

## 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 연구

A Study on Planning Standards for Architectural Design  
Integrated with Spatial-based Innovative Technologies

남성우 Nam, Seongwoo  
조상규 Cho, Sangkyu  
김영현 Kim, Younghyun  
권오규 Kwon, Okyu  
김신성 Kim, Shinsung  
오민정 Oh, Minjung

(auri

일반연구보고서 2023-8

## 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 연구

A Study on Planning Standards for Architectural Design Integrated with  
Spatial-based Innovative Technologies

지은이	남성우, 조상규, 김영현, 권오규, 김신성, 오민정
펴낸곳	건축공간연구원
출판등록	제2015-41호 (등록일 '08. 02. 18.)
인쇄	2023년 12월 26일, 발행: 2023년 12월 31일
주소	세종특별자치시 가림로 143, 8층
전화	044-417-9600
팩스	044-417-9608

<http://www.auri.re.kr>

가격: 10,000원, ISBN: 979-11-5659-455-0

이 연구보고서의 내용은 건축공간연구원의 자체 연구물로서  
정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.



#### | 연구책임

---

남성우 부연구위원

#### | 연구진

---

조상규 선임연구위원

김영현 연구위원

권오규 부연구위원

김신성 연구원

오민정 연구원

#### | 외부연구진

---

박인수 파크이즈건축사사무소 대표

김선종 파크이즈건축사사무소 소장

#### | 연구조사원

---

오지민 연구조사원

이예진 연구조사원

정연우 연구조사원

#### | 연구심의위원

---

염철호 부원장

조영진 지속가능공간본부·빅데이터연구단장

이여경 건축공간법제연구단장

민범식 한아도시연구소 부회장

김성아 성균관대학교 건축학과 교수

김인한 경희대학교 건축공학과 교수

#### | 연구자문위원

---

감동호 간삼건축 수석

강동관 한화시스템 부장

구기운 한화건설 과장

김규완 현대자동차 책임매니저

김규환 한국로봇산업진흥원 책임연구원

김대순 삼우종합건축사사무소 프로

박규태 디버 이사

손상희 LG경영연구원 연구위원

오영준 LGCNS 팀장

윤성훈 청주대학교 교수

윤준성 LX한국국토정보공사 차장

이기홍 한화건설 대리

이명순 KT 이스테이트 부장

이병규 현대엘리베이터 상무

이상범 희림건축 수석

장승래 디버 대표이사

정성인 카크랩 대표

정성훈 간삼건축 상무

정인환 HD현대로보틱스 책임연구원

---

조성태 삼우종합건축사사무소 프로

최미림 간삼건축 수석

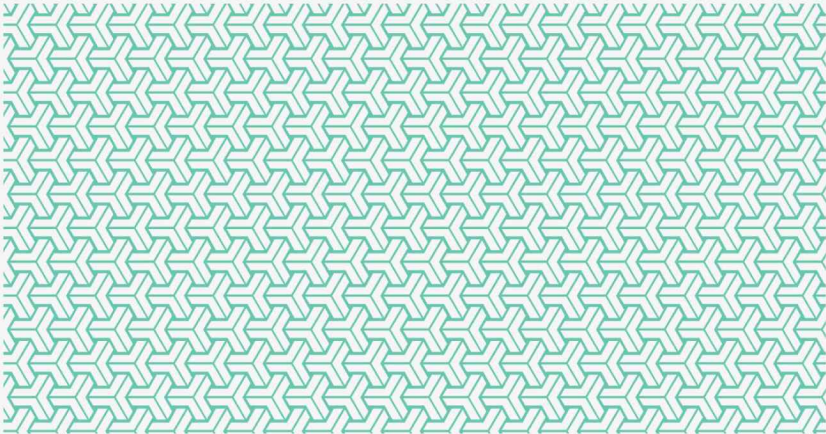
최종석 솔리테오 수석부장

홍재호 도구공간 이사

황지현 스마트도시협회 과장

# 연구요약

Summary



## 1. 연구 개요

### 1) 연구의 배경 및 목적

UAM, 로봇, 자율주행차 등의 기술은 건축물 내에서 제약 사항과 추가적인 공간 수요를 발생시킨다. 건축물에서의 서비스 제약으로는 계단, 문턱, 좁은 공간 등이 있고, 추가 공간 수요로는 충전 및 유지보수 공간, 전용 리프트 공간 등이 요구된다. 그러나 건축 분야의 디지털 전환 속도가 다른 분야에 비해 낮고, 건축물에 기술 적용에는 아직까지 적절한 대응이 이루어지고 있지 않은 실정이다. 이에, 건축물 내에서의 기술 및 서비스 운용에 따른 문제와 수요를 고려한 계획 기준이 필요한 상황이다.

이러한 연구의 배경과 필요성에 따라 본 연구는 제4차 산업혁명시대, 공간기반 혁신기술들의 융복합 과정에서의 문제 해결과 공간 수요에 대해 수용성 제고를 위한 건축물에 대한 계획 기준을 도출하는 것을 주요한 목적으로 한다.

