결장치)
통합시스템 운영 체계 개발	통합시스템 TB 구축	- SOP(시스템대응매뉴얼) - 테스트베드 시범 구축 - DBMS(빅데이터:재실자정보관리,화재감지기정보관리,등 대응설비 상태정보등) 구축
	통합시스템 표준 운영 체계	- 통합방재시스템 운영표준(표준화,소통) 체계

제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

- 기획위원회에서 선정한 제안기술의 중요도 및 선정된 중점개발 기술의 성공적 개발 및 실용화 추진을 위하여 주요 연구내용 구성

표 3-4-1 세부과제별 주요 연구내용

분야명	주요 연구내용
(1핵심분야) 인공지능 스마트 화재 인지 및 예측 기술 개발	○ 멀티모달 기반의 인공지능 화재 인지 기술 개발 - 영상 및 음성 멀티모달 입력 기반의 화재 인지 최적 기술 개발 - 엣지 컴퓨팅을 통한 실시간 화재 인지 시스템 - 멀티모달 입력 기반의 화재 인지 모델의 실시간 구현 및 시스템 구축 - 화재환경 극복 IoT 센서 시스템 안정화 기술 개발 ○ 화재상황 요구조자 위치 인지 기술 개발
	■ 화재분석 및 확산 지능 예측기술 개발 ○ 화재위험도 평가 기술 고도화 개발 - 대심도 지하역사 화재확산 시뮬레이션 영향 요소 분석 - 대심도 화재 시나리오별 유동경로 및 소요 배연·환기량 추론 기술 - IoT 센서 활용 화재 모니터링 및 열·연기 거동 예측 분석 모델 - 시뮬레이션 결과의 학습을 위한 인공신경망 모델 개발 - 화재 장소, 종류, 규모 등을 고려한 공간/경로별 화재위험도 평가 방법 개발 - 기존 지하역사 화재위험도 결과 분석 및 학습 모델 구축 ○ 확장형 화재 분석 AI 플랫폼 기술 개발 - 역사별 시설 정보 및 센서/대응 모듈 정보화 및 자동 분석 기술 개발 - 화재 분석 AI 플랫폼 학습 프레임워크 개발 - 다양한 환경, 시나리오를 고려한 AI 플랫폼 학습 데이터 생성 확장 기술 개발 - 시설정보 및 센서/대응 모듈 변경에 따른 전이학습(Transfer Learning) 기법 개발 - 학습 데이터 증강 및 빅데이터 분석을 통한 화재 분석 AI 플랫폼 평가 - 확장형 화재 분석 AI 플랫폼 테스트베드 구축 및 검증
	■ 스마트 대피경로 안내 기술 개발 ○ 디지털 트윈, AI 기반 탈출 경로 계획 알고리즘의 기초 기술 개발 - AI 기반 탈출 경로 최적화 계산 알고리즘의 개발 - AI 기반 화재상황 변화에 따른 경로 안내 변경 알고리즘 개발 ○ 스마트 피난안내 표시 장치 및 운영 시스템 개발 - 대피 경로 안내시스템의 설계를 위한 요건 분석 - 대심도 역사 최적화 스마트 대피안내 시스템의 설계 및 제작 - 스마트 피난안내 시스템 현장설치 및 성능검증 - 극한 화재재난 상황 극복 스마트 피난안내 장치 및 운영 시스템 성능 검증

(2핵심분야) 스마트 화재대응 시스템 개발	■ 자율주행형 스마트 구난 셔틀 개발 ○ 스마트 구난 셔틀 운전 시나리오 확립 ○ 스마트 구난 셔틀 자율운행 시스템 설계, HW/SW 개발 ○ 역사 구난 로봇의 하드웨어 설계 및 피난 대응 알고리즘 개발 ○ 스마트 구난 셔틀 자율운행 구동체 시제품 제작 ○ 역사 테스트베드에서의 스마트 구난 셔틀 시범 운영 검증/시험 운영
	■ 지하역사 스마트 대피통로 운영 최적화 기술 개발 ○ 대심도 역사용 스마트 대피통로 지능화 기술 개발 - 대심도 역사 스마트 대피통로 지능운전 시나리오 정립 ○ 대심도 역사 스마트 대피통로 인공지능 적용 최적화 개발 - 적용 유형별 스마트 대피통로 구조체(HW) 최적화 개발 - 스마트 대피통로 지능 제어시스템(SW) 시제품 개발 ○ 스마트 대피통로 연계 임시피난 안전구역 형성 기술 개발 - 스마트 대피통로 연계 임시피난 안전구역 상세 설계 제작 ○ 인공지능기반 대심도 역사 시범역사 스마트 대피통로 설치 및 성능 검증 - 임시피난안전구역 연계 설치 운전 및 성능 검증 - 지하역사용 스마트 대피통로 지능 제어 연계운전 고도화 및 피난안전 성능 검증
	■ 대심도 역사용 스마트 비상 EV 기술 개발 ○ 대심도 역사용 스마트 비상 EV 안전 기술 개발 - 비상(구난)승강기 스마트 운전 절차 기술 분석 - 승강기/승강통로/승강로비의 압력유지 장치 기술 - 화원에 의한 연돌효과에 의한 도어잠김 현상 방지 장치 기술 ○ 대심도 역사용 스마트 비상 EV 표준 개발 - 피난 및 비상(구난)승강기 최적 위치 선정방법 및 구획 기준 - 승강기 설비의 방염, 방연 기준 - 비상발전 및 화원에 의한 정지시 대체 피난 시설 대책 - 기타재난(지진, 홍수)시 피해방지, 피난유도장치 부품 및 제어장치 제작 - E/V 전실 가압 시스템 설계 조건 - 고속 E/V이용한 피난 절차서(안)(SOP) 작성
	■ 스마트 제/배연 시스템 기술 개발 ○ 대심도 지하역사 화재 적응형 스마트 제/배연 시스템 운전 시나리오 정립 ○ 변동부하(연기) 대응 분산·가변 운전 제/배연 시스템 개발 - 변동부하(연기) 대응 분산·가변 운전 제/배연 설비 요소 설계인자 분석 - 화재 변동부하 대응 제/배연 설비 운전제어 알고리즘 기술개발 - 변동부하(연기) 대응형 분산·가변 방식의 제/배연 설비 모듈 개발 ○ 복합역사 구조·특성분석 및 화재 제/배연 설비 안전성 평가기술 개발 - AI 기반 능동형 분산·가변 방식 제/배연 설비 시스템 구축 ○ 화재대응 시스템 통합 및 AI 상황인지 기반 제/배연 시스템 실증 및 고도화

	■ 스마트 화재진압 시스템 개발 ○ 철도차량 자동 화재진압 시스템 성능 요건 정립 ○ 철도차량 자동 화재진압 시스템 개발 - 전용 급수관 및 살수 헤드 개발 - 시설연계 급수 자동 결합 장치 개발 - 복합역사 승강장 철도차량 화재진압시스템 시작품 모델 제작 ○ AI 및 IoT 기반 화재 구획화 기술 개발 - 복합역사 AI 및 IoT 기반 화재 감지/모니터링 시스템 기술 ○ 복합역사 화재진압 시스템 성능 평가 - AI 기반의 복합역사 화재진압 및 최적구획화 지능화 운영 SW 개발
(3핵심분야) 통합시스템 운영 체계 개발	■ 통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증 ○ AI 기반 대심도 복합역사 실시간 화재대응 통합운영 플랫폼 체계 정립 - AI 기반 실시간 스마트 화재대응 플랫폼 요건분석 및 운영체계 설계 - 스마트 비상대응(D-SOP/S-SOP) 기반 복합역사 이상상황 감지 및 재난 대응체계 정립 ○ 지능 알고리즘(딥러닝 기반) 탑재 비상대응 시스템 개발 - 빅데이터 기반 화재 대응 통합 데이터베이스 설계 - 3D 기반 화재 감시 및 대응 솔루션 설계 - 모바일 기반 화재 대응 솔루션 설계 - 실시간 화재 대응 플랫폼 상세 설계 및 통합제어시스템 제작 ○ 테스트베드 화재대응 설비 설치 및 프로토타입 제작 통합제어 성능평가 - 공간정보 수집·연계 디지털트윈 역사 정보 구축 - 센싱/영상 기반 이상상황 감지 및 정확도 확보 기술 실증 - 복합역사 디지털트윈 기반 화재대응 시스템 개발 기술 현장 적용 - 스마트 화재대응 시스템(구난,피난,제연 시스템 등) 플랫폼 연계 성능 시험
	■ 통합시스템 표준 운영 표준체계 개발 ○ AI기반 화재대응 시스템의 실증을 위한 기술 기준 인증 및 제도 개선 연구 - 국가 표준 기반 복합역사 디지털트윈공간 구축 및 관리 기술 연구 - 사물인식 기반 화재대응 플랫폼, 화재감지기 등 방재센서, 환경센서 등 기기 통합화/인터페이스 기술 및 모듈 개발 - 상용화 촉진을 위한 제도 개선 방안 제시 ○ 복합역사 인공지능 기반 화재대응 통합플랫폼 운영 표준 제시 - 시스템 체계, 상호 통신 및 보안체계 표준 사양 제시

2. 과제 추진전략

○ 전문분야 협력체계 구축

- 국내 인공지능 기술 보유기관 및 분야별 전문기관(학계/제조사, 소방설비 전문기관 등)이 상호 긴밀한 협조체계를 구축하여 사업을 추진하며, 필요시 외국 전문가 및 기관 등 자문 활용
- 국내 선행 개발된 유사기술개발 성과물을 활용하고 최신 개발동향을 연구에 반영하여 효율적인 연구수행

