국토교통연구기획사업 최종보고서

로봇 친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발

2024. 11.

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

로봇 친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발

기획 최종 보고서

2024

국토교통부 국토교통과학기술진흥원

* 본 기획보고서는
연구개발계획 수립의 참고자료로 활용하되,
제안시 제출하는 연구개발계획서의 연구개발 최종 목표, 성과목표, 기술개발내용, 예산 등
상세내용은 반드시 공고시 게재되는 RFP를
따라야 함을 알려드립니다.

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	국토교통연구기획사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-
내역사업명 (해당 시 작성)	국토교통연구기획	연구개발과제번호	RS-2023-00261994

기술분류							
국가과학기술 표준분류	EI0301	50%	EI0402	30%	EE0899	20%
부처기술분류 (해당 시 작성)	-	%	-	%	-	%

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-
연구개발과제명	로봇 친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발 기획
전체 연구개발기간	2023.05.25. ~ 2024.11.24. (1년 6개월)
총 연구개발비	총 240,000천원 (정부지원연구개발비: 240,000천원, 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)	지정공모
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	기획연구

연구개발 목표 및 내용

최종 목표

□ 다수 다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증

전체 내용

□ (중점분야 1) **로봇 친화 건축물 설계 기술 개발**

○ 인간-로봇 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발
○ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발
○ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

□ (중점분야 2) **다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발**

○ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발
○ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

□ (중점분야 3) **로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발**

○ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증
○ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

연차별 성과목표 및 지표

□ **연차별 성과목표 및 지표**

성과지표	구분	2025	2026	2027	2028	목표치 산출근거	측정 방법	자료수집 방법
SCI급 논문 게재(건)	목표	-	1	1	1	논문을 내기 위한 데이터 확보를 위해 걸리는 시간을	당해연도 SCI급 논문 게재 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본

성과지표	구분	2025	2026	2027	2028	목표치 산출근거	측정 방법	자료수집 방법
	실적	–	–	–	–	고려하여 목표치 설정		사업의 성과로 등록된 SCI급 논문 건수
	달성도	–	–	–	–			
S/W 등록 건수(건)	목표	–	1	–	–	동 사업의 '28년 실증 '27년 실증 준비(설계)단계에 동선·공간 설계를 반영하기 위한 기간을 고려하여 목표치 설정	건축물내 로봇의 동선·공간 자동 설계 S/W 등록 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 S/W 건수
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
특허 등록 건수(건)	목표	–	–	2	–	동 사업에서 개발되는 주요 성과물의 R&D 추진 일정과 국내 특허 출원후 등록에 소요되는 시간을 고려하여 목표치 설정	동 사업을 통해 개발한 기술의 특허 등록 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 특허 건수
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
신제품 개발 건수(건)	목표	–	2	4	–	'28년 실증대상지에 적용 가능한 동 사업에서 개발되는 건축마감재의 R&D 추진 일정을 고려하여 목표치 설정	건축마감재 성능기준 개발 건수 (자동방화문, 코어벽체, 바닥·벽·천장·창호 마감재)	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 제품 개발 건수
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
인간 및 로봇 행동 실험-시뮬레이션 비교 정확도(%)	목표	–	–	–	70	로봇 행동 시뮬레이션 선행 연구 결과 수준 이상으로 목표치 설정: Sim-vs-Real Correlation Coefficient(SRCC) 값이 policy에 따라 0.20에서 시작하여 0.60까지 분포, 가장 높게 나타난 시뮬레이션 접근 방식의 경우 0.70로 나타남	실증 대상지 인간-로봇 LOS와 시뮬레이션 LOS 비교	실증 대상지의 인간-로봇 행동 측정을 통해 자료 수집
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
기존 상업용 건축설계 지원소프트웨어 대비 사용 편리성(%)	목표	–	–	–	90	기존 상업용 소프트웨어 사용 대비 신규 소프트웨어 사용 시 적응이 필요한 점을 고려하여 목표치 설정	건축설계 전문가 대상 사용 평가 후 설문조사	실증과 연계하여, 실증 대상지 설계 시 사용 평가를 수행하여 자료 수집
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
실내외 로봇위치 정확도(cm)	목표	–	100	50	–	국내외 공간정보 분야의 실내 측위 + 실외 측위 기술의 기술수준은 실내외 POI 위치정확도 기준 100 cm 이상으로 동 사업을 통해 국내외 최고 수준의 목표 설정	건물 실내외간 로봇 위치정확성 비교	연차보고서, 단계평가 등의 보고서에 제시된 실적을 토대로 측정
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률(%)	목표	–	–	70	99	매우 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적으로 로봇 서비스가 제공될 수 있도록 99%의 성공률을 확보하는 것으로 목표치 설정	혼잡도별 자동문·EV 운영 테스트 100회당 시나리오 성공 건수	
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
로봇 서비스 운용면적률 (%)	목표	–	–	–	70	다중이용시설의 건축연면적 중 공조실, 우수저류조 등 비공용부를 제외한 로봇 서비스가 가능한 범위를 고려하여 목표치 설정	건축연면적 당 로봇서비스 제공 면적	
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
로봇 서비스 성공률 (%)	목표	–	–	–	95	매우 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적으로 로봇 서비스에 대해 95%의 성공률을 확보하는 것으로 목표치 설정	배송, 방역, 방범 및 화재감지 등 서비스 성공률	
	실적	–	–	–	–			
	달성도	–	–	–	–			
법/제도	목표	–	–	1	1	동 사업에서 개발되는	로봇친화 건축물	부처별 R&D 사업

성과지표	구분	2025	2026	2027	2028	목표치 산출근거	측정 방법	자료수집 방법
제안/반영수 (건)	실적	–	–	–	–	설계·시공 기준, 인증 및 지원제도 발굴을 실증성과와 연계하는 목표로 설정	조성기준/지원제도/인증기준 건수	관리시스템에 등록된 법/제도 제안/반영 건수
	달성도	–	–	–	–			

1단계 (해당 시 작성)	목표	–
	내용	–
n단계 (해당 시 작성)	목표	–
	내용	–

연구개발성과

□ **중점분야 및 구성기술별 연구개발 성과**

중점 분야	구성 기술	최종 성과물
로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	▪ 건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션
	로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준	▪ 로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준
	로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준	▪ 바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능기준
다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술	▪ 통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 및 구축 매뉴얼
	다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼	▪ 로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼
건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	▪ 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서
	로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발	▪ 로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과

1. **연구개발성과 활용계획**

□ **정부 부처(국토부)**

○ 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준에 대한 제도화 및 제도 운영
○ 로봇 친화 건축물 리모델링 모델 개발에 따른 표준화 및 후속사업 추진
○ 로봇 친화 건축물 지원 제도 및 인증 기준 운영

□ **지방자치단체 등**

○ 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준을 반영하여 로봇 친화 건축물 인허가 수행
○ 로봇 친화 건축물 인허가시 지원제도 및 인증 기준 반영

□ **건축 설계/시공 기업**

○ 로봇 친화형 건축물 설계시 성과물인 시뮬레이터 및 솔루션 활용
○ 설치 기준을 활용하여 건축 설계시 참고·반영
○ 로봇 친화 건축물 기획시 지원제도 및 인증기준을 고려하여 건축물 계획·설계·시공

□ **건축물 및 서비스로봇 운영관리 기업**
○ 로봇 친화 건축물 공간지도를 건축물 및 서비스로봇 운영관리 시 활용
○ 건축물 리모델링 참여를 통해 신기술 실증 및 고도화
○ 건축물 운영관리시 인증기준을 참고하여 활용

□ **서비스로봇 도입 건축주**
○ 건축물 기획시 소요예상되는 공간 및 시설을 감안하여 계획 및 예산 수립에 활용
○ 로봇 친화 건축물 기획시 공간지도 제작 및 적용 등을 위해 소요되는 인프라, 예산 수립에 활용

2. 기대효과

□ **기술적 측면**
○ 건축물 공간정보를 기반으로 다수·다종 로봇주행의 안전성, 정확성 향상에 기여
○ 로봇친화형 건축물의 운영관리 효율화 기술 확보 및 로봇친화형 빌딩 최고 기술수준 달성

□ **경제적 측면**
○ 로봇 친화 건축물 조성 기술 보급에 따른 건축물 인프라 투자 효율화 가능 및 사업비 최적 사용 가능
○ 건설사-로봇서비스 공급자 결합을 통해 새로운 건축 및 기술서비스 시장 창출 기여

□ **사회적 측면**
○ 로봇친화 건축물 보급 및 로봇활용 강화로 다양한 서비스 확대를 통한 국민 삶의 질 증대
○ 초고령, 인구감소 사회변화에 대응하여 헬스케어, 돌봄, 복지 등 인력수급이 어려운 분야에 로봇서비스 활용 가능

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

국문핵심어 (5개 이내)	스마트+빌딩	4차 산업혁명	융복합	플랫폼	설계
영문핵심어 (5개 이내)	Smart+Building	4th Industrial Revolution	Convergence	Platform	Design

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요

1.1 기획 배경 및 필요성 ····· 1

1.2 기획 추진체계 ····· 15

1.3 기획 추진절차 및 경과 ····· 16

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2.1 기획의 범위 ····· 20

2.2 국내외 환경 분석 ····· 26

2.3 국내외 연구개발 현황 분석 ····· 46

2.4 종합분석 ····· 69

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

3.1 신규 연구개발사업 추진전략 ····· 71

3.2 중점분야 별 기술 개발 ····· 101

3.3 소요예산 및 자원 투입계획 ····· 107

3.4 사전타당성 분석 ····· 112

4. 연구개발성과 및 관련분야에 대한 기여 정도

4.1 기술별 최종 연구개발성과물 ····· 116

4.2 기술개발 목표 및 성과 지표 ····· 117

4.3 기대효과 ····· 120

5. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

5.1 연구개발성과물 검증 및 관리 방안 ····· 121

5.2 연구개발성과물 활용 방안 ····· 133

5.3 전략계획서(안) ····· 135

5.4 과제 제안 요구서(안) ····· 150

참고 문헌 ····· 160

부록. 연구과제카드 ····· 163

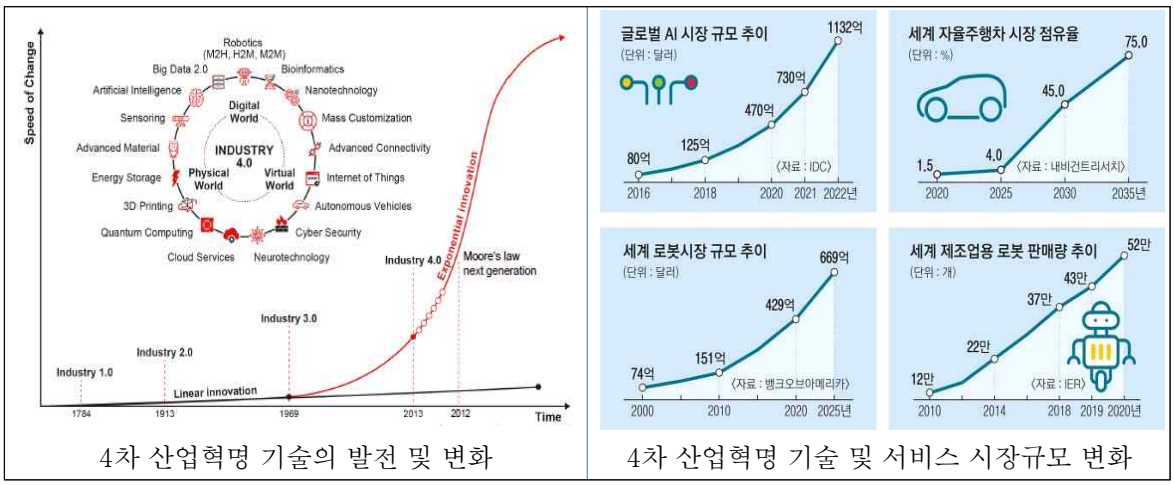
1. 연구개발과제의 개요

1.1 기획 배경 및 필요성

1.1.1 기획의 배경

□ 기술의 발전으로 기술이 건축물에 접목되면서 관련 산업과 서비스 시장이 성장 중이고 건축물의 역할과 기능이 확장됨

○ 4차 산업혁명과 함께 인공지능(AI), 로봇, 자율주행 등 새로운 기술이 등장하면서 관련 시장 규모가 성장 중



[그림 1-1] 4차 산업혁명 기술의 발전과 서비스 시장규모 변화

출처: Jaco Kapp. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Assessing the Intelligences of Engineers in The SOUTH AFRICAN Automotive industry, Nelson Mandela University Business school, [4차 산업혁명 현장을 가다]대화하고 암 진단·운전까지... 생활 속 파고든 AI(서울신문 기획연재, 2018.7.17.)

○ 신기술이 건축물에 도입 및 적용되면서 건축물의 역할과 기능이 확장되고 새로운 서비스 시장이 형성됨

- 건축물에 사물인터넷, 인공지능, 로봇 등의 기술이 접목되면서 에너지 모니터링 및 절감, 물류 배송 서비스, 주거 편의 서비스, 안전 및 보안 관리 서비스 등이 제공됨
- 기존 건축물은 '주거, 생활, 업무 등의 공간'으로서 역할과 기능이 한정적이었으나 최근에는 기술의 접목으로 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있는 플랫폼으로서의 역할로 확장 중임

* (예) 로봇, 인공지능, 모빌리티 등의 기술이 건축물에 접목되면서 물류, 교통 인프라 서비스 제공의 기능을 수행

□ 기술 종류별로 개발과 상용화 속도의 차이가 있으나 '로봇' 기술 개발과 관련 서비스의 확산이 빠르게 진행 중

○ 개별 기술마다 투입 자원, 인력, 인프라 등 개발 여건은 상이하나 기술 중에서 '로봇' 기술의 개발과 관련 서비스 확대가 빠르게 진행되고 있음

○ 공항, 호텔, 병원 등 여러 건축물 내에서 로봇 서비스가 제공되고 실증되면서 로봇 기술 도입이 빠르게 확산 중

[표 1-1] 건축물 내 로봇 서비스 제공 사례

구분	창이 국제공항	마리나베이 샌즈 호텔	창이 종합병원	알렉산드리아병원
내용				
	[Rococop(스마트로봇 경찰)] [청소로봇 가우시안]	[자율주행 청소 로봇]	[Pepper robot] [RoMi-H 로봇]	[Florence 로봇]
	로봇이 경찰이 도착하기를 기다리는 동안 눈가리개, 사이렌 및 스피커를 사용하여 경계선 시행 및 구경꾼에게 경고할 수 있으며, 추후 점진적으로 도시 국가 전역에 배치 예정	청소로봇, 보안로봇, 서빙로봇을 활용하여 서비스 제공	병동 및 노인병 주간 병원에서 환자의 운동을 지원, 빌딩 인프라와 로봇과의 연결을 위한 로봇으로 최근 출시된 통신용 국가표준을 채택해 로봇과 구축 인프라가 서로 통신할 수 있도록 지원하는 로봇	환자의 바이탈사인 측정 및 생체 신호를 측정 등 의료지원뿐만 아니라 약물, 간식 또는 기타 품목을 환자에게 전달국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증

구분	스마트 호텔		스마트 시티	스마트 지하상가
	강원랜드	테헤란로	대전 중앙로지하상가	인천 부평지하상가
내용				
	[스마트·비대면 컨시어지 서비스]	[국민체감 로봇배달/ 서빙 서비스]	[서비스로봇 대중화, 지하상가 활성화]	[비대면 서비스, 지역경제활성화]
	룸서비스, 컨시어지, 서빙 서비스 로봇 실증	코엑스몰·테헤란로 인근 F&B매장과 대단위 빌딩에서 자율주행 서비스 로봇이 서빙 배송 실증	방역·배달·바리스타 등 서비스 로봇의 실증	국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증

□ 지속적인 로봇 기술 개발과 활성화·상용화가 요구되며, 이를 위한 건축물과 로봇 기술의 융합과 건축물의 선제적인 대응이 요구됨

○ 기술을 건축물에 적용하는 과정에서 진행하게 되는 행정 절차, 소요 기간 등으로 인하여 기술의 초기 시장 창출과 안착을 위한 골든타임을 확보하고자 건축분야의 선제적인 대응이 요구되고 있음

- 세계 최초 로봇 친화형 건축물로 인증을 받은 사례(네이버 1784)의 경우 2016년 착공하여 완공까지

6년의 기간이 소요됨[1)]

○ 기술의 고도화를 위해서는 실제 기술과 서비스 제공을 통하여 개선점을 발굴하고 물리적 환경과 상호보완이 필요함에 따라 기술과 융복합되는 건축물 요건의 정립, 기준 개발 등의 대응이 요구됨

- 기술이 건축물 내외에서 제공될 수 있도록 건축물의 설계단계에서부터 기술의 특성을 고려하여 기술과 건축물이 조화를 이룰 수 있는 환경 구축에 대한 관심 증가
- 기술의 활용을 고려한 건축공간의 설계, 시스템 구축 등이 필요해짐에 따라 기술과 건축의 융합을 활성화하고 혁신적인 공간을 제안할 수 있는 선제적인 대응 방안을 모색하고자 함

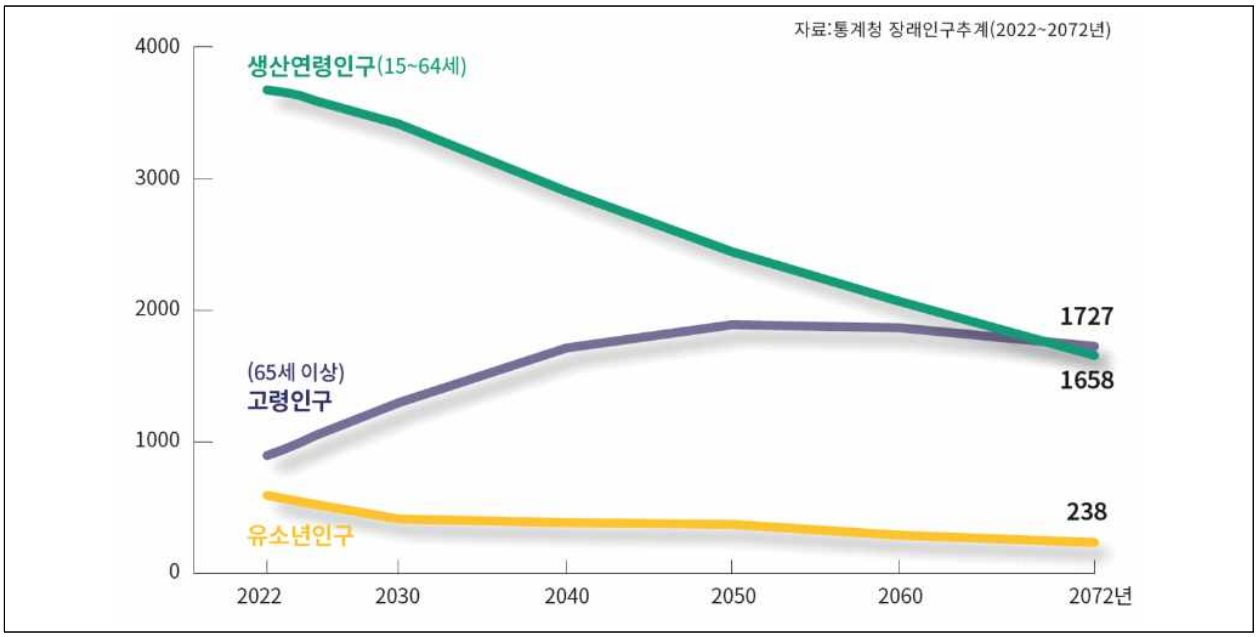
1.1.2 기획 추진 필요성

1) 기술개발 과제의 필요성

□ 4차 산업혁명 기술의 조기 상용화와 활성화, 신시장 형성 등으로 인하여 건축의 역할 재정립에 대한 필요성이 증가함에 따라 기술·서비스 운용을 위한 건축 환경 구축이 강조됨

□ 고령화, 노동력 부족 등 사회문제에 대해 새로운 해법으로 서비스 로봇에 대한 관심과 투자 확대 추세로 국내외 신시장 형성에 따른 선제적 대응 필요

○ 2024년 출산율 0.68명 추세 지속 시 2030년 생산가능 인구 320만명 감소에 따른 노동력 부족심각



[그림 1-2] 인구 감소 추이

출처: 합계출산율 0.7명 사회 한국은 정말 끝났는가 (시사IN, 2024.1.10.)
https://www.sisain.co.kr/news/articleView.html?idxno=51890

1) 네이버 제2사옥 '1784', 완공에 6년이나 걸린 이유는...(중앙일보, 2022.10.15)

○ 서비스 로봇이 사람의 역할을 지원 또는 대체하면서 노동력 감소에 대한 대응책으로 활용됨

- 서비스 로봇은 반복적이거나 위험한 업무를 수행할 수 있고 휴식시간 없이 업무를 수행함에 따라 인력보다 효율성이 높은 측면이 있어, 인력 대체제로의 활용이 확대되고 있음

○ 사우디 자치행정주택부장관의 '네이버 1784' 방문(2022.11), 덴마크 고령부장관의 한림대병원 의료 로봇 서비스 현장 방문(2023.10) 등 로봇 서비스 도입 현장에 대한 국제적 관심 고조

- 사우디는 '네옴시티' 프로젝트를 통해 로보틱스 등 첨단 기술이 어우러지는 건축·도시공간을 계획 중으로 700조의 투자를 진행 할 예정으로 로봇 친화적 건물에 관심이 높음
- 한림대 성심병원은 '22년 8월부터 의료서비스 로봇을 적용해 'AI·5G 기반 서비스로봇 융합모델 실증사업'에 선정되어 환자 맞춤형 로봇 서비스를 제공
- 로봇 연동 통합 관제 플랫폼 구축, 의료서비스 로봇 전문가 워킹 그룹 운영 및 성과 공유 확산, 공간 인프라 연동에 따른 다양한 서비스 활용 분야에서 높은 평가를 받음[2)]

○ 로봇이 건축물에서 다양한 기능을 수행하게 되면서 공간의 안전성, 로봇 운용을 위한 공간의 적합성, 최적성, 로봇의 원활한 운용 지원 여부 등 건축 공간의 준비가 요구

□ 로봇 기술 개발, 활성화 등을 위한 지원 정책은 다방면으로 추진 중이나, 로봇 기술과 건축물의 융합, 로봇 운용을 위한 물리적 환경 조성에 대한 기술 개발과 연구는 부족

○ 물리적 환경 조성은 관련 기술 개발과 상호 보완될 수 있으며, 로봇 기술 역시 건축 공간 내 기술 운용을 통하여 지속적인 개발과 서비스 수준을 높일 수 있음

○ 기술을 수용하는 과정에서 문제 발생을 최소화하고 원활한 서비스 운용 지원과 기술 수용성 향상을 위한 건축 공간 조성과 관련된 기술개발, 연구의 추진이 요구됨

○ 로봇 기술 도입에 따른 건축 공간 변화에 선제적으로 대응하지 않으면, 향후 경쟁력 있는 건축 설계, 개발에 한계가 발생할 수 있으므로 미래의 기술 및 건축 시장 수요를 고려할 때 로봇 기술의 운용을 위한 새로운 건축 공간의 개발, 조성이 필요

□ 로봇의 개발과 제공 서비스가 확대되고 있으나 로봇 기술 운용을 위한 인프라 조성 기술은 부족하여 로봇 서비스 제공의 한계 및 문제점 발생

○ 공항, 호텔, 병원 등 건축물 내 로봇 서비스 제공을 실증하며 도입화를 가속 중이나 청소, 서빙 등으로 제한적인 서비스를 제공

○ 현재 상용화 로봇은 계단, 문턱, 에스컬레이터 등 건축물 내 이동에 대한 제약으로 제한된 서비스를 제공하며 사람과의 충돌 등의 사고발생의 문제점 발생

2) 한림대성심병원, 'AI·5G 기반 서비스로봇 실증사업' 최고 등급 획득(헬스코리아뉴스, 2024.2.23.)

보안로봇이 계단에 굴러 침수한 모습

쇼핑몰 로봇과 사람과의 충돌 사고 뉴스

[그림 1-3] 상용화 로봇의 사고 발생 사례

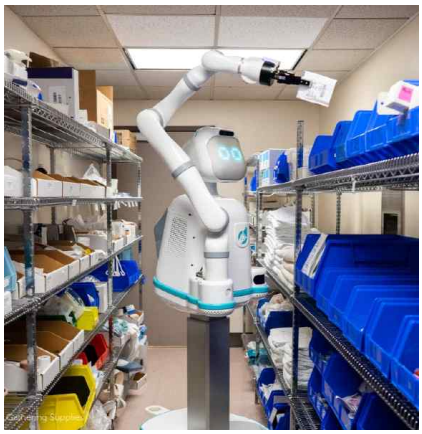
출처: (좌) 로봇의 자살?...분수대에 빠진 美보안로봇 '화제'(연합뉴스, 2017.7.19.), (우) 실리콘밸리 쇼핑몰 경비로봇이 16개월 아이 '공격' (연합뉴스, 2016.7.14.)

○ 건축물 내 로봇의 이동 제약으로 한정된 구역에서 서비스가 제공되는 실정

- 엘리베이터 이용이 가능할 경우 건축물 내 로봇서비스 제공이 가능한 구역을 확대할 수 있음에도 현재는 한정된 구역에서 서비스가 제공되는 중

- 엘리베이터를 이용하는 로봇 기술 개발 경쟁에 기업의 관심이 증가하고 있음

* '테헤란로 로봇거리 조성사업'으로 오피스타워에서 배달 로봇 서비스 실증하며 층간 이동 가능성을 확인건물 내 배송 서비스 로봇



(좌) 병원 서빙 로봇 "목시(Moxi)"

(우) 건물 내 배송 서비스로봇 "딜리"

[그림 1-4] 건물 내 배송 서비스 로봇 사례

출처: "로봇 친화적인 인프라 설계 필요해" (로봇신문, 2019.7.29.), "엘리베이터 탈 수 있니?"... 실내 배달로봇 각축전(아시아경제, 2024.3.25.)

○ 새로운 유형의 서비스 로봇들이 개발되고 출시되고 있는 상황으로 이를 수용하고 활용하는 공간에서의 안전성 확보가 필요

- 로봇 친화형 건축물 설계기준 부재, 인간-로봇간의 충돌, 통행혼잡 시간대 로봇 서비스 지연 등 문제점 다수 존재

□ 로봇 기술 개발과 서비스 범위 확대, 앞으로의 건축 공간의 미래 수요 대응을 위해서는 로봇 자체의 발전뿐만 아니라 로봇 운용을 위한 공간 설계, 설비, 통신망 등 로봇 운용을 고려한 로봇 친화적 시설·인프라 조성 필요

○ 건축물의 노후화, 건축물 내 통신장비를 설치할 수 없는 경우 등 사회 기반 시설이나 빌딩 등이 로봇 기술 발전 속도를 수용할 수 있는 환경 미비

○ 정부는 로봇 기술의 개발과 상용화[3]를 위한 정책과제를 추진 중이며, 이러한 정부의 로봇 기술 개발 계획과 로봇 기술 자체의 발전 속도 등을 고려하여 건축물이 유연하게 대응할 수 있어야 함

- 정부는 「스마트+빌딩 활성화 로드맵」에서 다양한 스마트 편의서비스 제공을 위해 로봇이 자유롭게 활동할 수 있도록 건축공간·통신·플랫폼 환경을 갖춘 '로봇 스케일 건축' 구현을 비전으로 제시하였으며, 상용화를 위해선 모빌리티·로봇 이동의 시작과 종착점인 건물 내 서비스 구현이 필수적으로 스마트 기술과 공간의 융합이 필요함

- 「로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵」(`20)을 통해 첨단기술의 신사업이 규제로 인해 성장이 위축되지 않도록 기술발전과 상용화 단계를 예측하여 로봇산업, 안전검증, 데이터 활용, 기반 구축 내용의 지원 내용을 발표하였으며, 서비스 로봇의 성능·안전성 인증 미흡으로 시장창출이 저해 되고 로봇 활용분야별로 별도 안전규정이 각각 존재하는 등의 규제 저촉을 규제샌드박스 및 실증으로 신사업 성장을 유도함

○ 로봇 기술의 발전 속도에 맞추어 건축물도 유연하게 대응할 수 있는 기술 개발 방향을 수립하여야 하며 사회적 기대, 변화에 대응, 준비할 필요

□ 로봇 상용화 지원 및 신시장 개척, 안전한 로봇 서비스 제공 건축 공간 조성을 위하여 단계적 기술 개발 및 검증, 확산을 위한 중장기적 기술개발 필요

○ 로봇 기술 도입 확산과 운용을 저해하는 물리적 환경의 한계를 극복하고 로봇 운용 및 서비스 제공 범위를 확대함으로써 건축물의 역할과 기능을 다양화하기 위한 기술 개발 방향 설정 및 세부 과제 발굴이 필요

○ 로봇 친화 건축물 조성을 위하여 요구되는 기술의 수요를 파악하고, 기술을 개발 및 건축 공간 조성 시 적용하기 위하여 단계별 기술개발 추진 필요

2) 기획의 필요성

○ 로봇 친화적인 건축 환경 조성을 위한 R&D를 효과적으로 수행하기 위해서는 사전에 종합적이고 체계적인 과제 기획 프로세스 수행 필요

- R&D 본 사업 이전 기획 단계에서 R&D 프로젝트의 규모, 범위, 세부 기술개발 과제 등 사업 내용에 대해 명확한 정립 수행

○ 연구개발과제의 범위, 국내외 환경 분석, 연구개발 현황 분석 등 R&D 수행을 위해 사전 파악이 필요한 여건 분석 수행

- R&D 내용 및 대상을 선정하고, 국내외 환경 및 현황 파악을 통해 기술개발의 가능성과 추진

3) 정부는 2026년 로봇 상용화를 목표로 함

방향 검토

○ 연구개발과제의 추진전략 수립을 통해 기술개발 중점 분야와 세부과제를 상세 기획하고, R&D 소요예산에 대한 계획수립과 타당성 등 검토

- R&D의 비전과 목표를 설정하고, 설계, 시공, 실증 등 로봇친화 건축물에 대한 기술개발 분야와 그에 맞는 상세한 기술개발 내용 도출
- 중점분야와 상세기술 별 R&D 소요예산을 계획하고, 사업 추진에 대해 사전적으로 타당성을 분석하여 기술개발의 타당성 점검

○ R&D 수행에 따른 성과물과 성능 목표 달성을 위한 지표 설정, 기술개발 성과에 따른 사회·경제적 기대효과 제시

○ R&D 본 사업 이전 기획 연구를 통해 향후 추진할 R&D 본 사업의 착수, 시행, 예산요구 등에 필요한 전략계획서와 과제제안요구서(RFP) 마련

1.1.3 정부 지원 근거

□ 글로벌 퍼스트 로봇친화 건축물에 대한 정부 마중물 투자로 건축·건설 시장의 후속 투자와 확산 유도 필요

○ 국가전략기술(2022.10, 과기부)인 로봇의 기술 패권 경쟁에서 우위를 선점하기 위해서 정부의 로봇 스케일 건축환경 구축 의지 제시 발표

- 스마트 기술 친화형 건축공간 확산을 위한 스마트+빌딩 국가 인증 도입 및 2035년까지 스마트+빌딩 1만 개소 조성 계획 이행 지원

  * 12대 국가전략기술 중 '첨단로봇' 선정(2022.10 과기부)→로봇 친화형 스마트 빌딩 활성화 기반 마련(2023.3 산업부 첨단로봇 규제혁신 방안)→로봇 스케일 건축환경 구축(2023.12 국토부 스마트+빌딩 활성화 로드맵)

○ 단위 건축물 설계·시공 및 로봇의 운영관리는 민간의 영역이나 새로운 건축기능의 설계표준, 규격, 제도 등 신서업 표준 제시는 공공의 역할

- 현재는 로봇 개발자 관점에서 로봇 이동이 용이한 로비 등 특정 공간에서의 활용 중으로 로봇 서비스 면적 확대 및 활성화를 위한 건축설계 기준, 인프라 개선은 세계 최초
- '네이버 1784'는 자사 로봇 및 관제시스템을 적용한 신축 건축물이라는 점에서 국내 로봇 제조사의 98.4%를 차지하는 중소기업 로봇 보급에 한계가 있어 국가 기준으로의 채택이 곤란

□ 신시장(로봇 친화형 건축물) 조성을 위해 설계·시공 표준 규격·모델·가이드라인 등의 개발, 시장 활성화를 위한 제도를 마련하는 것은 공공의 역할

○ 국가표준이 부재할 경우 로봇 친화형 건축물의 설계·시공 시 발생할 수 있는 시행착오로 인해 민간 주도의 시장이 확산되기 어려운 구조

- 민간 건축물은 건설 시 발생하는 오류 비용을 민간이 모두 부담해야 하므로 '로봇 친화형 빌

딩 시장‘ 활성화되는 데에 큰 걸림돌로 작용

* ‘네이버 1784’의 경우 자유로운 로봇 이동을 위해 여러 번의 설계변경으로 추가 건설비용 발생

– 국가표준 가이드라인·모델 등의 개발을 통해 민간 부담을 최소화하여 ’로봇 친화형 빌딩 시장‘의 활성화 도모 필요

* 첨단로봇 규제혁신 방안(23년, 산업부), 스마트+빌딩 활성화 로드맵(23년, 국토부) 등 정부 추진계획으로 ’로봇 친화형 빌딩 활성화‘ 관련 내용 포함

○ 공공에서 자율주행 로봇을 위한 건축물 인프라를 조성하여 고령자 복지, 육아 지원 등 다양한 서비스 로봇 공급이 확대될 수 있는 발판 조성 필요

[표 1-2] 건축 프로세스별 국가-민간의 역할

영역	문제점	국가	민간
설계	로봇 사용을 고려하지 않은 건물 설계로 인해 로봇 통행의 불편함 발생	로봇 이동을 고려한 **건축물의 설계 기준 및 가이드라인 마련**	로봇 이동을 고려한 건축물의 설계기준 및 가이드라인을 바탕으로 **건축물 설계**
	좁은 공간 공유로 인한 사람-로봇 간의 부딪힘 발생	사람-로봇 통합 통행을 위한 **설계 지원 도구 개발**	사람-로봇 통합 통행을 위한 설계지원도구를 활용하여 로봇 친화적인 **건축물 설계**
	사람이 탑승하는 E/V에 로봇 탑승 시 안전, 지연문제 발생으로 한계		
	충전스테이션, 대기공간 등 로봇 전용공간이 필요		
시공	E/V 안, 건물내 방화구역 등 통신음영지역으로 인한 완전자율주행 제약	E/V 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 **지원설비 규격(가이드라인) 마련**	표준 규격에 기반하여 **설비 시공**
	측위, 공간지도, 통신 네트워크, 관제 및 모니터링 기반 통합 필요	건물에서 다수·다종 로봇 호환가능 측위, 공간지도, 통신네트워크 **규격(가이드라인) 마련**	
운영관리	로봇 제작사별 각기 다른 제어시스템으로 인해 로봇별로 모든 시스템을 통제해야 하는 비효율 발생	다수·다종 로봇들을 관제사가 통합적으로 호출·명령·관리할 수 있도록 **‘로봇 통합관제 표준모델’ 개발**	표준모델을 기반으로 해당 건물에 적합한 **관제 시스템 개발·운영**
법·제도·인증	신축/리모델링 등을 통해 로봇을 적용한 건축물 설계· 시공·운영 시, 비용이 높아 보급·확산이 어려움 존재	로봇 친화형 스마트+빌딩 국가 **인증제도 마련**	–
		‘국가인증’을 획득한 건축물 대상의 **인센티브 제도** 마련	
	로봇을 위한 별도 공간 및 시설 점유에 따른 건축면적 감소	로봇 공간 및 시설면적 보상을 위한 **인센티브 제도** 마련	

출처: 연구진 작성

1) 법적 근거

□ 본 사업은 「과학기술기본법」 및 동법 시행령에 근거한 '혁신도전형 연구개발사업'에 해당하며 「국토교통과학기술육성법」 등에 법적 근거를 두고 추진

[표 1-3] 스마트+빌딩 핵심기술 개발의 법적근거

법령	내용	소관부처
과학기술기본법 [시행 2024. 2. 9.] (법률 제19574호) 2023. 8. 8., 일부개정	**제11조(국가연구개발사업의 추진)** ① 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가 연구개발 사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다.	과학기술 정보통신부
	제15조의2(도전적 연구개발의 촉진) ① 정부는 과학기술혁신을 위하여 도전적 연구개발을 적극적으로 촉진・지원하여야 하고, 필요한 재원(財源)을 우선적으로 확보하기 위하여 노력하여야 한다. ② 정부는 창의적인 연구수행방식의 장려, 연구의 파급효과를 중심으로 한 선정평가 및 성과평가 등 도전적 연구개발 문화를 활성화하기 위한 시책을 수립・시행하여야 한다.	
국가전략기술 육성에 관한 특별법 [시행 2023. 9. 22.] (법률 제19236호) 2023. 3. 21., 제정	**제3조(국가와 지방자치단체 등의 책무)** ① 국가와 지방자치단체는 국가전략기술을 확보하고 경쟁력을 강화하기 위하여 연구개발 기반을 조성하고 관련 기술을 보호하기 위한 시책을 수립하며, 그 추진에 필요한 행정적・재정적 지원방안 등을 마련하여야 한다. ② 국가와 지방자치단체는 국가전략기술 육성과 관련하여 기술혁신과 신산업 창출에 지장을 초래하는 불필요한 규제를 국내외 환경 변화에 맞게 완화하거나 해소하기 위하여 노력하여야 한다.	과학기술 정보통신부
	제13조(국가전략기술 연구개발성과의 확산) ① 정부는 국가전략기술 분야의 연구개발성과가 창업 및 사업화 등으로 원활히 연계될 수 있도록 국가전략기술 분야 연구개발성과 확산시책을 추진하여야 한다.	
국가연구개발혁신법 [시행 2023. 9. 22.] (법률 제19235호)	**제1조(목적)** ① 국가연구개발사업의 추진 체제를 혁신하고 자율적이고 책임 있는 연구환경을 조성함으로써 국가혁신역량을 제고하고 국민경제의 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다.	과학기술 정보통신부
	제2장(국가연구개발사업의 추진)	
국토교통과학기술 육성법 [시행 2018. 1. 18.] (법률 제14545호)	**제8조(연구개발사업의 추진)** ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업을 할 수 있다. ② 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별・분야별 연구과제를 선정하여 다음 각 호의 기관 또는 단체 등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다.	국토교통부
	제9조(융·복합 연구개발의 추진) ① 국토교통부장관은 전문분야가 다른 기술과 경영 등을 결합하여 신기술・신제품 등을 개발하고 새로운 분야의 사업화 능력을 높이는 국토교통과학기술의 융・복합 연구개발을 추진할 수 있다.	
지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 [시행 2023. 11. 17.] (법률 제19412호)	**제1조(목적)** ① 지능형 로봇의 개발과 보급을 촉진하고 그 기반을 조성하여 지능형 로봇산업의 지속적 발전을 위한 시책을 수립·추진함으로써 국민의 삶의 질 향상과 국가경제에 이바지함을 목적으로 한다.	산업통상자원부
	제9조(지능형 로봇제품 지원시책의 수립) ① 산업통상자원부장관은 지능형로봇제품의 품질확보 및 보급·확산을 촉진하기 위하여 관련 전문인력의 양성, 로봇기술의 개발 및 사업화 촉진 등 필요한 지원시책을 수립할 수 있다.	

출처: 각 법령에서 해당 조문 발췌하여 연구진 작성

2) 국정과제 근거

□ 「윤석열정부 국정과제」에서는 6대 국정목표를 달성하기 위해 23개의 국민약속(추진전략)과 120개의 국정과제를 수립하였으며 과학기술 선도와 핵심 전략산업 육성을 추진

○ 6대 국정 목표 중 '2. 민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제, 4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래'에 해당

비전	다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라					
	⇩					
6대 국정목표	1. 상식이 회복된 반듯한 나라	2. 민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제	3. 따뜻한 동행, 모두가 행복한 사회	4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래	5. 자유, 평화, 번영에 기여하는 글로벌 중추국가	6. 대한민국 어디서나 살기 좋은 지방시대
23개 약속	약속 5. 핵심전략산업 육성으로 경제 재도약을 견인하겠습니다 약속 14. 과학기술이 선도하는 도약의 발판을 놓겠습니다					

[그림 1-5] 윤석열정부 120대 국정과제 중 본 사업 관련 내용

□ 국정과제 23. 제조업 등 주력산업 고도화로 일자리 창출 기반 마련(산업부)

○ (디지털 혁신) 디지털 기술의 접목으로 주력산업의 생산성·부가가치 혁신

- 가상 협업공장 구축, 제조현장의 로봇 개발·보급 등을 통해 생산 공정의 최적화하고 산업 데이터 플랫폼 구축과 업종별 디지털연대의 확산으로 새로운 비즈니스 모델 창 등 산업의 부가가치를 향상하는 내용을 포함
- 산업 현장에 제조·안전 로봇 1만대 보급으로 디지털 전환 선도로 고부가가치화 기대

□ 국정과제 24. 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보(산업부)

○ (4차 산업혁명) 로봇, 반도체 등 디지털 실현산업* 수요연계·R&D 강화

* 로봇·AI반도체, 전력반도체, 센서, IoT가전 등

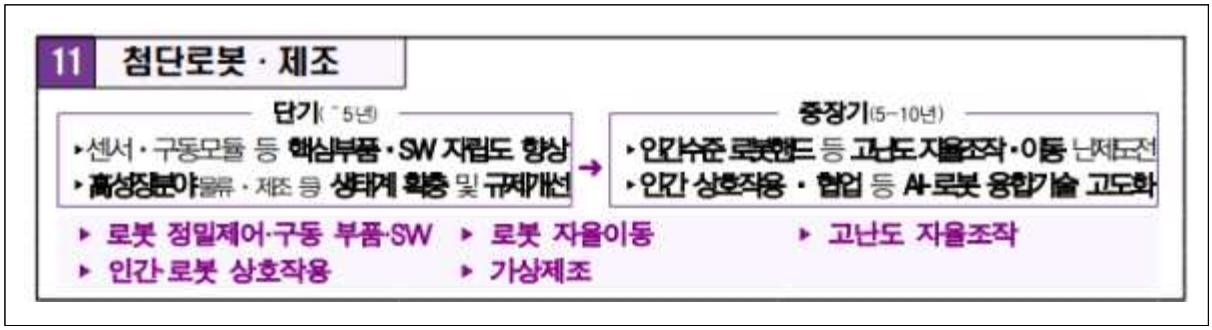
- 로봇 세계 3대 강국 도약 기대

□ 국정과제 75. 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약(과학기술정보통신부)

○ (전략기술 투자 확대) 경제성장과 안보 차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술*을 지정하여, 초격차 선도 및 대체 불가 기술 확보를 목표로 집중 육성

* 반도체·디스플레이, 이차전지, 차세대원전, 수소, 5G·6G, 바이오, 우주·항공, 양자, AI·로봇, 사이버보안 등

- 12대 국가전략기술 중 미래도전 분야에서 민관협업 기반 시장 스케일업 및 임무지향 R&D로 대체 불가 원천기술을 확보하기 위해 로봇 산업을 지정하였으며 로봇 생태계 확충 및 규제 개선의 내용을 포함



[그림 1-6] 국가전략기술 육성방안 중 동 사업 관련 내용

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 12대 국가전략기술, 대한민국 기술주권 책임진다. 10월 28일 보도자료. 붙임. 국가전략기술 육성방안 요약 등. https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?mId=113&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3182291(2023.09.07.)

3) 국가 계획

□ 제5차 과학기술 기본계획(`23~`27)

○ 「과학기술기본법」에 따라 '23년~'27년까지 5년간 국내 과학기술 혁신정책의 비전, 목표 및 방향 등을 포함하는 중장기 발전전략 제시

○ '과학기술 혁신이 선도하는 담대한 미래'를 비전으로 3개 전략 17개 추진과제 수립

- 수소를 포함한 12대 국가전략 분야를 향후 5년간 중점 육성하여 초격차 기술 확보를 목표

○ 전략 3. '과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응' 과제가 동 사업과 관련됨

- 추진과제 3-2 '디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약'의 산업 전반의 디지털 혁신 가속화 및 신규 서비스 창출과 관련
- 추진과제 3-3 '100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진'의 스마트 의료·돌봄 기기 개발 및 서비스 제공 환경 조성과 관련

[표 1-4] 「제5차 과학기술 기본계획」 중 동 사업 관련 내용

전략	추진과제
3. 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응	3-1. 탄소중립 선도 및 지속가능한 환경으로 전환
	3-2. 디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약
	3-3. 100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진
	3-4. 미래위험 대응 및 안전사회 구현
	3-5. 글로벌 공급망 재편 대응 및 선점
	3-6. 과학기술 강군 육성 및 사이버주권 수호
	3-7. 우주·해양·극지 개척을 통한 과학영토 확대

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 제5차 과학기술 기본계획. pp.156-157

□ 제2차 국토교통 과학기술 연구개발 종합계획('23~'32)

○ 국가전략산업을 포함하여 산업 전반에 근본적 변화를 가져올 대표기술을 12대 S.T.A.R 프로그램*으로 선정하여 10년간 중점 육성하는 내용을 포함

* 전략 기술과 첨단 연구(Strategic Technologies and Advanced Research)

○ (도시·건설) 스마트 도시 구현 및 건설산업의 디지털 전환

- (스마트 빌딩) UAM, 자율차, 원격케어 등 첨단 스마트 서비스가 자유롭게 구동되는 스마트 빌딩 구현 핵심기술 개발 및 실증

[그림 1-7] 국토교통 12대 S.T.A.R. 프로그램 관련 내용

출처: 국토교통부. (2023). 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(안), p.26

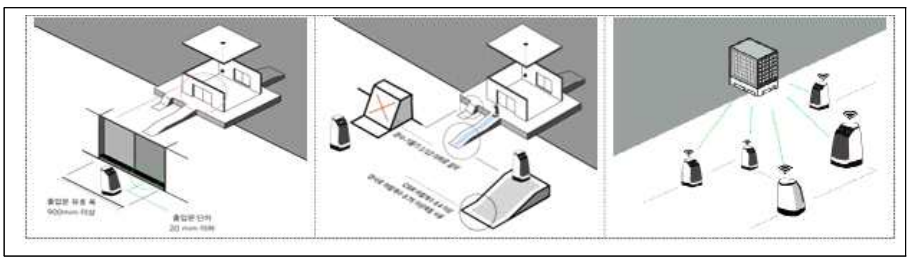
4) 부처 계획

□ 스마트+빌딩 활성화 로드맵

○ 스마트기술 친화형 건축공간 확산을 목표로 로봇, 자율주행, IoT 등 스마트 서비스 실현을 위해 필요한 건축 디자인 제안과 함께 제도개선, 선도사업, R&D를 통해 적극 지원하는 내용을 포함

○ (로봇 스케일 건축 환경 구축) 외부에서 방 안까지 로봇 배송이 이루어지거나 각종 편의 서비스를 제공하는 Last-inch 서비스 실현을 위한 건축 환경 조성

- 바퀴 구동 로봇의 이동성 확보를 위해 문턱, 경사 등 장애요소를 제거하고 충전·정비 등 로봇 활용에 특화 공간 조성하고 원활한 이동을 위한 엘리베이터·출입문 연동 체계 구축



[그림 1-8] 로봇친화형 건축 디자인 예시

출처: 국토교통부. (2023). 스마트+빌딩 활성화 로드맵, p.6

○ (건축산업 혁신을 통한 생태계 구축) 제도기반 구축 등을 통해 건축산업이 스마트기술과 융복합하여 새로운 밸류체인 조성

– 스마트+빌딩 디자인 기준 부재, 소요기간 및 사업비 증가로 인한 신사업 창출 지연 최소화를 위해 초기 시장 창출을 위한 제도적 지원 기반 조성

□ 제3차 지능형 로봇 기본계획(`19~`23)

○ 서비스분야에서 4대 유망 서비스(물류, 돌봄, 의료, 웨어러블)와 비대면 서비스 분야를 중심으로 본격적인 서비스 로봇 개발 및 보급을 추진

– 물류 상하차 로봇, 감염병 의료 폐기물처리 로봇 등 사회문제 해결을 위한 로봇을 개발하고 물류, 돌봄 등의 분야에 1,500대 이상의 서비스 로봇을 보급할 계획

* 물류(200대), 돌봄(1,200대), 웨어러블(100대), 의료(12대) 등

– 국민생활과 밀접한 거점을 대상으로 다종·다수의 로봇을 활용한 서비스로봇 융합 실증 추진 계획

* 안내·물류·순찰·청소·이동지원 로봇 등 다종·다수 로봇을 활용한 융합 실증

○ 로봇산업 생태계 강화를 위해 핵심부품 개발을 통해 로봇산업 기반을 확고히 하고, 인프라 구축과 연계하여 로봇산업의 건실한 생태계를 조성할 예정

< 제3차 지능형로봇 기본계획 주요 내용 >

비전	로봇산업 글로벌 4대강국 도약	
목표	◆ 로봇산업 시장규모 확대 ('23년까지 15조원) ◆ 1천억 이상 로봇전문기업 수 확대 ('23년까지 20개사) ◆ 제조로봇 보급 대수 확대 ('23년까지 누적 70만대)	
주요 과제	1 3대 제조업 중심 제조로봇 확대 보급	▪업종별·공정별 108개 로봇활용 모델개발 ▪표준모델당 10개 기업 컨설팅 및 실증보급 ▪제조로봇 도입 기업 중심 재직자 교육 ▪렌탈/리스 지원 및 민간중심 융자모델 전환
	2 4대 서비스 로봇분야 집중 육성	▪유망 4대 서비스 로봇 기술개발 ▪4대 서비스로봇 보급·실증→민간 확산 ▪규제개선, 해외진출 등 지원해 국내외 시장 창출
	3 로봇산업 생태계 기초체력 강화	▪차세대 핵심부품·SW 기술개발 ▪국산부품 실증·보급 촉진 ▪他산업에 로봇 융합기술을 확산해 新시장 창출

[그림 1-9] 제3차 지능형로봇 기본계획 주요 내용

출처: 관계부처 합동. (2023). 2023년 지능형 로봇 실행계획, p.1

□ 로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵

○ 로봇은 고성장이 예상되는 핵심 신사업으로 규제로 인해 성장이 위축되지 않도록 기술발전과 상용화 단계를 예측하여 로봇산업, 안전검증, 데이터 활용, 기반 구축의 내용으로 '선제적 규제 혁신 로드맵' 실행 계획을 발표

- 건설, 농업, 돌봄·재활, 재난·안전 등의 분야에 대한 로봇의 안전 기준, 로봇의 무선 통신 등 제어시스템에 대한 안전성 확인을 위한 새로운 안전 기준 제·개정
- 규제 샌드박스·규제특구 등과 연계하여 주행가능 도로 안전기준 및 규격 도출, 실증결과에 따른 제도 개선

○ 서비스로봇의 성능·안전성 인증 미흡으로 시장창출이 저해 되고 로봇 활용분야별로 별도 안전규정이 각각 존재하는 등의 규제 저촉을 규제샌드박스 및 실증으로 신사업 성장 유도

□ 첨단로봇 규제혁신 방안(2023.3 산업통상자원부)

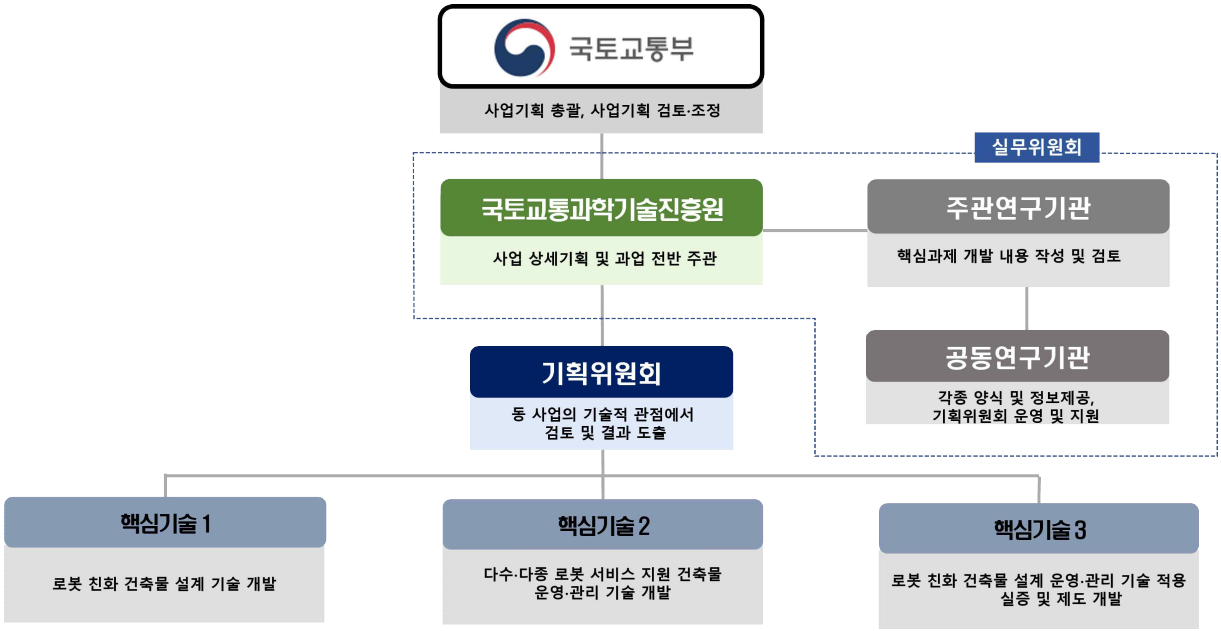
○ (로봇 친화 인프라 조성) 안전성 검증과 실증기반 구축, 생태계 조성 등 로봇 활용을 촉진하기 위한 공통영역 제도개선을 추진 및 로봇 친화형 스마트빌딩의 활성화 기반을 국토부와 산업부에서 2024년까지 마련하고, 가상환경·실환경 기반의 국가로봇테스트필드를 구축하는 등 실증기반을 확충

[그림 1-10] 첨단로봇 규제혁신 방안 관련 내용

출처: 산업통상자원부. (2023). 첨단로봇 선제적 규제혁신으로 신(新)비지니스 창출 촉진. 3월 2일 보도자료. [별첨] 첨단로봇 규제혁신 방안(산업부), p.1

○ 로봇 新비지니스 촉진을 위한 인프라 확충을 추진하며 로봇 스케일 건축환경을 구축하여 '스마트 기술 친화형 건축공간 확산'을 추진전략으로 발표

1.2 기획 추진체계



[그림 1-11] 사업기획 추진 체계
출처: 연구진 작성

○ (국토교통부) 스마트+빌딩 핵심기술 개발사업 기획에 대한 상세 기획 총괄

○ (국토교통과학기술진흥원) 주관기관을 활용하여 기획분과위원회 운영, 거시적 관점에서 기획방향을 제시하는 등 과업 전반을 주관하고 연구 관련 행정적 지원 수행

○ (주관연구기관) 사업 관련 기술적 관점에서 기획내용 작성·검토 및 기획 분과위원회 운영 등을 수행

※ 사업추진 배경 및 필요성 등에 대한 적정성 검토를 수행하며, 핵심기술 도출, 기술분류, 세부기획 등 내용 작성 보완 수행

○ (공동연구기관) 과업 수행의 전반을 위탁받아 자료의 분석, 각종 양식 및 정보제공, 기획 분과위원회 운영 지원, 용역기관과의 협업 등 사업기획의 실무적 역할 수행

※ 스마트+빌딩 핵심기술 개발사업 기획의 세부 추진전략 수립, 사업추진 필요성의 논리연계, 신규 사업의 성과목표·지표의 설정 등 사업기획 전반의 실무업무에 대한 체계적 수행

○ (기획위원회) 기술적 관점에서 사업 내용을 전문적으로 검토하여 기획 결과(안) 도출

- (간사위원) 기획위원회의 전반적인 운영을 지원하며, 사업 전체적인 방향에서 합리적인 스마트+빌딩 핵심기술 개발사업의 상세기획이 마련될 수 있도록 유도
- (기획위원) "핵심·구성기술 후보 도출" ⇨ "핵심·구성기술 선정" ⇨ "전문적 기획 수행" 등 역할 분담에 따른 핵심·구성 기술별 상세기술 개발 기획 작성 및 검토의견 제시

1.3 기획 추진절차 및 경과

1.3.1 기획 추진절차

○ 기획위원회를 구성 및 운영을 통해 추진하였으며, 실무위원회와 보고회를 상시 실시하여 관계 부처의 의견을 수렴

[표 1-5] 기획 추진절차

추진 기간	추진 내용	
2023.05.~ 07.	보고회	보고회, 실무위원회 (상시 추진)
2023.07. ~ 2023.10.	사전 준비 : 스마트+빌딩 관련 기술 수요조사, 기획위원회 구성 및 운영계획 수립	
2023.10.	사업설명회	
2023.11. ~ 2024.04.	로드맵 기획위원회, 상세 기획위원회, 자문회의 운영 * 로드맵 기획위원회 : 3개 분과 (UAM 버티포트 조성 기술 개발, 로봇 친화 건축물 조성 기술 개발, 자율주행차 특화 건축물 조성 기술 개발) ** 상세기획위원회 : 단기 핵심기술 개발 상세기획을 위한 기획위원회	

1) 사전 준비

□ 기획위원회 구성 및 추진 계획 수립

○ 실무위원회, 보고회 추진을 통해 스마트$^{+}$빌딩 핵심서비스별 기획위원회 구성

○ 기획·분과위원회 추진 일정 조율, 추진 방법 등 계획 수립

□ 스마트$^{+}$빌딩 관련 기술 수요조사 추진

○ 건축설계, 시공, 운영·관리, 정책/제도 등의 관점에서 스마트$^{+}$빌딩 중장기 기술 로드맵 수요조사를 추진하여 스마트+빌딩 핵심서비스를 도출

2) 기획위원회 운영

○ 스마트$^{+}$빌딩 핵심기술개발 로드맵 기획위원회 운영(사업설명회 포함)

- 스마트$^{+}$빌딩 핵심서비스를 도출하고 서비스에 따라 3개 분과의 기획위원회 운영, 정기 회의 진행
- 핵심서비스별 추진과제 발굴, 추진과제 세부 내용, 추진 시기 등을 논의하여 중장기 로드맵을 수립

○ 스마트$^{+}$빌딩 단기 핵심기술 개발 상세 기획위원회 운영

- 스마트+빌딩 핵심기술 개발 중장기 로드맵 기획위원회에서 도출된 로드맵을 기반으로 '로봇 친화 건축물 조성 기술 개발' 분야의 상세 기획 추진
- 로봇 친화 건축물 조성 기술 개발 분야의 중점분야를 설정하고 이에 따라 상세기획위원회를 운영하여 세부 과제 발굴 및 주요 내용, 추진 시기, 예상 성과물 등 세부 내용을 도출

3) 실무위원회, 보고회의 상시 운영

□ 실무위원회에서 기획위원회 및 분과위원회 구성, 안건 발굴, 회의 준비 등 진행

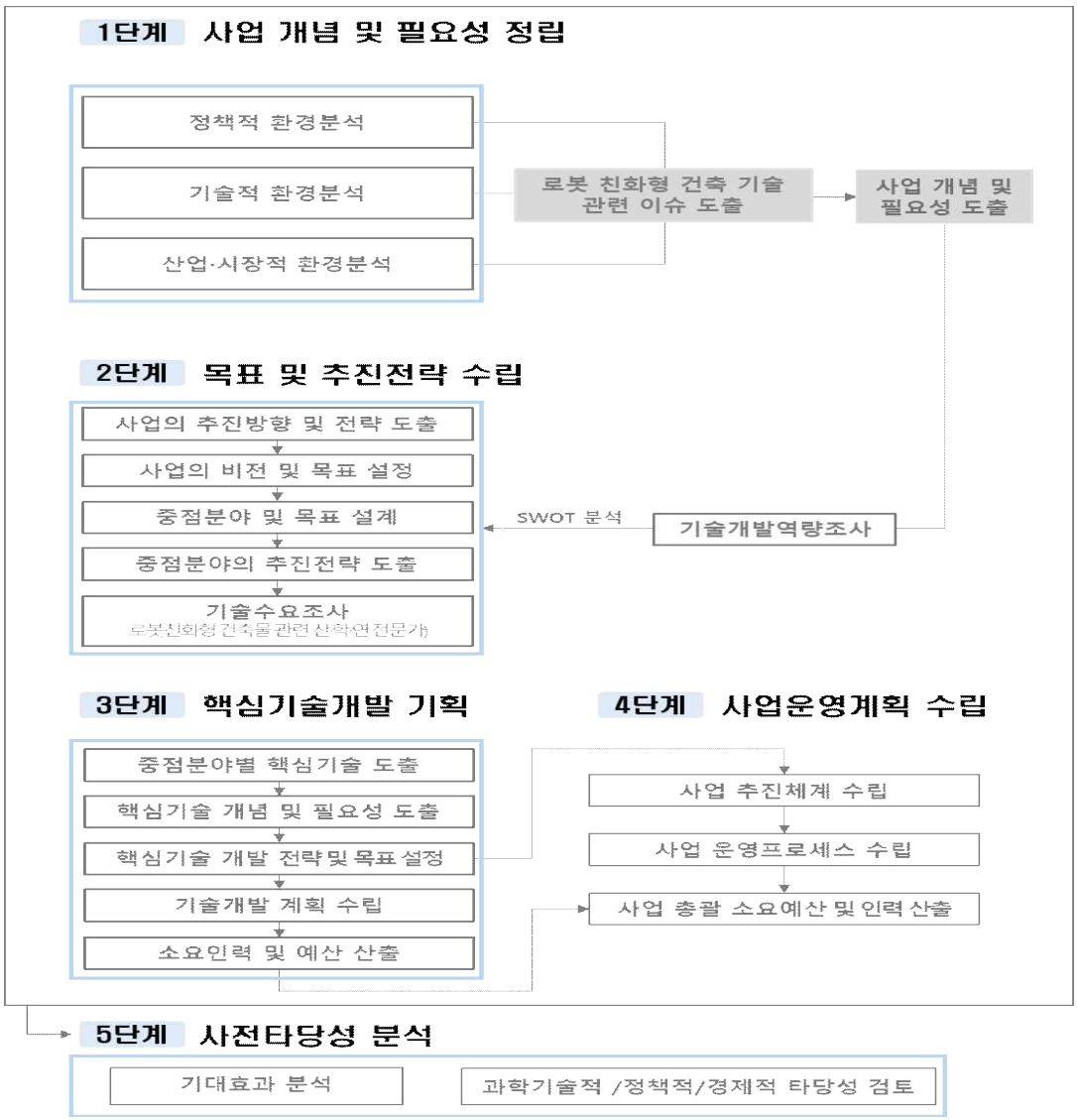
○ 실무위원회, 보고회를 통해 기획위원회 구성(안) 검토 및 확정 후 기획위원회 운영을 위한 업무 협의 진행

○ 실무위원회의 상시 회의를 통해 기획위원회 회의자료 작성, 회의 및 의견수렴 결과 정리 등 실시

□ 기획위원회 결과 검토, 향후 진행 계획, 세부 내용 등의 조정

○ 기획위원회 추진 경과 및 결과를 검토하고 핵심서비스별 도출 과제의 세부 내용의 정합성, 다른 사업/과제와의 중복성 등을 검토

○ 보고회를 통해 핵심서비스별 기술개발 로드맵의 세부 과제의 추진 시기, 예산 등을 검토 및 조정



[그림 1-12] 과제 추진 절차

1.3.2 기획연구 추진경과

○ 착수 회의(2회)

날짜	회의명	내용
2023.05.31	착수보고회의	사업의 추진계획 보고 및 본 사업의 예산 확보를 위한 주요 이슈 논의
2023.07.27	과제 보고회	사업개요, 추진근거, 연구목적, 연구기획 범위 등 예산 확보를 위한 이슈 논의

○ 수요조사(2회)

날짜	회의명	내용
2023.08.11.~ 2023.08.25	스마트+빌딩 관련 기술수요조사	스마트+빌딩 중장기 로드맵 수요조사(설계, 시공, 운영관리, 정책/제도, 기타의견 등)
2023.09.08.~2023.09.14.	기획위원 Pool 대상 기술 수요조사	중장기 기술개발 로드맵 및 단기 핵심기술 상세기획 수요조사

○ 국토부 보고회(7회)

날짜	회의명	내용
2023.08.17	기획위원회 구성 관련 회의	위원회 구성(안) 관련 자문회의 및 향후 업무 협의
2023.09.21	국토부 보고 회의	기획위원회 구성(안) 보고 및 향후 기획위 운영 관련 업무 협의
2023.10.06	국토부 보고 회의	기술체계(안) 검토 및 논의
2023.10.30	국토부 보고 회의	스마트$^{+}$빌딩 1차 로드맵 수립위원회 안건 자료 검토
2024.01.16	국토부 보고 회의	중간보고 결과 및 향후 진행계획 논의
2024.01.19	3차 로드맵 수립위원회	기술개발 로드맵 수립을 위한 3차 기획위원회 회의에 국토부 이우제 건축정책관, 이진철 건축정책과장 참석
2024.01.30	국토부 보고 회의	추진과제 중복 내용 통합 논의, 추진과제 시기 조정 논의, 추진과제 로드맵(안) 논의
2024.04.16	과기부 협의	과학기술정보통신부 융합기술과 협의
2024.04.22	국토부 보고 회의	기획방향 논의, 사업설명자료 수정 관련 업무 협의
2024.05.14	과기부 협의	과학기술정보통신부 공공에너지조정과 협의

○ KAIA 보고회 및 협의(4회)

날짜	회의명	내용
2023.10.31	기획위원회 안건 회의	스마트$^{+}$빌딩 핵심기술 개발 기획위원회 안건 회의
2023.12.11	기획위원회 안건 회의	R&D 사업 내용 중복성 검토 및 연계 방향 회의
2024.07.25	1차 과제 진행사항 협의	기획보고서 작성 진행사항 협의
2024.09.24	2차 과제 진행사항 협의	기획보고서 작성 진행사항 협의 및 로봇친화 상세기획 기술개발 내용 검토
2024.11.14	혁신네트워크	스마트+빌딩 중장기 기술개발 로드맵 혁신네트워크 진행
2024.11.21	핵심기술 개발 기획 예산 적정성 검토	로봇 친화 건축물 핵심기술 개발 기획 예산 적정성 검토 회의 수행

○ 실무위원회(11회)

날짜	회의명	내용
2023.08.03	제1차 실무위원회	KAIA 보고 결과 검토 및 향후 업무 협의
2023.08.31	제2차 실무위원회	수요자 의견조사 결과 보고
2023.09.18	제3차 실무위원회	수요처 의견수렴 결과 회의
2023.10.25	제4차 실무위원회	스마트+빌딩 R&D 기획위원회 운영 준비 관련 업무 협의
2023.11.17	제5차 실무위원회	스마트+빌딩 기획위원회 운영 업무 협의 개최
2023.12.21	제6차 실무위원회	분과별 과제카드 검토 및 향후 업무 협의
2024.01.25	제7차 실무위원회	추진과제명 조정, 추진과제 중복 내용 통합 논의, 추진과제 시기 조정 논의, 추진과제 로드맵(안) 논의
2024.02.07	제8차 실무위원회	사업설명회 자료 작성 관련 업무 협의
2024.02.20	제9차 실무위원회	사업설명서 자료 수정 및 병원 서비스로봇 사례조사 관련 논의
2024.03.11	제10차 실무위원회	사업설명자료, 기획보고서 수정 및 국가 로봇 지원 사항 관련 논의
2024.04.04	제11차 실무위원회	사업설명자료, 기획보고서 수정 및 예산계획 관련 논의

○ 핵심기술별 분과위원회 (13회)

날짜	회의명	내용
2023.08.01.~ 2023.10.06	기획위원회 구성	3대 분야에 부합되는 기획위원회 구성(안) 마련
2023.10.11.~2023.10.12.	사업설명회	본 기획과제 기획방향 정립 및 범위 설정
2023.11.14.~2023.11.15	1차 로드맵 수립위원회	핵심서비스별 추진과제 논의 및 발굴
2023.12.01.~2023.12.04	2차 로드맵 수립위원회	추진과제 수정 및 보완
2024.01.19	3차 로드맵 수립위원회	추진과제 도출
2024.02.15	1차 기획위원회의 개최	기술체계도 구성(안) 검토 및 확정, 기획기술 작성 역할분담 확정, 핵심기술별 성과목표 검토
2024.02.27.~2024.03.03	1차 기획위원회 서면자료 작성 요청	세부구성기술에 대한 개요, 연차별 계획(안) 작성
2024.03.13.~ 2024.03.17.	실증 관련 서면자료 작성 요청	(핵심기술1,2 각 분의야 전문가 중, 실증 담당자) 로봇 서비스 적용 및 실증, 건축물 운영관리 체계 및 인증제도 관련 내용 작성
2024.03.13.~ 2024.03.17.	플랫폼 관련 서면자료 작성 요청	(한림대 병원 로봇 관제플랫폼 담당자) 관제 플랫폼의 현 문제점과 개선방안에 대한 내용 작성
2024.03.15.~ 2024.03.20	2차 기획위원회 서면자료 작성 요청	세부구성기술에 대한 기본개념, 기술범위, 기술 동향, 기대 및 파급효과 작성
2024.10.02	기술개발 과제 상세 내용 검토 회의	1차 기획위원 및 KAIA 대상 기술개발 과제 상세 내용 검토 회의 진행
2024.10.11	기술개발 과제 상세 내용 검토 회의	2차 기획위원 및 KAIA 대상 기술개발 과제 상세 내용 검토 회의 진행
2024.11.18	예산 적정성 검토 회의	핵심기술별 예산 적정성 검토 및 조정 회의

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2.1 기획의 범위

2.1.1 기획 범위

1) 기획 범위 설정 절차[4)]

□ 문제 정의 및 목표 설정 : 건축물에서 로봇 운용상 나타나는 문제점을 확인하고 기획을 통해 달성하고자 하는 목표를 설정

○ 현재 건축물 내에서 로봇을 운용하는 과정에서 나타나는 문제점 및 한계점을 확인

- 건축물에서 로봇의 이동, 다양한 작업 수행, 인간과의 상호작용 등이 이루어지면서 문제점과 한계점을 확인
  - · 건축물에서 로봇이 이동하는 공간이 제한적이고 공간 내 장애물, 통신 연결 장애, 시설물(문, 계단 등)로 인하여 로봇의 이동에 제약이 발생
  - · 작업을 수행하거나 이동 시 사람과 로봇이 함께 공간을 사용하면서 충돌이나 안전문제가 발생할 수 있음
  - · 로봇의 운용을 위하여 필요한 시설(충전, 유지·보수, 보관, 대기 등)을 갖추기 위한 별도의 공간이 추가적으로 요구되며, 해당 공간과 사람의 동선이 겹치는 경우 불편함을 초래하기도 함

○ 문제점을 개선하기 위한 기술 개발의 방향과 목표를 설정

- 건축물 이용자의 안전과 이동 편의를 보장하면서 로봇 서비스를 고도화 할 수 있는 로봇 친화적인 인프라 조성이 필요
- 기술 개발을 통하여 로봇의 이동과 작업이 자유롭고 안전하게 이루어 질 수 있도록 최적화된 공간을 도출할 수 있도록 지원할 수 있어야 하며, 로봇과 건축물의 상호작용을 통하여 원활하게 로봇이 건축물과 연동될 수 있도록 지원할 수 있어야 함
- 또한, 기술 개발을 통하여 건축물에서 로봇의 유지, 관리 등을 지원함으로써 지속적이고 효율적인 운영을 지원할 수 있어야 함
- 궁극적으로 로봇과 인간의 안전한 상호작용이 가능한 공간과 원활한 로봇 운영이 가능한 건축 공간의 조성이 요구됨

□ 목표 달성 및 로봇 친화형 건축물 구현을 위하여 필요한 기술 검토 및 범위(중점 분야) 설정

- 로봇의 안전하고 원활한 이동에 적합한 건축물을 조성하기 위하여 건축 설계단계부터 최적의 공간 구성 및 설계안의 도출, 설비 기준 및 건축 요소의 요건 등이 필요
- 다양한 로봇과 인간의 상호작용 행태를 분석하고 예측하여, 자연스러운 상호작용이 가능한 동선 및 공간 구성의 최적 설계/계획안 도출이 필요
- 로봇 친화형 건축물로서 건축물의 유형, 규모, 신축 여부, 로봇의 운용 대수, 제조사 등에 따

4) 기획의 범위 설정은 기획위원회 의견 수렴, 실무위원회, 보고회를 통하여 진행

라 달라질 수 있는 요건을 종합적으로 고려한 최적의 설계안 도출 기술 필요

- 건축물과 로봇의 실시간 연동을 지원할 수 있는 기술(관제시스템, 건축물 유지관리시스템, 건축물 설비 등의 연계·통합) 필요

2) 기획 범위

□ 건축물 이용자 안전 및 이동편의 보장을 위한 자율주행 로봇 서비스 고도화 지원 건축물 설계 및 운영·관리 기술의 개발과 기술의 검증*을 포함

* 다수 이용자로 혼잡도가 높은 대규모 교통환승시설(고속버스터미널), 상급 종합병원 대상

□ 로봇 친화적 건축물의 설계 기술 및 기준

○ 로봇의 원활한 이동과 작업이 가능한 공간을 설계하는 효율적인 방법(기술)을 개발하고 로봇 운용을 고려한 최적화된 건축 요소의 요건의 마련

○ 건축물과 로봇의 성능에 맞춘 건축물 조성을 위한 최적의 공간 검토 및 도출 기술 마련

- ① 인간-로봇 에이전트 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 최적공간 설계 자동화 솔루션 개발·실증 및 상호작용 시뮬레이션 연계 게이트, 엘리베이터, 방화문 턱, 문, 통로와 동선에 대한 설계 및 실험을 통한 설계 기술 개발

□ 로봇 친화적 건축물의 로봇-건축물 연동 기술

○ 로봇과 건축물의 실시간 상호작용을 원활하게 하여 상황 대응, 데이터 공유, 로봇 작업의 자동화 및 자율성 등을 강화하기 위한 로봇과 건축물 연계 기술 개발

- ② 로봇 관제효율화를 높이고 로봇 수집정보 활용을 위한 건축물 내외부 공간정보 및 운영·관리시스템 기술 개발

□ 로봇 친화적 건축물 실증 및 확산을 위한 제도적 대응

○ 로봇 운용의 확산과 로봇 친화적 건축물의 기준, 관련 기술의 검증과 신뢰성을 보장하기 위하여 표준화된 가이드라인으로서 인증제도 등을 마련

- ③ 인간-로봇 공존 최적화 설계 S/W와 운영·관리 시스템 적용 건축물 리모델링 및 혼잡 환경에서의 로봇서비스 성능 실증과 확산을 위한 국가인증 개발

2.1.2 주요 용어 및 개념

□ 다중이용시설

○ 불특정 다수인이 이용하는 영업시설로 화재나 재난 발생 시 생명, 재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 것으로서 「실내공기질 관리법」이 정하는 시설

[표 2-1] 다중이용시설 구분 및 적용대상

구분	적용대상
지하역사	모든 지하역사(출입통로·대합실·승강장 및 환승통로와 이에 딸린 시설을 포함)
지하도상가	연면적 2,000㎡ 이상(지상건물에 딸린 지하층의 시설을 포함), 이 경우 연속되어 있는 둘이상의 지하도상가의 연면적 합계가 2,000㎡ 이상인 경우를 포함
철도역사의 대합실	연면적 2,000㎡ 이상
여객자동차터미널의 대합실	연면적 2,000㎡ 이상
항만시설 중 대합실	연면적 5,000㎡ 이상
공항시설 중 여객터미널	연면적 1,500㎡ 이상
도서관	연면적 3,000㎡ 이상
박물관 및 미술관	연면적 3,000㎡ 이상
의료기관	연면적 2,000㎡ 이상이거나 병상 수 100개 이상
산후조리원	연면적 500㎡ 이상
노인요양시설	연면적 1,000㎡ 이상인 노인요양시설
어린이집 중 국·공립어린이집, 법인 어린이집, 직장어린이집 및 민간 어린이집	연면적 430㎡ 이상인 국·공립어린이집, 법인 어린이집, 직장어린이집 및 민간 어린이집
대규모 점포	모든 대규모점포
장례식장	연면적 1,000㎡ 이상(지하에 위치한 시설로 한정)
영화상영관	모든 영화상영관(실내 영화상영관으로 한정)
학원	연면적 1,000㎡ 이상
전시시설	연면적 2,000㎡ 이상(옥내시설로 한정)
인터넷컴퓨터게임시설제공업의 영업시설	연면적 300㎡ 이상
실내주차장	연면적 2,000㎡ 이상(기계식 주차장 제외)
「건축법」 제2조제2항14호에 따른 업무시설	연면적 3,000㎡ 이상
「건축법」 제2조제2항에 따라 구분된 용도 중 둘 이상의 용도에 사용되는 건축물	연면적 2,000㎡ 이상
공연장 중 실내 공연장	객석 수 1천석 이상
체육시설 중 실내 체육시설	관람석 수 1천석 이상
목욕장업의 영업시설	연면적 1,000㎡ 이상인 목욕장업의 영업시설
아파트, 연립주택, 기숙사	100세대 이상으로 신축