### 2) 연구의 방법

본 연구의 수행 방법은 다음과 같다. 첫째, 건축물에서 고려해야 할 공간에 기반하여 적용 및 서비스되는 기술들에 대한 조사와 전문가 의견 수렴을 통해 건축물의 공간 변화에 대해 논의하였다. 둘째, 이러한 변화를 수용하기 위한 건축물의 계획 요소와 기준들에 대해 전문가 의견 조사를 실시함으로써 건축 계획에서 고려해야 할 사항들을 도출하였다. 마지막으로 도출된 고려 사항들을 정리하여 계획 기준들과 참고할 수 있는 도면들을 제시하고 제도화 방안을 제시하였다.

## 2. 연구 주요 내용 및 논의 사항

본 연구의 2장에서는 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화에 대해 논의하였다. UAM, 로봇, 자율주행차와 같은 공간기반 혁신기술의 발전으로 예상되는 공간 변화로 UAM의 경우, 이착륙 공간인 버티포트의 계획과 안전 기준이 필요하며, 로봇은 건축물 내 활용에 대한 기준을 적용해야 한다. 자율주행차는 탑승자 이동 및 물품 상하차 공간과 주차 공간 등을 고려해야 한다. 이러한 기술들이 건축물과 융복합될 때, 각 분야에 맞는 시스템과 건축물 유지관리 시스템 간의 관계를 고려해야 한다.

3장에서는 해외에서 적용하고 있는 관련 계획 기준들과 전문가 심층 조사를 통

해 필요한 계획 기준 작성을 위한 자료들을 수집하고 계획 요소들을 확정하기 위한 피드백 과정을 수행하였다. 이러한 절차를 통해 4장에서 UAM, 로봇, 자율주행차 등 공간기반 혁신기술과 융복합된 건축물에 대한 계획 기준을 다음과 같이 개발하였다.

첫째, 계획 기준의 총칙으로서 목적, 정의, 기술 범위, 건축물 용도, 서비스 시나리오를 제시하였다. 둘째, 계획 수립을 위한 고려 사항으로 기술 및 서비스 선정, 사업 추진 결정, 재원 조달 계획, 적정 입지 검토, 계획 여건 등이 계획 수립에 어떻게 고려되는지를 언급하였다. 셋째, UAM 서비스를 위한 건축 계획으로 건축물을 활용한 UAM 서비스 목표를 설정하고, 구조적인 측면뿐만 아니라 버티포트 설치, 비행 안전, UAM 관제, 환승 시설 등에 대한 다양한 고려 사항을 상세하게 다루었다. 넷째, 로봇 서비스를 위한 건축 계획: 건축물 내외 로봇 서비스의 목표를 명시하며, 로봇의 이동, 통행, 주차, 보안 등에 대한 기술적 및 구조적 고려 사항을 자세히 제시하였다. 다섯째, 자율주행차 서비스를 위한 건축 계획으로 건축물 내외 자율주행차 서비스의 목표, 유연성, 공간 확보, 충전, 유지관리, 안전 및 데이터 보안에 대한 다양한 고려 사항을 기술하였다. 여섯째, 스마트 기술·서비스를 위한 건축 계획으로 스마트 기술·서비스 목표와 운영, 재난 및 범죄 안전, 헬스케어, 주차, 에너지 관리 등 다양한 분야에 걸친 고려 사항을 제시하였다. 마지막으로 스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축을 위해 시스템 통합, 보안, 로봇과 건축물 간 통신, 전파 방해 방지, 스마트 도시 운영센터와의 연계, 가변형 건축물 구성 항목을 계획 기준으로 제시하였다.

### 3. 결론 및 제언

본 연구에서 제안한 건축물 계획 기준은 관련 법령의 제정으로 수립 근거를 마련하고, 세부 계획 기준은 대통령령인 시행령의 위임사항으로 하여 국토교통부령 또는 고시로 세부 내용을 결정하는 방식으로 제도화하는 방안을 제안한다.

다만, 본 계획 기준이 내포한 기술적 한계에 따라 추후 실증과 검증 과정을 거쳐 안전성 검토 수행 및 기준의 보완이 후속 진행되어야 한다.

#### 주제어

공간기반 혁신 기술, 모빌리티, 플랫폼, 건축물 계획 기준, 제도, 스마트+빌딩



---

## 차례 CONTENTS

### 제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적	2
1) 연구의 배경	2
2) 연구의 목적	9
2. 연구의 범위 및 방법	10
1) 연구의 범위	10
2) 연구의 방법	11
3) 연구의 추진 체계	13
4) 연구의 흐름	14
3. 선행연구 검토 및 차별성	15
1) 선행연구 검토	15
2) 본 연구의 차별성	15

### 제2장 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화 논의

1. 공간기반 기술 전망과 건축 변화 논의의 의의	18
2. 건축물 기반 미래 혁신기술 고찰	18
1) 미래학에서 본 기술 발전 담론	18
2) 건축과 도시공간 관련 미래 기술	26
3) 건축물을 기반으로 적용되는 미래 혁신기술 종합	34
3. 공간기반 기술 발전 전망	35
1) UAM(도심항공교통) 기술 발전 및 미래 전망	35
2) 로봇 기술 발전 및 미래 전망	39
3) 자율주행차 기술 발전 및 미래 전망	42
4. 공간기반 기술 융복합에 따른 건축의 변화	53
1) 건축공간 미래전망 시나리오	53
2) 건축공간 미래전망 시나리오의 실현 가능성 및 실현 시기	61



3) 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준의 필요성	69
---------------------------------	----