○ 실용화 촉진 전략

- 정부, 관련기업, 운영기관, 제작사 등 기술수요처와 유기적인 협조체제를 구축하고 연구성과를 현장에 적용시킬 있도록 테스트베드 구축 검증 방안을 확보하여 실용화 추진
- 연구개발 성과물의 실용화 촉진을 위하여 사업기간 중 분야별 제도, 정책 개선방안을 도출 제도 개선 병행 추진



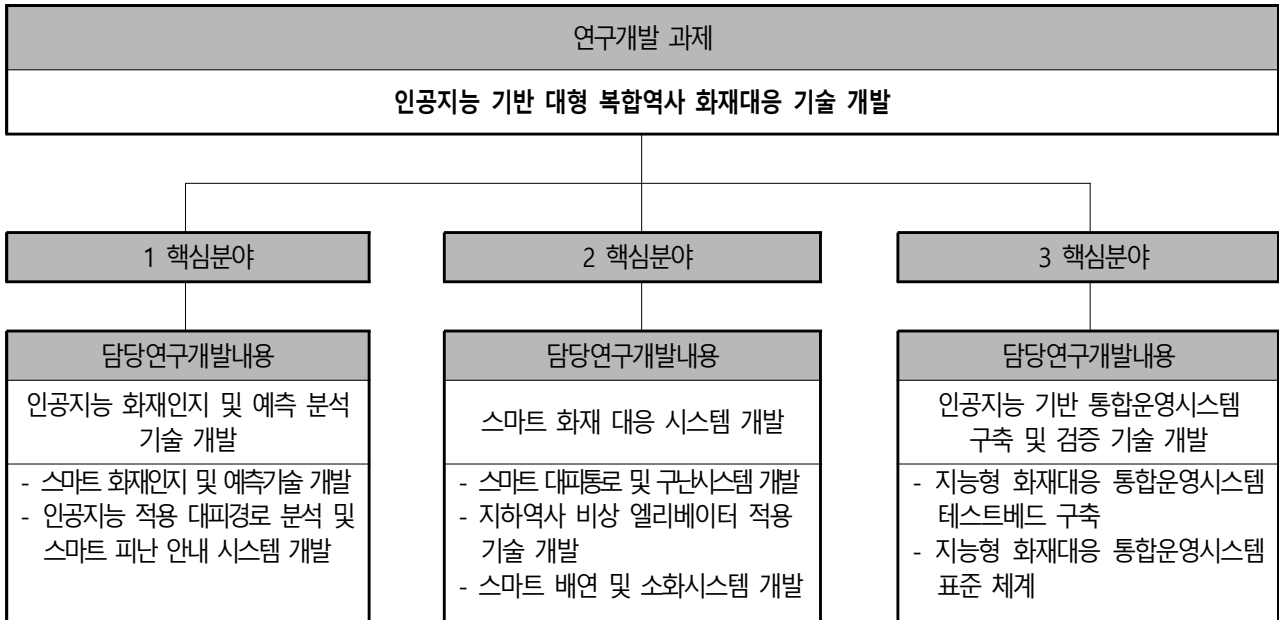
그림 3-4-1 연구수행 협력 체계

제5절 연구추진체계

1. 추진체계

○ 연구단급(산·학·연 협동연구체계) 사업 추진

표 3-5-1 사업 추진체계



2. 기술개발 로드맵

○ 추진단계 계획 : 단계별로 연차 사업추진

[1단계](1,2차년도) 목표 : (핵심요소기술 개발) - (분석, 예측, 설계)

[2단계](3,4 차년도) 목표 : (시제품/서비스 체계 개발) - (검증 및 안정화)



그림 3-5-1 연차별 기술개발 로드맵

○ 과제 총괄 로드맵

핵심 기술 및 요소기술		분야별 핵심 기술 개발		통합운영 및 시스템 검증		성과물
		1차년도 핵심요소기술 개발	2차년도 분석, 예측, 설계	3차년도 시제품, 서비스 체계 개발	4차년도 검증 및 안정화	
스마트 화재 인지 및 예측 분석 기술	스마트 화재 인지 기술	화재발생 초기 발견 기술	모바일을스마트인 구축	화재발생 인지 기반 화 재 인지 기술 개발	화재인식 기반 화재 시스템 구축	화재발생 초기 발견 기술 및 화재 인 지 기술 개발
	연제분석 및 화재 원인 분석 기술 개발	화재발생 원인 분석 기술 개발	화재발생 원인 분석 기술 개발	화재발생 원인 분석 기술 개발	화재발생 원인 분석 기술 개발	화재발생 원인 분석 기술 개발
	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발
스마트 화재 대응시스템 기술	자율주행형 스마트 구난 서플 개발	자율주행형 스마트 구난 서플 개발	자율주행형 스마트 구난 서플 개발	자율주행형 스마트 구난 서플 개발	자율주행형 스마트 구난 서플 개발	자율주행형 스마트 구난 서플 개발
	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발	지하역사 스마트 대피 경로 운영 최 적화 기술 개발
	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술	대심도 역사용 스 마트 비상 EV 기술
	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발
	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발
	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발
통합운영시스 템 기술 개발	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 성능 검증
	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발	통합시스템 표준 운영 표준 체계 개발

그림 3-5-2 과제별 연차 로드맵

제6절 성과목표 및 성과지표

본 과제의 비전은 대형 복합역사 화재안전 성능 확보를 통한 사망자 제로화 실행목표는 대심도 광역급행철도(GTX) 등 복합환승 역사 화재에 3분 이내 호흡 가능 안전지역을 제공할 수 있는 수준의 인공지능 기반 화재대응 기술 개발임

핵심분야는 대심도 복합역사에 최적화된 인공지능 기반 화재인지 및 예측 분석 기술, 스마트 화재대응 시스템 기술, 통합운영시스템 기술 개발 및 검증으로 10개 야 세부기술로 구성되면 각 세부과제별 기술 목표수준과 성과물 분류표는 표3-6-1과 같음



그림 3-6-1 과제 최종 성과목표 및 비전

표 3-6-1 세부과제 성과물 분류

핵심분야	세부과제	목표수준	지침	공법	제품	재료	S/W	시스템	인프라
스마트 화재인지 및 예측 분석 기술	스마트 화재 인지 기술	1분 이내 화재인지	○		○		○		
	스마트 화재 분석 확장형 AI 플랫폼 개발	화재 시나리오 생성적 대립신경망(GAN)구현			○		○		
	스마트 대피 안내 플랫폼 및 요소 기술 개발	위치 및 피난자 선택적 최적 대피경로 산출	○		○		○		
스마트 화재 대응시스템 기술	자율주행 스마트 구난 셔틀 개발	자율주행 기반 요구조자 구출		○	○	○	○		
	지하역사용 스마트 대피 통로 인공지능 운영 최적화 개발	3분 이내 안전구역 제공	○	○	○	○	○	○	○
	지하역사 비상 EV 적용 기술	지상 직결, 전원이중화, 가입공간 확보	○		○				
	스마트 제/배연 시스템 개발	인공지능 시나리오 기반 제연성능 구현		○	○		○		○
	승강장 화재 열차 스마트 화재 진압 시스템	소화수 자동체결 성능 확보	○		○		○		
통합시스템 운영 체계	인공지능 기반 복합역사 재난대응 통합시스템 TB 선정/구축 운영	구성기술 성능검증 테스트베드 구축	○			○	○	○	

표 3-6-2 세부과제 성과목표 및 성과지표

핵심분야	성과목표	성과지표
스마트 화재인지 및 예측 분석 기술	스마트 화재 인지 기술 개발	- (지침) 스마트 화재 인지 센서 설치 지침 - (제품) 영상 및 음성 기반의 인공지능 화재 인지 기술 - (S/W) 화재상황 요구조사 위치 판별 알고리즘
	스마트 화재 분석 확장형 AI 플랫폼 개발	- (S/W) 화재위험도 평가 알고리즘 - (시제품) 화재위험도 평가 및 예측 분석 AI 플랫폼
	스마트 대피 안내 플랫폼 및 요소 기술 개발	- (지침) 지하역사 스마트 피난안내 시스템 설치, 운영지침 - (시제품) 지하철 복합역사 스마트 피난안내 시스템 - (SW) 스마트 대피통로 적용방안에 따른 피요구조자 탈출 시간 분석
스마트 화재 대응시스템 기술	자율주행 스마트 구난 셔틀 개발	- (시제품) 자율주행 구난 로봇(셔틀) 시제품 - (재료) 구난 불연 보호막 소재 - (S/W) 자율주행 구난 로봇 운영 S/W
	지하역사용 스마트 대피 통로 인공지능 운영 최적화 개발	- (지침) 지하역사 스마트 대피통로 설치 지침 - (제품) 역사용 스마트 대피통로 시제품 - (재료) 스마트 대피통로 적용 스크린 신소재 - (S/W) 스마트 대피통로 지능 제어 S/W - (시스템) 스마트 대피통로 지능 제어 시스템 - (인프라)스마트 대피통로 지하역사 현장시범설치 구간
	지하역사 비상 EV 적용 기술 개발	- (지침) AI 기반 피난 E/V 통합운영 표준/기준 - (시제품) 승강기 화원에 의한 연돌현상 방지장치 - (시제품) 기타재난(지진, 홍수)시 피해방지 및 피난유도장치 - (지침) 고속 E/V 이용한 피난 절차서(안)(SOP)(대심도 피난 절차서)
	스마트 제/배연 시스템 개발	- (제품) 급속 환기 가능한 부하 대응형 제/배연 송풍 설비 - (S/W) 실시간 상황인지 기반 지능형 제/배연 설비 운전제어 알고리즘 - (인프라) 화재 시나리오별(열·연기·재질) 실시간 상황인지기반 지능형 제/배연시스템
	승강장 화재 열차 스마트 화재 진압 시스템 개발	- (지침) 승강장 및 대공간(지하주차장, 복합역사 등) 구획화 설계 지침 - (제품) 복합역사 화재진압 스마트시스템 - (S/W) AI 기반의 복합역사 화재진압 및 최적 구획화 운영 SW - (시스템) 복합역사 화재진압 스마트시스템
통합시스템 운영 체계	AI 기반 화재대응 통합 관제시스템 T/B 및 운영표준 개발	- (지침) 대심도 복합역사 통합운영시스템 설치,운영 지침 - (제품) 통합관제시스템 시제품 - (S/W) 통합관제시스템 운영 S/W - (시스템) 통합관제시스템시스템 - (인프라) 통합관제시스템 테스트베드