출처: 「실내공기질 관리법」(법률 제19720호) 제3조(적용대상) 및 동법 시행령(대통령령 제31290호) 제2조(적용대상) 내용 발췌하여 정리

□ 로봇 친화형 건축물

○ 건축물 내·외부에서 이용할 로봇의 기술 수준을 지원하는 인프라를 갖춘 건축물로서 중앙 통제 시스템이 정해진 규칙에 따라 모든 로봇의 임무를 관장해 건축물 내·외부를 쾌적하고 안전하게 관리 하며 인간의 활동을 지원하는 기능을 포함하는 건축물

- 건축물의 로봇 기술 지원 인프라 구축 여부는 이용하는 로봇 기술 수준에 따라 달라질 수 있기 때문에 본 연구에서는 설계 관점(구조 및 인테리어)의 인프라를 가장 기초적인 수준으로 간주하고 기술 발전에 따른 로봇의 변화를 모두 수용할 수 있는지에 대한 것을 고차원적인 확장성과 지속가능성의 수준으로 간주

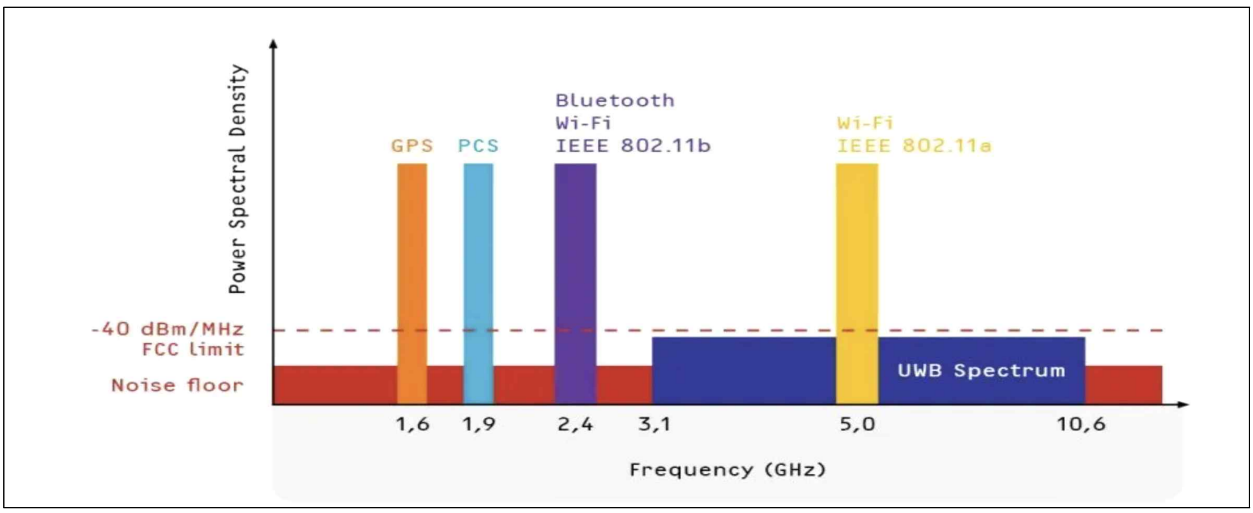
□ 실내외 공간지도 구축을 위한 주요 개념

○ 측위 (Positioning, 위치 결정)

- (주로 이동체의) 특정 위치를 결정하는 것

○ 초광대역(Ultra wideband, UWB)

- 초광대역 기술은 고주파수에서 전파를 통해 작동하는 단거리 무선 통신 프로토콜로서 매우 정밀한 공간 인식과 방향성이 특징으로, 모바일 기기가 주변 환경을 잘 인지할 수 있도록 작동함
- UWB를 통해 다양한 기기들이 인텔리전트하게 연결돼, 안전한 원격 결제부터 리모컨의 위치 찾기까지 다양한 기능을 수행할 수 있으며 또한 넓은 면적의 공간에서 정확한 탐색이 가능하기 때문에 스마트폰을 이용해 공항에서 음식점을 찾거나 주차된 자동차 위치를 파악이 가능
- UWB는 기존 기술에 비하여 큰 폭으로 소비전력을 낮출 수 있고, 반송파를 사용하지 않아 기저대역에서 통신이 이루어지므로 송수신기에 구조가 간단해져 낮은 비용으로 송수신기를 제작할 수 있다는 큰 장점이 있어 건축물 등의 넓은 범위에 많은 송수신기를 설치하는 것도 가능



[그림 2-1] 초광대역 기술(UWB)

출처: M.K, Indoor Localization Techniques Based On UWB Technology, Youssef Ibnatta, 2021

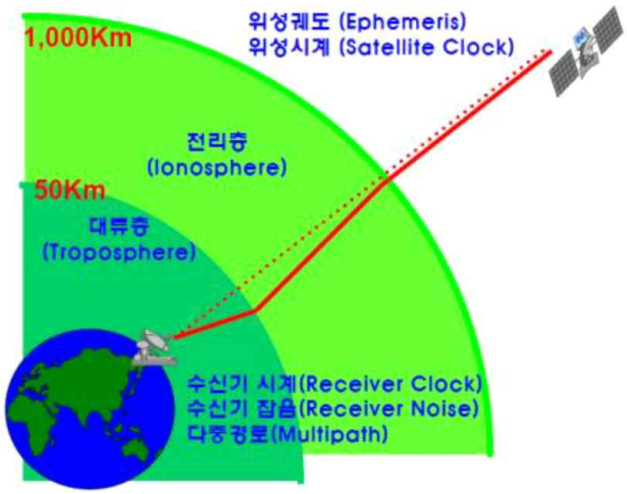
○ POI(Point of interest)[5]

- 특정인이 관심을 가지는 현실 세계 또는 지도나 도면상의 특정위치를 POI라고 하며 또한 차량 운전자가 쉽게 목표 지점을 찾을 수 있도록 제공하는 도로 주변 건물의 위치 정보 등이 일반적인 POI의 예시로, 본 사업에서는 실내 POI로서 건물내에 특정위치를 구축하는 것이 목적
- POI는 (1) 주요 시설물, 역, 공항, 터미널, 호텔 등을 좌표로 전자 수치 지도에 표시하는 데이터, (2) 목적지 검색에 사용되는 검색 데이터 및 (3) 바탕 화면에 표시만 되는 바탕 데이터로 구분이 가능

○ 실외 - GNSS(Global Navigation Satellite System) 측위[6]

- 위성의 궤도정보와 수신된 신호의 도달 시각차를 측정하여 삼각 측량 방법으로 위치결정하는 측위 방법

* 우리가 널리 알고 있는 GPS(Global Positioning System, 위성위치 측정 시스템)는 미국에서 1970년대초 특정 대상체의 위치를 정확하게 측정하기 위해 만든 군사 목적의 시스템으로 현재는 미국을 비롯해 각국에서 운영중이며 군사 목적뿐만 아니라 민간에게도 개방돼 유용하게 널리 사용중, 이러한 각국의 위성측위시스템들을 통칭해 GNSS 이라고 하며 대표적인 예로 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS 등이 있음



- 종류 : GPS, KPS, GLONASS, GALILEO, QZSS, BeiDou (COMPASS), …
- 측위 오차 : 위성 궤도 오차, 전파 경로 오차, 수신기 환경 오차 등
- 정확도를 높이기 위해 보정정보(RTK) 등을 활용

[그림 2-2] GNSS 측위 방법

□ 건물 관리 시스템(Building Management System, BMS)

○ 빌딩 자동 제어 시스템은 난방, 환기, 공조(HVAC), 조명, 보안 등 건물의 다양한 시스템을 제어하기 위해 센서, 컨트롤러, 소프트웨어를 사용하며, 이러한 시스템을 자동으로 운전하고 모니터링하며 최적의 성능과 에너지 효율성을 제공하는 시스템

5) 출처 : [네이버 지식백과] POI [Point of Interest] - 관심지점 (지형 공간정보체계 용어사전, 2016. 1. 3., 이강원, 손호웅)
6) 출처 : [네이버 지식백과] GNSS (항공우주 과학교육, 한국항공우주연구원)

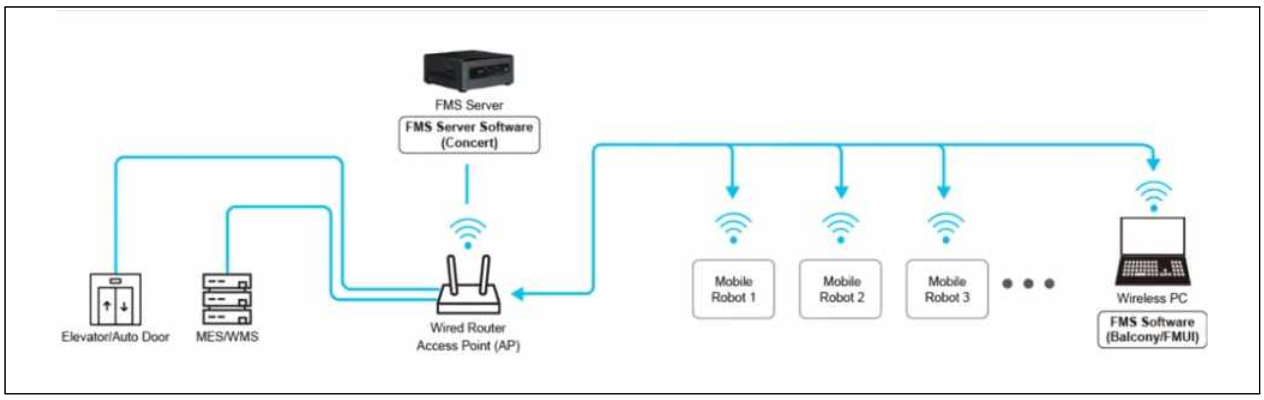
[표 2-2] 건물관리시스템(BMS) 기능 및 효과

건물 관리 시스템의 기능	효과
정해진 스케줄에 따라 장비를 자동으로 켜고 끄는 등 제어 전략 자동화	빌딩 사용 에너지 절감
건물에 대한 주요 정보 열람 기능	빌딩 운영성 향상 (빌딩 모니터링)
건물의 주요 설비 제어 기능	빌딩 운영성 향상 (설비 원격 제어)
건물내 각종 이벤트 감시 및 추적	빌딩 관리 향상 (리포팅 및 추적 관리)
각종 건물내 센서 정보에 대한 이력 데이터 유지	
센서값이 정상 범위를 벗어날 경우 건물 관리자에게 경고 알람	빌딩 운영성 향상 (문제에 대한 빠른 대처)

출처: LG전자 홈페이지 내용 중 발췌

□ 로봇 관제 시스템(Fleet Management System, FMS)

○ 다층 빌딩에서 서비스 로봇의 운영을 관리하고, GUI를 통해 예약된 작업을 최적의 로봇에게 업무할당을 지원하며, 운행 중 교착 상태와 병목 현상을 방지할 뿐 아니라 다른 IoT 시스템(MES, ERP 등)과 연결하여 필요에 따라 운영범위를 확장이 가능한 중앙 집중식 다중 로봇 관리 시스템



[그림 2-3] 로봇관제시스템(FMS) 개념

출처: 유진로봇 홈페이지. (2023). https://yujinrobot.com/resource/blog/why-your-autonomous-mobile-robots-need-fleet-management(검색일 : 2024.12.27.)

2.2 국내외 환경 분석

2.2.1 정책적 환경 분석

1) 국외

□ (미국) 제조업 부흥을 위해 '첨단 제조 파트너쉽(Advanced Manufacturin Partnership)'을 발표하고 협동로봇, 로봇 융합 기술 개발 등을 추진

○ 로보틱스 로드맵(A Roadmap for U.S. Robotics: From Internet to Robotics)은 로봇 연구개발 방향을 제시하고 국가로봇계획(National Robotics Initiative, NRI)은 로봇 기술 연구를 지원

- 로보틱스 로드맵은 민간 전문가들이 수립하며 지속적 개정을 통해 환경 변화에 부합하는 로봇 산업 비전과 과제를 제시

> • 1차 로보틱스 로드맵('09)은 국가로봇계획(NRI) 1.0의 근간을 마련, 2차 로보틱스 로드맵('13)은 로봇을 핵심 경제 조력자(Enabler)로 정의
> • 3차 로보틱스 로드맵('16)은 자율주행차, 보건 및 가정용 로봇, 제조, 산업용 인터넷 및 사물 인터넷의 사이버 보안기술 강화, 인력 양성 등의 내용을 포함
> • 4차 로보틱스 로드맵('20)은 재료/통합, 센서/계획 및 제어 방법 연구와 멀티 로봇의 조화, 상황인지 성능 향상, 신기술 활용을 위한 인력 훈련 등을 포함

- 오바마 대통령이 발표한 첨단 제조 파트너쉽('11)의 중요한 부분이 국가로봇계획(NRI)이며, NRI 1.0('11)과 NRI 2.0('16)은 협동로봇, NRI 3.0('20)은 로봇기술 융합을 강조

> • NRI 1.0은 국립과학재단 등의 공공기관 주도, NRI 2.0은 학계, 산업계, 기업간 협력을 권장했으며 '22년 종료된 NRI는 12년간 300개 이상 프로젝트에 2.5억 달러 이상을 지원
> • NRI 3.0 종료 후 국립 과학재단은 로봇공학기초연구(Foundational Research in Robotics) 프로그램을 통해 기존 NRI가 지원한 로봇 기초 연구를 지원

○ Manufacturing USA는 미국 제조업의 경쟁력 제고를 위한 공공-민간 네트워크로 ARM(Advanced Robotics For Manufacturing) 등을 통해 스마트 생산 연구 추진

- ARM은 항공우주, 자동차, 전기, 섬유산업 등의 로봇 사용 확대를 유도하기 위해 기술 상용화 단계의 연구, 정부-기업-학계의 커뮤니케이션, 로봇 관련 전문인력 육성을 지원
- ARM의 2020년 상반기의 지원 예산은 5천만 달러이며 과제당 신청 가능 예산은 최대 50만 달러 규모

○ 보스톤, 피츠버그, 실리콘밸리는 정부, 대학, 기업이 협력하여 로봇 클러스터를 조성

- 메사추세츠주 보스톤은 MIT 등 대학교의 로봇 연구가 활발하며 로봇 사업화를 위한 고객 수요조사 및 테스트를 지원, 시제품 제작 시 로봇 제조사와 연결 등을 통해 창업을 지원

> • 초기에는 미국 국방부의 R&D 지원, 대학의 인력 양성, 대학 로봇연구소 등의 활발한 창업이 이루어 졌으며 이후 VC 등의 참여 등으로 로봇 클러스터가 활성화됨

- 펜실베니아주 피츠버그는 미국 최초로 로봇 전공학부를 개설한 카네기멜론대학교를 중심으로

로봇 연구가 활발하며 주정부 지원 하에 기술의 사업화 등을 지원

- 상용화 가능한 기술개발과 창업을 지원하며, 주정부가 조성한 Ben Franklin Technology Partners를 통해 초기 단계기술기반 기업 등에 자금 등을 지원

– 보스톤, 피츠버그, 실리콘밸리는 미국 로봇 클러스터 연합(USARC, The United States Alliance of Robotics Clusters)을 결성하고 미국 로봇 클러스터 간 협업 강화, 로봇과 AI에 대한 투자 확대, 로봇 스타트업 지원 등을 추진

□ (일본) '로봇 신전략' 하에 사회문제 해결을 목표로 로봇 관련 규제개혁, 기술개발, 로봇 보급, 시스템 통합(SI) 기업 및 인력육성 등을 지원

○ 2015년 발표한 '로봇 신전략'은 아베노믹스의 성장 전략에 따라 일본이 직면한 고령화, 재해 등의 사회 문제 해결을 위해 로봇산업 육성을 추진

– 세계 로봇 이노베이션 허브로 성장, 세계 최고의 로봇 활용 사회 구현, 사물인터넷 시대 로봇으로 세계시장 선도를 목표로 수립하고 2020년까지 총 1,000억엔 투자 계획

- 2020년까지 제조업 조립공정의 로봇 보급률을 대기업은 25%, 중소기업은 10%, 서비스산업은 30%를 달성을 추진
- ①산업용 로봇, ②서비스 로봇, ③간호와 의료, ④인프라·재난 대응 및 건설, ⑤농업·임업·어업·식품 분야의 실행계획을 수립

– 경제산업성은 로봇관련 전략 추진 모체로 '로봇 혁명 이니셔티브 협의회(RRI)'를 설립

- 산업계, 학계, 정부 등이 참여하며 IoT에 의한 생산 시스템 개혁, 로봇 활용 추진, 로봇 이노베이션 등의 분야에 워킹그룹을 구성하고 표준화 등을 추진

○ 2019년에는 '로봇에 의한 사회 변혁 추진 계획'을 수립하고 시스템통합(SI) 기업 육성, 산학협력 강화를 통한 인재 육성 및 기술 고도화, 오픈 이노베이션 등을 추진

– 경제산업성은 로봇 관련 기업, 대학, 연구소 등이 기초 및 응용 연구를 공동으로 진행할 수 있는 프로젝트를 공모하고 이들에 의한 법인 형태의 기술연구조합(Collaborative Innovation Partnership) 설립을 지원

□ (중국) '중국 제조 2025'의 핵심분야로 로봇을 선정하였으며 로봇산업 발전계획(2016~2020) 등을 통해 로봇 산업을 육성

○ 2015년 '중국제조 2025'의 10대 육성산업 중 하나로 로봇을 포함

– 중국은 낮은 인건비로 세계의 공장 역할을 담당했으나 인건비 상승으로 제조 경쟁력이 하락하자 이를 타개하기 위해 로봇 산업에 주목

○ 로봇산업 발전계획(`16~`20)은 중점 로봇 제품 10개*, 중점 부품 5개**, R&D 강화시책***등을 포함

* 용접 로봇, 협동로봇, Heavy Duty(중량급) AGV, 수술용 로봇, 화재구조 로봇, 간병 로봇 등

** 정밀 감속기, 고성능 로봇 전용 서버 보터 및 드라이버, 고속 성능 컨트롤러, 센서, 엔드 이펙터

*** 공통기술 기초연구강화, 로봇혁신 플랫폼 확립 및 개선, 로봇 표준화 제도 구축 및 강화, 로봇 인증제도 구축 및 강화 추진

- 2020년까지 중국 브랜드 산업용 로봇 연간 생산량 10만대 달성, 서비스 로봇 연간 매출액 300억 위안 이상 달성을 목표로 수립
- 재정 지원확대, 자금 지원 확대 인적 역량 강화, 국제교육 및 협력 확대 등을 추진

○ 2017년에는 차세대 인공지능산업 발전 추진 3년 행동계획(`18~`20)을 통해 서비스 로봇 육성을 본격화

- 2020년까지 가정용 서비스 로봇과 지능형 공공서비스 로봇의 대량 생산 및 활용 등의 계획을 발표

○ 2021년 `14차 5개년 로봇산업 발전계획(`21~`25)을 발표하고 2035년까지 육성이 시급한 8대 전략적 신흥사업 중 하나로 로봇산업을 지정

- 2025년까지 로봇산업 매출액 연평균 20% 성장, 국제경쟁력을 확보한 선도기업 및 혁신 역량을 보유한 강소 기업 육성 등을 목표로 수립
- 로봇 핵심기술에서 국제 선도국 수준에 도달하고 핵심 부품 성능과 신뢰성이 국제 동류 제품 중 선두 수준에 도달 목표

• 중국은 세계 최대 산업용 로봇 시장이나 핵심부품은 수입 의존도가 높고, 로봇 내수 시장은 외국계기업 점유율이 70% 이상

- 중국은 3~5개의 글로벌 영향력을 갖춘 산업 클러스터 조성 추진

• 상해, 북경 등 주요 지방정부는 로봇산업 지원 정책을 수립, 로봇 클러스터를 조성하고 창업 환경 조성, 로봇 도입 보조금, 세제 우대 등을 지원*

* 지역생산 로봇 구입(또는 리스)시 1대당 20% 이내 보조금 지급, 입주기업에 시설 투자금 10% 환급, 매출의 15%에 이르는 보조금 등을 지급

출처 : 로봇산업 동향 및 성장전략, (한국수출입은행 이슈보고서, 2022.09.)

[표 2-3] 중국의 로봇 산업발전계획의 주요내용과 지원 시책

구분		내용
주요내용	10대 핵심 로봇 분야 육성	용접, 진공 청소, 코딩, 협업(Collaborative)로봇, 로봇 팔, 이송 로봇(AGV), 소방·구조, 수술, 공공서비스, 간병 등 10대 핵심 분야 로봇 발전 촉진
	핵심 부품 발전 촉진	고정밀 감속기, 고성능 서브 모터 및 드라이버, 제어장치, 센서, 엑추에이터 등 5대 핵심 부품 발전 촉진
	산업 기초 능력 강화	로봇 기반 기술(Generic Technology) 연구 및 표준화 시스템 구축, 로봇 혁신 센터 및 국가 로봇 테스트·평가 센터 설립
	응용 분야 확대	조업의 중요 영역을 중심으로 시범 활용 확산뿐만 아니라 재난·재해 구조, 의료·재활 분야와의 응용 확대, 로봇 시스템 통합 업체와 종합 솔루션 서비스 업체 육성
	핵심 기업 육성	인터넷 기업과 전통 로봇 기업 간의 융합 촉진, 중소기업 대상 로봇 보급 확대 추진

구분		내용
정책적 지원 시책	통일적 계획 및 자원통합 강화	다양한 부서의 자원과 역량을 결집시켜 지역 산업 정책에 대한 지도 강화 및 생산요소 결집
	재정적 지원 확대	로봇 및 관련 핵심 부품의 연구개발, 산업화 지원을 위한 다양한 정책 수단 활용
	투자 및 자금 경로 확대	조건에 부합하는 로봇 기업의 금융, 인수합병 지원 금융기관이 로봇산업의 특성에 맞는 상품과 업무를 만들 수 있도록 안내 로봇 임대 모델 보급
	우호적 시장환경 조성	산업용 로봇산업의 표준화된 규범 제정 및 신뢰할 수 있는 로봇 인증 시스템 개발
	인적 역량 강화	로봇 산업 인재육성을 위한 직업 훈련 및 전문학과 신설 등을 통한 로봇 교육 강화
	국제 교류·협력 확대	정부, 기업 등의 다양한 경로를 통해 기술, 표준, 지적재산권, 품질 인증 등 다방면의 국제적 교류·협력 체계 구축

출처: 산업연구원. (2021). 중국 산업용 로봇산업의 발전전략과 대응방안. KEI 산업경제. p.34 발췌하여 작성

□ (EU) 로봇을 차세대 핵심 전략산업으로 선정하고 연구기금 지원제도 Horizon 2020(`14~`20), Horizon Europe(`21~`27)을 중심으로 민관협력을 통한 로봇 기술 개발을 지원

○ Horizon2020에 의해 로봇공학에 지원되는 민관협력 프로그램인 SPARC (Partnership for Robotics in Europe)을 통해 2014년~2020년에 약 28억 유로 지원 추진

- 로봇산업 경쟁우위를 유지하기 위해 로봇산업에 대한 전략연구 범위와 로드맵을 발표하고 인력 양성, 플랫폼 표준화 등을 추진

○ Horizon2020의 후속사업인 Horizon Europe(`21~`27)은 SPARC에 이어 ADRA(AI, Data and Robotics Association)을 통해 협력 예정

- AI와 로보틱스에 민관이 26억 유로를 투자하여 기술혁신을 주도할 계획이며 스마트 제조를 위한 AI 로보틱스 시스템, 로봇 인지능력 향상 등을 선정

○ 독일, 영국 등 주요국도 로봇산업 지원 정책을 수립

- (독일) 산업부문의 디지털 혁신을 위해 PAiCE(Platforms, Additive Manufacturing, Imaging, Communication, Engineering)프로그램을 통해 2026년까지 5년간 5,000만 유로의 예산 투입 계획[7)]

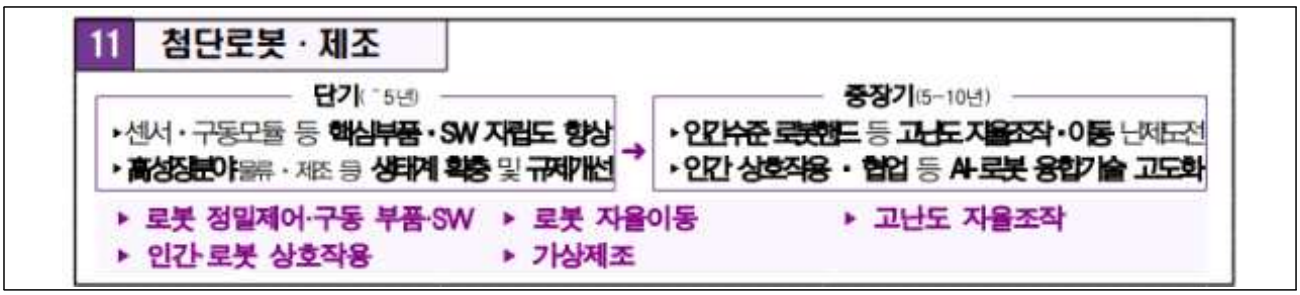
- (영국) 2021년까지 산업전략기금(Industrial Strategy Challenge Fund)은 극한 환경에 적용 가능한 로봇, AI 프로젝트에 1.1억 파운드 지원[8)]

7) 로봇산업 동향 및 성장전략, (한국수출입은행 이슈보고서, 2022.09.)
8) 로봇산업 동향 및 성장전략, (한국수출입은행 이슈보고서, 2022.09.)

2) 국내

□ 정부는 혁신성장 동력을 창출하고 미래전략사업을 육성하기 위해 각 부처가 연합해 디지털 전환 선도로 고부가가치 시대로의 본격적인 전환대책을 추진

○ 윤석열 정부는 경제성장과 안보차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술을 지정하여 초격차 선도 및 대체 불가 기술 확보를 목표로 집중육성 할 것을 「120대 국정과제」로 선정[9)]

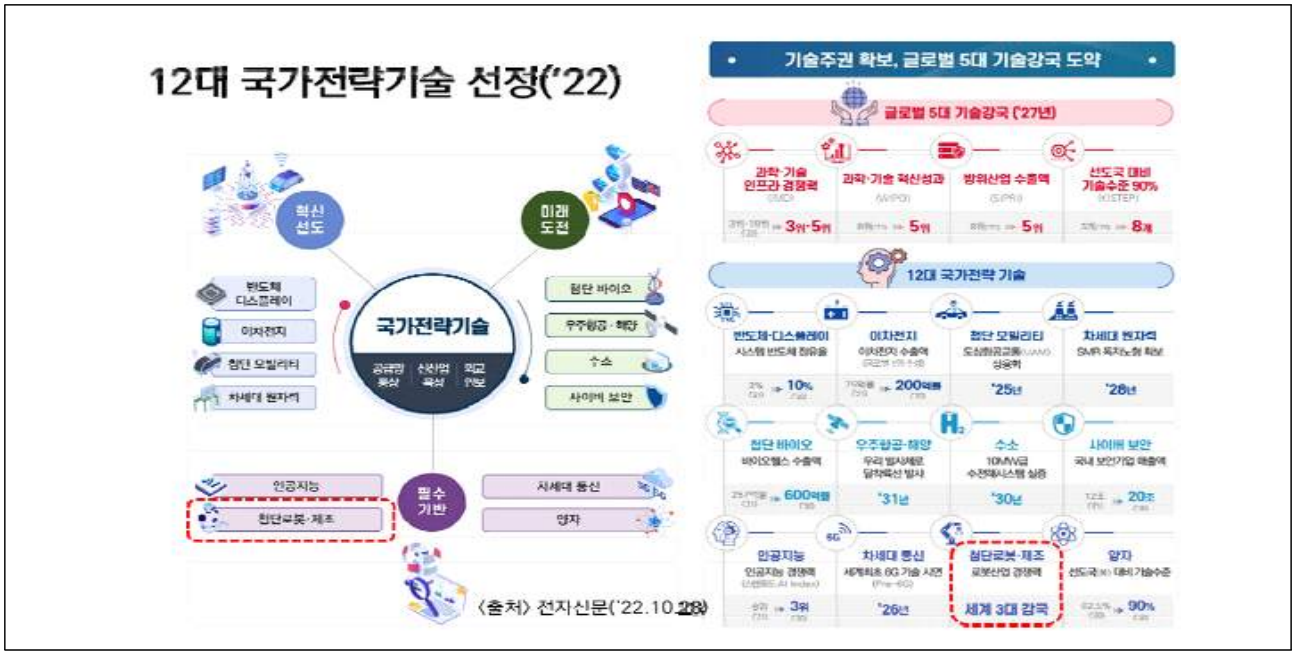


[그림 2-4] 국가전략기술 육성방안 중 동 사업 관련 내용

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 12대 국가전략기술, 대한민국 기술주권 책임진다. 10월 28일 보도자료. 붙임. 국가전략기술 육성방안 요약 등. https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?mId=113&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3182291(2023.09.07.)

○ 로봇 산업 육성을 위해 12대 국가전략기술 중 하나로 '첨단로봇·제조'를 선정하고, 「제3차 지능형 로봇 기본계획」을 수립하여 진행 중

– 국가전략기술 중 '첨단로봇·제조'는 생산공정 최적화, 스마트공장의 고도화를 위한 핵심 원천기술개발, 돌봄·의료·물류·제조·국방 등 유망 분야 로봇 핵심기술개발 확산을 목표로 설정



[그림 2-5] 12대 국가전략기술 중 첨단로봇·제조

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 국가전략기술 육성 방안(안). p.6

9) 대한민국 대통령실 홈페이지 - 120대 국정과제(2023.01.19.)

○ 정부는 국가 차원의 로드맵 아래 기술 융합을 통한 공간 혁신을 중심으로 경쟁력을 제고하기 위하여 「스마트+빌딩 활성화 로드맵」(2023.12)을 발표

- 스마트 기술·모빌리티가 자유로운 스마트+빌딩을 조성하고 4차 산업혁명 시대, 건축 융합 혁신을 통한 국민의 스마트행복 구현과 국가 성장동력 확보의 비전 제시

○ 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」(2023.11)을 제정하여 로봇의 개발 및 보급을 위한 법적 근거 마련

□ 관련 법령을 근거로 로봇 분야 지원을 위한 계획을 수립하여 산업 육성 및 확대 기틀 마련

○ 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」에 따라 5년마다 기본계획과 1년마다 실행계획수립

- 제1차, 제2차 기본계획을 통해 로봇산업진흥원을 설립(2010년)하고 2011년부터 로봇산업 지원을 본격화함

○ 제3차 기본계획('19~'23)을 통해 2023까지 로봇산업 글로벌 4대 강국 도약 추진

- 「제3차 지능형로봇 기본계획」(`19~`23)을 통해 로봇산업 글로벌 4대 강국 도약을 목표로 설정
- ① 제조로봇 확대 보급, ② 4대 서비스 로봇 육성, ③ 핵심부품 공통SW개발에 대한 진행형 기본 계획 수립

* 2008년 로봇법에 제정 후 2009년에 제1차 지능형로봇기본계획 수립, 2014년 2차 지능형 기본계획 수립, 2024년 4차 기본계획 수립 예정

- 목표 달성을 위해 3대 제조업 중심 제조로봇 확대 보급, 4대 서비스 로봇분야 육성, 로봇 생태계 기초체력 강화를 추진(한국수출입은행, 2022. p.34)

- 제조현장의 디지털 전환 가속화를 위해 3대 제조업(뿌리·섬유·식음료)과 연관효과가 큰 항공, 조선 등을 중심으로 표준모델 개발 확대, 기개발 모델의 보급확산에 주력
- 4대 서비스 로봇분야(돌봄, 웨어러블, 의료, 물류) 육성을 위해 기술 개발, 보급·실증사업 추진
- 부품·소프트웨어 개발, 원가비중이 높고 국산화율이 낮은 부품 중심으로 실증보급 사업 추진

출처: 한국수출입은행. (2022). 로봇산업 동향 및 성장전략. p.34

○ 고성장이 예상되는 핵심 신사업으로 규제로 인해 성장이 위축되지 않도록 기술발전과 상용화 단계를 예측하여 로봇산업, 안전검증, 데이터 활용, 기반구축 내용의 「로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵」(`20)을 발표

- 서비스 로봇의 성능·안전성 인증 미흡으로 시장창출이 저해 되고 로봇 활용분야별로 별도 안전규정이 각각 존재하는 등의 규제 저촉을 규제샌드박스 및 실증으로 신사업 성장 유도

2.2.2 기술적 환경 분석

1) 국외

□ 자율주행 로봇의 획기적 발전과 세계적인 고령화 및 저출산에 따른 노동력 부족, 인건비 상승 등에 따라 대형 빌딩·호텔 등에서의 로봇 운용이 본격화

○ 접객, 실내배송, 전문청소, 보안(경비·순찰) 등 서비스 로봇의 수요가 업무용 건축물, 복합건축물, 백화점 및 쇼핑몰(대형할인점)뿐 아니라 학교, 병원, 공항, 지하철 역사 등에서 증가하는 추세

[표 2-4] 대형 빌딩·호텔 등에서 활용 되는 로봇(예시)

분류	용도 및 유형	제품(예시)		
접객(안내·홍보등)	로비 등에서의 예약 확인, 안내, 시설 및 인근 지역의 주요 정보(음식점·관광지 등) 등을 제공			
		ADDY (원익로보틱스)	로보혼 (샤프)	로비안내로봇 (엑사로보틱스)
실내 배송	(호텔) 객실물품, 음식, 캐리어 등의 객실 배달, 시설 내 옥외 배달 (빌딩) 우편물(택배/소포 등), 도시락 등의 배달			
		N Bot (KT)	실내자율주행로봇 (Savioke)	실내배송로봇 (알리바바)
전문청소	건물 내 바닥청소, 덕트 등 환기구 청소, 유리창(주로 커튼월 구조) 청소, 화장실 청소 등			
		LG클로이 클린봇	청소로봇 위즈 (소프트뱅크)	화장실청소로봇 (Sometic)
		유리창청소로봇 (알에프)	Danduct Clean(덴)	커튼월 청소로봇 (잉싱쯔능)
보안(경비·순찰)	시설 내 CCTV 등 보안설비와 연계한 시설 경비 및 순찰, 시설 점검 등			
		아르보(세오)	경비로봇 SQ2 (시크센스)	K5(나이트스코프)
방역(소독)	건물 내(호텔의 경우 객실 포함) 방역을 위한 소독			
		`라이트스트라이크(XDS)	UVC살균로봇 (인아텍)	실내살균로봇 (키논 로보틱스)

분류	용도 및 유형	제품(예시)		
주차	지하(지상) 주차장 내에서의 발렛 파킹(valet parking) 서비스			
		나르카 (마로로보테크)	주차로봇 (시즈)	주차로봇 (쿤밍시)
기타	음료, 도시락 등의 서비스를 위한 KIOSK형 푸드테크 로봇 서비스 / 무인 로봇세탁시스템 / 관상어 로봇 등			
		도시락판매로봇 (앤드 로보틱스,)	로봇세탁서비스 (청춘세탁)	관상어로봇 (아이로)

출처: 로봇산업진흥원. (2020). 대형빌딩·호텔 등에서의 로봇 도입 환경 사례. KIR 2020-6. p.5 재인용

○ (미국) 호텔의 룸서비스 로봇을 중심으로 로봇이 보급·활용되고 있으며 '코로나19' 팬데믹으로 인해 바닥 청소, 소독 로봇 등의 활용이 증가하는 추시

(좌) 룸서비스 로봇 : 아에톤(Aethon)의 터그(Tug)로봇

(우) 배송 로봇 : 사비오케(Savioke)의 릴레이(Relay) 로봇

[그림 2-6] 미국 호텔에서 활용 중인 로봇

출처: 로봇산업진흥원. (2020). 대형빌딩·호텔 등에서의 로봇 도입 환경 사례. KIR 2020-6. p.37 재인용

○ (일본) 자율 청소 로봇의 승강기 탑승 기능이 없어 건물 로비나 특정 구역에 한에 청소를 할 수 밖에 없는 상황이었는데 승강기 연동 장치를 설치해 자율 주행 로봇을 연동하는 실증 추진

[표 2-5] 일본 청소로봇 CLO2 및 주요 특징

제품명(기업)	주요 특징
청소로봇 CLO2 : 사이버다인(日)	• 정상급 슬램(SLAM) 기술을 탑재, 빠르고 정확한 자율 주행을 실현하고 있으며, 2시간에 최대 3000평방m의 청소 능력 • `18.4월부터 대형 플로어를 갖고 있는 공항 터미널과 역사, 상업시설, 오피스 빌딩 등을 대상으로 공급을 추진 • 층수가 많은 오피스 빌딩과 호텔 등 건물에서도 승강기 연동 장치를 이용하면 청소 로봇의 층간 이동이 가능해져 청소와 코로나 바이러스의 소독 작업을 자동화 가능

출처: CLO2 사이버다인 홈페이지

○ (중국) 인구 고령화, 인건비 상승, 급격한 도시화와 차량 증가에 따라 실내 배송 로봇, 보안로봇, 주차로봇 중심으로 도입 및 활용 중

- 알리바바는 2018년 호텔 서비스 로봇 '스페이스 에그(Space egg)'를 공개하고 상용 서비스를 시작
- 상하이 로봇 기업 '요고로봇(YogoRobot)'은 배달 로봇을 활용하여 빌딩 내 음식배달 서비스를 시행
- 전문청소로봇의 기업인 '가우시안로보틱스(Gaussian Robotics:高仙)'은 빌딩 내에서 스스로 승강기를 타고 이동하면서 상품을 배송하는 로봇을 개발하여 상용화 중

[표 2-6] 중국의 도입 및 활용 로봇의 주요 특징

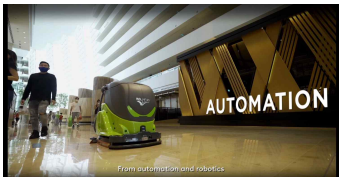
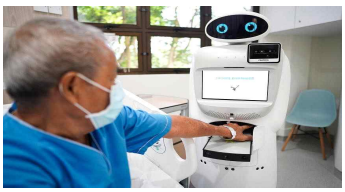
제품명(기업)	주요 특징
호텔서비스 로봇 `스페이스 에그` : 알리바바(중) 	• 높이는 1미터 미만이며 유선형의 알루미늄 케이스에 바퀴를 장착, 카메라와 레이저 센서를 갖추고 있으며, 초당 1m 정도의 속도로 이동 • 알리바바의 음성인식 인공지능인 '알리 지니(Ali Genie)'를 탑재, 투숙객은 객실에 설치된 알리지니 스피커나 태블릿을 이용해 필요한 물건이나 서비스를 요청 • 호텔 내부 지도를 내장, 자율적으로 이동하며 장애물이나 사람을 피해 이동, 얼굴인식과 승강기 탑승 기능도 탑재
배송로봇 카고3 : 요고로봇(중) 	• 스마트 사물인터넷(IoT) 모듈을 탑재하고 있어 로봇이 인터넷 네트워크가 약한 공간에서도 승강기와 근거리 통신을 활용해 원격으로 승강기를 호출,. 점심시간에 승강기에서 많은 시간을 보내야하는 문제를 로봇이 해결 • 로봇에 탑재된 카메라와 적외선 센서가 승강기 내에 공간을 파악하고 탑승 여부를 결정 • 음식 배달 서비스와 협력해 시간을 최소한으로 단축
빌딩배송 로봇 : 가우시안로보틱스(중) 	• 이동 기술은 SLAM(Simultaneous localization and mapping), 환경 감지, 네비게이션과 동작 제어 등 영역별로 우위를 보유했다고 회사는 설명 • 배송 과정에서 스스로 승강기도 탈 수 있으며 스스로 경로를 설정하고 자동으로 수취인 및 발송인 스마트폰으로 연락 • 호텔에서는 객실 대상 배송 서비스, 병원에서는 의약품 배송 서비스, 비즈니스 빌딩에서는 음식료 배달 등에 적용 가능

출처
- 장길수. (2018). 중국 알리바바, 호텔 서비스 로봇 시장 진출. 로봇 신문. 9월 27일 기사. https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=15103(검색일 : 2024.02.04.)
- Erika Yoo. (2019). 중국 상하이 빌딩에 '마지막 50m' 음식 배송 로봇 서비스. 로봇 신문. 9월 5일 기사. https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=14921(검색일: 2024.02.04.)
- Erika Yoo. (2018). 中 가우시안, 빌딩 배송 로봇 개발. 로봇 신문. 7월 26일 기사. https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=14554(검색일: 2024.02.04.)

□ 전 세계적으로 로봇 사업에 대한 관심이 높고 각 분야의 로봇 실증사업 추진 중

○ (싱가포르) 건물 내 청소로봇, 보안로봇, 서빙로봇의 실증사업을 추진하여 편의 제공

[표 2-7] 로봇 분야 건축물 실증 사례 조사

장소	내 용	비고
창이국제공항 (Changi Airport)	○ Robocop(스마트 로봇 경찰) – 약 5년간 테스트 끝에 2023년 4월부터 창이 공항을 순찰하기위해 2대의 로봇을 도입 – 로봇이 경찰이 도착하기를 기다리는 동안 눈가리개, 사이렌 및 스피커를 사용하여 경계선 시행 및 구경꾼에게 경고할 수 있으며, 추후 점진적으로 도시국가 전역에 배치 예정	 [싱가포르 창이 공항에 배치된 Robocop(스마트 로봇 경찰)]
	○ Gaussian Robotics(자율주행 청소 로봇) – 엘리베이터와 출입구와의 효율적인 통신을 통해 다양한 로봇이 실내외 공간을 자율적으로 안전하게 이동하고 다층 건물의 다양한 층에 접근 가능	 [청소 로봇 가우시안 로보틱스(창이 공항에서 사용 중)]
마리나베이 샌즈 (Marina Bay Sands)	○ 청소로봇, 보안로봇, 서빙로봇을 활용하여 서비스 제공 – 건물 내 보안로봇, 서빙로봇, 청소로봇 등을 적용 중	 [자율주행 청소 로봇]
창이 종합병원 (Changi General Hospital)	○ Pepper 로봇 – 병동 및 노인병 주간 병원에서 환자의 운동을 위한 지원 및 의사와 원격 상담 지원	 [치료 중인 Pepper robot]
	○ RoMi-H 로봇 – 빌딩 인프라와 로봇과의 연결을 위한 로봇으로 최근 출시된 통신용 국가표준을 채택해 로봇과 구축 인프라가 서로 통신할 수 있도록 지원하는 로봇	 [통신 시스템인 RoMi-H]
알렉산드라 병원(Alexandra Hospital, AH)	○ Florence 로봇(시험 운영 완료) – 환자의 바이탈 사인 측정 및 생체 신호를 측정 등 의료지원뿐만 아니라 약물, 간식 또는 기타 품목을 환자에게 전달	 [알렉산드라 병원 Florence 로봇]

2) 국내

□ 국내에서는 대기업을 중심으로 로보틱스의 첨단기술을 건물과 융복합하는 실증 연구 및 관련 계획이 추진

○ (네이버) 로봇·인공지능·자율주행·헬스케어 등의 기술을 융합한 세계 최초 로봇 친화형 건물 '네이버 1784' 공개

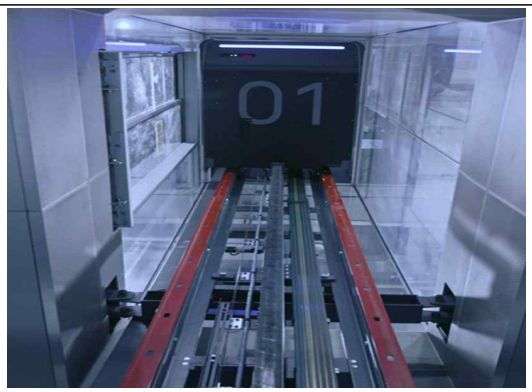
- 업무공간을 미래 기술을 통해 연결하고 융합하는 테스트베드로서 다양한 로보틱스 기술이 원활히 운용될 수 있도록 설계·시공된 로봇 친화형 건축물을 공개
- 또한, '네이버 1784'는 ICT 융복합 기술을 통해 건물 출입 제어, 건물 인프라 관리 등 스마트 빌딩 관련 첨단 융복합 기술을 포함

[표 2-8] 국내기업의 첨단 기술 융복합 사례

구분		제품(기술)명	상세 내용
로보틱스	서비스 로봇	루키(Rookie)	건물을 누비며 자율주행으로 택배와 커피배달 등의 편의 서비스를 제공
	인프라 시설	로보포트	로봇들의 층간 이동을 돕는 로봇전용 엘리베이터
건물 관리 시스템	건물 출입 관리	클로바 페이스사인	빠른 얼굴인식으로 출입 시 워크-쓰루가 가능
	건물 인프라 제어	네이버웍스	다양한 건물 인프라 제어 및 편의 기능을 사용할 수 있도록 도와주는 모바일앱
	통합 관리	ARC 5G 클라우드	인프라 서비스 등을 제어하는 통합 운영·관리 플랫폼
기타	헬스케어	네이버 케어	AI를 활용한 헬스케어 서비스를 제공

출처: 네이버 1784 홈페이지

자율주행 서비스 로봇 '루키'



로봇 전용 엘리베이터 '로보포트'

[그림 2-7] 네이버 1784 내 적용된 기술

출처: 신지은. (2022). 네이버, 세계 최초 로봇 친화형 건물 '1784' 공개. eyesmag. 4월 28일 기사. https://www.eyesmag.com/posts/144212/naver-second-office-building-1784-info(검색일 : 2024.01.10.)

○ 배달 앱 '배달의 민족'은 실내·외 통합 자율 주행 기술이 탑재된 차세대 배달로봇 '딜리드라이브'를 공개하였고 현대엘리베이터와 함께 배달로봇-엘리베이터 연동 관련사업의 MOU를 체결

[표 2-9] 배달의 민족의 배송 로봇

제품명(기업)	주요 특징
실내외 배송로봇 딜리드라이브 (배달의민족) 	• 충격을 흡수할 수 있는 부드러운 소재의 에어백을 외장 전체에 적용했다. 배달 도중 갑작스러운 충돌상황이 생기더라도 보행자와 아동, 반려동물 등의 충격을 최소화 • 몸체 전면에는 LED(발광다이오드)를 적용해 간단한 텍스트나 이미지를 표현, 충격이 발생하면 에어백의 압력을 감지해 이동을 중단하고 외관 전면의 LED를 통해 주변에 상황을 알리는 기능도 장착 • 로봇에 탑재된 위치추정센서와 장애물 감지센서를 주변 상황이 시시각각 변하더라도 안정적으로 작동하도록 개선 • 건물 출입구를 자유롭게 드나드는 동시에 일정량 이상의 음식을 배달할 수 있도록 최적화된 크기를 구현했다. 로봇이 실을 수 있는 용량은 미니냉장고 수준인 25L 수준, 최대 적재 무게는 30kg까지 견딜 수 있도록 견고하게 설계 • 독립적으로 움직이는 6개의 바퀴 각각에 서스펜션을 적용하여, 불규칙한 노면이나 높은 턱을 지날 때도 내장된 음식이 흔들리지 않도록 설계

출처: 로봇산업진흥원. (2020). 대형빌딩·호텔 등에서의 로봇 도입 환경 사례. KIR 2020-6. p.44 재인용

○ (쿠팡) AI로봇이 상품 운반 및 포장된 상품의 자동 분류 기술을 적용

[표 2-10] 쿠팡의 운반·배송 관련 로봇

구분		제품(기술)명	상세 내용	
로보틱스	서비스 로봇	무인운반로봇(AGV)	상품위치 안내 및 운반, 상품 진열 및 집품 자동화	
		분류로봇 (Sorting Robot)	운송장 주소 스캔 및 지역별로 상품 분류 및 운송	
		무인지게차 (Driverless Forklift)	지게차와 작업자 경로 분리, 상품의 위치(레이저 스캐너 적용) 파악 및 전송	
	인프라 시설	바닥 바코드(QR코드)	로봇의 이동 동선 설정을 위한 바닥 인프라	
		-	인공지능 로봇, 설비의 이동을 위한 바닥의 평탄도, 평활도, 표면마모 저항도 및 안전성 확보	
건물 관리 시스템	건물 출입 관리	-	출입증 인식을 통한 건물 출입 관리	
	건물 인프라 제어	-	로봇제어 시스템과 별개로 설비 유지·관리 시스템 운영	
	통합 관리	쿠팡 WMS, 피킹 알고리즘	업무용 PDA와 연계하여 상품 수령 최적 동선, 경로 안내	

출처: 백주원. (2023). '로켓배송' 쿠팡 흑자비결...로봇1,000대에 있었다. 서울경제. 2월 7일 기사. https://www.sedaily.com/NewsView/29LNOYNU9I(검색일: 2024.01.10.)

○ 대규모 로봇 실증사업을 통해 실증 융합모델 설계·통합관제시스템 및 인프라 구축을 지원하고 서비스 거점별 대규모 로봇 규제 해소를 지원

[표 2-11] 스마트 로봇 실증사업 관련 실증 사례

구분	스마트 병원			
	용인세브란스병원('21)	한림대성심병원('22)	중앙보훈병원('22)	삼성서울병원('22)
실증내용				
	의료진 업무 경감 및 환자편의 증대	의료진 보조 및 긴급대응	국가유공자 이동편의 증대	全병원 비대면·완전자동化
	의료진 업무 경감, 환자편의를 위해 다기능성 자율주행 로봇 도입, 통합관제 및 컨시어지 서비스 구축 실증	의료진 업무 경감, 고령환자 맞춤형 서비스 제공을 위한 병원 내 다종·다수 의료 보조 로봇 융합 실증	병원 내 의료서비스 관련 문제해결 및 라이다 융합 통합관제 시스템을 통한 서비스로봇 의료기관 내 도입 가능성 실증	융합로봇 실증을 통한 의료진 및 환자의 편의 증진과 병원 내 로봇 관제구축 및 물류·시설 전반 등과 연계한 통합관제 센터 보델 실증
실증로봇	벨보이 로봇, 간호카트로봇, 수술도구 이송로봇, 이송로봇, 중량이송로봇 (5종 10대)	안내로봇, 배송로봇, 방역로봇, 홈케어 로봇, 비대면 다학제 진료로봇 (7종 73대)	위치 안내 서비스 로봇, 환자 커뮤니케이션 로봇, 검체 이송로봇 (3종 6대)	물류이송로봇, 회진로봇, 소셜방역융합로봇 (4종 8대)
구분	스마트 호텔	스마트 시티	스마트 지하상가	
	강원랜드	테헤란로	대전 중앙로지하상가	인천 부평지하상가
실증내용				
	스마트·비대면 컨시어지 서비스	국민체감 로봇배달/서빙 서비스	서비스로봇 대중화, 지하상가 활성화	비대면 서비스, 지역경제활성화
	룸서비스, 컨시어지, 서빙 서비스 로봇 실증	코엑스몰·테헤란로 인근 F&B매장과 대단위 빌딩에서 자율주행 서비스 로봇이 서빙 배송 실증	방역·배달·바리스타 등 서비스 로봇의 실증	국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증
실증로봇	조리로봇, 현금박스 운반 자율주행 로봇,	서빙로봇, 실내배송로봇 (3종 11대)	배달로봇, 물류로봇, 방역순찰로봇, 바리스타로봇, 홍보·안내로봇 (5종 15대)	배송로봇, 감시정찰로봇, 웨어러블로봇, 안내로봇, 바리스타로봇 (6종 15대)

출처 : 한국로봇산업진흥원 홈페이지. https://www.kiria.org/portal/bizsupt/portalBsuptRoFuIntro.do(검색일: 2023.12.20.)

2.2.3 산업·시장적 환경 분석

1) 국외

□ 세계 로봇산업은 2020년 약 250억 달러에서 2030년 1,600억 달러 규모로 연평균 20% 성장할 전망

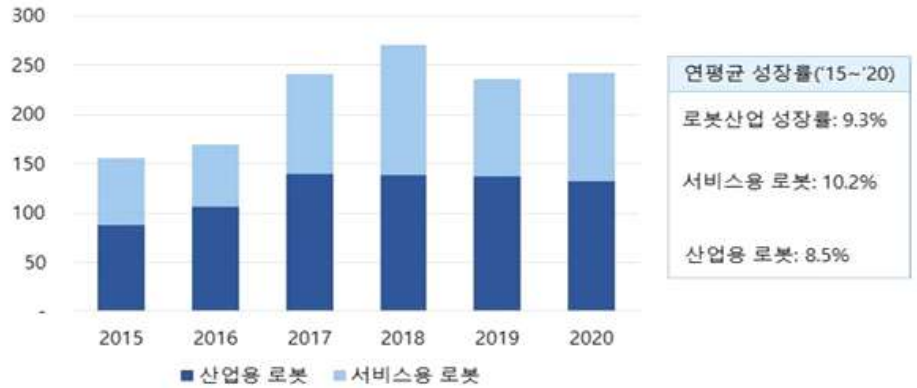
○ 고령화, 로봇 가격하락, 삶의 질 향상 추구 등이 로봇 도입을 촉진하면서 로봇산업 성장 축이 산업용 로봇에서 서비스 로봇으로 이동 할 전망

- 세계 로봇산업 규모는 2020년 약 250억 달러로 산업용 로봇이 54%, 서비스용 로봇이 46%를 차지
- 로봇산업은 산업용 로봇이 중심이었으나 1990년대 개인 서비스 로봇, 2000년 이후에는 전문 서비스 로봇 개발 붐이 발생
- 로봇 도입은 로봇가격 하락뿐만 아니라 로봇 사용량에 비례하여 비용을 지급하는 Robot-as-a-Service(RaaS) 사업모델의 확산 등으로 확대될 전망

○ 세계 로봇산업 규모는 소프트웨어와 주변기기, SI 포함 시 최대 4배 규모 성장을 추산

- 5G, AI, 클라우드가 로봇 기술 발전을 견인하면서 관련 시장의 빠른 성장을 전망

(단위: 억 달러)



[그림 2-8] 세계 로봇산업 규모

출처: 국제로봇연맹(International Federation of Robotics), 'World Robotics 2021', 2021.10.; 한국수출입은행 해외경제연구소. (2022). 로봇산업 동향 및 성장전략. 2022 이슈리보고서. p.6 재인용

□ 세계 로봇 시장은 2018년 294억 달러로 연평균 25.2% 성장하여 2022년에는 724억 달러까지 성장을 전망

[표 2-12] 세계 로봇시장 매출액

(단위: 백만 달러)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균(%)
전체	29,435	33,728	41,830	53,930	72,409	25.2
제조용 로봇	16,553	16,498	18,216	20,464	22,873	8.4
서비스용 로봇	12,882	17,230	23,614	33,466	49,536	40.0

출처: World Robotics 2019(`19.10, IFR); 관계부처 합동. (2020). 로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵. p.4 재인용

○ (제조용 로봇) 2018년 제조로봇 판매 대수는 총 422,271대로 제조업 강국(한국, 중국, 일본, 미국, 독일)이 전세계 수요의 74% 차지하며 자동차, 전기전자 분야에서 강세

– 분야별 점유율 : 자동차(29.7%), 전기·전자(24.9%), 금속(10.3%), 플라스틱(4.8%), 식음료(2.9%)

○ (서비스용 로봇) 물류(28.4%), 의료(21.8%), 가사(19.2%) 로봇 중심으로 시장 형성

[표 2-13] 세계 서비스용 로봇 시장

(단위: 억 달러, %)

구분	물류	의료	가사	농업/탐사	국방	오락	재활	기타	합계
금 액	36.5	28.1	24.7	10.4	10.2	11.3	0.5	7.4	129
비 중	28.4	21.8	19.2	8.2	7.9	8.8	0.4	5.3	100

출처: 관계부처 합동. (2020). 로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵. p.4

□ 서비스 로봇산업은 산업용 로봇산업보다 더욱 다양하고 가시성이 적다는 특징이 있으며, 많은 제품이 아직 개발 단계에 있어 상용화되지 않은 실정

○ 2010년부터 2020년까지 전 세계 서비스 로봇산업은 연평균 25%의 성장률을 기록[10)]

– 2010년 약 200만 대에 불과했던 서비스 로봇 판매량이 2020년에는 약 2천만 대에 도달하였으며, 서비스 로봇 판매 매출 규모 또한 2010년 40억 달러에서 2020년 110억 달러로 증가[11)]

□ 국제로봇연맹(IFR)은 'World Robotics 2023' 보고서에서 로봇 시장의 지속적인 성장 추세를 전망

○ 글로벌 산업용 로봇 신규 설치 대수를 중심으로 분석하여 로봇 시장의 성장 추세가 지속될 것으로 전망

○ 2022년 전년 대비 5% 증가한 55만 3,052대의 산업용 로봇이 전 세계 공장에 신규 설치되었으며, 지역별로는 신규 로봇의 73%가 아시아, 15%가 유럽, 10%가 미대륙에 분포

○ 2023년은 전 세계 경제성장 둔화 양상에도 산업용 로봇 시장의 장기 성장 추세가 지속될 것으로 전망하며 2023년 전 세계 약 59만 대 이상, 2024년 60만 대가 설치될 것으로 전망

[표 2-14] 글로벌 로봇 시장 성장 분석

구분		주요 내용
아시아	한국	• '22년 3만 1,716대가 신규 설치되었으며 전년 대비 1% 증가 • '17~'20년 사이 신규 설치 대수가 감소한 이후 2년간 약성장세 유지 • 한국은 중국, 일본, 미국에 이어 세계 4위의 로봇 시장
	중국	• 세계 1위 시장으로 '22년 전년 대비 5% 증가한 29만 258대 설치 • 중국의 연평균 신규 로봇 설치 대수는 '17년 이후 매년 13%씩 증가

10) 한국로봇산업진흥원. (2023). 로봇산업 정책동향 - 글로벌 및 유럽 로봇시장 점유율 변화와 로봇 가치사슬 분석. p.7
11) 한국로봇산업진흥원. (2023). 로봇산업 정책동향 - 글로벌 및 유럽 로봇시장 점유율 변화와 로봇 가치사슬 분석. p.7

구분		주요 내용
		• 중국 및 해외 로봇 공급업체들은 중국에 생산 공장을 설립하고 지속적으로 생산 능력 확대
	일본	• 산업용 로봇 시장 규모 세계 2위이며, 전 서계 로봇 생산량의 46%를 차지하는 세계적인 로봇 제조국 • '22년 전년 대비 9% 증가한 5만 413대의 신규 로봇 설치
유럽	유럽연합	• 유럽연합은 세계에서 두 번째로 큰 시장 규모를 차지하며, 그 중 독일이 36%, 이탈리아가 16%, 프랑스가 10%의 시장 점유 • '22년 전년 대비 신규 로봇 설치 대수는 독일 2만 5,636대(▼1%), 이탈리아 1만 1,475대(▲8%)와 프랑스는 7,380대(▲13%) 기록
	영국	• '22년 신규 산업용 로봇 설치는 2,534대로 3% 증가
미대륙	미국	• '22년 미대륙 전체 신규 로봇의 71%를 차지하였으며 전년 대비 10% 증가한 3만 9,576대 설치
	그 외	• (멕시코) '22년 전년 대비 13% 증가한 6,000대가 설치 • (캐나다) 자동차 업계의 수요 감소로 인해 24% 감소한 3,223대설치

출처: 한국로봇산업진흥원. 글로벌 로봇산업 정책·산업동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.11)

□ 인력 부족으로 인한 기업들의 자동화 추진으로 인해 서비스 로봇 수요는 증가 추세

○ (전문 서비스 로봇) 2022년 전문 서비스 로봇 판매 대수는 전년 대비 48% 증가한 15만 8,000대를 기록하였으며 5대 응용 분야는 운송 및 물류, 접객, 의료 로봇, 농업 로봇, 전문 청소 로봇 순으로 나타남

- (운송 및 물류 로봇) 전년 대비 44% 증가한 8만 6,000대가 판매되어 가장 큰 점유율을 차지, 개방형 실내 서비스 로봇 판매량은 78% 증가하여 약 3만 7,300대를 기록하였으며 대부분 레스토랑에서 식음료 배달 용도로 사용
- (접객 로봇) 이동형 안내, 정보 제공, 텔레프레즌스(teleprsence)용 로봇은 전년 대비 125% 증가한 2만 4,500대가 판매되어 가장 큰 상승세를 보임
- (의료 로봇) 수술용 로봇은 4,900대가 판매되어 5% 증가, 재활·비침습적 치료용 로봇은 16% 감소한 3,200대 미만 기록
- (농업 로봇) 인력 부족과 지속 가능한 농업에 대한 수요에 힘입어 판매량이 18% 성장하여 약 8,000대를 기록, 착유 및 축사 청소 작업용 로봇이 5,800대 이상 판매
- (전문 청소 로봇) 바닥 청소 로봇이 전년 대비 10% 증가한 4,900대 판매

○ (개인용 서비스 로봇) 2022년 판매량은 약 510만 대를 기록하였으며 가정용 로봇 수요가 가장 큰 것으로 나타남

- (가정용 로봇) '22년 약 490만 대가 판매되었으며 이중 실내 바닥 청소 로봇 약 280만대, 잔디깎이 로봇 110만 대 판매[12)]
- (사회적 상호작용 및 교육 로봇) 두 번째로 큰 응응 분야로 15만 7,000대가 판매되었으며 이중 교육용 로봇 10만 4,000대, 사회적 상호작용 및 반려 로봇 약 5만 3,000대 기록[13)]
- (로봇 청소기) 개인 가정에서 흔히 볼 수 있는 제품이 된 로봇 청소기의 시장 규모는 향후 수년간 두 자릿수의 성장률을 보일 것으로 예측[14)]

12) 글로벌 로봇산업 정책·산업동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.11)
13) 글로벌 로봇산업 정책·산업동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.11)

2) 국내

□ 2021년 기준 5.6조원으로 연평균 4.1%로 성장 추세이며, 서비스용 로봇 시장 성장이 두드러짐

[표 2-15]국내 로봇시장 매출액

(단위: 억 원, %)

구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	전년대비	연평균(%)
전체	45,972	55,255	58,019	53,351	54,736	56,083	2.5	4.1
제조용 로봇	27,009	34,017	34,202	29,443	28,658	28,740	0.3	1.3
서비스용 로봇	7,464	6,459	6,650	6,358	8,577	9,076	5.8	4.0
로봇 부품	11,499	14,779	17,167	17,550	17,501	18,266	4.4	9.7

출처: 글로벌 로봇산업 정책 산업동향

○ (제조용 로봇) 2021년 국내 제조용 로봇 시장은 2.9조원으로 반도체 · 디스플레이 산업의 설비투자 증가* 등에 따라 전년 대비 0.3% 증가

* 설비투자: (반도체) 27%↑, (디스플레이) 12%↑, (통신기기) 4%↑

– 국내 제조용 로봇 도입 대수는 3.1만대로 전년대비 2% 증가했으며, 식음료(70%↑), 플라스틱 · 화학(9%↑), 자동차(5%↑) 산업에서 로봇활용 증가

○ (서비스용 로봇) 2021년 국내 서비스 로봇 시장은 0.9조원으로, 비대면 경제 확산 및 돌봄·가사 등 홈케어 수요 증가에 따라 전년 대비 5.8% 증가

* 생산액 : (의료용)850억원(24.7%↑), (개인건강관리용)112억원(33.7%↑), (가사용)2,389억원(7.3%↑)

○ (로봇 부품) 2021년 로봇 부품 시장은 로봇 완제품 생산 증가로 전년 대비 4.4% 증가한 1.8조원

[표 2-16] 매출 규모별 기업 현황

(단위: 기업 수, %)

구분	1,000억원 이상	500억원 이상	100억원 이상	50억원 이상	50억원 미만	합계
로봇 제조	5(0.9)	5(0.9)	28(5.0)	27(4.8)	500(88.5)	565(100.0)
서비스 로봇	–	3(0.6)	9(1.7)	19(3.7)	485(94.0)	516(100.0)
부 품	–	4(0.3)	24(1.7)	25(1.8)	1,366(96.3)	1,419(100.0)
합 계	5(0.2)	12(0.5)	61(2.4)	71(2.8)	2,351(94.0)	2,500(100.0)

출처 : 로봇산업 실태조사 (한국로봇산업진흥원, 2022.12)

14) 글로벌 로봇산업 정책·산업동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.11)

□ 글로벌 로봇 산업이 서비스 로봇 중심으로 성장 중이나, 우리나라는 여전히 제조 로봇 분야를 중심으로 로봇 산업 성장 중

○ 우리나라 로봇산업은 매출액 기준으로 2020년 5조 4,736억 원에서 2021년 5조 6,083억 원으로 연 2.5%로 꾸준한 성장세(2022년 로봇산업실태조사)

○ 로봇관련 기업수는 2020년 2,420개에서 2021년 2,500개로 3% 성장하였으나, 전체 기업의 69%가 연 매출 10억 원 미만

- 10억 원 미만의 로봇 기업의 평균 매출액은 약 3억 원으로 우리나라 로봇 기업은 대부분 소형·신생기업 군으로 구성

○ 2021년 분야별 국내 로봇시장의 매출액과 기업 수의 비중을 살펴보면 제조 로봇은 전체 로봇 매출액의 51%를 차지하며, 기업 수는 22.6% 차지

- 반면, 전문서비스 로봇 기업 수는 전체의 14.2%, 매출액은 9.1%, 개인 서비스 로봇 기업 수는 6.4%, 매출액은 7.1%로 서비스 로봇의 매출액이 낮음

(단위: 억 달러)

2021년 분야별 비중 (기업수, 매출액)

구분	기업 수	매출액
제조업용 로봇	22.6%	51.2%
전문서비스용 로봇	14.2%	9.1%
개인서비스용 로봇	6.4%	7.1%
로봇 부품 및 SW	56.8%	32.6%

(단위: 개사, 백 만원, %)

구 분	2019년		2020년		2021년	
	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출
1억원 미만	312	9,286	445	16,225	435	20,581
1억원~10억원 미만	1,044	475,641	1,229	483,903	1,291	498,972
10억원~50억원 미만	769	1,700,530	586	1,288,108	626	1,299,006
50억원~100억원 미만	42	290,762	74	491,017	71	485,899
100억원 이상	69	2,858,841	92	3,194,339	78	3,303,826
총 계	2,235	5,335,060	2,427	5,473,591	2,500	5,608,284

매출 10억 미만 로봇기업 : 69%

매출 10억 미만 로봇기업 평균 매출 액 : 약 3억원

[그림 2-9] 국내 로봇 시장

출처: 157회 KISTEP 수요포럼 발표자료; 조윤정. (2023). 국가 로봇 산업현황 및 지향점. 수요포럼 포커스. p,3 재인용

2.2.4 주요 시사점

○ 전세계적으로 현재 로봇 기술을 개발하고 관련 산업의 육성을 지원하는 정책, 제도 등이 추진 중이며 특히, 로봇 친화 건축물 조성과 관련된 서비스 로봇에 대한 기술 개발 관심이 증대됨에 따라 관련 산업 및 시장도 지속적으로 성장할 것을 전망

○ 서비스 로봇 관련 수요는 증가하고 있으나, 건축물의 조성(설계), 사용(운영 및 관리) 전 과정에서 필요한 서비스 로봇의 건물 내 이동, 제한된 서비스 제공의 적용은 초기 단계로 관련 원천기술의 확보가 필요한 시점

[표 2-17] PEST 분석결과 요약

PEST	환경 분석	시사점
정책 동향	○ (국외) 미국, 중국, 일본, 유럽 등 주요 국가에서는 로봇 관련 연구개발을 법령으로 제정하고 활성화 될 수 있는 로드맵을 발표하여 로봇 산업의 발전 환경 조성 – (미국) 제조업 부흥을 위해 「첨단 제조 파트너법」을 발표, 로보틱스 로드맵과 함께 로봇 융합 기술 개발을 추진하고 국가 로봇 계획으로 로봇 기술 연구를 지원 – (일본) '로봇 신전략'을 발표, 고령화, 재해 등의 사회문제 해결을 목표로 로봇 관련 규제개혁, 기술개발, 로봇 보급, 시스템 통합(SI) 기업 및 인재 육성 등을 지원 – (중국) '중국 제조 2025'의 핵심분야로 로봇을 선정하였으며 로봇산업 발전계획(2016~2020)을 통해 로봇 산업 육성 지원 – (EU) 로봇을 차세대 핵심 전략산업으로 선정하고 Horizon Europ('21~27)을 중심으로 민관협력을 통한 로봇 기술 개발을 지원	○ 전세계적으로 스마트+빌딩과 관련하여 정부 주도하에 서비스 로봇 관련 기술 개발 및 산업육성 지원정책을 추진 중
	○ (국내) 로봇산업 육성을 위해 12대 국가전략기술 중 하나로 첨단로봇·제조를 선정하고 「지능형 로봇법」을 제정하여 로봇 개발 및 보급을 위한 법적 근거 마련 – 스마트+빌딩 활성화 로드맵과 로봇분야 지원을 위한 계획 수립을 통해 로봇기술을 건축물에 적용하기 위한 산업 육성 및 확대를 위한 기틀 마련	
경제·사회 동향	○ (국외) 글로벌 로봇산업 시장은 '20년 250억 달러에서 '30년 1,600억 달러 규모로 연평균 20%로 빠르게 성장할 전망이며 인구고령화, 삶의 질 향상 추구 등의 이유로 서비스 로봇의 수요가 증가할 것으로 기대 – 서비스 로봇산업은 산업용 로봇산업보다 다양하고 가시성이 적다는 특징이 있어 많은 제품이 아직 개발단계에 있어 상용화되지 않은 실정 ○ 국제로봇연맹(IFR)이 'World Robotic 2023' 보고서를 통해 산업용 로봇 신규 설치대수를 중심으로 분석한 결과 로봇 시장의 성장 추세가 지속될 것으로 전망 – (미국) '22년 전체 신규 로봇의 71%를 차지, 전년대비 10% 증가 – (유럽) 세계에서 두 번째로 큰 시장규모이며 독일 36%, 이탈리아 16%, 프랑스가 10%의 시장 점유 – (일본) 산업용 로봇 시장 규모 세계 2위이며, 전 세계 로봇 생산력의 46%를 차지 – (중국) 세계 1위 시장으로 연평균 신규 로봇 설치대수는 '17년 이후 매년	○ 글로벌 로봇 산업 시장은 산업용 제조로봇 중심에서 인구 고령화, 삶의 질 향상 추구 등의 이유로 서비스 로봇으로의 전환 및 지속적 성장이 진행중인 상황

PEST	환경 분석	시사점
	13%씩 증가하고 있으며 로봇업체들은 중국에 생산 공장을 설립하고 지속적으로 생산 능력을 확대 중	
	○ (국내) '21년 기준 5.6조 원으로 연평균 4.1%로 성장 추세이며 서비스용 로봇 시장 성장이 두드러짐 ○ 글로벌 로봇 산업이 서비스 로봇 중심으로 성장 중이나 국내는 여전히 제조 로봇 분야를 중심으로 성장 – 우리나라 로봇산업은 매출액 기준으로 '20년 5조 4,736억 원에서 '21년 5조 6,083억 원으로 연 2.5%로 꾸준한 성장세	
기술동향	○ (국외) 자율주행 로봇의 발전과 고령화·저출산에 따른 노동력 부족, 인건비 상승에 따라 대형 빌딩·호텔 등에서의 로봇활용이 본격화 – (미국) 호텔에서의 룸서비스 로봇 중심으로 보급·활용되고 있으며 '코로나19' 팬데믹 이후로 청소 및 소독의 중요성이 인식되면서 청소, 소독 로봇 등의 활용이 늘어가고 있는 추세 – (일본) 자율 청소 로봇의 승강기 탑승 기능이 없어 건물 로비나 특정 구역에 한해 청소를 할 수 밖에 없는 상황에 승강기 연동장치를 설치해 자율 주행 로봇 'CLO2'를 연동하는 실증을 실시 – (중국) 급격한 도시화와 차량 증가에 따라 실내 배송 로봇, 보안로봇, 주차로봇 중심으로 도입 및 활용 중 · 알리바바는 호텔 서비스 로봇 '스페이스 에그(Space egg)를 공개하고 상용화 서비스 시작 · 요고로봇(YogoRobot)의 배달로봇을 활용하여 음식 배달 서비스, '가우시안로보틱스(Gaussian Robotics) 등도 빌딩내에서 승강기를 타고 이동하면서 상품 배송 상용화 중	○ 서비스 로봇의 건물 내 이동, 제한된 서비스 제공 등 건물 내외 서비스 로봇기술의 적용은 매우 초기단계로 관련 연구를 통한 원천기술 확보가 필요 ○ 전 세계적으로 다양한 분야에서의 로봇 서비스가 확대됨에 따라, 관련 기술 확보및 시장 선점에 대한 경쟁이 심화될 것으로 전망
	○ (국내) 대기업을 중심으로 로보틱스 첨단기술을 건물과 융복합하는 실증 연구 및 관련 기술이 적용되는 상황 – (네이버) 로봇·인공지능·자율주행·헬스케어 등의 기술을 융합한 세계 최초 초봇 친화형 건물 '1784' 공개, 다양한 로보틱스 기술들이 원활히 임무를 수행할 수 있도록 설계·시공 – (배달의 민족) 실내·외 통합 자율 주행 기술이 탑재된 차세대 배달로봇 '딜리드라이브'를 공개, 현대엘리베이터와 배달로봇–엘리베이터 연동 관련 사업의 MOU 체결 – (쿠팡) AI로봇이 상품 운반 및 포장을 마친 상품을 배송지별로 자동 분류하는 기술 적용 ○ (국내) 서비스로봇 활용과 함께 국민의 편의 증진과 로봇산업 규제개선·산업규모 확대를 위한 실증 추진	

2.3 국내외 연구개발 현황 분석

2.3.1 연구개발 투자 현황 분석

1) 로봇분야 관련 투자 동향

□ 분야별 투자동향

○ 로봇 분야별 전체(2019년~2023년) R&D 과제수는 1,057개로, 로봇 서비스(28.7%)·로봇 인식(AI) 제어기술(27.8%)분야가 전체의 56.5%로 가장 많은 과제가 진행됨

○ 다음으로는 로봇 운영 및 관제 플랫폼(18.7%), 로봇 이동 지원기술(18.0%), 로봇 서비스 실증(6.8%) 순으로 R&D 과제가 많이 진행됨

[표 2-18] 분야별 R&D 과제수 현황

(단위: 개)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계	비중
로봇 인식(AI), 제어 기술	43	60	64	62	65	294	27.8
로봇 이동 지원 기술	18	27	41	51	53	190	18.0
로봇 서비스	39	54	63	68	79	303	28.7
로봇 운영 및 관제 플랫폼	19	30	41	47	61	198	18.7
로봇 서비스 실증	4	6	21	19	22	72	6.8
합 계	123	177	230	247	280	1,057	100

출처: 연구진 작성

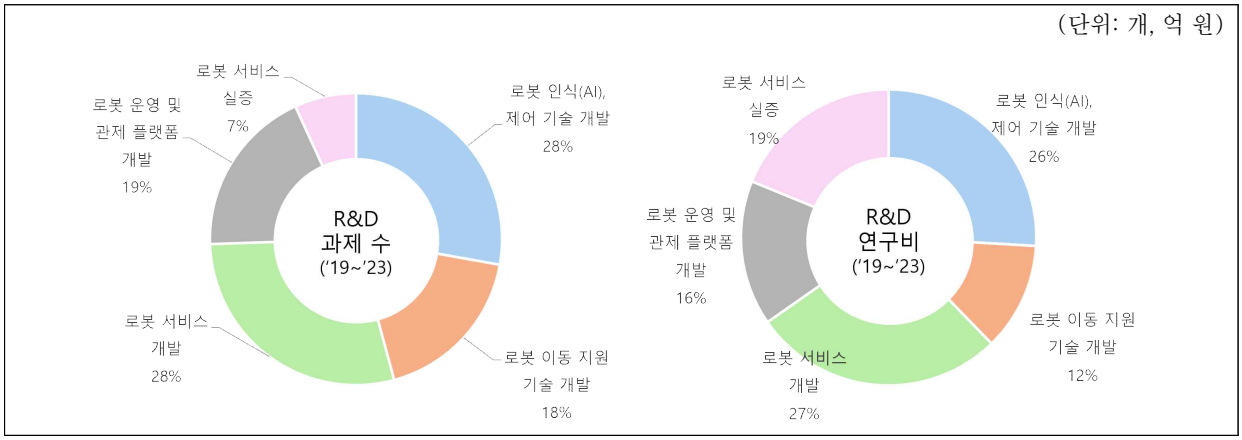
○ 로봇 서비스 분야에 총 1,674억 원(27.6%)으로 가장 많은 연구비가 투입되었고 다음으로는 로봇 인식(AI) 제어기술(25.9%)·로봇 서비스 실증(18.8%)·로봇 운영 및 관제 플랫폼(15.9%)·로봇 이동 지원기술(11.7%)순으로 연구비가 많음