## 제3장 기술 융복합 건축물 계획 기준 조사 및 요소 도출

1. 조사 개요	72
2. UAM 융복합 건축물 계획 기준 조사	72
1) FAA, Engineering Brief #105	72
2) EASA(유럽 항공안전청)의 버티포트 디자인 기술서	76
3) Guidelines for vertiport design by CASA	78
3. 로봇 융복합 건축물 계획 기준 조사	80
1) 로봇 친화형 건축물 인증	80
2) Design for Maintainability Guide (Residential, Non-residential)	83
4. 자율주행차 융복합 건축물 계획 기준 조사	86
1) 자율주행차로 인한 건축 공간의 변화	86
2) 자율주행차의 도입에 따른 도로 및 주차공간의 변화	86
5. 계획 기준 도출을 위한 전문가 의견 조사	89
1) 의견 조사 추진 과정	89
2) 전문가 의견을 위한 계획 기준 항목 초안 작성	89
3) 1차 전문가 의견 조사 결과	92
4) 2차 전문가 의견 조사 결과	96
5) 3차 전문가 의견 조사 결과	100
6) (4차) Skyports사 대상 UAM 버티포트 설치 등에 대한 의견 조사 결과	112
7) (5차) 기술 융복합 미래 건축 공간의 계획 요소 도출 심층 조사	115

## 제4장 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발

1. 건축물 계획 기준 개발 개요	122
2. 계획 기준의 구성	122

---

## 차례 CONTENTS

3. 계획 기준의 개발	123
1) 총칙	123
2) 계획 수립을 위한 고려 사항	128
3) UAM 서비스를 위한 건축 계획	131
4) 로봇 서비스를 위한 건축 계획	143
5) 자율주행차 서비스를 위한 건축 계획	148
6) 스마트 기술·서비스를 위한 건축 계획	151
7) 스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축	154

### 제5장 결론

1. 계획 기준의 제도화 방안	158
1) 계획 기준 운영 방향	158
2) 계획 기준의 제도화 방안	158
2. 연구 한계 및 제언	159
1) 연구 성과 요약	159
2) 연구 한계	160
3) 후속 과제	160

참고문헌	163
------	-----

SUMMARY	167
---------	-----

[표 1-1] 4차산업혁명 기술 관련 제도 및 정책 동향	3
[표 1-2] 4차 산업혁명 기술과 건축의 연계	5
[표 1-3] 건축 분야 투자 증감 변화 ('15년 기준)	6
[표 1-4] 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사 과정	12
[표 1-5] 선행연구의 주요 내용 및 본 연구의 차별성	15
[표 2-1] 28개 분석대상 이슈	19
[표 2-2] 10개 분석대상 이슈	19
[표 2-3] 미래이슈 분석에 따른 15대 핵심기술 중 건축도시공간 관련 기술	20
[표 2-4] 제4차 산업혁명을 이끄는 기술	23
[표 2-5] MIT 10대 혁신기술(Breakthrough Technologies) 추이('23~'16년)	24
[표 2-6] 홈오토메이션(Home Automation) 서비스시스템 예시	27
[표 2-7] 지능형건축물 인증제(IBS) 평가 항목	29
[표 2-8] 공간 및 건축 계획 시 고려되어야 하는 스마트도시 내 기술·서비스 도출	30
[표 2-9] 국토교통 분야 4차 산업혁명 구현 동향조사 총괄표(18개)	31
[표 2-10] 제4차 산업혁명을 견인하는 건축 분야 세부 기술	33
[표 2-11] 건축물을 기반으로 적용되는 미래 혁신기술 종합	34
[표 2-12] UAM의 특징	35
[표 2-13] UAM의 서비스 형태 전망	35
[표 2-14] eVTOL의 유형	36
[표 2-15] 버티포트의 유형 및 항로구축·연계교통 개념도	37
[표 2-16] 최고 기술국 대비 국내 UAM 관련 기술수준 및 격차	39
[표 2-17] 로봇 유형 및 활용분야	40
[표 2-18] 향후 물류로봇 제품발전 전망	42
[표 2-19] 자율주행 레벨에 따른 구분	43
[표 2-20] 우리나라 부분자율주행시스템(Level 3) 안전기준	44
[표 2-21] 자율주행 기술분류 및 요소기술	46
[표 2-22] 자율주행 안전, 보안 기술	47
[표 2-23] 자율주행차 시범운행지구별 도입서비스 및 범위	49
[표 2-24] 자율주행차량 플랫폼 현황	51
[표 2-25] 자율주행차의 발전 현황	52
[표 2-26] 전문가 조사 대상	54