표 3-6-3 1핵심분야 세부 성과지표

성과지표명	1핵심분야 과제 목표치				측정방법
	'23	'24	'25	'26	
화재 인지, 예측 기준 및 지침	-	1	2	5	기준 및 지침 개수
화재 인지 예측 신기술 (특허등록/시제품개발)	(0/1)	(2/2)	(3/4)	(5/4)	특허 및 제품 개수
화재 인지 예측 기반 기술 (DB구축/SW개발/인프라구축)	(2/1/0)	(3/3/0)	(3/1/0)	(3/3/2)	기반기술 건별 개수
논문게재 (전체게재수/SCI수)	(3/1)	(5/2)	(5/2)	(5/2)	논문게재 개수
실용화(현장적용)	-	-	3	3	현장적용 개수

표 3-6-4 2핵심분야 세부 성과지표

성과지표명	2핵심분야 과제 목표치				측정방법
	'23	'24	'25	'26	
대심도 화재대응 기준 및 지침	-	1	2	6	기준 및 지침 개수
대심도 화재대응 신기술 (특허등록/시제품개발)	(0/2)	(2/4)	(2/3)	(2/5)	특허 및 제품 개수
대심도 화재대응 기반 기술 (DB구축/SW개발/인프라구축)	(2/1/0)	(3/3/2)	(3/5/3)	(3/4/6)	기반기술 건별 개수
논문게재 (전체게재수/SCI수)	(3/1)	(4/2)	(6/3)	(5/2)	논문게재 개수
실용화 (현장적용)	-	-	2	3	현장적용 개수

표 3-6-5 3핵심분야 세부 성과지표

성과지표명	3핵심분야 과제 목표치				측정방법
	'23	'24	'25	'26	
통합운영시스템 기준 및 지침	-	1	1	2	기준 및 지침 개수
통합운영시스템 신기술 (특허등록/제품개발)	(0/1)	(1/1)	(1/1)	(1/1)	특허 및 제품 개수
통합운영시스템 기반 기술 (DB구축/SW개발/인프라구축)	(2/1/0)	(2/1/1)	(2/2/1)	(2/1/2)	기반기술 건별 개수
논문게재 (전체게재수/SCI수)	(2/1)	(2/1)	(2/1)	(2/1)	논문게재 개수
통합운영시스템 실용화 (현장적용)	-	-	1	1	현장적용 개수

표 3-6-6 1핵심분야 주요 성과지표

구분	주요성과물
지침	스마트 화재 인지 센서 설치 지침
지침	지하역사 스마트 피난안내 시스템 설치, 운영 지침
제품	화재 분석 AI 플랫폼 학습 프레임 워크
제품	화재위험도 평가 및 예측 분석 AI 플랫폼
제품	스마트 대피경로 안내 장치 1/2차 시제품
DB	시나리오별 화재 확산 데이터베이스
DB	화재 시나리오별 최적 탈출 경로 데이터베이스
S/W	영상 기반의 인공지능 화재 인지 알고리즘 개발
S/W	음성 인식 기반의 화재 인지 알고리즘 개발
S/W	화재상황 요구조자 판별 알고리즘 개발
S/W	공간/경로별 화재위험도 평가 방법 개발
S/W	스마트 대피통로 적용방안에 따른 피요구자 탈출시간 분석
시스템	대형 복합 역사에 적합한 스마트 화재 인지 및 요구조자 탐지 시스템
시스템	지하철 복합역사 내 스마트 최적피난경로 안내 시스템

표 3-6-7 2핵심분야 주요 성과지표

구분	주요성과물
지침	지하역사 스마트 대피통로 설치 및 운영 지침
지침	스마트 대피통로 신기술 제도화
지침	고속 E/V이용한 피난 절차서/운영표준/기준 작성
지침	AI 기반 피난E/V 통합운영 표준/기준
지침	승강장 및 대공간(지하주차장, 복합역사등) 구획화 설계 지침
제품	가변식 비상유도 자율운행 로봇 H/W 모듈
제품	역사용 스마트 대피통로 시제품
제품	화원 및 승강기 피스톤 효과에 의한 도어잠김 현상 방지 장치 설계
제품	기타재난시 피해방지, 피난유도장치 부품 및 제어장치 제작
제품	재실 및 열·연기 상황인지 대응 제/배연 설비 제어 프레임워크 개발
제품	복합역사 화재진압 스마트시스템 시제품
제품	시스템 전용 급수관 및 살수 헤드
재료	구난 불연 보호막 소재
재료	스마트 대피통로 적용 스크린 신소재
S/W	자율운행 구난 로봇 운영 S/W
S/W	자율운행 구난 셔틀 운영 S/W
S/W	스마트 대피통로 지능 제어 S/W
S/W	AI기반 피난 E/V 통합운영 S/W
S/W	상황인지 기반 제/배연 알고리즘
S/W	AI 기반의 복합역사 화재진압 및 최적 구획화 운영 S/W
S/W	AI 기반 복합역사 화재진압 및 최적구획화 지능화 운영 S/W
DB	시나리오 별 위험인자 특성맵 DB
DB	시나리오별 열/연기 거동 DB
시스템	스마트 대피통로 지능 제어 시스템
시스템	AI기반 피난E/V 통합운영 플랫폼 및 시스템
시스템	제/배연 송풍설비, 상황인지모듈 및 제어모듈 I/F 통합 시스템
시스템	복합역사 화재진압 스마트 시스템
시스템	AI 및 IoT 기반 화재 감지/모니터링 시스템 시제품 개발
인프라	화재 상황인지 기반 데이터 정보화 IoT 인프라 구축
인프라	자율운행 로봇 실험장치
인프라(인증)	스마트 대피통로 지하역사 현장 시범 설치

표 3-5-8 3핵심분야 주요 성과지표

구분	주요성과물
지침	대심도 복합역사 통합운영시스템 설치, 운영 지침
지침	복합역사 인공지능 기반 화재대응 통합플랫폼 운영 표준
S/W	국가표준 기반 복합역사 디지털트윈
S/W	통합관제시스템 운영 S/W
S/W	D-SOP 기반 복합역사 이상상황 감지 및 재난 대응 기술개발
S/W	3D 기반 화재 감시 및 대응 솔루션
시스템	통합관제시스템
시스템	화재감지/대피 및 안전정보 제공 시나리오 및 지능형 알고리즘 서버 및 시스템
인프라	통합관제시스템 테스트베드