[표 2-19] 분야별 R&D 과제 연구비 현황

(단위: 억 원, %)

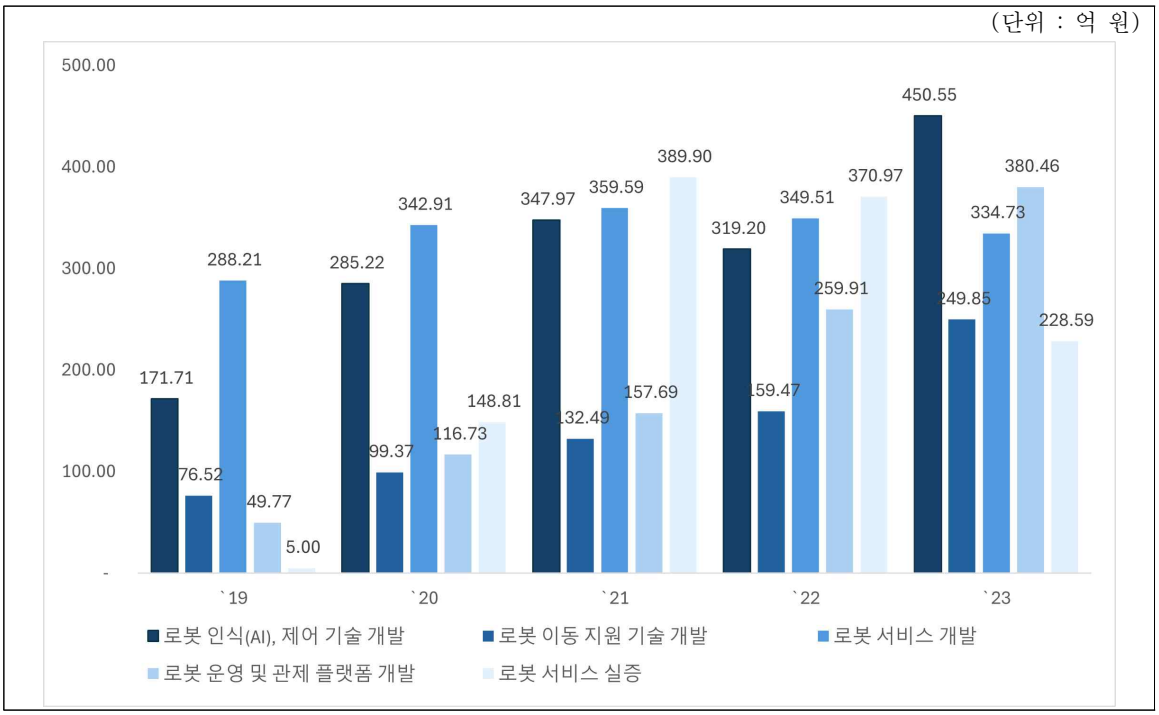
분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계	비중
로봇 인식(AI), 제어 기술	171.71	285.22	347.97	319.20	450.55	1,574.65	25.9
로봇 이동 지원 기술	76.52	99.37	132.49	159.47	249.85	717.69	11.8
로봇 서비스	288.21	342.91	359.59	349.51	334.73	1,674.94	27.6
로봇 운영 및 관제 플랫폼	49.77	116.73	157.69	259.91	380.46	964.57	15.9
로봇 서비스 실증	5.00	148.81	389.90	370.97	228.59	1,143.27	18.8
합 계	591.21	993.04	1,387.63	1,459.06	1,644.18	6,075.12	100

출처: 연구진 작성



[그림 2-10] 분야별 R&D 과제수 및 연구비 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스(2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성



[그림 2-11] 로봇 분야 연도별 R&D 예산 현황

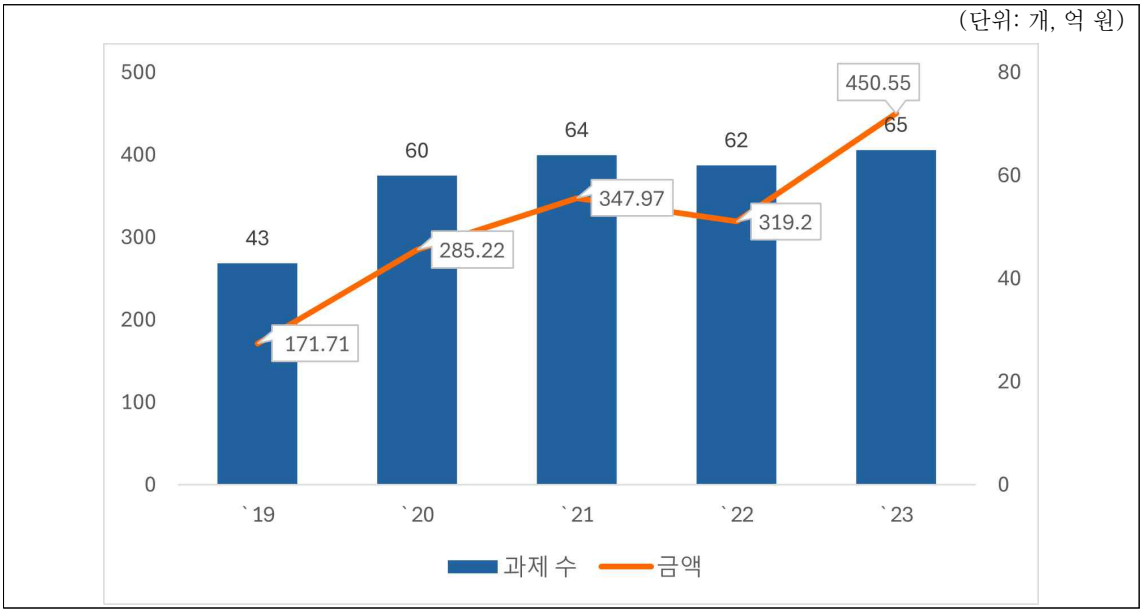
출처 : 국가과학기술지식정보서비스 (2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

○ 로봇 인식(AI)·제어기술 분야 과제 수는 2019년 43건에서 2023년 65건으로 증가, 과제 연구비는 지속적인 증가 추세를 보였으며, 2022년 319.2억 원에서 2023년 450.55억 원으로 증가폭이 늘어남

[표 2-20] 로봇 인식(AI)·제어기술 분야 R&D 투자와 과제 현황

(단위: 개, 억 원)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계
금액	171.71	285.22	347.97	319.20	450.55	1,574.65
과제 수	43	60	64	62	65	294



[그림 2-12] 로봇 인식(AI)·제어기술 R&D 투자와 과제 현황

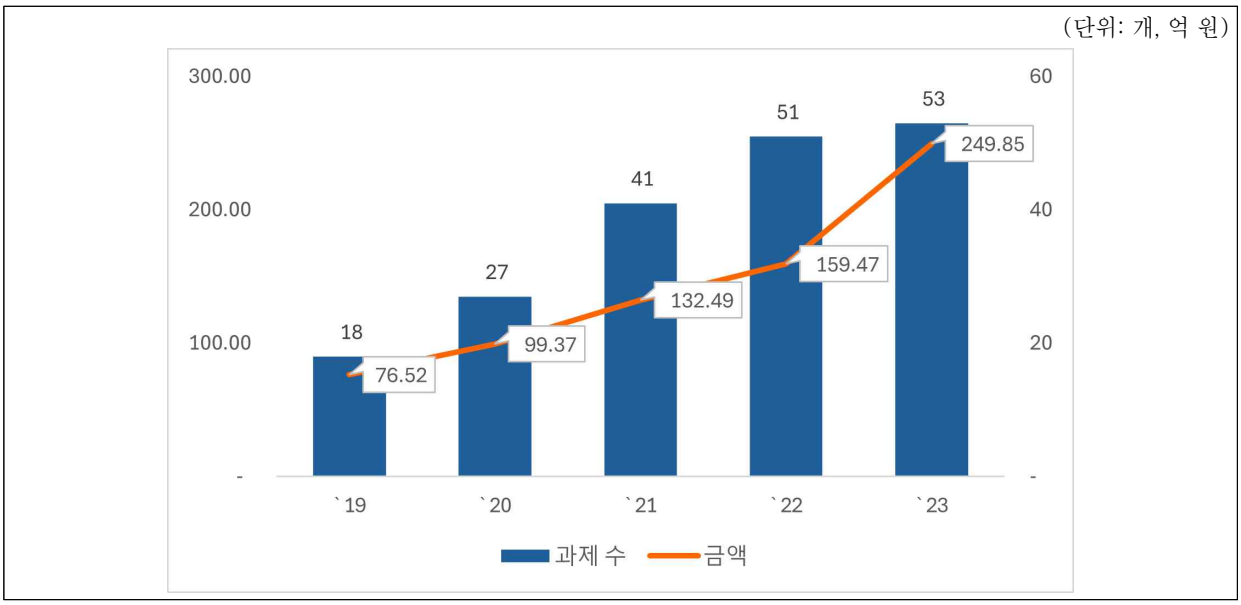
출처 : 국가과학기술지식정보서비스 (2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

○ 로봇 이동 지원 기술 분야 과제 수는 2019년 18건에서 2023년 53건으로 약 3배 증가, 과제 연구비는 지속적인 증가 추세를 보임

[표 2-21] 로봇 이동 지원 기술 분야 R&D 투자와 과제 현황

(단위: 개, 억 원)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계
금액	76.52	99.37	132.49	159.47	249.85	717.69
과제 수	18	27	41	51	53	190



[그림 2-13] 로봇 이동 지원 기술 분야 R&D 투자와 과제 현황

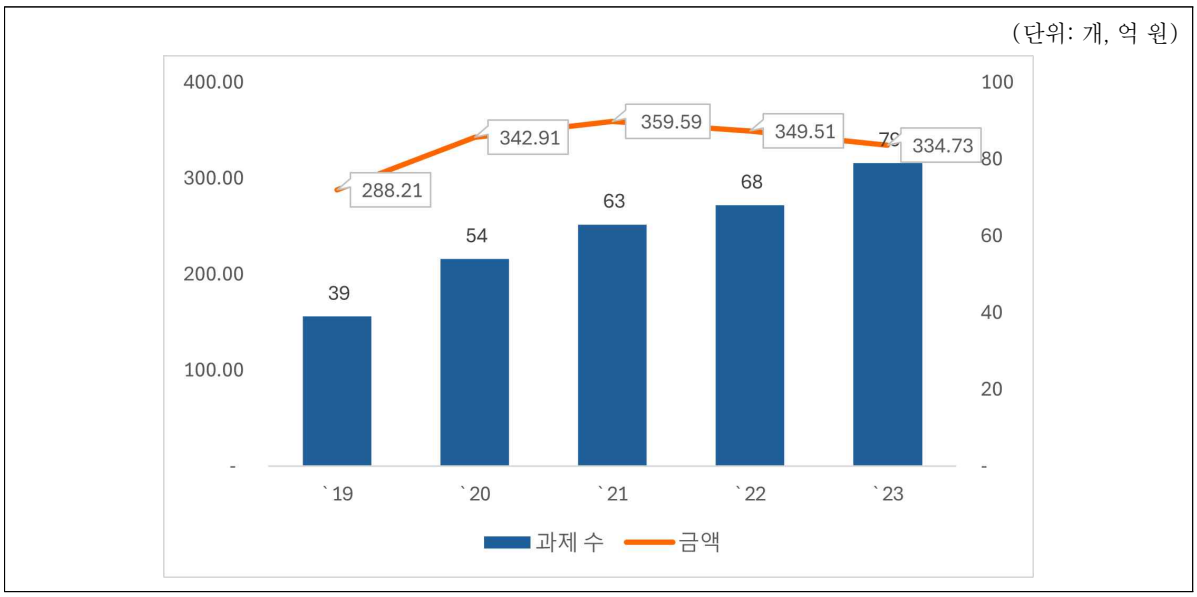
출처 : 국가과학기술지식정보서비스 (2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

○ 로봇 서비스 개발 분야 과제수는 2019년 39건에서 2023년 79건으로 연평균 15.16% 증가 추세를 보이며 R&D 연구비 또한 연평균 3.04%의 지속적인 증가 추세를 확인

[표 2-22] 로봇 서비스 개발 분야 R&D 투자와 과제 현황

(단위: 개, 억 원)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계
금액	288.21	342.91	359.59	349.51	334.73	1,674.94
과제 수	39	54	63	68	79	303



[그림 2-14] 서비스분야 R&D 투자와 과제 현황

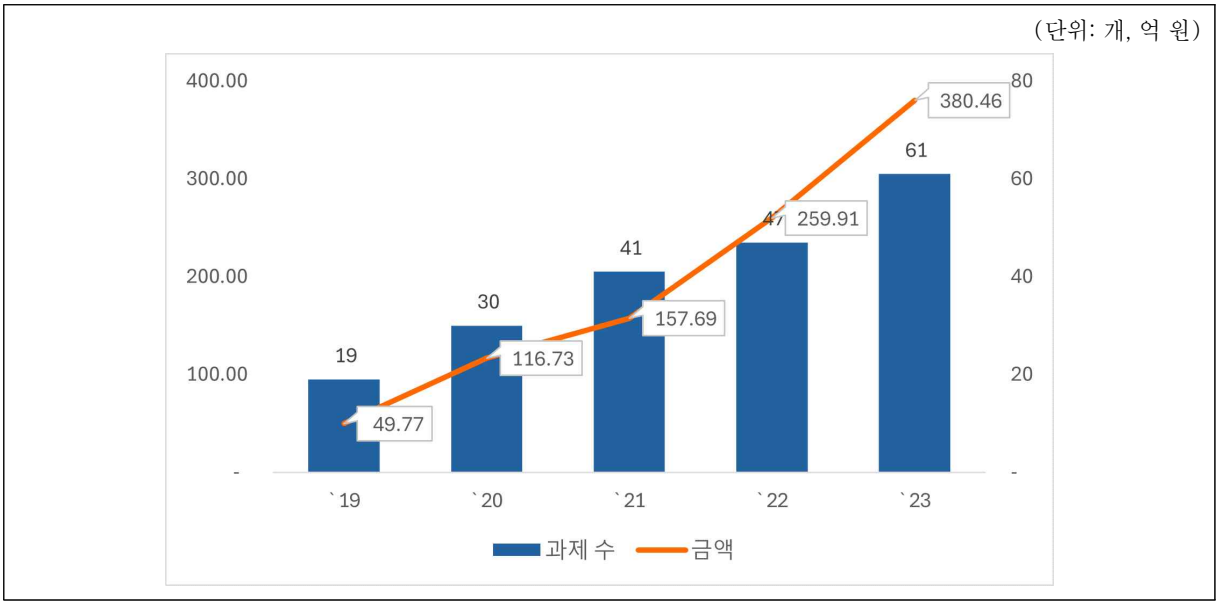
출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

○ 로봇 운영 및 관제 플랫폼 개발 분야 과제수는 '19년 19건에서 '23년 61건으로 약 3배 이상의 증가 추세를 보이며 R&D 연구비 또한 연평균 50.20%의 급격한 증가 추세를 확인

[표 2-23] 로봇 운영 및 관제 플랫폼 개발 분야 R&D 투자와 과제 현황

(단위: 개, 억 원)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계
금액	49.77	116.73	157.69	259.91	380.46	964.57
과제 수	19	30	41	47	61	198



[그림 2-15] 로봇 운영 및 관제 플랫폼 개발 R&D 투자와 과제 현황

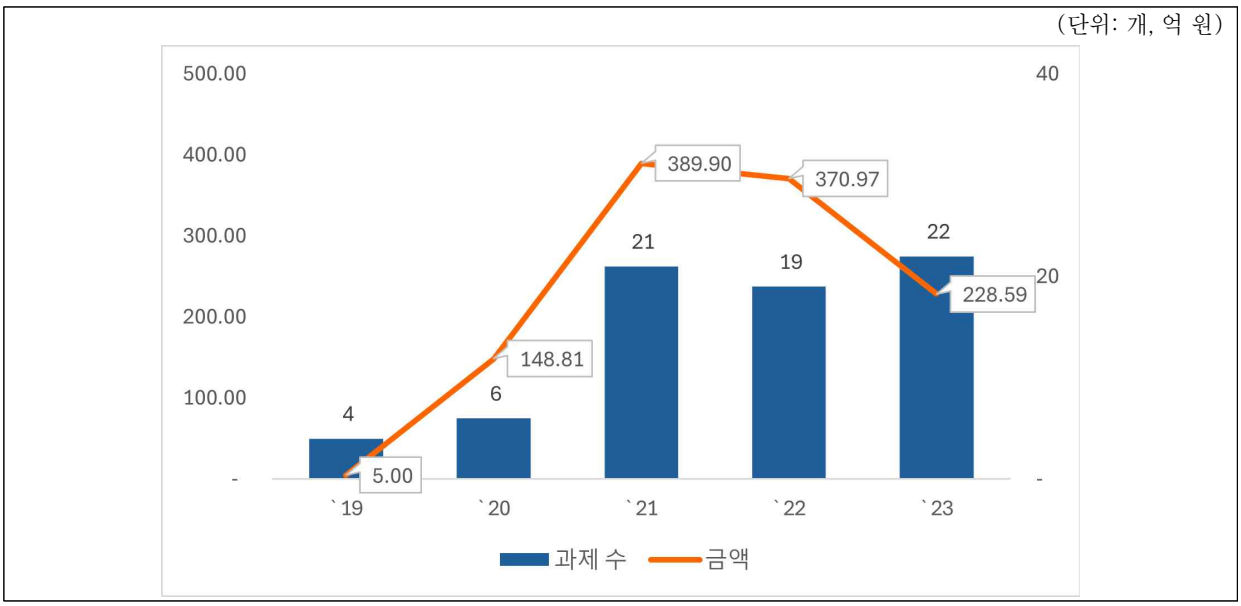
출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

○ 로봇 서비스 실증 분야 과제수는 2019년 4건에서 2023년 22건으로 약 5배 이상의 증가 추세를 보이며 R&D 연구비 또한 2019년 5억 원에서 2021년 389.9억 원으로 연평균 327.23%의 급격한 증가 추세를 확인

[표 2-24] 로봇 서비스 실증 분야 R&D 투자와 과제 현황

(단위: 개, 억 원)

년도 / 분야	2019	2020	2021	2022	2023	합 계
금액	5.00	148.81	389.90	370.97	228.59	1,143.27
과제 수	4	6	21	19	22	72



[그림 2-16] 로봇 서비스 실증 분야 R&D 투자와 과제 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

2) 특허 분석

(1) 분석개요

□ 분석 배경

○ 스마트+빌딩의 활성화와 로봇산업을 지원하는 정부의 강력한 정책 추진 의지

○ 전세계적으로 로봇 서비스 시장은 지속적 성장 중이며 유망 산업분야

○ 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요는 매우 강하며 로봇 서비스의 건축물로 도입化 가속

○ 고령화, 노동력 부족 등 사회문제에 대해 새로운 해법으로 서비스 로봇에 대한 관심과 투자 확대 추세로 신시장 형성에 따른 선제적 대응 필요

○ 로봇 서비스 분야의 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무

○ 현재 로봇 중심의 기술개발로는 서비스 로봇이 마주하는 다양한 돌발상황 대처에 한계가 발생하여 건축물 내 완전한 자율주행과 안전성 확보 선행 필요

○ 기준이 없는 상황에서 서비스 로봇 도입이 가속화되면 로봇 적용을 위한 막대한 리모델링 비용이 발생할 수 있어 이는 결국 로봇 보급 확대의 한계로 적용

○ 정부의 2026년 로봇 상용화 목표'를 고려하여 로봇 이동의 시작과 종착점인 건물 내 서비스 구현을 위해 건축환경 조성을 통한 로봇산업의 상용화 지원 시급

□ 분석 목적

○ 스마트+빌딩에 포함될 수 있는 로봇 기술 특허 분석을 통해 스마트+빌딩 관련 핵심 키워드를 도출

○ 스마트+빌딩 관련 역량 확보 및 산업육성을 위한 국내외 기술 수준, 연구개발 동향 파악

○ 국내 기술 수준 및 연구개발 현황을 분석하여 본 핵심기술개발의 타당성에 대한 객관적인 정보를 제공

(2) 분석 범위

○ 출원일을 기준으로 분석대상을 결정

○ 경향성을 분석하기 위한 대상 특허의 범위는 검색일(2024년 4월 25일)을 기준으로 출원된 특허 분석 대상으로 선정

* 일반적으로 특허 출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 정보를 대중에게 공개하므로 미공개 데이터가 존재하는 2022년 및 2023년의 특허는 정량적 의미가 유효하지 아니함

○ 기술개발의 유의미한 정량 지표인 국가의 등록, 심사 중인 공개 특허 정보를 WINTELIPS DB*로 수집하고 시계열 분석 진행

[표 2-25] 특허 검색DB 및 검색범위

상태정보	자료 구분	국가	검색 DB	분석구간	검색범위
등록, 심사중	공개 (출원일 기준)	한국, 중국, 미국, 일본, 유럽	WINTELIPS	~ 2024.4.	특허공개 및 등록 전체문서

출처: 연구진 작성

(3) 분석대상 기술 및 검색식

□ 분석범위와 로봇의 건축물에의 적용 기술 분야 분류 및 검색 키워드 선정

○ 10년 간 특허 키워드 분석을 통하여 로봇 기술 관련 주요 특허 키워드를 도출하고 해당되는 로봇기술이 건축물 내 활용 기술 관련 분야로 분류

○ 국가 R&D 사업 데이터의 키워드로 특허검색을 위한 키워드를 도출하여 선정

* 로봇 이동, 서비스 로봇, 로봇 운영 관제 관리기술, 로봇 인식(AI) 기술, 건축물 적용 기술 등 로봇 관련 기술을 을 건축물에 결합하는 형태의 사업을 NTIS에서 선별·수집

□ 검색식

○ 기술 분류별 검색식으로 한정함에 따라 불가피하게 제외되는 문헌들을 검색 결과에 추가하기 위해 키워드를 보충하여 검색식을 완성

○ 본 기술 분류에 따른 검색식은 아래 표와 같음

[표 2-26] 검색식

기술 분류		키워드
로봇	공간 로봇 제공 기술	((건물* 건축* 빌딩* 아파트* 실내* 옥내* 인도어* 공간* 스페이스* build* indoor* inspac*) near7 (주행* 이송* 이동* 무인* 자율* 운송* 운반* transfer* mobil* moving* transfer*)).ab,cla. and (로봇* 로보트* 로봇트* 드론* drone* robot*).ti,ab,cla. and (B25* G05* G06*).ipc,cpc.

출처: 연구진 작성

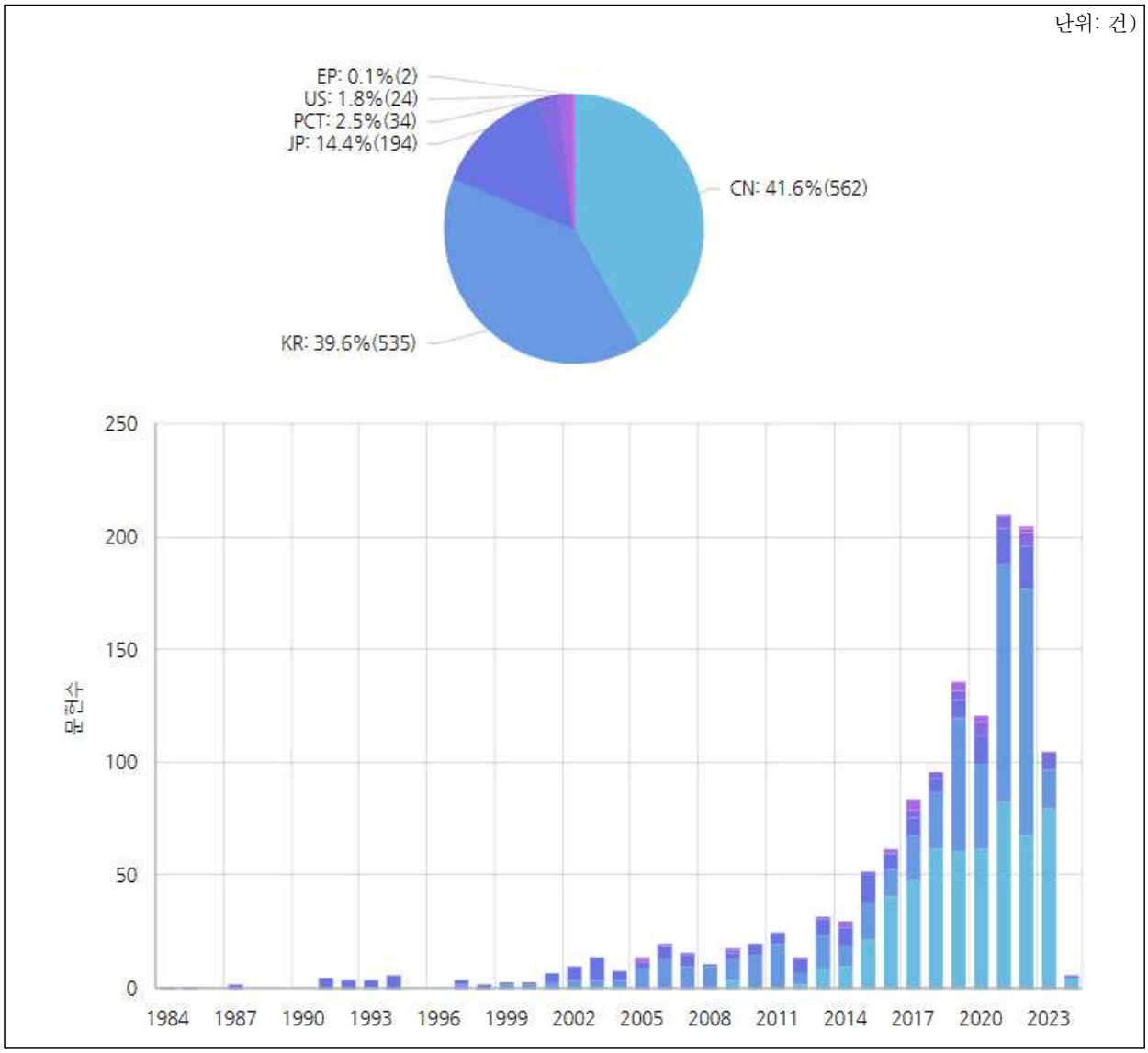
(4) 특허 분석 결과

□ 건축물 내 로봇활용 기술 관련 특허는 총 1,341건으로 중국이 562건(41.5%)로 가장 많으며 한국은 535건(39.6%)으로 특허 출원이 활발한 것으로 조사

○ (분석 방법) 주요출원국*의 국가별/기술분류별 출원 건수와 비율을 산출

* 동향 분석에 활용할 주요출원국은 한국(KR), 일본(JP), 미국(US), 유럽(EP)으로 정의함

○ 총 1,341건의 특허 중 중국이 562건(41.6%)으로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 조사되었으며, 한국 535건(39.6%), 일본 194건(14.4%) 순



[그림 2-17] 주요 출원국가별 특허 점유율 및 동향

출처: 연구진 작성

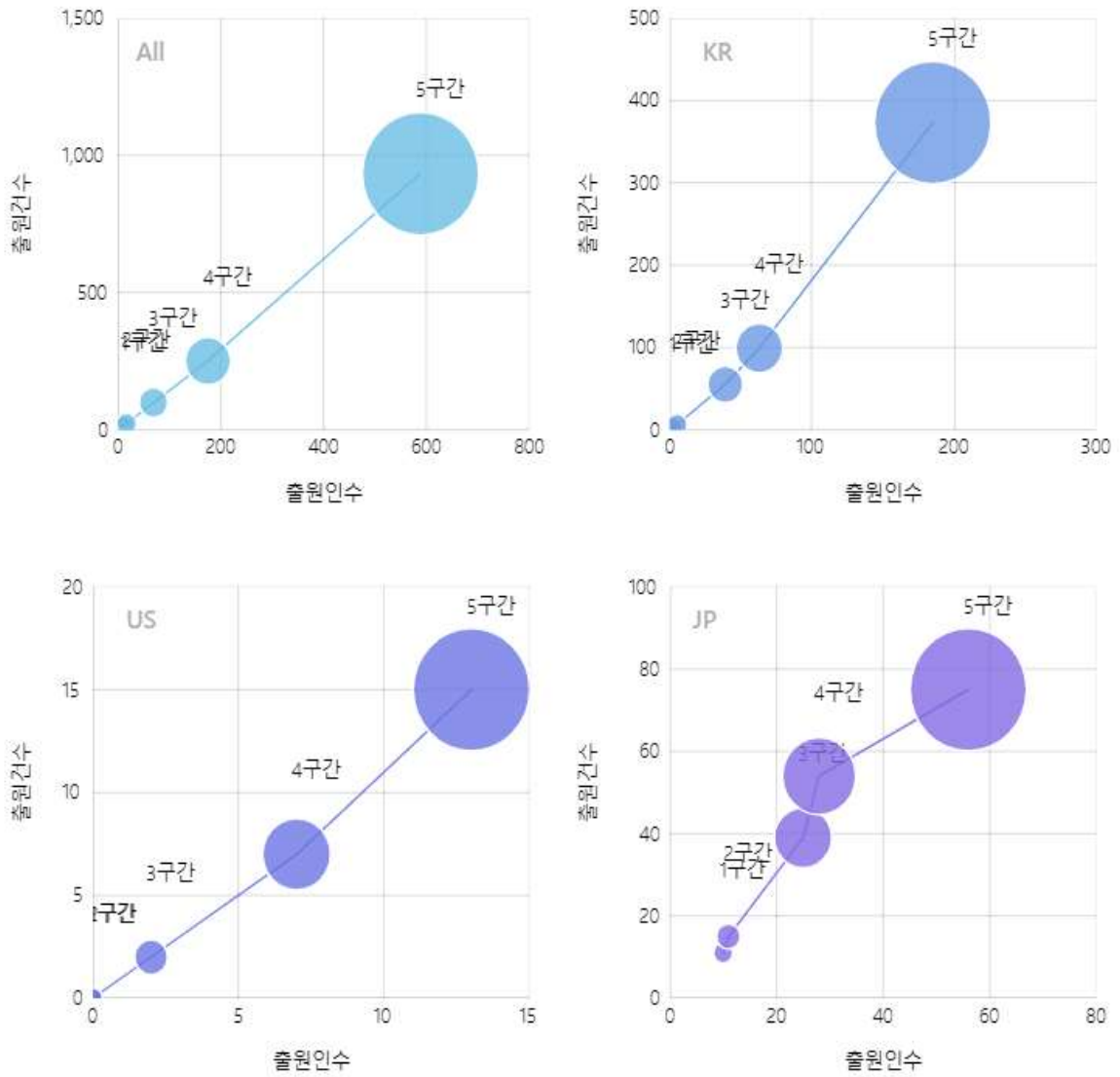
○ 전체 국가의 출원인 수 대비 특허 출원 건수는 로봇 분야의 기술 등장과 함께 증가함

– 1구간에서 13건의 특허출원에 비해 현재 5구간에서 933건의 특허 출원으로 해당기술은 성장 단계로 판단

* 각 구간은 기간으로 분류함 – 1구간 : 1984~1992년, 2구간 : 1993~2000년, 3구간 : 2001~2008년, 4구간 : 2009년~2016년, 5구간 : 2017~2024년

- [한국] 1구간에서의 특허는 6건으로 지속 성장하여 5구간에서 373건의 관련 특허를 출원
- [미국] 1구간에서의 관련 특허는 전무하지만 5구간에서 15건으로 성장
- [일본] 1구간에서의 관련 특허는 11건으로 5구간에서 75건의 관련 특허를 출원

(단위: 건)



[그림 2-18] 국가별 주요 기술 특허의 구간 분포

출처: 연구진 작성

○ 건축물 내 로봇활용 기술 특허는 중국, 미국, 일본이 주도하고 있으며, 기술별로는 '로봇 이동 지원기술', '특정 기능을 제공하는 서비스 로봇 기술', '로봇 운영 서비스' 순으로 특허 출원이 활발

- 로봇 이동 지원기술은 565건(41.8%), 특정 기능을 제공하는 서비스 로봇 기술은 439건(32.5%), 로봇 운영 서비스 308건(22.8%)의 특허가 출원됨

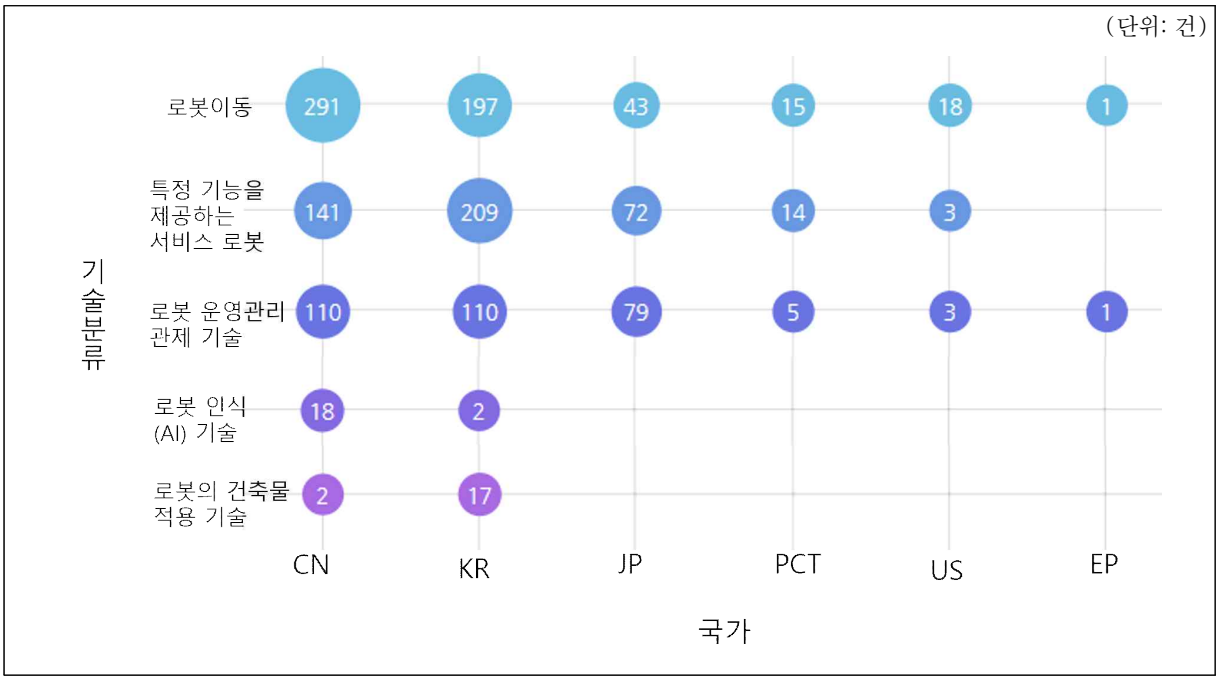
[표 2-27] 검색식에 따른 국가별 검색 결과

기술 분류		한국	미국	일본	중국	PCT	기타	합계
건축물 내 로봇활용 기술	로봇 이동 지원(자율주행, E/V 탑승 등) 기술	197	18	43	291	15	1	565
	특정 기능을 제공하는 서비스 로봇	209	3	72	141	14	0	439
	로봇 운영 관리 관제 기술	110	3	79	110	5	1	308
	로봇 인식(AI) 기술	2	0	0	18	0	0	20
	로봇의 건축물 적용 기술	17	0	0	2	0	0	19
합계		535	24	194	562	34	2	1,351

출처: 연구진 작성

○ 국가별 기술 특허 분포의 양상을 살펴보면 가장 많은 특허를 낸 중국은 '로봇이동, 서비스 로봇, 로봇 운영관리 관제기술' 순으로 특허의 비중이 높게 나타났고 한국은 '서비스로봇, 로봇이동, 로봇 운영관리 관제기술' 순서로 특허 비중이 높게 나타남

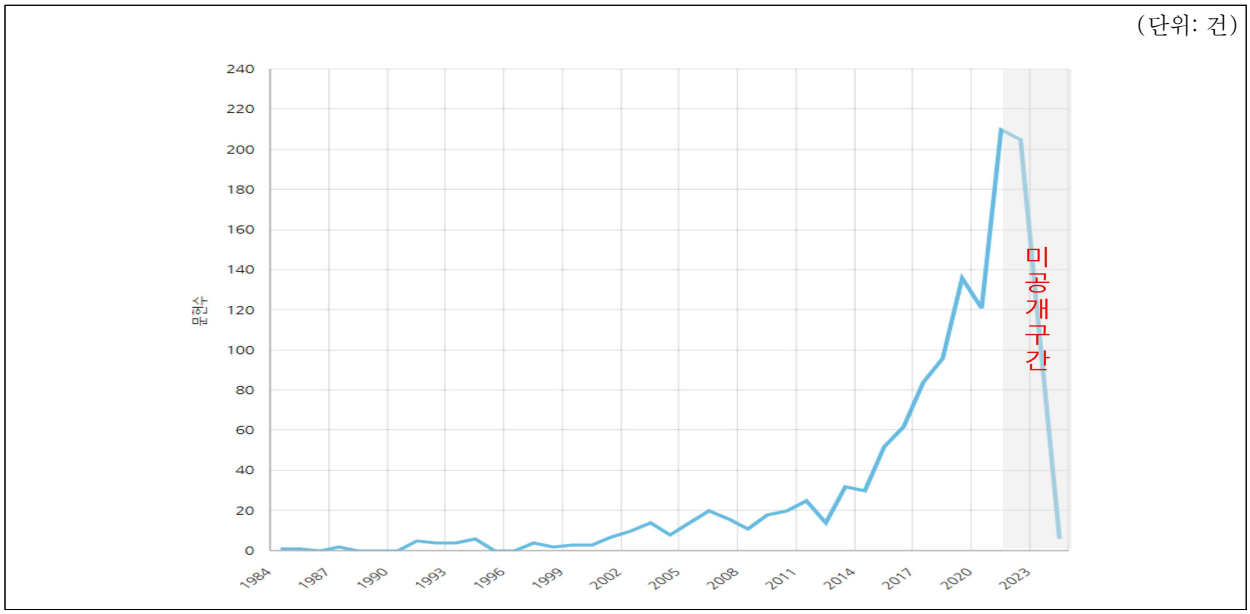
○ 대체로 다수가 보유한 기술 특허는 '로봇이동, 서비스로봇 기술'과 관련 있고 '로봇 인식(AI) 기술과 로봇의 건축물 적용 기술' 관련 특허는 아직 적은 것으로 확인됨



[그림 2-19] 국가별 주요 기술 특허 분포

출처: 연구진 작성

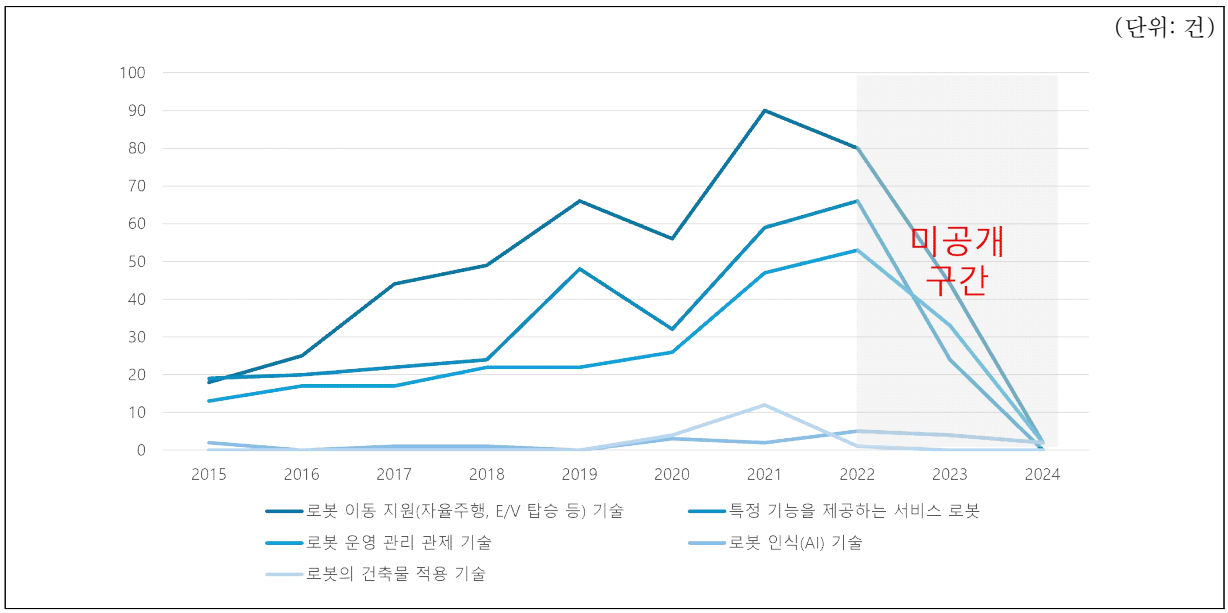
○ 로봇의 이동, 서비스 로봇, 운영관리 등 건축물 적용 기술 특허는 1990년 이후부터 출원 되었고 2015년 이후 급격한 성장을 보이지만, 2021년 이후 특허출원이 감소하는데, 이는 특허출원의 미공개로 데이터에 반영되지 못했기 때문임



[그림 2-20] 연도별 주요 기술 출원 건수
출처: 연구진 작성

○ '로봇의 건축물 적용 기술' 특허는 2015년 이후 지속적으로 출원 되었고 2020년 이후 '로봇 이동 지원 기술, 특정 기능을 제공하는 서비스 로봇 기술, 로봇 운영 관리 관제 기술'의 특허 출원이 증가하는 추세

○ '로봇 인식(AI) 기술과 로봇의 건축물 적용 기술' 특허는 2020년 이후 특허 출원이 증가함

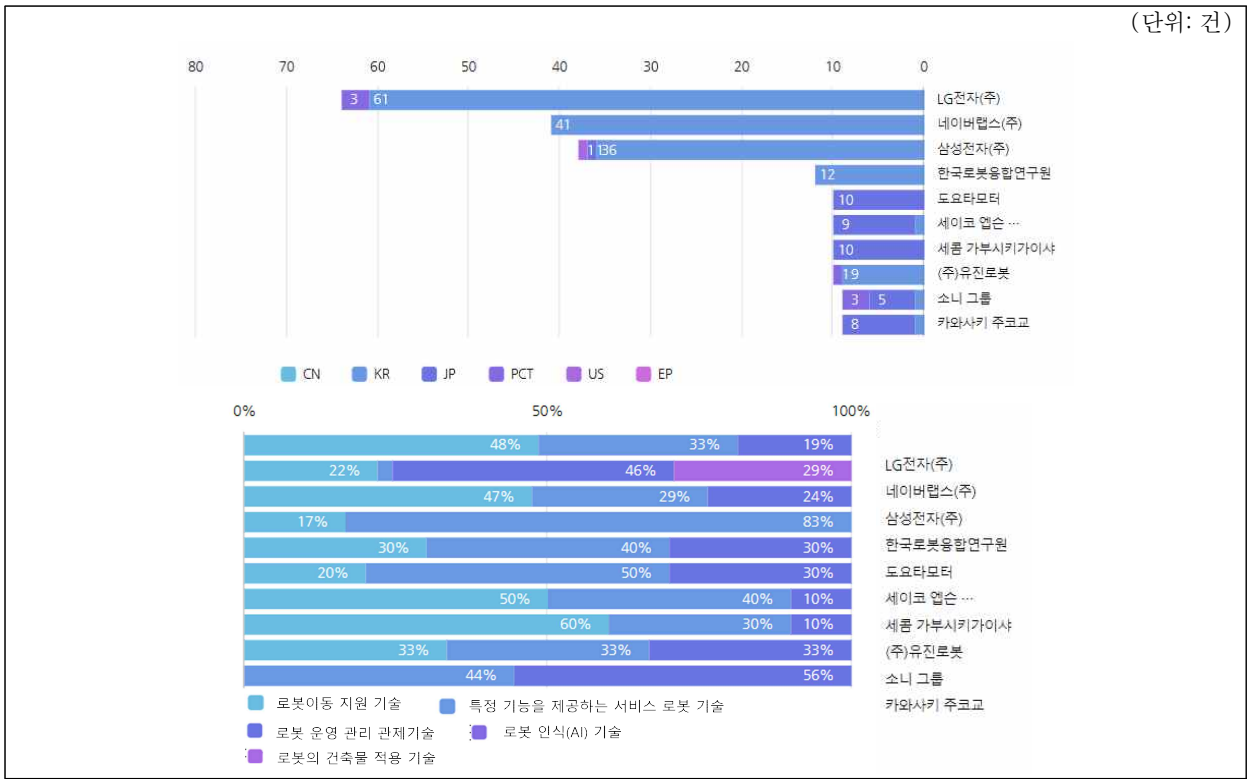


[그림 2-21] 연도별 기술 집중도 추이
출처: 연구진 작성

○ 로봇기술의 건축물 적용 관련 특허를 살펴보면, LG전자(주)에서 64건으로 다른 출원인에 비해 특허 출원을 많이 하여, 기술 시장을 선도하고 있다고 판단

– 한편, 네이버랩스(주)는 로봇의 건축물 적용 기술 특허를 유일하게 보유하고 있으며, 이는 세계 최초 로봇 친화형 빌딩인 '네이버1784'의 건설을 통해 특허를 출원 하고 기술을 선도하는 것을 알 수 있음

○ 그 외에도 네이버랩스(주)가 41건, 삼성전자(주)가 38건, 한국로봇융합연구원이 12건, 일본의 도요타모터가 10건의 특허를 출원



[그림 2-22] 출원인별 특허 출원 건수 및 기술 집중도

출처: 연구진 작성

○ 1구간(1982년~2003년) 특허의 핵심키워드는 '이동로봇, 작업공간, 로봇시스템' 등이며, 2구간(2004년~2024년)에서는 'Indoor Mobile Robot, Indoor Environment'의 키워드가 등장하여 실내 이동 로봇기술 분야에 대한 연구 동향 변화를 파악

1구간(1982~2003) 핵심키워드 | 2구간(2004~2024) 핵심키워드

[그림 2-23] 핵심 키워드 변화

출처: 연구진 작성

3) 건축공간 관련 분야 기술 역량 분석

□ 스마트 빌딩 관련 분야 국가전략기술의 수준 및 격차

○ 건설·교통 분야의 최고 기술 보유국인 미국 대비 국내 기술 수준은 84.0%이며, 기술 격차는 2.6년으로 평가

[표 2-28] 건설·교통 관련 분야 국가전략별의 기술별 기술수준 및 기술격차

국가전략기술	기술수준·격차		연구단계역량	
	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
지능형 건물관리기술	82.0	3.0	우수	우수
친환경 다기능 건설재료 기술	80.0	3.0	우수	탁월
스마트홈 기술	85.0	1.8	보통	우수
지속가능한 도시재생 기술	80.0	3.5	보통	보통
스마트시티 구축 및 운영 기술	86.5	1.5	우수	우수
국토공간정보 구축 및 분석기술	81.0	3.0	보통	우수
지속가능한 인프라 구조물 건설기술	85.0	3.8	우수	우수
빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술	80.0	3.5	보통	우수
스마트 도로교통 기술	80.0	3.0	보통	우수
스마트 철도교통 기술	86.5	3.0	보통	우수
지능형 물류체계기술	80.0	3.0	보통	우수

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가 – 건설·교통에서 내용 발췌하여 정리

○ 건설·교통 분야 중에서 해당 기술의 기술수준 평균은 83.5%, 기술격차 평균은 2.4년으로 추격그룹에 포함

- 지능형 건물관리기술의 기술수준은 82.0%, 기술격차는 3.0년으로 추격그룹에 포함
- 스마트홈 기술의 기술수준은 85.0%, 기술격차는 1.8년으로 추격그룹에 포함

[표 2-29] 건설·교통 관련 분야 국가전략별 기술별 기술수준 및 기술격차

분야	국가전략기술	최고 기술국	기술수준·격차			연구단계역량	
			그룹	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
건설·교통	지능형 건물관리기술	미국	추격	82.0	3.0	우수	우수
	스마트홈 기술	미국	추격	85.0	1.8	보통	우수

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가에서 내용 발췌하여 정리

[표 2-30] 건설·교통 관련 분야 평균 기술수준 및 격차

분야	평균 기술수준·격차	
	수준(%)	격차(년)
건설·교통	83.5	2.4

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가 – 건설·교통에서 내용 발췌하여 정리

□ 로봇 관련 분야 국가전략기술의 수준 및 격차

○ 기계·제조 분야 적응형 서비스 로봇 기술의 최고기술 보유국인 미국 대비 기술 수준은 83.5%이며, 기술격차는 2.5년으로 평가

[표 2-31] 기계·제조 관련 분야 국가전략별의 기술별 기술수준 및 기술격차

국가전략기술	기술수준·격차		연구단계역량	
	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
선박 전생애주기 통합형 기반기술	85	1.8	우수	탁월
친환경·스마트 선박 기술	81	3.0	보통	우수
해양플랜트 실용화 기술	75	6.0	보통	보통
친환경·스마트 플랜트 기반기술	82	4.0	보통	우수
스마트 자동차 기술	84	2.5	보통	우수
친환경 고효율 자동차 기술	90	1.5	우수	우수
적응형 서비스 로봇 기술	83.5	2.5	보통	우수
재난구조 및 극한탐사 로봇기술	80	3.0	우수	우수
스마트 제조로봇 기술	80	3.0	보통	우수
스마트 팩토리 기술	75	3.0	보통	우수
고효율·초정밀 생산시스템 기술	80	3.5	우수	우수
3D 프린팅 장비·소재 기술	67.5	3.8	보통	우수
3D 프린팅 소프트웨어·활용 기술	70	2.8	보통	우수

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가 - 건설·교통에서 내용 발췌하여 정리

○ 기계·제조 분야 중에서 해당 기술의 기술수준 평균은 91.7%, 기술격차 평균은 1.7년으로 추격그룹에 포함

- 적응형 서비스 로봇 기술은 83.5%, 기술격차는 2.5년으로 추격그룹에 포함

[표 2-32] 기계·제조 관련 분야 국가전략별 기술별 기술수준 및 기술격차

분야	국가전략기술	최고 기술국	기술수준·격차			연구단계역량	
			그룹	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
기계·제조	적응형 서비스 로봇 기술	미국	추격	83.5	2.5	보통	우수

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가 - 건설·교통에서 내용 발췌하여 정리

[표 2-33] 기계·제조 관련 분야 평균 기술수준 및 격차

분야	평균 기술수준·격차	
	수준(%)	격차(년)
기계·제조	91.7	1.7

출처: 한국과학기술기획평가원(2021), 2020년 기술수준평가

2.3.2 연구개발 인프라 현황 분석

1) 기관 및 시설 현황

□ 공공기관

○ 국내 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련 분야 연구는 건축·건설·로보틱스 등 다양한 분야의 국가 공공기관에서 기술개발 및 연구를 수행

- 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련 분야 기술 관련 고도화 및 신기술 개발, 첨단기술 융복합 연구 등을 추진하고 있으며, 법·제도 관련 연구 등 광범위한 분야에 걸쳐 연구 수행

[표 2-34] 국내 주요 연구기관 및 연구내용

기관명	분야	연구내용
건축공간연구원	건축연구	- 건축 관련 제도·산업의 활성화, 건축협정시범사업 운영·관리와 건축 관련 제도의 선진화 방안, 건축서비스산업 활성화를 위한 조사 등 건축 관련 연구를 수행 - 세부 연구 분야로 스마트 도시연구를 수행하고 있으며 스마트도시와 연계한 건축·도시공간 정책 및 제도개선 연구, 스마트도시계획 수립에 따른 컨설팅 지원 및 모니터링 등을 실시
한국건설기술연구원	미래스마트건설 연구본부	- 미래 스마트 건설 구현을 위한 건설산업 디지털 전환을 주제로 융복합 기술개발과 실용화 관련 연구 수행 - 스마트도시 표준화 및 관련 정책 연구, 스마트 IoT 대응기술 개발 등 분야에서 현장 적용을 통한 실용화 및 기업 지원 등 연구성과가 현장으로 직접 이어질 수 있는 패키지형 연구를 수행
한국건설산업연구원	건설기술·관리연구실	- 건설기술 및 안전관련 정책과 제도, 건설사업관리(CEPM), 스마트 건설기술과 건설산업의 디지털 전환, 기업 및 현장의 생산성 향상, 기술 경쟁력 제고, 건설기업의 경영·재무·보증에 관한 연구 등을 수행 - 해외 건설시장 및 전략, 건설산업의 녹색성장에 관한 연구와 자문 및 컨설팅 등을 실시
한국로봇융합연구원	인간로봇상호작용 연구센터	- 인간-로봇 간 상호작용과 관련된 기술 개발 - 로봇의 멀티모달 인터랙션을 위한 대화모델 및 사용자 의도 인식 기술, 모바일 로봇의 제어 및 자율주행 기술, 사용자 행동의 수학적 모델링 연구, 사용자경험 향상을 위한 협업 디자인 연구 등을 실시
한국로봇산업진흥원	로봇산업	- 로봇산업 진흥 기관으로 로봇산업 육성 정책 개발, 실증 사업 등을 실시 - 시장창출형 로봇실증사업 - 로봇활용 제조혁신 지원사업
한국전자기술연구원	스마트머신·로봇 연구단	- 지능, 동작, 부품(모터, 센서, 제어기 등), 플랫폼 등의 로봇 기술을 중점적으로 연구 - 또한, 일렉트리피케이션(Electrification) 기술변화로 대변되는 EV(전기자동차), PAV(개인용 비행체) 등의 차세대 모빌리티용 전기동력 모듈 및 고효율 전력 변환 시스템(인버터, 컨버터) 등의 기술개발에 주력

출처: 각 연구원 홈페이지에서 내용 발췌하여 정리 (검색일 : 2023.08.17.)

□ 학계

○ 건축공간 및 관련 융복합 서비스 분야 건축·토목·안전공학 등 학과에서 본 기술과 관련된 연구수행 및 인재양성

- 각 교육 기관은 건축공간 관련 분야를 중심으로 유관 분야에 대해 교육하고, 전문대학 이상의 교육기관은 유관 전공자와 건축공간 관련 분야 기술의 융·복합에 대한 교육 진행
- 건축·토목·안전공학 등에서 건축공간을, 전자공학·로봇공학 등에서 융복합 서비스를 연구하는 등 학과의 성격에 따라 본 기술과 관련된 교육을 실시하여 전문인력을 양성

[표 2-35] 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련 분야 학교 및 학과

지역	대학	학과명	연구분야	분야소개·주요 연구성과
서울	서울대학교	-건설환경공학부 -전기·정보공학부	-도시계획 및 설계 -로봇제어 및 로봇학습	-스마트 모빌리티 서비스 지원을 위한 통합 결제기술 개발 및 시범운영
	연세대학교	-공과대학	-건축공학 -도시공학 -건설환경공학	-건축공간을 창의적으로 만들어낼 수 있는 건축설계분야 -확보된 공간의 안전성과 사용성을 보장하는 건축구조분야 -ITS(Intelligent Transportation Systems), 교통안전 및 환경을 연구하는 첨단교통분야 -다양한 도시문제 해결, 시민들의 삶의 질 향상, 지속가능한 인프라의 효율적 설계·건설·유지관리 및 운영에 대해 연구하는 스마트시티 인프라 기술분야
	이화여자대학교	-건축도시시스템공학	-건축공학 -건축 환경 및 설비	-건축환경 및 설비, 패시브 하우스, 제로에너지건축, 신재생 에너지 분야 -제로에너지 건축물 구현을 위한 저에너지 친환경 건축기술 연구
	한양대학교	-건축IT융합 -전기공학 -도시공학	-건축공학 -신호처리 인공지능	-BIM기반 건축물 Universal Design 평가 방법론에 관한 연구분야 -신호처리, 인공지능, 모빌리티 기술분야 -교통분야, 친환경자동차 보급계획 분야
	경희대학교	-전자공학	-자동제어, 로봇공학	-Gazebo 시뮬레이터를 활용한 고층 건물에서의 이동 로봇 실내 자율주행 알고리즘 기술 분야 -고층 건물환경에서의 로봇 네비게이션을 위한 시뮬레이션 환경 분야
	세종대학교	-건축공학	-건설관리 및 경영	-빅데이터, PA예측, 머신러닝 등 기술을 건설에 접목하는 연구
	홍익대학교	-건축공학	-건축디자인	-건축과 도시 개념 구축 및 공간디자인 분야
	동국대학교	-기계로봇에너지공학	-로봇공학 -기계제어 및 자동화 -소프트 로보틱스	-로봇공학, 인공지능, 기계공학 등 로봇연구 분야
인천	인하대학교	-물류학부	-물류학	-데이터가 이끄는 물류기술 연구 분야
안양	성결대학교	-도시디자인정보공학	-도시계획	-도시 계획과 관리, 개발 보전 기술 분야 -디자인분야의 분석기법 연구 분야

지역	대학	학과명	연구분야	분야소개·주요 연구성과
시흥	한국공학대학교	-전자공학	-로봇제어	-차세대 건물 배송 로봇 시스템 기술분야
대전	한국과학기술원(KAIST)	-건축공학 -전기전자공학 -도시공학	-도시설계	-실내 자율주행 로봇을 위한 3차원 다중 정밀 지도 구축 및 위치 추정 알고리즘 기술 분야 -메타버스, 가상현실과 가상세계, 디지털 건축, 스마트 워킹공간 기술 분야
	한남대학교	-건축공학	-건축설계	-자동화 및 정보통신 응용기술 분야 연구 -친환경, 에너지 절감 건축 구현 기술
진주	경상국립대학교	-건축공학	-건축설계	-미래지향적 건축 계획 및 공간 디자인 연구

출처: 각 대학교 홈페이지에서 내용 발췌하여 정리(검색일 : 2023.08.17.)

□ 민간기업

○ 건축공간 및 융복합 서비스 분야의 R&D를 수행하고 있는 국내 산업체는 스마트빌딩에 관한 신성장 사업을 고려한 연구개발에 투자 중

- 건축분야 사업체는 건축공간의 새로운 가치 창출 및 사업화를 위한 연구개발에 집중하고 있으며, 로보틱스 관련 기업을 중심으로 빌딩 및 건축공간 관련 융복합 서비스에 관한 기술개발 연구를 수행 중
- 향후 건축공간 관련 분야의 신성장 사업인 로봇분야에 대한 활발한 실증 및 연구가 진행될 것으로 기대

[표 2-36] 국내 주요 연구기관 및 연구내용

지역	기관	분야	분야소개·연구개발
서울	삼우종합건축사사무소	-도시계획/설계 -건축설계 -하이테크설계 -실내설계 -엔지니어링설계 -친환경설계	-도시설계, 도시계획, 조경계획 등에 대한 종합적인 솔루션 제공 -디자인, 엔지니어링, 시공, 유지관리 등 건축물 생애 주기 전반에 걸친 토탈 솔루션을 제공 -연구 센터 구축을 통해 OSC(Off-Site Construction) 및 모듈러 기술에 관한 연구를 수행
	간삼건축종합건축사사무소	-건축설계 -조경설계 -인테리어 설계 -도시계획/마스터플랜	-주거, 문화, 연구, 도시 전문가 그룹과 함께 건축 설계를 전주기적으로 통합 관리하며 생활문제, 사회, 도시, 환경에 대한 문제 해결을 위한 솔루션을 제안
	희림종합건축사사무소	-건축디자인 -인테리어디자인 -친환경디자인 -도시설계 -건축연구	-운영 타당성 평가, 품질 보증, VE(Value Engineering) 등을 포함한 모든 측면을 고려한 건설사업관리 분야 매니지먼트 서비스를 제공 -BIM(Building Information Modeling), CM 기술 및 디지털 디자인에 관한 연구를 수행
	현대건설	-토목사업 -건축사업 -주택사업 -플랜트사업 -New Energy 시업	-자사 연구 센터인 그린스마트 이노베이션 센터(Green Smart Innovation Center, GSIC)의 시공과정에서 100개 이상의 친환경·에너지 저감기술을 적용 -지진(진동), 강풍(풍동) 등 극한 환경을 극복할 수 있는 건축구조물, 교량, 원전, 플랜트, 해양구조물에 관한 연구를 추진

지역	기관	분야	분야소개·연구개발
	한화건설	-건축사업 -주택사업 -토목사업 -플랜트사업 -마스터피스 사업	-기능과 미학이 동시에 요구되는 교육 및 의료시설, 대규모 전시행사를 수행할 수 있는 문화시설과 복합 스포츠시설, 호텔 및 리조트, 복합 역사, IT 센터 등 건축사업 전 분야에 대한 시공 경험을 보유 -도로, 철도 및 교량과 신재생 에너지를 위한 공공 인프라 건설에 대한 시공 기술 및 관련 솔루션 제공
	LG전자	-인공지능 로봇산업	-미래성장동력으로 AI(인공지능)과 로봇을 활용해 호텔과 리조트를 관리할 수 있는 솔루션 제공 -로봇, 자율주행, 5G, 원격제어, DID(사물 신원 인증 기술) 등 다양한 혁신기술을 제공하는 AI 시설관리솔루션 출시
	LG사이언스파크	-커넥티드카 -파워트레인 -차세대 디스플레이 -로봇	-기존의 전기, 전자, 부품사업 역량을 바탕으로 한 미래 친환경 자동차 부품사업뿐만 아니라 5G 기술과 자율 주행 데이터 수집, 분석 등의 더해 종합적인 커넥티드카 솔루션을 개발하고 확보 -호텔, 병원, F&B 등 각종 빌딩 맞춤형 솔루션을 선보이고 있으며 LG CNS는 IT서비스 업계 최초로 기업과 로봇 제조사 사이에 위치해 양쪽 모두의 최적화 운영을 가능케 하는 로봇 서비스 플랫폼 '오롯(Orott)'을 출시
	KT	-AI -Big Data -Cloud	-기존 비즈니스의 한계를 극복하고 업무효율 향상 및 서비스 혁신을 위한 최적화 솔루션 제공 -유동인구정보, 생활소비정보, 공공정보 등 빅데이터 제공, 데이터 분석 결과 제공 및 데이터 맞춤 설계 솔루션 제시 -디지털 전환에 필요한 대용량 데이터 처리, 안정적인 시스템 운영 및 비용 절감 지원
	솔리데오시스템즈	-디지털 정부사업 -데이터플랫폼 -솔루션	-25년간 디지털 정부 사업에 지속적인 참여를 통해 공공부문 마이데이터 구축 사업, BIM 기반 시설물 유지관리, 식의약종합정보시스템 등 개발 및 구축 -부동산 빅데이터 기반 프롭테크 플랫폼 서비스 제공, 정부 전자증명서 관리 앱 등 데이터 플랫폼 서비스 제공 -사물인터넷(IoT) 기반 시설물 최적화 관리솔루션 제공
	빅웨이브로보스틱스	-토탈 로봇 솔루션 -로봇 자동화	-플랫폼 내 로봇 마케팅 매칭, 로봇 자동화 플랫폼 -청소로봇, 산업용 로봇, 협동로봇 등 서비스로봇 플랫폼 운영
성남	네이버 랩스	-Digital Twin -Robotics -Autonomous Driving -VL & AR -Around Platform	-자율주행, 로봇, 스마트시티, Xr 등에 활용할 수 있는 최신 디지털 트윈 솔루션 연구 -공장이 아닌 일상 공간 속 로봇을 위한 핵심 기술들 개발 -실제 도로 위에서 측위, 인지, 플래닝과 컨트롤에 이르는 풀스택 자율주행 기술 고도화 -이미지를 분석해 현재 위치를 인식하는 기술, 실제 공간과 정보를 자연스럽게 융합하는 기술 연구 -클라우드 기반 로봇 플랫폼과 인간-로봇 간 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI)을 연구
	트위니	-자율주행 로봇(AMR)	-별도의 인프라 없이, 변화가 잦은 환경에서도 주행할 수

지역	기관	분야	분야소개·연구개발
		–자율주행 소프트웨어(AMR S/W) –무인 운반 자율주행로봇(AGV)	있고, 엘리베이터와 연동가능한 자율주행 로봇 제공 –로봇에 탑재된 센서 기반 지도작성 및 자율주행을 수행할 수 있는 자율주행 S/W 개발 –정밀 위치 제어 기능 및 센서 기반 기술을 통해 측위·장애물 대응이 가능한 무인 문반 자율주행로봇 상용화
용인	카크랩	–집합 건물용 차량 엘리베이터 및 관련 장치	–집합 건물(아파트, 오피스텔 등)의 개별 전용공간 옆에 주차 공간을 구비하고 주차할 수 있는 수직 주차용 차량 엘리베이터 및 제조 시스템개발
충주	현대엘리베이터	–엘리베이터 –에스컬레이터/무빙워크 –주차시스템	–세계 최고속도인 분속 1,260m 엘리베이터 개발 –여러 대의 엘리베이터를 인공지능 기반 군관리시스템에 통합하여 이동 방향이 같은 승객들을 가장 먼저 도착하는 승강기에 탑승하도록 유도하는 시스템개발
전주	LX 한국국토 정보공사	–지적측량 –지적재조사 –공간정보	–종이 지적도를 디지털화하여 우리 땅의 가치를 높이고, 공간정보산업의 토대를 위한 지적정보 구축 –정부와 표준개발협력기관의 유기적인 협업체계를 통해 국내외 공간정보표준에 대한 통합 운영 및 관리체계를 구축하고, 국가공간정보 표준화 및 공간정보 품질 향상을 위한 사업을 추진

출처: 각 기업 홈페이지에서 내용 발췌하여 정리 (검색일 : 2023.08.17.)

□ 기타

○ 관련 학·협회의 전문가 교류 및 협력을 통해 시공·설계·안전 등 건축공간 분야 기술 발전을 견인하고 첨단 기술과의 융복합 서비스를 발굴하여 미래 건축공간 혁신을 실현

– 다양한 전문가를 통해 인재 양성, 관련 기술 자문, 기술정보 제공 등의 역할을 수행하며, 건축문화 발전, 건축기술의 향상, 미래건축에 대한 연구 수행 및 지원

[표 2-37] 기타 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련기관(협회) 및 연구내용

기관명	분야	연구내용
대한건축학회	건축연구	–건축 혁신기술에 관련한 이론 및 기술의 개발, 연구 –기타 관련분야 연구에 대한 행정 및 기술 정보 제공 –건축성능인증 및 평가업무
대한국토도시계획학회	광역계획	–국토 및 도시계획 관련 연구, 자문 및 평가
한국도시설계학회	도시설계	–도시 공간 개발기술 관련 이론 및 기술연구 –스마트기술 적용을 위한 도시계획 연구
스마트도시건축학회	스마트도시건축	–스마트도시, 건축에 관한 학술연구
한국로봇학회	로봇	–로봇분야 학술 연구

출처 : 각 협회 홈페이지에서 내용 발췌하여 정리 (검색일 : 2023.08.17.)