## 표차례 LIST OF TABLES

[표 2-27] 전문가 조사 내용	54
[표 2-28] 주거시설의 미래 전망	56
[표 2-29] 상업시설의 미래 전망	57
[표 2-30] 업무시설의 미래 전망	58
[표 2-31] 의료시설의 미래 전망	58
[표 2-32] 운수시설의 미래 전망	59
[표 2-33] 군사시설의 미래 전망	59
[표 2-34] 문화집회시설의 미래 전망	59
[표 2-35] 건축공간 미래전망 시나리오	60
[표 2-36] 주거시설 미래전망 시나리오 실현 가능성	62
[표 2-37] 상업시설 미래전망 시나리오 실현 가능성	63
[표 2-38] 업무시설 미래전망 시나리오 실현 가능성	63
[표 2-39] 의료시설 미래전망 시나리오 실현 가능성	64
[표 2-40] 기타시설 미래전망 시나리오 실현 가능성	65
[표 2-41] 주거시설 미래전망 시나리오 실현 시기	66
[표 2-42] 상업시설 미래전망 시나리오 실현 시기	66
[표 2-43] 업무시설 미래전망 시나리오 실현 시기	67
[표 2-44] 의료시설 미래전망 시나리오 실현 시기	68
[표 2-45] 기타시설 미래전망 시나리오 실현 시기	68
[표 2-46] 건축공간 미래전망 시나리오(실현 가능성 60%이상)와 건축계획 검토 필요사항	70
[표 3-1] 로봇 친화형 건축물 인증 기준 세부 평가 항목	81
[표 3-2] 자율주행차로 인한 공간의 변화	87
[표 3-3] 자율주행차의 주차장 공간 최소화	87
[표 3-4] 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사 과정	89
[표 3-5] 전문가 의견 조사를 위한 계획 기준 항목 초안	89
[표 3-6] 3차 전문가 의견 조사 개요	100
[표 3-7] 3차 전문가 의견 조사의 구성 및 세부 항목	101
[표 3-8] Skyports 사 대상 의견 조사 개요	113
[표 3-9] 전문가 심층 조사 개요	115
[표 3-10] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 설비 요건	117

---

## 표차례

## LIST OF TABLES

[표 3-11] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 구조 요건	118
[표 3-12] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 재료 요건	119
[표 4-1] 계획 기준의 구성	122
[표 4-2] 버티포트 위계별 시설 설치 구분	129
[표 4-3] UAM 항공기체별 크기 및 성능	132
[표 4-4] FAA, EASA, CASA의 장애제한표면(Obstacle Limitation Surface) 기준	136
[표 4-5] 수직 이착륙 절차 파라미터의 최소/최대 수치	138
[표 5-1] 공간기반 기술 융복합 건축물 계획 기준 제도화를 위한 조문(안)	159

## 그림차례 LIST OF FIGURES

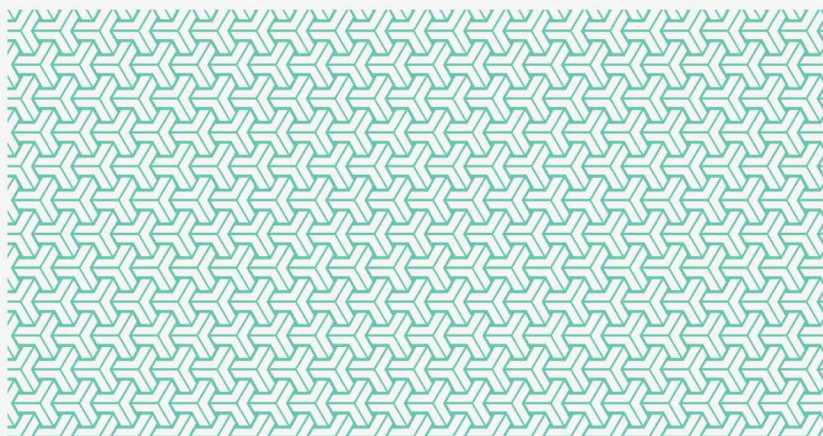
[그림 1-1] 스마트 기술·서비스의 접목을 고려한 도시 공간 변화	2
[그림 1-2] 자율주행, 로봇택배, 인공지능(AI) 기반 스마트혁신 서비스를 직접 체험할 수 있는 세종 스마트시티의 미래 모습	4
[그림 1-3] 건축·건설분야의 디지털화 수준	6
[그림 1-4] FAA(미연방항공청)의 UAM 운항서비스를 위한 건축 디자인 지침 초안	7
[그림 1-5] 공간 기반 기술·서비스의 건축·도시 환경 내 운용에 따른 문제와 건축환경	8
[그림 1-6] 공간 기반 기술의 범위 설정	10
[그림 1-7] 공간 기반 기술이 적용된 건축 공간	11
[그림 1-8] 연구의 추진 체계	13
[그림 1-9] 연구의 흐름	14
[그림 2-1] 드론을 이용한 BIM기반 역설계 프로세스	32
[그림 2-2] 서비스 플랫폼 예시	37
[그림 2-3] 운항 정보예시	37
[그림 2-4] 버티포트의 종류 및 예상도	38
[그림 2-5] 지능형 로봇 종류	40
[그림 2-6] 기존 운전자 차량과 자율주행차의 운행 방식 비교	42
[그림 2-7] 자율주행차 인지 센서	45
[그림 2-8] 자동차 네트워크 세부 기술	46
[그림 2-9] 자율주행차 핵심기술 요소	47
[그림 2-10] 자율주행 리빙랩 예시	48
[그림 2-11] 7대 자율주행 공공 서비스	49
[그림 2-12] 구글 프로토타입 자율주행차	50
[그림 2-13] UBER가 제시한 다양한 버티포트 디자인	55
[그림 2-14] 자율주행차로 인한 공간 변화	56
[그림 3-1] FAA가 제시하는 버티포트의 규격	73
[그림 3-2] 버티포트의 경사	73
[그림 3-3] 버티포트의 표준 마킹 기준	74
[그림 3-4] 버티포트의 조명 설치 기준	75
[그림 3-5] 버티포트의 규격 및 형태	76
[그림 3-6] 버티포트 안전구역의 경사면 설치 가이드라인	77
[그림 3-7] 버티포트 활주로 경로 및 너비	77