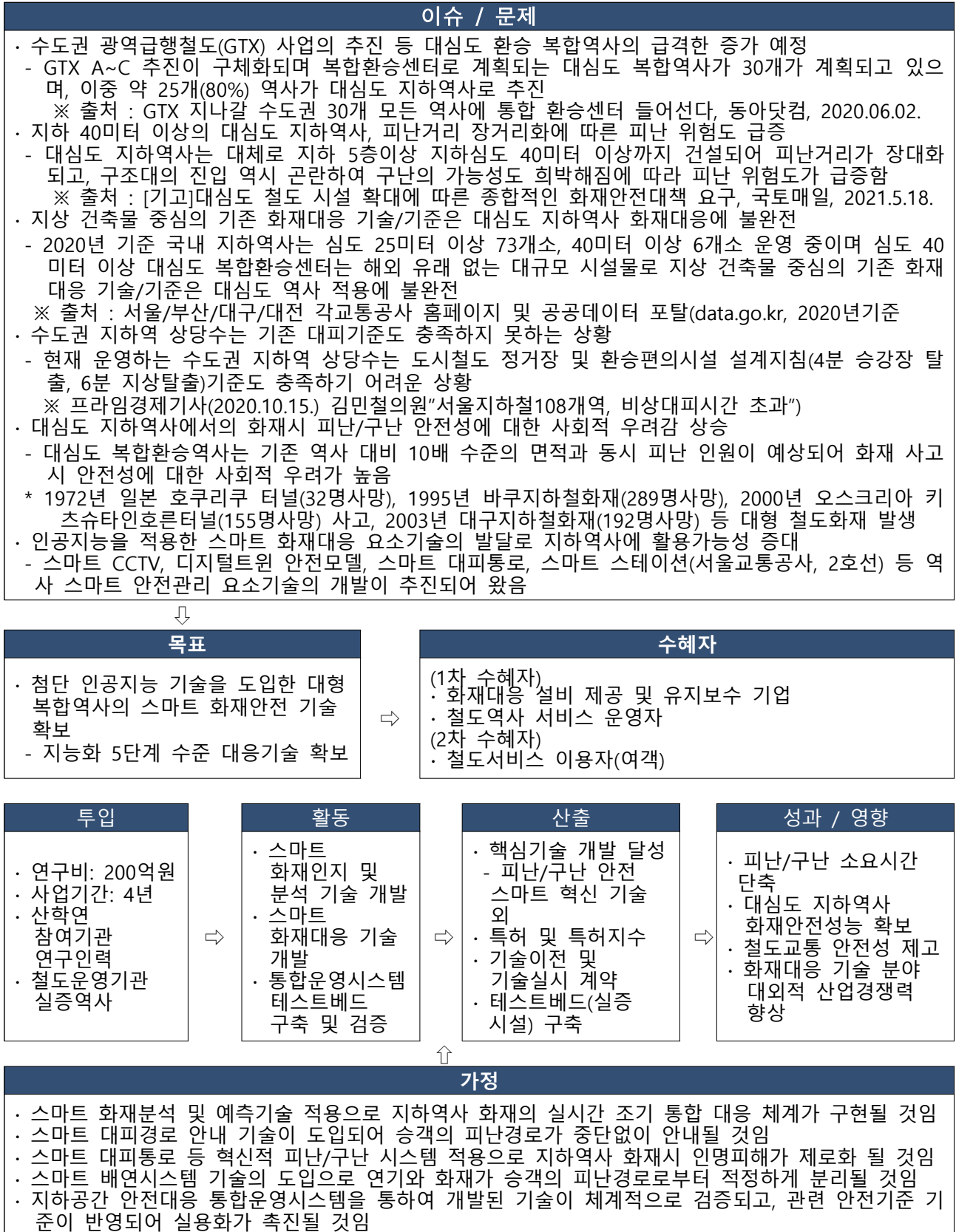
제4장

사전 타당성 분석

제4장 사전 타당성 분석

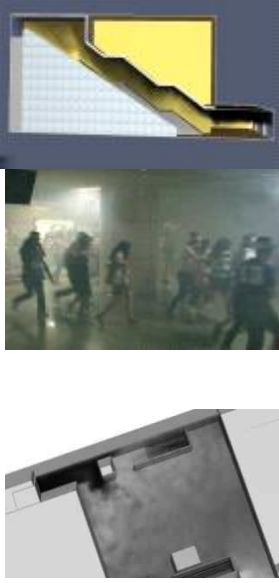
제1절 사업논리 모형

표 4-1-1 사업논리 모형



○ 기술개발에 따른 As-Is vs To-Be

표 4-1-2 As-Is vs To-Be

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'22년 수준	최종 목표수준	
화재인지 및 예측 시스템	- 연기, 온도센서로 화재발생 판별 - 화재상황 분석에 상당시간이 소요되어 예측대응 곤란 - 고정식 표시로 출구를 찾지 못하거나 몰림 현상 발생	- 실시간 영상(화염, 연기, 불꽃)/음성 기반 화재인지 기술 개발 - 화재확산 DB 구축 및 화재확산 예측 기술 개발 - 피난 경로 최적화 기술 및 안내표시 장치 개발	- AI기반 영상/음성 화재인지 기술 개발 - AI기반 실시간 화재분석 기술 개발 - AI기반 휴대형/이동형 피난 경로 안내 표시장치 개발 - 실내 위치 인식 기술 및 스마트폰 단말기 활용 - 소형드론, 피난안내로봇, 스마트 바닥유도장치 등 다양한 스마트 기기 활용	- 실시간 스마트 화재인지 및 상황분석 시스템 실용화 - 실시간 스마트 피난안내 시스템 실용화
스마트 화재대응 설비	- 연기확산시 호흡곤란으로 대피어려움 발생 - 소방대 진입을 통한 화재진압, 구난 활동의 기대 어려움	- 스마트 대피통로 소재성능 향상 및 인공지능 연계 제어 시스템 기술 개발 - 스마트 배연 및 소화 시스템 기술 개발 - 자율주행형 피난서를 기술 개발 사양 정립	- 스마트 대피통로 시스템 개발 - 스마트 배연 및 소화 시스템 개발 - 자율주행형 피난서를 핵심 부품 시제품 제작	- 스마트 대피통로 시스템 기술 실용화 - 스마트 배연 및 소화 시스템 기술 실용화 - 자율주행형 피난서를 기술 실용화
목표수준	3분 이내 호흡가능 안전지역 대피 불가	➡		3분 이내 호흡가능 안전지역 대피 가능
그림		 <스마트 화재대응 시스템 개념도>		

제2절 기술적 타당성

□ 기술수준 및 성공 가능성

○ (기술적 성공 가능성) 본 사업의 추진 목표를 달성시 첨단 인공지능 기술을 접목한 한국형 K-철도안전기술의 혁신적 발전을 통한 글로벌 기술 가능

- 실시간 지능 관제시스템 도입을 통하여 신속한 화재대응 및 안전한 호흡이 가능한 안전지역으로 대피 시간 대폭 감소

* As-is: 4분 승강장, 6분 안전지역 대피, To-be: **3분 이내 호흡가능 안전지역 제공**

○ (성과관리 및 평가 방안의 제시) 사업 목적 달성을 위한 세부과제별 성과목표를 정량적으로 평가

- (1분야, 화재인지 및 예측 분석) 가변적인 화재 성장과 연기확산 경로를 지능적으로 예측하여 위험을 회피하도록 안내하는 기술 개발 평가

- (2분야, 스마트 화재 대응 기술) 최대 설계화재 규모(승강장 화재열차 시나리오)에 대응가능한 화재/연기 제어 및 3분 이내 호흡 가능한 대피공간을 제공하는 설비 및 제어기술의 개발 평가

- (3분야, 통합운영시스템 구축 및 검증) 지하 3층 이상, 최소 피난거리 200m 이상의 테스트베드를 선정하여 인공지능 안전관제 시스템 및 화재대응 설비를 시범 설치하여 성능을 검증 평가

표 4-2-1 총괄 성과지표

성과지표명	핵심분야 과제 목표치				측정방법
	'23	'24	'25	'26	
대심도 화재대응 기준 및 지침	-	3	5	13	기준 및 지침 개수
대심도 화재대응 신기술 (특허등록/제품개발)	(0/3)	(5/7)	(6/8)	(8/10)	특허 및 제품 개수
대심도 화재대응 기반 기술 (DB구축/SW개발/인프라구축)	(6/3/0)	(8/7/3)	(8/8/4)	(8/8/10)	기반기술 건별 개수
논문게재 (전체게재수/SCI수)	(8/3)	(11/5)	(13/6)	(12/5)	논문게재 개수
실용화 (현장적용)	-	-	6	7	현장적용 개수

□ 기존과제와의 차별성 및 연계방안

표 4-2-2 유사과제 목록

연번	선행과제명 (연구연도)	연구자	주요 연구내용	선행과제와의 차별성/연계성
1	디지털트윈 기반 화재재난 지원 통합 플랫폼 기술개발 (2021-2024)	ETRI 한국건설기 술연구원 외	지하공동구 화재 재난 발생시 예측, 대응을 위한 실시간 3차원 공간정보(디지털트윈) 생성 및 관리 핵심기술 개발, 화재 전조감지 및 확산예측 기술, 능동대처 대응 및 구호기술 개발	대상공간 차별화 하고 있으나, 동 사업에서 계획하고 있는 지하 복합역사의 디지털트윈 공간정보 생성 분야는 선행사업의 연구 성과를 활용 가능
2	인공지능 기반 역사내 화재대피 및 사회범죄 예방 시스템 개발 (2019)	기계연, 대전광역시 도시철도 공사	- 지진·화재·테러 등 다양한 자연재난 및 사회재난으로부터 시민의 안전 보장 및 사전 대응 시스템 구축 - 인공지능 기반의 화재 발생 시 긴급대피로 안내 시스템 - 공중화장실 재실감지 및 몰카탐지 시스템 구축	적용 센서가 제한적이며 복잡한 역사 적용되지 않았음
3	지하공간 재난상황 인지 IoT 플랫폼 및 재난대응 지능형 긴급 대피 경로 유도 플랫폼 개발 (2019-2020)	승화기술 정책연구소, 미래아이티, 한국 철도공사	- 지하공간(지하철)에서의 재난 상황에 대해 신속, 정확한 상황 인지 후 긴급 상황에 대한 대응 의사결정을 지원하고 최적의 대피경로를 유도할 수 있는 시스템 개발 - 화재, 테러 등을 인지 및 서버와의 통신기능을 갖는 IoT모듈과 피난대피 유도 장비 개발 - 공간 밀집도를 예측하여 최적의 대피경로 제공 알고리즘 개발 및 실용화 테스트	센서/디스플레이 일체형 IoT 모듈, 피난대피 유도모듈, 배터리 모듈 등 장비 위주의 개발과 의사결정 지원 기능 일부 개발이 되었으나 정보이용이 제한적이고 역사별 최적화 기능은 갖지 못함
4	스마트 스테이션 (2019-2020)	LG유플러스, 서울 교통공사	- 안전, 보안, 운영 효율 향상을 위한 지능형 통합 관리 시스템 구축 3D 맵: 긴급상황 발생 시 역무원이 보다 신속하게 정보를 파악하고 대응 - 지능형 CCTV: 위치별 CCTV 화면을 통한 가상순찰로 역사의 안전과 보안을 강화 - Metro IoT 통합 플랫폼: 시설물 관리, 안전·보안 강화, 승객 서비스 및 열차 운행 지원	5G 통신망, IoT, 지능형 CCTV와 연계 노후 시스템 개량을 통해 모니터링 기능을 강화한 역사의 운영 및 관리 위주의 연구가 이루어짐
5	개방형 플랫폼 기반 초고층·복합시설 재난/재해 대응 통합 CPS 구축 (2016~2019)	건설연, 지자연, 과기정보연, 철도연	- 초고층·복합시설에서 재난/재해 대응 시스템 및 개방형 플랫폼 개발을 통해 인명피해 최소화 기여 - 재난/재해 정보수집 시스템 개발 - 복합재난 분석 및 거동 예측 기법 개발	- 초고층·복합시설의 안전 관련 정보 활용 위주로 진행되었으며 화재 관련하여 방화셔터, 방연구조 등 화재 대응 구조물 연구가 수행됨. 적용 공간 차별 - 동 사업에서 계획하고