2) 연구인력 현황

□ 로봇기술 분야의 최근 5년간(2019년~2023년) 1,000건 이상의 R&D 과제 수행, 참여 연구인력은 18,000명 이상으로 R&D 수행을 위한 연구 인력은 확보 가능한 수준

○ 정부 R&D 과제 수행 현황을 기준으로 2019년에서 2023년까지 총 1,057건의 R&D 과제가 수행되었고, 참여 연구인력은 18,657명으로 확인되어, R&D 수행을 위한 연구 인력은 충분히 확보 가능할 것으로 판단

- 로봇기술과 관련된 과제 참여 인력은 18,657명(중복허용)으로 2019년 2,166명 대비 2023년 5,048명으로 연평균 18.44%의 성장률을 보임

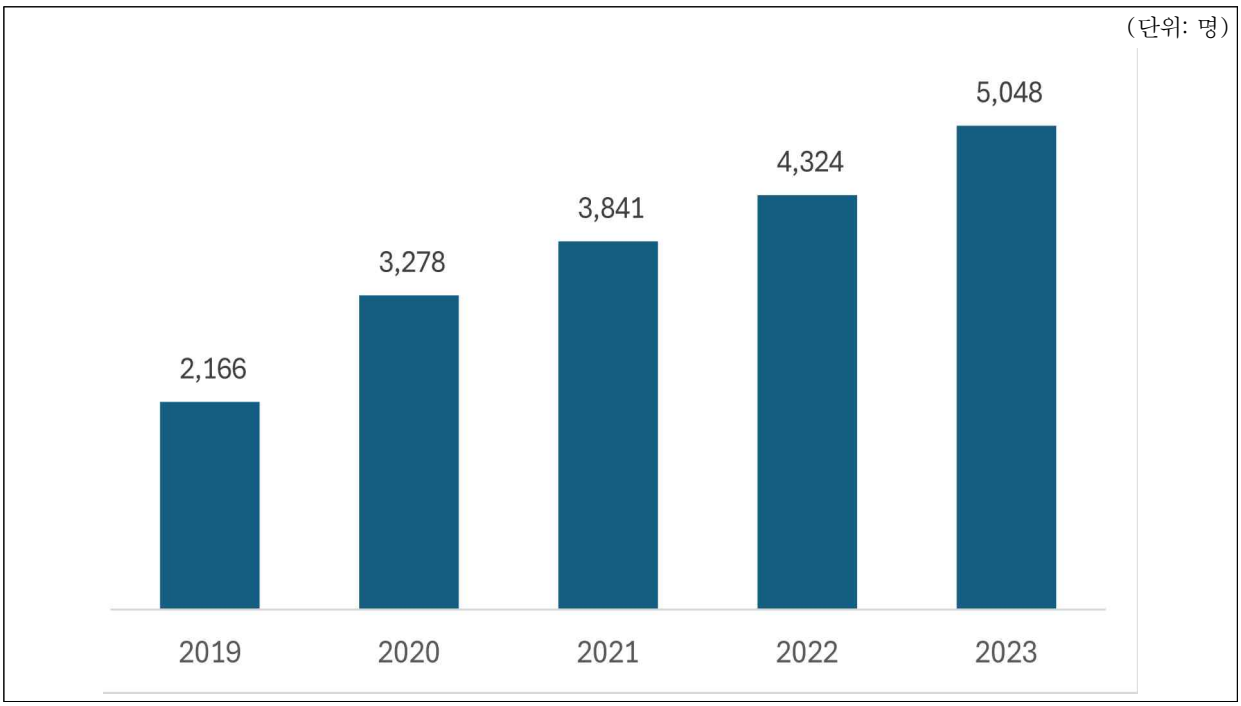
○ 본 사업의 투입되는 인력은 매년 투입되는 참여 연구 인력수를 기준으로 산정

[표 2-38] 최근 5년간('19~'23) 로봇 기술 분야 관련 정부 R&D 과제 및 참여연구인력 현황

(단위: 건, 명)

년도	과제 수	참여연구원 수	과제 평균 참여연구원 수
2019	123	2,166	17.6
2020	177	3,278	18.5
2021	230	3,841	16.7
2022	247	4,324	17.5
2023	280	5,048	18.0
합계	1,057	18,657	17.7

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성



[그림 2-24] 로봇 기술 관련 분야 R&D 참여연구인력 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

3) 연구개발 성과 및 한계 분석

□ 로봇 개발 및 실증 사업 성과

○ 보건복지부, 산업통상자원부, 환경부 등 개별 부처에서 로봇 서비스 개발을 위한 연구개발, 실증 사업 추진

○ 건축공간 내 서비스 로봇 운용을 실증하고 그 결과를 로봇 서비스 개선과 고도화에 활용

○ 로봇 원격 제어, 모니터링을 위한 관제 시스템 개발 및 운영, 다종 로봇의 통합 관제 시스템 개발

[표 2-39] 부처별 로봇 개발 및 사업 성과

과제명	수요자 중심 돌봄로봇 및 서비스 실증연구개발	감염우려 의료폐기물 처리 기술개발	감염병 의료안전 강화 기술개발	대규모 융합 로봇 실증사업
사업 기간	2023년 ~ 2027년	2021년 ~ 2024년	2022년 ~ 2024년	2022년 ~ 2023년
사업비	168억원	199억원	252억원	-
관계부처	보건복지부	환경부	보건복지부	산업통상자원부
개발목표	협소공간에서 장애인과 노인의 슬라이딩 이승, 자세 변환을 위한 돌봄 로봇 시스템 개발, 실증, 상용화	폐기물 처리 시스템과 연동되는 의료 폐기물을 이송하는 로봇제품 개발 및 실증	포터블 훈증 방역기 모듈 기반 비대면 자동화 방역 로봇 시스템 개발 및 임상 평가	서비스로봇 전문 SI기업 발굴을 통한 다종·다수 로봇 활용 사회적 문제해결과 국민의 편의 증진 및 로봇산업 규제개선과 산업 규모 확대
연구 내용 및 주요성과	• 모니터링과 돌봄 업무지원을 위한 인공지능 돌봄 로봇 시스템 개발 • 여러 대의 돌봄 로봇 상태를 원격 모니터링 할 수 있는 다중 원격 모니터링 시스템 및 관제 시스템 개발 • 돌봄 데이터 활용 시나리오 및 서비스 개발/적용 • 돌봄 로봇 시스템 및 관제 스테이션의 현장 실증 • 돌봄 로봇 사업화 방안 및 비즈니스 모델 개발	• 로봇의 의료 폐기물 이송을 위한 기본 기능 확보 • 로봇 엘리베이터 탑승 및 자동문 출입 기능 개발 • 폐기물 자동 수거/하역을 위한 장치, 수납함과 연동한 로봇개발 및 검증 - 로봇에 자동적재를 위한 보조장치(리프트, 매니퓰레이터등 등) 컨셉 디자인, 검증, 수정보완 - 필요 시 폐기물 수거함 부 인프라 추가(팔렛트, 도킹가능 구조, 카트구조 수거함 받침대) • 이송로봇 의료기관 현장 검증 및 최적화	• 의료 환경에서 안정적 주행이 가능한 로봇기술 개발 및 고도화 • 멸균 공간 신속 중성화 방역 로봇 개발 • 방역 로봇 통합 관제 인프라 개발 • 의료환경 오염 제거 수준 평가 표준화 개발 • 비대면 방역 로봇 자가 소독 기능 평가 표준화 개발 • 비대면 랜드마크 프리 로봇 방역서비스 모델 개발 및 임상 평가	• 의료진 업무경감 및 환자 편의 증대, 의료진 보조 및 긴급대응 국가유공자 이동편익 증대, 全병원 비대면·완전 자동化) 등을 위한 다수·다종 서비스 로봇의 병원 내 실증을 통해 도입 가능성 실증 및 의료서비스 로봇의 고도화

출처: 개별 기술개발 보고서 참고하여 연구진 작성

□ 연구 개발 및 유사 사업 한계

○ 연구 개발 사업을 통해 개발된 일부 서비스 로봇의 실증에 국한

○ 로봇 실증의 공간 범위가 건축물 내 일부 공간(엘리베이터, 출입문 등)에 한정되어 있으며, 건축물 설계 단계를 고려하지 않아 개축(리모델링) 건축물에 한정

○ 로봇 서비스 운용을 위한 건축 공간의 표준 모델 부재로 실증 대상지에 따라 로봇 서비스 제공 가능성, 효용성이 달라질 수 있음

○ 연구 개발 및 실증의 결과가 건축 공간의 개선에 반영 및 활용 미흡

[표 2-40] 부처별 로봇 개발 및 사업 성과

과제명	수요자 중심 돌봄로봇 및 서비스 실증연구개발	감염우려 의료폐기물 처리 기술개발	감염병 의료안전 강화 기술개발	대규모 융합 로봇 실증사업
사업 기간	2023년 ~ 2027년	2021년 ~ 2024년	2022년 ~ 2024년	2022년 ~ 2023년
사업비	168억원	199억원	252억원	-
관계부처	보건복지부	환경부	보건복지부	산업통상자원부
연구 내용	• 모니터링과 돌봄 업무지원을 위한 인공지능 돌봄 로봇 시스템 개발 • 여러 대의 돌봄 로봇 상태를 원격 모니터링 할 수 있는 다중 원격 모니터링 시스템 및 관제 시스템 개발 • 돌봄 데이터 활용 시나리오 및 서비스 개발/적용 • 돌봄 로봇 시스템 및 관제 스테이션의 현장 실증 • 돌봄 로봇 사업화 방안 및 비즈니스 모델 개발	• 로봇의 의료 폐기물 이송을 위한 기본 기능 확보 • 로봇 엘리베이터 탑승 및 자동문 출입 기능 개발 • 폐기물 자동 수거/하역을 위한 장치, 수납함과 연동한 로봇개발 및 검증 - 로봇에 자동적재를 위한 보조장치(리프트, 매니퓰레이터등 등) 컨셉 디자인, 검증, 수정보완 - 필요 시 폐기물 수거함 부 인프라 추가(팔렛트, 도킹가능 구조, 카트구조 수거함 받침대) • 이송로봇 의료기관 현장 검증 및 최적화	• 의료환경에서 안정적 주행이 가능한 로봇기술 개발 및 고도화 • 멸균 공간 신속 중성화 방역 로봇 개발 • 방역 로봇 통합 관제 인프라 개발 • 의료환경 오염 제거 수준 평가 표준화 개발 • 비대면 방역 로봇 자가 소독 기능 평가 표준화 개발 • 비대면 랜드마크 프리 로봇 방역서비스 모델 개발 및 임상 평가	• 의료진 업무경감 및 환자 편의 증대, 의료진 보조 및 긴급대응 국가유공자 이동편익 증대, 全병원 비대면·완전 자동化) 등을 위한 다수·다종 서비스 로봇의 병원 내 실증을 통해 도입 가능성 실증 및 의료서비스 로봇의 고도화
한계점	• 해당 연구개발 사업에서 개발된 돌봄 로봇의 실증, 관제에 국한 : 특정 로봇의 실증에 그침	• 기개발된 로봇의 엘리베이터 탑승 및 자동문 통과 검증으로 건축물 일부 공간에 한정하여 로봇 개발 및 검증 • 내용적 범위로 건축물의 공간 설계까지 고려되지 않음	• 실증 대상지의 환경 요인은 고정되어 있음 • 연구 개발 결과가 로봇의 기술 개선, 개발에 활용에 그침 • 건축물 관점의 기술개발에 미활용	• 병원 내 다수·다종 로봇의 이동과 서비스를 실증하였으나 건축물 설계 기준 발굴 및 표준화 내용은 미포함

출처: 개별 기술개발 보고서 참고하여 연구진 작성

□ R&D 투자 현황, 인프라 현황, 특허 현황의 주요 시사점을 도출

○ 국내 로봇 기술의 개발을 위한 R&D 과제는 다수 추진되고 있으나 건축물과 로봇 기술의 융합을 위한 건축물 조성과 관련된 기술 개발 연구는 전무

- 로봇 분야별 전체(2019년~2023년) R&D 과제수는 1,057개로,그 중 로봇 서비스(28.7%)·로봇 인식(AI) 제어기술(27.8%)분야가 전체의 56.5%로 가장 많은 과제가 진행
- 로봇 운영 관리 기술은 특정 로봇 서비스 기술, 로봇 인식·제어 기술에 이어 많은 R&D를 추진해오고 있으나 로봇 관제 시스템에 국한되어 건물 관리 시스템과의 통합 운영 개념 도입 필요
- 산업부를 중심으로 개발된 로봇의 테스트배드, 기술검증 형식으로 로봇의 성능평가 및 피드백에 국한되어 실증 사업을 추진함에 따라 실제 건축물에 적용된 사례는 극히 드문 상황

○ 건축 설계사무소, 전문 인력, 등 로봇 친화 건축물 관련 설계 기술을 개발하고 연구함에 있어 인력은 충분하며, 다양한 분야의 국가 공공기관에서 기술개발 및 연구를 활발히 수행 중

- 로봇기술과 관련된 과제 참여 인력은 18,657명(중복허용)으로 2019년 2,166명 대비 2023년 5,048명으로 매년 증가 추세

○ 로봇의 운영 및 관리 기술과 관련된 특허 출원 건수는 증가추세이며, 로봇 기술의 건축물 적용 관련 특허는 네이버 신사옥 건립을 통해 출원 중인 상황

[표 2-41] 주요 시사점

구분	주요 시사점
R&D 투자 현황	• 로봇 분야별 전체(2019년~2023년) R&D 과제수는 1,057개로,그 중 로봇 서비스(28.7%)·로봇 인식(AI) 제어기술(27.8%)분야가 전체의 56.5%로 가장 많은 과제가 진행됨 • 로봇 운영 관리 기술은 특정 로봇 서비스 기술, 로봇 인식·제어 기술에 이어 많은 R&D를 추진해오고 있으나 로봇 관제 시스템에 국한되어 건물 관리 시스템과의 통합 운영 개념 도입 필요 • 산업부를 중심으로 개발된 로봇의 테스트배드, 기술검증 형식으로 로봇의 성능평가 및 피드백에 국한되어 실증 사업을 추진함에 따라 실제 건축물에 적용된 사례는 극히 드문 상황
인프라 현황	• 로봇 친화 건축물 관련 설계 기술은 건축 설계사무소의 비중이 높은 편으로 관련 연구인력 또한 충분 • 국내 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련 분야 연구는 건축·건설·로보틱스 등 다양한 분야의 국가 공공기관에서 기술개발 및 연구를 수행 • 로봇기술과 관련된 과제 참여 인력은 18,657명(중복허용)으로 2019년 2,166명 대비 2023년 5,048명으로 매년 증가 추세
특허 현황	• 특정 서비스 로봇의 설계 규격에 관한 특허가 절대다수로 건축물 관점에서 접근한 네이버 랩스의 경우에도 로봇 관제 운영에 초점을 맞추고 있음 • 로봇 운영 관리 기술 특허 출원 건수는 점차 늘어나고 있으며, 특정 서비스 제공 로봇 특허, 로봇 이동 지원을 위한 특허 다음으로 많은 특허 출원 건수를 보임 • 건축물 적용 관련 특허는 한국의 네이버랩스가 네이버 신사옥을 건립하며 주요하게 출원하고 있는 상황

출처: 연구진 작성

2.4 종합분석

□ 대내외 환경분석

○ 전세계적으로 현재 로봇 기술을 개발하고 관련 산업의 육성을 지원하는 정책, 제도 등이 추진 중이며 특히, 로봇 친화 건축물 조성과 관련된 서비스 로봇에 대한 기술 개발 관심이 증대됨에 따라 관련 산업 및 시장도 지속적으로 성장할 것을 전망

○ 서비스 로봇 관련 수요는 증가하고 있으나, 건축물의 조성(설계), 사용(운영 및 관리) 전 과정에서 필요한 서비스 로봇의 건물 내 이동, 제한된 서비스 제공의 적용은 초기 단계로 관련 원천기술의 확보가 필요한 시점

[표 2-42] 대내외 환경분석 종합분석

환경분석	주요 시사점
정책적	• 전세계적으로 스마트+빌딩과 관련하여 정부 주도하에 서비스 로봇 관련 기술 개발 및 산업육성 지원정책을 추진 중
산업·시장적	• 글로벌 로봇 산업 시장은 산업용 제조로봇 중심에서 인구 고령화, 삶의 질 향상 추구 등의 이유로 서비스 로봇으로의 전환 및 지속적 성장이 진행중인 상황
기술적	• 서비스 로봇의 건물 내 이동, 제한된 서비스 제공 등 건물 내외 서비스 로봇기술의 적용은 매우 초기단계로 관련 연구를 통한 원천기술 확보가 필요 • 전 세계적으로 다양한 분야에서의 로봇 서비스가 확대됨에 따라, 관련 기술 확보및 시장 선점에 대한 경쟁이 심화될 것으로 전망

출처: 연구진 작성

□ 국내 역량분석

○ 로봇 분야의 전체 R&D 과제수 중 로봇 서비스, 로봇 인식(AI), 제어기술 분야가 전체의 56.6% 차지하고 있으나, 산업부를 중심으로 진행 중인 사업은 테스트베드, 기술 검증 형식으로 국한되어있어 실제 적용 사례는 극히 드문 상황

○ 로봇기술과 관련된 과제 참여 인력은 18,657명(중복허용)으로 2019년 2,166명 대비 2023년 5,048명으로 매년 증가하는 추세이며, 다양한 분야의 국가공공기관에서 관련 기술개발 및 연구를 수행 중

○ 로봇 기술과 건축물의 융복합과 관련된 특허를 출원함으로써 기술역량을 확보하고 국제 시장에서 기술적 우위를 선점할 수 있을 것으로 기대

[표 2-43] 국내 역량분석 종합분석

환경분석	주요 시사점
R&D 투자 현황	• 로봇 분야별 전체(2019년~2023년) R&D 과제수는 1,057개로,그 중 로봇 서비스(28.7%)·로봇 인식(AI) 제어기술(27.8%)분야가 전체의 56.5%로 가장 많은 과제가 진행됨 • 로봇 운영 관리 기술은 특정 로봇 서비스 기술, 로봇 인식·제어 기술에 이어 많은 R&D를 추진해오고 있으나 로봇 관제 시스템에 국한되어 건물 관리 시스템과의 통합 운영 개념 도입 필요 • 산업부를 중심으로 개발된 로봇의 테스트베드, 기술검증 형식으로 로봇의 성능평가 및 피드백에 국한되어 실증 사업을 추진함에 따라 실제 건축물에 적용된 사례는 극히 드문 상황
인프라 현황	• 로봇 친화 건축물 관련 설계 기술은 건축 설계사무소의 비중이 높은 편으로 관련 연구인력 또한 충분 • 국내 건축공간 및 관련 융복합 서비스 관련 분야 연구는 건축·건설·로보틱스 등 다양한 분야의 국가 공공기관에서 기술개발 및 연구를 수행 • 로봇기술과 관련된 과제 참여 인력은 18,657명(중복허용)으로 2019년 2,166명 대비 2023년 5,048명으로 매년 증가 추세
특허현황	• 특정 서비스 로봇의 설계 규격에 관한 특허가 절대다수로 건축물 관점에서 접근한 네이버 랩스의 경우에도 로봇 관제 운영에 초점을 맞추고 있음 • 로봇 운영 관리 기술 특허 출원 건수는 점차 늘어나고 있으며, 특정 서비스 제공 로봇 특허, 로봇 이동 지원을 위한 특허 다음으로 많은 특허 출원 건수를 보임 • 건축물 적용 관련 특허는 한국의 네이버랩스가 네이버 신사옥을 건립하며 주요하게 출원하고 있는 상황

출처: 연구진 작성

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

3.1 신규 연구개발사업 추진전략

3.1.1 사업 추진 방향 도출

1) 도출 방법

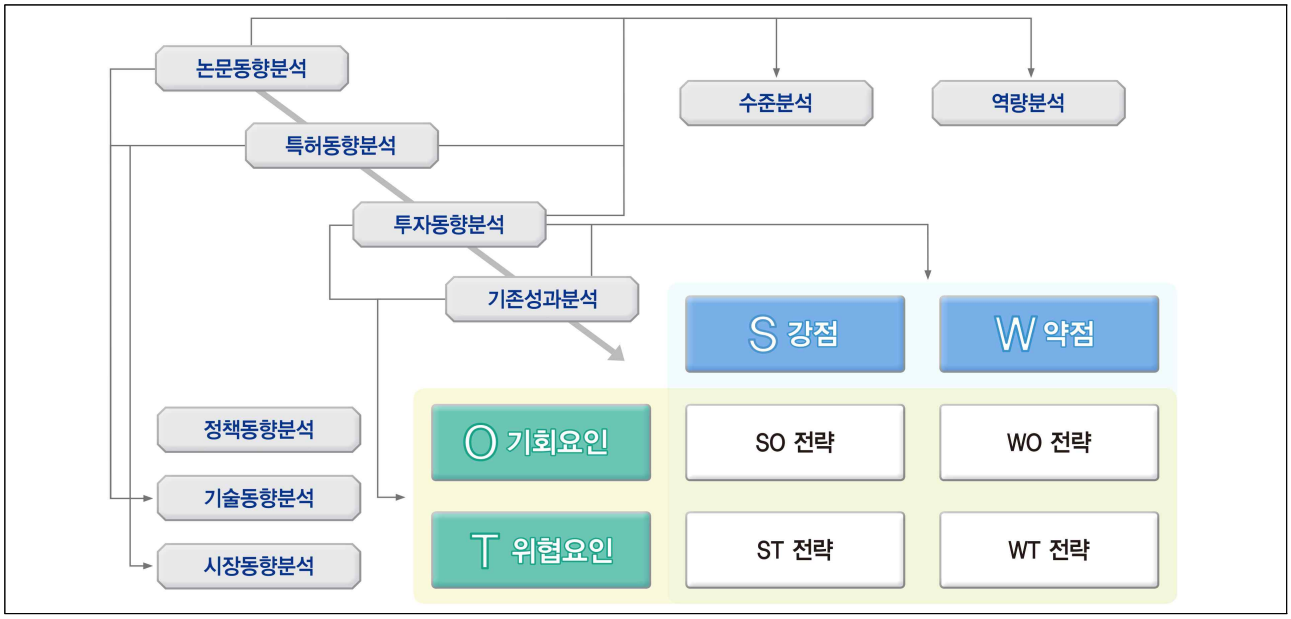
□ 글로벌 메가트렌드, 정책, 사회, 경제, 기술 환경변화를 고려한 대내외 거시환경분석(PEST) 결과와 본 사업의 추진 필요성, 시급성, 국고지원 필요성 등을 종합적으로 고려하여 사업 추진방향과 전략을 도출

○ 국내 서비스 로봇산업관련 국내 R&D 수준 및 역량 시점을 '내부환경'으로, 정책, 연구개발, 시장 약점을 '외부환경'으로 조사하여 SWOT-Matrix 분석 실시

- 내부환경은 강점과 약점(SW)으로 외부환경은 기회요인과 위협요인(OT)으로 반영
- 논문동향과 특허동향은 외부환경인 연구개발동향 분석과 시장동향 분석, 내부환경인 수준분석과 역량분석에 연계반영
- 투자동향분석과 기존성과분석 결과는 내외부 구분 없이 적용하되, 투자동향은 역량분석에도 연계반영

○ SWOT분석은 대내외 환경변화와 R&D 역량분석을 통하여 도출된 서비스 로봇산업 투자의 강점(S)과 약점(W)을 도출하고 이에 따르는 기회요인(O)과 위협요인(T)을 분석하여, SWOT matrix 분석을 통한 기술개발 전략 도출 절차로 진행

- SO는 강점을 활용한 사업성공 전략, WO는 약점극복을 통한 기회를 활용하는 전략, ST는 강점을 활용하여 위협요인을 최소화하는 전략, WT는 위협을 회피하고 약점을 최소화하는 전략 기술



[그림 3-1] 추진방향 도출 방법
출처: 연구진 작성

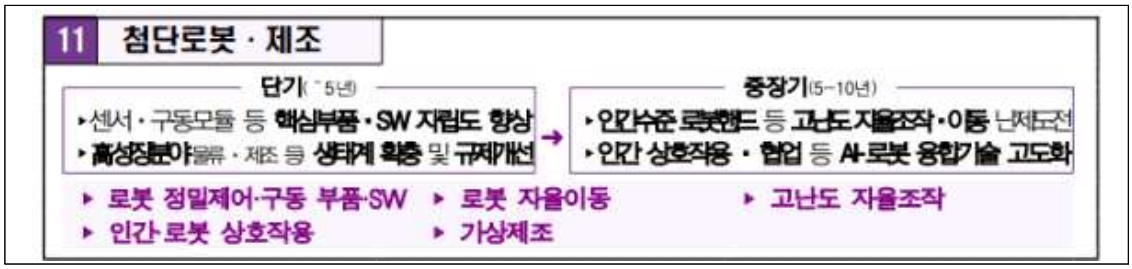
2) SWOT 분석

(1) 외부환경 : 기회와 위협

① 기회(Opportunity)

□ (기회 1) 스마트+빌딩의 활성화와 로봇산업을 지원하는 정부의 강력한 정책 추진 의지

○ 윤석열정부는 경제성장과 안보차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술을 지정하여 초격차 선도 및 대체 불가 기술 확보를 목표로 집중육성 할 것을 「120대 국정과제」로 선정



[그림 3-2] 국가전략기술 육성방안 중 동 사업 관련 내용

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 12대 국가전략기술, 대한민국 기술주권 책임진다. 10월 28일 보도자료. 붙임. 국가전략기술 육성방안 요약 등. https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?mId=113&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3182291(2023.09.07.)

○ 로봇 산업 육성을 위해 12대 국가전략기술 중 하나로 첨단로봇·제조를 선정하고, 제3차 지능형 로봇 기본계획을 수립하여 진행 중

- 국가전략기술 중 「첨단로봇·제조」는 생산공정 최적화, 스마트공장의 고도화를 위한 핵심」원천기술개발, 돌봄·의료·물류·제조·국방 등 유망 분야 로봇 핵심기술개발 확산을 목표로 설정

[그림 3-3] 국가전략기술 육성방안(안)

출처: 과학기술정보통신부. (2022). 국가전략기술 육성 방안(안). p.6

○ 정부는 국가 차원의 로드맵 아래 기술 융합을 통한 공간 혁신을 중심으로 경쟁력을 제고하기 위하여 스마트+빌딩 활성화 로드맵(`23.12)을 발표

- 스마트 기술·모빌리티가 자유로운 스마트+빌딩을 조성하고 4차 산업혁명 시대, 건축 융합 혁신을 통한 국민의 스마트행복 구현과 국가 성장동력 확보의 비전 제시

○ 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」(지능형로봇법, `23.11)을 제정하여 로봇의 개발 및 보급을 위한 법적 근거 마련

□ (기회 2) 전 세계적으로 로봇 서비스 시장은 지속적 성장 중이며 유망 산업분야

○ 세계 로봇산업은 2020년 약 250억 달러에서 2030년 1,600억 달러 규모로 연평균 20% 성장할 전망

○ 인구고령화, 로봇 가격하락, 삶의 질 향상 추구 등이 로봇 도입을 촉진하면서 로봇산업 성장의 축이 산업용 로봇에서 서비스 로봇으로 이동할 전망.

- 세계 로봇산업 규모는 '20년 약 250억 달러로 산업용 로봇이 54%, 서비스용 로봇이 46%를 차지

- 로봇산업은 산업용 로봇이 중심이었으나 1990년대 개인 서비스 로봇, 2000년 이후에는 전문 서비스 로봇 개발 붐이 발생

- 로봇 도입은 로봇가격 하락뿐만 아니라 로봇 사용량에 비례하여 비용을 지급하는 Robot-as-a-Service(RaaS) 사업모델의 확산 등으로 확대될 전망

○ 세계 로봇산업 규모는 소프트웨어와 주변기기, SI 포함시 최대 4배 규모로 추산

- 5G, AI, 클라우드가 로봇의 기술발전을 견인하면서 관련 시장이 빠르게 성장할 전망

[그림 3-4] 세계 로봇산업 규모

출처: 국제로봇연맹(International Federation of Robotics), 'World Robotics 2021', 2021.10.; 한국수출입은행 해외경제연구소. (2022). 로봇산업 동향 및 성장전략. 2022 이슈리보고서. p.6 재인용

□ (기회 3) 생산인구 감소 영향으로 인해 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요는 매우 강해지는 추세로 로봇 서비스의 건축물 도입化가 가속되고 있는 상황

○ 공항, 호텔, 병원 등 건축물 내 로봇 서비스 제공을 실증하며 도입화를 가속 중

[표 3-1] 건축물 내 로봇 서비스 제공 사례

구분	창이 국제공항	마리나베이 샌즈 호텔	창이 종합병원	알렉산드리아병원
내용				
	[Robocop(스마트 로봇 경찰)] [청소로봇 가우시안]	[자율주행 청소 로봇]	[Pepper robot] [RoMi-H 로봇]	[Florence 로봇]
	로봇이 경찰이 도착하기를 기다리는 동안 눈가리개, 사이렌 및 스피커를 사용하여 경계선 시행 및 구경꾼에게 경고할 수 있으며, 추후 점진적으로 도시 국가 전역에 배치 예정	청소로봇, 보안로봇, 서빙로봇을 활용하여 서비스 제공	병동 및 노인병 주간 병원에서 환자의 운동을 지원, 빌딩 인프라와 로봇과의 연결을 위한 로봇으로 최근 출시된 통신용 국가표준을 채택해 로봇과 구축 인프라가 서로 통신할 수 있도록 지원하는 로봇	환자의 바이탈 사인 측정 및 생체 신호를 측정 등 의료지원뿐만 아니라 약물, 간식 또는 기타 품목을 환자에게 전달국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증

구분	스마트 호텔		스마트 시티	스마트 지하상가
	강원랜드	테헤란로	대전 중앙로지하상가	인천 부평지하상가
내용				
	[스마트·비대면 컨시어지 서비스]	[국민체감 로봇배달/ 서빙 서비스]	[서비스로봇 대중화, 지하상가 활성화]	[비대면 서비스, 지역경제활성화]
	룸서비스, 컨시어지, 서빙 서비스 로봇 실증	코엑스몰·테헤란로 인근 F&B매장과 대단위 빌딩에서 자율주행 서비스 로봇이 서빙 배송 실증	방역·배달·바리스타 등 서비스 로봇의 실증	국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증

② 위협(Threat)

□ (위협 1) ‘로봇 서비스 기술’은 최고기술 보유국 대비 국내 기술은 추격형

○ 기계·제조 분야 적응형 서비스 로봇 기술의 최고기술 보유국인 미국 대비 기술 수준은 83.5%이며, 기술격차는 2.5년으로 추격그룹에 포함

[표 3-2] 기계·제조 관련 분야 국가전략별 기술별 기술수준 및 기술격차

분야	국가전략기술	최고 기술국	기술수준·격차			연구단계역량	
			그룹	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
기계·제조	적응형 서비스 로봇 기술	미국	추격	83.5	2.5	보통	우수

출처: 한국과학기술기획평가원. (2021). 2020년 기술수준평가에서 내용 발췌하여 정리

□ (위협 2) 해외 주요 선진국의 글로벌 다목적 기업들이 자동화를 위한 로봇 서비스 산업분야에서 공격적인 투자를 추진하고 있어 글로벌 시장 선점 경쟁 심화

○ 글로벌 로봇 산업이 서비스 로봇 중심으로 성장 중이나, 우리나라는 여전히 제조 로봇 분야를 중심으로 로봇 산업 성장

○ 우리나라 로봇산업은 매출액 기준으로 ’20년 5조 4,736억 원에서 ‘21년 5조 6,083억 원으로 연 2.5%로 꾸준한 성장세(2022년 로봇산업실태조사)

- 로봇관련 기업수는 ’20년 2,420개에서 ‘21년 2,500개로 3% 성장하였으나, 전체 기업의 69%가 연 매출 10억 원 미만
- ’21년 분야별 국내 로봇시장의 매출액과 기업 수의 비중을 살펴보면 제조 로봇은 전체 로봇 매출액의 51%를 차지하며, 기업 수는 22.6% 차지

2021년 분야별 비중 (기업수, 매출액)

구분	기업 수	매출액
제조업용 로봇	22.6%	51.2%
전문서비스용 로봇	14.2%	9.1%
개인서비스용 로봇	6.4%	7.1%
로봇 부품 및 SW	56.8%	32.6%

구 분	2019년		2020년		2021년	
	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출
1억원 미만	312	9,286	445	16,225	435	20,581
1억원~10억원 미만	1,044	475,641	1,229	483,903	1,291	498,972
10억원~50억원 미만	769	1,700,530	586	1,288,108	626	1,299,006
50억원~100억원 미만	42	290,762	74	491,017	71	485,899
100억원 이상	69	2,858,841	92	3,194,339	78	3,303,826
총 계	2,235	5,335,060	2,427	5,473,591	2,500	5,608,284

매출 10억 미만 로봇기업 : 69%
매출 10억 미만 로봇기업 평균 매출 액 : 약 3억원

[그림 3-5] 국내 로봇시장

출처: 157회 KISTEP 수요포럼 발표자료; 조윤정. (2023). 국가 로봇 산업현황 및 지향점. 수요포럼 포커스. p,3 재인용

(2) 내부환경 : 강점과 약점

① 강점(Strengths)

□ (강점 1) 로봇 분야의 꾸준한 R&D 투자를 통해 로봇 서비스 산업 활성화 발판 마련

○ 로봇분야별 전체 R&D 과제수와 예산은 '19년부터 '23년까지 지속적으로 증가

[표 3-3] 분야별 R&D 과제수 현황

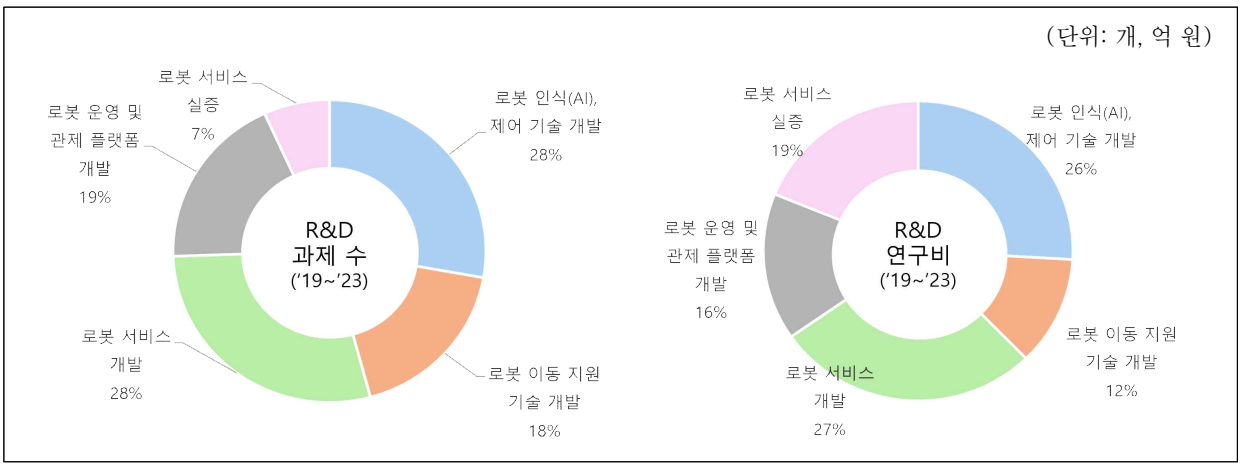
(단위: 개)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계	비중
로봇 인식(AI), 제어 기술	43	60	64	62	65	294	27.8
로봇 이동 지원 기술	18	27	41	51	53	190	18.0
로봇 서비스	39	54	63	68	79	303	28.7
로봇 운영 및 관제 플랫폼	19	30	41	47	61	198	18.7
로봇 서비스 실증	4	6	21	19	22	72	6.8
합 계	123	177	230	247	280	1,057	100

[표 3-4] 분야별 R&D 과제 연구비 현황

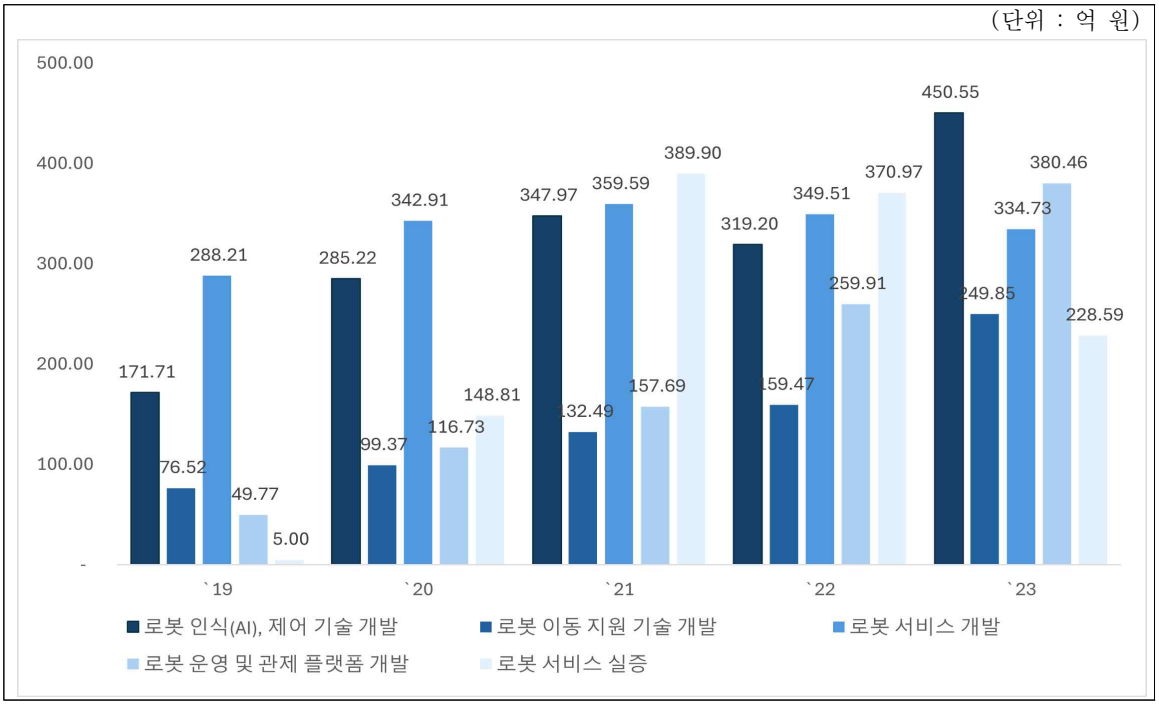
(단위: 억 원, %)

분야 \ 년도	2019	2020	2021	2022	2023	합 계	비중
로봇 인식(AI), 제어 기술	171.71	285.22	347.97	319.20	450.55	1,574.65	25.9
로봇 이동 지원 기술	76.52	99.37	132.49	159.47	249.85	717.69	11.8
로봇 서비스	288.21	342.91	359.59	349.51	334.73	1,674.94	27.6
로봇 운영 및 관제 플랫폼	49.77	116.73	157.69	259.91	380.46	964.57	15.9
로봇 서비스 실증	5.00	148.81	389.90	370.97	228.59	1,143.27	18.8
합 계	591.21	993.04	1,387.63	1,459.06	1,644.18	6,075.12	100



[그림 3-6] 분야별 R&D 과제수 및 연구비 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-7] 로봇 분야 연도별 R&D 예산 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

□ (강점 2) 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요는 매우 강하며 사업 추진 원동력 충분

○ 인력 부족으로 인한 기업들의 자동화 추진으로 인해 서비스 로봇 수요와 판매량은 증가 추세

○ (전문 서비스 로봇) '22년 전문 서비스 로봇 판매 대수는 전년 대비 48% 증가한 15만 8,000대를 기록하였으며 5대 응용 분야는 운송 및 물류, 접객, 의료 로봇, 농업 로봇, 전문 청소 로봇 순으로 나타남

- (운송 및 물류 로봇) 전년 대비 44% 증가한 8만 6,000대가 판매되어 가장 큰 점유율을 차지, 개방형 실내 서비스 로봇 판매량은 78%증가하여 약 3만 7,300대를 기록하였으며 대부분 레스토랑에서 식음료 배달 용도로 사용
- (접객 로봇) 이동형 안내, 정보 제공, 텔레프레즌스(teleprsence)용 로봇은 전년 대비 125% 증가한 2만 4,500대가 판매되어 가장 큰 상승세를 보임
- (의료 로봇) 수술용 로봇은 4,900대가 판매되어 5% 증가, 재활·비침습적 치료용 로봇은 16% 감소한 3,200대 미만 기록
- (농업 로봇) 인력 부족과 지속 가능한 농업에 대한 수요에 힘입어 판매량이 18% 성장하여 약 8,000대를 기록, 착유 및 축사 청소 작업용 로봇이 5,800대 이상 판매
- (전문 청소 로봇) 바닥 청소 로봇이 전년 대비 10% 증가한 4,900대 판매

○ (개인용 서비스 로봇) '22년 판매량은 약 510만 대를 기록하였으며 가정용 로봇 수요가 가장 큰 것으로 나타남

- (가정용 로봇) '22년 약 490만 대가 판매되었으며 이중 실내 바닥 청소 로봇 약 280만대, 잔디깎이 로봇 110만 대 판매

- (사회적 상호작용 및 교육 로봇) 두 번째로 큰 응응 분야로 15만 7,000대가 판매되었으며 이 중 교육용 로봇 10만 4,000대, 사회적 상호작용 및 반려 로봇 약 5만 3,000대 기록
- (로봇 청소기) 개인 가정에서 흔히 볼 수 있는 제품이 된 로봇 청소기의 시장 규모는 향후 수년간 두 자릿수의 성장률을 보일 것으로 예측

※ 출처 : 글로벌 로봇산업 정책·산업동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.11)

□ (강점 3) 전문 연구인력과 관련 시설·장비 등 국내 R&D 수행 인프라 역량 충분

○ 로봇기술 분야 관련 최근 5년간('19년~'23년)의 정부 R&D 과제 수행 현황을 기준으로 1,057건의 R&D 과제가 수행되었고, 참여 연구인력은 18,657명으로 R&D 수행을 위한 연구인력은 충분히 확보 가능한 수준

○ 최근 5년간('19년~'23년)간의 로봇기술과 관련된 과제 참여인력은 18,657명(중복허용)으로 '19년 2,166명 대비 '23년 5,048명으로 연평균 18.44%의 성장률을 보임

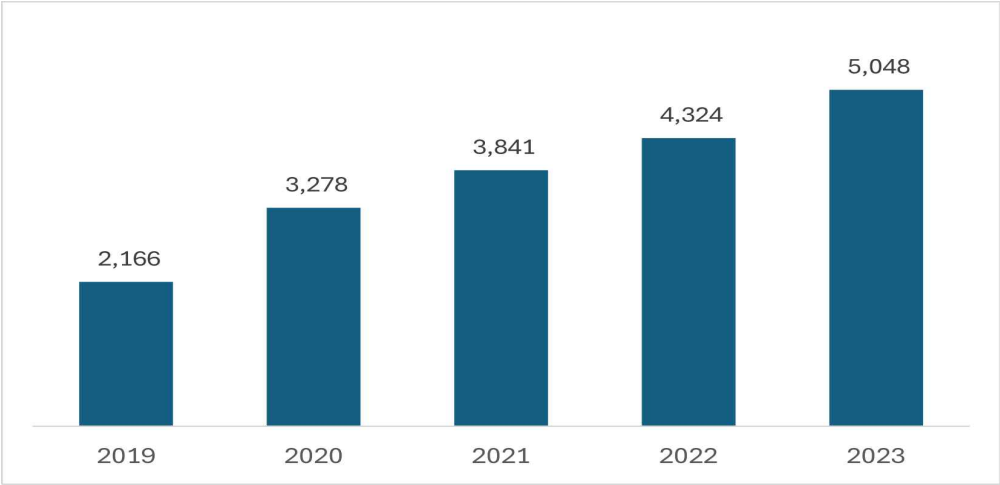
[표 3-5] 최근 5년간('19~'23) 로봇 기술 분야 관련 정부 R&D 과제 및 참여연구인력 현황

(단위: 건, 명)

년도	과제 수	참여연구원 수	과제 평균 참여연구원 수
2019	123	2,166	17.6
2020	177	3,278	18.5
2021	230	3,841	16.7
2022	247	4,324	17.5
2023	280	5,048	18.0
합계	1,057	18,657	17.7

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

(단위: 명)



[그림 3-8] 로봇 기술 관련 분야 R&D 참여연구인력 현황

출처: 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2024.04.01.) 데이터 바탕으로 연구진 작성

② 약점(Weaknesses)

□ (약점 1) 로봇 서비스 분야의 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무

○ 서비스 로봇산업은 산업용 로봇산업보다 더욱 다양하고 가시성이 적다는 특징이 있으며, 많은 제품이 아직 개발 단계에 있어 상용화되지 않은 실정

- '10년부터 '20년까지 전 세계 서비스 로봇산업은 연평균 25%의 성장률을 기록, 약 200만 대에 불과했던 서비스 로봇 판매량이 '20년에는 약 2천만 대에 도달
- 서비스 로봇 판매 매출 규모 또한 '10년 40억 달러에서 '20년 110억 달러로 증가[15)]

□ (약점 2) 일반적인 로봇 서비스의 건축물 적용 사례는 네이버 신사옥, 상급 종합 병원 등 대규모 자본이 투입되는 형태로 진입장벽이 높은 편

○ (네이버) 로봇·인공지능·자율주행·헬스케어 등의 기술을 융합한 세계 최초 로봇 친화형 건물 '1784' 공개

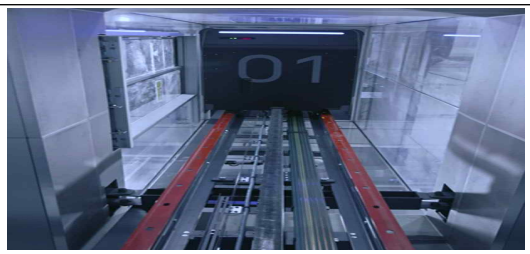
- 임직원들의 업무공간을 미래 기술을 통해 연결하고 융합하는 테스트베드의 일환으로 다양한 로보틱스 기술들이 원활히 임무를 수행할 수 있도록 설계·시공된 로봇 친화형 건축물을 공개
- 또한, 해당 건축물에는 ICT 융복합 기술을 통해 건물 출입 제어, 건물 인프라 관리 등 스마트 빌딩 관련 첨단 융복합 기술이 다수 포함

[표 3-6] 국내기업의 첨단 기술 융복합 사례

구분		제품(기술)명	상세 내용
로보틱스	서비스 로봇	루키(Rookie)	건물을 누비며 자율주행으로 택배와 커피배달 등의 편의 서비스를 제공
	인프라 시설	로보포트	로봇들의 층간 이동을 돕는 로봇전용 엘리베이터
건물 관리 시스템	건물 출입 관리	클로바 페이스사인	빠른 얼굴인식으로 출입 시 워크-쓰루가 가능
	건물 인프라 제어	네이버웍스	다양한 건물 인프라 제어 및 편의 기능을 사용할 수 있도록 도와주는 모바일앱
	통합 관리	ARC 5G 클라우드	인프라 서비스 등을 제어하는 통합 운영·관리 플랫폼
기타	헬스케어	네이버 케어	AI를 활용한 헬스케어 서비스를 제공

출처: 네이버 1784 홈페이지

자율주행 서비스 로봇 '루키'



로봇 전용 엘리베이터 '로보포트'

[그림 3-9] 네이버 1784 내 적용된 기술

출처: 네이버, 세계 최초 로봇 친화형 건물 '1784' 공개(eyesmag, 2022.04.28.)

15) 출처 : 로봇산업 정책동향 (한국로봇산업진흥원, 2023.10)

○ 대규모 로봇 실증사업을 통해 실증 융합모델 설계·통합관제시스템 및 인프라 구축을 지원하고 서비스 거점별 대규모 로봇 규제 해소를 지원

[표 3-7] 스마트 로봇 실증사업 관련 실증 사례

구분	스마트 병원			
	용인세브란스병원('21)	한림대성심병원('22)	중앙보훈병원('22)	삼성서울병원('22)
실증내용				
	의료진 업무 경감 및 환자편의 증대	의료진 보조 및 긴급대응	국가유공자 이동편의 증대	全병원 비대면·완전자동化
	의료진 업무 경감, 환자편의를 위해 다기능성 자율주행 로봇 도입, 통합관제 및 컨시어지 서비스 구축 실증	의료진 업무 경감, 고령환자 맞춤형 서비스 제공을 위한 병원 내 다종·다수 의료 보조 로봇 융합 실증	병원 내 의료서비스 관련 문제해결 및 라이다 융합 통합관제 시스템을 통한 서비스로봇 의료기관 내 도입 가능성 실증	융합로봇 실증을 통한 의료진 및 환자의 편의 증진과 병원 내 로봇 관제구축 및 물류·시설 전반 등과 연계한 통합관제 센터 보델 실증
실증로봇	벨보이 로봇, 간호카트로봇, 수술도구 이송로봇, 이송로봇, 중량이송로봇 (5종 10대)	안내로봇, 배송로봇, 방역로봇, 홈케어 로봇, 비대면 다학제 진료로봇 (7종 73대)	위치 안내 서비스 로봇, 환자 커뮤니케이션 로봇, 검체 이송로봇 (3종 6대)	물류이송로봇, 회진로봇, 소셜방역융합로봇 (4종 8대)
구분	스마트 호텔	스마트 시티	스마트 지하상가	
	강원랜드	테헤란로	대전 중앙로지하상가	인천 부평지하상가
실증내용				
	스마트·비대면 컨시어지 서비스	국민체감 로봇배달/서빙 서비스	서비스로봇 대중화, 지하상가 활성화	비대면 서비스, 지역경제활성화
	룸서비스, 컨시어지, 서빙 서비스 로봇 실증	코엑스몰·테헤란로 인근 F&B매장과 대단위 빌딩에서 자율주행 서비스 로봇이 서빙 배송 실증	방역·배달·바리스타 등 서비스 로봇의 실증	국민 편의 증진 및 서비스로봇 보급 확산을 위한 실증
실증로봇	조리로봇, 현금박스 운반 자율주행 로봇,	서빙로봇, 실내배송로봇 (3종 11대)	배달로봇, 물류로봇, 방역순찰로봇, 바리스타로봇, 홍보·안내로봇 (5종 15대)	배송로봇, 감시정찰로봇, 웨어러블로봇, 안내로봇, 바리스타로봇 (6종 15대)

출처 : 한국로봇산업진흥원 홈페이지. https://www.kiria.org/portal/bizsupt/portalBsuptRoFuIntro.do(검색일: 2023.12.20.)

3) 추진 방향

□ 건축물과 융복합을 위한 로봇분야 핵심기술 동향을 분석하고 국내 내부 연구역량을 고려한 SWOT 분석을 통해 본 사업의 추진전략을 도출

(1) SO 전략: 강점 활용에 의한 성장

○ 충분한 국내 R&D 수행역량과 스마트+빌딩 활성화를 위한 정부의 정책을 활용한 집중적인 기술개발 추진

○ 건축물 내 로봇산업을 적용하려는 수요가 증가함에 따라 이에 대한 핵심 기술을 선점하여 로봇 서비스 산업을 일상생활에 밀접한 건축물에 적용 가능한 기술개발

○ 로봇 분야의 적극적인 R&D 투자와 원활한 연구 수행 환경을 활용한 기술경쟁력 확보를 통해 건축물에 적용 할 수 있는 로봇기술의 신시장 창출

(2) WO 전략: 기회에 대응하기 위한 약점 보완

○ 스마트+빌딩 활성화 로드맵 발표 이후 로봇 기술을 건축물에 적용하는 수요가 증가하고 있고 건축물에 적용 가능한 로봇 기술 관련 인프라 구축과 시장의 선점

○ 건축물에 로봇 서비스를 수용하는 기술은 대규모의 자원이 투입되나 지속 성장 중인 유망 산업 분야로 물류, 보안등의 서비스 로봇 수요에 대응하는 기술을 개발

(3) ST 전략: 위험 극소화를 위한 강점 확산

○ 주요 선진국이 산업자동화를 로봇산업분야에 투자를 추진중이나 국내 로봇분야 R&D 투자와 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요와 사업추진 원동력을 기반으로 시장 선점

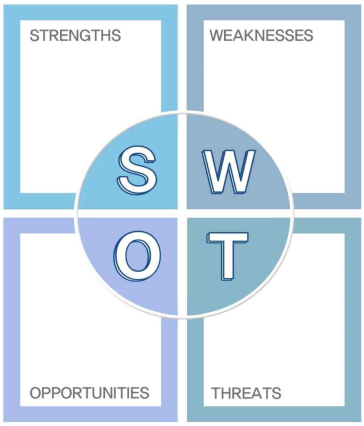
○ 로봇 서비스 기술분야는 추격형이나 국내 우수한 R&D 역량을 적극 활용하여 로봇 서비스 기술을 스마트+빌딩에 활용이 가능한 핵심기술 개발에 주력

(4) WT 전략: 생존, 약점 극복

○ 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무하나 R&D 지원과 정책을 바탕으로 건축물 내 로봇서비스분야를 활용할 수 있는 기술을 개발

○ 선진국 대비 로봇 서비스 기술 경쟁에서 뒤처지지 않기 위해 스마트+빌딩 적용 가능한 로봇분야의 핵심기술을 개발하여 기술경쟁력을 확보

[표 3-8] SWOT 분석을 통한 주요 전략 추진방향 도출

	S (강점)	W (약점)
	• 로봇 분야의 꾸준한 R&D 투자를 통해 로봇 서비스 산업 활성화 발판 마련 • 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요는 매우 강하며 사업 추진 원동력 충분 • 전문 연구인력과 관련 시설·장비 등 국내 R&D 수행 인프라 역량 충분	• 로봇 서비스 분야의 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무 • 일반적인 로봇 서비스의 건축물 적용 사례는 네이버 신사옥, 상급 종합병원 등 대규모 자원이 투입되는 형태로 진입장벽이 높은 편
O (기회)	SO 전략 (강점 활용에 의한 성장)	WO 전략 (기회에 대응하기 위한 약점 보완)
• 스마트+빌딩의 활성화와 로봇산업을 지원하는 정부의 강력한 정책 추진 의지 • 전세계적으로 로봇 서비스 시장은 지속적 성장 중이며 유망 산업분야	• 충분한 국내 R&D 수행역량과 스마트+빌딩 활성화를 위한 정부의 정책을 활용한 집중적인 기술개발추진 • 건축물 내 로봇산업을 적용하려는 수요가 증가함에 따라 이에 대한 핵심 기술을 선점하여 로봇 서비스 산업을 일상생활에 밀접한 건축물에 적용 가능한 기술개발 • 로봇 분야의 적극적인 R&D 투자와원활한 연구 수행 환경을 활용한 기술경쟁력 확보를 통해 건축물에 적용 할 수 있는 로봇기술의 신시장 창출	• 스마트+빌딩 활성화 로드맵 발표 이후 로봇 기술을 건축물에 적용하는 수요가 증가하고 있고 건축물에 적용 가능한 로봇 기술 관련 인프라 구축과 시장의 선점 • 건축물에 로봇 서비스를 수용하는 기술은 대규모의 자원이 투입되나 지속 성장 중인 유망 산업 분야로 물류, 보안등의 서비스 로봇 수요에 대응하는 기술을 개발
T (위협)	ST 전략 (위험 극소화를 위한 강점 확산)	WT 전략 (생존, 약점극복)
• '로봇 서비스 기술'은 최고 기술 보유국 대비 구내 기술은 추격형 • 해외 주요 선진국의 글로벌 다목적 기업들이 자동화를 위한 로봇 서비스 산업분야에서 공격적인 투자를 추진하고 있어 글로벌 시장 선점 경쟁 심화	• 주요 선진국이 산업자동화를 로봇산업분야에 투자를 추진중이나 국내 로봇분야 R&D 투자와 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요와 사업추진 원동력을 기반으로 시장 선점 • 로봇 서비스 기술분야는 추격형이나 국내 우수한 R&D 역량을 적극 활용하여 로봇 서비스 기술을 스마트+빌딩에 활용이 가능한 핵심기술 개발에 주력	• 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무하나 R&D 지원과 정책을 바탕으로 건축물 내 로봇서비스분야를 활용할 수 있는 기술을 개발 • 선진국 대비 로봇 서비스 기술 경쟁에서 뒤처지지 않기 위해 스마트+빌딩 적용 가능한 로봇분야의 핵심기술을 개발하여 기술경쟁력을 확보

3.1.2 사업 추진 필요성

1) 기술개발의 시급성

□ 서비스 로봇 도입 확대 및 시장의 급성장

○ 고령화, 노동력 부족 등 사회문제에 대해 새로운 해법으로 서비스 로봇에 대한 국내외 시장 급성장과 관심 증대

- '24년 출산율 0.68명 추세 지속 시 '30년 생산가능 인구 320만명 감소에 따른 노동력 부족 심각
- 세계 서비스 로봇 시장은 '10년 판매 약 200만대, 매출 40억 달러 에서 연평균 25% 성장하여 '20년에 판매 약 2,000만대, 매출 110억 달러로 증대

  * 출처 : 로봇산업 정책동향('23, 로봇산업진흥원)
- 사우디 주택부장관 네이버 1784 방문('22.11), 덴마크 고령부장관 한림대성심병원 의료로봇 서비스 현장 방문('23.10) 등 국제적 관심 증대

□ 로봇에 대한 수용성이 낮은 건축물의 공간적·시스템적 제약으로 로봇 서비스가 제한되고 사고로 인한 사용자 불편 및 위험 발생

○ 건축물의 계단, 단차, 에스컬레이터 등으로 로봇의 이동범위가 제한되어 특정 공간에 한하여 로봇 서비스가 이뤄지고 있는 실정

- 건축물 내 수직 이동을 위해 엘리베이터를 활용해야 하나, 로봇과의 원활한 통신 연동과 탑승자와의 혼용 상황 대응 어려움

○ 서비스로봇이 계단, 에스컬레이터에서 추락하고, 이동시 재실자와 충돌하는 등 사고 발생

- 건축물 내 인간-로봇 간의 충돌, 통행혼잡 시간대 로봇 서비스 지연 등 재실자와 로봇이 공존하기 위한 해결 과제 산재

□ 로봇 서비스의 사용자 편의성 강화 및 건축공간 미래 수요 대응을 위한 로봇 친화 건축물 구현 기술 개발 필요

○ 서비스 로봇 도입 과정에서 발생 가능한 문제를 최소화하고 원활한 서비스 운용 지원과 수용성 향상을 위한 건축 공간 조성 기술개발 필요

- 사용자 편의성을 강화하고 서비스로봇 대중화를 위해서는 로봇 자체의 기술 혁신 뿐만 아니라, 로봇 친화적 공간 설계, 시설, 자재, 운영·관리시스템 등 건축물 인프라 구현 기술혁신 필요

2) 정부지원(국고) 필요성

○ 스마트 기술 친화형 건축공간 확산을 위한 스마트+빌딩 국가 인증 도입 및 '35년까지 스마트+빌딩 1만 개소 조성 선언 이행을 위한 국가 주도 기술개발 필요

- 12대 국가전략기술 중 '첨단로봇' 선정('22.10, 과기부)→로봇 친화형 스마트 빌딩 활성화 기반 마련('23.3, 산업부 첨단로봇 규제혁신 방안)→로봇 스케일 건축환경 구축('23.12, 국토부 스마트+빌딩 활성화 로드맵)

○ 단위 건축물 설계·시공 및 로봇의 운영관리는 민간의 영역이나 새로운 건축기능의 설계표준, 규격, 제도 등 초기 마중물 제공 및 신산업 표준 제시는 공공의 역할

- 공공에서 자율주행 로봇을 위한 건축물 인프라를 조정하여 고령자 복지, 육아 지원 등 국가적 현안 대응을 위해 다양한 서비스의 로봇 공급이 확대될 수 있도록 발판 조성 필요

☞ (글로벌 퍼스트) 세계 최초 표준화·범용화된 로봇친화 건축 설계기술을 개발하여 글로벌 퍼스트 기술 선점 및 선도

☞ (마중물 역할) 로봇친화 건축기술에 대한 정부 마중물 투자를 통해 건축+로봇 융합산업 생태계를 육성하는 한편, 중소업체·스타트업들의 생존 가능성을 제고하여 선순환적 산업생태계 조성

【 지원근거 : 정부 정책 및 법정계획 】

○ (국가전략기술 육성 방안('22.10 과기부)) 12대 전략기술 중 '첨단로봇' 선정

○ (첨단로봇 규제혁신 방안('23.3 산업부)) 첨단로봇을 활용한 산업 전반의 혁신을 위한 국토부 로봇 친화형 스마트빌딩의 활성화 기반 마련 명시

* 규제혁신 방안 4 새로운 비지니스 촉진을 위한 인프라 확충 ❸ 로봇 친화형 스마트 빌딩 활성화 기반 마련

○ (스마트+빌딩 활성화 로드맵('23.12 국토부)) 로봇이 자유롭게 활동할 수 있는 건축공간·통신·플랫폼 환경을 갖춘 '로봇 스케일 건축' 구현

* 추진전략 "스마트 기술 친화형 건축공간 확산" ❶ 로봇 스케일 건축환경 구축

* '35년까지 스마트+빌딩 1만 개소 조성 / 건축산업 매출 약 12조원 유발 / 청년·고급 일자리 약 13만개 창출 목표

【 추진경위 】

○ 2023.2 : 스마트+빌딩 얼라이언스* 출범

* 스마트+빌딩 활성화를 위한 장관이 위원장인 기업·정부·민간 협의체

○ 2023.5 : 스마트+빌딩 핵심기술 개발 기획 착수

* 스마트+빌딩 핵심기술 개발 기획(240백만원) : 건축공간연구원, 남성우 연구책임자

○ 2023.12 : 스마트+빌딩 정책 로드맵 발표(국토부 건축정책과)

○ 2024.4.23 : 부처 고유임무형 계속사업 예타 대상 선정 결과*(과기부), 본사업 해당

* 예타 대상으로 '스마트 건축혁신 기술개발사업'이 선정되었으며(2024.4.23), '스마트+빌딩 핵심기술 개발사업'은 예타 사업 內 신규사업에 해당(예타 신청: 2024.9~10월)

3.1.3 사업 비전 및 목표

1) 사업 비전 및 목표 수립 절차

□ 대내외 환경 분석 결과, 국내 역량 분석 결과를 종합하고 기획위원회 의견을 검토하여 본 사업의 비전 및 목표(안) 방향 설정

○ 기획위원회에서 제시된 개별 기술 개발 과제의 '기대 및 파급효과'에 대한 내용을 정리하여 검토하여 사업의 비전과 목표(안) 방향 설정

- 기획위원회에서 작성된 세부 과제의 '기대 및 파급효과' 내용을 중점적으로 검토하여 본 사업의 비전과 목표 설정 방향을 도출
- 해당 단계에서 제시된 세부 과제는 추후 기획위원회의 진행을 통하여 수정 및 보완 되지만, 세부 과제의 도출 방향으로서 비전을 설정하기 위하여 1차~2차 기획위원회에서 제시된 세부 과제의 기대 및 파급효과 내용을 검토

[표 3-9] 기획위원회 작성 세부 과제의 '기대 및 파급효과'

구분	과학기술적 측면	사회 경제적 측면
내용	- 로봇의 발전과 스마트 건축 발전의 융복합으로 더욱 나아지는 도시 공간 : 효율적으로 발전하는 도시공간을 로봇의 발전에만 기대하는 것이 아닌, 스마트건축의 발전과의 융복합으로 더욱 효과적인 과학 기술의 발전 기대 가능 - 병원설계 도메인에 특화된 인공지능 기술 세분화 - 로봇 기반 건축설계 시뮬레이터 파생기술 발생 - 사용자 친화형 로봇 서비스 기술 개발 - 통신음영 해소 또는 회피 기술의 스마트빌딩 외 타 현장 적용 가능 - 지속적인 스마트빌딩 고도화 및 로봇 서비스 품질 고도화, 실증 데이터 수집/분석/활용을 통한 로봇 기술력 향상 기대 - 모니터링 판별기술, 기계간 상호통신 기술을 통합하는 새로운 모델 창출 - 집중적인 연구 개발 - 로봇 서비스 제공을 위한 이동 공간 안전성 및 범위 확대 - 로봇의 공간이동, 층간이동을 지원하는 시스템 개발 - 로봇 운용 건축물 개발 증가 - 로봇 성능 향상 기술 발전 - 로봇 생산 산업 성장 - 건축설계 자동화 기술 확장 - 인간과 로봇 충돌 방어 - 건축물의 규모와 마감재 기준 음영해결 위한 통신, 센서 배치 최적화	- 로봇의 활용 범위를 일상과 가까운 곳으로 넓힐 수 있음 : 로봇 관련 기술은 빠르게 발전하고 있으나, 대부분 산업 분야에 국한되어 있음 - 의료서비스 첨단화 및 병원 설계 수준 고도화 - 로봇 친화형 의료, 복지시설 공공성 강화 - 터널 및 지하공간 통심음영 기술 적용을 통한 해당 환경 작업자의 안전 확보 - 스마트빌딩 실증을 통한 로봇 서비스 등 성능·안전·신뢰성에 대한 객관적인 결과를 제공하여 로봇에 대한 국민의 사회적 수용성을 확대하고 관련 시장의 활성화 촉진 기대 - 엘리베이터 탑승 시 대기시간 단축 및 로봇의 수직이동 가능성 증대 - 인력난 해소 - 비용절감 - 시간단축 - 서비스 효율성 증대 - 제한적 공간 내 사람과 로봇의 공존성 최적화를 통해 빌딩 로봇 시장 수용성 제고 - 스마트빌딩 및 도시시스템의 자동화를 통한 산업확대 - 헬스케어 산업 편익 발생 - 통신음영 해소로 로봇서비스 질 향상

○ 기획위원회 의견을 종합하면, 본 사업을 통하여 로봇 친화 건축물을 조성하고 건축물 내 로봇의 안정적인 운용과 서비스 제공을 위한 기술의 개발, 기존 기술의 확장, 발전을 기대할 수 있음

○ 또한, 새로운 기술의 개발을 통하여 과학기술의 발전, 새로운 산업의 발전, 신기술의 사회적인 수용성 확대와 활성화 촉진을 기대할 수 있음

○ 따라서, 본 사업은 새로운 기술의 개발 및 확산과 로봇 기술과의 연계를 통한 건축 분야의 기술적·사회적 확장과 선도를 견인하는 비전을 제시할 수 있어야 함

□ 기획위원회를 통해 최종 도출된 본 사업의 중점분야와 세부 과제 내용을 검토하여 사업의 비전을 설정

○ 기획의 범위와 기술 개발의 세부 내용을 종합적으로 검토하여 사업의 비전을 설정

○ 또한, 앞서 검토한 기획위원회 의견을 반영하여 본 사업의 비전을 '스마트+빌딩 핵심 기술 확보를 통해 4차 산업혁명 기술과 융합한 로봇 미래 건축물 분야 선도기술 생태계 조성'으로 설정

□ 본 사업의 중점분야별 구성 기술의 세부내용 검토를 통해 각 분야가 달성하고자 하는바와 일대일로 대응할 수 있도록 세부 사업 목표를 설정

○ 중점분야 1은 '로봇 친화 건축물 설계 기술 개발'분야로 로봇 친화적인 공간을 조성하기 위한 기술을 개발하는 것인데, 이는 궁극적으로 원활한 '로봇의 이동'을 지원하는 공간을 조성하고자 함에 따라 세부 목표를 ❶ 건축물 내에서 사람과 로봇의 자유로운 이동을 위한 최적의 공간 설계 기술 개발'로 설정

○ 중점분야 2는 '다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발' 분야로 실내외 로봇의 이동의 정확성을 높이는 기술과 건축물 운영·관리의 효율성을 높이는 다수·다종 로봇의 원활한 운용을 위한 기술을 개발하는 분야임. 이에 따라 세부 목표를 ❷ 건축물 내 자율주행 로봇 서비스 및 관제 성능 향상을 위한 플랫폼 개발'로 설정

○ 중점분야 3은 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발' 분야로 앞서 중점분야 1과 2에서 개발된 기술을 검증, 실증하고 로봇 친화 건축물 확산을 위한 정책으로서 인증을 개발하는 것으로, 세부 목표를 ❸ 로봇 친화 건축물 보급·확산을 위한 모델 개발 및 구현'으로 설정함

2) 비전 및 목표 설정

(1) 비전

○ 자율주행 로봇 기술·서비스와 건축공간의 융합을 통해 로봇 친화 건축물 설계·시공·운영관리 기술 강국으로 도약

(2) 추진 목표

○ 다수·다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증

(3) 중점분야 및 구성기술

□ (중점분야 1) 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

○ 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

○ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

○ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

□ (중점분야 2) 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

○ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

○ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

□ (중점분야 3) 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

○ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

○ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

3) 비전 체계도

비전	자율주행 로봇 기술·서비스와 건축공간의 융합을 통한 로봇 친화 건축물 설계·시공·운영관리 기술 강국 도약
추진 목표	다수·다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증

성과지표	
논문 게재	SCI급 논문 게재 건수: 3건
S/W 개발	건축물내 로봇의 동선·공간 자동 설계 S/W 개발·등록 건수: 1건
특허 등록	로봇친화 건축물 설계 솔루션 기술의 특허 등록 건수: 2건
신제품 개발	건축마감재 성능기준 개발 건수: 6건
시뮬레이션 정확도	인간 및 로봇 행동 실험-시뮬레이션 비교 정확도: 70% 달성
솔루션 사용 편리성	기존 상업용 건축설계 소프트웨어 대비 사용 편리성: 90% 이상
실내외 로봇위치 정확도	연차별 정확도 향상: '26년 100cm → '27년 50cm
자동문·엘리베이터 운영 수행 성공률	연차별 수행 성공률 향상: '27년 70% → '28년 99%
로봇 서비스 운용면적률	건축연면적 당 로봇서비스 제공 면적: 70% 이상
로봇 서비스 성공률	배송, 방역, 방범 및 화재감지 등 서비스 성공률: 95% 이상
법/제도 제안	로봇친화 건축물 조성기준/지원제도/인증기준 건수: 2건

중점분야	[중점분야 1]	[중점분야 2]	[중점분야 3]
	로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발
구성기술	□ 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발 □ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발 □ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	□ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발 □ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	□ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증 □ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

4) 비전 설정 근거

□ 법적 근거

○ 본 사업은 「과학기술기본법」 및 동법 시행령에 근거한 '혁신도전형 연구개발사업'에 해당하며 「국토교통과학기술육성법」, 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」, 「국가연구개발혁신법」, 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 등에 법적 근거를 두고 추진

□ 국정과제 근거

○ 「윤석열정부 국정과제」에서는 6대 국정목표를 달성하기 위해 23개의 국민약속(추진전략)과 120개의 국정과제를 수립하였으며 과학기술 선도와 핵심 전략산업 육성을 추진

- 6대 국정 목표 중 '2. 민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제, 4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래'에 해당하며, 국정과제 23, 24, 75에서 관련 내용을 언급

* 국정과제 23. 제조업 등 주력산업 고도화로 일자리 창출 기반 마련(산업부) / 국정과제 24. 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보(산업부) / 국정과제 75. 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약(과학기술정보통신부)

□ 국가계획 근거

○ 「제5차 과학기술 기본계획('23~'27)」, 「제2차 국토교통 과학기술 연구개발 종합계획('23~'32)」에서 로봇 친화 건축물에 대한 중장기 발전전략 및 국가전략산업을 제시

- 「제5차 과학기술 기본계획('23~'27)」 전략3. 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응의 '추진과제 3-2. 디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약' 및 '추진과제 3-3. 100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진'이 본 사업과 관련
- 「제2차 국토교통 과학기술 연구개발 종합계획('23~'32)」 12대 S.T.A.R 프로그램의 로봇 친화 건축물 관련 UAM, 자율차, 원격케어 등의 산업 육성 내용이 포함

□ 부처계획 근거

○ 「스마트+빌딩 활성화 로드맵」, 「제3차 지능형 로봇 기본계획('19~'23)」, 「로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵」, 「첨단로봇 규제혁신 방안」에서 본 기술개발 사업 관련 내용을 포함

- 로봇, 자율주행, IoT 등 스마트 기술 친화형 건축공간 확산을 위한 기술개발 및 실행 계획을 언급

□ 종합의견

○ 이러한 국가적 책무와 배경 아래에서 자율주행 로봇 기술·서비스와 건축공간의 융합을 통한 '로봇 친화 건축물'을 구현하고 이를 통해 로봇 친화형 건축물 설계·시공·유지관리 기술 강국 도약하고자 하는 비전을 설정

3.1.4 사업 추진전략

□ 사업의 전략방향 설정 및 추진전략 도출

○ (추진전략) 중점 연구개발 분야 설정 / 정부 지원 R&D 이니셔티브 / R&D 생태계 구축

[표 3-10] 사업 추진전략

전략방향		추진전략
SO 전략	▸(SO1) 충분한 국내 R&D 수행역량과 스마트+빌딩 활성화를 위한 정부의 정책을 활용한 집중적인 기술개발추진	▸(추진전략 1) 중점 연구개발 분야 설정 • (스마트+빌딩 핵심기술 개발) 로봇 공학을 스마트 빌딩에 원활하게 통합할 수 있는 핵심기술 발전에 중점을 두고, 건물 운영을 향상시키는 솔루션을 중점으로 추진 • (로봇공학 기반 애플리케이션 구축) 스마트 빌딩 전용 로봇 시스템 연구 강화 및 보안, 시설 유지 관리, 물류용 서비스 로봇 개발에 중점을 둔 빌딩 자동화 기술 우선 추진으로 로봇 공학과 건축 간 시너지 창출 • (학제간 R&D 협업) 건물 인프라 전문가와 로봇공학 엔지니어 간 협업 촉진을 통해 실제 건물 응용 분야에 최적화된 기술 개발 및 로봇 기반 서비스를 위한 효과적이고 종합적인 솔루션 구현
	▸(SO2) 건축물 내 로봇산업을 적용하려는 수요가 증가함에 따라 이에 대한 핵심 기술을 선점하여 로봇 서비스 산업을 일상생활에 밀접한 건축물에 적용 가능한 기술개발	
	▸(SO3) 로봇 분야의 적극적인 R&D 투자와원활한 연구 수행 환경을 활용한 기술경쟁력 확보를 통해 건축물에 적용 할 수 있는 로봇기술의 신시장 창출	
WO 전략	▸(WO1) 스마트+빌딩 활성화 로드맵 발표 이후 로봇 기술을 건축물에 적용하는 수요가 증가하고 있고 건축물에 적용 가능한 로봇 기술 관련 인프라 구축과 시장의 선점	▸(추진전략 2) 정부 지원 R&D 이니셔티브 • (정책 중심 연구 인센티브) 스마트+빌딩 기술 활성화 정책에 부합하는 R&D 전략 추진 및 정부 지원을 활용한 로봇 통합 중심의 대규모 연구 프로젝트 지원으로 혁신과 상업화를 촉진하는 생태계 조성 • (연구비 및 자원확보) 정부 R&D 사업을 활용한 스마트 빌딩용 로봇 기술 개발 가속화 및 건물 내 서비스 로봇 통합을 목표로 하는 연구 프로그램에 자원을 할당하여 신속한 기술 발전 달성에 기여 • (건축기술 표준화) 로봇 공학의 빌딩 시스템 통합을 위한 표준 및 프로토콜 개발과 함께 상호 운용성에 중점을 둔 설계 및 시스템 표준화로 로봇 기술의 일반 건물 인프라 원활한 통합 추진
	▸(WO2) 건축물에 로봇 서비스를 수용하는 기술은 대규모의 자원이 투입되나 지속 성장 중인 유망 산업 분야로 물류, 보안등의 서비스 로봇 수요에 대응하는 기술을 개발	
ST 전략	▸(ST1) 주요 선진국이 산업자동화를 로봇산업분야에 투자를 추진중이나 국내 로봇분야 R&D 투자와 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요와 사업추진 원동력을 기반으로 시장 선점	
	▸(ST2) 로봇 서비스 기술분야는 추격형이나 국내 우수한 R&D 역량을 적극 활용하여 로봇 서비스 기술을 스마트+빌딩에 활용이 가능한 핵심기술 개발에 주력	
WT 전략	▸(WT1) 로봇 중심적 기술개발로 건축 인프라 관점의 연구는 전무하나 R&D 지원과 정책을 바탕으로 건축물 내 로봇서비스분야를 활용할 수 있는 기술을 개발	▸(추진전략 3) R&D 생태계 구축 • (전문 연구 거점 조성) 스마트 빌딩용 로봇공학 전담 연구단 구성 및 운영으로 엔지니어, 건축가, 기술자 등 다양한 전문가 협력을 통해 건물 내 로봇 서비스 수요에 부응하는 최첨단 솔루션 개발 추진 • (TB구축 및 파일럿 프로그램) 스마트 빌딩 내 로봇 기술의 실용성과 효율성 평가를 위한 T/B 및 파일럿 프로그램 개발, 실증 환경에서의 반복적 피드백을 통한 연구 성과 개선으로 시장 출시 전 혁신 기술 고도화 • (글로벌 파트너와 협업) 스마트+빌딩 기술 지식을 공유하고 혁신을 가속화하기 위해 글로벌 연구기관 및 기업과의 협력을 통해 R&D 네트워크를 확대하고 기술 선도
	▸(WT2) 선진국 대비 로봇 서비스 기술 경쟁에서 뒤처지지 않기 위해 스마트+빌딩 적용 가능한 로봇분야의 핵심기술을 개발하여 기술경쟁력을 확보	

3.1.5 기술개발 중점 분야

□ 중점분야 및 구성기술 도출 과정

○ 3단계의 프로세스를 통해 3대 중점분야 및 7개의 구성기술을 도출

1단계	• 스마트+빌딩 기술 로드맵에 제시된 3개 중점분야 중 '로봇 친화 공간조성 및 운영기술 개발'과 관련 6개의 과제를 발굴 • 6개 과제 중 우선적으로 추진이 필요한 '로봇 친화 건축물 설계기술 개발'과 '로봇 친화 건축물 운영기술 개발', '로봇 친화 건축물 리모델링 실증 및 제도 개발' 등의 3개 과제를 단기('25~'28) 추진을 위한 사업대상 과제로 선정
2단계	• 기술 로드맵에서 도출된 3개 과제를 기반으로 연구진 논의를 통해 '로봇친화 건축물 기술개발'을 위한 3대 중점분야 및 9개 구성기술(안)을 마련
3단계	• (2단계)에서 연구진이 도출한 중점분야 및 구성기술(안)에 대하여 기획위원회 논의를 통해 3대 중점분야 및 11개 구성기술로 조정
4단계	• 총괄위원회 논의를 통해 3대 중점분야 및 7개 구성기술로 최종 조정 및 확정

□ [1단계] 기획위원회 구성·운영을 통한 기술개발 중점분야 및 구성기술(안) 도출

○ '로봇 친화 공간조성 및 운영기술 개발' 개요

- 로봇의 자율주행에 친화된 건축물의 공간조성 및 운영기술 개발에 필요한 세부 기술개발 로드맵 수립
- '24년도 예산 심의를 거쳐 '25년도부터 기술개발 본 사업 추진

○ '로봇 친화 공간조성 및 운영기술 개발' 관련 연차별 기술개발 과제

[그림 3-10] 로봇 친화적 공간조성 및 운영 기술 개발의 기술개발 로드맵(안)

출처: 연구진 작성

□ [2단계] 연구진 논의를 통한 기술개발 중점분야 및 구성기술(안) 도출

○ (기획 목표) 건축물 내·외부 로봇의 단절없는 이동 및 로봇-사람 간 안전하고 빠른 혼합 통행을 위한 건축물 표준모델 개발 및 실증 사업 기획

* 로봇이 자유롭게 활동할 수 있도록 건축공간·통신·플랫폼 환경을 갖춘 '로봇 스케일 건축' 구현

○ 연구진 논의를 통해 '스마트+빌딩 기술 로드맵'에서 도출된 '로봇 친화 공간조성 및 운영기술' 분야에서 우선추진이 필요한 과제*를 토대로 3대 중점분야에 대한 9개 구성기술(안) 마련

* '로봇 친화 건축물 설계기술 개발('25~'28)', '로봇 친화 건축물 운영기술 개발('25~'28)', '로봇 친화 건축물 리모델링 실증 및 제도 개발('26~'28)' 등 3개 과제

[표 3-12] 중점분야별 구성기술(안)

중점분야	구성기술안	세부기술안
1. 로봇 친화형 건축 설계기준 개발	1-1. 로봇 이동 성능 향상 설계	① 로봇의 건물 내 수직·수평이동 및 출입 관련 설비 규격
		② 로봇 이동 지원 승강기 규격 및 코어 설계 기준
		③ 장애물 인식 및 회피를 위한 설비(조명, 통신시설 등) 규격 및 설치 기준
		④ 플랫폼과의 원활한 연계를 위한 재료 기준
	1-2. 사람-로봇 통합 통행 지원 설계	① 원활한 통합(사람-로봇, 의료장비-사람-로봇) 이동과 사용을 위한 공간 규격
		② 단차 및 개구부(출입문·자동문) 등의 규격
		③ 로봇 동선이 반영된 건축설계 기준(로봇 전용 승강기 위치 선정, 로봇 출입 제한 동선 등)
		④ Space syntax 등 공간 활용 행태 분석을 기반으로한 의료 서비스 제공에 최적화된 동선(Tenant Mix/MD) 설계
	1-3. 로봇 운용 기반 시설 설계기준	① 로봇 충전 설비 설치 표준개발
	1-4. 의료시설 내 로봇 서비스 도입 활성화 지원 제도 마련	① 로봇 도입 의료 건축물 설계 기준
		② 로봇 서비스 구현에 필요한 요소기술 설치 기준
		③ 로봇 서비스 도입 후 건축물 운영관리 체계
		④ 로봇 도입 의료 건축물 표준모델 보급과 활성화를 위한 인증제도 및 인센티브 개발(로봇 친화형 건축물 인증제도와 연계한 스마트+빌딩 기술 인증제 개발)
2. 로봇 이동 지원기술 개발	2-1. 이기종로봇-설비간 통신체계 개발	① 개별 이기종 로봇이 사용 중인 상이한 통신규격의 표준화(엘리베이터-로봇, 로봇-로봇)
		② 로봇-플랫폼 간 데이터 통신 프로토콜 개발
		③ POI 기반의 수직, 수평 주행 알고리즘 개발과 API 개발
	2-2. 디지털트윈 기반 절대좌표 측위기술 개발	① 이기종 로봇의 건축물 공간정보 인식·저장·관리·활용 최적화를 위한 디지털 트윈 절대위치 좌표화 기술
		② 건축물 내부 공간에서 로봇의 위치 식별을 위한 통신(UWB, 특화망, 5G 등) 및 식별자(QR, 마커) 기술
	2-3. 통행성능 향상을 위한 시뮬레이터 개발	① 디지털 휴먼 기반 통행 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램 개발

중점분야	구성기술안	세부기술안
	(공간정보 협업)	② 변화정보(건축물의 주요시설 변화, 및 주기적 갱신)에 따른 디지털 트윈 로봇 시뮬레이션
3. 다종 로봇 운영 플랫폼 개발 및 실증	3-1. 로봇 서비스 관제 플랫폼 개발	① 로봇의 배터리 충전 및 잔량 모니터링 기술
		② 환자 데이터 송·수신·관리·처리(개인정보 등) 플랫폼 개발
		③ 건축물 내부 로봇 위치, 이동 동선 및 거점지역 정보 관제 기술
	3-2. 건축물 운영관리 플랫폼 개발	① 외부 도시 시스템(해당 지역 지자체 통합운영센터, 재난상황실, 소방 등 유관기관) 플랫폼 참조모델 개발
		② 로봇 수집 건축물 데이터(위생, 방역, 에너지, 등) 통합 관리 플랫폼 개발
	3-3. 의료 건축물 리모델링 실증	① 의료 건축물 내외부 로봇의 Seamless 이동 및 로봇-사람 간 혼합 통행 성능
		② 이기종 로봇의 상황인식, 이동, 서비스 수행 성능
		③ 건축물 운영·관리 플랫폼(커맨드센터) 설치 및 운영 실증
		④ 통합관제실(기존 관리실 기능 확대) 기준 및 운영 가이드라인

□ [3단계] 기획위원회 논의를 통한 중점분야 및 구성기술(안) 조정

○ (2단계)에서 연구진이 도출한 중점분야 및 구성기술(안)에 대하여 기획위원회 논의를 통해 3대 중점분야 및 11개의 구성기술로 조정

[표 3-13] 중점분야별 구성기술(안)