## 그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 3-8] 버티포트 표식 예시	79
[그림 3-9] 버티포트 조명 설치 예시	79
[그림 3-10] 로봇 친화형 건축물 인증 지표	81
[그림 3-11] 로봇의 활동 공간 확보 예시	85
[그림 3-12] 자율주행자동차의 활용에 따른 업무시설의 지하주차장 변화 예상	86
[그림 3-13] 자율주행차가 개별 공간으로서 건축물 내로 진입하여 공간 형성	87
[그림 3-14] 전통적 주차장 설계에서 자율주행차로 가능한 주차장 변화	88
[그림 3-15] Skyports가 글로벌에서 실험중인 스터디 모델: 두바이, 파리	112
[그림 4-1] 스마트+빌딩의 개념도	124
[그림 4-2] 수도권 2단계 실증노선으로서 도심항공교통(UAM) 전용 항공지도	130
[그림 4-3] Joby S4 eVTOL의 Dimension 설정	132
[그림 4-4] 건축물 옥상부 버티포트의 공간 구성	133
[그림 4-5] FAA 기준 버티포트 이착륙 공간 규격	134
[그림 4-6] EASA 기준 버티포트 이착륙 공간 규격	134
[그림 4-7] EASA 기준 준용 버티포트 이착륙 진입부 각도별 비행 영역	135
[그림 4-8] EASA의 장애 배제 영역 설정 가이드라인	137
[그림 4-9] EASA 기준 준용 건축물 수직형 버티포트의 안전한 이착륙을 위한 비행 영역 설정	138
[그림 4-10] 버티포트 구획별 구배 및 배수 구역	139
[그림 4-11] 옥상부 버티포트로 수직 이동하는 전용 승강기 설계 예시	140
[그림 4-12] 탑승·환승을 위한 보안검색실 및 이착륙장 이동 동선 설치 예시	141
[그림 4-13] 공공청사 옥상부의 버티포트 설치 예시	142
[그림 4-14] 건축물 내부 로봇 이동 등 서비스를 위한 설계 예시	147
[그림 4-15] 건축물 지상부 등 옥외 공간의 자율주행차 서비스를 위한 설계 예시	149



# 제1장 서론



1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
3. 선행연구 검토 및 차별성

# 1. 연구의 배경 및 목적

## 1) 연구의 배경

### (1) 모빌리티 등 공간에 기반한 기술·서비스들의 급격한 발전 및 확산에 따른 관련 제도 마련 및 정책 대응 활발

#### □ 공간 기반 기술·서비스에 대한 담론 지속 확대

4차 산업혁명 기술과 서비스의 발전은 건축과 도시 공간으로 확장되고 있으며, 이에 야기되는 공간의 물리적 공간 변화에 대한 예측과 대응 논의가 지속적으로 확대되고 있다.

미래학자, 스마트도시 연구자들의 견해 등 최신 기술·서비스 동향 고찰을 통해서도 도시공간구조, 모빌리티와 교통 인프라, 에너지 등 기타 도시 인프라와 함께 주거, 상업, 업무 건축물의 변화에 대한 종합적 논의가 진행되고 있다.



[그림 1-1] 스마트 기술·서비스의 접목을 고려한 도시 공간 변화

출처: 조상규 외. (2021). p. 151; 153.

#### □ 모빌리티, 로봇, 스마트시티 등 제도 마련 및 로드맵 수립 등 정책적 대응

과거 「유비쿼터스도시법」을 시작으로 '17년 「스마트도시법」을 제정하면서 국가 및 지자체 계획 수립, 건설사업 시행, 스마트도시서비스 활성화, 추진체계, 시범 도시사업, 규제 특례 등을 규정함으로써 스마트도시 기술·서비스 확산에 기여하였다. 또한 윤석열정부는 4차 산업혁명이라는 세계사적 대전환의 시대에 맞춰 글로벌 선도 국가로서의 도약을 위한 국토교통산업 미래 전략산업화를 국정과제 등으로 추진 중이다.

더불어, 4차 산업혁명 기술의 개발과 보급, 기반 조성 및 발전 등을 목표로 하는 법제도를 제정하고, 중장기적 목표 수립 및 관련 사업 추진을 위한 로드맵 등

계획들도 수립되고 있다.

[표 1-1] 4차산업혁명 기술 관련 제도 및 정책 동향

법제도	정책·기술 로드맵 등
「모빌리티혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」(‘23.4)	· 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵(‘20.5)
	· 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술 로드맵(‘21.6)
	· 모빌리티혁신 로드맵: UAM 부문(‘22.9)
	· K-UAM 운용개념서(‘21.9)
「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」(‘20.12)	· 2019~2023 제3차 지능형로봇 기본계획(‘19)
「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」(‘21.7)	· 모빌리티혁신 로드맵: 자율주행 부문(‘22.9)

출처: 연구진 작성

## □ 공간기반 모빌리티 기술들에 대한 정책 시행

미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 UAM 인증체계 마련, 로봇 보급 및 자율차 생태계 조성을 위한 관련 정부들의 지원책 등 정책들이 시행 중이다.