			- 조기 대응 및 신속 복구 기술 개발 - 재난/재해 대응 초고층·복합시설물 통합정보 플랫폼 개발	있는 화재 대응 기술은 초고층 빌딩 재난대응 선행사업의 조기대응 시스템 기술 활용 및 기술 고도화 개발
6	철도화재 조기 탐지 / 자동 소화장치 개발 (2006)	철도연	• 조기 화재 탐지 경보 및 자동 소화장치 개발	- 화재 조기 인지 및 자동소화장치 제어기술 개발 - 제연 및 배연 시스템의 제어 방식이 화재 발생 초기 단계에 국한하여서만 정립됨
7	철도 화재 안전 성능 평가 및 사고 방지 기술 개발 (2006-2011)	건설교통부	• 철도 화재 시나리오 예측 기법 개발 • 철도화재 위험도 평가 기법 및 매뉴얼 개발 • 통합안전관리시스템 개념 설계	- 철도차량 화재안전도 평가 및 배연 기법 제안 - 경험적 기준치를 활용한 규칙 기반의 의사결정으로 실데이터의 경향성을 적절히 반영하지 못함, 통합관리시스템 개념 설계에 그침
8	지하철 역사 승강장의 고효율 제·배연시스템 최적화 기술 개발 (2014)	건설연	• 정량적 위험도 기반 제·배연 시스템 최적 운영방안 연구	- 확률론적 위험도 정량화 방안 제시 - 재 시나리오 예측 모델의 부재로 인한 의사결정 방식의 모호성 존재

제3절 정책적 타당성

- **(법률적 지원근거)** 본 사업은 아래 법률적 근거에 타당함
 - 국토교통과학기술 육성법 제8조(연구개발사업의 추진), 국가통합교통체계효율화법 제98조(교통기술 연구·개발사업의 추진)
 - 철도산업발전기본법 제11조(철도기술의 진흥 등)
 - 철도안전법 제68조(철도안전기술의 진흥)
- **(정부 국정과제에 부합)** 본 사업은 공공 대중교통인 철도안전기술 개발을 목적으로 이는 국정목표 「내 삶을 책임지는 국가(국정목표)」, 「국민 안전과 생명을 지키는 안심사회를 구현하기 위하여(국정전략)」 및 (국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축, (국정과제 56) 통합적 재난관리체계 구축 및 현장즉시 대응 역량 강화에 부합함
- **(국토부연구개발 종합계획에의 부합)** 본 사업은 4차 산업혁명 기술을 기반으로 한 재난 예방 안전 기술개발 과제로 국토교통부 '제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)' '4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성'과 '사람 중심의 국토교통 기술개발' 추진전략 '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'을 실천과제에 부합함
- **(한국 뉴딜 종합계획에의 부합)** 본 사업은 지하역사의 디지털 트윈을 기반으로 인공지능 체계의 대응 기술 개발로 정부의 '한국판 뉴딜 종합계획'에서 '디지털 트윈' 과 '국민안전 SOC 디지털화'에 부합함
- **(철도교통의 공공성)** 철도교통은 정부가 관리해야 하는 핵심 대중교통분야로 철도안전법은 정부(국토교통부)의 종합안전관리 및 안전기술 진흥의 의무를 부여하고 있음, 국외에서도 미국 국가표준기술연구원(NIST)의 'Smart Fire fighting Project(스마트 소방대 지원 및 대피 알림 서비스 프로젝트)', EU eVACUATE(밀집공간 피난안전 기술) 프로젝트 등 정부지원 사업으로 추진

제4절 경제적 타당성

1. 대형복합역사 화재사고 피해비용저감 효과 방법에 의한 분석

1.1. 분석 개요

□ 경제적 타당성 분석 모델 설정

- 동 사업의 경제적 타당성은 동 사업이 인공지능 복합역사 화재대응 기술개발 및 복합역사 현장 적용을 통해 대형복합역사에서의 화재사고시 발생할 수 있는 피해비용을 저감시킬 수 있으며, 그 저감 효과가 동 사업에 투입된 R&D비용 가치 이상이라는 점을 정량화하여 제시함으로써 측정함
- 동 사업에 투입된 R&D비용은 '동 사업 투입 예산'을 반영
- 동 사업 발생 편익은 '대형 복합 역사 화재 발생 시 동 사업 기술개발 성과 활용으로 인명피해를 최소화함으로써 발생하는 사회·경제적 비용 저감액'으로 설정

1.2. 사업 비용

□ 동 사업 투입비용은 4년간 총 200억 원

- 1차년도 43.5억 원 투입 후 60.5억 원, 59억 원, 37억 원을 투입

표 4-4-1 사업 비용

(단위 : 억원)

2023	2024	2025	2026	합계
43.5	60.5	59	37	200

1.3. 편익 추정

□ 편익 추정 모델링

- 동 사업 추진을 통한 대형복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감 편익은 대형 복합역사 화재 발생시 인명피해규모 추정값에 동 사업의 기여율을 반영하여 산출

$$\begin{aligned} & \text{동 사업 추진을 통한 대형복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감 편익} \\ & = \text{① 대형복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감액} \times \\ & \quad \text{② 사업기여율} \times \text{③ R\&D 기여율} \times \text{④ R\&D사업화 기여율} \end{aligned}$$

- 대형 복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감액은 사상자(사망자, 부상자)들의 생산손실비용과 사망자 사망보상금, 부상자 진료비 등으로 구성하여 산출
 - 인명피해는 '사망'과 '부상'으로 구분
 - 생산손실비용은 대형 복합역사 화재사고로 인한 피해자의 생산손실을 산출한 것으로 피해자의 평균수명, 평균수입, 평균퇴직연령 등을 고려하여 산출
 - 사망보상금과 진료비는 구급차비용, 입원 및 통원치료비, 장례비 및 위자료 등으로 구성되며 보험회사의 의료비 지급 규모를 기준으로 산출
 - 이 외 물적피해비용(차량, 선로, 기타 시설물의 복구비용 등 재산피해액)은 고려하지 않았음

$$\begin{aligned} & \text{대형복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감액} \\ & = \{\text{화재발생 사상자(사망자, 부상자)수} \times \text{생산손실비용}\} \\ & \quad + \{\text{사망자수} \times \text{사망보상금}\} + \{\text{부상자수} \times \text{당일 진료비}\} \end{aligned}$$

- 화재발생 사상자수는 혼잡시간 대형복합역사 이용자수에 사상자 발생율을 반영하여 추정하였음

$$\begin{aligned} & \text{대형복합역사 화재 발생시 사상자 수} \\ & = \text{혼잡시간 대형복합역사 이용자수} \times \text{사상자 발생율} \end{aligned}$$

- 혼잡시간 대형 복합역사 이용자 수는 철도 이용이 가장 혼잡한 시간대인 출·퇴근 시간대의 이용자 수를 토대로 산출하였으며, 철도(지하철) 이용자와 철도(지하철)을 이용하지는 않으나 복합역사 공간에 머무르거나 이동 중인 자들을 포함하여 고려하였음

* 일평균 복합역사 이용자 중 철도(지하철) 이용자는 지하철 승·하차 승객 수에 출

근시간 혼잡도(출근시간대의 지하철 이용객 점유율)을 반영하여 추정

* 출근시간대의 지하철 이용객 점유율 : 20.2%⁴⁾ (2015년 서울시 발표자료 인용)

* 철도(지하철)을 이용하지는 않으나 복합역사 공간에 머무르거나 이동 중인 경우의 규모는 지하철 이용객의 25% 수준으로 가정

혼잡시간 대형복합역사 이용자수

= 일평균 복합역사 이용자수 x 출근시간 평균 혼잡도

= {(일평균 지하철 승·하차 승객 수 x 대심도 역사 비율) x 출근시간대의 지하철 이용객 점유율} + (지하철을 이용하지 않는 복합역사 이용자 수)

- 사상자 발생율은 대형 복합공간에서의 화재발생으로 인한 인명피해 사례를 인용하여 가정하였음

* 최근('21년) 남양주 대형 주상복합역사 건물 화재발생으로 대피자 250여명 중 사상자(부상자)가 30여명 발생하였으며, 이 때의 사상자율 12%를 차용

* 사상자 중 사망자 수는 2%인 것으로 가정

○ 생산손실비용, 사망보상금, 진료비 등은 최근 노동손실비용 산출 사례, 대구지하철 방화사고시의 사망자 보상금 산정방식, 평균 진료비 통계 등을 이용하여 산출

- 생산손실비용 : 최근 코로나19 확진자의 노동손실비용 7만7천563원 적용⁵⁾

- 대구지하철 방화참사시 사망자 보상금 산정방식 : 월 최저임금 x 240일

* 2021년 월 최저임금은 1,822,480원 (통계청)

* 2021년 월 최저임금 적용시 사망자 보상금 = 4억 원

- 일반환자의 일반병원 1인당 평균진료비 : 61,154원⁶⁾ (한국보건산업진흥원, 병원경영실태조사 결과 인용)

○ R&D 기여율 : 35.4%

※ 「제3차 과학기술기본계획」 준용

○ R&D사업화 기여율 : 45%

4) 지하철·버스 가장 붐비는 시간은 "오전 8시 10분", 한국일보, 2015.4.29.
(<https://www.hankookilbo.com/News/Read/201504291631519125>)

5) 코로나19에 걸리면 비용손실 얼마나...1인당 최소 4천400만원, 연합뉴스, 2020.5.18.
(<https://www.yna.co.kr/view/AKR200518000600017>)

6) 한국보건산업진흥원, 「병원경영실태조사」, 2015.11.13. (통계청 KOSIS 열람)

※ 최근 3년(2015~2017년)간 철도기술연구사업으로 추진된 과제 중 성과분석 대상 과제 분석 결과 차용

○ 회임기간 : 3년

※ 개발/응용연구 기준 준용

※ 철도안전R&D분야 예타기획* 경제성분석 회임기간 적용

○ 편익기간 : 8년 (2030~2037년)