중점분야	구성기술안		구성기술 조정(안)
1. 로봇 친화형 건축 설계기준 개발	1-1. 로봇 이동 성능 향상 설계	⇨	1-1. 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발
	1-2. 사람-로봇 통합 통행 지원 설계		1-2. 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발
	1-3. 로봇 운용 기반 시설 설계기준		1-3. 운용 로봇별 필요한 공간·엘리베이터 최소규격, 경계부·단차·경사로 최대기준 마련
	1-4. 의료시설 내 로봇 서비스 도입 활성화 지원 제도 마련		1-4. 건축물 내 로봇의 운영 및 관리를 위한 관제, 충전·대기공간 등 제반 업무 공간 최적면적 및 설치 기준 개발
			1-5. 플랫폼과의 원활한 연계를 위한 전자파 간섭, 통신 장애 등을 최소화하는 바닥, 벽, 천장, 창호 등 구조체의 마감재 테스트 및 기준 마련
2. 로봇 이동 지원기술 개발	2-1. 이기종로봇-설비간 통신체계 개발	⇨	2-1. 다수·다종 로봇들의 이동지원을 위한 절대측위 좌표 및 건물실내외지도 구축
	2-2. 디지털트윈 기반 절대좌표 측위기술 개발		2-2. 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화
			2-3. 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축
	2-3. 통행성능 향상을 위한 시뮬레이터 개발(공간정보 협업)		2-4. 서비스별 데이터 연계 및 API 구축, 관리와 활용을 위한 Cloud 인프라의 통합 네트워크 구축
3. 다종 로봇 운영 플랫폼 개발 및 실증	3-1. 로봇 서비스 관제 플랫폼 개발	⇨	3-1. 로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 환자 대응, 의료 업무 보조 로봇 등 실증)

중점분야	구성기술안
	3-2. 건축물 운영관리 플랫폼 개발
	3-3. 의료 건축물 리모델링 실증

구성기술 조정(안)
3-2. 스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)

※ 참고 : 기획위원회 회의 결과('24.02.15)

중점분야 1. 로봇 친화형 건축설계기준 개발
ㅇ 설계시 단차-경사도 등을 위한 데이터가 필요 -> 코가로보틱스 회사 내 사업들에서 해당 내용에 대한 안내 가능 ㅇ 인증제도의 경우, 플랫폼-요소기술과의 연계가 필요 - 규제+인센티브 함께 강행되어야 건축주의 입장에서 참요 독려가 가능할 것으로 예상 ㅇ 기술적인 부분, 각 목표치가 중요하기 때문에 인증시스템, 지침 개발도 필요 - 로봇 전용엘리베이터의 유무, 운영 시간대 등 ㅇ 로봇 규제의 경우 로봇진흥원에서 진행중이기에 필요하다면 로봇 병원 실증 담당자 자문위원으로 참석 가능 - 5종 로봇 등의 건축물에 적용하려는 목적을 어느 정도로 설정할 것인지 등 ㅇ Barrier-free 건축물 정도면 로봇 이동에 문제가 없을 것으로 예상 - 로봇 친화적 건축물 = 인간 친화적 건축물 - 통신 문제만 해결된다면 건축 설계적인 측면에서 큰 문제가 없을 것으로 예상됨 - 네트워크 표준 등의 논의는 필요(승강기의 벽체 구성: 통신 방해가 안되는 재질 등) ㅇ 건축물 주변 포함 여부도 논의되어야 함 - 빌딩의 안전과 보안과 관련되어 건축물 주변도 연구 영역에 포함된다면, 해당 부분의 가이드라인도 필요
중점분야 2. 로봇 이동 지원기술 개발
ㅇ 기술별 단위, 로봇 제조사별 맵 호완과 측위 단위가 기술별로 다르기 때문에, 이를 통합하는 강제성이 필요 - 국가의 강제성으로 현재 문제 해결 가능 - 로봇 지도에 대한 규제가 생기면 민간업체에서는 따라오는 구조 - 네이버 지도와 같은 공통 맵 지도 개발 필요 - 로봇의 데이터 정보 보안 상 공개 제한 정보를 제도적으로 풀어주는 과정도 있으면 좋을 것 같음 ㅇ 디지털트윈 시뮬레이션에 대한 내용은 건축 설계 측면에서 작성했던 내용이나, R&D 진행하며 1세부, 2세부, 3세부 or 분과별 내용 공유 필요 ㅇ 필수적으로 통합해야하는(통신 등) 과정 선행 필요 - 로봇의 주행관리 시스템의 부재 : 실증 시 브랜드가 상이한 로봇 간에 이동 제약 등의 문제 발생 - 스마트+빌딩의 목적이 사람-로봇간의 이동이 목표라면 그에 따라 선행되어야 하는 항목들이 어떤 것들이 있는지 조사하는 과정이 필요 ① 스마트+빌딩의 방향성 -> ② 선행되어야 하는 항목 정리
중점분야 3. 다종 로봇 운영플랫폼 개발 및 실증
ㅇ 기술간의 간섭 등은 시뮬레이션을 통해 발견될 수 있을 것으로 예상 ㅇ 전체적인 플랫폼, 상호 운영과정에서의 지침 마련 필요 ㅇ 어떤 목적을 가지고 실증할 것인지에 따라 다르기 때문에, 목적, 실증로봇(어떤 로봇으로 실증할지 등)을 정하는 것이 중요

□ [4단계] 총괄위원회 운영을 통한 기술체계(중점분야 및 구성기술) 확정

○ 본 사업의 목표 및 규모에 적절하게 범위의 기술 선정 여부 논의

- 사업의 목표를 달성할 수 있는 기술로 구성되어 있는지 검토
- 사업의 규모 규모에 적절한 기술개발 내용으로 구성되어 있는지 검토

○ 기술분류(핵심기술-구성기술-세부내용 구성)의 적절성 여부 논의

- 핵심기술은 각 구성기술을 포괄할 수 있는 명칭으로 작성되었는지 검토
- 각 기술의 명칭이 어떤 기술을 개발하고자 하는지 충분히 표현되어 있는지 검토
- 핵심기술 또는 구성기술 내용의 수정, 신규 추가 및 삭제가 필요한 부분이 있는지 검토

○ 총괄위원회 논의 결과

- (설계 기술) 로봇 친화 건축물 설계를 위한 지원도구(S/W) 개발, 로봇 서비스 성능 향상을 위한 건축물 설계 및 자재성능 기준 개발에 대한 내용으로 조정
- (운영·관리 기술) 건축물에서 제공하는 절대좌표 기반 공간지도 구축 기술 개발, 로봇 관제 및 건축물 운영·관리 연계 기술 개발에 대한 내용으로 조정
- (실증 및 제도) 건축물 리모델링 및 성능 실증, 로봇 친화형 건축물 국가 인증 개발에 대한 내용으로 조정
- 기술개발 대상을 병원에서 일반 건축물로 확대하고, 로봇의 형태와 서비스별 적용가능한 건축물에 대한 기술개발 매칭 강화 등 의견 제시

[표 3-14] 중점분야에 따른 구성기술 조정 과정

중점분야	구성기술(11개) 기획위원회 운영을 통한 조정(안)		구성기술(7개) 총괄위원회 운영을 통한 최종(안)
1. 로봇 친화 건축물 설계기술 개발	1-1. 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발	⇨	1-1. 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발
	1-2. 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발		
	1-3. 운용 로봇별 필요한 공간·엘리베이터 최소규격, 경계부·단차·경사로 최대기준 마련	⇨	1-2. 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발
	1-4. 건축물 내 로봇의 운영 및 관리를 위한 관제, 충전·대기공간 등 제반 업무 공간 최적면적 및 설치 기준 개발		
	1-5. 플랫폼과의 원활한 연계를 위한 전자파 간섭, 통신 장애 등을 최소화하는 바닥, 벽, 천장, 창호 등 구조체의 마감재 테스트 및 기준 마련	⇨	1-3. 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

중점분야	구성기술(11개) 기획위원회 운영을 통한 조정(안)		구성기술(7개) 총괄위원회 운영을 통한 최종(안)
2. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	2-1. 다수·다종 로봇들의 이동지원을 위한 절대 측위좌표 및 건물실내외지도 구축	⇨	2-1. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
	2-2. 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화		
	2-3. 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축	⇨	2-2. 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발
	2-4. 서비스별 데이터 연계 및 API 구축, 관리와 활용을 위한 Cloud 인프라의 통합 네트워크 구축		
3. 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	3-1. 로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 환자 대응, 의료 업무 보조 로봇 등 실증)	⇨	3-1. 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증
	3-2. 스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)	⇨	3-2. 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

○ 기술체계(3대 중점분야 및 7대 구성기술) 최종 확정(안)

[표 3-15] 기술체계 확정(안)

중점분야	구성기술 (7개)
1. 로봇 친화 건축물 설계기술 개발	1-1. 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발
	1-2. 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발
	1-3. 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발
2. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	2-1. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
	2-2. 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발
3. 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	3-1. 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증
	3-2. 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

3.1.6 유사사업과의 차별성

1) 부처별 사업과의 차별성

□ 로봇 기술개발 과제가 아닌 공간 설계, 인프라 표준화 등 건물 중심의 고도화 등 건축적 관점에서 로봇 기술을 통합하기 위한 기술개발 과제로 차별화

○ 기존의 로봇 관련하여 부처들이 수행한 기술 개발 과제는 케어 로봇 제어 시스템, 엘리베이터와 도어 상호 작용, 고정 환경에서의 서비스 모델 평가 등 로봇 운영의 특정 측면에 초점을 맞추고 있음

○ 본 사업에서는 건축 관점에서 로봇 기술을 통합하는 데 중점을 두고 있으며 특히, 건축 공간 설계 및 인프라 표준화 등 건축물 중심의 기술 개발 수행으로 차별성을 가짐

[표 3-16] 부처별 유사사업과의 차별성

과제명 (기간, 총사업비)	수요자 중심 돌봄로봇 및 서비스 실증연구개발 ('23~'27, 168억원)	감염우려 의료폐기물 처리 기술개발 ('21~'24, 199억원)	감염병 의료안전 강화 기술개발 ('22~'24, 252억원)	대규모 융합 로봇 실증사업 ('22~'24)
개발목표	협소공간에서 장애인과 노인의 슬라이딩 이승, 자세 변환을 위한 돌봄 로봇 시스템 개발, 실증, 상용화	폐기물 처리 시스템과 연동되는 의료 폐기물을 이송하는 로봇제품 개발 및 실증	포터블 훈증 방역기 모듈 기반 비대면 자동화 방역 로봇 시스템 개발 및 임상 평가	서비스로봇 전문 SI기업 발굴을 통한 다종·다수 로봇 활용 사회적 문제해결과 국민의 편의 증진 및 로봇산업 규제개선과 산업 규모 확대
주요 연구 내용	[주요 연구내용] • 모니터링과 돌봄 업무지원을 위한 인공지능 돌봄 로봇 시스템 개발 • 여러 대의 돌봄 로봇 상태를 원격 모니터링 할 수 있는 다중 원격 모니터링 시스템 및 관제 시스템 개발 • 돌봄 데이터 활용 시나리오 및 서비스 개발/적용 • 돌봄 로봇 시스템 및 관제 스테이션의 현장 실증 • 돌봄 로봇 사업화 방안 및 비즈니스 모델 개발	[주요 연구내용] • 로봇의 의료 폐기물 이송을 위한 기본 기능 확보 • 로봇 엘레베이터 탑승 및 자동문 출입 기능 개발 • 폐기물 자동 수거/하역을 위한 장치, 수납함과 연동한 로봇개발 및 검증 – 로봇에 자동적재를 위한 보조장치(리프트, 매니퓰레이터등등)Concept 디자인, 검증, 수정보완 – 필요 시 폐기물 수거함 부 인프라 추가(팔렛트, 도킹가능 구조, 카트구조 수거함 받침대) • 이송로봇 의료기관 현장 검증 및 최적화	[주요 연구내용] • 의료환경에서 안정적 주행이 가능한 로봇기술 개발 및 고도화 • 멸균 공간 신속 중성화 방역 로봇 개발 • 방역 로봇 통합 관제 인프라 개발 • 의료환경 오염 제거 수준 평가 표준화 개발 • 비대면 방역 로봇 자가 소독 기능 평가 표준화 개발 • 비대면 랜드마크 프리 로봇 방역서비스 모델 개발 및 임상 평가	[주요 연구내용] • 의료진 업무경감 및 환자 편의 증대, 의료진 보조 및 긴급대응 국가유공자 이동편익 증대, 全병원 비대면·완전 자동化) 등을 위한 다수·다종 서비스 로봇의 병원내 실증을 통해 도입 가능성 실증 및 의료서비스 로봇의 고도화

과제명 (기간, 총사업비)	수요자 중심 돌봄로봇 및 서비스 실증연구개발 ('23~'27, 168억원)	감염우려 의료폐기물 처리 기술개발 ('21~'24, 199억원)	감염병 의료안전 강화 기술개발 ('22~'24, 252억원)	대규모 융합 로봇 실증사업 ('22~'24)
차별성	해당 연구의 로봇 기술 개발 및 관제 시스템의 실증은 해당 사업에서 개발된 돌봄로봇에 국한	해당 연구는 개발된 로봇의 엘리베이터 탑승 및 자동문 통과 검증을 하고 로봇의 무인화를 위한 장치를 연구하는 것으로 건축물의 공간 설계 범위까지는 고려되지 않아서 건축물 관점의 기술 개발 내용인 본 사업의 연구 대상 및 범위에서 차별성이 존재	해당 연구는 개발된 로봇의 의료 환경에서의 작동 요건을 분석하고 서비스 모델 개발 및 평가를 하고 있으나 환경요인은 고정되고 평가 결과 또한 로봇 기술에 대한 개선만을 위해 활용되는 바, 건축물 관점의 기술개발 내용인 본 사업의 연구 대상 및 범위에서 차별성이 존재	병원 내 다수·다종 서비스 로봇의 이동 및 서비스 제공 가능성을 실증한 사업으로 본 사업으 건축물 설계기준 및 인프라 표준화 등과는 차별성이 존재
연계방안	로봇 중심의 다수·다종의 로봇 관제의 문제점을 본사업에서 시설물-로봇의 통합관제 형태로 변경	로봇 엘레베이터 탑승 및 자동문 출입 기술 등 해당사업의 기반 기술을 활용하여 동 사업의 로봇 연동 출입문, 원활한 엘리베이터 사용 등과 연계하여 고도화 가능	방역 로봇 관제 시스템을 참고하여 동 사업 다수·다종 로봇 관제 시스템 개발에 연계 가능	해당 연구의 다종 로봇 통합관제시스템의 로봇간 충돌, 통신 음영지역 등의 문제에 대한 해결방안을 본 사업에서 연구 예정

2) 대규모 융합 로봇 실증사업과의 차별성

□ 실시간 정보와 기술 연계를 통해 로봇 서비스 확장 및 효율성을 높이고, 로봇 친화적 건물의 표준화를 위한 기술개발 과제로 차별화

○ 양방향 및 실시간 정보 활용을 통해 로봇을 건물 운영 및 관리 시스템과 통합함으로써 로봇 서비스, 이동 정확도 및 제어 효율성을 향상

○ 또한, 로봇 운영에 필수적인 시설과 기술을 갖춘 공간을 조성함으로써 로봇 서비스 성능 기준을 마련하고, 로봇 친화적 건축물의 표준화와 보급 촉진

[표 3-17] 대규모 융합 로봇 실증사업과의 차별성

구분 / 실증 내용	대규모 융합 로봇 실증사업	건축물 내·외부 자율주행 로봇서비스 고도화를 위한 건축물 설계 및 운영·관리 기술 개발
대상 로봇	• 건축물 용도에 따른 다종 서비스로봇 - (지하상가) 배달, 물류, 방역·순찰, 바리스타, 홍보·안내 - (리조트, 숙박시설) 서빙, 조리, 화물운반 - (병원) 배송, 고중량 이송, 실외 배송, 방역, 안내, 비대면 다학제, 홈케어	• 다수·다종 서비스 로봇 - (터미널) 물류 이송, 순찰, 안내 - (종합병원) 약체·검체 배송(고중량 포함), 방역로봇, 비대면 면담·교육 로봇, 안내 로봇
정보 수집 및 공간정보 구축	• 다수·다종 로봇의 개별 공간 지도를 통합 - 로봇 제조사별 구축된 공간 지도(맵)를 통합 • 통합 관제 시스템을 구축 및 운영	• 다수·다종 로봇의 동시·통합 운용을 위한 범용 DB 구축 • 실시간 공간 변화 데이터 수집 및 수시 갱신이

구분 실증 내용	대규모 융합 로봇 실증사업	건축물 내·외부 자율주행 로봇서비스 고도화를 위한 건축물 설계 및 운영·관리 기술 개발
	• 로봇 관제 센터 또는 개별 사용자가 로봇에 명령 로봇 관제 센터 ↓(정보) 로봇	가능한 실내외 지도 제작 • 상호 정보 교환을 통한 공간 지도 모니터링(실시간 공간 변화, 비상/응급 상황 등의 감지) 및 최신화 – 로봇 운용에 필요한 정보(혼잡도, 공간 변화) 실시간 수집 및 수집 정보 활용을 통한 로봇 서비스 고도화 로봇 관제 시스템, 건물 운영·관리 시스템 ↓(정보)↑ 로봇 양방향 및 실시간 정보 활용을 통한 로봇 서비스 고도화, 이동 정확성 향상, 관제 효율화 도모
건축물 유지·관리 연계성	• 건축물 관리 시스템과 로봇 관제 시스템이 각각 운영되어 미연계 • 이용하는 로봇 종류가 다양해지면 로봇별로 관제 시스템이 다수 존재하여 비효율 발생	• 로봇수집정보–공간지도–로봇관제 연계 건물 운영·관리 시스템 구축 로봇을 통한 실시간 수집 정보와 건축물 운영·관리 연계를 통한 건축물 운영·관리 시스템 성능 고도화
공간 및 시설 개선 (인프라 개선)	• 로봇의 운용을 위하여 시설물 설치 및 공간 개선 : 개별 출입문 교체, 자동문 설치, 통신설비 설치, 엘리베이터 단차 공사, 로봇 스테이션, 충전 공간/구역, 도착 위치 표시 등 – 여닫이 문, 통신 설비 미부착(통신음역지역), 방화문 등의 경우 로봇의 이동이 불가 – 개별실 출입문이 닫혀 있는 경우 출입 및 이동 불가 – '로봇'의 전용 공간(최소 공간) 마련 필요 – 기존 공간을 할애한 로봇 운용 지원 설비 등의 설치 공간 확보 필요 • 다만, 로봇 성능 검증이 주목적으로 특정공간 조건에 한정하여 적용되는 한계 존재	• 다중이용시설 등 건축공간에 범용적으로 적용가능한 설계지원 S/W 개발 – 인간–로봇 행동기반 건축설계 시뮬레이터, 상호작용 시뮬레이션을 통한 최적공간 설계 자동화 기술 마련 • 시뮬레이션 기반 로봇 통행·지원 공간 설계기준 개발 – 로봇 서비스 지원 공간 규격 기준, 로봇 통행 공간 최소 유효폭 기준 등 개발 • 건축물 구조체, 마감재 시험, 성능 기준 개발 – 로봇 성능 지원, 관제 향상을 위한 구조체, 마감재의 성능 테스트, 기준 개발 로봇 운용에 필수 설비·기술이 적용된 공간 구현을 통한 로봇 서비스 범위 확장, 기능 최대화, 관제 효율성 향상을 도모
제도	• 로봇 성능 기준 등 로봇 측면에서 제도개선 방안 검토 – 로봇 활동공간인 건축물에 대한 제도개선 검토는 미흡	• 다양한 성능의 로봇을 포괄하는 범용적 건축공간 기준 마련 – 스마트+빌딩 지원법령 개정안 및 인증기준 – 인센티브(건축기준 완화 등) 로봇서비스 성능기준 마련, 로봇 친화 건축물 표준화 및 보급 활성화를 도모

3) 네이버 1784와의 차별성

□ 혼잡한 불특정 다수가 이용하는 일반 건축물로의 적용 가능성 등으로 기술 차별화

○ 네이버 1784는 자사 기술·자본을 투입하여 단일 로봇에게 쾌적한 환경을 구축하고, 전용승강기 도입 등 재실자와 로봇의 동선을 최대한 분리하여 충돌·혼잡 사전 통제 추진

○ 본 사업은 불특정 다수의 이용자로 혼잡도가 높은 다중이용시설을 대상으로 다수·다종 로봇의 자율주행 시뮬레이션을 통한 최적 설계안 지원 및 건축물 운영·관리 기술을 개발하는 데 차별성을 가짐

[표 3-18] 네이버 1784와의 차별성

구분	네이버 1784		본 R&D 사업	
공간환경 및 서비스	• 혼잡도 낮은 자사 오피스 사옥 • 소규모 택배, 음료 배송 등 단일서비스 한정		• 혼잡도 높은 다중이용시설 (교통환승터미널, 종합병원) • 배송, 순찰, 방역 등 다수 서비스 실증	
건축물 설계 기술	• 설계 표준 부재로 건축가에 의존 • 전용 승강기로 수직이동 • 타 건물 적용 제한		• 환경에 최적화된 설계 자동화 툴 제공 • 인간-로봇 공존동선고려 • 다양한 건축물에 범용적 적용 가능	
건축물 운영·관리 기술 (BMS)	• 단일로봇에 대해 이동관제 • 개별 디지털트윈 및 공간지도 구축(로봇측위의존) • 별도 BMS 운영으로 정보연계 부족		• 이종·다종 로봇 통합관제 • BIM 등 공공데이터 활용 개방형 디지털트윈 구축(절대측위로 정확도↑) • 로봇 취득정보와 BMS 연계→건물 운영·관리 효율화(로봇, E/V, 게이트를 건물이 통합 관제)	

3.2 중점분야 별 기술 개발

3.2.1 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

1) 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

○ 건축물 내 인간-로봇 이동 성능에 대한 LOS(Level of Service) 기준 설정

- LOS 기준설정 항목 예시

❖ 이동속도(m/min) / 로봇대기시간(min) / 충돌확률

○ 인간-로봇과 건축 공간 상호작용 시뮬레이터 개발

○ 로봇 친화 건축물 설계 지원 솔루션 개발

- 시뮬레이션을 위한 DB 구축 예시

❖ 인간 행동 학습 데이터 / 로봇 데이터베이스(스펙, 형태) / 로봇 활용 사례조사(이용 만족도, 목적지 도달속도, 안정성 등) / 유형별 건축공간 데이터 / 건축/로봇 유형별 지원 시설 데이터

※ 참고 : Level of Service(LOS) 등급 기준

• 통상 대기공간, 계산, 보행통로 등에서 LOS를 적용하나, 시설별 특성에 따라 별도의 LOS 제시 가능
  * 「환승센터 및 복합환승센터 설계배치 기준(국토부 훈령)」의 '보행이동시설' 참고

-대기공간에서 성인 1명이 차지하는 최소한의 면적인 0.23(m2/인)을 LOS E의 최저수준으로 하며, LOS A는 인접 대기자 사이에 한 사람이 더 들어갈 수 있는 수준

LOS	점유면적(m2/인)	이격거리(m)	보행상태
A	1.18 ≤ A	1.2 ≤ L	자유 흐름의 영역
B	0.78 ≤ A < 1.18	1.0 ≤ L ≤ 1.2	타인이 무리없이 통과 가능
C	0.54 ≤ A < 0.78	0.8 ≤ L < 1.0	타인 통과시 불편을 끼침
D	0.34 ≤ A < 0.54	0.6 ≤ L < 0.8	타인과의 접촉없이 대기 가능
E	0.23 ≤ A < 0.34	L < 0.6	타인과 접촉업이 대기 불가능
F	A < 0.23	꽉찬 상태	타인과 밀착, 심리적 불쾌 상태

-계단에서 성인이 다리를 들어 올리고 팔을 흔드는 동작을 위해 필요한 최소한의 면적인 0.47(m2/인)을 LOS E의 최저수준으로 하며, LOS A는 자유롭게 손을 흔들며 갈 수 있는 면적인 1.66(m2/인)

* 점유면적과 보행속도 간 관계를 통해 환산한 보행교통류율(인/분/m) 기준

LOS	보행교통류율(인/분/m)	점유면적(m2)	보행상태
A	R ≤ 18.66	1.66 ≤ A	보행속도의 자유선택 가능
B	18.66 < R ≤ 25.57	1.18 ≤ A < 1.66	정상속도 가능, 대항시 다소 혼란
C	25.57 < R ≤ 33.63	0.87 ≤ A < 1.18	타인 추월 곤란, 속도 제한
D	33.63 < R ≤ 41.47	0.61 ≤ A < 0.87	보행속도 제한, 대항시 교통 혼란
E	41.47 < R ≤ 48.64	0.47 ≤ A < 0.61	계단보행의 최저치
F	48.64 < R	A < 0.47	교통마비 상태, 떠밀리는 상태

-보행통로에서 성인이 보행을 하기 위해 필요한 최소한의 면적이 0.67(m2/인)을 LOS E의 최저수준으로 하며, LOS A는 보행속도를 자유롭게 선택할 수 있는 수준

LOS	보행교통류율(인/분/m)	점유면적(m2)	보행상태
A	R ≤ 27.15	2.84 ≤ A	보행속도의 자유선택 가능
B	27.15 < R ≤ 34.34	2.21 ≤ A < 2.84	정상속도로 같은 방향 추월 가능
C	34.34 < R ≤ 45.44	1.61 ≤ A < 2.21	보행속도 추월의 자유도 제한
D	45.44 < R ≤ 59.51	1.05 ≤ A < 1.61	보행속도 제한
E	59.51 < R ≤ 73.70	0.67 ≤ A < 1.05	자신의 보통 보행속도 불가
F	73.70 < R	A < 0.67	떠밀리는 걸음, 정지상태

2) 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

○ 로봇의 수평 통행을 위한 출입문의 구조와 설치 기준 개발

○ 로봇의 수직 이동 지원을 위한 수직이동설비 구축 기준 개발

○ 건축물 내외 로봇 서비스 운영 및 관리를 위한 지원시설의 종류·규모, 필수·부가 요소 등 설계 및 시공 기준 개발

– 설계·시공 기준 개발을 위한 DB 구축 예시

❖ 다양한 기종의 로봇 스펙 DB(크기, 속도, 무게, 안전거리, 통신방식 등) / 로봇 제조사 별 시스템 구축 매뉴얼 DB / 로봇 제조사 별 운영, 관리 메뉴얼 DB / 승강기 및 시스템 스펙 DB / 출입문 타입별 스펙(단차, 개폐속도, 센서 등) 및 출입통제 연동방식 DB

정보 구축 (스펙 DB)	구축 방법
• 다양한 기종의 로봇 스펙 DB (크기, 속도, 무게, 안전거리, 통신방식 등) • 로봇 제조사 별 시스템 매뉴얼 DB • 로봇 제조사 별 운영, 관리 매뉴얼 DB • 승강기 및 시스템 스펙 DB • 출입문 타입별 스펙(단차, 개폐속도, 센서 등) • 출입통제 연동방식 DB	• 다양한 로봇 제조사별 운영, 관리 매뉴얼과 건축 인프라 분석 • 시스템 구축을 위한 최소한의 기준 표준화

▷

공간·시설 기준 항목	상세 기준
• 출입문 유형별 구조 기준 (유효폭, 높이, 단자, 대기공간 등) • 출입통제 시스템 연동 기준	• 로봇 서비스 유형별 출입문 최소 설계기준
• 수직이동 수단 승강기 구조기준(크기, 출입문 폭, 단차, 승강장 틈새 등) • 승강기 시스템 연동 기준 • 경사로 구조기준(폭, 경사도, 마감재)	• 로봇 서비스 유형별 수직이동수단 최소 설계기준
• 로봇 서비스 규모별 • 지원공간 건축 설계기준 (충전, 대기, 공간)	• 로봇 서비스 유형 및 규모별 지원공간 최소 설계기준

[그림 3-11] 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발 개념도

출처: 연구진 작성

3) 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

○ 로봇 Spec(구동, 센서) 대응 건축마감재 영향 인자 도출

○ 로봇 이동, 환경 인식 정확도 향상을 위한 건축마감재 스펙 DB 구축

○ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축마감재 성능 기준 개발

- 마감재 성능 기준 개발을 위한 DB 구축 예시

❖ 마감재 스펙 DB(바닥, 벽, 천장, 창호) / 다종 로봇의 스펙 DB(구동방식, 바퀴, 센서, 통신 모듈)

정보 구축 (스펙 DB)	구축 방법		마감재 기준 항목	상세 기준
• 바닥 마감재 스펙 DB • 다종 로봇의 스펙 DB(구동방식 및 바퀴)	단위별 테스트	▷	• 바닥 마감재의 미끄럼저항계수 기준	• 미끄럼저항계수 n 이상의 바닥재 사용
• 다종 로봇의 스펙 DB(구동방식 및 바퀴)			• 바닥의 요철 기준	• 요철 n 이하의 바닥재 사용
• 마감재 스펙 DB • 다종 로봇의 스펙 DB(Sensor)			• 벽,천장,창호의 반사도 기준	• X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 반사도 n 이하의 바닥/벽/천장 사용
• 마감재 스펙 DB • 다종 로봇의 스펙 DB(Sensor)			• 벽,천장,창호의 투과율도 기준	• X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 투과율 n 이하의 바닥/벽/천장 사용
• 마감재 스펙 DB • 다종 로봇의 스펙 DB(Sensor)			• 로봇 서비스 공간의 실내조도 기준	• X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 실내 조도 범위 n~m 유지
• 마감재 스펙 DB • 다종 로봇의 스펙 DB(Sensor)			• 창호 및 차광시설을 통한 일사투과율 기준	• X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 외부로부터의 침입 광 제어 시스템 설치

[그림 3-12] 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발 개념도
출처: 연구진 작성

3.2.2 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

1) 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

○ 건축물 공간지도 구축을 위한 POI 체계 정립 및 설계

- POI 체계 DB 구축 예시

❖ POI 개념정의(통과점, 경로, 장애물, 변위, 거점) / POI 분류체계(로봇관점 건축물 POI 대중소 분류체계 설계, 범용 POI DB 컬럼 및 테이블 정의서, 속성 및 도형 DB 설계안, 건축물관리관점(BMS)과 로봇친화형 POI 테이블을 구성 및 연계)

○ 다중이용시설 등 건축물 범용 공간지도 구축 표준 기술 개발

- 공간지도 구축 표준 예시

❖ (설계 조건) law data: BIM, Lidar data / Output Format: .pcd / 지도형태: Vector, Grid map / 좌표계: UTM-K(절대위치좌표계)

❖ (공간지도 레이어) / 건축물 POI 레이어 / 주행경로 레이어 / 통신, IoT센서(Wifi) 기기 레이어 / 국가중점데이터(지형지물) 레이어

❖ (공간지도 구축 대상) 신축 건물 / 기축 건물(리모델링)

○ 로봇 주행경로 최적화 및 갱신 기술 개발

- 로봇이 수집하는 데이터를 이용하여 POI 공간지도 갱신 기술 개발
- 실시간 공간지도 기반의 로봇주행경로 알고리즘 최적화를 통한 플랫폼 활용성 향상

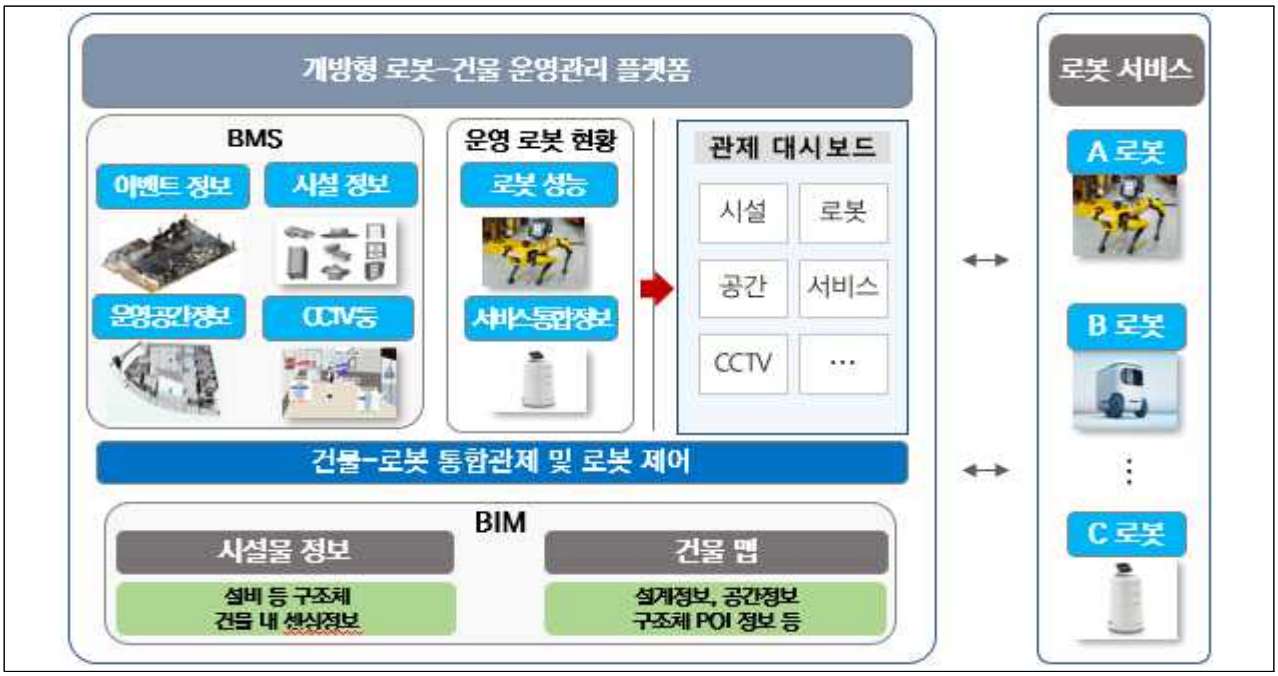
2) 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

○ 다수·다종 로봇 운영·관리를 위한 개방형 로봇 관제 시스템 개발

- 개방형 로봇-건물 통합관제를 위한 요구사항 분석 및 정의
- 이종 로봇 서비스 등 통합 운영관리를 위한 연계 환경 확보

○ 로봇 관제 시스템-건축물 운영·관리 시스템 연계 플랫폼 개발

- 관리자 및 서비스 제공자 맞춤형 정보제공을 위한 UI/UX 개발
- 건물 관제 정보 및 운영 서비스 통합 관리 S/W 개발



[그림 3-13] 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개념도

출처: 연구진 작성

3.2.3 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

1) 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

○ 로봇친화 건축물 설계 및 서비스 지원 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링

- (리모델링 설계) 인간-로봇 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 최적공간 설계 자동화 솔루션 기술을 적용한 실증 대상지 리모델링 설계
- (리모델링 시공) 로봇 통행지원 공간·시설 설치기준 및 건축물 마감재 성능기준을 적용한 리모델링 시공
- (운영·관리 플랫폼 구축) POI 모듈 등 시제품 활용 공간지도 인프라 구축, 개방형 로봇-건물 운영관리 플랫폼 실증을 위한 시설 설치
- 실증 대상 건축물 예시

❖ 다중이용시설로 혼잡하고 복잡한 건축 구조로 수직·수평 이동 난도가 높은 건축물(1천세대 이상 공동주택단지 등 주거시설, 터미널, 광역철도역 등 교통환승시설, 대학병원, 요양병원 등 의료시설, 백화점 등 대규모판매시설, 대기업 사옥 등 업무시설, 공연장 등 문화 및 집회시설 등의 용도가 복합된 건축물 등)

○ 리모델링 건축물 대상 로봇서비스 성능 실증 및 검증

- 로봇친화 건축물 설계 기술 적용 로봇서비스 성능 실증 및 검증
- 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 적용 로봇서비스 성능 실증 및 검증

2) 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

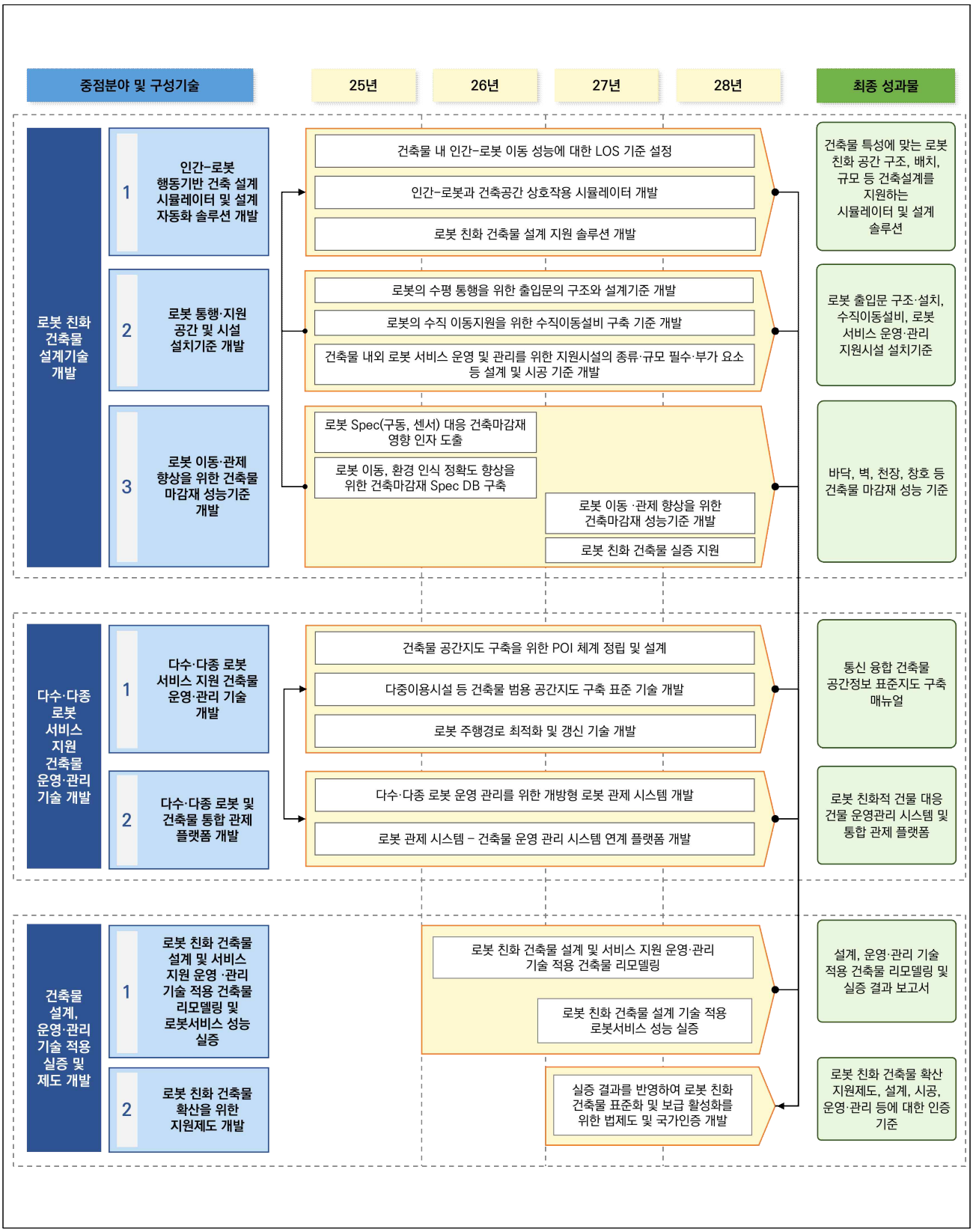
○ 로봇 친화 건축물 확산에 필요한 제도적 지원방안 개발

- 로봇친화 건축물 조성 지원 및 육성을 위한 법령 및 지원 정책 개발
- 로봇친화 건축 국가 인증, 건축기준 완화, 규제특례, 선도사업 및 행정적·재정적 지원사항 발굴

○ 로봇 친화 건축물 설계, 시공, 운영·관리를 위한 인증제도 등 표준 개발

- 인증항목, 인증등급, 평가방법, 인증취득에 따른 인센티브 개발

3.2.4 기술개발 체계도



[그림 3-14] 기술개발 체계도

출처: 연구진 작성

3.3 소요예산 및 자원 투입계획

3.3.1 총 사업 예산

□ 4년('25~'28년)간 180억 원(국고 180억 원, 민자 미정), 연평균 45억 원 규모로 3개 중점분야, 7개 구성기술을 선정

[표 3-19] 중점분야별 사업 추진 규모

(단위: 백만 원)

중점분야	구성기술	총사업비	국고	민자
로봇친화 건축물 설계기술 개발	1-1. 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	2,000	2,000	미정
	1-2. 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발	700	700	미정
	1-3. 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	1,300	1,300	미정
	소 계	**4,000**	**4,000**	**미정**
다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술개발	2-1. 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발	1,500	1,500	미정
	2-2. 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	1,600	1,600	미정
	소 계	**3,100**	**3,100**	**미정**
로봇 친화 건축물 설계, 운영관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	3-1. 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	10,400	10,400	미정
	3-2. 로봇친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발	500	500	미정
	소 계	**10,900**	**10,900**	**미정**
합 계		**18,000**	**18,000**	**미정**

3.3.2 중점분야별 상세 소요예산

□ 중점분야 1

[표 3-20] 중점분야 1 상세 소요예산

(단위: 백만 원)

구성기술	'25	'26	'27	'28	계
1-1. 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	500	800	500	200	2,000
인건비	167.28	267.64	167.28	66.91	669.11
연구장비 재료비	248.57	397.71	248.57	99.43	994.28
기타경비 및 간접비	84.15	134.64	84.15	33.67	336.61
1-2. 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발	300	200	100	100	700

(단위: 백만 원)

구성기술	'25	'26	'27	'28	계
인건비	100.37	66.91	33.46	33.46	234.19
연구장비 재료비	149.14	99.43	49.71	49.71	348.00
기타경비 및 간접비	50.49	33.66	16.83	16.83	117.81
1-3. 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	700	300	200	100	1,300
인건비	234.19	100.37	66.91	33.46	434.92
연구장비 재료비	348.00	149.14	99.43	49.71	646.28
기타경비 및 간접비	117.81	50.49	33.66	16.83	218.80
합 계	1,500	1,300	800	400	4,000

□ 중점분야 2

[표 3-21] 중점분야 2 상세 소요예산

(단위: 백만 원)

구성기술	'25	'26	'27	'28	계
2-1. 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발	500	500	200	300	1,500
인건비	148.36	148.36	59.34	89.01	445.07
연구장비 재료비	270.01	270.01	108.00	162.01	810.03
기타경비 및 간접비	81.20	81.20	32.48	48.72	243.59
2-2. 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	100	1,000	200	300	1,600
인건비	68.46	556.41	104.32	139.10	868.31
연구장비 재료비	1.00	93.00	31.00	47.00	172.00
기타경비 및 간접비	30.53	350.58	64.67	113.89	559.88
합 계	600	1,500	400	600	3,100

□ 중점분야 3

[표 3-22] 중점분야 3 상세 소요예산

(단위: 백만 원)

구성기술	'25	'26	'27	'28	계
3-1. 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	0	2,425	5,250	2,725	10,400
인건비	0	278.20	765.07	521.64	1,564.92
연구장비 재료비	0	1,817.57	3,763.79	1,793.79	7,375.16
기타경비 및 간접비	0	329.21	721.13	409,56	1459,92

(단위: 백만 원)

구성기술	'25	'26	'27	'28	계
3-2. 로봇친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발	0	0	250	250	500
인건비	0	0	74.51	74.51	149.02
연구장비 재료비	0	0	140.83	140.83	281.66
기타경비 및 간접비	0	0	34.66	34.66	69.32
합 계	0	2,425	5,500	2,975	10,900

3.3.3 자원 투입 계획

□ 중점분야별 연구시설 및 장비, 시작품 제작비, 연구 재료비 내역[국고]

[표 3-23] 중점분야 1 연구장비 내역

구분	순번	장비	수량(개)	금액(백만 원)
연구 시설 및 장비	1	데이터로거	1	100
	2	개발용 서버(빅데이터)	1	40
	3	개발용 서버(AI딥러닝)	2	25
	4	개발용워크스테이션	2	30
	5	개발용 장치	14	26
시작품 제작비	6	프로토타입 설계 S/W 제작비	1	300
	7	로봇 친화형 마감재, 구조체 시작품 제작비	10	30
연구 재료비	8	전산관리비	3	150
	9	건축물 마감재, 구조체 품질시험비 및 재료비	2	200
	10	재료비(시험소모품)	2	70
합 계			38	971

[표 3-24] 중점분야 2. 연구장비 내역

구분	순번	장비	수량(개)	금액(백만 원)
연구 시설 및 장비	1	3D 지도 스캐너 장비	3	100
	2	GPS 및 UWB 장치	30	40
	3	데이터 처리 및 분석 장비	1	200
	4	개발용 서버(빅데이터)	1	40
	5	개발용 서버(AI딥러닝)	2	25
	9	데이터 처리 및 분석 장비	1	200
시작품 제작비	10	Mock-Up Test	1	80
연구 재료비		SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 소프트웨어	1	100
	11	재료비(시험소모품)	8	165
합 계			48	950

[표 3-25] 중점분야 3. 연구장비 내역

구분	순번	장비	수량(개)	금액(백만 원)
연구 시설 및 장비	1	데이터 서버	1	100
	2	데이터 수집 및 성능 평가 장치	1	30
시작품 제작비	3	서비스 로봇 구매비	8	50
	4	로봇 친화 건축물 설계비	1	100
	7	테스트베드 구축	5	500
	8	BMS, 로봇 관제 시스템 연계 S/W 제작비	1	150
연구 재료비	10	재료비(시험소모품)	8	145
	11	테스트베드 운영 관리비	1	80
합 계			26	1,155

□ 핵심기술별 소요인력

○ 본 사업의 총 소요인력은 158명이며, 연평균 39명이 소요될 것으로 예상

- 본 사업의 투입되는 인력은 연구활동별/연차별 투입 인원수를 산정하되, 책임연구원급(교수급) 투입 인원수를 기준으로 산정하여 도출

[표 3-26] 연도별 소요인력

핵심기술	’25	’26	’27	’28	소계
① 로봇친화 건축물 설계기술 개발	11	10	6	3	30
② 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술개발	19	14	3	5	41
③ 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	-	20	47	20	86
합 계	31	44	56	27	158

□ 핵심기술별 소요 예산

○ 로봇 친화 건축물 설계기술 개발 관련 총 40억 원(연평균 10억 원) 규모

○ 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영관리 기술 개발 총 40억 원(연평균 10억 원) 규모

○ 로봇 친화건축물 설계 운영관리 기술 적용 실증 및 제도 개발 총 100억 원(연평균 25억 원) 규모

[표 3-27] 본 사업의 핵심기술별, 연도별 총사업비

(단위: 백만 원)

핵심기술	구분	2025	2026	2027	2028	합계
① 로봇 친화 건축물 설계기술 개발	국고	1,500	1,300	800	400	4,000
	민자	미정	미정	미정	미정	미정

(단위: 백만 원)

핵심기술	구분	2025	2026	2027	2028	합계
	소계	1,500	1,300	800	400	4,000
② 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	국고	600	1,500	400	600	3,100
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	600	1,500	400	600	3,100
③ 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	국고	–	2,425	5,500	2,975	10,900
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	–	2,425	5,500	2,975	10,900

□ 구성기술별 예산

[표 3-28] 본 사업의 구성기술별, 연도별 총사업비

(단위: 천 원)

구성 기술	구분	2025	2026	2027	2028	합계
1-1. 인간-로봇 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	국고	500	800	500	200	2,000
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	500	800	500	200	2,000
1-2. 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발	국고	300	200	100	100	700
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	300	200	100	100	700
1-3. 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	국고	700	300	200	100	1,300
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	700	300	200	100	1,300
2-1. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	국고	500	500	200	300	1,500
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	500	500	200	300	1,500
2-2. 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	국고	100	1,000	200	300	1,600
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	1,000	1,000	200	300	2,500
3-1. 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	국고	–	2,425	5,250	2,725	10,400
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	–	2,200	4,800	2,500	9,500
3-2. 로봇친화 건축물 확산을 위한 지원 개발	국고	–	–	250	250	500
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	–	–	250	250	500
합계	국고	2,100	5,225	6,700	3,975	18,000
	민자	미정	미정	미정	미정	미정
	소계	2,100	5,225	6,700	3,975	18,000

3.4 사전타당성 분석

3.4.1 과학기술적 타당성 분석

□ 필요성 및 시급성과 핵심기술의 부합성

필요성/시급성	본 사업 중점 분야별 부합성 (◎ 부합성 높음; ○ 부합성 보통; △ 부합성 낮음)		
	로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발
① **(인프라 미비)** 로봇 서비스 범위 확대를 위해서는 로봇 자체의 발전만 요구되는 것이 아니라 로봇 자율주행 환경 설계, 건축 설비, 통신망 등 로봇 친화적 시설·인프라 조성 필요 – 건물의 노후화, 건물내 이너넷 케이블 등 통신장비를 설치할 수 없는 경우 등 사회 기반 시설이나 빌딩 등이 로봇 기술 발전 속도를 수용할 수 있는 환경 미비	◎	◎	○
② **(선제적 대응)** 고령화, 노동력 부족 등 사회문제에 대해 새로운 해법으로 서비스 로봇에 대한 관심과 투자 확대 추세로 신시장 형성에 따른 선제적 대응 필요 – '24년 출산율 0.68명으로 추세 지속시 '30년 생산가능 인구 320만명 감소에 따른 노동력 부족 심각 – 사우디 자치행정주택부장관의 네이버 1784 방문('22.11), 덴마크 고령부장관의 한림대병원 의료 로봇 서비스 현장 방문('23.10) 등 로봇 투입 현장에 대한 국제적 관심 고조	◎	◎	○
③ **(로봇 돌발상황 대처 한계)** 현재 로봇 중심의 기술개발로는 서비스 로봇이 마주하는 다양한 돌발상황 대처에 한계가 발생하여 건축물 내 완전한 자율주행과 안전성 확보 선행 필요 – 새로운 유형의 서비스 로봇들이 개발되고 출시되고 있는 상황으로 이를 수용하고 활용하는 공간에서의 안전성 확보가 필요	◎	◎	○
④ **(기준 미비)** 기준이 없는 상황에서 서비스 로봇 도입이 가속화되면 로봇 적용을 위한 막대한 리모델링 비용이 발생할 수 있어 이는 결국 로봇 보급 확대의 한계로 적용 – 네이버 1784'는 5000억원의 공사비와 6년의 공사기간이 소요되었지만 로봇 친화형 건축물의 기준이 부재하여 건축 도중 설계변경이 이루어져 설계비, 이자 등 약 200억원의 추가 비용이 발생	◎	○	◎
⑤ **(상용화 지원 시급)** 정부의 '26년 로봇 상용화 목표'를 고려하여 로봇 이동의 시작과 종착점인 건물 내 서비스 구현을 위해 건축환경 조성을 통한 로봇산업의 상용화 지원 시급 – 상용화를 위해선 모빌리티·로봇 이동의 시작과 종착점인 건물 내 서비스 구현이 필수적으로 스마트 기술과 공간의 융합이 필요	◎	○	◎

3.4.2 정책적 타당성 분석

□ ‘국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(KISTEP, 2019)’에 따라 스마트+빌딩 활성화 로드맵(’23~’35)을 필수계획으로, 그 외 계획을 선택군 계획으로 선정하여 부합성을 검토

[표 3-29] 본 사업관련 국가계획

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
필수계획	스마트+빌딩 활성화 로드맵(’23~’35)			○
선택군 계획	윤석열 정부 120대 국정과제			○
	제5차 과학기술 기본계획(’23~’27)		○	
	제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(’23~’32)		○	
	제3차 지능형 로봇 기본계획(’21~’30)		○	
	로봇산업 선제적 규제 혁신 로드맵(‘20~’28)			○
	첨단로봇 규제혁신 방안(’23)			○

□ ‘제1차 기반시설관리 기본계획’에 본 사업 관련 기술을 명시하고 있어 부합성이 높으며, 그 외 선택군 계획에서도 관련 내용을 명시하고 있어 상위계획과의 부합성은 적절

[표 3-30] 본 사업관련 국가계획의 부합성

필수계획 / 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

3.4.3 경제적 타당성 분석

1) 인력운용 대비 사회적 비용 감소 효과

□ 인력운용 대비 약 33% 비용 절감이 가능하고 10년 간 운영 시 약 7억 원의 비용 절감 예상

○ 본 사업의 로봇 친화 건축물의 확산에 따른 경제성 분석을 위해 복합환승센터, 상급병원 등 다중이용시설 대상으로 안내·배송로봇 도입 시 투입비용 효과를 로봇 도입 비용과 인력 운영 비용을 비교 분석

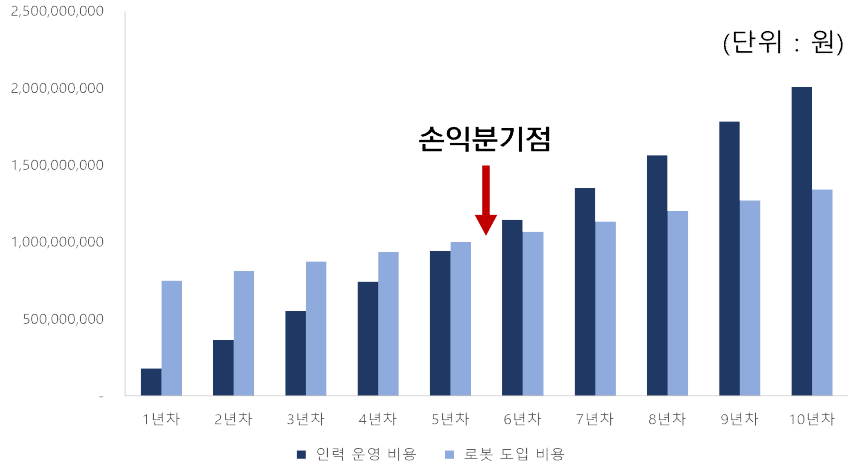
○ 로봇 도입시 초기 도입비용이 인력 운영시 보다 많으나 10년간 운영시 인력 운영에 비해 67%의 비용이 소요되어 약 33%, 7억 원의 비용 절감 예상

- 안내로봇 4대, 물류배송로봇 5대 도입을 가정하면, 종합안내원 1명, 물류배송인원 3명의 서비스 대체 가능

[표 3-31] 인력 운영 비용 및 로봇 도입 비용 비교

구분	항목	초기 도입비용	연간 유지비용	10년간 운영비용	비고
로봇 도입 비용	서비스 로봇 H/W[1] 구매 비용	2,008	-	2,008	
	로봇 서비스 전담 관리인원 배치 비용[2] 연간 임금 상승률 2.5% 반영[3]	-	447.8	5,016.8	
	인프라 구축 비용[4]	1,500	-	1,500	
	관리 시스템 구축 비용	3,400	150	4,900	
소계		6,908	597.8	13,434.8	
인력 운용 비용	서비스 인력 배치 비용 (안내원 1명, 배송원 3명) 연간 임금 상승률 2.5% 반영[3]	-	1,791	20,069	

1) KT 서빙 로봇, 안내 로봇 등 자율주행하며 이동할 수 있는 상용 로봇의 평균 구매가격은 2,000만원 이내
※ 출처 : 로봇 대중화 시대 성큼... "구독하고 보험도 들어요" (동아일보, 2022.07.01.)
2) 고용노동부 고용형태별 근로실태조사 근로자의 평균임금 22년 30~34세 월임금 총액 3,732,000원 기준
3) '23년→'24년 최저임금 상승률 기준 2.5%
4) 건물내 경사도, 단차 등 리모델링비, E/V, 자동문 등 통신 연동비, 통신음영구역 저감을 위한 통신망 추가 구축비 등)



2) 생산성 및 효율성

○ 생산성 및 효율성 측면에서 서비스로봇은 반복 작업, 24시간 운영, 비용 효율성, 데이터 활용 측면에서 우위를 가짐

– 서비스직 노동자는 감정적 공감과 복잡한 문제 해결이 필요한 상황에서 강점

[표 3-32] 노동자와 로봇의 생산성 비교

구분	서비스직 노동자	서비스로봇
작업 속도와 효율성	• 일반적으로 작업 속도는 일정한 수준을 유지하지만, 개인의 숙련도와 피로도에 따라 편차가 발생 • 한 번에 처리할 수 있는 고객이나 업무의 양이 제한적 • 복잡한 상황에서 유연하게 대처하는 능력이 강점이지만, 처리 속도가 느려질 수 있은	• 반복적인 작업에서 일정한 속도와 정확성을 유지할 수 있음 • 여러 고객을 동시에 처리할 수 있는 다중 작업 기능(예: 안내, 물품 전달)을 구현할 수 있음 • 예측 가능한 프로세스를 통해 생산성을 극대화하며, 피로로 인한 성능 저하가 없음
연속성	• 휴식 시간과 교대 근무가 필요하며, 연속적인 서비스 제공이 어려움 • 야간 근무나 장시간 근무에서는 효율이 저하될 가능성이 높음	• 24시간 운영이 가능하며, 휴식이나 교대가 필요 없음 • 유지보수나 충전 시간을 제외하고는 지속적으로 서비스를 제공할 수 있음
비용 효율성	• 초기 교육 비용 및 지속적인 급여, 복지 비용이 필요함 • 숙련도를 높이기 위한 추가 교육이나 훈련 비용이 발생할 수 있음	• 초기 도입 비용은 높지만, 장기적으로 유지비용이 낮음 • 소프트웨어 업그레이드와 정기적인 유지보수를 제외하면 추가적인 인건비 부담이 없음 • 대규모 작업에서는 규모의 경제 효과를 통해 비용 효율성을 극대화할 수 있음
정밀성과 데이터 활용	• 정밀성은 경험에 따라 차이가 있으며, 오류 가능성이 존재함 • 데이터 기록 및 분석은 주로 수작업에 의존하므로 시간이 더 걸릴 수 있음	• 정밀한 동작 수행이 가능하며, 동일한 업무를 반복 수행할 때 오류율이 낮음 • 센서를 통해 실시간 데이터를 수집하고, 이를 분석하여 서비스 품질 개선 및 운영 효율성 향상에 활용할 수 있음

4. 연구개발성과 및 관련분야에 대한 기여 정도

4.1 기술별 최종 연구개발성과물

1) 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

□ 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

○ 건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션

□ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

○ 로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준

□ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

○ 바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능기준

2) 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

□ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

○ 통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 및 구축 매뉴얼

□ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

○ 로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼

3) 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

□ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

○ 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서

□ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

○ 로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준

[표 4-1] 구성기술 별 연구개발 성과물

중점분야	구성기술	연구개발 성과물
로봇 친화 건축물 설계기술 개발	인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션
	로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발	로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준
	로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능기준
다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발	통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 및 구축 매뉴얼
	다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼
건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서
	로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발	로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준

4.2 기술개발 목표 및 성과 지표

1) 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

○ (기술개발 목표) 인간 및 로봇 행동 실험-시뮬레이션 비교 정확도 향상 / 기존 상업용 건축설계 지원소프트웨어 대비 사용 편리성 증대

○ (성과지표) 현실 대비 시뮬레이터 정확도 70% 이상 / 일반 설계프로그램 대비 솔루션 사용편리성 90% 이상

2) 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

○ (기술개발 목표) 로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치 매뉴얼 개발

○ (성과지표) 배송, 방역, 방범, 화재감지 등 서비스 성공률 95% 이상

3) 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

○ (기술개발 목표) 로봇 친화형 건축물 표준 설계(최적마감재 선정) 가이드라인 개발

○ (성과지표) 로봇 서비스 운용 면적률 70% 이상

4) 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

○ (기술개발 목표) 다수, 다기종 로봇이 신/구축 건축물 내외부에서 로봇서비스를 고도로 활용하기 위해 로봇용 POI DB와 공간지도 구축, 경로안내 알고리즘 및 공간지도 API 개발

○ (성과지표) 실내-외 간 로봇 위치 정확도 50cm 이내 / 로봇 서비스 운용 면적률 70% 이상

5) 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

○ (기술개발 목표) 서비스 제공 로봇 운영 안전성과 서비스의 제고를 위한 BMS(빌딩관리시스템)와 로봇 관제시스템 연계 플랫폼의 구축

○ (성과지표) 이동 시나리오에 따른 자동문·엘리베이터 운영 수행 성공률 99% 이상 / 배송, 방역, 방범, 화재감지 등 서비스 성공률 95% 이상

6) 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

○ (기술개발 목표) 로봇친화 건축물 리모델링 사업 추진을 통한 기술개발 적용 및 실증

○ (성과지표) 로봇 친화 건축물 리모델링에 따른 설계, 운영·관리 기술 실증 목표 달성 여부

[표 4-2] 연차별 성과 지표

성과지표	구분	2025	2026	2027	2028	목표치 산출근거	측정산식 (또는 측정방법)	자료수집방법 (또는 자료출처)	해당 기술
SCI급 논문 게재(건)	목표	-	1	1	1	논문을 내기 위한 데이터 확보를 위해 걸리는 시간을 고려하여 목표치 설정	당해연도 SCI급 논문 게재 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 SCI급 논문 건수	·[1-1] ·[2-1] ·[3-1]
	실적	-	-	-	-				
	달성도	-	-	-	-				
S/W 등록 건수(건)	목표	-	1	-	-	동 사업의 '28년 실증 '27년 실증 준비(설계)단계에 동선·공간 설계를 반영하기 위한 기간을 고려하여 목표치 설정	건축물내 로봇의 동선·공간 자동 설계 S/W 등록 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 S/W 건수	·[1-1]
	실적	-	-	-	-				
	달성도	-	-	-	-				
특허 등록 건수(건)	목표	-	-	2	-	동 사업에서 개발되는 주요 성과물의 R&D 추진 일정과 국내 특허 출원후 등록에 소요되는 시간을 고려하여 목표치 설정	동 사업을 통해 개발한 기술의 특허 등록 건수	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 특허 건수	·[1-1] ·[3-1]
	실적	-	-	-	-				
	달성도	-	-	-	-				

성과지표	구분	2025	2026	2027	2028	목표치 산출근거	측정산식 (또는 측정방법)	자료수집방법 (또는 자료출처)	해당 기술
신제품 개발 건수(건)	목표	–	2	4	–	'28년 실증대상지에 적용 가능한 동 사업에서 개발되는 건축마감재의 R&D 추진 일정을 고려하여 목표치 설정	건축마감재 성능기준 개발 건수 (자동방화문, 코어벽체, 바닥·벽·천장·창호 마감재)	부처별 R&D사업 관리시스템, NTIS에 본 사업의 성과로 등록된 제품 개발 건수	·[1-3] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
인간 및 로봇 행동 실험-시뮬레이션 비교 정확도(%)	목표	–	–	–	70	로봇 행동 시뮬레이션 선행 연구 결과 수준 이상으로 목표치 설정: Sim-vs-Real Correlation Coefficient(SRCC) 값이 policy에 따라 0.20에서 시작하여 0.60까지 분포. 가장 높게 나타난 시뮬레이션 접근 방식의 경우 0.70로 나타남[16]	실증 대상지 인간-로봇 LOS와 시뮬레이션 LOS 비교	실증 대상지의 인간-로봇 행동 측정을 통해 자료 수집	·[1-1] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
기존 상업용 건축설계 지원소프트웨어 대비 사용 편리성(%)	목표	–	–	–	90	기존 상업용 소프트웨어 사용 대비 신규 소프트웨어 사용 시 적응이 필요한 점을 고려하여 목표치 설정	건축설계 전문가 대상 사용 평가 후 설문조사	실증과 연계하여, 실증 대상지 설계 시 사용 평가를 수행하여 자료 수집	·[1-1] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
실내외 로봇위치 정확도(cm)	목표	–	100	50	–	국내외 공간정보 분야의 실내 측위 + 실외 측위 기술의 기술수준은 실내외 POI 위치정확도 기준 100 cm 이상으로 동 사업을 통해 국내외 최고 수준의 목표 설정	건물 실내외간 로봇 위치정확성 비교	연차보고서, 단계평가 등의 보고서에 제시된 실적을 토대로 측정	·[2-1] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률(%)	목표	–	–	70	99	매우 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적으로 로봇 서비스가 제공될 수 있도록 99%의 성공률을 확보하는 것으로 목표치 설정	혼잡도별 자동문·EV 운영 테스트 100회당 시나리오 성공 건수		·[2-2] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
로봇 서비스 운용면적률 (%)	목표	–	–	–	70	다중이용시설의 건축연면적 중 공조실, 우수저류조 등 비공용부를 제외한 로봇 서비스가 가능한 범위를 고려하여 목표치 설정	건축연면적 당 로봇서비스 제공 면적		·[1-3] ·[2-1] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
로봇 서비스 성공률 (%)	목표	–	–	–	95	매우 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적으로 로봇 서비스에 대해 95%의 성공률을 확보하는 것으로 목표치 설정	배송, 방역, 방범 및 화재감지 등 서비스 성공률		·[1-2] ·[2-2] ·[3-1]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				
법/제도 제안/반영수 (건)	목표	–	–	1	1	동 사업에서 개발되는 설계·시공 기준, 인증 및 지원제도 발굴을 실증성과와 연계하는 목표로 설정	로봇친화 건축물 조성기준/지원제도/인증기준 건수	부처별 R&D 사업 관리시스템에 등록된 법/제도 제안/반영 건수	·[3-2]
	실적	–	–	–	–				
	달성도	–	–	–	–				

16) Kadian, A., Truong, J., Gokaslan, A., Clegg, A., Wijmans, E., Lee, S., Savva, M., Chernova, S., & Batra, D. (2019). Sim2Real Predictivity: Does Evaluation in Simulation Predict Real-World Performance? IEEE Robotics and Automation Letters, 5, 6670-6677.

4.3 기대효과

1) 기술적 측면

○ 건축물 공간정보를 기반으로 다수·다종 로봇주행의 안전성, 정확성 향상에 기여

○ 로봇친화형 건축물의 운영관리 효율화 기술 확보 및 로봇친화형 빌딩 최고 기술수준 달성

2) 경제적 측면

○ 로봇 친화 건축물 조성 기술 보급에 따른 건축물 인프라 투자 효율화 가능 및 사업비 최적 사용 가능

○ 건설사-로봇서비스 공급자 결합을 통해 새로운 건축 및 기술서비스 시장 창출 기여

3) 사회적 측면

○ 로봇친화 건축물 보급 및 로봇활용 강화로 다양한 서비스 확대를 통한 국민 삶의 질 증대

○ 초고령, 인구감소 사회변화에 대응하여 헬스케어, 돌봄, 복지 등 인력수급이 어려운 분야에 로봇서비스 활용 가능

5. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

5.1 연구개발성과물 검증 및 관리 방안

5.1.1 사업 특성을 고려한 추진체계 설계

□ 스마트+빌딩 핵심기술 개발사업은 실증을 중심으로 한 성과 창출 및 기술개발 사업이라는 특성 고려

○ 핵심기술 간의 연계와 이를 종합한 테스트베드 추진 등 전체적인 사업수행을 총괄하기 위한 주관연구기관을 선정하여 추진

○ 주관기관과 핵심기술 간 협약을 통해 주관연구기관을 중심으로 과제 간 유기적 협력체계 구축

○ 스마트+빌딩 핵심기술의 관련 시장의 성장 등을 고려하여, 사업추진 중에도 대내외 환경변화 대응을 위한 체계와 역할 필요

○ 사업 특성에 부합하는 사업관리 체계를 적용하여, '전략수립→사업관리→성과관리' 3단계의 사업관리 체계를 운영

○ 성과활용·확산이 효율적으로 이루어질 수 있도록, 기획단계 ⇨ 평가단계까지의 성과계획·관리를 수행하고 인프라 지원, 사업화 컨설팅, 시장지출 지원 등의 성과활용 추진

○ 또한 사업화, 후속지원, 홍보 등을 통해 성과확산체계를 마련하여 추진

5.1.2 사업추진체계 및 역할

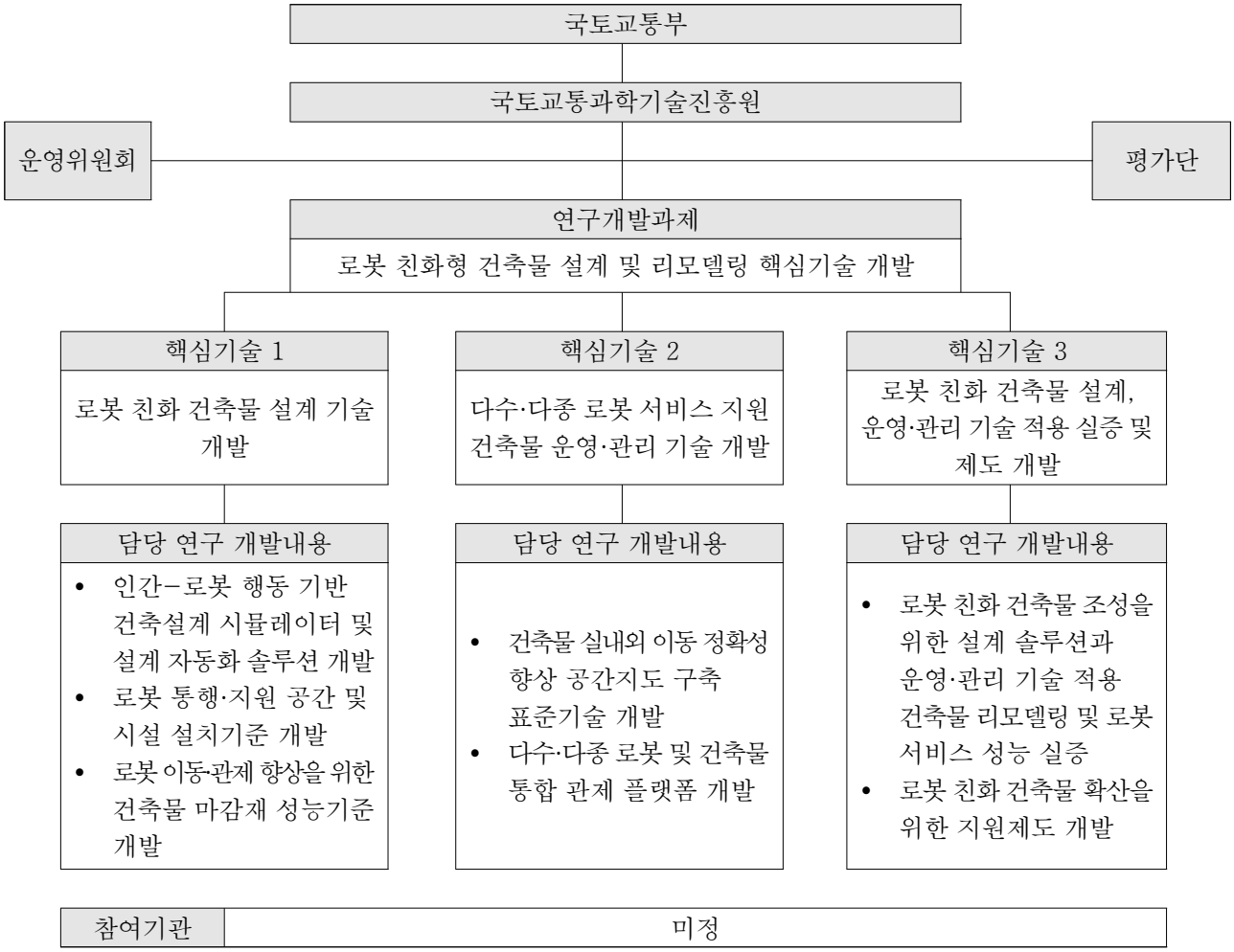
□ 본 사업은 국토교통부 주관, 국토교통과학기술진흥원을 전담기관으로 사업의 효율적인 운영·관리와 성과 실용화 제고를 마련

○ 본 사업을 수행하는 주관연구기관 및 공동연구기관으로 구성된 과제로 추진

○ 본 사업은 사업의 목적·특성 등을 고려하여 단위 요소기술 개발 및 혼합된 R&D 사업설정

○ 본 사업은 총 4년으로, '상용화 기술' → '현장 실증 단계별 실용화' 전략 사업을 구성하여 추진

○ 예산은 미정(국고 180억 원, 민자 미정)



[그림 5-1] 사업 체계 추진도

○ (국토교통부) 사업총괄 주관부처로서 사업추진과 관련한 정책적 판단 및 주요 의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 개발기술의 현장도입·적용을 위한 제도 개선 등 부처간 협의 수행

○ (국토교통과학기술진흥원) 사업추진 전담 관리기관으로 사업기획·평가·운영위원회를 구성·운영하고, 주관연구기관/세부과제 선정·평가(단계), 진도 점검 및 성과확산 지원 등을 수행

○ (운영위원회) 사업 세부 시행계획, 주요 변경 내용, 지원 우선순위 등 국토교통부 및 전문기관의 요청 사항에 대한 검토·심의·조정 수행

○ (평가단) 이해관계인을 제외한 전문가 중심으로 구성하여 해당 연구개발과제에 대한 객관적 평가를 수행

○ (주관연구기관) 사업수행을 총괄하는 주체로서 세부 과제 기획·연차평가, 진도관리 및 과제 간 예산조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등 수행

○ (공동연구기관) 연구개발과제 내에서 주관연구기관 외 세부 과제를 담당하는 기관으로 연구개발과제 목표 달성을 위한 기술개발을 함께 수행

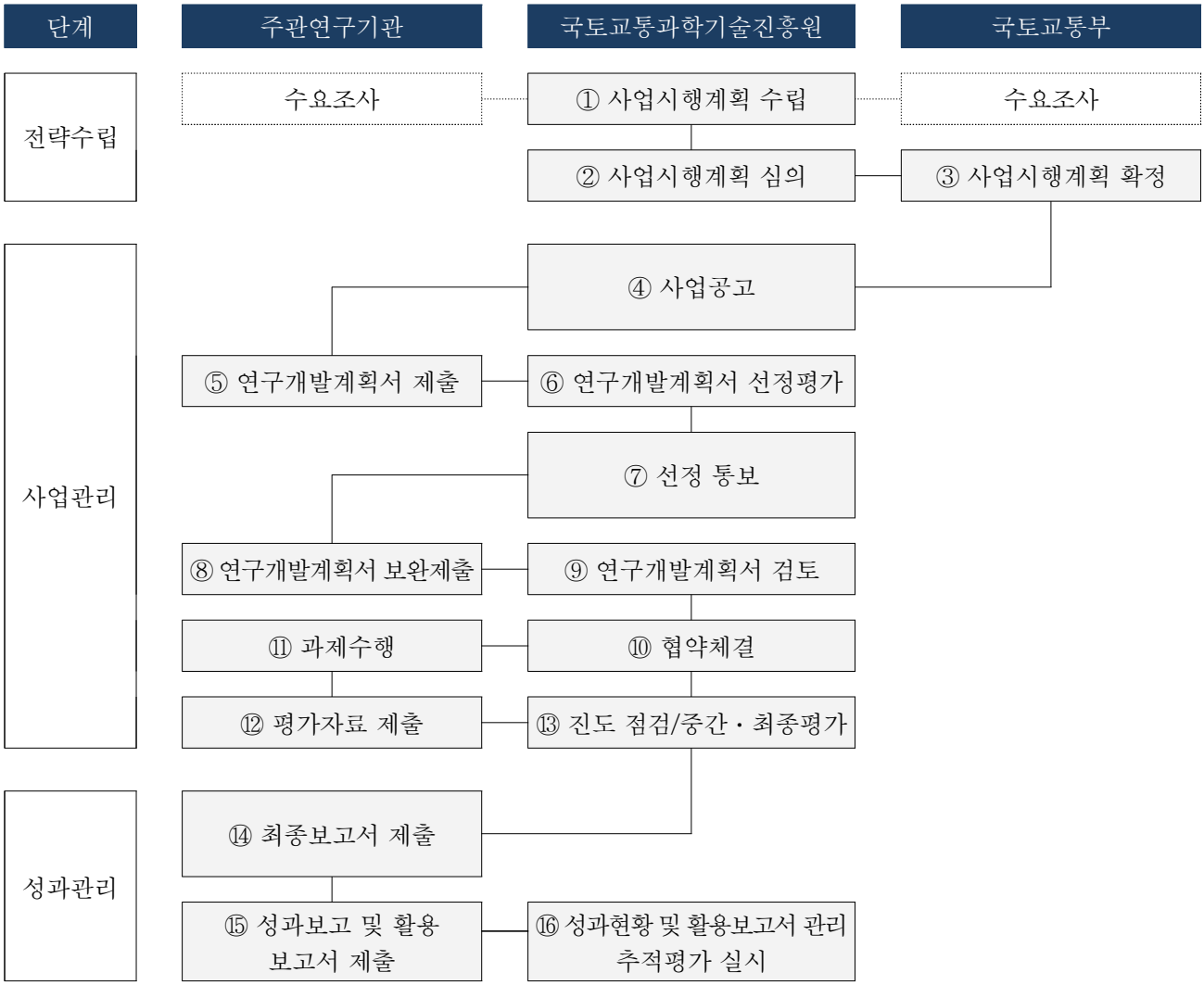
5.1.3 사업관리 체계 및 프로세스

□ 본 사업은 국토교통부(정책총괄 및 재정지원), 국토교통과학기술진흥원(사업기획, 평가, 관리), 주관연구기관을 중심으로 '전략수립→사업관리→성과관리' 3단계의 사업관리 체계를 구축하여 운영