미국 연방 항공국(FAA)은 eVTOL인증기술 기준을 마련하고 UAM 관련 규제 개혁에 3단계 접근 방식(Crawl-Walk-Run)을 채택하여 기존 항공법이 허락하는 범주에서 기체 운항을 허용하면서 새로운 규제 제정 및 개혁을 동시 진행하고 있다(심혜정, 2021, p.16).

일본은 ‘로봇 신전략’을 발표하고 사회문제 해결을 목표로 로봇 관련 규제개혁, 기술 개발, 로봇 보급, 시스템 통합(SI) 기업 및 인력육성 등을 지원(국회도서관, 2022, p.9), 미국은 다부처협력 ‘국가로봇계획’을 추진하고 있으며, 민간과 공공이 컨소시엄을 추진하여 제조업 분야의 로봇산업 지원 정책 등을 추진하고 있다.

유럽은 ‘Europe on the move’에서 2020년까지 고속도로 자율주행화, 2030년까지 완전 자율주행화 로드맵제시, 미국은 자율주행 가이드라인을 발표하고 실증단지 조성 등을 추진 중이다(정태승 외, 2023, p.33).

## (2) 건축 공간을 대상으로 한 기술·서비스 접목

### □ 국토교통분야 4차산업혁명 기술서비스

국토교통부의 2018년 4차 산업혁명 견인기술 동향조사·분석 보고서에서는 국토교통 분야를 건축, 도시, 시설물, 플랜트, 수자원, 도로교통, 철도교통, 항공교

통, 물류 등 9개 분야로 구분하고 있다.

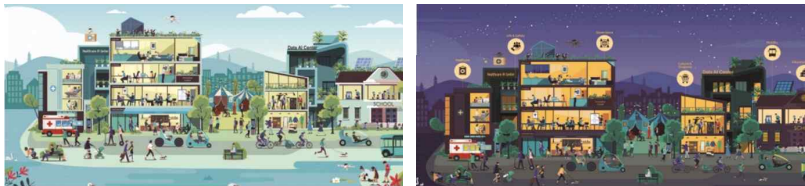
이중 건축 기술은 사람, 물품, 설비를 안전하고 효율적으로 수용하기 위한 건축물에 관련된 기술로서 주거 및 단지조성 기술, 첨단/융복합 건축물 기술, 초대형/특수 건축물 기술, 건축물 성능향상 기술을 포함한다(국토교통부, 2018, p.18).

□ 건축물이라는 공간 대상으로서 기술·서비스 구현(남성우 외, 2022, pp.45-46)

2021년 지능형로봇 실행계획에서는 로봇을 공공시설(공항, 우체국 등), 병원, 물류센터, 공장 등 실제 건축물에 보급하고 국민들이 생활에서 체감할 수 있도록 사업을 추진하고 있다. 또한, 로봇 드론 등 첨단 모빌리티를 배송수단으로 활용하고자 하며, 공공 다중이용시설, 공동주택단지, 주거밀집지역 등에 무인 배송 서비스 실증 확대를 계획 중이다(국토교통부, 2022, p.23).

UAM 서비스 확산을 위해서는 버티포트 등 인프라를 조기 구축하고자 하며, 주요 거점 공항에 버티포트를 우선적으로 구축하고, 철도 역사나 복합환승센터 등에 단계적으로 버티포트 확충을 계획하고 있다(국토교통부, 2022, p.19).

스마트도시 세종 국가시범도시에서는 자율주행, 로봇택배 등 4차 산업혁명 기술 기반 서비스를 계획하는 등 4차 산업혁명 기술을 실제 도시에 구현하며, 안정적 서비스 운용을 추진 중이다.



[그림 1-2] 자율주행, 로봇택배, 인공지능(AI) 기반 스마트혁신 서비스를 직접 체험할 수 있는 세종 스마트시티의 미래 모습

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.46. [그림 3-2] 재인용; 대한민국 정책브리핑. (2021). 자율주행·로봇택배가 내 삶 곁으로...4차 산업혁명으로 가는 이정표. 5월 25일 기사. <https://www.korea.kr/special/policyFocusView.do?newsId=148887815&pkgId=49500763> (검색일:2022.11.30.)

이처럼 생활공간에서 드론, 로봇, 자율주행차 등 4차 산업혁명기술에 기반한 다양한 서비스 제공을 점차 확대하고자 하나, 건축공간에 대한 고민과 대응이 미흡한 실정이다.

국외에서는 4차 산업혁명 기술을 적용하거나 제공하는 공간에 대한 연구가 진행 중이며, 기술 개발, 확산뿐만 아니라 기술의 도입에 따른 건축공간 변화 및 영향

과 이에 따른 향후 건축공간의 계획 방향에 대해 고민하고 공간 계획을 위한 지침, 가이드라인 등을 제시하고 있다.

제도적, 정책적 기반이 마련되어 있고 빠른 속도로 산업 및 시장이 성장하고 있고 상용화 되고 있는 일부 기술 및 서비스를 우선적으로 건축 공간과 연계함으로써 4차 산업혁명 기술의 발전에 건축공간이 대응할 수 있도록 대응방안을 단계적으로 마련이 필요하다.