※ 특허조사로부터 도출된 TCT 값으로 편익기간 산출

○ 사업기여율 : 46%

$$= \{(\text{동 사업 연간 투자액})/(\text{유사과제 연간 투자액} + \text{동 사업 연간 투자액})\} \times 100 \\ = \{74/(74+86)\} \times 100 = 46\%$$

- 최근 5년간 철도 화재 관련 유사 세부과제 지원규모 고려 시 동 사업 기여율

□ 편익 추정 결과

○ 혼잡시간 대형복합역사 이용자수 : (일평균 복합역사 이용자수 x 출근시간 평균 혼잡도)

$$\begin{aligned} * \text{일평균 복합역사 이용자수} &= \{(\text{지하철 승·하차 승객} \times \text{대심도역사 비율}(10\%)) + \\ &\quad \text{지하철을 이용하지 않는 복합역사 이용자(지하철 이용객의 25\% 가정)}\} / 365 \\ &= \{(116,233,666 \times 20\%) + (116,233,666 \times 25\%)\} / 365 \\ &= 9,553 \end{aligned}$$

※ 지하철 연간 이용객 : 1,162,336,658명

※ 복합역사 비율 : 10% (서울지역 대심도 역사 비율은 17.6%, 보수적 적용)

※ 출퇴근시간 평균 혼잡도 : 20.2%

※ 혼잡시간 대형복합역사 이용자수 = $796,121 \times 20.2\% = 159,224$

○ 대형복합역사 화재 발생시 인명피해비용 저감액

$$\begin{aligned} &= \{\text{화재발생 사상자(사망자, 부상자)수} \times \text{생산손실비용}\} + \\ &\quad \{\text{사망자수} \times \text{사망보상금}\} + \{\text{부상자수} \times \text{당일 진료비}\} \\ &= \{9,553 \times 77,563\} + \{191 \times 400,000,000\} + \{(9,553-191) \times 61,154\} \\ &= 1,150\text{억 원} \end{aligned}$$

○ 편익발생기간(2030~2037년, 8년), 사업기여율(46%), R&D 기여율(35.4%), R&D사업화 성공률(45%)을 반영한 총 편익은 674억원

2.4 비용/편익 분석 결과

□ B/C 분석 결과

- 2023~2026년까지 사업 추진을 위한 비용 투입을 통해 2030~2037년까지 8년간 편익이 발생하는 것으로 가정하여 각 비용과 인명피해비용 저감액을 다음과 같이 산출하였음

표 4-4-2 비용/편익 분석 결과

연도	비용	인명피해비용 저감액
2023	43.5	
2024	60.5	
2025	59	
2026	37	
2027		
2028		
2029		
2030		1,150
2031		1,150
2032		1,150
2033		1,150
2034		1,150
2035		1,150
2036		1,150
2037		1,150

- 투입 비용과 인명피해비용 저감액을 현재가치로 환산할 경우 총 비용은 245억 원, 총 편익은 391억 원
 - 현재가치로의 환산을 위한 할인율은 4.5% 적용
 - 총 비용(현재가) : 245억 원
 - 총 편익(현재가) : 391억 원

□ B/C ratio = 1.6 ⇒ 동 사업 추진의 경제적 타당성을 확인함

제5장

사업운영 계획

제5장 사업운영 계획

제1절 예산투입 계획

- 예산투입 계획은 수요조사 요구예산 및 기획위원회 조정을 통하여 산정함

표 5-1-1 세부과제별 예산투입 계획

[단위: 백만원]

핵심과제	세부과제명 (과제카드)	합계	1차년	2차년	3차년	4차년	분야 합계
인공지능 스마트 화재 인지 및 예측 기술 개발	스마트 화재 인지 기술 개발	1,400	280	420	420	280	5,600
	스마트 화재분석 확장형 AI 플랫폼 개발	2,100	490	630	560	420	
	스마트 대피경로 안내 플랫폼 및 요소 기술 개발	2,100	490	630	560	420	
스마트 화재 대응 시스템 기술 개발	자율주행 스마트 구난 셔틀 개발	2,100	490	630	560	420	9,850
	지하역사용 스마트 대피통로 인공지능 운영 최적화 개발	2,700	650	800	700	550	
	지하역사 비상 EV 적용 기술 개발	850	130	280	300	140	
	스마트 제/배연 시스템 기술 개발	2,100	420	630	700	350	
	스마트 화재진압 시스템 개발	2,100	420	630	700	350	
통합시스템 운영 체계 개발	통합시스템 TB 구축	3,500	770	1050	1050	630	4,550
	통합시스템 표준 운영 체계 구축	1,050	210	350	350	140	
(연차별 합계)		20,000	4,360	6,060	5,880	3,700	-

표 5-1-2 세부과제별 예산투입 계획(1핵심)

구분	연구내용	연구개발 세부내용	소요 예산 (정부)
화재 인지 및 예측 분석 기술	스마트 화재 인지 기술 개발	○ 멀티모달 화재 인지 모델 구축 및 기술 고도화 - 영상 등 멀티센서 기반 화재인지 기술 고도화 (조기감지, 정밀감지) - 엣지 컴퓨팅 활용 실시간 화재인지 기술	850
		○ 화재상황 요구조자 위치 인지 기술 개발 - 영상 추적 화재상황 인지 및 재실자 위치 인식 기술개발 - 화재상황에서 요구조자 판별 알고리즘 개발 - 화재상황 요구조자 판별 인공지능 모델 실시간 구현 및 시스템 구축	550
	소계		1,400
	화재분석 및 확산 지능 예측기술 개발	○ 화재위험도 평가 기술 고도화 개발 - 대심도 지하역사 화재확산 시뮬레이션 영향 요소 분 석 - 대심도 화재 시나리오별 유동경로 및 소요 배연·환기 량 추론 기술 - IoT 센서 활용 화재 모니터링 및 열·연기 거동 예측 분석 모델 - 시뮬레이션 결과의 학습을 위한 인공지능경망 모델 개 발 - 화재 장소, 종류, 규모 등을 고려한 공간/경로별 화재 위험도 평가 방법 개발 - 기존 지하역사 화재위험도 결과 분석 및 학습 모델 구축	1,050
		○ 확장형 화재 분석 AI 플랫폼 기술 개발 - 역사별 시설 정보 및 센서/대응 모듈 정보화 및 자 동 분석 기술 개발 - 화재 분석 AI 플랫폼 학습 프레임워크 개발 - 다양한 환경, 시나리오를 고려한 AI 플랫폼 학습 데 이터 확장 기술 개발 - 시설정보 및 센서/대응 모듈 변경에 따른 전이학습 (Transfer Learning) 기법 개발 - 학습 데이터 증강 및 빅데이터 분석을 통한 화재 분 석 AI 플랫폼 평가 - 확장형 화재 분석 AI 플랫폼 테스트베드 구축 및 검증	1,050
		소계	
	스마트 대피경로 안내 기술 개발	○ 디지털 트윈, AI 기반 탈출 경로 계획 알고리즘의 기초 기술 개발 - AI 기반 탈출 경로 최적화 계산 알고리즘의 개발 - AI 기반 화재상황 변화에 따른 경로 안내 변경 알고리즘 개발	700
		○ 스마트 피난안내 표시 장치 및 운영 시스템 개발 - 대피 경로 안내시스템의 설계를 위한 요건 분석 - 대심도 역사 최적화 스마트 대피안내 시스템의 설계 및 제작 - 스마트 피난안내 시스템 현장설치 및 성능검증 - 극한 화재재난 상황 극복 스마트 피난안내 장치 및 운영 시스템 성능 검증	1,400
소계		2,100	
중계			5,600

표 5-1-3 세부과제별 예산투입 계획(2핵심)

구분	연구내용	연구개발 세부내용	소요 예산 (정부)
스마트 화재대응 시스템 기술	자율주행형 스마트 구난 셔틀 개발	○ 스마트 구난 셔틀 운전 시나리오 확립	140
		○ 스마트 구난 셔틀 자율운행 시스템 설계, HW/SW 개발	560
		○ 역사 구난 로봇의 하드웨어 설계 및 피난 대응 알고리즘 개발	350
		○ 스마트 구난 셔틀 자율운행 구동체 시제품 제작	700
		○ 역사 테스트베드에서의 스마트 구난 셔틀 시범 운영 검증 검증/시험 운영	350
	소계		2,100
	지하역사 스마트 대 피통로 운영 최적화 기술 개발	○ 대심도 역사용 스마트 대피통로 지능화 기술 개발 - 대심도 역사 스마트 대피통로 지능운전 시나리오 정립	150
		○ 대심도 역사 스마트 대피통로 인공지능 적용 최적화 개발 - 적용 유형별 스마트 대피통로 구조체(HW) 최적화 개발 - 스마트 대피통로 지능 제어시스템(SW) 시제품 개발	900
		○ 스마트 대피통로 연계 임시피난안전구역 형성 기술 개발 - 스마트 대피통로 연계 임시피난 안전구역 상세 설계 제작	750
		○ 인공지능기반 대심도 역사 시범역사 스마트 대피통로 설치 및 성능 검증 - 임시피난안전구역 연계 설치 운전 및 성능 검증 - 지하역사 스마트 대피통로 지능 제어 연계운전 고도화 및 피난안전 성능 검증	900
	소계		2,700
	대심도 역사용 스마트 비상 EV 기술 개발	○ 대심도 역사용 스마트 비상 EV 안전 기술 개발 - 비상(구난)승강기 스마트 운전 절차 기술 분석 - 승강기/승강통로/승강로비의 압력유지 장치 기술 - 화원에 의한 연돌효과에 의한 도어잠김 현상 방지 장치 기술	425
		○ 대심도 역사용 스마트 비상 EV 표준 개발 - 피난 및 비상(구난)승강기 최적위치 선정 및 구획 기준 - 승강기 설비의 방염, 방연 기준 - 비상발전 및 화원에 의한 정지시 대체 피난 시설 대책 - 기타재난(지진, 홍수)시 피해방지, 피난유도장치 부품 및 제어장치 제작 - E/V 전실 가압 시스템 설계 조건 - 고속 E/V이용한 피난 절차서(안)(SOP) 작성	425
	소계		850
	스마트 제/배연 시스템 기술 개발	○ 대심도 지하역사 화재 적응형 스마트 제/배연 시스템 운전 시나리오 정립	200
		○ 변동부하(연기) 대응 분산·가변 운전 제/배연 시스템 개발 - 변동부하(연기) 대응 분산·가변 운전 제/배연 설비 요소 설계인자 분석	1000