○ (전략수립) 선행과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하고 유사 과제와의 구체적인 연계·활용방안을 계획함으로써 과제 추진의 목적 지향성을 확보

○ (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과 조사·관리 및 평가와 연동한 과제 진도수행 점검으로 연구성과의 효과성을 강화

○ (성과관리) 연구수행 과정을 평가 결과에 반영하고, 단계(연차) 및 최종평가위원회를 구성·운영하여 평가의 내실화와 평가 결과 환류체계 등 평가의 실효성 강화



[그림 5-2] 사업 관리 프로세스

□ 사업기획부터 공고선정 및 연구수행, 사후관리까지 세부 프로세스 및 수행 주체별 명확한 역할 분담을 통한 R&D 전 주기적 관리 프로세스 확립

[그림 5-3] 사업 진행 프로세스

5.1.4 단계별 평가·관리 절차 및 기준

□ 선정평가

○ 전문기관인 국토교통과학기술진흥원이 과제 공고에서 최종선정 및 협약까지 전반적인 주관연구기관 선정 업무를 수행

- 세부 과제 선정 시에는 주관연구기관 연구책임자와 협의하여 공모하고, 세부 과제 공모내용 중에는 과제 운영에 필요한 사항이 포함되도록 공고
- (사전검토) 신청기관이 제출한 연구개발계획서에 대해 과제제안요구서(RFP)와의 부합성, 타 과제와의 중복성 등 사전검토 자료를 연구과제 평가단에 제공 가능
- (평가방법) 서면평가, 온라인평가, 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

– (평가항목 및 배점) 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음

– (평가결과의 산정) 종합평가점수 산정시 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 제17조에 따라, 과제 획득점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여 가능하며, 과제별 최종점수로 지원대상 기관 선정

– (평가결과의 조치) 선정평가 결과를 국토교통부 장관에게 보고하고, 평가위원의 명단 및 종합의견 등 평가결과를 신청기관에 통보 후 연구과제 평가단 의견 등을 반영 및 보완하여 협약 추진

주요 절차	내 용
신청서류 접수 (전문기관)	• 연구개발계획서 등 신청서류 접수
⇩	
선정평가 계획수립 (전문기관)	• 선정평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
사전검토 (전문기관)	• 과제담당자 사전검토 – 신청서류 적합성, RFP 부합 여부, 중복성 조사내용 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 – 이해관계인 제척
⇩	
선정평가 실시 (연구과제 평가단)	• 서면평가, 온라인평가, 발표평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법 • 고가(3천만원 이상) 연구장비 심의
⇩	
평가결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 선정평가 결과 국토부 보고 • 평가결과 신청기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	• 선정기관은 평가위원 의견을 반영 조치 • 협약체결

[그림 5-4] 선정평가 절차

□ 상시 모니터링 및 마일스톤 점검

○ 본 사업은 국토교통과학기술진흥원의 사업실, 주관연구기관 등을 통해 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업 실패 확률을 최소화하여 운영

○ 세부 과제별 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 연구 진척도 및 목표달성도에 대한 진도관리와 연구성과를 모니터링하고 이를 평가와 연계

– 과제 진척도와 성과 추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템(R&D 사업관리시스템, https://rnd.kaia.re.kr)을 운영

□ 중간평가

○ 중간(연차, 단계)평가는 연구목표 달성도와 차년도(다음단계) 연구계획 적절성을 중심으로 평가

- 주관연구기관 및 세부 과제 수행기관은 연차실적·계획서를 해당연도 연구개발 종료 1개월 전까지 전문기관에 제출토록 하고, 전문기관은 이를 평가하여 차년도 연구지원 여부 및 지원연구비를 확정
- 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성여부를 확인 및 평가하고, 과제 진척도 및 성과추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템 구축, 운영

○ (사전검토) 주관연구기관이 제출한 연차실적·계획서, 성과점검 기준표 등을 전담기관 담당자가 사전검토하고, 검토 내역을 평가단에 제공 가능

○ (평가방법) 세부과제 단위로 평가하고 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

주요 절차	내 용
연차(단계)평가 계획수립 (전문기관)	• 연차(단계)평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
연차(단계)평가 자료 제출	• 연차(단계)실적계획서, 성과점검기준표 증빙서류 등 평가자료 제출
⇩	
사전검토	• 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 연구계획 변경 내용 - 실용화 점검 결과 반영 내용 - 연구비 집행실적 및 이월신청 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 - 이해관계인 제척
⇩	
연차(단계)평가 실시 (전문기관)	• 해당 연도(단계) 실적평가 및 다음 연차(단계) 계획 검토 * 대면(발표)평가, 현장평가 등 적합한 평가방법 선택
⇩	
연차(단계)평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 연차(단계)평가결과 국토부 보고 • 연차(단계)평가결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	• 연차(단계)평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

[그림 5-5] 중간평가 절차

○ (평가항목 및 배점) 연차(단계) 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음

- (기본방향) 원칙적으로 정성평가를 실시하되 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가 실시 가능
- (실적) 당해연차(단계)의 핵심성과 중심의 질적 달성 수준을 중심으로 점수 평가 실시
- (계획) 최종목표 달성을 위해 수립된 다음 연차(단계) 연구계획의 적정성에 대한 연구과제 평가단의 검토를 통해 "일부보완" 또는 "전면수정" 판정

○ (평가결과의 산정) 종합평가점수 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함

○ (평가결과의 조치) 실적 종합평가점수에 따라 과제의 '계속지원'(60점 이상) 또는 '지원중단'(60점 미만)으로 판정하고, 실적 종합평가점수에 따라 평가단위 과제의 연구수당 지급기준을 차등 적용

- '계속지원' 대상과제는 평가결과 및 종합의견을 통보하고, 보완대비표 및 연차(단계)실적·계획서 등을 수정·보완 요청

□ 최종평가

○ 최종평가는 연구목표 달성도와 연구결과의 우수성을 중심으로 평가하며, 평가지표를 산출/결과지표 위주로 설계하여 평가를 진행

- (연구목표 달성도) 사업 특성을 평가하는 지표와 각 세부과제별 연구목표 달성도를 평가하는 지표를 설계
- (연구결과 우수성) 과학적 성과와 사회경제적 성과를 중심으로 파악하여, 도로 인프라 디지털 설계 및 시공관리 기술개발 사업의 목적 달성을 통한 사회경제적 기여도를 평가

○ 최종평가결과 종합평가점수에 따라 과제의 '성공'(60점 이상) 또는 '실패'(60점 미만) 판정

- '실패'로 판정받은 과제는 연구개발과제 수행실태 등 점검을 통해 성실수행 여부를 확인하고, 그 결과에 따라 참여제한 등 조치

○ 최종평가 후 연구개발결과의 활용 촉진을 위해 연구종료 3년 이내에 연구개발결과의 활용을 위한 추적평가를 실시 가능

[표 5-1] 최종평가 중점항목 및 평가지표(예시)

평가항목	세부평가항목		가중치
연구목표 달성도	공통	연구목표 달성도	40
		국가 건설기준 반영	
		기술별 가이드라인	
		신기술 인증	
		건설정보 표준	

평가항목	세부평가항목		가중치
	개별지표	개별지표 1	10
		개별지표 2	
		개별지표 3	
연구결과의 우수성	과학적 성과	논문	25
		특허	
		기술수준	
		기술 파급효과	
	사회경제적 성과	건설 비용절감 효과	25
		기술이전	
		매출액 유발효과	

주요 절차	내 용
최종평가 자료 제출 (주관연구기관)	• 최종보고서, 성과점검기준표, 자체평가보고서, 연구개발 결과 • 활용계획서(SMK 포함) 등 평가자료 제출
⇩	
최종평가 계획수립 (전문기관)	• 최종평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
사전검토 (전문기관)	• 과제담당자 사전검토 – 연구성과 질적·양적 달성도 – 당초 연구개발계획 대비 수행 여부 – 연구성과 활용계획의 적정성 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 – 이해관계인 제척
⇩	
최종평가 실시 (연구과제 평가단)	• 연구개발 목표 달성 여부, 연구성과 우수성 등에 대한 평가
⇩	
최종평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 최종평가 결과 국토부 보고 • 최종평가 결과 주관기관 통보 및 보완 요청
⇩	
최종보고서 발간·배포 (주관연구기관)	• 최종보고서 보완본 필수 배포처 배포

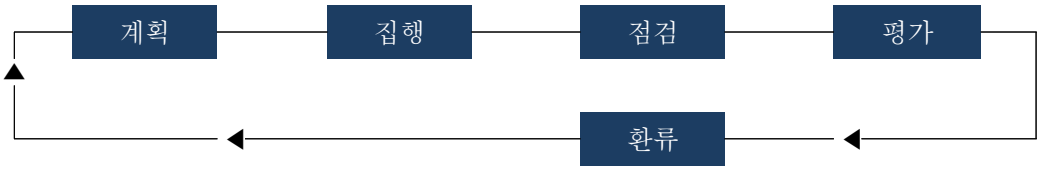
[그림 5-6] 최종평가 주요절차

5.1.5 성과관리계획

□ 사업 성과관리 기본구조

○ 정부업무평가 기본법은 성과관리를 “정부업무를 추진함에 있어 기관의 임무, 중장기 목표, 연도별 목표 및 성과지표를 수립하고 그 집행과정 및 결과를 경제성, 능률성, 효과성의 관점에서 관리하는 일련의 활동을 의미한다”고 정의

- 정부사업의 성과관리 기본구조에 따라 도로포장 통합유지관리 및 디지털 기반 정보시스템 기술개발 사업의 성과관리도 계획 → 집행 → 점검 → 평가 → 환류의 기본구조로 이루어짐



[그림 5-7] 성과관리의 기본구조

□ 성과관리 계획 수립 및 연구성과 활용 보고

○ 본 사업은 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 검증 단계에서 성과가 도출되기 때문에 ‘정부업무평가 기본법’의 기본 철학에 기반하여 성과관리 계획을 도출

- 국토교통부는 매년 자체적으로 성과계획을 수립하고, 매년 당해 연도 협약종료 1개월 전에 중간(연차)보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발 결과 활용계획서(최종연차시)를 제출받음
- 세부 과제별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리

○ 세부과제 수행기관은 연구개발성과 활용보고서를 연구종료 후 다음 연도부터 최장 5년간 매년 전문기관에 제출

□ 성과분석

○ 성과관리의 주체는 전문기관인 국토교통과학기술진흥원으로 하되, 성과분석기관은 별도로 선정하여 운영

- 성과분석기관은 주관연구기관 및 세부과제 수행기관으로부터 성과자료를 제출받아 확인, 취합하여 성과자료 D/B를 구축하고, 이를 활용하여 성과검증 및 분석 수행
- 국토교통과학기술진흥원은 성과분석 결과를 확정하고, 중간 및 최종평가에 이를 활용함으로써 지원유지 여부 결정이나 예산조정 반영 등 사업운영에 피드백

□ 추적평가

○ 성과의 활용 및 확산을 위하여 과제 종료 후 5년간 발생 성과에 대한 정기적 추적평가를 실시하여 성과의 사후관리를 수행

– (체계 및 담당기관) R&D 전문기관의 성과활용조사·평가 전문가가 추적(성과)평가 실무를 담당하고, 주관연구기관 및 세부과제 수행기관과 유기적으로 협력하여 평가 시행

5.1.6 성과 활용·확산 방안

□ 연구성과 활용체계

○ 본 사업의 연구성과 활용은 정부의 「연구성과 관리·활용 기본계획」의 정책 기조에 부합하도록 활용체계를 운영

– 연구성과의 기술성과 시장성 · 사업성 간의 차이를 간소화하고, 성과활용 중심의 연구개발 혁신과 유기적 협력체제 구축을 통해 일자리 창출 및 경제 활성화 견인

구분	기획	연구수행	성과평가
성과계획	• (전문기관) 사업 기획시, 연구과제별 최종성과물(안) 제시	• (연구책임자) 성과지표/목표, 성과물, 활용방안 등을 연구개발 계획에 제시	• (연구책임자) 중간(단계)평가 결과를 반영하여 성과계획 수정
성과관리	• (전문기관) 사업 기획시, 성과관리 방안을 제시	• (연구책임자) 성과도출 및 연구개발 관리 • (전문기관/주관연구기관) 사업 성과 모니터링 및 진도점검	• (전문기관) 중간(단계),최종평가를 통해 성과달성 여부 판단

성과지원	인프라 지원	사업화 컨설팅 지원	시장진출 지원
지원내용	• 기술가치 평가 지원 • 기술금융 연계 지원 • 산업 분석 및 시장정보 제공	• 중소/중견기업 기술사업화 컨설팅 지원 • 연구개발 특허 컨설팅 지원 • 기술수요기업 매칭/기술이전 컨설팅 지원	• 공공구매 협의체 운영 • 발주처 대상 기술설명회 • 기술소개자료 제작 및 홍보

성과활용	Ⅰ 현장적용 및 사업화	Ⅱ 정책 · 제도 활용	Ⅲ 권리확보
수요처	기업, 연구기관	국토부, 발주청(처)	연구기관, 기업
활용내용	• 개발기술 적용(의료시설) • 기술실시계약, 기술이전	• 개발기술 도입·적용을 위한 법·제도 개선 • 개발 기술 확산을 위한 사업 추진	• 특허권, S/W, 국제특허 등 국내 및 국외 지식재산권 확보

[그림 5-8] 연구성과 활용체계

○ 성과계획–성과관리–성과평가–활용지원–성과활용 등 기획부터 연구성과 활용까지 연구 전 주기적으로 연구성과 활용체계를 구축 · 운영

- (성과계획) 사업기획부터 기술개발과제의 최종성과물을 제시하고, 연구책임자는 구체적인 성과지표・목표, 성과도출 마일스톤, 성과활용방안 등을 연구개발계획에 제시하여 연구수행 및 성과를 도출하며, 중간(단계)평가 결과를 반영하여 필요한 경우 성과계획을 수정 보완 실시
- (성과관리) 전문기관 및 주관연구기관은 사업기획시 제시한 사업관리방안에 따라, 세부과제별 연구성과 도출 및 진척도 등을 모니터링하고, 진도점검을 실시
- (성과평가) 전문기관은 주관연구기관과 협의하여 중간(연차, 단계) 평가를 통해 성과목표 달성 등 연구목표 달성도와 차년도(다음단계) 연구계획을 평가하고, 연구 종료시에는 최종 성과목표 달성 여부를 평가
- (성과활용 지원) 전문기관은 연구성과의 활용촉진 및 확산을 위해 인프라 지원(기술가치평가, 금융연계 지원), 기술사업화 및 기술이전 컨설팅, 시장지출 지원(기술설명회, 공공구매협의체 등) 등 성과활용 지원체계를 운영
- (성과활용) 대학, 연구소, 기업 등 연구에 참여한 기관들은 연구성과를 활용하여 현장적용, 기술사업화 달성, 정책・제도 반영, 지식재산권 확보 등 실시

○ 국토교통부와 전문기관은 매년 연구성과 조사・분석・평가를 통해 연구성과 활용체계 운영·점검하고, 성과관리 및 평가 개선, 활용지원 체계 확대 등 연구성과 활용체계를 개선하여 성과활용을 촉진

□ 기술 개발 사업 이해관계자

○ 본 사업의 범위에 포함된 핵심기술 및 향후 현장 적용을 고려할 때 다음과 같은 이해관계자를 설정

- (정부・지자체) 스마트$^{+}$빌딩 관련 기술의 건설시장 적용 및 정착을 위한 법령·정책 및 제도 활용 주체인 국토교통부, 조달청, 지자체 등
- (발주기관) 로봇 친화 건축물 건축을 발주하는 정부·지자체 또는 민간 기업
- (민간기업) 건축공간 설계・시공, 운영·관리 사업체, 전문건설사, IT/SW/통신/로봇 제조/SI 업체, 건설장비사, 스타트업 등
- (연구기관) 스마트$^{+}$빌딩 기술의 개발과 인력양성, 창업지원 등의 역할 수행하는 대학, 출연연, 학회 등
- (수혜자) 스마트$^{+}$빌딩 기술의 적용을 통해 신속하고 수준 높은 의료 서비스의 최종 수혜자로서 일반 국민과 업무 경감, 불편 감소 등 혜택의 수혜자로서 병원 등 공공 의료 서비스 제공기관

[표 5-2] 민간기업 이해관계자(예시)

설계·시공사	시공사, 건설사	IT/SW/통신사	로봇 제조/SI	스타트업
• 엔지니어링 • 건축설계, 감리 • 건축물 운영·관리	• 종합시공(건설사등)	• 설계/해석 SW • 공간정보, 통신	• 서비스 로봇 제조 • 로봇 관제	• 데이터 분석 • AR/VR 등

□ 실증 추진방안 및 일정

○ 「스마트+빌딩 핵심기술 개발」 기획위원회 운영을 통해 스마트+빌딩 중점분야(UAM, 로봇친화, 자율주행)별 기술 목록, 핵심서비스, 기술 수요조사 결과 등을 고려한 스마트+빌딩 적용 유형* 도출

* 안전, 의료, 교통, 생활지원 시설 등

<실증 추진일정>

구분	2025	2026	2027	2028
설계기술 개발	●	●	●	실증
운영·관리 기술 개발	●	●	●	실증
실증 및 제도 개발	–	리모델링	리모델링 제도 개발	리모델링 제도 개발

□ 실증 대상 로봇

○ 반복적 단순노동 대체 등 로봇의 업무 대체 또는 지원 효과가 크고 활용도가 높은 로봇을 실증 대상으로 선정

– 물류이송로봇, 순찰로봇, 안내로봇, 약체·검체 배송로봇, 폐기물 처리로봇, 방역로봇 등 다수·다종 로봇 서비스 실증

종류	주요 기능	실증 대상 로봇	
물류 이송 (카트로봇)	• 역사 이용객 수하물 수송		
순찰 (휠형, 4족보행)	• 건물 내외 순찰 • 화재 감지, 위급상황 알림		
안내	• 시설 안내 및 이용자와의 상호작용 기능(설명, 교육 등) • 장소에 대한 안내 및 건축물 내 활동에 필요한 정보 제공		
고중량 물류 및 약체·검체 배송	• 체혈 검체, 조직·세포 검체 등 이송 • 의약품, 입원환자 간호물품, 수술 도구 이송 • 고중량 의료 물품 이송 • 대형 카트 리프팅 및 도킹 기능 • 적재 된 카트 또는 선반 인식 및 선별		

종류	주요 기능	실증 대상 로봇	
폐기물 처리	• 의료 폐기물 비대면 수거 및 이송		
방역	• 플라즈마 방역 및 공기 청정 • 공기, 바닥 등의 살균 • 인체 무해 광원 UV 방역 및 공기 정화		

5.2 연구개발성과물 활용 방안

□ 기술수요처 및 주요 활용 방안

○ 정부 부처(국토부)

- 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준에 대한 제도화 및 제도 운영
- 로봇 친화 건축물 리모델링 모델 개발에 따른 표준화 및 후속사업 추진
- 로봇 친화 건축물 지원 제도 및 인증 기준 운영

○ 지방자치단체 등

- 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준을 반영하여 로봇 친화 건축물 인허가 수행
- 로봇 친화 건축물 인허가시 지원제도 및 인증 기준 반영

○ 건축 설계/시공 기업

- 로봇 친화형 건축물 설계시 성과물인 시뮬레이터 및 솔루션 활용
- 설치 기준을 활용하여 건축 설계시 참고·반영
- 로봇 친화 건축물 기획시 지원제도 및 인증기준을 고려하여 건축물 계획·설계·시공

○ 건축물 및 서비스로봇 운영관리 기업

- 로봇 친화 건축물 공간지도를 건축물 및 서비스로봇 운영관리 시 활용
- 건축물 리모델링 참여를 통해 신기술 실증 및 고도화
- 건축물 운영관리시 인증기준을 참고하여 활용

○ 서비스로봇 도입 건축주

- 건축물 기획시 소요예상되는 공간 및 시설을 감안하여 계획 및 예산 수립에 활용
- 로봇 친화 건축물 기획시 공간지도 제작 및 적용 등을 위해 소요되는 인프라, 예산 수립에 활용

[표 5-3] 연구개발성과물에 대한 활용 방안 및 기술수요처

구성기술	성과물	활용 방안	기술 수요처
인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발	• 건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션	• 로봇 친화형 건축물 설계시 성과물인 시뮬레이터 및 솔루션 활용	• 건축 설계/시공 기업
로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발	• 로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준	• 설치 기준을 활용하여 건축 설계시 참고·반영	• 건축 설계/시공 기업
		• 건축물 기획시 소요예상되는 공간 및 시설을 감안하여 계획 및 예산 수립에 활용	• 서비스로봇 도입 건축주
		• 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준에 대한 제도화 및 제도 운영	• 정부 부처(국토부)
		• 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준을 반영하여 로봇 친화 건축물 인허가 수행	• 지방자치단체 등
로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	• 바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능기준	• 설치 기준을 활용하여 건축 설계시 참고·반영	• 건축 설계/시공 기업
		• 건축물 기획시 소요예상되는 공간 및 시설을 감안하여 계획 및 예산 수립에 활용	• 서비스로봇 도입 건축주
		• 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준에 대한 제도화 및 제도 운영	• 정부 부처(국토부)
		• 로봇 친화 건축물 설계 및 시공 기준을 반영하여 로봇 친화 건축물 인허가 수행	• 지방자치단체 등
건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발	• 통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 및 구축 매뉴얼	• 로봇 친화 건축물 기획시 공간지도 제작 및 적용 등을 위해 소요되는 인프라, 예산 수립에 활용	• 서비스로봇 도입 건축주
		• 로봇 친화 건축물 공간지도를 건축물 및 서비스로봇 운영관리 시 활용	• 건축물 및 서비스로봇 운영관리 기업
다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	• 로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼	• 로봇 친화 건축물 기획시 공간지도 제작 및 적용 등을 위해 소요되는 인프라, 예산 수립에 활용	• 서비스로봇 도입 건축주
		• 로봇 친화 건축물 공간지도를 건축물 및 서비스로봇 운영관리 시 활용	• 건축물 및 서비스로봇 운영관리 기업
로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증	• 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서	• 로봇 친화 건축물 리모델링 모델 개발에 따른 표준화 및 후속사업 추진	• 정부 부처(국토부)
		• 건축물 리모델링 참여를 통해 신기술 실증 및 고도화	• 서비스로봇 제작, 서비스 운영관리 기업
로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발	• 로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준	• 로봇 친화 건축물 지원 제도 및 인증 기준 운영	• 정부 부처(국토부)
		• 로봇 친화 건축물 인허가시 지원제도 및 인증 기준 반영	• 지방자치단체 등
		• 로봇 친화 건축물 기획시 지원제도 및 인증기준을 고려하여 건축물 계획·설계·시공	• 서비스로봇 도입 건축주 • 건축 설계/시공 기업
		• 건축물 운영관리시 인증기준을 참고하여 활용	• 건축물 운영관리 기업

5.3 전략계획서(안)

사업명: 로봇친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발

작성자	작성 부서	국토도시실 건축정책과	작성 실무자 및 연락처	조관우 사무관 / 044-201-3758 / ckw001@korea.kr
	작성 책임자	건축정책과장 문석준		국토교통과학기술진흥원 노태헌 책임연구원 / 031-389-6588 / nth79@kaia.re.kr

1. 사업개요

1 사업명

사업명	단위사업	도시건축연구
	세부사업	로봇친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발
	내역사업	로봇친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발

2 사업목적

사업목적	로봇친화 건축물 구현을 위한 건축 설계기술 개발, 운영·관리 기술 고도화 및 리모델링 실증

3 사업추진경위

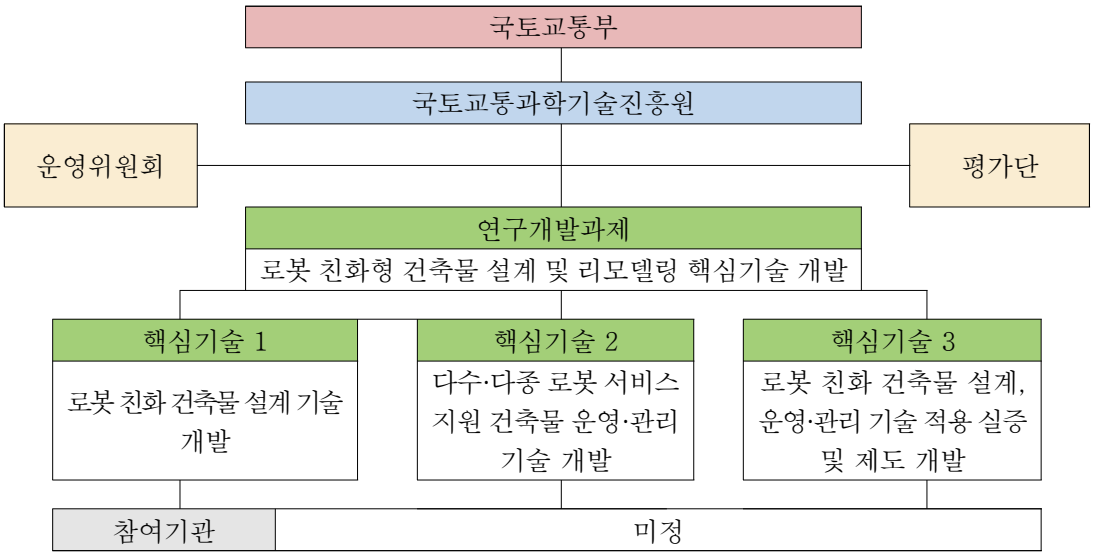
추진근거	법적 근거	• 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진) 및 제15조의2(도전적 연구개발의 촉진) • 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」 제3조(국가와 지방자치단체 등의 책무) 및 제13조(국가전략기술 연구개발성과의 확산) • 「국가연구개발혁신법」 제1조(목적) 및 제2장 국가연구개발사업의 추진 • 「국토교통과학기술육성법」 제8조(연구개발사업의 추진) 및 제9조(융·복합 연구개발의 추진) • 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 제1조(목적) 및 제9조(지능형 로봇제품 지원시책의 수립)
	상위계획	• 제5차 과학기술 기본계획(`23~`27) -[전략 3. 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래대응] -[추진과제 3-2. 디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약] -[추진과제 3-3. 100세 시대 과학기술 기반 국민건강 증진] • 제2차 국토교통 과학기술 연구개발 종합계획(`23~`32) -12대 S.T.A.R 프로그램 : 스마트빌딩(UAM, 자율차, 원격케어 등 첨단 스마트 서비스가 자유롭게 구동되는 스마트 빌딩 구현 핵심기술 개발 및 실증)
	정부정책	• 국가전략기술 육성 방안(`22.10 과기부) -12대 전략기술 중 '첨단로봇' 선정 • 첨단로봇 규제혁신 방안(`23.3 산업부) -첨단로봇을 활용한 산업 전반의 혁신을 위한 국토부 로봇 친화형 스마트빌딩의 활성화 기반 마련 명시 • 스마트+빌딩 활성화 로드맵(`23.12 국토부) -로봇이 자유롭게 활동할 수 있는 건축공간·통신·플랫폼 환경을 갖춘 '로봇 스케일 건축' 구현

4 사업 현황

사업구분	계속사업 □ 기한사업 ■		
사업추진방식	상향식 □ 혼합식 □ 하향식 ■		
사업유형	공공기술개발		
다부처 여부	–	참여부처 (다부처사업)	–
사업기간	'25년~'28년	총사업비	180억원 (국고지원 기준)
사업규모	(1개 내역사업 3개 세부과제)	지원대상	출연(연), 대학, 연구소, 기업 등
지원형태	출연	지원조건	참여 기업이 있는 경우 Matching
사업시행주체	국토교통부(전문기관 : 국토교통과학기술진흥원)		
예비타당성 통과여부	–		

5 사업추진체계 및 전략

사업수행주체



< 사업 체계 추진도 >

수행주체	역할 세부내용
국토교통부	• 사업 총괄 주관 부처, 사업방향 및 정부정책 총괄
국토교통과학기술진흥원	• 사업 기획·평가 운영위원회 구성 및 운영 • 주관 연구기관/세부과제 선정·평가 • 진도 점검 및 성과확산 지원 등 사업관리
운영위원회	• 사업의 중요사항에 대한 심의 및 조정, 확정
연구과제 평가단	• 연구과제 선정·중간·최종평가
연구기관	• 연구과제 수행, 성과 및 활용실적 보고

사업추진전략

추진전략

□ 사업 주요 내용

- **로봇 친화 건축물 설계 기술 개발**
  - –인간–로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발
  - –로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발
  - –로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발
- **다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발**

–건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발
–다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

- **로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발**

–로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증
–로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

비전	자율주행 로봇 기술·서비스와 건축공간의 융합을 통한 로봇 친화 건축물 설계·시공·운영관리 기술 강국 도약
추진 목표	다수·다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증

성과 지표		
	논문 게재	SCI급 논문 게재 건수: 3건
	S/W 개발	건축물내 로봇의 동선·공간 자동 설계 S/W 개발·등록 건수: 1건
	특허 등록	로봇친화 건축물 설계 솔루션 기술의 특허 등록 건수: 2건
	신제품 개발	건축마감재 성능기준 개발 건수: 6건
	시뮬레이션 정확도	인간 및 로봇 행동 실험–시뮬레이션 비교 정확도: 70% 달성
	솔루션 사용 편리성	기존 상업용 건축설계 소프트웨어 대비 사용 편리성: 90% 이상
	실내외 로봇위치 정확도	연차별 정확도 향상: ‘26년 100cm → ’27년 50cm
	자동문·엘리베이터 운영 수행 성공률	연차별 수행 성공률 향상: ‘27년 70% → ‘28년 99%
	로봇 서비스 운용면적률	건축연면적 당 로봇서비스 제공 면적: 70% 이상
	로봇 서비스 성공률	배송, 방역, 방범 및 화재감지 등 서비스 성공률: 95% 이상
	법/제도 제안	로봇친화 건축물 조성기준/지원제도/인증기준 건수: 2건

중점 분야	[중점분야 1]	[중점분야 2]	[중점분야 3]
	로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발
구성 기술	□ 인간–로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발 □ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발 □ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발	□ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발 □ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발	□ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증 □ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

□ 사업의 추진 전략

- R&D를 통해 로봇 공학과 스마트+빌딩 기술의 통합으로 선도적인 위치 확립
- 글로벌 환경에서 혁신을 주도하고 새로운 시장을 창출하며 기술 경쟁력 확보를 목표로 추진

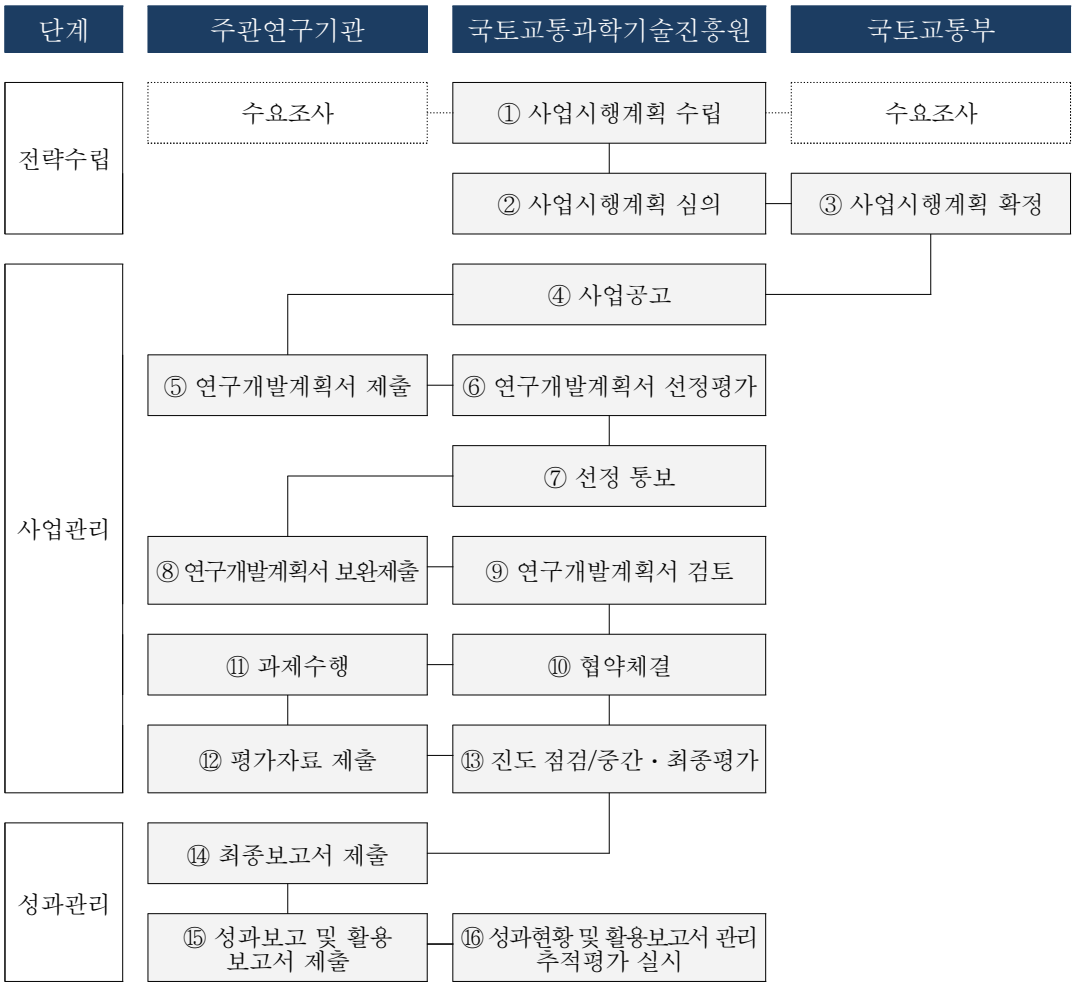
목표	중점 연구개발 분야 설정	정부 지원 R&D 이니셔티브	R&D 생태계 구축
1	스마트+빌딩 핵심 기술 개발	정책 중심 연구 인센티브	전문 연구 거점 조성
2	로봇공학 기반 애플리케이션 구축	연구비 및 자원 확보	테스트베드 구축 및 파일럿 프로그램
3	학제간 R&D 협업	건축 기술 표준화	글로벌 파트너와의 협업

R&D 전주기 사업관리 계획

□ 국토교통부(정책총괄 및 재정지원), 국토교통과학기술진흥원(사업기획, 평가, 관리), 주관연구기관을 중심으로 '전략수립→사업관리→성과관리' 3단계의 사업관리 체계를 구축하여 운영

- (전략수립) 선행과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하고 유사 과제와의 구체적인 연계·활용방안을 계획함으로써 과제 추진의 목적 지향성을 확보
- (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과 조사·관리 및 평가와 연동한 과제 진도 수행 점검으로 연구성과의 효과성을 강화
- (성과관리) 연구수행 과정을 평가 결과에 반영하고, 단계(연차) 및 최종평가위원회를 구성·운영하여 평가의 내실화와 평가 결과 환류체계 등 평가의 실효성 강화

단계	주요 내용	주체
과제 공모·선정	• 연구 과제 기획 • 연구 과제 공모·선정 및 협약	• 전문기관/기획위원회 • 전문기관/주관연구기관
과제운영	• 사업 진도 관리 • 세부과제 진도 및 실적 점검 • 추가 세부과제 상세기획 • 세부과제 공모 및 선정 • 과제 자체평가 및 단계 평가 • 과제 최종평가 • 사업비 정산	• 전문기관/주관연구기관 • 주관연구기관 • 주관연구기관 연구책임자 • 전문기관/기획위원회/주관연구기관 연구책임자 • 전문기관/주관연구기관 • 전문기관/주관연구기관 • 전문기관
성과관리	• 성과관리 및 활용 • 사후관리(기술료 징수, 성과활용 평가 등)	• 전문기관/주관연구기관/공동연구기관 • 전문기관



< 사업 관리 프로세스 >

위험요인 및 극복방안	위험요인	극복방안
	• 로봇 서비스 기술은 최고기술 보유국 대비 국내 기술은 추격 중인 상황	• 국내 우수한 R&D 역량을 적극 활용하여 스마트+빌딩에 활용 가능한 로봇 서비스 기술을 발굴하고 건축물 인프라 관점의 기술개발을 통해 로봇 서비스 기술경쟁력 확보
	• 해외 주요 선진국의 글로벌 다목적 기업들이 자동화를 위한 로봇 서비스산업분야에 공격적인 투자를 추진하고 있어 글로벌 시장 선점 경쟁 심화	• 주요 선진국은 산업자동화를 위한 로봇산업분야에 투자를 추진 중이나, 국내는 로봇분야 R&D 투자와 로봇 서비스를 건축물에 적용하려는 수요와 사업 추진 원동력을 기반으로 시장을 선점
수혜자	정부부처, 건축설계 및 시공 기업, 로봇 도입 건축주, 로봇 기업, 일반 국민 등	

6 사업기대효과

과학기술적 기대효과	• 세계 최초 표준화·범용화된 로봇친화 건축 설계기술을 개발하여 글로벌 퍼스트 기술 선점 및 선도 • 로봇 친화 건축물 설계 자동화 기술, 운영·관리 기술 및 시스템의 실용화 • 건축물 내 로봇 기술·서비스의 운영 로봇 기술·서비스의 발전에 기여
사회경제적 기대효과	• 글로벌 퍼스트 로봇 친화 건축물에 대한 정부 마중물 투자로 건축·건설·로봇 시장의 후속 투자와 확산을 유도 • 로봇 친화 건축물 조성에 따른 향후 10년간 로봇 도입 비용과 서비스인력 대체효과 비교시 비용 절감 가능 • 생산 인력 감소로 인한 노동력 부족 문제를 건축물내 로봇 서비스 도입을 통한 사회적 필수 인력 업무 피로도 저감 및 대체 기반 마련 • 청년·스타트업 등 미래세대를 위한 산업생태계 구축 및 성장동력 지원

7 사업 내용

예산 규모

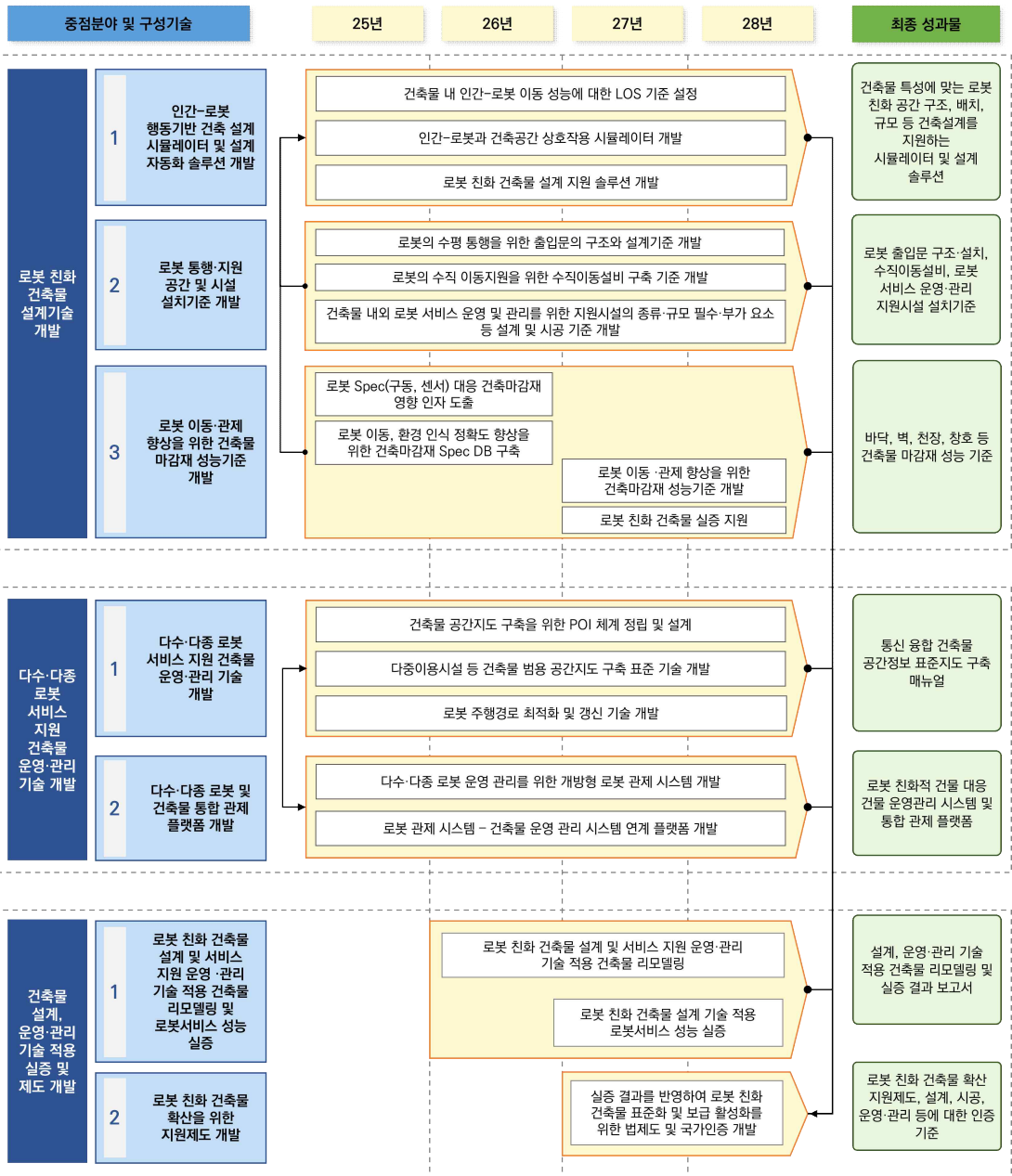
(백만원)

구분		2025년도 예산	2026년도 예산	2027년도 예산	2028년도 예산
□ 로봇친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발	18,000	2,100	5,225	6,700	3,975
■ 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	4,000	1,500	1,300	800	400
■ 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	3,100	600	1,500	400	600
■ 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	10,900	–	2,425	5,500	2,975

세부내용

사업내역	주요 내용
로봇 친화 건축물 설계 기술 개발	• 인간–로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발 • 시뮬레이션 기반 로봇 통행·지원 공간 설계 기준 개발 • 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 구조체·마감재 성능기준 개발
다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발	• 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발 • 다수·다종 로봇 연계 건축물 운영·관리 연계 기술 개발
로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발	• 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증 • 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

연차별 추진내용(로드맵)


중점분야 및 구성기술
25년
26년
27년
28년
최종 성과물
로봇 친화 건축물 설계기술 개발
1 인간-로봇 행동기반 건축 설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발
건축물 내 인간-로봇 이동 성능에 대한 LOS 기준 설정
인간-로봇과 건축공간 상호작용 시뮬레이터 개발
로봇 친화 건축물 설계 지원 솔루션 개발
건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간 구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션
2 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발
로봇의 수평 통행을 위한 출입문의 구조와 설계기준 개발
로봇의 수직 이동지원을 위한 수직이동설비 구축 기준 개발
건축물 내외 로봇 서비스 운영 및 관리를 위한 지원시설의 종류·규모 필수·부가 요소 등 설계 및 시공 기준 개발
로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준
3 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발
로봇 Spec(구동, 센서) 대응 건축마감재 영향 인자 도출
로봇 이동, 환경 인식 정확도 향상을 위한 건축마감재 Spec DB 구축
로봇 이동 ·관제 향상을 위한 건축마감재 성능기준 개발
로봇 친화 건축물 실증 지원
바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능 기준
다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
1 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
건축물 공간지도 구축을 위한 POI 체계 정립 및 설계
다중이용시설 등 건축물 범용 공간지도 구축 표준 기술 개발
로봇 주행경로 최적화 및 갱신 기술 개발
통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 구축 매뉴얼
2 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발
다수·다종 로봇 운영 관리를 위한 개방형 로봇 관제 시스템 개발
로봇 관제 시스템 – 건축물 운영 관리 시스템 연계 플랫폼 개발
로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼
건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발
1 로봇 친화 건축물 설계 및 서비스 지원 운영 ·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증
로봇 친화 건축물 설계 및 서비스 지원 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링
로봇 친화 건축물 설계 기술 적용 로봇서비스 성능 실증
설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서
2 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발
실증 결과를 반영하여 로봇 친화 건축물 표준화 및 보급 활성화를 위한 법제도 및 국가인증 개발
로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준

2. 단계별 성과목표 및 지표

1 전략목표

전략목표	다수 다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증

가. 1단계 성과목표 및 지표

2 단계별 성과목표

단계(평가주기)	1단계	기간	2025~2028

단계별 성과목표						관련 내역사업명
성과목표-1	로봇 서비스 적용을 위한 건축물 내 공간 최적화 기반 조성	가중치	0.4	설정 근거	• 로봇 친화 건축물 설계 기술, 관련 기준의 개발 및 확산을 통하여 로봇 서비스 적용을 위한 최적화 공간 조성 기반을 마련하고자 '로봇 서비스 적용을 위한 건축물 내 공간 기반 조성'을 성과목표로 설정	로봇 친화 건축물 설계 기술 개발
성과목표-2	건축물 내 다수·다종 로봇 서비스 제공 효율성 향상	가중치	0.3	설정 근거	• 건축물 내 로봇 서비스의 운용을 고도화하고 원활한 서비스 제공 및 고도화를 위한 공간지도 구축, 건축물 운영·관리 기술을 개발하고자 하여 '건축물 내 다수·다종 로봇 서비스 제공 효율성 향상'을 성과목표로 설정	다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
성과목표-3	로봇 친화적 스마트+빌딩 확산 체계 마련	가중치	0.3	설정 근거	• 로봇 친화적인 스마트+빌딩의 확산과 로봇 친화 건축물의 조성과 운영·관리 기술 확산 등을 위한 리모델링, 실증, 인증 개발 등을 하고자 하여 '로봇 친화적 스마트+빌딩 확산 체계 마련'을 성과목표로 설정	로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

3 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치				성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
					연도	2025	2026	2027	2028				
성과 목표-1	로봇 서비스 적용을 위한 건축물 내 공간 최적화를 통한 기반 조성	0.4	SCI급 논문 게재 건수	건	목표	-	1	1	1	사회적 성과	산출	양	• 본 사업은 건축물 내 로봇 서비스를 적용하기 위하여 최적화된 공간 조성을 위한 설계기술, 기준을 개발하고자 하며, 이에 대한 학술성과 확산을 위하여 'SCI급 논문 게재 건수'를 성과지표로 설정
					실적	-							
			S/W 등록 건수	건	목표	-	1	-	-	기술적 성과	결과	양	• 본 사업은 로봇 친화 건축물 설계를 위하여, 인간-로봇 에이전트 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 최적 공간 설계 자동화 솔루션을 개발하고자 하며 이를 통해 시뮬레이션 S/W가 개발되므로 이를 측정할 수 있는 지표로 'S/W 등록 건수'를 성과지표로 설정
					실적	-		-	-				
			특허 등록 건수	건	목표	-	-	2	-	기술적 성과	산출	양	• 본 사업수행을 통해 지식재산권으로서 특허가 창출될 수 있고 이를 측정할 수 있는 '특허 등록 건수'를 성과지표로 설정
					실적	-	-		-				
			신제품 개발 건수	건	목표	-	2	4	-	기술적 성과	산출	양	• 본 사업은 로봇 이동·관제 향상을 위한건축물 구조체 및 마감재 등 건축자재의 성능 기준을 개발하고자 하며, 해당 기준에 맞는 건축자재의 현장 적용, 상용화에 이르고자 하여 '신제품 개발 건수'를 성과지표로 설정
					실적	-			-				
성과 목표-2	표준화 및 운영 고도화를 통한 건축물 내 다수·다종 로봇 서비스 제공 효율성 향상	0.3	실내외 로봇위치 정확도	cm	목표	-	100	50	-	기술적 성과	결과	질	• 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 이를 측정하기 위하여 '실내외 로봇 위치 정확도'를 성과지표로 설정함 • 단, 현재 국내외 공간정보 분야의 실내외 측위기술의 기술 수준은 실내외 POI 위치정확도 기준 100cm 이상으로 동 사업을 통해 국내외 최고 수준을 달성할 수 있도록 목표치를 설정함
					실적	-			-				
			이동 시나리오 기반 자동문·EV	%	목표	-	-	70	99	기술적 성과	결과	질	• 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 혼잡한
					실적	-	-						

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치				성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
					연도	2025	2026	2027	2028				
			운영 성공률										상황에서도 안전하고 효율적인 로봇 서비스 제공을 측정하기 위하여 '이동 시나리오 기반 자동문과 EV 운영 성공률'을 성과지표로 설정
성과 목표-3	로봇 친화적인 스마트+빌딩 확산 체계 마련	0.3	실내외 로봇위치 정확도 (중복)	cm	목표	–	100	50	–	기술적 성과	결과	질	• 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 이를 측정하기 위하여 '실내외 로봇 위치 정확도'를 성과지표로 설정함
					실적	–			–				
			이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률(중복)	%	목표	–	–	70	99	기술적 성과	결과	질	• 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적인 로봇 서비스 제공을 측정하기 위하여 '이동 시나리오 기반 자동문과 EV 운영 성공률'을 성과지표로 설정
					실적	–	–						
			로봇 서비스 운용면적율	%	목표	–	–	–	70	기술적 성과	산출	질	• 본 사업은 로봇친화 건축물의 구현, 확산을 위하여 설계 솔루션, 운영·관리 기술을 적용한 건축물 리모델링과 로봇 서비스 성능의 실증하고자 하며, 로봇 서비스의 효율성의 향상을 객관적으로 측정하기 위하여 건축물에서의 '로봇 서비스 운용 면적율'을 성과지표로 설정
					실적	–	–						
			법/제도 제안/반영 건수	건	목표	–	–	1	1	사회적 성과	결과	양	• 본 사업은 스마트+빌딩의 구현 및 활성화, 로봇 친화적 스마트+빌딩 표준모델의 개발, 실증을 진행하여, 관련된 기준, 인증 개발과 정책 개발 연구 등이 추진되면서 최종적으로 로봇 친화 스마트+빌딩의 확산 체계, 기반을 마련하기 위하여 '법/제도 제안/반영 건수'를 성과지표로 설정
					실적	–	–						
계													

4 성과지표의 목표치 및 측정방법

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식, 방법 및 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td>SCI급 논문 게재 건수</td><td>• 설정 근거: 본 사업은 건축물 내 로봇 서비스를 적용하기 위한 공간 조성을 위한 설계 기술, 기준을 개발하고자 하며 이에 대한 학술성과 확산을 위하여 'SCI급 논문 게재 건수'를 성과지표로 설정
• 설정 방법: 연도별 논문 게재 목표 건수 부여
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>인간-로봇 에이전트 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발</td><td>-</td><td>1건</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발</td><td>-</td><td>-</td><td>1건</td><td>-</td></tr>
<tr><td>로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계 솔루션과 운영·관리 기술 적용 건축물 리조델링 및 로봇 서비스 성능 실증</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1건</td></tr>
</table>
• 연구개발계획과 논문 작성 및 심사 등의 소요 기간을 고려하여 2026년부터 연도별 논문 게재 건수 1건을 목표로 제시
(단위: 건)
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>목표</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table></td><td>• 측정산식 : 당해연도∑(SCI급 논문 게재 건수)
• 측정시기 및 방법
-측정 방법 : 증빙서류 제시(게재 논문)
-대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
-측정 시기 : 차년도 1월 말</td><td>연구단계보고서, 게재 논문 등</td></tr>
<tr><td>S/W 등록 건수</td><td>• 설정 근거 : 본 사업은 로봇 친화 건축물 설계를 위하여, 인간-로봇 에이전트 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 공간 설계 자동화 솔루션을 개발하고자 하며, 이를 통해 시뮬레이션 S/W가 개발되므로 이를 측정할 수 있는 지표로 'S/W 등록 건수'를 성과지표로 설정
• 설정 방법: 연도별 S/W 등록 목표 건수 부여
-구성기술 '인간-로봇 에이전트 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 공간 설계 자동화 솔루션 개발'에 기반하여 시뮬레이션 S/W 개발 및 등록에 대한 목표 달성치를 설정</td><td>• 측정산식 : 당해연도∑(S/W 등록 건수)
• 측정시기 및 방법
-측정 방법 : 증빙서류 제시
-대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
-측정 시기 : 차년도 1월 말</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식, 방법 및 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>인간-로봇 에이전트 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발</td><td>-</td><td>1건</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
• S/W 등록건수를 지표로 설정
(단위: 건)
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>목표</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>특허 등록 건수</td><td>
• 설정 근거: 본 사업수행을 통해 지식재산권으로서 특허가 창출될 수 있고 이를 측정할 수 있는 ‘특허 등록 건수’를 성과지표로 설정
• 설정 방법: 연구개발계획과 특허 출원 및 등록 소요 기간을 고려하여 특허 등록 건수 2건을 목표로 제시
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>인간-로봇 에이전트 행동기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발</td><td>-</td><td>-</td><td>2건</td><td>-</td></tr>
</table>
• 특허 등록 건수를 지표로 설정
(단위: 건)
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>목표</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td></tr>
</table>
</td><td>
• 측정산식 : 당해연도∑(특허 등록 건수)
• 측정시기 및 방법
-측정 방법 : 증빙서류 제시
-대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
-측정 시기 : 차년도 1월 말
</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
<tr><td>신제품 개발 건수</td><td>
• 설정 근거: 본 사업은 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 구조체 및 마감재 등 건축자재의 성능 기준을 개발하고자 하며, 해당 기준에 맞는 건축자재의 현장 적용, 상용화에 이르고자 ‘신제품 개발 건수’를 성과지표로 설정
• 설정 방법: 연구개발계획과 2028년 실증대상지에 적용 가능한 건축자재 성능 기준 개발 일정을 고려하여 연도별 신제품 개발 건수를 목표로 제시
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 구조체·마감재 성능 기준 개발</td><td>-</td><td>2건</td><td>4건</td><td>-</td></tr>
</table>
</td><td>
• 측정산식 : 당해연도∑(신제품 개발 건수)
• 측정시기 및 방법
-측정 방법 : 증빙서류 제시
-대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
-측정 시기 : 차년도 1월 말
</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식, 방법 및 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td></td><td>• 신제품 개발 건수를 지표로 설정
(단위: 건)<table><tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr><tr><td>목표</td><td>–</td><td>2</td><td>4</td><td>–</td></tr></table></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>실내외 로봇 위치 정확도</td><td>• 설정 근거: 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 이를 측정하기 위하여 ‘실내외 로봇 위치 정확도’를 성과지표로 설정
• 설정 방법: 국내외 공간정보 분야의 실내외 측위 기술의 수준은 실내외 POI 위치정확도 기준 100cm 이상으로 동 사업을 통해 국내외 최고 수준의 목표(50cm)를 설정
–다만, 연구개발계획을 고려하여 2026년부터 목표 부여<table><tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr><tr><td>건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">100cm</td><td rowspan="2">50cm</td><td rowspan="2">–</td></tr><tr><td>로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계 솔루션과 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇 서비스 성능 실증</td></tr></table>• 실내외 위치 정확도를 기준으로 목표 설정
(단위: cm)<table><tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr><tr><td>목표</td><td>–</td><td>100</td><td>50</td><td>–</td></tr></table></td><td>• 측정산식 : 로봇과 POI의 거리 측정
–측정 방법 : 증빙서류 제시
–대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
–측정 시기 : 차년도 1월 말</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
<tr><td>이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률</td><td>• 설정 근거: 본 사업은 건축물 실내외 로봇 이동 정확성을 향상하기 위한 공간지도 구축 표준기술을 개발하고자 하며, 혼잡한 상황에서도 안전하고 효율적인 로봇 서비스 제공을 측정하기 위하여 ‘이동 시나리오 기반 자동문과 EV 운영 성공률’을 성과지표로 설정
• 설정 방법: 시나리오를 설정하고 해당 시나리오별로 자동문과 EV 테스트 100회당 성공 건수의 비중의 달성치를 설정
–최종적으로 99% 달성을 목표로 설정하며, 연구개발계획을 고려하여 2027년 시점부터 목표를 부여</td><td>• 측정산식 : (시나리오 성공 건수 / 자동문·EV 테스트 100회) x 100
• 측정시기 및 방법
–측정 방법 : 각 평가항목별 평가 방법에 따른 증빙서류 제시
–대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
–측정 시기 : 차년도 1월 말</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식, 방법 및 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">70%</td><td rowspan="2">99%</td></tr>
<tr><td>로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계 솔루션과 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇 서비스 성능 실증</td></tr>
</table>
• 최종적으로 달성하고자 하는 목표를 단계적으로 설정
(단위: cm)
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>목표</td><td>–</td><td>–</td><td>70</td><td>99</td></tr>
</table>
</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>로봇 서비스 운용 면적율</td><td>
• 설정 근거: 본 사업은 로봇 친화 건축물의 구현, 확산을 위하여 설계 솔루션, 운영·관리 기술을 적용한 건축물 리모델링과 로봇 서비스 성능을 실증하고자 하며, 로봇 서비스의 효율성 향상을 객관적으로 측정하기 위하여 건축물에서의 ‘로봇 서비스 운영 면적율’을 성과지표로 설정
• 설정 방법: 다중이용시설의 연면적 중에서 공조실, 우수저류조 등 비공용부를 제외한 로봇 서비스 운용 면적의 범위를 고려하여 목표(70%)를 설정
–다만, 연구개발계획을 고려하여 로봇 친화 건축물 실증이 진행되는 2028년 시점에 목표를 부여
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계 솔루션과 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇 서비스 성능 실증</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>70%</td></tr>
</table>
• 건축물 연면적(비공용부 제외) 대비 로봇 서비스 운용 면적의 비중을 지표로 설정
(단위: %)
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>목표</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>70</td></tr>
</table>
</td><td>
• 측정산식 : (로봇 서비스 운용 면적 / 건축물의 비공용부 제외 연면적) x 100
* 비공용부 : 공조실, 우수저류조 등
• 측정시기 및 방법
–측정 방법 : 각 평가항목별 평가 방법에 따른 증빙서류 제시
–대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
–측정 시기 : 차년도 1월 말
</td><td>연차실적계획서, 연구단계보고서, R&D 사업관리시스템 등</td></tr>
<tr><td>법/제도 제안/반영 건수</td><td>• 설정 근거: 본 사업은 스마트+빌딩의 구현 및 활성화, 로봇</td><td>• 측정산식 : 당해연도 ∑(정부 정책제안 건수)</td><td>사업관리 시스템,</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식, 방법 및 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td></td><td>친화적 스마트+빌딩 표준모델의 개발, 실증을 진행하여 관련된 기준, 인증 개발과 정책 개발 연구 등이 추진되면서 최종적으로 로봇 친화 스마트+빌딩 확산 체계, 기반을 마련하기 위하여 ‘법/제도 제안/반영 건수’를 성과목표로 설정
• 설정 방법 : 연구개발계획을 고려하여 로봇친화 건축물 보급 지원 제도, 인증 기준 개발 등의 연구성과와 연계된 제도 제안 2건을 목표로 제시
<table>
<tr><th>구분</th><th>`25</th><th>`26</th><th>`27</th><th>`28</th></tr>
<tr><td>로봇 친화 건축물 지원 제도</td><td>–</td><td>–</td><td>1</td><td>–</td></tr>
<tr><td>로봇 친화 건축물 국가 인증 제도</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>1</td></tr>
</table></td><td>• 측정시기 및 방법
–측정 방법 : 각 평가항목별 평가 방법에 따른 증빙서류 제시
–대상기간 : 당해연도 1월 1일부터 12월 31일까지
–측정 시기 : 차년도 1월 말</td><td>연차/단계보고서, 로드맵 등, 중앙정부 법령 제·개정, 중앙정부에서 발표한 계획 및 정책 등</td></tr>
</table>

[참고] 성과목표 및 지표 총괄표

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td>전략목표</td><td colspan="4">다수 다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영관리 플랫폼 개발 및 실증</td></tr>
<tr><td>(최종)
성과목표</td><td colspan="4">○ 로봇친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발 및 실·검증
- 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발
- 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발
- 로봇 친화 건축물 실증 및 지원 제도 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="10">단계별
성과목표
및 지표</td><td colspan="4">1단계(`25년도~`28년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단계별 성과목표</td><td rowspan="2">가중치</td><td colspan="2">성과지표</td></tr>
<tr><td>지표명</td><td>지표
구분</td></tr>
<tr><td rowspan="4">로봇 서비스 적용을 위한 건축물 내 공간 최적화를 통한 기반 조성</td><td rowspan="4">0.4</td><td>SCI급 논문 게재 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td>S/W 등록 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td>특허 등록 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td>신제품 개발 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td rowspan="2">표준화 및 운영 고도화를 통한 건축물 내 다수·다종 로봇 서비스 제공 효율성 향상</td><td rowspan="2">0.3</td><td>실내외 로봇위치 정확도</td><td>질</td></tr>
<tr><td>이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률</td><td>질</td></tr>
<tr><td rowspan="4">로봇 친화적인 스마트+빌딩 확산 체계 마련</td><td rowspan="4">0.3</td><td>실내외 로봇위치 정확도 (중복)</td><td>질</td></tr>
<tr><td>이동 시나리오 기반 자동문·EV 운영 성공률 (중복)</td><td>질</td></tr>
<tr><td>로봇 서비스 운용면적율</td><td>질</td></tr>
<tr><td>법/제도 제안/반영 건수</td><td>양</td></tr>
</table>

3. 사업평가 계획(중간평가 실시연도 기재) : 해당없음

4. 연구성과 관리・활용 계획서 제출 계획

사업 종료 연도	성과 관리·활용 계획서 제출 연도
2028	2029

5.4 과제 제안 요구서(안)

연구과제명	로봇 친화형 건축물 설계 및 리모델링 핵심기술 개발
1. 연구목표	
	다수 다종 로봇의 최적 이동 및 서비스를 지원하는 로봇 친화형 건축물 설계 및 시공 기술, 개방형 운영·관리 플랫폼 개발 및 실증
2. 연구 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	□ 서비스 로봇 도입 확대 및 시장의 급성장 ○ 고령화, 노동력 부족 등 사회문제에 대해 새로운 해법으로 서비스 로봇에 대한 국내외 시장 급성장과 관심 증대 - '24년 출산율 0.68명 추세 지속 시 '30년 생산가능 인구 320만명 감소에 따른 노동력 부족 심각 - 세계 서비스 로봇 시장은 '10년 판매 약 200만대, 매출 40억 달러 에서 연평균 25% 성장하여 '20년에 판매 약 2,000만대, 매출 110억 달러로 증대 * 출처 : 로봇산업 정책동향('23, 로봇산업진흥원) - 사우디 주택부장관 네이버 1784 방문('22.11), 덴마크 고령부장관 한림대성심병원 의료로봇 서비스 현장 방문('23.10) 등 국제적 관심 증대 □ 로봇에 대한 수용성이 낮은 건축물의 공간적·시스템적 제약으로 로봇 서비스가 제한되고 사고로 인한 사용자 불편 및 위험 발생 ○ 건축물의 계단, 단차, 에스컬레이터 등으로 로봇의 이동범위가 제한되어 특정 공간에 한하여 로봇 서비스가 이뤄지고 있는 실정 - 건축물 내 수직 이동을 위해 엘리베이터를 활용해야 하나, 로봇과의 원활한 통신 연동과 탑승자와의 혼용 상황 대응 어려움 ○ 서비스로봇이 계단, 에스컬레이터에서 추락하고, 이동시 재실자와 충돌하는 등 사고 발생 - 건축물 내 인간-로봇 간의 충돌, 통행혼잡 시간대 로봇 서비스 지연 등 재실자와 로봇이 공존하기 위한 해결 과제 산재 □ 로봇 서비스의 사용자 편의성 강화 및 건축공간 미래 수요 대응을 위한 로봇 친화 건축물 구현 기술 개발 필요 ○ 서비스 로봇 도입 과정에서 발생 가능한 문제를 최소화하고 원활한 서비스 운용 지원과 수용성 향상을 위한 건축 공간 조성 기술개발 필요

	- 사용자 편의성을 강화하고 서비스로봇 대중화를 위해서는 로봇 자체의 기술 혁신 뿐만 아니라, 로봇 친화적 공간 설계, 시설, 자재, 운영·관리 시스템 등 건축물 인프라 구현 기술혁신 필요 □ 정부지원(국고) 필요성 ○ 스마트 기술 친화형 건축공간 확산을 위한 스마트+빌딩 국가 인증 도입 및 '35년까지 스마트+빌딩 1만 개소 조성 선언 이행을 위한 국가 주도 기술개발 필요 - 12대 국가전략기술 중 '첨단로봇' 선정('22.10, 과기부)→로봇 친화형 스마트 빌딩 활성화 기반 마련('23.3, 산업부 첨단로봇 규제혁신 방안)→로봇 스케일 건축환경 구축('23.12, 국토부 스마트+빌딩 활성화 로드맵) ○ 단위 건축물 설계·시공 및 로봇의 운영관리는 민간의 영역이나 새로운 건축기능의 설계표준, 규격, 제도 등 초기 마중물 제공 및 신산업 표준 제시는 공공의 역할 - 공공에서 자율주행 로봇을 위한 건축물 인프라를 조정하여 고령자 복지, 육아 지원 등 국가적 현안 대응을 위해 다양한 서비스의 로봇 공급이 확대될 수 있도록 발판 조성 필요
□ 기술동향	○ (미국) 호텔의 룸서비스 로봇을 중심으로 로봇이 보급·활용되고 있으며, 코로나-19로 인해 바닥 청소, 소독 로봇 등의 활용 증가 - 구글은 토론토 스마트시티 건물 내 전용공간을 통해 수직이동하는 Last-mile 배송 자율배달 서비스 로봇 제안하였으나 미실현 ○ (일본) 자율 청소 로봇과 승강기 연동 장치를 설치해 실증 추진하여 건물 로비나 특정 구역에 한정된 청소 범위 확대 - 청소로봇 CLO2를 대형 플로어를 보유한 공항 터미널과 역사, 상업 시설, 오피스 빌딩 등을 대상으로 공급 추진 ○ (싱가포르) 공항, 호텔, 종합병원 등에 자율주행 청소로봇, 보안 로봇, 서빙 로봇 등 도입하여 서비스 제공 - 창이 국제공항에 스마트 로봇 경찰, 청소 로봇 도입, 마리나베이 센즈 호텔에 보안로봇, 서빙로봇 도입하여 서비스 제공 - 창이 종합병원, 알렉산드라 병원에 환자 운동 지원, 원격 상담, 생체신호 측정 로봇 등 도입하여 서비스 제공 ○ (중국) 인구 고령화, 인건비 상승, 급격한 도시화와 차량 증가에 따라 실내 배송 로봇, 보안로봇, 주차로봇 중심으로 도입 및 활용 중 - 알리바바는 호텔 서비스 로봇 '스페이스 에그(Space egg)' 상용 서비스 시작

- 상하이 로봇 기업 '요고로봇(YogoRobot)'은 배달 로봇을 활용하여 빌딩 내 음식배달 서비스 시행

○ (국내) 병원, 음식점 등에 배송, 서빙 등 로봇 도입 본격화 되고 있으며, 민간에서 자사의 로봇과 IT 기술 접목하여 로봇친화형 건축물 구현 시도

- 종합병원에 약체, 검체 배송, 방역 로봇 등 시범도입 지원하고 있으나, 건축 기준 부재 등으로 인한 시행 착오로 시간 및 리모델링 비용 증가
- 네이버 1784는 로봇 전용 E/V 설치 등을 통해 인간과 로봇의 동선 분리, 단일 로봇 관제시스템을 적용하여 일반 건축물 적용에는 한계
- 쿠팡 물류센터도 건축물 내에서 물류로봇을 도입 활용중이나 사람-로봇 공간 혼용 환경이 아닌 로봇과 물류 공간으로 운영

3. 연구내용

□ 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

○ 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

- 건축물 내 인간-로봇 이동 성능에 대한 LOS(Level of Service) 기준 설정
- 인간-로봇과 건축 공간 상호작용 시뮬레이터 개발
- 로봇 친화 건축물 설계 지원 솔루션 개발

○ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

- 로봇의 수평 통행을 위한 출입문의 구조와 설치 기준 개발
- 로봇의 수직 이동 지원을 위한 수직이동설비 구축 기준 개발
- 건축물 내외 로봇 서비스 운영 및 관리를 위한 지원시설의 종류·규모, 필수·부가 요소 등 설계 및 시공 기준 개발

○ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

- 로봇 Spec(구동, 센서) 대응 건축마감재 영향 인자 도출
- 로봇 이동, 환경 인식 정확도 향상을 위한 건축마감재 Spec DB 구축
- 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축마감재 성능 기준 개발

□ 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

○ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

- 건축물 공간지도 구축을 위한 POI 체계 정립 및 설계
- 다중이용시설 등 건축물 범용 공간지도 구축 표준 기술 개발
- 로봇 주행경로 최적화 및 갱신 기술 개발

○ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

- 다수·다종 로봇 운영·관리를 위한 개방형 로봇 관제 시스템 개발
- 로봇 관제 시스템-건축물 운영·관리 시스템 연계 플랫폼 개발

□ **로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발**

○ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

- 로봇친화 건축물 설계 및 서비스 지원 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링
- 리모델링 건축물 대상 로봇서비스 성능 실증 및 검증

○ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

- 로봇 친화 건축물 확산에 필요한 제도적 지원방안 개발
- 로봇 친화 건축물 설계, 시공, 운영·관리를 위한 인증제도 등 표준 개발

4. 연구 추진 방법

□ 추진전략

○ 핵심 연구개발성과의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시

- 핵심 연구개발성과 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과, 기술로드맵을 제시할 것
- 단계별, 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
- 연구개발목표는 가능한 정량화하여 제시하고 제품, 공법 개발의 경우(제품 성능, 경제성, 시공성 등)는 기존 제품, 공법과 대비하여 설정 근거와 함께 정량적으로 반드시 제시할 것

  * 예) 기존 대비 00% 비용 절감, 00% 수준의 성능 향상, 00까지 00% 보급 등

- 제시한 목표는 실증 또는 시범적용 등을 통해 입증 가능하도록 연구수행계획을 작성할 것

○ 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시

  * 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정

○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용 방안을 연구개발계획에 포함시켜 추진

- 현재 수행 중인 연관 사업과의 성과 공유 및 연계 방안 제시
- 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구개발내용에 대해서는 부처 간의

	협력 방안 또는 연계, 공동 활용방안 등을 제시 ○ 정부 및 지자체, 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행 - 관련 업계 전문가로 구성된 포럼 등을 구성하여 요구조건 파악 - 로봇 관련 타부처 및 업계 전문가로 구성된 협의체 등을 구성하여 요구조건 및 협의내용 파악 ○ 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험(예. 공인시험성적서 등) 등을 수행하고, 평가단을 구성하여 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출 ○ 연구개발성과물을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 - 연구개발내용 및 성과물은 단계별/연차별로 구분하여 제시 - 수요자 중심으로 연구성과물 활용방안 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시 - 연구개발성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출 근거 제시 * 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약 시 조정(추가) 될 수 있음 ○ 연구개발성과 도출의 기간, 예산, 적정성을 고려하여 주어진 조건 내에서 구체적인 실증 혹은 시범적용 계획(대상지 선정, 실증규모, 소요예산 및 일정 등) 및 방안을 연구개발계획서에 제시 - 개발 기술의 실증 혹은 시범적용을 위한 테스트베드와 관련하여, 대상지자체(기초자치단체 등), 운영·관리기관(공공기관 등) 등과의 협업 등 구체적인 실증 방안 제시 - 연구기간 내 실증 건축물 설계, 착공, 준공, 성능 검증 및 평가, 경제성 분석까지 추진되도록 연구개발계획에 반드시 상세일정 등을 포함하여 제시
□ 추진체계	○ 본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행 - 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행 - 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구

개발과제를 책임지고 진행·관리

- 본 사업은 로봇 서비스를 제공하는 건축물 리모델링 실증을 필수적으로 수행해야 하므로, 컨소시엄 구성시 반드시 로봇 서비스를 공급 또는 제공하는 로봇 기업, 로봇 서비스 수요기관 등을 포함해야 함

○ 컨소시엄 구성시 과다한 연구개발기관의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양할 것

* 연구개발기관 구성시 합리적으로 구성하여야 하며, 연구개발내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음

○ 컨소시엄 구성시 참여하는 기관 특성에 따라 기술개발 추진내용 명시 필요

* 예) 효과적인 성과물 구축체계 마련을 위해 대학은 알고리즘 개발 중심 및 민간기관은 코드 구현 및 패키지화 중심, 시스템 구축을 전담 수행하는 전문기업(SI: 시스템 통합)을 중심으로 구성

○ 연구개발과제 추진의 효율성 및 연구개발비 집행의 투명성을 고려하여 참여기관 이외 타 기관 소속 연구자의 참여 배제

○ 연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성・운영하고 연구개발내용의 기술적・정책적・경제적 보완사항에 대한 자문 실시

○ 연구자의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요

○ 연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 또는 실시기업이 주도적으로 참여할 수 있도록 추진체계를 구성하여 제안할 것

○ 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

○ 유관 기술분야의 국내·외 선진 시험/연구기관/기업 등과의 연구 공조

○ 관계부처, 전문기관 및 업계 간 유기적 협의체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화

- 본 연구과제의 성공적인 성과 도출이 가능하도록 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원과의 적극적인 의견 교환 및 교류를 통해 연구개발 진행

5. 최종성과물

□ 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

○ 인간-로봇 행동 기반 건축설계 시뮬레이터 및 설계 자동화 솔루션 개발

- (성과물) 건축물 특성에 맞는 로봇 친화 공간구조, 배치, 규모 등 건축설계를 지원하는 시뮬레이터 및 설계 솔루션

- (성과지표) 현실 대비 시뮬레이터 정확도 70% 이상 / 일반 설계프로그램 대비 솔루션 사용편리성 90% 이상

○ 로봇 통행·지원 공간 및 시설 설치기준 개발

- (성과물) 로봇 출입문 구조·설치, 수직이동설비, 로봇 서비스 운영·관리 지원시설 설치기준
- (성과지표) 배송, 방역, 방범, 화재감지 등 서비스 성공률 95% 이상

○ 로봇 이동·관제 향상을 위한 건축물 마감재 성능기준 개발

- (성과물) 바닥, 벽, 천장, 창호 등 건축물 마감재 성능기준
- (성과지표) 로봇 서비스 운용 면적률 70% 이상

□ 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

○ 건축물 실내외 이동 정확성 향상 공간지도 구축 표준기술 개발

- (성과물) 통신 융합 건축물 공간정보 표준지도 및 구축 매뉴얼
- (성과지표) 실내-외 간 로봇 위치 정확도 50cm 이내 / 로봇 서비스 운용 면적률 70% 이상

○ 다수·다종 로봇 및 건축물 통합 관제 플랫폼 개발

- (성과물) 로봇 친화적 건물 대응 건물 운영관리 시스템 및 통합 관제 플랫폼
- (성과지표) 이동 시나리오에 따른 자동문·엘리베이터 운영 수행 성공률 99% 이상 / 배송, 방역, 방범, 화재감지 등 서비스 성공률 95% 이상

□ 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

○ 로봇 친화 건축물 조성을 위한 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 로봇서비스 성능 실증

- (성과물) 설계, 운영·관리 기술 적용 건축물 리모델링 및 실증 결과 보고서
- (성과지표) 로봇 친화 건축물 리모델링에 따른 설계, 운영·관리 기술 실증 목표 달성 여부

○ 로봇 친화 건축물 확산을 위한 지원제도 개발

- (성과물) 로봇 친화 건축물 확산 지원제도, 설계, 시공, 운영·관리 등에 대한 인증 기준

6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 로봇 서비스 도입을 계획하는 신축 및 리모델링 건축물 소유자 등이

	도입 검토 및 계획 수립 등에 활용 ○ 건축물 설계사에서 로봇 친화형 건축물 설계시 설계 기준 및 지원 소프트웨어 활용 ○ 건축물 시공사에서 로봇 친화형 건축물 시설, 설비, 자재, 재료 등 시공시 기준 및 가이드라인 활용 ○ 로봇친화 건축물 관련 제도 개선 및 인증제도 마련을 위한 기초 자료로 활용 ○ 건축물 소유자, 관리자 등이 건물 유지, 관리 등에 활용
□ 기대효과	○ 기술적 측면 - 건축물 공간정보를 기반으로 다수·다종 로봇주행의 안전성, 정확성 향상에 기여 - 로봇친화형 건축물의 운영관리 효율화 기술 확보 및 로봇친화형 빌딩 최고 기술수준 달성 ○ 경제적 측면 - 로봇 친화 건축물 조성 기술 보급에 따른 건축물 인프라 투자 효율화 가능 및 사업비 최적 사용 가능 - 건설사-로봇서비스 공급자 결합을 통해 새로운 건축 및 기술서비스 시장 창출 기여 ○ 사회적 측면 - 로봇친화 건축물 보급 및 로봇활용 강화로 다양한 서비스 확대를 통한 국민 삶의 질 증대 - 초고령, 인구감소 사회변화에 대응하여 헬스케어, 돌봄, 복지 등 인력수급이 어려운 분야에 로봇서비스 활용 가능
7. 연구개발기간 및 연구개발비	
	○ 총 연구개발기간 : 2025.0.4 ~ 2028.12. (3년 9개월) [1단계] - 1차년도 연구개발기간 : 2025.04.~2025.12. (9개월) - 2차년도 연구개발기간 : 2026.01.~2026.12. (12개월) [2단계] - 3차년도 연구개발기간 : 2027.01.~2027.12. (12개월) - 4차년도 연구개발기간 : 2028.01.~2028.12. (12개월) ○ 총 정부지원연구개발비 : 18,000백만원 이내 - 1년차 정부지원연구개발비 : 2,100백만원 이내 * 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음

* 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로「국가연구개발혁신법 시행령」[별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능
* 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 '일반 과제'임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 연구개발내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표・내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사 연구개발과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

* 홈페이지(www.kaia.re.kr)의 지식-성과도서관-과제・보고서 및 www.ntis.go.kr 참고

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

* 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의해 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 구성기술 간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

* (예시) 개발기술 상호간, 연구개발성과물 상호간, 개발기술-연구개발성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 추진일정과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

* 연구개발과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시
- 제시한 성과지표는 선정평가 또는 협약시 조정(추가) 가능
- 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음

  * 첨부의 기획보고서 內 전략계획서(안)을 참고하여 성과지표 설정 가능

- 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시

  * "성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성"은 선정평가 평가항목으로 미흡할 경우 협약시 조정

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구개발 추진과정에서 관련기술 환경변화 등에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음

○ 국토교통과학기술 연구개발사업의 성과로 구축된 12개 대형 실험시설 적극 활용 권고

참고 문헌

FAA. (2021). Virtiport Design Standards for Advanced Air Mobility.
Memoori. (2023.5.). The Internet of Things in Smart Commercial Buildings 2023 to 2028: Market Sizing & Competitive Landscape.
TechNavio.(2022.8.) Zero-energy Buildings Market 2022-2026.
국가과학기술자문회의 전원회의. (2022.10.28.). 국가전략기술 육성 방안(안).
국토교통부. (2018). 국토교통 분야 4차 산업혁명 견인기술 동향조사·분석.
국토교통부. (2021.2.17.). 제3차 건축정책 기본계획.
국토교통부. (2022.9.). 모빌리티 혁신 로드맵.
국토교통부. (2023). 제2차 국토교통 연구개발 종합계획(안). 내부자료.
산업통상자원부. (2023). 첨단로봇 규제혁신 방안.
국토교통부. (2023). 스마트+빌딩 활성화 로드맵.
과학기술정보통신부. (2022). 제5차 과학기술 기본계획(안).
국토교통부. 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(안).
산업통상자원부. 2023년 지능형 로봇 실행계획.