[표 1-2] 4차 산업혁명 기술과 건축의 연계

구분	주요 내용	건축과의 연계 사항
로봇	아파트 공용부에서 입주민의 짐을 받아 이동하는 배송 로봇	· 배송로봇 이동통로, 보관공간 등에 대한 건축물 설계 반영 · 충돌 방지를 위한 건축물 센서 필요
드론 / UAM	도심 안에서 사람 또는 물건을 싣고 다닐 수 있는 항공 교통 수단	· 건축물 옥상에 UAM 터미널 설치를 위한 세부기준 마련 · UAM 터미널 이용자 이동동선 확보
자율주행	사람의 조작 없이 교통수단이 인공지능 또는 외부 서버와의 통신에 따라 스스로 운행하는 시스템	· 건축물 내 자율주행차 전용 주차공간·동선 마련 · 건축물 내부에서 GPS 작동 지원
전기차	화석연료 대신 전기를 동력으로 하는 자동차	· 건축물 내 전기차 충전 스마트그리드 연계 · 전기차 화재 대비 건축물 내 전용 소방설비 확보(화학약품 등)
초연결기술(5G, 저궤도 위성 등)	저궤도(200~2,000km) 상공에 인공위성을 설치 등을 통해 어디서나 초고속 이동통신 서비스 제공	· 저궤도 인공위성과의 정보통신 설비 구축 · 건축물 내부 통신 음영 지대 해소

출처: 남성우·오민정. (2022). p. 47.

### (3) 건축 분야 현 주소와 변화 동향

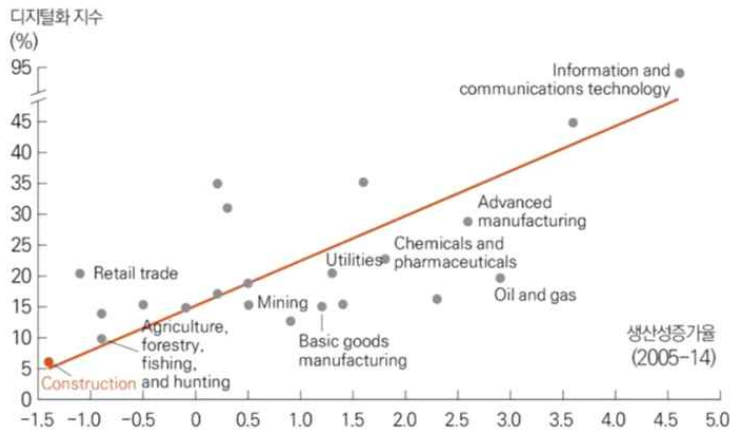
#### □ 건축 분야 현 주소

건축·건설 분야는 다른 분야에 비해 디지털 전환 속도가 늦고 기술 활용이 초기 단계에 머물고 있다. '17년 Construction 분야의 디지털화 지수는 6%로 정보통신기술(95%), 제조(28%), 농림수산(10%)에 비해 낮은 수준이며, 건축 분야 투자 규모는 '17년 207조원을 달성한 이후 5년 간 약 180조원 규모를 유지하며 정체되고 있는 상황이다.

[표 1-3] 건축 분야 투자 증감 변화 ('15년 기준)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
건축투자 (조원)	157.8	184.6	207.4	199.6	185.2	183.5	185.3
증가율 (%)	9.4	17.0	12.4	-3.8	-7.2	-0.9	1.0

출처: 한국은행(국민소득팀), 건설투자동향(2015~2021). [https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1219](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1219)(검색일: 2022.08.25.)



[그림 1-3] 건축·건설분야의 디지털화 수준

출처: 과학기술전략연구소. (2019). p.12; 이상호. (2018). p.90; McKinsey Global Institute. (2017). p.57.

#### □ 건축 분야 기술서비스 접목에 따른 변화 동향

로봇, UAM, 자율주행 등 4차산업혁명 기술·서비스를 접목시킨 새로운 건축물이 계획·설계 단계에서 실현까지 나타나고 있다.

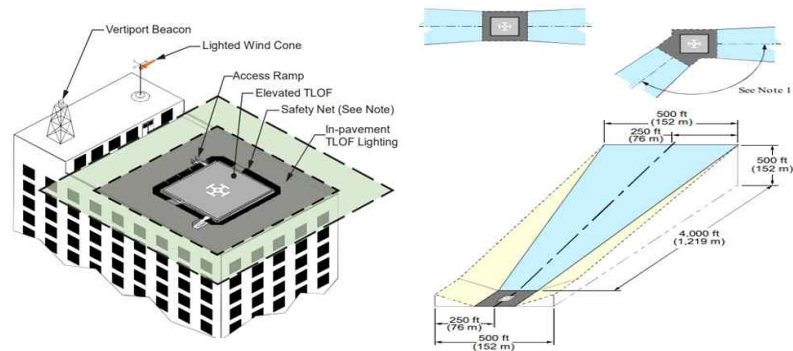
미국 LA의 「Guidelines to Design Buildings for Robot Delivery Services」, 세계 최초인 우리나라의 로봇친화형 건축물 민간 인증을 받은 「네이버 사옥 1784」 등 로봇의 자유로운 이동을 지원하는 건축물의 설계·구현 진행 중이다.

미국 연방항공청(FAA)에서 '22년에 건물에 설치된 버티포트(Elevated Vertiport)의 설계 범위 등 고려사항과 시야비행구역(Visual Flight Rule)을 명시한 「Engineering Brief No.105」 초안을 발표하였다. 유럽 항공안전청(EASA)에서도 버티포트프로토타입 설계를 위한 기술 명세서인 「Vertiports: Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced

Category(PTS-VPT-DSN)」을 '22년에 발간하였다.