		- 화재 변동부하 대응 제/배연 설비 운전제어 알고리즘 기술개발 - 변동부하(연기) 대응형 분산·가변 방식의 제/배연 설비 모듈 개발	
		○ 복합역사 구조·특성분석 및 화재 제/배연 설비 안전성 평가기술 개발 - AI 기반 능동형 분산·가변 방식 제/배연 설비 시스템 구축	550
		○ 화재대응 시스템 통합 및 AI 상황인지 기반 제/배연 시스템 실증 및 고도화	350
		소계	2,100
	스마트 화재진압 시스템 개발	○ 철도차량 자동 화재진압 시스템 성능 요건 정립	200
		○ 철도차량 자동 화재진압 시스템 개발 - 전용 급수관 및 살수 헤드 개발 - 시설연계 급수 자동 결합 장치 개발 - 복합역사 승강장 철도차량 화재진압시스템 시제품 모델 제작	850
		○ AI 및 IoT 기반 화재 구획화 기술 개발 - 복합역사 AI 및 IoT 기반 화재 감지/모니터링 시스템 기술	350
		○ 복합역사 화재진압 시스템 성능 평가 - AI 기반의 복합역사 화재진압 및 최적구획화 지능화 운영 SW 개발	700
		소계	2,100
		합계	9,850

표 5-1-4 세부과제별 예산투입 계획(3핵심)

구분	연구내용	연구개발 세부내용	소요 예산 (정부)
통합운영 시스템 기술 개발	통합시스템 TB 구축 및 개발기술 능 검증	○ AI 기반 대심도 복합역사 실시간 화재대응 통합운영 플랫폼 체계 정립 - AI 기반 실시간 스마트 화재대응 플랫폼 요건분석 및 운영체계 설계 - 스마트 비상대응(D-SOP/S-SOP) 기반 복합역사 이상 상황 감지 및 재난 대응체계 정립	700
		○ 지능 알고리즘(딥러닝 기반) 탑재 비상대응 시스템 개발 - 빅데이터 기반 화재 대응 통합 데이터베이스 설계 - 3D 기반 화재 감시 및 대응 솔루션 설계 - 모바일 기반 화재 대응 솔루션 설계 - 실시간 화재 대응 플랫폼 상세 설계 및 통합제어시스템 제작	1,400
		○ 테스트베드 화재대응 설비 설치 및 프로토타입 제작 통합제어 성능평가 - 공간정보 수집·연계 디지털트윈 역사 정보 구축 - 센싱/영상 기반 이상상황 감지 및 정확도 확보 기술 실증 - 복합역사 디지털트윈 기반 화재대응 시스템 개발 기술 현장 적용 - 스마트 화재대응 시스템(구난,피난,제연 시스템 등) 플랫폼 연계 성능 시험	1,400
	소계		3,500
	통합시스템 표준 운영 표준체계 개발	○ AI기반 화재대응 시스템의 실증을 위한 기술 기준 인증 및 제도 개선 연구 - 국가 표준 기반 복합역사 디지털트윈공간 구축 및 관리 기술 연구 - 사물인식 기반 화재대응 플랫폼, 화재감지기 등 방재 센서, 환경센서 등 기기 통합화/인터페이스 기술 및 모듈 개발 - 상용화 촉진을 위한 제도 개선 방안 제시	500
		○ 복합역사 인공지능 기반 화재대응 통합플랫폼 운영 표준 제시 - 시스템 체계, 상호 통신 및 보안체계 표준 사양 제시	550
	소계		1,050
	합계		4,550

제2절 인력투입계획

- 소요 연구인력은 1억원당 2.5명으로 추정하여 산출

표 5-2-1 연도별 참여예상 연구인력(단위: 억원, 명)

구분	2022	2023	2024	2025	합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	
총 예산	35	72	68	25	200
소요연구인력	108	152	145	92	497
박사	44	58	56	36	194
석사	35	51	47	30	163
학사	28	43	42	25	138

- 연차별 자원 배분은 통상적인 연구비 산출비율을 추정

표 5-2-2 연차별 자원배분 (단위: 백만원)

비목	세 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계
직접비	인건비	1,354	1,864	1,826	1,155	6,130
	연구시설·장비비 (시험시스템구축)	224	320	320	190	1,100
	연구활동비 연구수당	2,060	2,876	2,788	1,750	9,497
	직접비 소계	3,638	5,060	4,934	3,095	16,727
간접비(직접비의 14.8%)		538	748	730	457	2,473
기획평가관리비 (연구비의 4%)		174	242	236	148	800
연구비 총액		4,350	6,050	5,900	3,700	20,000

제3절 연구시설 투입계획

□ 테스트베드

○ 기존 대심도 지하역사 활용방안

- 기존 운영중인 대심도 역사 중에 심도가 40미터 이상인 지하역사는 서울에 4개소(산성역 55m 등), 부산은 만덕역(심도 64m) 등 2개소, 30미터 이상 심도 역사는 서울지역에 15개소, 부산 4개소, 대구 3개소 등 총 22개소 운영 중. 이외에도 동탄역과 같이 SR 고속철도 지하역사는 지하 6층, 심도 42.73m로 구성, 기존 운영중인 지하역사는 철도운영 기관과 적정한 협약이 된다면, 본사업에서 추진할 수 있는 해당 세부과제 통합시스템 테스트베드 후보
- 기존 운영중인 대심도 역사는 다수의 승객이 사용하는 완공된 역사에서 보다 실증적인 데이터베드 검증이 가능할 것이나, 이미 개통된 역사에서 개발단계인 기술을 검증하는 것은 안전상의 위험이 따르므로 소방법 및 건축법에서 검증된 법정 설비와 병행 설치하여 검증하는 것이 바람직

표 5-3-1 대도시 지하철 역사 심도 현황(출처: 대심도 철도건설 정책의 실행방안 연구, 김현, 교통연구원)

구분	서울지역		부산지역	대구지역
	1~4호선	5~8호선	1~3호선	1~2호선
평균지하심도	15.43m	21.11m	18.5m	20.7m
평균지하층수	2.45층	3.25층	2.7층	2.9층
지하 30m 이상 역사 수	1개소	14개소	4개소	3개소
최대 심도역사	4호선 남태령역 (지하(37.2m))	8호선 산성역 (지하 53.91m)	3호선 만덕역 (지하 66m)	2호선 이곡역 (지하 32.5m)

○ GTX 신설역사 활용 방안

- 본 사업의 테스트베드로 인천시청역, 수원역 등 앞으로 지어질 지하 4~6층으로 구성된 GTX 신설역사를 활용할 방안도 가능함, 신설역사는 과제의 추진 일정과 역사의 준공 시점 등을 유의하여 건설사 및 철도운영기관과 협약에 근거하여 활용 가능
- 신규역사의 경우 기존 운영 데이터가 부족하여 새로운 데이터베이스를 쌓아야 하는 단점이 있으나, 상업 운전 이전에 적은 위험성을 가지고 개발 시설의 성능시험을 수행할 수 있는 장점이 있음

표 5-3-2 GTX 신설 역사 심도 계획

구분	역	지하층수	최대심도
GTX-A	삼성역	7층	53m
	동탄역	6층	42.7m
	운정역	7층	50m
	킨텍스	7층	-
GTX-B	부평역	4층(인천 1호선)	25.5m(인천 1호선)
	인천시청역	6층	~ 40m
	인천대입구역(송도역)	5층	-
	부천종합운동장역	4층	70m
	망우역	5층	-
GTX-C	양재역	5층	-
	수원역	4층(수인/분당선)	-
	의정부역	6층	~ 40m

○ 테스트베드 요구 조건

- 국내 활용가능한 대심도 역사 조사에 의하면 대부분의 대심도 지하역사들은 지하 4층 이상, 심도 30미터 이상으로 되어있음, 본사업에서 개발하고자 하는 화재대응 기술을 적절하게 검증하기 위해서는 다층 구조, 충분한 심도와 대공간, 정상보행으로 3분 이상 소요되는 피난 동선이 필요함. 한편 활용 가능한 역사가 존재하여야 하는 측면을 고려하면서 이러한 요건에 충족되는 수준은 최소 지하 3층 이상, 심도 30미터 이상, 200미터 이상의 피난 동선이 적절하다고 판단
- (테스트베드 요구조건) 지하 3층 이상, 심도 30미터 이상, 200미터 이상의 피난 동선