한국건설기술연구원. (2022). 화재안전관리시스템을 활용한 다중밀집시설 화재 발생 시 조기경보 및 대피체계 구축. 12월 27일 보도자료.
한국고용정보원. (2018). 직업인 10명 중 1명 “업무에 4차 산업혁명 핵심기술 활용”. 2월 1일 보도자료.

CORGAN. (2019). CONNECT EVOLVED Uber Elevate 2019. p.80-86
EASA. (2022. 03.). Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category.
Jaco Kapp. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Assessing the Intelliences of Engineers in The SOUTH AFRICAN Automotive industry, Nelson Mandela University Business school
김주욱. (2021). 미국의 제로에너지빌딩 인증과 인증사례 소개. 한국그린빌딩협의회,, Vol.22 No.2(2021-06)
김회서, 김광우. (1991). 특집 - 인텔리전트 빌딩 : 빌딩 인텔리전트화의 경향 (The Trend of Intelligent Building). 건축, 35(4), 6-10.
신경. (2019). 드론산업 발전을 위한 선제적 규제혁파 로드맵. 항공진흥,, 7-20.
안지현 외. (2021). 2020년 기술수준평가. 한국과학기술기획평가원.
이승언. (2020). 기후변화에 대응하는 스마트빌딩의 역할. 국토,, 29-35.
진태승, 김신성. (2018). 제4차 산업혁명에 따른 건축서비스산업의 미래변화 전망과 대응전략 연구. 건축공간연구원.
한국교통연구원. (2017.2.). 미국의 ‘Smart City Challenge’ 추진현황과 시사점. 월간교통,, 32-36
한국전자기술연구원. (2022.12.). 국내 UAM 산업육성을 위한 정책 제언.
이강원, 손호웅. (2016). 지형 공간정보체계 용어사전. 구미서관.
한국수출입은행. (2022). 로봇산업 동향 및 성장전략 이슈 보고서. VOL.2022-이슈-16(2022.9).
산업연구원. (2021). 중국 산업용 로봇산업의 발전전략과 대응 방안. KIET 산업경제. 32-40.
로봇산업진흥원. (2020). 대형빌딩·호텔 등에서의 로봇 도입 환경 사례. KIR 20-6.
로봇산업진흥원. (2023). 글로벌 및 유럽 로봇시장 점유율 변화와 로봇 가치사슬 분석. 로봇산업 정책동향 2023-10.
로봇산업진흥원. (2023). 2022년 로봇산업 실태조사 결과보고서.
KISTEP. (2023) 국가 로봇 산업현황 및 지향점. 수요포럼포커스.
한국과학기술기획평가원. (2021), 2020년 기술수준평가.

Acuity Brands社 웹페이지. https://www.acuitybrands.com/. (검색일: 2023.10.12.)
Bostondynamics社 웹페이지. https://bostondynamics.com/. (검색일: 2023.10.10.)
CORGAN 웹페이지. https://www.corgan.com/news-insights/2019/uber-connect-evolved. (검색일: 2023.08.13.)
Honeywell社 웹페이지. https://www.honeywell.com/kr/ko. (검색일: 2023.10.12.)
Johnson Controls社 웹페이지. https://www.johnsoncontrols.com/. (검색일: 2023.10.22.)
Robotic Parking Systems社 웹페이지. www.roboticparking.com/projects. (검색일: 2023.10.10.)
Siemens社 웹페이지. https://www.siemens.com/global/en.html. (검색일: 2023.10.22.)
To 70 웹페이지. https://to70.com/vertiports-initial-thoughts-on-their-design/. (검색일: 2023.09.18.)
Volocopter社 웹페이지. www.volocopter.com. (검색일: 2023.10.12.)
국가과학기술지식정보서비스. R&D 투자 현황. https://www.ntis.go.kr/ThMain.do(검색일: 2023.08.22.)
딜로이트 안진회계법인. 스마트 빌딩: 사람 중심의 스마트한 디지털 일터. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/energy-resources/2019/kr_erni_issue-highlights_20190225.pdf (검색일: 2023.11.232)
미국 그린빌딩위원회 웹페이지. https://www.usgbc.org/projects/david-rockefeller-creative-arts-center. (검색일:

2023.09.15.)
삼성전자 b.IoT 솔루션 웹페이지. www.samsung.com. (검색일: 2023.08.10.)
윕스온. 기술 특허출원 현황. https://www.wipson.com/service/mai/main.wips(검색일: 2023.9.5.)
대한민국 대통령실 웹페이지. https://www.president.go.kr/affairs/gov_project. (검색일: 2023.09.07.)
네이버 지식백과 웹페이지. https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1051265&cid=47341&categoryId=47341. (검색일: 2024.04.23.)
LG전자 웹페이지. https://www.lge.co.kr/kr/business/product/cooling/cooling-bms.do. (검색일: 2024.04.23.)
유진 로봇 웹페이지. https://yujinrobot.com/warehouse-automation/how-a-fleet-management-system-fms-for-amrs-operates-alongside-your-staf-0. (검색일: 2024.04.23.)
한국로봇산업진흥원 웹페이지. https://www.kiria.org/portal/main.do. (검색일: 2024.04.24.)
국가과학기술지식정보서비스 웹페이지. https://www.ntis.go.kr/ThMain.do. (검색일: 2024.04.01)

Ai타임스. (2023). 구글, 의료전문 LLM '메드-PaLM' 공개...헬스케어 AI 소개. 3월 15일. https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=149965. (검색일: 2023.10.21.)
AI타임즈. (2021). AI도 실수 많이 한다...AI가 실패한 최신 사건 10가지. 1월 25일. https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=135396. (검색일: 2023.9.18.)
AVING. (2022). 지멘스, HARFKO 2022서 디지털 빌딩 관리 플랫폼 등 알려....10월 18일. https://kr.aving.net/news/articleView.html?idxno=1773035. (검색일: 2023.10.18.)
BioINdustry. 2020년 포스트-팬대믹 글로벌 헬스케어 시장현황 및 전망. https://www.bioin.or.kr/board.do?num=302044&cmd=view&bid=watch&cPage=102&cate1=all&cate2=all2&s_str=. (검색일: 2023.9.11.)
Bloomberg. (2021). EHang Launches 5G Intelligent Air Mobility Experience Center as AAV Operation Spot in Guangzhou. 12월 29일. https://www.bloomberg.com/press-releases/2021-12-29/ehang-launches-5g-intelligent-air-mobility-experience-center-as-aav-operation-spot-in-guangzhou. (검색일: 2023.10.21.)
Dezeen. (2022). Urban-Air Port designs "world's first urban airport" for flying cars and drones. 4월 20일. https://www.dezeen.com/2022/04/20/air-one-urban-airport-electric-flying-cars-drones/. (검색일: 2023.10.21.)
Enterprise Channels. (2018). Cisco signs MoU with TRA. 9월 25일. https://www.ec-mea.com/cisco-signs-mou-with-tra/. (검색일: 2023.10.25.)
Eyesmag. (2022). 네이버, 세계 최초 로봇 친화형 건물 '1784' 공개. 4월 28일. https://www.eyesmag.com/posts/144212/naver-second-office-building-1784-info. (검색일: 2023.10.23.)
FlightGlobal. (2022). Joby and Skyports partner to demonstrate air taxi 'vertiports'. 8월 7일. https://www.flightglobal.com/airframers/joby-and-skyports-partner-to-demonstrate-air-taxi-vertiports/150459.article. (검색일: 2023.10.21.)
KBS뉴스. (2022). 사막 한가운데 170km 건물이? 1300wh 미래도시 '네옴'. 7월 29일. https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5520927. (검색일: 2023.10.11.)
KBS뉴스. (2023). 평균 가구원 2.3명…합계출산율은 역대 최저. 3월 23일. https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7633517. (검색일: 2023.10.23.)
LEDs MAGAZINE. (2012). Iowa government building slashes electrical load 70% with Acuity lighting and controls. 12월 20일. https://www.ledsmagazine.com/home/article/16701142/iowa-government-building-slashes-electrical-load-70-with-acuity-lighting-and-controls. (검색일: 2023.10.02.)
SecuritySales&Integration. (2023). Johnson Controls Showcases Full Suite of Security Solutions at ISC West. 3월 28일. https://www.securitysales.com/access/johnson-controls-showcases-full-suite-of-security-solutions-at-isc-west/. (검색일: 2023.10.02.)
SMARTTODAY. (2019). 암스테르담의 딜로이트 스마트 빌딩 '엣지'... '최고의 스마트 빌딩'으로 불리는 이유. 11월 15일. https://www.smarttoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=3590. (검색일: 2023.10.18.)
ZDNET KOREA. (2023). 충전기 하나로 로봇 2대 동시 무선 충전한다. 4월 19일. https://zdnet.co.kr/view/?no=20230419093305. (검색일: 2023.10.23.)
뉴시스. (2021). 한국지멘스, 지능형 화재 탐지 시스템 SRF 2.0 출시. 6월 19일. https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20210615_0001476845#_PA. (검색일: 2023.10.18.)
동아비지니스리뷰. (2022). 중국 디지털 헬스케어, 팬데믹 넘어 급부상. 11월. https://dbr.donga.com/article/view/1203/article_no/10633. (검색일: 2023.10.21.)
동아일보. (2022). 1인 가구 946만명… 작년 40% 처음 넘어. 8월 24일. https://www.donga.com/news/Society/article/all/20220823/115112476/1. (검색일: 2023.10.23.)
딜라이트. (2023). "자동차에서 곧바로 건물 진입"...현대차그룹, '모바일 리빙 스페이스' 공개. https://www.delighti.co.kr/news/articleView.html?idxno=46234. 1월 30일. (검색일: 2023.10.11.)

로봇신문. (2020). '와이보틱', 로봇・드론용 무선충전 시스템 FCC 승인 취득. 8월 7일. https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=21845. (검색일: 2023.10.18.)
모바일한경. (2021). 아이폰→플랫폼→AR회사로..끊임없이 성장하는 애플.. 10월 7일. https://plus.hankyung.com/apps/newsinside.view?aid=202110068404i&category=. (검색일: 2023.9.18.)
문화경제. (2022). GS주유소가 공항 된다고? 수직이착륙기 뜨는 'UAM 버티포트' 대변신'. 5월 24일. https://m.weekly.cnbnews.com/m/m_article.html?no=143598#_DYAD. (검색일: 2023.10.23.)
산업일보. (2022). 전기차 충전 인프라, 완전자율주행시대 맞춰 '무인화'로 거듭. 8월 4일. https://kidd.co.kr/news/228654. (검색일: 2023.10.23.)
산업통상자원부 경제뉴스. (2021). "로봇이 주차해 줍니다"...스마트 주차장 부천서 개소. 2월 26일. https://motie.go.kr/motie/ne/motienewse/Motienews/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=2&bbs_seq_n=155117654. (검색일: 2023.10.23.)
서울신문 기획연재. (2018). [4차 산업혁명 현장을 가다]대화하고 암 진단·운전까지... 생활 속 파고든 AI. 7월 17일. https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20180718022004. (검색일: 2023.9.11.)
아이티데일리. (2023). 생체인식 기술 보편화 시대, 출입보안 기업 '주목'. 3월 31일. http://www.itdaily.kr/news/articleView.html?idxno=213306. (검색일: 2023.10.21.)
앱스토리. (2020). 스트레스 관리도 해주는 스마트워치, 핏빗 센스. 9월 9일. https://news.appstory.co.kr/free13771. (검색일: 2023.10.21.)
에펨코리아. (2021). 소니(SONY)의 독자규격 실패역사. 4월 15일. https://www.fmkorea.com/best/3526891821. (검색일: 2023.10.11.)
연합뉴스. (2020). 실패로 끝난 혁신..개인 이동수단 세그웨이 내달 생산종료. 6월 24일. https://www.yna.co.kr/view/AKR20200624075000009. (검색일: 2023.9.18.)
연합뉴스. (2023). 정부청사, 공무원·방문객 출입 얼굴인식으로. 1월 9일. https://www.yna.co.kr/view/AKR20230109074900530. (검색일: 2023.10.23.)
인더스트리뉴스. (2022). 가트너가 뽑은 '이머징 테크놀로지'...반드시 알아야할 25가지 최신 기술. 8월 14일. https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=46762. (검색일: 2023.9.18.)
정보통신신문. (2022). 슈나이더일렉트릭, 스마트빌딩 건축 부문 수상. 10월 26일. https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=104855. (검색일: 2023.10.18.)
정보통신신문. (2023). 알체라, 정부청사에 얼굴인식 기반 출입관리 AI 솔루션 제공. 6월 1일. https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=113576. (검색일: 2023.10.23.)
중앙일보. (2022). 네이버 제2사옥 '1784', 완공에 6년이나 걸린 이유는.... 10월 15일. https://www.joongang.co.kr/article/25109353#home. (검색일: 2023.10.11.)
지디넷코리아. (2022). 사람과 로봇 함께 일하는 네이버 최첨단 사옥 '1784' 가보니. 4월 14일. https://zdnet.co.kr/view/?no=20220414113744. (검색일: 2023.10.11.)
한국건설신문. (2018). 4차 산업혁명과 건설산업의 미래. 7월 30일. http://www.conslove.co.kr/news/articleView.html?idxno=50130. (검색일: 2023.9.11.)
한국농어민신문. (2021). 20대 국회 법안 처리 시간, 평균 1년 7개월 이상. 1월 8일. https://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=181984. (검색일: 2023.10.18.)
한국미디어뉴스통신. (2023). 기계식 주차장에서 전기차 충전까지 가능한 기술력 선보여. 5월 26일. https://www.kmunews.co.kr/news/articleView.html?idxno=29043. (검색일: 2023.10.23.)
한국일보. (2022). 건물 진입부터 로봇이 발레파킹... 네이버 이어 현대차도 '로봇 친화 빌딩 경쟁'. 5월 10일. https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2023050915260005607?did=NA. (검색일: 2023.10.23.)
한국지멘스. (2022). 스마트 빌딩 위한 냉난방공조 최적화 솔루션 전시. 10월 5일. https://energycenter.co.kr/29/?idx=13015266&bmode=view. (검색일: 2023.10.25.)
시사in. (2024). 합계출산율 0.7명 사회 한국은 정말 끝났는가. 1월 10일. https://www.sisain.co.kr/news/articleView.html?idxno=51890. (검색일: 2024.04.22.)
헬스코리아뉴스. (2024). 한림대성심병원, 'AI·5G 기반 서비스로봇 실증사업' 최고 등급 획득 2월 23일. https://www.hkn24.com/news/articleView.html?idxno=336502. (검색일: 2024.04.22.)
연합뉴스. (2017). 로봇의 자살?...분수대에 빠진 美보안로봇 '화제'. 7월 19일. https://www.yna.co.kr/view/AKR20170719007000075. (검색일: 2023.9.11.)
연합뉴스. (2016). 실리콘밸리 쇼핑몰 경비로봇이 16개월 아이 '공격'. 7월 14일. https://www.yna.co.kr/view/AKR20160714023000091. (검색일: 2024.04.22.)
이데일리. (2022). "5층까지 짓다가..." 네이버1784, 비싼 건물 된 사연. 6월 .8일. https://m.edaily.co.kr/news/read?newsId=02945446632359752&mediaCodeNo=257. (검색일: 2024.04.22.)
서울경제. (2023). [건축과도시] 비움과 채움... 녹색 걷어낸 회색변신. 4월 5일. https://v.daum.net/v/20230405183836641. (검색일: 2024.04.22.)
서울경제. (2020). '로켓배송' 쿠팡 흑자비결...로봇1,000대에 있었다., .2월.7일. https://www.sedaily.com/NewsView/29LNOYNU9I. (검색일: 2024.04.24.)

부록. 연구과제카드

1. 로봇 친화 건축물 설계 기술 개발

(세부기술 ①) 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발	
연구방향	○ (기술 1) 인공지능 기반 병원 사용자 행동 시뮬레이션 기술 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 의료진, 환자 및 보호자 등 병원 사용자의 동적 상호작용과 신체능력, 인지능력 등 유의미한 특성을 반영한 인간 행동 시뮬레이션 모델 부재	▪ LMM (Large Multimodal Model) 및 생성 AI 기반 병원 사용자 디지털 휴먼 기술 개발
▪ 병원 사용자의 가시성, 만족도, 편의 행동, 진료 효율을 반영하여 3차원 환경 내 병원 사용 분석 시뮬레이션 기술 부재	▪ RL (Reinforcement Learning) 기반 의료진, 환자 및 보호자 등 신체적, 사회적 진료 행동 데이터베이스 개발
▪ 병원 시설 사용에 따른 유의미한 인체및 사회적 마이크로 행동 분석 시뮬레이션 기술 부재	▪ BIM 모델 내 공간, 시설, 장비, 가구에 반응하는 디지털 휴먼 기술 개발

○ (기술 2) 인공지능 기반 병원 사용자-로봇 상호작용 행동 시뮬레이션 기술 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 로봇 가시거리, 충전 및 운행패턴, 인간 사용자 상호작용 유형 등 시뮬레이션 모델 부재	▪ RL (Reinforcement Learning) 기반 로봇 운행 시뮬레이션 기술 개발
▪ 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 모델 부재: 단순한 동선과 공간사용 밀도 분석만 가능	▪ LMM (Large Multimodal Model) 및 생성 AI 기반 로봇-병원 사용자 시뮬레이션 기술 개발

○ (기술 3) 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 병원설계 지원 기술 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 병원설계 정책 및 설계 실무 목적의 로봇-병원 사용자 시뮬레이션 자동화 시스템 부재	▪ BIM 기반 병원 사용자-로봇 사용자 상호작용 및 병원설계 성능분석 시뮬레이션 자동화 플랫폼 개발

○ (기술 4) [동선체계설계] 의료 서비스 제공에 최적화된, 인간-로봇 사용자별 동선체계 설계를 위한 Space Syntax 기반의 시뮬레이션 기술 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 인간-로봇이 공용으로 사용하는 교차 공간·동선에 따른 시설 배치계획 기준 부재	▪ 의료 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 사용자별* 동선체계 설계 시뮬레이션 개발 ▪ (사용자: 인간은 환자, 의료진, 방문객 등이며 로봇은 물류·환자이송, 의료·일반안내 서비스 등)
▪ 사람들 또는 인간-로봇 상호작용에 따른 공간이용행태를 반영한 객관적인 설계 및 평가 기술 부족	▪ Space Syntax 기반의 공간이용행태를 고려한 동선체계 설계 시뮬레이션 개발
▪ 기존 로봇 친화형 건축물 인증 지표는 로봇 이동만을 고려하여, 인간과 상호작용하는 통합 평가 지표 부족	▪ 인간-로봇 상호작용 건축물 설계 평가 기준 및 시스템 개발

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ①)
인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 다양한 개발 관계자에게 객관적 설계 기준 부재</td><td>▪ 다양한 개발자가 활용 가능한 통합 시스템 개발</td></tr>
</table>
○ (기술 5) [충돌안전관리] 인파행동 패턴을 고려한, 인간-로봇 혼잡 및 충돌 예측 에이전트 시뮬레이션 기술 개발
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 기존 에이전트 시뮬레이션은 재난 및 피난을 위한 기술로 한정되어 일상생활에서의 혼잡도 예측 한계</td><td>▪ 인파행동 패턴을 반영한 인간-로봇 사용자별 OD 에이전트 시뮬레이션 기술 개발</td></tr>
<tr><td>▪ 인간-로봇 상호작용의 에이전트 시뮬레이션 설정 기준 부재</td><td>▪ 혼잡·충돌 예측 평가 에이전트 시뮬레시션 프로그램 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ (기술 1) 인공지능 기반 병원 사용자 행동 시뮬레이션 기술 개발
- 다양한 사용자가 복잡한 활동을 수행하는 병원과 같은 건축물의 성능을 향상하기 위해 건축 공간 및 시설 사용자의 행동과 동선을 설계 단계에서부터 시뮬레이션하여 건축설계에 반영하는 설계 프로세스 필요

○ (기술 2) 인공지능 기반 병원 사용자-로봇 상호작용 행동 시뮬레이션 기술 개발
- 로봇친화형 건축물 구현을 위해 건축물 내에서 로봇과 병원 사용자 간의 원활한 상호작용이 가능한 건축 공간 설계를 위한 시뮬레이션 도구 필요

○ (기술 3) 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 병원설계 지원 기술 개발
- 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기술을 병원 건축설계에 반영하기 위해서는 건축 공간과 시설의 성능 및 규모 최적화 기능 필요

○(기술 4) 인간과 로봇이 상호작용하는 건축물은 인간의 공간이용행태를 고려하여, 사용자별 동선체계의 최적화 설계를 객관적으로 구현하는 기술 개발이 중요함
- 인간이 사용자 주체인 건축물은 인간의 공간이용행태를 기반으로 로봇과 상호작용하는 공간 배치계획이 필요함
- 이에, 다양한 사용자와 로봇 서비스별 동선체계를 통합하여, 공간이용행태를 예측하는 Space Syntax* 기반으로 객관적인 시뮬레이션 기술을 개발하는 것이 중요함
* Space Syntax는 공간구조(Spatial Configuration) 속성을 통해 공간이용행태를 예측하는 기법임. 분석 기법은 다수의 연구에서 검증되었으며, 세계적으로 공간계획·평가의 툴로 공식 인정되고 활용되고 있음

○ (기술 5) 다중인파가 밀집하는 장소에서의 로봇은 서비스 기능을 수행하지 못하거나 충돌사고까지 이어질 수 있으므로, 혼잡 및 충돌이 예상되는 위치를 분석하고 대응하는 것이 중요함
- 현재, 인파사고 및 혼잡도를 예측하는 기술은 대부분 재난과 피난에 맞춰져 있어, 다양한 환경조건에서 일상생활의 혼잡도를 예측하는데 한계가 있음
- 다중인파와 로봇이 교차하는 장소에서, 혼잡 및 충돌 위치를 예측하는 것은 사고를 예방하는 설계 기준이나 로봇의 대안 경로(동선체계)를 설정하는 중요한 요소임

○ (기술 5) 로봇 도입형 건축물을 개발하는데, 인간과의 상호작용 공간설계 평가부터 다양한 이해관계자가 참여할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 필요함
- 현재 로봇 친화형 건축물 인증 지표가 개발되고 있지만, 로봇이동 중심에 초점이 맞춰져 있어 인간과 상호작용하는 정량적인 기준을 마련할 필요가 있음
- 또한, 건축물 개발사업자, 설계자, 로봇 개발자, 관련 공무원 등 건축물을 리모델링하거나 개발하</td></tr>
</table>

	는 실무자도 사용할 수 있는 통합시스템으로 개발하는 것이 필요함
연구내용	○ (기술 1) 인공지능 기반 병원 사용자 행동 시뮬레이션 기술 개발 - 대형 멀티모달 모델 (LMM: Large Multimodal Model) 및 강화학습 (RL: Reinforcement Learning) 기반으로 디지털트윈 내 에이전트(디지털 휴먼)의 행동을 현실에서의 행동과 유사하게 구현하는 기술 개발 ○ (기술 2) 인공지능 기반 병원 사용자-로봇 상호작용 행동 시뮬레이션 기술 개발 - 건축물 내에서 로봇 가시거리, 충전 및 운행패턴, 인간 사용자 상호작용 유형 등 로봇의 활동을 예측하여 건축 공간과 시설의 로봇 친화 수준을 확인하는 시뮬레이션 기술 개발 ○ (기술 3) 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 병원설계 지원 기술 개발 - 건축설계 시나리오별 병원 사용자-로봇의 원활한 활동을 위한 건축 공간과 시설의 적정성 평가지표 개발 - 시뮬레이션 평가 결과를 반영하여 적정 건축 공간 및 시설 성능 최적화 알고리즘 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) - 병원 사용자별 행동 생성 자동화 모듈 개발 ▪ (연구내용) - 의료진 진료 스케쥴 및 업무행동생성 모듈 개발 - 환자-보호자 병원 방문 스케쥴 및 행동 생성 모듈 개발 - BIM 기반 병원 사용자 행동 분석 시뮬레이션 자동화 시스템 개발	▪ 국내외 학술대회 1편 ▪ 병원 사용자 행동 분석 시뮬레이션 모듈 시연 1건
2026	▪ (연구목표) - 로봇 운행 시뮬레이션 모듈 개발 ▪ (연구내용) - RL 기반 로봇별 운행 특성, 작동 기제 및 범위 트레이닝 - BIM 기반 병원 내 로봇 운행 분석 시뮬레이션 자동화 시스템 개발	▪ SCI 논문 1편 ▪ 국내외 학술대회 1편 ▪ 특허 2건 : 병원 사용자 행동 분석 시뮬레이션 모듈, 병원 내 로봇 운행분석 시뮬레이션 모듈
2027	▪ (연구목표) - 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 병원설계 지원 기술 개발 ▪ (연구내용) - LMM 및 컴퓨터 비전 (CV) 기반 병원 공간 내 시설, 가구 배치, 영역별 병원 사용자-로봇 독립행동 분석 시뮬레이션 모듈 개발 - BIM 기반 병원 사용자-로봇 상호작용 발생빈도 및 위치, 동선, 밀도, 편의, 안전성 분석 자동화 시스템 개발	▪ SCI 논문 1편 ▪ 국내외 학술대회 1편 ▪ 특허 1건 : 병원 사용자-로봇 상호작용 분석 시뮬레이션 모듈 ▪ 병원 사용자-로봇 상호작용 분석 시뮬레이터
2028	▪ (연구목표) - 병원 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 병원설계 지원 기술 개발 ▪ (연구내용)	▪ SCI 논문 1편 ▪ 국내외 학술대회 1편

(세부기술 ①) 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발		
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	- 건축 공간과 시설의 적정성 평가지표 개발 - 건축 공간 및 시설 성능 최적화 알고리즘 개발	
최종 성과물	▪ 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구	

○ (기술 4) 의료 서비스 제공에 최적화된, 인간-로봇 사용자별 동선체계 설계를 위한 Space Syntax 기반의 시뮬레이션 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) - 인간-로봇의 상호작용을 고려한 공간계획 가이드라인 마련 ▪ (연구내용) - 의료 서비스 분석을 통한 공간구조 모델 구축 - 공간구조 분석에 따른 공간이용행태 특성 도출 - 인간-로봇 상호작용 장소별, 공간구조 특성을 반영한 계획 기준 작성	▪ 의료시설 공간구조 모델 ▪ Space Syntax 기반의 공간배치계획 가이드라인
2026	▪ (연구목표) - 인간-로봇 사용자별 최적 경로 추출 알고리즘 개발 ▪ (연구내용) - 공간이용행태를 반영한 인간-로봇 사용자별 동선체계 설정 - 사용자별 동선체계의 공간구조 특성 및 기준 마련 - 사용자별 최적 경로 추출 알고리즘 개발	▪ 사용자별 최적 경로 추출 알고리즘
2027	▪ (연구목표) - 인간-로봇 상호작용 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램 개발 ▪ (연구내용) - 사용자별 동선체계 설계 요소 추출 - 사용자별 경로 추출 알고리즘을 적용한, 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램 개발 - 인간-로봇 통합 동선체계 설계 시뮬레이션 개발	▪ Space Syntax 기반, 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램
2028	▪ (연구목표) - Space Syntax 기반의 동선체계 설계 시뮬레이션 기술 실증 및 개발지원 시스템 개발 ▪ (연구내용) - 인간-로봇 동선체계 설계 시뮬레이션 실증 및 검증 - 인간-로봇 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램 수정 및 최종 - 인간-로봇 동선체계 설계 평가 및 개발지원 프로그램 개발	▪ Space Syntax 기반, 동선체계 통합 설계 시뮬레이션 프로그램 (수정 및 최종) ▪ 동선체계 설계 평가 및 개발지원 프로그램 개발
최종 성과물	▪ Space Syntax 기반, 인간-로봇의 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램	

○ (기술 5) 인파행동 패턴을 고려한, 인간-로봇 혼잡 및 충돌 예측 에이전트 시뮬레이션 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물

(세부기술 ①)
인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	• (연구목표) - 의료시설 인파행태 패턴을 고려한, 혼잡 위치 예측 모델 개발 ▪ (연구내용) - 의료시설 인파행태 패턴 조사 및 분석 - 의료시설 인파유발 요소 및 관련 DB 구축 - 의료시설 인파 영향요인 도출 및 예측모델 개발	• 의료시설 인파 예측 모델
2026	▪ (연구목표) - 인간-로봇 혼잡 및 충돌 위치 예측 모델 개발 ▪ (연구내용) - 인간-로봇 정체 및 충돌 요소 추출 - 의료시설 인간-로봇 혼잡 및 충돌 위치 예측 모델 개발 - 혼잡 및 충돌 예방 설계 기준 마련	▪ 인간-로봇 혼잡 및 충돌 위치 예측 모델 ▪ 혼잡 및 충돌 예방 설계 가이드라인
2027	▪ (연구목표) - 인간-로봇 혼잡 및 충돌예방을 위한 에이전트 시뮬레이션 프로그램 개발 ▪ (연구내용) - 인간-로봇 사용자별 OD 에이전트 설정 요소 추출 - 인간-로봇 사용자별/통합형 에이전트 프로그램 개발	▪ 인간-로봇 혼잡·충돌 예측 시뮬레이션 프로그램 개발
2028	▪ (연구목표) - 혼잡·충돌 예측 에이전트 시뮬레이션 실증 및 설계·평가 프로그램 개발 ▪ (연구내용) - 혼잡·충돌 예측 에이전트 시뮬레이션 실증 및 검증 - 인간-로봇 충돌예측 에이전트 시뮬레이션 프로그램 수정 및 최종 - 인간-로봇 혼잡·충돌 평가를 위한 에이전트 시뮬레이션의 상용화 프로그램 개발	▪ 인간-로봇 혼잡·충돌 예측 에이전트 시뮬레이션 프로그램 (최종) ▪ 혼잡·충돌 평가 에이전트 시뮬레이션 (상용화) 프로그램 개발
최종 성과물	▪ 인간-로봇 혼잡·충돌 예방 설계 및 평가 에이전트 시뮬레이션 프로그램	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 로봇 행동 정합성 측정 % 측정 (실측)	-	70%	70%
2) 인간 행동 정합성 측정 % 측정 (실측)	-	-	60%
3) 인간-로봇 충돌 위치 예측 추출 에이전트 시뮬레이션	-	-	예측도 70% 이상

1) 단순 방문빈도 또는 보행거리 측정을 넘어선 병원 사용자의 행동 패턴 시뮬레이션은 현재 국내외에서 개발되지 않은 도전적인 과제로 병원 사용자의 Sim-vs-Real Correlation Coefficient(SRCC)의 현재까지 최고 수준은 파악할 수 없음 (Liu, Y., Zhou, Y., Yang, L., & Xin, Y. (2024). Simulating staff activities in healthcare environments: An empirical

(세부기술 ①) 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 및 Space Syntax 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 개발	
	multi-agent modeling approach. Journal of Building Engineering, 84, 108580.) 2) Sim-vs-Real Correlation Coefficient(SRCC) 값이 policy에 따라 0.20에서 시작하여 0.60까지 분포. 가장 높게 나타난 시뮬레이션 접근 방식의 경우 0.70로 나타남 (Kadian, A., Truong, J., Gokaslan, A., Clegg, A., Wijmans, E., Lee, S., Savva, M., Chernova, S., & Batra, D. (2019). Sim2Real Predictivity: Does Evaluation in Simulation Predict Real-World Performance? IEEE Robotics and Automation Letters, 5, 6670-6677.) 3) 인간-로봇 충돌 위치를 예측하는 시뮬레이션 기술은 부재한 수준임. Space Syntax 기반으로, 도시에서는 인파 충돌 위치를 예측한 연구(한국스페이스신택스연구소, 2023)가 진행되고 있으며, 예측도가 약 70% 이상임
최종 성과물	○ 로봇친화형 병원설계를 위한 인간-로봇 상호작용 시뮬레이션 기반 공간·동선설계 최적화 지원 도구 - 병원 사용자의 행동을 60% 이상의 정확도로 예측하는 시뮬레이터 개발 - 로봇의 행동을 70% 이상의 정확도로 예측하는 시뮬레이터 개발 ○ Space Syntax 기반, 인간-로봇의 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램 ○ 인간-로봇 상호작용 동선체계 설계 가이드라인 ○ 인간-로봇 충돌 위치 예측 모델 ○ 인간-로봇 혼잡·충돌 예방 설계 및 평가 에이전트 시뮬레이션 프로그램

(세부기술 ②) 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발	
연구방향	○ (기술 1) 출입통제 도어 출입 승인 절차 마련

한계점	기술개발 방향
▪ 출입통제 문의 경우 로봇 출입 시 관계자 외 출입가능성 발생우려	▪ 디지털 트윈과 연계한 통합관제시스템을 통한 출입승인 절차마련

○ (기술 2) 스윙자동문 설치 가이드 마련

한계점	기술개발 방향
▪ 슬라이딩 자동문의 설치공간 확보 한계	▪ 로봇 출입이 가능한 스윙자동문 설치 및 안전성 확보 가이드 마련

○(기술 3) 비상용 엘리베이터 겸용 화물용 엘리베이터 전실 방화도어 자동개폐

한계점	기술개발 방향
▪ 혼잡도가 높은 시간대에 로봇아 엘리베이터를 이용하는 데 공간적 제한이 큼	▪ 화물용 엘리베이터를 활용할 수 있도록 전실 방화도어 자동개폐 시스템 마련

○ (기술 4) 다기종 로봇 데이터 베이스 구축

한계점	기술개발 방향
▪ 병원 내에서 사용하게 될 다양한 종류의 로봇의 크기, 용도, 활동 방식에 대한 체계적 관리 체계 부재	▪ 다기종 로봇의 개별적 스펙 아카이빙과 기종간 호환성 검토를 위한 데이터 베이스 구축

○ (기술 5) 로봇 이동 공간 및 시설 데이터 베이스 구축

한계점	기술개발 방향
▪ 로봇 가시거리, 충전 및 운행패턴, 인간 사용자 상호작용 유형 등 시뮬레이션 모델 부재	▪ RL (Reinforcement Learning) 기반 로봇 운행 시뮬레이션 기술 개발

○ (기술 6) 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 현재는 로봇 연동 시설의 규모와 성능 검토가 불가능	▪ 로봇 연동 시설 시나리오별 로봇 행동 시뮬레이션 기술 개발 ▪ 유전 알고리즘 등 인공지능 기반 로봇 연동 시설 최적화

○ (기술 7) 도어 TYPE별 로봇의 통과기준 개발

한계점	기술개발 방향
▪ 도어의 Type에 따라 개폐의 방법과 규격 그리고 개폐위치가 서로 상이함 ▪ 도어의 Type에 따라 로봇이 통과하기 위해 정지하여야 하는 위치가 서로 상이하여 이에 대한 기준정립이 필요	▪ 도어의 Type별 개폐위치와 개폐크기를 표준화하여 로봇이 통과할 수 있는 기준 개발 ▪ 도어의 개폐방식에 따른 도어와의 이격거리 및 정지위치의 표준화 기준 개발

○ (기술 8) 스마트+ 빌딩 신축설계 적용을 위한 자동화 로봇 시설기준 마련

한계점	기술개발 방향
▪ 건축물 설계 시 시설기준 부재로 도입에 어려움	▪ 하중별, 용도별 로봇시설 기준 마련
▪ 설계시 로봇 활용을 위한 부대시설 기준 부재	▪ 하중별, 용도별 로봇활용을 위한 부대시설 기준 제정

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ②)
로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발</th></tr>
<tr><td></td><td>○ (기술 9) 기존 건축물 스마트+빌딩 도입 시 관련 법령 완화조항 제정
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 기존 구조하중 5% 초과시 전체건축물에 대하여 내진기준 적용</td><td>▪ 완화 기준 도입</td></tr>
<tr><td>▪ 수직 이동동선 반영시 연면적 감소</td><td>▪ 완화 기준 도입</td></tr>
<tr><td>▪ 수직 이동동선 설치로인한 방화구획 저촉</td><td>▪ 완화 기준 도입</td></tr>
</table>
○ (기술 10) 스마트+ 빌딩설계 시 BIM 설계 데이터 활용을 위한 기준 마련
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>• 건축물내 자동화 로봇운영 시 필요한 BIM 설계기준 부재</td><td>• 로봇사용시 법용으로 적용할 수 있는 설계기준 마련</td></tr>
<tr><td>• 일정규모 이상의 경우 만 BIM 설계 반영</td><td>• 스마트+빌딩 도입시 BIM설계 기준 마련</td></tr>
<tr><td>• 민간건물의 경우 BIM설계 기준 미흡</td><td>• BIM설계 적용시 적정 설계비 기준 마련</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ (기술 1 2,3) 병원시설의 복잡한 동선과 감염예방시스템 구축으로 인한 출입통제를 고려할 때 병원에서 로봇을 적극적으로 활용하기 위한 출입통제 시스템 마련이 필요
– 병원은 수많은 실들이 거미줄처럼 복도로 연결되어 있으며 실을 건너 다른 실들로 연결되기도 하여 동선이 매우 복잡한 구조를 가지고 있다. 이에 더하여 매일 환자, 보호자, 방문객, 의료진, 행정직 등 다양한 사람들이 움직이고 머무는 공간으로써 최근 그동안 미흡하였던 감염예방시스템 구축으로 출입문, 게이트에 대한 규제 및 설치가 더욱 강화되어 이에 따른 방안이 필요

○ (기술 1 2,3)로봇기술의 발전과 함께 로봇 이동 동선이 길어질 경우 병원시설의 수많은 문을 로봇의 출입을 위해 슬라이딩 자동문으로 설치하는데 어려움이 예상
– 병원의 리모델링 시 복도 폭 등 공간적 제약으로 인해 로봇 출입을 위한 슬라이딩 자동문 설치가 어려운 경우, 복도 폭에 따른 스윙 자동문 설치가 요구됨.
– 전실 방화도어가 설치되어 있는 화물용 엘리베이터를 로봇이 이용할 때 개폐하는데 한계가 있어 낮 시간 엘리베이터의 혼잡도가 높을 때 활용할 수 있는 가능성 모색

○ (기술 4) 다기종 로봇 데이터 베이스 구축
– 병원에서 사용할 로봇의 스펙을 기반한 시뮬레이션 수행을 위한 상세 로봇 스펙을 포함하는 데이터베이스 구축 필요

○ (기술 5) 로봇 이동 공간 및 시설 데이터 베이스 구축
– 병원 건축물에서 사용하는 공간 및 시설 규격을 기반으로 한 시뮬레이션 수행을 위한 데이터베이스 구축 필요

○ (기술 6) 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발
– 다기종 로봇의 기종 및 대수 등을 고려한 최적 시설을 제안하는 알고리즘 개발 필요

○ (기술 7) 도어 TYPE별 개폐방식 및 개폐위치 인식기술
– 병원에는 리볼빙도어, 슬라이딩 자동도어(1짝, 2짝, 3짝 등), 여닫이 자동도어 등 다양한 타입의 도어들이 혼재되어 사용되고 있고 각 도어타입마다 개폐의 매커니즘이 상이하여, 로봇의 원활한 통행을 위해 표준화된 기준개발이 필요함.
– 로봇의 통행기준을 정립하기 위한 맵을 작성함에 있어 통과기준 확립이 필요

○ (기술 8) 스마트+빌딩 활성화를 위한 신축건축물 설계기준 도입 방안 제시</td></tr>
</table>

(세부기술 ②) 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발	
	– 신축 설계 시 사용 가능한 로봇의 종류와 이용을 위한 세부 시설기준이 없어 설계자가 로봇 제작사와 협의가 필요하고, 공통적인 기준이 없어 타 로봇 이용에 제한 적 임. ○ (기술 9) 기존 건축물에 도입 시 관련 법령을 완화하여 적극적인 도입 유도방안 필요. – 기존 건축물에 자동 운송로봇 도입시 기존건축물위 내진기준, 방화구획, 바닥면적 기준 등에 저촉되어 도입이 어려운 사례가 발생함으로 이에대한 완화기준을 제시하여 도입 유도 ○ (기술 10)스마트+ 빌딩 인증 또는 건축시 자동화운송에 필요한 BIM 설계기준 도입 – 현재 설계 시 작성중인 BIM설계즌 공공건축물 위주로 작성되고 있으며, 공사중 시공성 검토와 준공시 유지관리를 위한 전공정 데이터가 포함된 BIM으로 로봇자동화에 필요한 BIM설계 기준을 제시하여 작성유도.
연구내용	○ (기술 1) 출입통제실의 로봇출입 시 출입 가이드라인 개발 – 로봇의 출입 시 관계자 외 사람이 함께 출입할 수 있는 가능성을 막기 위한 이중 출입문 마련 및 통합관제실의 출입권한을 부여받은 후 문이 개폐 될 수 있는 통신기술 및 절차 마련 ○ (기술 2,3) 로봇출입을 위한 스윙 자동문 사이즈, 개폐방향, 안전장치 가이드라인 개발 – 스윙 자동문의 경우 사람이 강제로 미는 경우 고장이 날 우려가 있고 개폐방향에 사람이 있을 경우 충돌우려가 있어 센서를 통한 제어가 가능하고 개폐방향에 안전구역 표시 등 가이드 마련

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 보안 및 감염에 취약한 공간등의 제약조건에 따른 로봇 출입을 위한 도어개폐 시스템 마련 ▪ (연구내용) – 출입통제를 요하는 실들을 정의하고 보완수준에 따른 세부기준마련 – 복도 폭에 따라 가능한 자동문의 형태 및 개폐방법, 안전기준 마련	• 보완수준에 따른 로봇 출입가이드 • 복도 폭에 따른 자동문 형태 및 안전 가이드
2026	–	–
2027	–	–
2028	–	–
2029	–	–
최종 성과물	▪ 로봇이 출입하는 구역의 보완수준의 정의와 그에 따른 출입문 개폐 방법 및 절차마련 ▪ 건축공간에 따른 자동문의 형태 및 개폐방법, 안전 가이드	

○ (기술 4) 다기종 로봇 데이터 베이스 구축
– 로봇 종류, 기종별 스펙과 운영체계를 포괄하는 데이터베이스 구축

○ (기술 5) 로봇 이동 공간 및 시설 데이터 베이스 구축
– 복도, 계단 등 공간의 규모 및 형식별 데이터베이스 구축
– 출입문, 엘리베이터, 게이트 등 시설의 규모와 형식별 데이터베이스 구축

○ (기술 6) 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발
– 로봇 연동 시설 시나리오별 로봇행동 시뮬레이션 모듈 개발
– 유전 알고리즘 등 인공지능 기반 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발

(세부기술 ②) 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 다기종 로봇 데이터 베이스 구축 ▪ (연구내용) – 로봇 종류, 기종별 스펙과 운영체계를 포괄하는 데이터베이스 구축	▪ 다기종 로봇 데이터베이스 ▪ 국내외 학술대회 1편
2026	▪ (연구목표) – 로봇 이동 공간 및 시설 데이터 베이스 구축 ▪ (연구내용) – 복도, 계단 등 공간의 규모 및 형식별 데이터베이스 구축 – 출입문, 엘리베이터, 게이트 등 시설의 규모와 형식별 데이터베이스 구축	▪ 로봇 연동 시설 데이터베이스 ▪ 특허 1건
2027	▪ (연구목표) – 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발 ▪ (연구내용) – 로봇 연동 시설 시나리오별 로봇행동 시뮬레이션 모듈 개발 – 유전 알고리즘 등 인공지능 기반 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 개발	▪ SCI 논문 1편 ▪ 특허 1건 : 로봇 연동 시설 최적화 시뮬레이션 모듈
2028	▪ (연구목표) – 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘 실증 ▪ (연구내용) – 알고리즘으로 제안된 실증 시설의 적합성 평가	▪ SCI 논문 1편
최종 성과물	• 로봇 연동 시설 최적화 알고리즘	

○ (기술 7) 도어Type별 로봇이 통과할 수 있는 표준화 기준 마련
– 도어 Type별 로봇의 정지위치 기준 정립
– 도어 Type별 도어의 개폐크기 표준화 및 로봇과의 연동

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 도어Type 및 제조사에 상관없이 로봇이 모든 도어를 원활히 통과할 수 있도록 함 ▪ (연구내용) – 도어Type별 도어의 개폐기준을 표준화 – 도어Type별 로봇의 정지위치 기준 정립	▪ 도어 Type별 개폐 표준기준
2026	▪ (연구목표) – 도어Type 및 제조사에 상관없이 로봇이 모든 도어를 원활히 통과할 수 있도록 함 ▪ (연구내용) – 도어Type별 표준화를 기준으로 로봇의 통과 실증	▪ 도어Type별 표준화 기준 실증 보고서

(세부기술 ②)
로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
최종 성과물	• 도어 Type별 로봇의 통과기준 표준화	

○ (기술 8) 스마트+빌딩 활성화를 위한 신축건축물 설계기준 도입
– 신축 설계 시 사용 가능한 로봇의 종류와 이용을 위한 세부 시설기준 제시

○ (기술 9) 기존 건축물에 도입 시 관련 법령을 완화하여 적극적인 도입 유도.
– 기존 건축물에 자동 운송로봇 도입시 완화기준을 제시.

○ (기술 10)스마트+ 빌딩 인증 또는 건축시 자동화운송에 필요한 BIM 설계기준 도입
– 로봇자동화에 필요한 BIM설계 기준을 제시.

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 건축물 시설기준 제정 및 요구사항 ▪ (연구내용) – 하중별 스펙결정 및 시설기준정의 – 용도별 스펙결정 및 시설기준 정의 – 기존 건축물 도입시 완기기준 정의	▪ 장비별 공통기준 정의 ▪ 업체별 요구사항 정의
2026	▪ (연구목표) – 건축물 시설기준 제정 ▪ (연구내용) – 하중별 시설기준 결정 – 용도별 시설기준 결정	▪ 설계 적용기준 제정 시행
최종 성과물	• 스마트+빌딩 도입에 필요한 자동화 로봇 설계기준	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 환자의 사용자 경험 및 의료진의 만족도 평가	–	–	환자 및 의료진의 만족도 70% 이상 달성
2) 출입구 리모델링+로봇비용과 로봇 서비스를 통한 가치+비용절감효과 비교	–	–	장기적 관점으로 이익 전환 시점(기준마련필요)
3) 시설 정합성 측정 % 측정 (실측)	–	–	80%
4) 5) 로봇의 출입문 통과 정확도	–	–	정확도 100% 확보
6) 스마트+빌딩 건축설계기준	–	–	스마트+빌딩 건축설계기준 마련

1) 환자의 사용자 경험과 의료진의 만족도는 정량평가와 정성평가로 구분하여 객관성과 주관성을 모두 평가하여 실효성 검증이 필요
2) 리모델링에 소요된 비용 및 로봇 구축비용과 그로인해 병원이 얻게 되는 직간접적인 이익을 비용으로 환산하여 실효성 검증이 필요
3) Sim-vs-Real Correlation Coefficient(SRCC) 값이 policy에 따라 0.20에서 시작하여 0.60까지 분포. 가장 높게 나타난 시뮬레이션 접근 방식의 경우 0.70로 나타남 (Kadian, A., Truong,

(세부기술 ②) 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문, 게이트 등을 로봇 연동 자동개폐 도어 설계 및 설치 기준 개발	
	J., Gokaslan, A., Clegg, A., Wijmans, E., Lee, S., Savva, M., Chernova, S., & Batra, D. (2019). Sim2Real Predictivity: Does Evaluation in Simulation Predict Real-World Performance? IEEE Robotics and Automation Letters, 5, 6670-6677.) 4) 현재에도 로봇들이 자율주행을 통해 출입문을 통과하고 있으나, 다양한 장소에서 사용되기 위해서는 표준화된 기준정립이 필요함 5) 서로 다른 제조사 적용시에도 공통적으로 적용할 수 있는 기준 마련 6) 이동 로봇의 시설기준과 이동동선 공간지도 작성기준을 제시하여 스마트+빌딩 설계 및 인증 기준 설정
최종 성과물	ㅇ 리모델링을 통한 로봇 친화 건물 인증 조건 마련 ㅇ 로봇의 이동 동선 구축을 위한 리모델링 시 고려해야 할 과제 및 방안 가이드 ㅇ 로봇서비스 이동공간 시설 최적화 알고리즘 - 다기종 로봇과 연동 시설 데이터베이스 - 로봇과 연동 시설 간의 정합성을 80% 이상 확보하는 최적화 시뮬레이터 개발 ㅇ 도어 Type별 개폐 표준기준 ㅇ 스마트+빌딩 다중이송로봇 공간지도 활용을 위한 BIM설계 기준 ㅇ 스마트+빌딩 로봇별 설계 시설기준 ㅇ 스마트+빌딩 도입을 위한 기존건축물 관련법규 완화 기준

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ②)
운용 로봇별 필요한 공간·엘리베이터 최소규격, 경계부·단차·경사로 최대기준 마련</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>
○ (기술 1) 병원 내 다양한 기능과 크기의 엘리베이터 탑승 가이드 마련
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 낮시간 혼잡도가 높을 때 로봇의 엘리베이터 탑승시간 지연 및 불편함 초래</td><td>▪ 운용하는 로봇의 크기 및 기능에 따른 로봇 탑승 엘리베이터 지정과 통합관제시스템과의 실시간 연동을 통한 혼잡도 예측</td></tr>
</table>
○ (기술 2) 로봇이 사람과 함께 엘리베이터를 탑승 시 가이드 마련
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 엘리베이터 내 혼잡도로 인한 로봇의 출입 제한</td><td>▪ 로봇 출입 시 인원제한 경보 알림 및 출입순서와 엘리베이터 내 로봇 위치표시</td></tr>
</table>
○ (기술 3) 운용 로봇별 이용 공간의 유형별·단계별 건축설계 기준 마련
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 개별 로봇 이동 중심의 기술 개발로, 다중 로봇 및 로봇–사람간의 관계를 고려한 공간계획 기준 부족</td><td>▪ 다중 로봇 또는 사람과 교차하는 공간 유형을 추출하여, 유형별 건축설계 기준 마련</td></tr>
<tr><td>▪ 기존 건축물에 도입된 로봇은 다양한 돌방상황에 대응하지 못하는 한계
▪ 로봇 도입형 신축 건물을 개발하는 정량적인 설계 및 제도 기준 부족</td><td>▪ 기존 건축물(리모델링 등)과 신규 건축물(신축)에 적용할 수 있는 단계별 공간 확보 규격 기준 마련</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>
○ (기술 1) 병원 내 위치하는 다양한 기능과 크기의 엘리베이터를 적절하게 사용하여 로봇으로 인해 불편함을 초래하지 않도록 조치 필요
– 병원에서 사용하는 엘리베이터는 환자베드용 엘리베이터, 방문객용 엘리베이터, 비상엘리베이터를 겸용한 화물엘리베이터, 배식카 전용엘리베이터, 셔틀엘리베이터, 장례식장 전용 엘리베이터, 스탭전용 엘리베이터 등이 있다. 또한 수술부와 중앙공급부 간에 청결물품과 오염물품을 이동시키는 엘리베이터 혹은 덤웨이터가 설치되며 지하 중앙창고 및 약제부로부터 버티컬 컨베이어 시스템을 통해 각 층에 약제 및 의료용품들이 이동한다. 검체 및 혈액은 기송관 시스템을 통해 각 센터 및 병동에서 진단검사부로 이동한다. 이같이 사람의 이동 및 의료관련 물류 이동시스템은 충분히 갖춰진 셈이다. 또한 병원은 환자의 이동을 고려하여 무단차 계획을 기본으로 하고 있다. 이렇듯 다 갖추어진 시스템을 어떻게 운용할 것인지가 로봇 활용도를 높이는 관건이다.

○ (기술 2) 로봇과 사람이 같은 공간을 점유할 때 생기는 문제를 예측하여 안전사고 발생을 초래하지 않도록 조치필요
– 엘리베이터가 혼잡한 시간대에 로봇 활용도는 떨어질 수 밖에 없으며 사람과 로봇이 충돌하는 등 안전사고가 발생할 우려가 높으므로 그에 따른 대책이 마련되어야 함

○ (기술 3) 로봇의 수평·수직 이동에 장애가 되는 통로의 폭, 문의 폭, 단차, 엘리베이터 규모 등의 정량적인 건축설계와 관련 법제도 기준이 부족함

○ (기술 3) 로봇 기술이 발달함에 따라, 다양한 기능의 로봇이 도입되므로 다중 로봇 간의 소통 및 교차 이동이 가능한 공간유형 및 건축설계 기준 마련이 중요함
– 개별 및 다중 로봇의 이용 공간을 유형화함으로써, 다양한 로봇 및 동적 서비스 교차시 대응할 수 있는 건축환경이 구축되어야 함

○ (기술 3) 로봇을 도입형 신축 건물 이외에도, 기존 건축물을 리모델링 및 활용할 수 있도록 운용 단계별 최소 및 최적의 건축설계 기준을 마련하는 것이 필요함
</td></tr>
</table>

(세부기술 ②) 운용 로봇별 필요한 공간·엘리베이터 최소규격, 경계부·단차·경사로 최대기준 마련	
연구내용	○ (기술 1) 혼잡도에 따라 로봇이 선택적으로 엘리베이터를 탈 수 있는 가이드 마련 – 활용하고자 하는 운용 로봇의 종류와 대수에 따라 필요한 엘리베이터의 종류와 대수를 산정해야 하며 통합관제실과의 실시간 연동을 통해 혼잡도를 파악하여 혼잡도가 낮은 엘리베이터를 선택적으로 탈 수 있는 통신 가이드 마련이 필요 ○ (기술 2) 로봇과 사람이 같은 공간 점유시 발생할 수 있는 돌발 시나리오에 따라 로봇 동선의 가이드 라인 및 엘리베이터 내부 통신 및 인테리어 가이드 마련 – 로봇이 사람과 함께 엘리베이터를 타고 내릴 때 순서와 로봇의 엘리베이터 내 지정 위치를 알 수 있는 인테리어, 돌발상황에 대비한 모니터링 및 알림 서비스 등의 가이드 마련이 필요.

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 사용가능한 자원의 효율적 활용 및 안전에 대한 가이드 마련 ▪ (연구내용) – 운용로봇의 종류 및 대수, 운용시간 등을 고려한 지정 엘리베이터 대수 산정 – 로봇과 사람이 함께 엘리베이터를 탑승 시 조건 및 안전에 대한 가이드 마련	▪ 운영로봇에 따른 필요 엘리베이터 대수 산정에 대한 기준 ▪ 로봇의 엘리베이터 탑승 시 발생할 수 있는 돌발 상황과 그에 따른 대응방안 시나리오
2026	–	–
2027	–	–
2028	–	–
2029	–	–
최종 성과물	• 운용로봇에 따른 필요 엘리베이터 종류 및 산정기준 마련 • 로봇 탑승 시 안전사고에 대한 유형예측과 안전시스템 기준 마련	

○ (기술 3) 운용 로봇별 이용 공간의 유형별·단계별 건축설계 기준 마련

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 운용 로봇별 이용 공간 유형 추출 ▪ (연구내용) – 다중 로봇 서비스별 이용 공간 추출 – 다중 로봇 교차 공간 추출 및 유형화	▪ 다중 로봇 사용 공간 유형화
2026	▪ (연구목표) – 로봇 도입형 건축물의 유형별·단계별 설계 기준(규격) 마련 ▪ (연구내용) – 다중 로봇 이용 공간의 유형별 공간확보를 위한 정량적 규격 마련 – 기존 건축물 리모델링 및 신축에 적용할 수 있는 단계별 로봇 운용 설계 기준 마련	▪ 로봇 도입형 건축물의 단계별 설계 기준(규격)
2027	▪ (연구목표) – 로봇 도입형 건축물 설계 기준 적용(실증) 및 검증 ▪ (연구내용) – 관련 설계 기준 적용한 도면 작성	▪ 로봇 도입형 설계도면

(세부기술 ②)
운용 로봇별 필요한 공간·엘리베이터 최소규격, 경계부·단차·경사로 최대기준 마련

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 설계 기준(규격) 적용의 애로사항 도출 및 해결책 마련	
2028	▪ (연구목표) – 로봇 도입형 건축물 설계 관련 법제도 수립 및 평가 지표 개발 ▪ (연구내용) – 건축 및 로봇개발 관련 법제도 검토 – 법제도 개정 및 신설 등 – 로봇 도입형 건축물의 단계별 운용 기준 및 평가 지표 개발	▪ 로봇 도입형 건축물 설계 가이드라인 ▪ 로봇 도입형 건축물 인증 평가 기준
최종 성과물	▪ 로봇 도입형 건축물의 설계 가이드라인 ▪ 로봇 도입형 건축물의 인증 평가 기준	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 특정용도 로봇의 지정 엘리베이터 활용 빈도수	–	–	실효성을 검증할 수 있는 빈도수에 대한 기준마련필요
2) 이용 공간의 유형별·단계별 건축설계 기준 마련	–	–	로봇 도입형 건축물의 유형별·단계별 설계 기준

1) 이미 존재하는 자원 중에서 가장 적절한 자원을 선정하여 검증하는 실증으로 로봇의 엘리베이터 활용 빈도수로 객관적으로 판단가능
2) 로봇 도입형 건축물 관련 평가 지표(로봇 친화형 건축물 인증)가 있으나 표준화된 설계 기준이 부족하므로, 로봇이동 환경에 따른 유형별·단계별 설계 기준 마련으로 국제적 선도가 가능할 것으로 기대

최종 성과물

○ 기존 엘리베이터의 사용 시간 분석을 통한 지정 엘리베이터의 로봇 활용 가이드 마련
– 기존 엘리베이터 중 이용의 혼잡도가 최소인 시간대에 특정 엘리베이터를 지정, 로봇과 통신하여 개별운행 할 수 있도록 설정하여 로봇 활용의 실효성 검증가능
○ 로봇 도입형 건축물의 단계별 설계 기준(규격)
○ 로봇 도입형 건축물 설계 가이드라인
○ 로봇 도입형 건축물 인증 평가 기준

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ②)
건축물 내 로봇의 운영 및 관리를 위한 관제, 충전·대기공간 등 제반 업무 공간 최적면적 및 설치 기준 개발</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ 서비스로봇의 운영 및 관리를 위한 관제·충전·대기공간 등 지원시설 설계 기준 개발
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td rowspan="4">• 서비스로봇 운영 및 관리를 위한 지원시설 규모 및 설치 기준 부재</td><td>• 서비스로봇관제플랫폼 운용 시설 규모 및 설치 기준 개발</td></tr>
<tr><td>• 로봇 대수 및 서비스 항목에 적절한 대기·충전 공간 규모 및 설치 기준 개발</td></tr>
<tr><td>• 로봇 S/W 업그레이드 및 업무 지시를 위한 통신환경 설계 기준 개발</td></tr>
<tr><td>• 로봇 H/W 수리 시설 설계 기준 개발</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ 건축물 실내외 자율주행 서비스로봇 운영 및 관리를 위한 지원시설 규모 및 설치 기준, 관련 인센티브 마련이 필요
– 자율주행 서비스로봇의 통행이 가능한 경로에 연접한 운영 및 관리 지원시설의 필수 요소/통행환경 기준 최소 유효 폭/부가 요소 등 적정 규모 설계 기준 마련 필요
– 서비스로봇관제플랫폼 운용을 위한 적정 인력 규모를 산출하고 이에 적절한 관제시설 규모 및 시설 설계 기준 마련 필요
– 자율주행 서비스로봇의 관제·충전·대기 공간에 대한 바닥면적·층 산정 제외 등 규제 사항 개선 및 인센티브 제도 마련 필요</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td>○ 건축물 내외 자율주행서비스로봇의 운영 및 관리를 위한 관제시설의 규모 및 필수·부가 요소 등 설계 및 시공 기준 개발
– 서비스로봇관제플랫폼 운용을 위한 최소·최적 등 적정 인력 규모 및 운용 항목 기준 개발
– 서비스로봇관제플랫폼 운용을 위한 관제시설의 필수·부가 시설 및 적정 규모 설계 기준 개발
– 서비스로봇관제플랫폼 운용을 위한 건축–로봇 네트워크 구축 조건 개발

○ 건축물 내외 자율주행서비스로봇의 운영 및 관리를 위한 지원시설(충전·대기·수리 공간)의 규모 및 필수·부가 요소 등 설계 및 시공 기준 개발
– 자율주행서비스로봇 통행환경 맞춤 최소유효폭 설계 기준 개발
– 자율주행서비스로봇 지원시설 중 충전·대기 공간 규모 및 필수·부가 시설 설계 기준 개발
– 자율주행서비스로봇 지원시설 중 수리 공간 규모 및 필수·부가 시설 설계 기준 개발
<table>
<tr><th>연도</th><th>연구목표 및 연구내용</th><th>주요 성과물</th></tr>
<tr><td>2025</td><td>▪ (연구목표)
– 자율주행서비스로봇 운영·관리 위한 지원시설 설계 기준 마련
▪ (연구내용)
– 자율주행서비스로봇 충전·대기 공간의 필수·부가 시설 설계 기준
– 자율주행서비스로봇 S/W 업그레이드 및 업무지시를 위한 통신시설 설계 기준
– 자율주행서비스로봇의 H/W A/S 공간의 필수·부가 시설 설계 기준</td><td>▪ 건축물 설계 및 시공 기준(지원시설부문)</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>▪ (연구내용)
– 서비스로봇관제플랫폼 운용 시설 설계 기준</td><td>▪ 건축물 설계 및 시공 기준(지원시설부문)</td></tr>
<tr><td>2027</td><td>–</td><td>–</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(세부기술 ②)
건축물 내 로봇의 운영 및 관리를 위한 관제, 충전·대기공간 등 제반 업무 공간 최적면적 및 설치 기준 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2028	–	–
최종 성과물	▪ 로봇 스케일 건축 설계기준 ▪ 사람–로봇 동선 및 공간 계획 최적화 설계 지원 도구	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 서비스로봇관제플랫폼 운용 조직·인력·항목 기준 충족	–	–	자율주행서비스로봇 운영 및 관리용 지원시설 규모 및 설치 기준 수립
1) 서비스로봇관제플랫폼 운용 관제시설의 필수시설·부가시설·적정규모 기준 충족	–	–	
1) 서비스로봇관제플랫폼 운용을 위한 건축–로봇 네트워크 구축 기준 충족	–	–	
1) 지원시설의 규모가 자율주행서비스로봇 통행조건에 맞는 최소유효폭 적용 기준 충족	–	–	
1) 지원시설의 필수시설 적용 기준 충족	–	–	
1) 지원시설의 부가시설 적용 기준 충족	–	–	
1) 지원시설의 배치·수량 기준 충족			

1) 자율주행서비스로봇 운영 및 관리를 위한 지원시설의 적정 규모 및 설치 기준이 연구된 설계가이드가 없는 이유로 Performance Mock–Up을 통해 적절성이 검증된 표준설계가이드 안내가 필요함

최종 성과물

○ 자율주행서비스로봇 운영 및 관리 최적화를 위한 지원시설 설계 및 시공 기준
– 자율주행서비스로봇의 운영 및 관리를 위한 필수·부가 시설 및 최소·최적 규모 구축을 통한 서비스 최적화 기술

(세부기술 ③)
건축물 내 서비스로봇의 정확한 동작을 위한 건축 마감·조도 설계 및 시공 기준

연구방향

○ 서비스로봇의 동작 정확도를 위한 바닥/벽 마감 기준 마련

한계점	기술개발 방향
▪ 서비스로봇관제플랫폼과 실재 위치/동작 차이로 인한 서비스 정확도 저하	▪ 휠 구동 자율주행로봇의 정확한 동작을 위한 평지/경사로 바닥 마감의 미끄럼저항계수 기준 설정
	▪ 휠 구동 자율주행로봇의 정확한 동작을 위한 바닥 마감의 요철 기준 설정
▪ 바닥/벽 마감 등 공간 구축 요소에 의한 자율주행로봇의 센서 정확도 저하	▪ 자율주행로봇 센서의 정확도를 저해하지 않는 바닥/벽/천장 마감의 반사도 기준 설정
	▪ 자율주행로봇 센서의 정확도를 저해하지 않는 바닥/벽/천장 마감의 투과율 기준 설정

연구 필요성

○ 건축물 실내외 이기종 휠 구동 자율주행로봇 동작의 제약 조건을 해결하여 Seamless 로봇 서비스를 제공하기 위한 건축 환경 설계 및 시공 기준 마련이 필요
- 로봇의 원활한 수직/수평 공간이동과 목적된 서비스를 위한 정확한 동작을 저해하지 않으며, 측위 서비스를 제공하는 플랫폼과의 끊임없는 연계를 통해 통신 음영 및 장애를 최소화하는 벽/바닥/천장 마감 및 무선 AP 설계 및 시공 기준 필요
- 물리적 환경 센싱의 정확도 유지를 위한 조도 범위 설정, 외부 침입광 방지를 위한 차광시설 등 센서 저해 요소 최소화 설계 및 시공 기준 필요

연구내용

○ 건축물 내외 무장애 통신 및 측위기술을 지원하는 공간 구축 요소(벽/바닥/천장 마감)의 설계 및 시공 기준(미끄럼저항계수, 요철 정도, 반사도, 투과율, 실내 조도, 외부 일사 침투율 등) 개발
- 휠 구동 자율주행로봇의 정확한 동작과 서비스로봇관제플랫폼의 정확한 측위 서비스를 위한 평지/경사로 바닥재의 미끄럼저항계수 설정
- 휠 구동 자율주행로봇의 정확한 동작과 서비스로봇관제플랫폼의 정확한 측위 서비스를 위한 바닥재의 요철 기준 설정설정
- 자율주행로봇 센서(카메라, 레이더, 라이다, 적외선, 초음파 등 센서 융합)의 물리적 환경 및 인체 인식 정확도를 저해하지 않는 바닥/벽 마감의 반사도 기준 설정
- 자율주행로봇 센서(카메라, 레이더, 라이다, 적외선, 초음파 등 센서 융합)의 물리적 환경 및 인체 인식 정확도를 저해하지 않는 바닥/벽 마감의 투과율 기준 설정
- 자율주행로봇 센서(카메라, 레이더, 라이다, 적외선, 초음파 등 센서 융합)의 물리적 환경 및 인체 인식 정확도를 저해하지 않는 실내 조도 범위 설정
- 자율주행로봇 센서(카메라, 레이더, 라이다, 적외선, 초음파 등 센서 융합)의 물리적 환경 및 인체 인식 정확도를 저해하지 않는 실외 침입광 방지 시설 설치 기준 설정

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 휠 구동 서비스 로봇의 정확한 동작과 측위 서비스를 위한 공간 구축 요소(마감/조도) 설계 기준 ▪ (연구내용) – 평지/경사로 바닥재의 미끄럼저항계수 기준 – 바닥재의 요철 기준 – 바닥/벽/천장재 반사도 기준 – 바닥/벽/천장재 투과율 기준 – 실내 조도 기준 – 외부로부터의 침입 광 차단 기준	▪ 건축물 설계 및 시공 기준(마감부분, 조도부문, 차광부문)

(세부기술 ③)
건축물 내 서비스로봇의 정확한 동작을 위한 건축 마감·조도 설계 및 시공 기준

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2026	–	–
2027	–	–
2028	–	–
최종 성과물	▪ 로봇 스케일 건축 설계기준 ▪ 사람-로봇 동선 및 공간 계획 최적화 설계 지원 도구	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 미끄럼저항계수 n 이상의 바닥재 사용	–	–	서비스로봇관제플랫폼 측위 정보 및 동작 정보와 실재 동작의 오차범위 최소화
1) 요철 n 이하의 바닥재 사용	–	–	
1) X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 반사도 n 이하의 바닥/벽/천장 사용	–	–	
1) X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 투과율 n 이하의 바닥/벽/천장 사용	–	–	
1) X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 실내 조도 범위 n~m 유지	–	–	
1) X 단일센서 또는 X+Y 센서 융합 기준 외부로부터의 침입 광 제어 시스템 설치	–	–	

1) 공간 구축 마감재 Spec에 따른 각종 로봇 센서 종류별 물리적 환경 및 인체 인식 정확도가 연구된 설계가이드가 없는 이유로 유사 시설을 설계 및 시공 할 경우 적용 로봇을 활용한 Performance Mock-Up을 통해 설계를 변경하는 경우가 발생됨으로 공인인증기관으로부터의 표준설계가이드 안내가 필요함

최종 성과물

○ 사람-로봇 동선 및 공간 계획 최적화를 위한 건축 마감 및 조도 설계 및 시공 기준
- 자율주행로봇의 실재적인 서비스 상태와 서비스로봇관제플랫폼의 대상 로봇 측위 및 동작 모니터링 정보간의 오차범위 최소화 기술

2. 다수·다종 로봇 서비스 지원 건축물 운영·관리 기술 개발

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ④)
다수·다종 로봇들의 이동지원을 위한 절대측위좌표 및 건축물 실내외지도 구축</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ (기술 1)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 실내외 건축공간 및 시설물(POI)를 상대좌표 측위에 자율주행하므로 같은 공간을 로봇기업별로 각자 매핑함</td><td>▪ 실내외 로봇용 공간데이터를 절대위치좌표화하는 기준 및 활용체계 정립</td></tr>
<tr><td>▪ 다수·다종 로봇들이 공통으로 지도를 인식·활용하기 위한 건축물 실내외지도가 없음</td><td>▪ 다양한 로봇기업들이 활용 할 수 있는 절대위치좌표화한 된 실내외 지도 제작 최적화 기술 개발 및 검증</td></tr>
</table>
○ (기술 2)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 기존 건축물의 경우 2D도면만 있거나 도면이 없는 경우 발생</td><td>▪ 2D도면 BIM 전환설계 기술 개발
▪ 스캔을 통한 BIM 역설계 기술 개발</td></tr>
<tr><td>▪ 2D도면으로는 수평 이동지원은 가능하지만 수직 이동에 대해서는 한계 발생</td><td>▪ BIM에서 로봇이 이동할 수 있는 공간과 시설에 대한 구분 및 표준화</td></tr>
<tr><td>▪ 설계도면과 시공 이후 불일치 구조물 발생</td><td>▪ BIM 전환설계/역설계 이후 로봇의 이동을 위한 절대측위좌표 매핑 기술</td></tr>
<tr><td>▪ 로봇과 통신을 위한 통신음영지역 발생</td><td>▪ BIM에 통신장비 위치파악 및 통신음영지역 시뮬레이션 기술</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ (기술 1) 로봇의 안전하고 신속한 이동을 위해 실내외 측위 표현방식의 전환이 필요
– 실내 상대측위 개념을 → 실내외가 연결된 하나의 좌표계 절대측위 개념으로 프레임 전환
＊기업별로 로봇용 지도 중복제작, 데이터 갱신주기, 사람과 공존위한 기본틀을 절대위치좌표로 구축
– 실내외 건축물에서 로봇의 주요시설점에 대한 정의 및 DB의 표준화 방안 마련
– 로봇용 주요시설점 정보를 활용하기 위한 플랫폼, 데이터보안, 공공데이터로 활용 체계필요

○ (기술 1) 다종,다수 로봇을 위한 실내외 지도 구축 실내외 지도 기술 효율화 개발 및 검증
– 로봇기업별 매핑 지도에 대한 요구사항을 반영한 지도제작 기술개발 및 효율성 검증
＊카메라, 라이다 , 도면 등 로봇기업들의 기술을 수용한 데이터 포맷과 정밀지도가 필요
– 건축물의 종류, 면적, 특성별 실내외 지도제작 사항을 검수, 갱신하는 기술(기관) 필요
– 절대위치좌표 기반의 건축물 실내외 지도의 암호화 및 기업제공 방안(거래 등)

○ (기술 2) 기존 건물의 정보를 운영자와 로봇이 인식할 수 있는 정보로 변환한 데이터 제공 필요
– 로봇이 위치를 파악하는 방식은 탑재된 라이다 정보를 이용하여 자신이 이동할 수 있는 공간을 탐색하여 구축하는 방식인 반면, 초기 데이터(BIM에서 추출한 데이터)가 주어질 경우 수평, 수직 동선 및 자신이 출입할 수 있는 공간에 대한 기준정보 구축이 가능함
– 초기 BIM 데이터 작성시 로봇이 출입할 수 있는 공간과 동선을 지정하고, 향후 공간 용도 변경에 따라 이를 업데이트할 수 있는 체계 필요</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td>○ (기술 1) 실내외 연결된 측위방법별 절대측위 효율성 향상 기술개발 및 DB 표준화 방안연구
– 측위방법별 및 센서(통신 배치별) 음영지역 최소화 실내외 시설물 선정 및 정의
＊측위방법별(카메라(비전), 라이다, 도면기반 측위 방법—효율 향상위한 기술)
＊로봇용 주요시설물에 대한 정의, 데이터 DB설계, 구축</td></tr>
</table>

(세부기술 ④)
다수·다종 로봇들의 이동지원을 위한 절대측위좌표 및 건축물 실내외지도 구축

* 실내 POI + 통신 + 실외(GNSS) → 실내외 연결 위치정확성 목표 50cm

○ (기술 1) 실내외 지도제작 기술별 정확성 및 활용성 연구
- 실내외 지도제작 기술별 효과성 (위치정확성, 제작시간) 비교 검증
- 로봇서비스 유형별 실내외 지도 데이터의 제공 포맷(다양화) 및 국가 표준지도 개발
- 로봇용 실내외 지도 데이터의 거래 및 암호화 등 활용 방안 연구

○ (기술 2) 인공지능 기반 2D도면 BIM 전환설계 기술 개발
- 인공지능을 통한 2D도면의 객체(공간, 벽, 문, 창, 계단, 엘리베이터 등) 탐지 기술
- 탐지된 객체에 대한 BIM 모델링 기술
- 단일 평면이 아닌 다층 평면 및 입면을 기준으로 건물 BIM모델링 구축

○ (기술 2) 스캔을 통한 BIM 전환설계 기술 개발
- 스캔을 통한 포인트클라우드 구축 및 인공지능 기반 객체 탐지 기술
- 탐지된 객체에 대한 BIM 모델링 기술 개발
- 단일 평면이 아닌 다층 평면 및 입면을 기준으로 건물 BIM 모델링 구축

○ (기술 2) BIM 데이터 절대측위좌표 매핑 기술 개발
- BIM 모델 기반으로 실제 시공된 구조물로 보정 후 로봇이 판단할 수 있는 데이터로 전환

○ (기술 2) BIM 기반 통신음영지역 시뮬레이션 기술 개발
- 통신음역지역 판단을 위한 모듈 개발
- 통신음영지역이 발생하지 않도록 최적의 통신장비 배치설계 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) - 건축물 기반 실내외 연결된 절대위치좌표 체계 정립 - BIM 모델링 기술 개발 ▪ (연구내용) - 절대측위를 위한 측위기술별 로봇기업별 데이터 수용성 연구 - 인공지능 기반 2D도면 BIM 전환설계 기술 개발 - 스캔을 통한 BIM 역설계 기술 개발	▪ 건축물 실내외 하나의 좌표계로 표현된 절대위치 DB 구축 ▪ 인공지능기반 2D도면 객체탐지 SW ▪ 스캔을 통한 포인트클라우드 구축 및 인공지능기반 객체 탐지 SW ▪ 탐지된 객체에 대한 BIM모델링 SW
2026	▪ (연구목표) - BIM 모델링 기술 개발 고도화 - 건축물 기반 실내외 지도의 효율적 구축방안 - 로봇기업별 절대위치좌표화 한 지도의 활용성 POC 실증 ▪ (연구내용) - 인공지능 기반 2D도면 BIM 전환설계 기술 개발 - 스캔을 통한 BIM 역설계 기술 개발	▪ 건축물의 POI 기반 실내외 지도로 로봇기업들이 서비스 실증 ▪ 건물 BIM모델링 SW

(세부기술 ④)
다수·다종 로봇들의 이동지원을 위한 절대측위좌표 및 건축물 실내외지도 구축

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2027	▪ (연구목표) – 건물실내외지도 구축 – 건축물 절대위치좌표 정밀지도 활용 위한 표준구축 – 데이터 표준을 위한 표준품질 및 표준기술 획득 ▪ (연구내용) – BIM 데이터 절대측위자표 매핑 기술 개발 – 통신음영지역 시뮬레이션 기술 개발	▪ 건축물 실내외 정밀지도 제작을 위한 데이터 표준 달성
2028	▪ (연구목표) – 건축물 기반 로봇용 절대위치좌표 데이터 표준 적용한 플랫폼 구축 – 건물실내외지도구축 실증 및 고도화 – 로봇용 데이터 거래시장 조성 ▪ (연구내용) – 실증 및 고도화 – 건축물 플랫폼 기반 로봇용 공간데이터 공유, 거래 방안 연구	▪ 국가기반 플랫폼으로 스마트플러스빌딩 인프라(데이터) 구축 ▪ BIM데이터 절대측위자표 매핑 SW ▪ 통신음영지역 판단 모듈 ▪ 통신음영지역이 발생하지 않도록 최적의 통신장비 배치설계 SW ▪ 스마트플러스빌딩 인증 건물관리 시장 조성
최종 성과물	▪ 안전하고 신속한 로봇서비스 실현을 건축물의 실내외 POI 기반 절대위치좌표화한 스마트플러스빌딩 달성 ▪ 로봇의 이동지원을 위한 절대측위좌표 및 건물실내외지도 구축 시스템	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 실내외 연결 측위의 위치정확성	검증한적 없음	–	실내외 연결 측위기술 50cm 이내 정확도 달성
2) 2D도면 BIM 전환 정확도	–	–	80% 정확도
3) 스캔 BIM 역설계 효율	–	–	5배

2) 건물을 이루는 주요구조부 및 공간에 대한 객체탐지의 정확도
3) 도면이 없는 경우 실측을 통한 BIM모델 제작대비 스캔을 통한 BIM역설계의 시간에 대한 작업효율

최종 성과물

○ 건축물 기반 로봇용 절대위치좌표 데이터 표준 적용한 플랫폼 구축
○ 건축물 기반 실내외 연결된 절대위치좌표 체계

○ 로봇의 이동지원을 위한 절대측위좌표 및 건물실내외지도 구축 시스템
– 도면이 있는 경우와 없는 경우에 대한 BIM 모델링 구축 모듈
– BIM 데이터와 절대측위좌표 매핑을 통한 로봇 이동지원 데이터 구축 모듈
– BIM 기반 통신음영지역 시뮬레이션 모듈

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑤)
다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ (기술 1)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 이기종, 다수의 서비스로봇 마다 각각의 제어 시스템이 있어 각각의 로봇을 따로 운영해야 하며, 서비스 시나리오 별로 시스템을 각각 운영해야 함.
▪ 통합 관제를 위한 표준이 없어 로봇제조사 및 관제시스템을 신규개발해야 하는 비효적인 운영이 예상됨</td><td>▪ 다수의 이기종 로봇들을 의료진과 관제사가 통합적으로 호출·명령·관리할 수 있도록 시스템 구축
▪ 건물내 운영되는 다양한 장치(이기종 다수의 로봇, 자동문, 엘리베이터)들과 관제 시스템과의 표준 프로토콜 개발</td></tr>
</table>
○ (기술 2)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 건물내 다수·다종 로봇이 각 제조사별 특화된 통신 프로토콜을 이용하여 건물내 인프라와 연동을 하여 로봇들의 이동 및 서비스 제공 효율 저하 및 통합관제에 한계가 있음</td><td>▪ 이기종 로봇간의 상호 통신을 위한 통신 프로토콜 표준화 또는
▪ 이기종 로봇간의 중개 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>▪ 건물내 다수·다종 엘리베이터 및 출입통제시스템이 제조사별 특화된 통신 프로토콜을 이용하여 로봇들의 이동 및 서비스 제공 효율 저하 및 통합관제에 한계가 있음</td><td>▪ 건물내 다수·다종의 엘리베이터 및 출입통제 시스템 등의 건물 인프라와 이기종 로봇간의 연동 프로토콜 표준화 또는
▪ 건물내 다수·다종의 엘리베이터 및 다수·다종 출입 통제시스템등의 건물 인프라의 중개 시스템 개발</td></tr>
</table>
○ (기술 3)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 로봇 제조사별 독립적인 관제 시스템 운용</td><td>▪ 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>▪ stand-alone 타입의 로봇이 복잡한 건물 내 이동 시, 혼잡상황 대응능력 한계 발생</td><td>▪ 다수·다종 로봇들의 이동 편의성을 위한 이동 가이던스 제공</td></tr>
<tr><td>▪ 로봇-인프라용 통신 관련 기술과 표준의 부재</td><td>▪ 다수·다종 로봇들의 데이터 수집을 위한 R2X 통신 표준 수립</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ (기술 1) 다양한 로봇을 쉽게 도입하고, 관리가 용이하게 만드는 통합 관제 시스템 구축이 필요
- 로봇을 처음 이용하는 비전문가도 쉽게 로봇을 운영하도록 직관적인 GUI기반 시스템이 필요
* 로봇, 자동문, 엘리베이터 등 마우스나 터치의 직관적인 UX로 제어가 되어야 함
* 로봇을 호출, 명령하거나, 특정 지역 운영을 중단 하는등의 제어가 쉬운 UI가 필요함
* 평면도 및 이해하기 쉬운 지도표현과 로봇의 운영상태, 컨트롤 패널등이 필요함
- 로봇의 서비스 시나리오별 미션을 생성하고, 미션을 수행할 수 있는 로봇을 제어할 수 있어야 하며, 미션 수행간의 이기종의 장치(자동문, 엘리베이터)들도 제어 할 수 있어야 함
* 건물 내 배송, 안내, 배달 등의 시나리오를 기획하고, 로봇의 임무를 정의하여야 함. 해당 임무를 수행하는데 필요한 task를 관제 시스템이 제어 할 수 있어야함
* 해당 시나리오 수행하기위한 이기종, 다수의 로봇, 다수의 장치(자동문, 엘리베이터)는 중앙 관제 시스템에 의해 통합 제어 및 관리하여 유연성 및 효율성을 높여야 함
- 로봇이 오작동 하여 문제가 발생하면 로봇을 즉각 멈추고 관제소에 알려, 관제사는 해당 로봇에 대한 대응을 할 수 있는 시스템이 필요
* 로봇의 안전에 문제가 되지 않도록 선제적으로 멈추거나 에러상태를 관제시스템으로 보고하고, 관제사가 직접 대응 및 제어를 할 수 있어야 함</td></tr>
</table>

(세부기술 ⑤) 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화	
	○ (기술 2) 건물내에는 다수·다종 로봇 및 다수·다종의 엘리베이터, 출입통제시스템 등의 인프라가 운영 및 설치 되어 있어 건물내 Seamless한 로봇의 이동 및 서비를 위해서는 이기종 로봇간, 이기종 엘리베이터, 출입 통제시스템 등 인프라와 로봇간 연동 표준화에 대한 연구가 필요함 – 로봇 제조사들은 각 제조사에 특화된 통신 프로토콜을 이용하여 로봇의 이동 및 서비를 제공하고 있어 동일 건물내 이종 로봇들간의 이동 및 서비스 상태에 대한 공유의 어려움이 있음 – 동일 건물내 다수·다종의 엘리베이터 및 출입통제시스템이 각 제조사에 특화된 통신 프로토콜을 이용하여 서비스를 제공하고 있어 로봇이 해당 인프라를 이용하기 위해서는 각 제조가 제공하는 모든 프로토콜을 개발 및 내장을 해야하는 어려움이 있음 ○ (기술 3) 서비스로봇 제조사 마다 각기 다른 제어시스템을 사용하고 있어 다양한 로봇을 운영하는 의료진들이 모든 시스템을 통제해야 하는 비효율 발생 – 다양한 서비스로봇의 제조사 마다 각기 다른 로봇시스템(센서 구성, 맵 구축, 제어시스템 등) 사용하고 있고, 서비스 및 운용(관제)에 필요한 기술 및 데이터의 외부 비공개로 인해 사용자(의료진)이 직접 모든 시스템을 통제해야 하는 비효율이 발생함 ○ (기술 3) 로봇–로봇, 로봇–인프라 등 로봇을 위한 전용 통신시스템(R2X) 부재로 인한, 통합 관제의 여러움과 서비스 확장에 필요한 비용이 증대 – 서비스로봇 마다 각기 다른 통신시스템을 사용하고 있고 외부(로봇–로봇/로봇–관제 등)와 통신을 위한 국내외 관련 표준이 부재하여, 동일 지역에 다양한 서비스로봇 운용 및 구축에 필요한 비용이 증가
연구내용 연구내용2 (실증 및 제도)	○ (기술 1) 로봇 통합 관제 플랫폼 시스템 구축 및 표준 프로토콜 개발 – 엣지서버 기반의 통합과제용 서버/클라이언트 시스템 구축 – 이기종, 다수의 로봇, 자동문, 엘리베이터, 기타 IoT장치간의 Task를 수행 할 수 있는 프로토콜 정의 및 개발 – 통합 관제 시스템은 직관적인 GUI기반으로 개발 / 테블릿 제어도 고려 ○ (기술 1) 로봇 서비스 시나리오별 관제/제어를 위한 스케쥴러, Task생성, 제어시스템 개발 – 서비스 시나리오별 task flow를 정의하고 제어가능한 시스템 개발 * 예시) 배달콜 –> 수행로봇 선택 –> 이동 –> 자동문 호출 –> 문열림 –> 이동 –> 물건수령 및 확인 –> 이동 –> 엘리베이터 콜 –> 탑승 –> 문닫힘 –> 승강기 하차 –> 해당층 이동에 필요한 지도 요청 –> 위치 초기화 –> 목적지 이동 –> 배송완료확인 ○ (기술 1) 로봇의 운영 데이터, 운영상태, 에러상태, 배터리 상태 등 로봇 관리에 필요한 데이터를 수집 및 관리할 수 있는 시스템 개발 ○ (기술 2) 이기종 로봇간의 이동 및 서비스 상태 등의 정보 공유를 위한 연동 표준화 연구 – 이기종 로봇간 연동 표준화 연구 또는 이기종 로봇간 중개 시스템 개발에 대한 연구 ○ (기술 2) 이기종 로봇과 다수·다종의 엘리베이터 및 건물내 출입통제 시스템 등 건물내 인프라와의 연동 표준화 연구 – 이기종 로봇과 다수·다종의 엘리베이터 및 건물내 출입통제 시스템과 연동 표준화 연구 또는 다수·다종의 엘리베이터 및 건물내 출입 통제 시스템과 연계를 위한 중개 시스템 개발에 대한 연구 ○ (기술 3) 다수·다종 로봇 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 구축 – 다수·다종 로봇 관제를 위한 통합 관제 대시보드 개발 – 서비스 로봇 운용을 위한 로봇 등록/인증 기술 개발

(세부기술 ⑤) 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화

– 운용 로봇별 수집 로그 및 데이터 분석 기술 개발

○ (기술 3) 다수·다종 로봇 이동 편의성 제공을 위한 주행 가이던스 개발
– 다양한 인프라 센서 정보를 통한 건물 내/외 상황 인지 기술 개발
– 출입문, 게이트, 엘리베이터 이동을 위한 가이던스(상황 인지에 따른 로봇 대기장소 지정, 로봇이동 모니터링을 통한 출입문 자동개폐, 엘리베이터 자동호출 등) 기술 개발(1–1/2–2 연계)

○ (기술 3) 다수·다종 로봇 데이터 수집을 위한 R2X* 통신 구축
– R2X 통신을 위한 통신 인터페이스/프로토콜 개발
– 다양한 데이터 수집/전송/관리를 위한 통신 미들웨어 개발
* Robot to Everything

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 로봇 통합 관제 플랫폼 시스템 구축 및 표준 프로토콜 정의 – 스마트빌딩 관제 요구사항 정의 ▪ (연구내용) – 통합관제 시스템의 서버 구성 및 장치들의 표준 프로토콜 정의 – 서비스 시나리오 설계 – 통합 관제 필수 요구사항 정의 – 이동 편의성 제공을 위한 요구사항 정의 – 로봇·인프라(관제) 통신 요구사항 정의 및 다양한 통신 인터페이스 분석	▪ 통합관제 서버 구축 ▪ 운영에 대한 스펙 문서 ▪ 장치 및 관제시스템의 프로토콜 표준문서 ▪ 통합 관제 요구사항 정의서 ▪ 이동 편의성 제공 요구사항 정의서 ▪ 로봇·인프라(관제) 통신 요구사항 정의
2026	▪ (연구목표) – 로봇 통합 관제 플랫폼 시스템 구축 및 표준 프로토콜 개발 – 스마트빌딩 관제 요소기능 개발 ▪ (연구내용) – 통합 프로토콜 / GUI개발 – 서비스 시나리오 제어 시스템 개발 – 관제용 디지털 트윈 맵 구축 – 통합 대시보드 요구사항 분석 – 인프라 센서 기반 건물 내/외 상황인지(밀집도/응급상황 등) 기술 개발 – 로봇·인프라(관제) 통신을 표준 통신 인터페이스 선정	▪ 이기종의 로봇, 장치들을 GUI로 수동 제어가 가능한 통합관제 시스템 ▪ 표준 프로토콜(API) ▪ 관제용 디지털트윈 맵(2–2 연계) ▪ 인프라 센서 상황인지 기술
2027	▪ (연구목표) – 시나리오별 로봇제어 시스템 개발 – 스마트빌딩 관제 고도화를 위한 지원 기능 정의 ▪ (연구내용) – 로봇의 상태값에 따른 미션 할당, task수행, 장치 제어 시스템 개발 – 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 개발 또는 중개 시스템 개발	▪ 시나리오 및 미션 수행을 제어/관리하는 통합관제 시스템 ▪ 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템 ▪ 통합 대시보드 UX/UI ▪ 관제용 통신 미들웨어

(세부기술 ⑤) 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화		
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 통합 대시보드 UX/UI 개발 – 기존 BMS 연계 및 통합 대시보드 요소 기능 설계 – 로봇 이동 지원 주행 가이던스 요구사항 정의 – 로봇·인프라(관제) 통신을 표준 통신(데이터) 프로토콜 정의 – 다수·다종 로봇 및 인프라 센서, 인프라 네트워크 등 상호연동을 위한 분산형 통신 미들웨어 기술 개발	
2028	▪ (연구목표) – 운영데이터 수집/관리 시스템 개발 – 스마트빌딩 관제 고도화를 위한 지원 기능 개발 ▪ (연구내용) – 로봇 데이터 수집, 통계, 비상조치가 가능한 시스템의 개발 – 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 개발 또는 중개 시스템 개발 – 통합 대시보드 요소 기능 개발 – 서비스 로봇 운용을 위한 로봇 등록/인증 기술 개발 – 운용 로봇별 수집 로그 및 데이터 분석 기술 개발 – 로봇 이동 지원 주행 가이던스 개발(엘리베이터, 동문 API 연계 / 엘리베이터 지연 대응 로봇 대기장소 지정 등) – 관제 정보 동기화를 위한 네트워크 조안 간 지연편차 최소화 기술 개발	▪ 로봇, 장치들의 운영상태 및 데이터 수집이 가능한 통합 관제 시스템 ▪ 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템 ▪ 통합 관제시스템 SW ▪ 로봇 운용 데이터 분석 SW ▪ 로봇 주행 가이던스
2029	▪ (연구목표) – 통합 관제 시스템 평가 및 안정화 – 통합 관제시스템 최적화 ▪ (연구내용) – 이기종, 다수의 로봇이 각각의 서비스 시나리오를 잘 수행할 수 있는지 검증 평가 및 안정화 – 이기종 로봇과 이기종 엘리베이터 및 건물내 출입통제 시스템과의 표준 연동 시스템 개발 또는 중개 시스템 개발 – 실증을 통한 통합관제시스템 최적화 – 수집 로그 및 데이터 분석을 통한 주행 가이던스 제공 범위 확장 – 실시간 관제 및 통신 미들웨어 최적화	▪ 성능평가서 ▪ 운영 매뉴얼 ▪ 이기종 로봇과 이기종 엘리베이터와 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템 ▪ 이기종 로봇과 건물내 출입통제 시스템과의 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템
최종	▪ 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 ▪ 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템	

(세부기술 ⑤)
다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템 표준화

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
성과물	▪ 이기종 로봇과 이기종 엘리베이터와의 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템 ▪ 이기종 로봇과 건물내 출입통제 시스템과의 표준 연동 시스템 또는 중개 시스템 ▪ 다수, 다종 로봇 관제시스템 및 주행 가이던스	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 통합 관제가 가능한 로봇, 장치 종류	80%	90%	로봇 종류 5종 자동문 3종 엘리베이터 3종
2) 서비스 시나리오 개수 및 수행 성공률	60%	80%	서비스 시나리오 5개
3) 이기종 로봇간 표준 연동 시스템 개발 또는 중개 시스템 개발	–	–	–
4) 이기종 로봇과 이기종 엘리베이터 및 건물내 출입통제 시스템과의 표준 연동 시스템 개발 또는 중개 시스템 개발	–	–	–
5) 통합 관제 시스템	–	–	1건
6) 로봇 주행 가이던스	–	–	5건

1) 대부분은 관제 시스템은 해당 도메인에 맞게 소수의 로봇과 장치위주로 맞춤형으로 개발되어 관제 중임. 플랫폼 형태의 관제 시스템 또한 모니터링 정도의 수준임
2) 특정 시나리오만 제어 가능하도록 개발되어 다양한 시나리오 제어가 어려움. 모니터링은 되지만 모든 장치와의 제어는 안 되는 수준임
5) 다양한 분야/환경에서 로봇 관제시스템이 운영되고 있고, 대상 시스템마다 다르게 구축 됨
6) 국내외 다양한 로봇 제조사, 운영사 등에서 원격제어 등 기술은 서비스화 했지만, 주행 가이던스는 제공한 예시 없음

최종 성과물

○ 병원 의료 서비스가 가능한 이기종 다수의 로봇 통합 관제 시스템(제품)
– 병원 의료 서비스 운영 시나리오 및 스펙 문서에 따른 통합 관제 시스템
○ 성과 지표
– 안내 서비스, 배송 서비스, 물류 서비스, 층간 이동 서비스, 자동문 제어 서비스가 가능한 통합 제어 시스템으로 수행 성공률은 95% 이상이어야 함
– 5개사 이상의 로봇이 제어되어야 하며, 3개종의 자동문, 3개종의 엘리베이터를 관제/제어 할수 있어야함
○ 스마트빌딩 관제 요구사항 정의
○ 스마트빌딩 관제 요소기능 개발
○ 통합 관제시스템 SW
○ 로봇 운용 데이터 분석 SW
○ 로봇 주행 가이던스

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑤)
엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ (기술 1) 엘리베이터/자동문 운영 시스템 개발
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>• 건물에 설치된 각기 다른 제조업체에서 만들어진 엘리베이터/자동문은 통신을 통해 제어가 가능해야함. 각 제조사가 각기 다른 프로토콜을 제공하거나 제어가 안 되는 경우가 많음</td><td>• 이기종의 엘리베어터/자동문을 제어하는 들웨어 기반의 제어시스템이 필요하며, 기를 이용하는 다수의 로봇에 대한 층간 동을 제어할 수 있는 시스템이 필요</td></tr>
</table>
○ (기술 2)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 건물내 로봇의 수평 및 수직 이동을 위해서는 이종 로봇간, 로봇과 엘리베이터 및 건물내 출입통제 시스템과 실시간 무선 통선이 필수적임. 그러나 건물내 지하 공간 및 엘리베이터와 같은 밀폐된 환경에서는 통신 음영으로 인한 통신 단절이 발생하여 로봇의 이동이 불가한 경우가 발생함</td><td>▪ 건물내 지하공간 또는 밀폐된 공간에서의 통신 음영 해소를 위한 연구
▪ 비콘, 블루투스 등의 근거리 무선 통신 기술의 융합을 통해 지하공간 및 밀폐된 공간에서의 통신 음영 해소에 대한 연구</td></tr>
</table>
○ (기술 3)
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 건물내부의 정확한 엘리베이터 위치정보 제공이 안되고 있음</td><td>▪ 엘리베이터 위치와 속성을 라이다 정보로 절대위치좌표화 하고 IOT(QR, UWB, 비콘)기기를 시설물에 설치하는 최적화 방법 검증
▪ 엘리베이터 위치와 속성을 영상(이미지)로 절대위치좌표화 하고 통신(IOT 기기) 최적화 방안 검증</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ (기술 1) 최근 배송·물류 로봇이 확산되며 엘리베이터를 활용한 로봇 층간 이동은 서비스로봇 기업의 핵심 경쟁력 중 하나가 되고 있으며, 로봇을 활용하는 사례가 많아지면서 늘어난 로봇과 승강기의 통신 수요에 대응이 필요함
– 정부 및 기관에서도 엘리베이터 탑승에 관한 국가표준을 제정하는 등 다양한 분야에 로봇이 보급될 수 있도록 지원하고 있음
– 로봇 업계는 승강기 탑승을 위한 제조사와의 협의에 많은 어려움이 있으며, 관련 표준 부재로 로봇과 엘리베이터를 연동한 시스템 마련 비용에 부담을 느끼고 있음
–현대엘리베이터는 오픈 API(응용 프로그램 인터페이스·Application Programming Interface)에 참여하는 주체가 1년여 만에 60여 개 기업과 연구기관, 개인으로 빠르게 늘며 가능성을 주목받고 있음
– 다양한 엘리베이터 제조사의 엘리베이터와 로봇의 운영을 위해서는 Open API, Open 프로토콜 기반의 엘리베이터 연동 시스템을 제공해야 하며, 로봇 제조사가 접근을 용이하게 하고, 로봇 시장 확산하는데 크게 기여할 수 있음

○ (기술 2) 건물 내 로봇의 Seamless한 수평 수직 이동을 위해 로봇간 및 로봇과 건물내 인프라와 실시간 무선 통신이 필수적임. 현재 건물내 지하공간 및 엘리베이터와 같은 밀폐된 환경에서 통신 음영으로 인한 통신 실패로 로봇의 이동이 불가한 경우가 발생하고 있음.
– 지하 공간에서 로봇의 이동시 통신 음영으로 인한 로봇과 로봇서버와의 통신단절로 로봇의 자기 위치 손실로 인한 이동 중단이 발생 함
– 엘리베이터내와 같은 밀폐된 환경에서의 통신 음영으로 인한 로봇과 로봇관리 서버 그리고 엘리</td></tr>
</table>

(세부기술 ⑤) 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축	
	베이터 관리 서버와의 통신 단절로 로봇이 엘리베이터 또는 밀폐된 환경에 갖히는 상황이 발생함 – 건물내에서 로봇의 Seamless한 수평 수직 이동을 위해 지하공간 또는 밀폐된 환경내에서 통신 음영 해소를 연구가 필요함 ○ (기술 3) 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영의 해소는 자율주행 로봇의 정확·신속한 이동 필수요소 – 엘리베이터 제조사 마다 통신 프로토콜 다름 – 엘리베이터 및 건물의 주요 시설물에 IOT화를 통해 통신음영 해소 방안 필요(네트워크설계 최적화) – 엘리베이터 및 건물의 주요 시설물의 정확한 위치표현(절대위치좌표화) 필요
연구내용	○ (기술 1) 로봇/관제시스템–엘리베이터간의 인터페이스 개발 – 로봇/관제시스템과 승강기 연동 Open 프로토콜 및 Open API 개발: 인터페이스를 통해 로봇/관제시스템이 엘리베이터를 제어하고, 로봇의 상태정보와 엘리베이터의 상태정보를 송수신 가능하도록 설계 – 통신기반의 로봇 인터페이스를 활용한 엘리베이터 제어: 탑승전 엘리베이터 호출, 목적층 선택, 문열림(40초 이내 제한), 로봇은 엘리베이터 문 닫힘을 제어할 수 없음(안전) 등을 고려하여 필요한 기능 및 운영시스템 개발 – 이동 로봇의 엘리베이터 탑승을 위한 안전 요구사항(KS)에 따른 승강기 이용 시나리오 검증 – 다수의 서비스로봇 탑승 제어기술의 실 검증: 5대 이상의 서비스로봇을 이용한 승강기 호출, 탑승, 제어 등의 실 검증

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – KS 표준(이동 로봇의 엘리베이터 탑승을 위한 안전 요구사항 및 평가방법)에 따른 시나리오 및 로봇제조사의 로봇의 층간이동 시나리오 설계 ▪ (연구내용) – 연동 API 설계 – 정보 연동 OpenAPI 구현을 위한 설계 – 로봇1대 및 엘리베이터/자동문 제어 시스템 개발	▪ 설계보고서 ▪ 로봇과 엘리베이터/자동문 제어 시스템 개발(관제 시스템이 제어 가능한 프로토콜)
2026	▪ (연구목표) – 다수의 로봇이 탑승 및 이동이 가능한 자동문/승강기의 제어 시스템 설계 및 개발 ▪ (연구내용) – 다수의 로봇이 동시에 엘리베이터를 탑승하기 위한 시나리오 기획 및 인터페이스 정의: 로봇상태와 승강기 상태정보의 교환 – 라인별 로봇 탑승 상태, 라인 운영상태, 승강기 호출 상태 등, 다수의 로봇과 승강기의 정보를 교환하도록 개발	▪ 기획서 ▪ 인터페이스 정의서 ▪ 평가 보고서
2027	▪ (연구목표) – 서비스로봇 탑승 제어기술의 실 검증: 5대 이상 ▪ (연구내용) – 5대 이상의 서비스로봇을 이용한 승강기 호출, 탑승, 제어 등의 실 검증	▪ 5대 이상의 로봇과 자동문/엘리베이터를 제어하는 시스템 ▪ Open api 명세서 ▪ 튜토리얼 문서 ▪ 실증평가 결과보고서

(세부기술 ⑤)
엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 엘리베이터/자동문 제어 검증	
2028	▪ (연구목표) – 이기종의 자동문/엘리베이터 제어 시스템 검증 ▪ (연구내용) – 다른 종류의 자동문/엘리베이터에 5대 이상의 로봇이 동시제어 가능한 시스템 개발	▪ 이기종의 자동문/엘리베이터 제어 시스템
2029	▪ (연구목표) – 통합 관제 시스템 연계 및 안정화 ▪ (연구내용) – 관제시스템을 통한 이기종 다수의 로봇과 자동문/엘리베이터간의 제어 성능 평가	▪ 성능평가서 ▪ 운영 매뉴얼
최종 성과물	▪ 엘리베이터/자동문 운영 시스템	

○ (기술 2) 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 비용 효과적인 통신 중계기 설치에 대한 연구
– 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 원할한 통신을 유지하기 위한 최적화된 중계기 설치에 대한 연구

○ (기술 2) 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 통신 음영 발생 시 다른 통신 기술의 융합을 통한 통신 음영 해소에 대한 연구
– 지하공간 및 밀폐된 환경에서 WiFi와 같은 무선 통신 음영이 발생한 경우 비콘, 블루투스 통신 등의 근거리 통신등의 다른 통신 기술을 이용한 통신 음영 해소에 대한 연구

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 원할한 통신을 유지하기 위한 최적화된 중계기 설치에 대한 연구	▪ 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 최적화된 통신 중계기 설치 제안
2026 2027	▪ 지하공간 및 밀폐된 환경에서의 통신 음영 발생시 다른 통신 기술을 이용한 통신 음영 해소에 대한 연구	▪ 통신 음영 발생시에도 통신 단절없이 로봇의 Seamless한 이동을 유지 할 수 있는 무중단 통신 기술
최종 성과물	▪ 건물내 통신 음영 최소화를 위한 통신 중계기 설치 안 ▪ 통신 음영 발생 시에도 로봇의 Seamless한 이동을 유지 할 수 있는 무중단 통신 기술 (예, WiFi와 근기리 통신 융합)	

○ (기술 3) 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영 지역 해소위한 통신기기 배치 최적화 연구
– 엘리베이터 설치위치, 속성정보를 절대위치 기반으로 표준화하여 제공
– 엘리베이터 음영발생 및 건물내부 음영지역 사례연구
– 엘리베이터 및 건물내부 음영지역 해소를 위한 IOT 센서배치 최적화방안
– IOT 센서별 음영해소 효율성, 정확성 검증

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ (연구목표) – 엘리베이터 및 건물 내부 통신 음영지역 사례를 통한 해소방안 마련 ▪ (연구내용)	▪ 엘리베이터 및 건물내부 음영지역 표시 기준 설정

(세부기술 ⑤)
엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 엘리베이터 제조사별 통신가능율 조사 – 건물 내부 음영 실사례 조사	
2026	▪ 엘리베이터 및 건물내부 주요 시설물물 IOT 센서별 효율 검증 ▪ 센서별 배치 최적화, 네트워크 구축	▪ 엘리베이터 제조사별 통신음영 해소 방안도출
2027	▪ 건출물내부 음영지역 해소 최적화 솔루션 검증	▪ 엘리베이터 위치, 건물내부 음영지역의 통신 네트워크 사례별로 검증
2028	▪ 엘리베이터 정보 제공을 위한 스마트플러스빌딩 플랫폼 구축	▪ 국가기반 플랫폼으로 스마트플러스빌딩 인프라(데이터) 구축
2029	▪ 로봇용 데이터 거래시장 조성	▪ 스마트플러스빌딩 인증 건물관리 시장 조성
최종 성과물	▪ 엘리베이터 및 건물내부 음영지역 최소화된 스마트플러스빌딩 인프라(정보)플랫폼구축	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1) 통합 관제가 가능한 자동문/엘리베이터 갯수	80%	80%	자동문 3종 엘리베이터 3종
1) 이동 시나리오에 따른 자동문/엘리베이터 운영수행 성공률	90%	90%	99%
건물내 통신 음영 최소화를 위한 통신 중계기 설치(안) 마련	–	–	지하공간 및 승강로, 엘리베이터 내부 등에서 측정한 LTE RSRP 값이 -99이상 유지 −40 ~ −80 : 아주좋음 −81 ~ −89: 좋음 −90 ~ −99 : 보통(평균) −100 ~ −109 : 좋지 않음 −110 이상 : 아주 좋지 않음(통화 불가능 상태)
무중단 통신 기술 (예, WiFi와 근기리 통신 융합) 개발	–	–	로봇이 건물의 지하공간 및 엘리베이터 내에서 통신 두절 상태가 Zero가 되어야 함. (예, LTE 통신이 먹통이 된 경우 근거리 통신을 통해 통신을 유지 해야 함)
스마트플러스빌딩 인프라(정보)플랫폼구축	–	–	엘리베이터 위치 및 통신 수단 정보 통합, 통신음영 해소 방안도출

1) 대부분은 제어 시스템은 해당 시나리오에 맞게 커스터마이징되어 운영. 플랫폼 형태의 제어/운영 시스템은 제공되지 않고 있음

최종

○ 병원 의료 서비스로봇의 이동을 위한 자동문/엘리베이터 운영 시스템(제품)

(세부기술 ⑤) 엘리베이터 및 건물 내부 통신음영지역 해소를 위한 통신네트워크 구축	
성과물	– 병원 의료 서비스 운영 시나리오 및 스펙 문서에 따른 자동문/엘리베이터 운영 시스템 – 통합 관제 시스템과 연동하여 운영 가능한 시스템 ○ 성과 지표 – 다수의 로봇(5대 이상)이 이기종의 자동문/엘리베이터(각 3종)와 연동하여 층간이동 및 공간간의 이동이 99%이상 성공하여야 함 ○ 기술 – 건물내 통신 음영 최소화를 위한 통신 중계기 설치(안) – 건물내 무중단 통신 기술 ○ 성능 지표 – 건물내 RSRP 값 -99 이하 유지 – 로봇의 이동간 통신 두절 상태 Zero

(구성기술 ⑤)
서비스별 데이터 연계 및 API 구축, 관리와 활용을 위한 Cloud 인프라의 통합 네트워크 구축

연구방향

한계점	기술개발 방향
• 로봇 등 서비스 객체(이종 로봇)를 대상으로 하는 데이터 통합 한계	• 각 서비스 제공을 위한 로봇 운영 등 서비스 공급자들의 데이터 활용 플랫폼
• 로봇과 융합될 수 있는 서비스 확장성 한계	• 로봇기반 서비스와 융합된 서비스 제공을 위한 빌딩 내 생성 데이터 통합 활용
• 빌딩 내 서비스들의 공통사항 및 표준데이터 수집 및 활용을 위한 참조모델 부재	• 데이터 참조모델 및 서비스 아키텍처 수립

연구 필요성

○ 스마트+빌딩 활성화를 위한 건물과 로봇서비스의 융합
– 건물 내 데이터 통합플랫폼 구축 및 실내 공간 로봇 서비스들의 운영 및 관리와 서비스들 간의 연계와 융합을 위한 데이터(유통)플랫폼 구축
* 서비스 확장성 및 인프라 자원의 효율적 활용을 위한 클라우드 기반 활용

연구내용

○ 스마트+빌딩 통합관제
– 스마트+빌딩 내 로봇 서비스의 원활한 제공을 위해 다양한 센서 및 시설물 데이터의 관리
– 빌딩 내 위치, 센서, 로봇서비스 등의 효율적인 연계 지원과 이용자 중심의 서비스 제공을 위한 통합관제 시스템 개발 및 BIM 데이터 구축 표준화 기술 필요

○ 스마트+빌딩 데이터플랫폼 구축
– 스마트+빌딩이 제공하는 로봇과 연계하여 제공되는 서비스를 위한 통합 데이트 활용 플랫폼의 구축 및 데이터 참조모델 구축

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	▪ 연구 및 개발 방향 정립 – 데이터 표준 및 참조모델 등 과제 방향성 확보	▪ 추진을 위한 기본계획 등
2026	▪ 데이터 참조모델 표준화 및 서비스 연계 활용을 위한 기준	▪ 건물 내 로봇 서비스 제공을 위한 BIM 기반 스마트+빌딩 통합 데이터 참조모델 ▪ 건물 내 서비스 연계를 위한 아키텍처
2027	▪ 스마트+빌딩 통합 관제 및 데이터 활용 플랫폼 구축(1단계)	▪ 스마트+빌딩 내 BIM 기반 건물 및 로봇 서비스 통합 데이터 플랫폼 구축 ※ 클라우드 인프라 기반 활용
2028	▪ 스마트+빌딩 통합 관제 및 데이터 활용(2단계)	▪ 스마트+빌딩 통합 데이터 플랫폼 기반 서비스 연계 등 실증
최종 성과물	▪ 스마트+빌딩 통합관제 및 로봇 서비스 제공을 위한 데이터플랫폼	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
데이터 표준 및 참조모델	–	–	관제 및 서비스 활용 표준 데이터 가이드 확보
통합관제 및 데이터 플랫폼	–	–	데이터 활용 및 연계 서비스 아키텍처

최종 성과물

○ 데이터 플랫폼 구축을 위한 표준 데이터 참조모델 가이드
○ 절대측위 및 정밀좌표 확보를 위한 공간 맵 데이터 구축
○ 건물 내 통합관제 및 데이터 유통 활용을 위한 데이터 플래폼

3. 로봇 친화 건축물 설계, 운영·관리 기술 적용 실증 및 제도 개발

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑥)
로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ 병원, 터미널 사용자-로봇 상호작용 시뮬레이터 신뢰성 검증
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>• 로봇에 등록된 맵만으로는 로봇의 이동 동선에 있을 수 있는 장애물에 대한 판단이 어려울 수 있음.
• 로봇이 사람과 이동식 가구 등을 식별할 수 있는 능력 검증이 필요
• 로봇의 경우 운용용도에 따라 로봇의 크기, 바퀴의 위치와 개수, 회전반경 등이 다를 수 있어, 획일적인 기준에 로봇의 이동제약이 발생할 수 있음</td><td>• 병원 및 터미널 이용자와 로봇의 행태와 시뮬레이션 결과 오차 검증
• 로봇의 정확한 이동 및 물리환경 센싱을 위한 마감재 표준 기준 적용 및 로봇 서비스 성능 실증
• 로봇 관제시설 설계
• 로봇 A/S시설 설계
• 로봇 층·병동 충전·대기시설 설계
• 인간-로봇의 공간이용행태를 고려한 동선 체계를 최적화할 수 있는 설계 시뮬레이션 구현
• 인간-로봇 혼잡 및 충돌 위치 예측 및 설계 평가 프로그램 검증
• 현장 인터뷰와 검증을 통해 현장 여건에 맞는 운용가능 로봇을 확인하고 이동 동선 구축</td></tr>
<tr><td>• 로봇의 용도에 따라 이동동선이 다르기 때문에 로봇의 효율적인 이동을 위해서는 시간대별, 위치별 동선을 확인하고 최적의 이동방안을 검증하여야 함. 특히 환자이송용 로봇의 경우 규모가 크기 때문에 일반환자 이동동선과 겹칠 경우 문제 발생의 소지가 많음
• 로봇서비스의 주요 이용 시간대별로 사용가능한 엘리베이터를 지정하는 방법
• 사람이 밀집 사용하는 공간과 시간을 피해서 로봇 서비스를 운영하는 동선 시나리오 구성할 필요가 있음
• 엘리베이터 혼잡도에 따른 사람과 로봇의 탑승에 대한 엘리베이터 탑승 모드 제공에 대한 가이드 라인이 없음 (사람 전용, 로봇 전용, 사람-로봇 혼용 등)
• 사람-로봇 혼용 사용시 사람과 로봇의 충돌을 최소화 하기 위한 엘리베이터 승/하차 우선 순위 및 로봇의 탑승 대기 공간 및 탑승 후 대기 공간에 대한 가이드라인이 없음</td><td>• 운용하고자 하는 로봇의 필요 시간대와 사용가능한 엘리베이터를 확인하여 활용도 증대방안마련</td></tr>
<tr><td>• 도어의 개폐방식에 따라 실제 오프닝의 사이즈와 위치가 상이하여 로봇이 도어를 통과함에 있어 문제점 발생
• 슬라이딩도어와 여닫이도어의 개폐방식이 상이하여 모든 도어에 적용할 수 있는 로봇의 정지위치에 대한 기준정립이 필요함
• 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문 의 개폐 방법, 유효폭, 단차, 전/후면 유효 거리 등의 가이드라인이 없음</td><td>• 도어의 Type별 개폐위치와 개폐크기를 표준화하여 로봇이 통과할 수 있는 기준 개발
• 도어의 개폐방식에 따른 도어와의 이격거리 및 정지위치의 표준화 기준 개발
• 로봇의 안전한 출입을 위한 엘리베이터를 포함한 출입문의 오픈 대기 시간에 대한 기준 개발
•</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(세부기술 ⑥) 로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)		
	한계점	기술개발 방향
	• 로봇서비스 수직이동을 위한 엘리베이터의 출입문 폭, 단차, 틈새, 전후면 유효거리 등에 대한 가이드라인이 없음 • 로봇서비스 이동 공간에 위치한 출입문 문 엘리베이터 출입문에 대해 로봇의 안전한 승하차를 위한 출입문의 오픈 대기 시간에 대한 가이드라인이 없음	
	• 로봇의 이동과 관제를 확인할 수 있는 스마트워치(예시)등의 웨어러블 디바이스를 의사, 간호사, 관제사가 착용할 수도 있음	• 다수의 이기종 로봇들을 의료진과 관제사가 통합적으로 호출·명령·관리할 수 있도록 시스템 구축
	• 자동문, 엘리베이터는 로봇의 핵심 이동수단으로 정확한 위치 및 특징에 대한 데이터 표준화가 필요하고 로봇과 통신을 위한 표준 프로토콜이 필요함 • 자동문, 엘리베이터 플랫폼을 통해 데이터 거래, 공유할 필요가 있음 • 동일 건물내 다수/다종의 엘리베이터 및 출입 통제 시스템이 각 제조사에 특화된 통신 프로토콜을 이용하여 서비스를 제공하고 있어 로봇이 해당 인프라를 이용하기 위해서는 각 제조사가 제공하는 모든 프로토콜을 개발 및 내장해야 하는 어려움 존재	• 다양한 자동문/엘리베이터 제조업체도 개발한 표준 프로토콜을 통해 제어가 되도록 플랫폼형태의 시스템 개발이 필요
	• 현재 로봇들의 이동동선은 실내와 실외를 구분하는 것으로 설계되어있으나 향후, 로봇들은 실내외를 하나의 동선으로 이동할 것임 • 따라서 로봇의 이동에 영향을 시설물들을 건축물의 실내외를 연결한 하나의 좌표계(절대위치좌표)로 구축하여야 로봇이동의 신속성과 정확성을 확보할수 있음 • 현재 로봇의 이동을 위한 정밀지도는 건축물의 성격에 따라 공공목적의 건축물(학교, 병원, 관공서, 철도,지하철역사, 다중밀집 복합시설 또는 수요에 따라)인 경우 공통된 정밀지도를 구축할 필요가 있음 • 공공시설물에 도입활용할 경우 같은 공간의 시설물정보를 로봇주행 환경지도 성격으로 기업별로 중복하여 만들고 지도갱신이 필요시 시간과 비용이 많이 소모됨	• 실내외를 연결한 절대위치좌표 및 효과적인 정밀지도 구축
	• 이종의 로봇들의 이동을 위해서는 통일된 하나의 맵이 필요하나, 현재는 로봇 제작사에서 자체 제작한 맵을 사용하고 있음 • 계속되는 공간의 변화에 대응하기 위해서는 하나의 주체가 제작된 표준 맵이 필요함 • 건축물의 설계시 작성되는 BIM 설계는 3차원 정보를 포함하고 있으므로 로봇이 주	• BIM 설계 데이터를 활용한 공간지도 활용 • BIM 데이터 생성 및 로봇과 데이터 연계 기술 확보 • 실내외를 연결하는 로봇용 정밀지도제작에 BIM 기반으로 AI를 활용하여 지도제작 기술 개발

(세부기술 ⑥) 로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)		
	한계점	기술개발 방향
	행하는 동선 및 시설물의 위치정보를 파악하는 데 활용할 필요가 있음 • 설계도면과 실제현장에서 로봇이동에 대한 시설물의 위치인식 및 지도의 정확도에 대한 검증 필요	
	• 건축물 내에서 로봇이 필요한 목적별로 서비스 시나리오 필요 • 로봇을 사용하게 될 사람과(이송, 검체, 투약, 청소,방역)의 협업을 위한 시나리오(인식전환 교육) 필요	• 스마트빌딩을 위한 다양한 로봇 서비스 제공을 목적으로, 실 환경 기반 리빙랩(길병원) 로봇 서비스 실증 및 관제 시스템 구축
	• BIM 데이터가 로보과 직접 데이터 연계 할 수 있는지?(클라우드 등을 통해서 BIM데이터가 전송되는 플랫폼 기술이 필요) • 로봇이 주행경로 생성에 쓰이는 라이다, 이미지 등의 데이터로 변환하는 BIM 데이터 연계기술 필요	• BIM 데이터 생성 및 로봇과 데이터 연계 기술 확보
	• 로봇이 이동을 위한 건축물 내외부시설점 정보에 대한 표준 (메타데이터) 설계 필요 • 로봇이 필요로 하는 데이터들을 유통, 거래할 수 있는 API, 인터페이스, 지도서비스등 참조모델 필요 • 로봇을 위한 데이터들의 관제용 또는 유통용 플랫폼 필요 • 관제는 국가기반시설의 경우 유통은 민간 수요를 위한 데이터 거래시장(API,클라우드, 지도서비스 등)	• 건축물 설계 기준(규격)을 리모델링 설계 도면에 적용 • 데이터 표준 및 참조모델 구축 • 통합관제 및 데이터 유통 플랫폼 구축
연구 필요성	○ 건축물 사용자 및 로봇의 실재 행태와 시뮬레이션 결과 오차 최소화로 연구 결과의 신뢰성 확보 필요 – 로봇에 등록된 맵만으로는 로봇의 이동동선에 있을 수 있는 장애물에 대한 판단이 어려울 것으로 예상되고, 로봇이 사람과 이동식 가구 등을 식별할 수 있는 능력 검증이 필요 – 서비스 로봇의 운행에 대한 엘리베이터를 포함의 출입문의 규격, 단차 및 사람과의 안전한 이동을 위한 출입문의 오픈 대기 시간, 로봇의 대기 위치, 사람과 로봇의 동선 및 최소경사 등에 대한 기준마련을 위한 참고 데이터 수집 ○ 서비스 로봇 동작/측위정보 오차범위 최소화 – 실 건물내에서 통신 음영 발생 여부 및 음영 발생시에도 로봇의 Seamless한 이동 확인 필요 ○ 자율주행의료서비스로봇 최적화 활용 설계 기준의 실증 필요 – 로봇 도입형 건축물의 원활한 운용을 위한 정량적인 건축설계 기준 시급 – 로봇 이동의 객관적인 설계 기준 및 표준화를 구현하기 위한 법제도 개선 필요 ○ 현장여건 상 로봇의 활용이 어렵거나 기존 운송시스템과 중복되어 로봇이 방치되는 경우가 발생 ○ 다중 로봇 및 동적 서비스 간의 교차 이동을 고려한 공간 확보 중요 – 의료서비스 효율화를 위한 공간구조적 배치계획 분석으로 공간이용행태 파악 필요 – 인간의 공간이용행태와 로봇과의 상호작용을 고려한 설계 중요 – 객관적인 동선체계 설계 기준 및 표준화 시급 – 인간–로봇의 혼잡 및 충돌이 사고로 이어지지 않도록, 사전에 안전한 환경 마련이 중요	

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑥)
로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)</th></tr>
<tr><td></td><td>– 혼잡 및 충돌 예상 위치를 예측하여, 안전한 공간 확보 등 대응방안 가이드라인이 필요
– 다종, 다수 로봇의 이동 지원

○ 기존 시설물의 엘리베이터 대수 부족으로 인한 혼잡도가 예상되어 시간에 따른 운용 불가피
– 엘리베이터의 혼잡도를 고려한 시간대별 엘리베이터 운영모드 (사람 전용, 사람–로봇 혼용, 로봇 전용 등) 효용성 실증 필요

○ 건축 공간에는 다양한 타입의 도어들이 혼재되어 사용되고 있고 각 도어타입마다 개폐의 매커니즘이 상이하여, 로봇의 원활한 통행을 위해 표준화된 기준개발이 필요함
– 도어의 개폐방식에 따라 실제 오프닝의 사이즈와 위치가 상이하여 로봇의 원활한 도어 통과를 위해 도어 타입별 표준화된 기준이 필요
– 슬라이딩도어와 여닫이도어의 개폐방식이 상이하여 모든 도어에 적용할 수 있는 로봇의 정지위치에 대한 기준정립이 필요함
– 서비스 로봇의 운행에 대한 엘리베이터를 포함의 출입문의 규격, 단차, 출입문 전/후 유효 공간, 틈새공간 등에 대한 기준 데이터 확보

○ 의료서비스, 이용자 편의 서비스 등의 효율을 높이기 위한 로봇을 쉽게 도입하고, 관리 및 운영이 용이하게 만드는 통합 관제 시스템 구축이 필요
– 로봇이 건축물 내외에서 이동 할 때에, 자동문/엘리베이터 이용이 필수적이지만, 운영 및 제어시스템이 없어 층간 이동이 어려움
– 스마트+건축물의 건축시 데이터 작성기준 제시
– 실 건물 내에서 이기종 로봇과 건물 내 인프라 연동 확인 필요
– 실제 다양한 응급상황이 발생하는 병원 내에서 실증을 통한 로봇 서비스 개선 및 통합 관제 시스템 최적화가 요구됨
– BIM 데이터를 이용한 로봇의 이동에 대한 실증 필요
– 절대측위 및 정밀좌표 확보를 위한 BIM 기반 표준 맵 데이터 확보
– 통합관제와 로봇 서비스 제공을 위한 건물 내 센서와 시설물 등 데이터 확보
– 건물 및 로봇 등 통합관제와 데이터(서비스) 연계를 위한 아키텍처 수립
– 표준 데이터를 이용한 로봇 서비스 효율성 및 융합서비스 확정</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td>○ 로봇 이동을 위한 실내외 지도 구축 표준화 연구
– 이기종 로봇들이 공통으로 사용할 수 있는 지도 구축 표준화 및 실증
<table>
<tr><th>연도</th><th>연구목표 및 연구내용</th><th>주요 성과물</th></tr>
<tr><td>2025</td><td>▪ (연구목표)
– 건축물 사용자–로봇 상호작용 시뮬레이터 분석 효과 실증
– 이기종 의료 서비스 로봇의 정확한 동작과 측위 서비스를 위한 건축 마감 및 차광시설 적용
– 이기종 자율주행의료서비스로봇의 원활한 서비스 업무를 위한 지원시설 규모 및 설치 기준 개발
– 현장여건에 맞춰 로봇 활용도를 최대화 할 수 있는 출입구 계획
– 로봇의 시간 운용에 따른 엘리베이터 활용가능성 검토
– 다양한 도어와 로봇이 적용되는 병원에서 로봇이 원활히 통행할 수 있도록 기준 마련</td><td>▪ 건축물 실내외 주요 시설물에 대한 DB 구축
– 주요시설물의 대한 정의, 정립
– 주요시설물에 대한 데이터 테이블, 코드등 표준화
– BIM 기반 또는 실측기반의 데이터 포맷등을 기업들의 활용성 위해 다양하게 확보
▪ 주요 시설물 정보에 대한 절대위치좌표화 변환
– 로봇용 실내외 표준맵 제작
– 데이터 API, 지도서비스 등 실증
– 로봇 실증을 통해 실내외 지도의 표준맵 구축
▪ BIM 또는 실측 기반의 데이터 거래 공유 플랫폼 구축</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(세부기술 ⑥)

로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 다중 로봇 도입형 건축물 설계 기준(규격) 적용 및 적정성 검증 – 인간–로봇 동선체계 설계 시뮬레이션 프로그램 실증 – 인간–로봇 충돌예측 에이전트 시뮬레이션 프로그램 실증 – 다수·다종 로봇을활용한 응급상황 대처, 환자 대응, 의료 업무, 편의 서비스 제공 등의 서비스 적용 및 실증 – 로봇 이동에 필요한 자동문/엘리베이터 운영 시스템의 개발 – 길별원 실내외 측량을 통한 로봇용 POI 데이터 절대위치좌표화 – BIM 설계 활용방안 – 이기종 로봇의 Seamless한 수평 수직 이동 확인 – 다중이용시설 기반 다수·다종 로봇 서비스 및 통합 관제 시스템 실증 – 실증 건물 실내외지도 구축 – 데이터 표준 및 참조모델 – 통합관제 및 데이터 유통 플랫폼 구축 – 로봇 이동용 지도의 작성 형식 표준화 개발 ▪ (연구내용) – 로봇 제작사에서 공통으로 활용할 수 있는 실내외지도의 공통 포맷 개발 – BIM설계자료 활용방안 연구 – 실내 절대위치좌표화 방안 연구 – 실재 병원 사용자 대상 분석과 시뮬레이션 결과의 정합성 측정 및 신뢰도 검토 –건축물 설계 실무자 대상 시뮬레이션 분석 결과의 신뢰도 검토 – 로봇 스케일 건축 설계기준 PoC – 환자들과 의료진에게 필요한 서비스가 무엇인지 정확히 파악하여 현장여건에 맞는 실제로 이용 가능한 서비스를 도출하고, 이동 중 로봇이 마주하는 돌발 상황에 대한 데이터 수집을 통해 대처 방안에 대한 데이터 구축 – 운용하고자 하는 필요 로봇을 선정하고 로봇의 이동경로와 필요시 간에 이용 가능한 엘리베이터를 매치하여 실효성 검증 – 도어Type별 도어의 개폐기준을 표준화 – 도어Type별 로봇의 정지위치 기준 정	– BIM 데이터(도면, 문서, PDF, 이미지, 등) – 실측 데이터(GNSS측량, 라이다 , 이미지영상 측량) ▪ 실내외 지도구축 표준 형식 및 포맷기준 ▪ 실내외 지도구축을 위한 BIM설계자료 활용기준 ▪ 엘리베이터의 혼잡도를 반영한 엘리베이터 운영모드 기준 또는 권고 마련 (사람전용, 사람–로봇 혼용, 로봇 전용) ▪ 로봇이 안전하게 운행 할 수 있는 출입문의 유효폭, 단차, 틈새, 전/후면 유효거리 등에 대한 설치 기준 마련 ▪ 로봇이 안전하게 수직 이동을 할 수 있는 엘리베이터의 출입문 폭, 단차, 틈새, 전/후면 유효거리, 조명, 무게 등에 대한 기준 마련 ▪ 로봇–로봇, 로봇–건물내 인프라 (출입통제시스템, 엘리베이터)간의 표준 프로토콜을 실증을 통한 로봇–로봇, 로봇–건물내 인프라 (출입통제시스템, 엘리베이터)간의 최적 연동 시퀀스 및 시나리오 확보 ▪ 건물내 로봇의 이동 경로에 대한 통신 감도 측정 및 확보를 통해 지하공간 및 엘리베이터와 같은 밀폐 된 환경에서의 최소 통신 감도 기준 ▪ 통신 음영 발생 시 통신 음영 회피를 통한 로봇의 무중단 이동 방안 제시

(세부기술 ⑥) 로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)			
	연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
		립 – 리모델링 도면에 다중 로봇 사용 공간별 설계 기준 반영 – 설계 기준(규격)의 애로사항 및 해결책(제도) 도출 – 로봇 도입형 건축물 설계의 규격 표준화 마련 – 의료서비스를 효율적으로 운영하기 위한 시설배치계획 검토 – 시뮬레이션 프로그램의 알고리즘 등 검증 – 시뮬레이션 프로그램을 현장에 맞춰 최종 수정 – 인간–로봇 동선체계 설계의 표준화 마련 – 혼잡지점 관찰 및 관련 DB 수집 – 실증 사례 기반 인파예측모델 구축 및 시뮬레이션 프로그램 개발·검증 – 충돌 예방 가이드라인으로 개발자 지원 가능 프로그램으로 상용화 – 다수·다종 로봇들의 이동 및 서비스 수행에 대한 관제 시스템을 길 병원의 운영 시나리오를 기준으로 적용하여 실증 – 건축물 내 로봇 이동을 위한 자동문/엘리베티어 운영 시스템 개발 – 관제 시스템과 연계하여 운영이 가능한 연동 시스템의 개발 – 건축물 외부 GNSS측량 – 건축물 내부 실내측량 – 로봇용 POI 선정 및 DB 구축 – 로봇용 실내외지도(관제맵) 제작 – BIM설계를 이용한 다종로봇 이동에 필요한 공간지도 작성기준 제시 – 이기종 로봇간 상호 정보 교환 – 이기종 로봇의 원할한 이기종 엘리베이터 승하차 확인 – 이기종 로봇의 병원내 다양한 출입 문 통과 확인 – 지하공간 및 엘리베이터와 같은 밀폐된 환경내에서 로봇의 무중단 이동 야부 확인 – 통신 음영 발생 여부와 관계없이 지하 및 밀폐된 환경에서 로봇의 무중단 이동 확인 – BIM 데이터를 이용한 로봇의 이동에 대한 실증 – BIM 기반 공통 맵 데이터 구축	

(세부기술 ⑥)

로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	– 건물 및 로봇 활용 데이터 표준 – 건물 및 로봇 서비스 통합 관제 – 이종 로봇 및 서비스들 간 데이터 유통과 활용을 위한 연계 등	
2026	▪ (연구목표) – 건축물 실증에 대한 성과물을 담음 스마트플러스 빌딩 플랫폼 구축 – 이기종의 로봇이 공통으로 사용할 수 있는 실증 건물 실내외지도 구축 ▪ (연구내용) – 건축물 외부 GNSS측량 – 건축물 내부 실내측량 – 로봇용 POI 선정 및 DB 구축 – BIM설계를 이용한 다종로봇 이동에 필요한 공간지도 작성기준 제시 – BIM 데이터를 이용한 로봇의 이동에 대한 실증 – 건물 및 로봇 활용 데이터 표준 – 건축물 실내외 측량을 통한 로봇용 POI 데이터 절대위치좌표화 – 건축물 실증을 위한 인프라센서, 통신미들웨어, 통합 관제시스템 구축	▪ 스마프틀러스빌딩 플랫폼 구축 ▪ ISMP ▪ 건축물 내외부를 이동하는데 필요한 설계, 시공, 착공 표준 마련 ▪ 로봇과 상호작용하기 위한 실내외 공간데이터 표준 ▪ 실내외 표준 정밀지도 제작 ▪ 데이터거래 공유 위한 플랫폼 설계작성 필요 ▪ 공통 실내외 지도를 활용한 길병원 실증 결과보고
2027	▪ (연구목표) – 이기종 로봇의 통합 관제시스템 구축 – 건축물에서 로봇의 서비스 시나리오 고도화 및 서비스 개선 위한 AI 분석 자동화 기술 개발 – 통합 관제 시스템 최적화 및 주행 가이던스 기능 확장을 위한 로봇 서비스 운영 데이터 수집 및 분석 ▪ (연구내용) – 건축물실증을 통한 다양한 로봇 서비스 로그, 데이터 수집 및 분석	▪ 요일별, 시간대별 로봇 서비스 이용 시간 분석 결과 ▪ 로봇서비스 이동 경로에 대한 통신 감도 측정 Data 분석 결과 (특히 지하공간 및 엘리베이터 등 밀폐 공간) ▪ 엘리베이터 운용 모드별 (사람전용, 사람-로봇 혼용, 로봇전용) 탑승 대기 시간 분석 결과 ▪ 로봇서비스 제공 및 제공 실패에 대한 데이터 분석 결과
2028	▪ (연구목표) – 통합 관제 시스템 최적화 및 주행 가이던스 기능 확장 ▪ (연구내용) – 건축물 실증을 통한 관제 시스템 최적화 및 주행 가이던스 기능 확장	▪ 건축물 전체를 대상으로 로봇 플랫폼 안정화 ▪ 서비.스 및 플랫폼활용 최적화 ▪ 공간데이터 표준 및 공간데이터 품질 관리 ▪ 스마트플러스빌딩 가이드기능 확장 ▪ 엘리베이터의 혼잡도를 반영한 최적의 엘리베이터 운영모드 기준 또는 권고 마련 ▪ 로봇이 안전하게 운행 할 수 있는 최적의 출입문의 설치 기준 마련 ▪ 로봇이 안전하게 수직 이동을 할 수 있는 최적의 엘리베이터 설치 기준 마

(세부기술 ⑥)

로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
		련 ▪ 건물내 로봇의 이동 경로에 대한 통신 감도 측정 및 확보를 통해 지하공간 및 엘리베이터와 같은 밀폐 된 환경에서의 최소 통신 감도 기준 ▪ 원활한 로봇 서비스 제공을 위한 건물 내 각종 IoT센서, 로봇, 엘리베이터 등이 원활한 통신을 위한 허용 가능한 지연, 용량 그리고 필요한 통신설비 기준 마련 ▪ 통신 음영 발생 시 통신 음영 회피를 통한 로봇의 무중단 이동 방안 제시
2029	–	–
최종 성과물	▪ 로봇 이동용 실내외 지도 구축 표준기준 ▪ 로봇서비스 실증을 위한 설계 저작도구 ▪ 건축물 내 다기종 다수 로봇관제 시스템 ▪ 건축물 내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준 마련 ▪ 엘리베이터의 혼잡도를 반영한 최적의 엘리베이터 운영모드 기준 ▪ 건축물 내 최소 통신 감도 기준 및 통신 음영 발생시 회피 방안	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
1)2) 건축물 내 이기종 로봇의 혼합이용시 트래픽잼 발생률	20%	–	▪ 건축물 내 이기종 로봇의 혼합이용시 트래픽잼 발생률 50%감축
관제시스템 통한 로봇서비스 정확성	–	–	▪ 다기종, 다수 로봇 서비스 정확성 95 % 이상 달성율
건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준 마련	–	–	▪ 로봇의 안전한 이동을 위한 출입문 설치기준 – 유효 타입 (자동문, 스윙, 스피드 게이트 등) – 최소폭 – 단차 – 전/후면 유효거리 – 출입문 전/후 경사 – 출입문 오픈 대기 시간 등 ▪ 로봇의 안전한 수직 이동을 위한 엘리베이터의 설치기준 – 유효폭 – 단차 – 틈새

<table>
<tr><td colspan="2">(세부기술 ⑥)
로봇 서비스 적용 및 실증 (응급상황 대처, 의료 업무 보조 로봇, 터미널 이용자 편의 서비스 제공 로봇 등 실증)</td></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">성능지표</th><th colspan="2">현재 최고 기술수준</th><th rowspan="2">개발 목표 스펙</th></tr>
<tr><th>국내</th><th>해외</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>- 전/후면 유효거리
- 출입문 오픈 대기 시간
- 탑승 허용 무게
- 조명
- 재질 등</td></tr>
<tr><td>엘리베이터의 혼잡도를 반영한 최적의 엘리베이터 운영모드 기준 마련</td><td>-</td><td>-</td><td>▪ 엘리베이터의 혼잡도를 반영한 엘리베이터 운용모드 설정 기준
- 수동 및 스케쥴 제어를 통한 엘리베이터 운영 모드 변경
- 사람 전용, 사람-로봇 동승, 로봇 전용 등</td></tr>
<tr><td>건물내 최소 통신 감도 기준</td><td>-</td><td>-</td><td>▪ 건물내 로봇이동 경로 전체 통신 감도 값이 LTE 기준 RSRP 값이 -99이상 유지
-40 ~ -80 : 아주좋음
-81 ~ -89: 좋은
-90 ~ -99 : 보통(평균)
-100 ~ -109 : 좋지 않음
-110 이하 : 아주 좋지 않음(통화 불가능 상태</td></tr>
</table>
1) 아직은 국내, 국외를 막론하고 이기종 로봇이 서로 교행하였을 때 트래픽잼 발생에 대한 연구가 미비한 실정
2) 실증을 통하여 이기종 로봇의 트래픽잼을 해결할 수 있는 방안 모색이 필요</td></tr>
<tr><td>최종 성과물</td><td>○ BIM 및 실내측위기술 기반 통합 표준 이동맵
○ 로봇서비스 신속성, 정확성 달성도 검증
○ 건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준
○ 건물내 로봇 이동 경로에 대한 최소 통신 감도
○ 건물의 혼잡도를 반영한 엘리베이터 운영 모드 기준</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑦)
스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)</th></tr>
<tr><td>연구방향</td><td>○ 스마트+건축물 인증제도 개발에 따른 인증기준 및 인센티브 기준 정립
<table>
<tr><th>한계점</th><th>기술개발 방향</th></tr>
<tr><td>▪ 로봇친화형 건축물 인증제도가 있지만 더 나아가 스마트+건축물 인증에 대한 인증기준 마련이 필요함</td><td rowspan="3">▪ 스마트+건축물의 유형을 분석하고 유형별 설계기준 개발
▪ 스마트+건축물의 유형에 따라 다르게 적용되는 인센티브 기준 개발</td></tr>
<tr><td>▪ 많은 건축물이 스마트+건축물 인증을 받도록 유도하기 위해서는 인센티브 등 동기부여가 필요함</td></tr>
<tr><td>▪ 기존 건축물의 스마트+건축물 인증을 위한 별도의 기준이 필요</td></tr>
<tr><td>▪ 스마트플러스건축물 운영관리 체계 구축이 필요</td><td>▪ 정부, 건축설계, 건설업계, 로봇기업, 데이터 구축기업, 플랫폼기업, 로봇서비스 수요자들의 역할(수요)과 협업기술기능에 대한 구조화 필요
– 운영체계 법제도 :정부, 지자체 담당부서
– 요소기술별: 담당기관(연구, 민간, 공공)
– 운영체계관리 전담기관 설치</td></tr>
<tr><td>▪ 인증제도 및 인센티브 개발</td><td>▪ 인증제도: 로봇친화 건축설계요소 인증(자동문, 엘리베이터, 경사로진출입로, 로봇전용 대기장소, 로봇이동 실내외도로)
▪ 데이터 및 통신 : 로봇용 정밀지도 개방 및 표준 프로토콜 적용
▪ 인센티브:세금감면, 건축면적 추가제공
▪ 전기, 통신요금 감면</td></tr>
<tr><td>▪ 로봇의 안전한 이동을 위한 건물내 출입문 및 엘리베이터의 설치 기준 없음</td><td>▪ 건물내 로봇의 수평, 수직 이동 실증을 통한 실 데이터 기반 건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준 마련</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연구
필요성</td><td>○ 건축 유형별, 스마트+기술 유형별 인증기준과 인센티브 기준 정립
– 많은 건축물이 스마트+건축물 인증을 받도록 유도하기 위해서는 인센티브 등 동기부여가 필요함
– 많은 건축물들이 스마트+건축물 인증을 받을 수 있도록 건축 유형별, 스마트+기술 유형별 인증기준과 인센티브 기준 정립이 필요함
○ 초기 스마트플러스 건축물의 활성화 위한 운영체계 필요
– 요소기술별 담당기관(얼라이언스)협력체계 지속유지
– 법 제도적 측면에서 정부 및 지자체의 담당부서 필요
– 스마트플러스 건축물 운영체계에 대한 전담관리기관 신설 필요(효율적이고 일관성있는 관리 운영을 위해)
○ 로봇의 건물내 운용이 지속 증가하고 있으며 로봇의 건물내 수평, 수직 이동을 위해서는 다양한 출입문 통과 및 엘리베이터 승하차를 필수적으로 이용 해야하나 아직 로봇의 안전한 이동을 위한 출입문 및 엘리베이터에 대한 설치기준이 마련되어 있지 않음
○ 로봇의 건물내 무중단 운용을 위해 안정적인 무선 통선이 필수적이나 지하공간 이나 엘리베이터와 같은 밀폐된 공간에서는 통신음영이 발생하여 로봇의 운용에 장애가 발생할 수 있음 이를 해소하기 위한 최소의 통신 감도 기준과 함께 통신음영 발생시 해소 할 수 있는 방안 마련이 필요함
○ 로봇의 안전한 이동을 위한 출입문 설치기준 개발
– 유효 타입 (자동문, 스윙, 스피드 게이트 등)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">(세부기술 ⑦)
스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)</th></tr>
<tr><td></td><td>– 최소폭
– 단차
– 전/후면 유효거리
– 출입문 전/후 경사
– 출입문 오픈 대기 시간 등
○ 로봇의 안전한 수직 이동을 위한 엘리베이터의 설치기준 개발
– 유효폭
– 단차
– 틈새
– 전/후면 유효거리
– 출입문 오픈 대기 시간
– 탑승 허용 무게
– 조명
– 재질 등
○ 건물내 무중단 로봇 운영을 위한 무선통신 제공 기준 개발
– 건물 내 엘리베이터 등을 비롯한 모든 시설에서 네트워크 음영구역이 없는 완전한 이동성 보장 및 로봇의 상태 감시가 가능한 네트워크 품질확보 기준 마련</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td>○ 건축 유형별, 스마트+기술 유형별 인증기준과 인센티브 기준 정립
<table>
<tr><th>연도</th><th>연구목표 및 연구내용</th><th>주요 성과물</th></tr>
<tr><td>2025</td><td>▪ (연구목표)
– 스마트+건축물 인증기준 마련
– 로봇 도입형 건축물 리모델링 및 신축 설계 기준의 표준화
– 정부, 건축설계, 건설업계, 로봇기업, 데이터 구축기업, 플랫폼기업, 로봇 서비스 수요자들의 역할(수요)과 협업기술기능에 대한 구조화 필요
– 운영체계 법제도 :정부, 지자체 담당 부서
– 요소기술별: 담당기관(연구, 민간, 공공)
– 운영체계관리 전담기관 설치
– 로봇 친화형 건물 인증제도 마련 법적 완화적용
– 로봇 도입형 건축물 리모델링 및 신축 설계 기준의 표준화
– 인간–로봇 상호작용을 고려한 설계 기준의 표준화
– 로봇 도입형 건축물의 인파 안전 기준의 표준화
– 스마트 +빌딩 인증기준 제시
– 개인정보보호법 관련 규제사항 선결 필요
▪ (연구내용)
– 스마트+건축물 정의 및 기준마련
– 단계에 따른 인센티브 기준 마련득에</td><td>▪ 스마트+건축물 인증기준(신축)
▪ 스마트+건축물 운영관리 체계도
– 법, 제도적 추진 주체 작성 (정부, 지자체)
– 요소기술별 중장기 얼라이언스 운영 로드맵
– 전담운영기관 설치 로드맵
▪ 인증제도: 설계요소별 구축건수 인증 마크, 데이터 및 통신 인증 마크
▪ 인센티브, 세금, 면적, 비용절감 인센티브 대상 명시 추진방안 도출</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(세부기술 ⑦) 스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)		
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	대한 규제 해소 필요 – 자율주행서비스로봇 전용·지원시설의 바닥면적·층 제외 등 – 로봇 친화형 건물을 정의하는 기준마련 및 단계에 따른 인센티브 제도 마련 – 로봇 친화형 건축물 정의 기준 및 단계에 따른 인센티브 제도 마련 – 로봇 도입형 건축물 설계의 표준 가이드라인 마련 – 인간–로봇 동선체계 설계의 표준 가이드라인 마련 – 인파안전 개발사업 지원 가이드라인 마련 – 스마트+빌딩 인증시 세제혜택 등 – 로봇 등 각종 카메라를 통한 인식과 관련 개인정보(얼굴 등) 취득에 대한 규제 해소 필요 – 인증제도: 로봇친화 건축설계요소 인증(자동문, 엘리베이터, 경사로진출입로, 로봇전용 대기장소, 로봇이동 실내외도로) – 데이터 및 통신 : 로봇용 정밀지도 개방 및 표준 프로토콜 적용 – 인센티브: 세금감면, 건축면적 추가 제공, 전기, 통신요금 감면	
2026	▪ (연구목표) – 리모델링 건축물의 스마트+건축물 인증기준 마련 – 로봇의 안전한 이동을 위한 출입 문 및 엘리베이터 설치기준 마련 ▪ (연구내용) – 리모델링 건축물의 스마트+건축물 인증기준 및 인센티브 기준 개발 – 로봇의 실제 운영을 통한 출입문 엘리베이터 설치기준 마련	▪ 스마트+건축물 인증기준(증축,개축, 리모델링) ▪ 로봇의 안전한 이동을 위한 출입문 설치기준 – 유효 타입 (자동문, 스윙, 스피드 게이트 등) – 최소폭 – 단차 – 전/후면 유효거리 – 출입문 전/후 경사 – 출입문 오픈 대기 시간 등 ▪ 로봇의 안전한 수직 이동을 위한 엘리베이터의 설치기준 – 유효폭 – 단차 – 틈새 – 전/후면 유효거리 – 출입문 오픈 대기 시간 – 탑승 허용 무게

(세부기술 ⑦)
스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
		– 조명 – 재질 등
2027	▪ (연구목표) – 건물내 로봇의 무중단 운영을 위한 안정적인 네트워크 품질 확보 ▪ (연구내용) – 건물내 로봇 이동 전체 경로에 대한 최소 통신 감도 기준 개발 – 건물내 음영구역이 없는 네트워크 품질 확보를 위한 통신설비 기준 및 설치 기준 개발	▪ 무선통신 제공 기준 – 건물 내 각종 IoT센서, 로봇, 엘리베이터 등이 원활한 통신을 위해 최저지연, 대용량, 고품질의 통신설비 기준 – 빌딩 내 엘리베이터 등을 비롯한 모든 시설에서 네트워크 음영구역이 없는 완전한 이동성 보장 및 로봇의 상태 감시가 가능한 네트워크 품질확보를 위한 설치기준
2028	–	–
2029	–	–
최종 성과물	▪ 스마트+건축물 인증기준 ▪ 운영관리체계도(기능, 역할) ▪ 인증 기준 마련 ▪ 건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준 마련 ▪ 건물내 통신음영 구역이 없는 네트워크 확보를 위한 통신설비 기준 및 설치 기준	

연구목표

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
스마트+건축물 인증제도 달성율	로봇친화형 건축물 인증제도로 제한	–	▪ UAM, 로봇, 자율주행을 포함하는 스마트+건축물 인증제도 도입
운영관리 체계도 인증마크			▪ 민관공 거버넌스 운영 목표 수립(기관별, 사업별) ▪ 인증마크 부여 빌딩 연간 500곳
건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준 마련	–	–	▪ 로봇의 안전한 이동을 위한 출입문 설치기준 – 유효 타입 (자동문, 스윙, 스피드 게이트 등) – 최소폭 – 단차 – 전/후면 유효거리 – 출입문 전/후 경사 – 출입문 오픈 대기 시간 등 ▪ 로봇의 안전한 수직 이동을 위한 엘리베이터의 설치기준 – 유효폭

<table>
<tr><th colspan="4">(세부기술 ⑦)
스마트+건축물 운영관리 체계, 인증제도 및 인센티브 개발(스마트+건축물 운영관리 체계, 스마트+건축물 인증제도 및 인센티브 제도 개발)</th></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td rowspan="2">성능지표</td><td colspan="2">현재 최고 기술수준</td><td rowspan="2">개발 목표 스펙</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>해외</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>- 단차
- 틈새
- 전/후면 유효거리
- 출입문 오픈 대기 시간
- 탑승 허용 무게
- 조명
- 재질 등</td></tr>
<tr><td>건물내 로봇의 무중단 운영을 위한 안정적인 네트워크 품질 확보</td><td>-</td><td>-</td><td>▪ 건물내 통신음영 구역이 없는 네트워크 확보를 위한 최소 통신 감도 기준
▪ 건물내 통신음영 구역이 없는 네트워크 확보를 위한 통신설비 기준 및 설치 기준</td></tr>
<tr><td colspan="4">1) 현재 적용할 수 잇는 로봇친화형 건축물 인증제도는 단순히 로봇의 적용에만 한정되어 있어 미래 모빌리티인 UAM과 자율주행을 포함한 총괄적인 인증제도가 필요함</td></tr>
<tr><td>최종
성과물</td><td colspan="4">○ 스마트+건축물 인증제도 법제화 및 인증기준 마련
○ 운영관리 체계도(제도, 기관,기능별)
○ 인증마크 연간 500곳
○ 인센티브 부여안 마련
○ 건물내 출입문 및 엘리베이터 설치 기준
○ 건물내 통신 음영구역이 없는 네트워크 확보를 위한 통신설비 기준 및 설치기준</td></tr>
</table>

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 스마트+빌딩 핵심기술 개발 기획과제 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.

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)