부록

참고문헌

참고문헌

- (1) 강성모 외, '동영상을 이용한 연기 및 화염 감지 시스템 연구동향 분석', 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집 제17권 2호 (2010. 11)
- (2) 권영진, 윤유혁, "일본건축학회의 화재 시 피난 엘리베이터를 이용한 피난계획지침(案)에 대한 조사 (I)", 2008년 한국화재소방학회 춘계학술논문 발표회
- (3) 글로벌이엔피, "승강로 급기가압 제연 시스템 (특허 제10-0421805호)", 2017
- (4) 김대일, 정주안, 박성찬, 고주연, 염준호, "화재발생 시 대피시뮬레이션 시스템을 통한 최적대피경로 적용에 관한 연구", 한국재난정보학회논문집, Vol. 16, No. 1, 2020.
- (5) 김범규, 김학중, 여용주, 임채현, 박용환, "초고층건물 샤프트의 수직구획이 연돌효과 및 급기가압 성능에 미치는 영향"
- (6) 김성은, 임정실, 문영준, 오재학 and 이원영. (2011). 복합환승센터 통합운영시스템 구축방안에 관한 연구. 한국ITS학회 논문지, 10(4), 24-35.
- (7) 김학중, 박용환, "엘리베이터 피난계산 고려인자에 관한 연구", 한국화재소방학회 논문지, 제24권 제1호, 2010년, pp8~14
- (8) 김현수, '딥러닝(Deep Learning)을 이용한 비디오 기반의 화재감지 모델', 소방안전플러스, vol.15
- (9) 김혜진 외, '스마트 IT 융합 플랫폼을 위한 지능형 센서 기술 동향', 전자통신동향분석, 34권, 제5호, 2019. 10.
- (10) 나채준 외, '재난.안전 관련 법제 개선방안 연구', 한국법제연구원 연구용역보고서, 2014.12
- (11) 남상욱, "제연구역의 화재안전 성능확보를 위한 기술개발", 최종보고서, (주)윤영방재엔지니어링, 2017
- (12) 노세호, 윤성욱, 이동호, "VR기법을 활용한 엘리베이터 피난 성능평가에 관한 연구" 한국화재소방학회 논문지, 제25권 제1호, 2011년, pp. 13~18
- (13) 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계 지침 (국토교통부 제2018-199호)
- (14) 박두원, 노삼규, 감종훈, 김운형, "고층건물에서의 피난 엘리베이터의 효율성에 관한 연구", 한국화재소방학회 2006년도 춘계학술논문발표회 논문집, No.4, pp.213-217(2006).
- (15) 배상환, "건축물의 화재안전성능 향상을 위한 연기제어시스템 성능개선방안", 건축환경 기술기사 Technical Review, pp130~136, 2011
- (16) 백용 외, 개방형 플랫폼 기반 초고층 복합시설 재난재해 대응 CPS 구축. - 지진, 화재, 침수를 중심으로(2019), 국가과학기술연구회(2019)
- (17) 서왕진, "현장대응자료 연계 서울시 재난사고 시나리오 개발방안", 서울연 2016-BR-23, 2016
- (18) 「소방청 고시 제2017-1호」 "소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준"
- (19) 유소영, 정은비, "복합환승센터 피난대피구역 적정 배치 방법론 개발", 한국ITS학회논문지, 2019
- (20) 이재원, 김동은, 서동구, 권영진, "일본건축학회의 화재 시 피난 엘리베이터를 이용한 피난계획지침(案)에 대한 조사 (II)", 2008년 한국화재소방학회 추계학술논문 발표회
- (21) 이춘하 외, '분진 및 풍속에 따른 광전식연기감지기 챔버의 응답특성에 관한 연구', 한국화재소방학회논문지, Vol.31, Issue 1, pp. 50-57, 2017.
- (22) 이택구 소방기술사, http://www.fpn119.co.kr/serial_read.html?uid=133576§ion=sc139, 한국소방시설관리사협회,

- (23) 임재돈, 김정집, 홍두의, 정회경, "딥러닝 기반의 구조물 화재 재난 시 최적 대피로 안내 시스템", 한국정보통신학회논문지, 23권 11호, pp. 1371-1376, 2019.
- (24) 철도시설의 기술기준 (국토교통부 고시 제2016-603호)
- (25) 최준호, 황현승, 홍원화, "엘리베이터 이용을 고려한 초고층 건축물 전용 피난 시뮬레이터 개발방안", 대한건축학회논문집 제26권 제2호(통권256호) 2010년 2월, pp 87~94
- (26) 포스코 건설 SWG요소기술 표준화체계
- (27) 한국건설기술연구원, "건축물 제배연시스템 최적설계 기술 개발 및 운영기준 확립", 2011.12
- (28) 한형석, "IoT 화재센서와 인공지능을 이용한 능동형 화재대피로 안내 기술", 서울기술연구, Vol. 6, pp. 21-24, 2020.
- (29) 한형석, 오기훈, 남용태, 김태준, "인공지능 기반 지하철역 화재 대피로 안내 시스템", 2019년도 한국철도학회 추계학술대회, 2019.
- (30) 「화재예방, 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」 제9조의 3, 동법 시행령 제15조의 3
- (31) 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준(국토교통부고시)(제2015-1103호)
- (32) Akio Shioya, Train Fire Detection System on Seikan Tunnel, 2001
- (33) Andreas Busslinger, Design of the ventilation and cooling system for the installation phase of equipment in the Gotthard base tunnel
- (34) Andrew Oyen Arewa et al., "Fire Safety in High-Rise Buildings: Is the Stay-Put Tactic a Misjudgement of Magnificent Strategy?", Buildings, 2021.
- (35) Axel Bassler, Ventilation of emergency station in the Koralm tunnel
- (36) Christof Neumann, Koralm Tunnel-Development of tunnel system design and safety concept
- (37) Christof Neumann, Tunnel Safety Concept Koralm Tunnel
- (38) C.J.Kirkland, The fire in the Channel Tunnel, 2002
- (39) Davide Fabbri, The Gotthard Base Tunnel:Fire/Life safety system, 2004
- (40) D. Lee, W. Park, J. Hwang, G. Hadjisophocleous (2014) Full-Scale Fire Test of an Intercity Train Car, Fire Technology, DOI:10.1007/s10694-015-0482-1.
- (41) D. Lee, W. Park, W. Jung, N. White, A. Webb, and J. Hwang(2008) Two cases of interior fire tests within ISO 9705 for railway passenger coach, 11th Fire & Materials Conference Proceeding, Fisherman's Wharf, San Francisco, USA.
- (42) D.Portmann, Optional use of Jet fans in the Gotthard base tunnel near the portals to support the emergency ventilation
- (43) EN 45545-2 (2013) Railway application – Fire protection on railway vehicle-Part 2: Requirement for fire behavior of materials and components. CEN/CENELEC/TC
- (44) GARTNER, 'Zero Trust Architecture and Solutions', 2021,
<https://www.gartner.com/teamsiteanalytics/servePDF?g=/imagesrv/media-products/pdf/Qi-An-Xin/Qi-An-Xin-1-1OKONUN2.pdf>
- (45) GETAWAY 최종보고서, <https://cordis.europa.eu/project/id/265717/reporting>, 2014
- (5) S. Karma et al., "Evacuation Planning of Critical Infrastructures in Case of an Earthquake or a fire for People with Disabilities", European Center for Forest Fires, Council of Europe, 2017.
- (46) Hadjisophocleous G, Lee D, Park W (2012) Full-scale Experiments for Heat Release

Rate Measurements of Railcar Fires, Fifth International Symposium on Tunnel Safety and Security, New York, USA, March 14-16: 457-466

- (47) H.S.Eisner, The Channel Tunnel Safety Authority, 2000
- (48) Ingason H., Linnermark A. (2005) Heat release rate from heavy goods vehicle trailers in tunnels, *Fire Safety Journal* Vol. 40 pp.646-668.
- (49) ISO 9705 (1993) Fire Tests - Full-scale room fire test for surface products, International Organization Standardization, Geneva Switzerland
- (50) J. Sharma, P. Andersen, O. Granmo and M. Goodwin, "Deep Q-Learning With Q-Matrix Transfer Learning for Novel Fire Evacuation Environment", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, pp. 1-19, 2020.
- (51) J. Sharma et al., "Deep Q-Learning with Q-Matrix Transfer Learning for Novel Fire Evacuation Environment", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2020.
- (52) Krote JH (2016) Smoke control. In: *sfpe handbook of fire protection engineering*. Springer, New York, pp 1785–1823
- (53) M.Vogel, *AlpTransit-Safety in Construction as a Challenge:Health and safety aspects in very deep tunnel construction*, 2001
- (54) NFPA 130 "Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems"
- (55) NFPA 5000 "Building Construction and Safety Code", pp.178-179(2006).
- (56) Nicolas Steinmann, *Building a modern rail ways line in the Gotthard base tunnel*
- (57) NIST, Special Publication 1191-Research Roadmap for Smart Fire Fighting, <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1191>, 2015
- (58) NIST, 'Zero Trust Architecture', 2019.09, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-207.pdf>
- (59) Sakai Gorou, *Monitoring System for the Maintenance of Seikan Undersea Tunnel*, 1996
- (60) Takao Nishimura, *Seikan Undersea Tunnel – Description of Fire Countermeasure ect.*, 1986
- (61) U. Atila, Y. Ortakci, K. Ozacar, E. Demiral and I. R. Karas, "SmartEscape: A Mobile Smart Individual Fire Evacuation System Based on 3D Spatial Model", *International Journal of Geo-Information*, Vol. 7, No. 6, 223, 2018.
- (62) Wojciech We, and et al, "Smart Smoke Control as an Efficient Solution for Smoke Ventilation in Converted Cellars of Historic Buildings", *Fire Technology*, 2020
- (63) You S., Jung R. and Chung J.(2016), "An Analysis on Evacuation Scenario at Metro-stations Using Pedestrian Movement-based Simulation Model", *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport System*, vol. 15 no. 2, pp.36-49.

발 간 등 록 번 호

979-11-90705-81-3

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 인공지능 기반 대형 복합역사 화재대응 기술개발 기획 연구 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통연구기획사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.