독일의 Lilium 및 미국의 Uber와 같은 기업들은 자사의 UAM vertiport 건물 디자인에 대해 연구 및 설계를 진행 중이기도 하다.

자율주행 기술 발전에 맞춰 차량 간 밀집주차가 가능해 지고, 자율주행차가 건축물과 통합되어 공간으로 서비스되는 개념들이 나타나는 등 자율주행을 고려한 건축물의 변화도 요구되고 있다.



[그림 1-4] FAA(미연방항공청)의 UAM 운항서비스를 위한 건축 디자인 지침 초안

출처: FAA. (2022). p.22; 37.

#### (4) 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 방향 및 기준 제시 필요

##### □ 모빌리티 중심 공간기반 기술 접목에 따른 건축물 내 서비스 제약 문제 및 공간 수요 발생

건축물에서 운용되거나 서비스가 예상되는 기술·서비스들 중 UAM, 로봇, 자율주행차 등 모빌리티 관련 기술·서비스는 공간에 기반하여 기술 구현 및 서비스가 운용되는 특성을 가진다. 이들은 건축물 조성 환경에 따라 운용 가능 여부와 제품 상용화에 영향을 미치는 요인이다.

현재 상용화 로봇은 건축물 내 이동에 대한 제약으로 제한된 서비스에 대해 운용되고 있으며, 사고 발생 등 잠재적 문제가 내재화 되어 있다.

- (서비스 제약) 계단, 문/문턱, 좁은 공간, 경사진 지형, 엘리베이터 탑승 외 다양한 장애물
- (공간 수요) 충전 및 유지보수 공간, 전용 리프트 공간, 넓은 통로 공간, 관제 및 통제실 등



도심항공교통인 UAM의 경우에는 건물로의 이착륙을 위한 버티포트 도입을 위한 옥상부 크기, 하중 지지를 위한 구조 기준, 여객터미널, 전용 승강기, 비행구역 확보 등 공간적 요구조건이 건축적으로 수용되어야 한다.

- (서비스 제약) 주변 건물, 전선, 미기상등에 의한 비행 안전문제, 소음문제, 옥상면적 제약 등
- (공간 수요) UAM 서비스 요구 공간: 버티포트, 충전 및 유지보수 공간, 터미널 및 탑승수속 공간, 비행 관제실 등



시큐리티로봇이 계단에서 굴러 침수된 모습



로봇이 여닫이 문을 여는 데 실패



공간요구사항이 반영된 인프라로서의 버티포트



UAM 이착륙을 위해 요구되는 비행구역

#### [그림 1-5] 공간 기반 기술·서비스의 건축·도시 환경 내 운용에 따른 문제와 건축환경

출처: 구본권.(2017). 한겨레. 조롱 당한 경비로봇의 역설. 7월 24일 기사.

<https://www.hani.co.kr/arti/PRINT/804067.html> (검색일: 2024.1.24.); BEANO.

Funny Robot Fails!. <https://www.beano.com/posts/epic-robot-fails> (검색일:

2024.1.25.); Researchgate. (2022). Vertiport design, vertiport placement and other infrastructure.

[https://www.researchgate.net/figure/Vertiport-design-vertiport-placement-and-other-infrastructure-related-topics-23\\_fig2\\_353347749](https://www.researchgate.net/figure/Vertiport-design-vertiport-placement-and-other-infrastructure-related-topics-23_fig2_353347749) (검색일: 2024.1.24.); to70. (2022). Vertiports - Initial thoughts on their design.

<https://to70.com/vertiports-initial-thoughts-on-their-design/> (검색일: 2024.1.24.)

#### □ 기술 융복합 건축물의 도입·확산을 위한 계획 기준 제시 필요

앞에서 언급한 바와 같이, 건축물 내 공간기반 기술·서비스 운용에 따라 발생 또는 예측되는 문제와 공간 수요 등 현안들의 발굴을 통해 건축물에서의 기술 수용성을 제고하고, 새로운 건축 정책 추진을 위한 계획 기준이 긴요한 시점이다.

## 2) 연구의 목적

이러한 연구의 배경과 필요성에 따라 본 연구는 제4차 산업혁명시대, 공간기반 혁신기술들의 융복합 과정에서의 문제 해결과 공간 수요에 대해 수용성 제고를 위한 건축물에 대한 계획 기준을 도출하는 것을 주요한 목적으로 한다.

본 연구의 핵심 성과물인 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준을 제시함으로써 궁극적으로는 수요처인 건축주와 설계, 건설사에서 새로운 건축 모델을 보급할 수 있고, 기술을 보유한 기업 등 공급처가 기술과 제품을 상용화하기 위한 공간 수요를 지원하는 것을 목표로 한다.

### □ 4차산업혁명시대 건축공간의 미래 변화 및 계획 요소 도출

- 공간기반 기술 발전 전망 및 건축공간의 미래 변화 논의
- 기술 융복합 건축물 계획 기준 조사
- 건축물 계획 기준에 포함되어야 할 요소 도출

### □ 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발

- 계획의 범위와 대상 설정: 계획 기준의 목적, 정의, 기술 범위, 대상, 서비스 시나리오 등
- 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발

### □ 제도화 방안 제안

- 법령 제정안 및 위임에 따른 계획 기준 근거 마련

## 2. 연구의 범위 및 방법

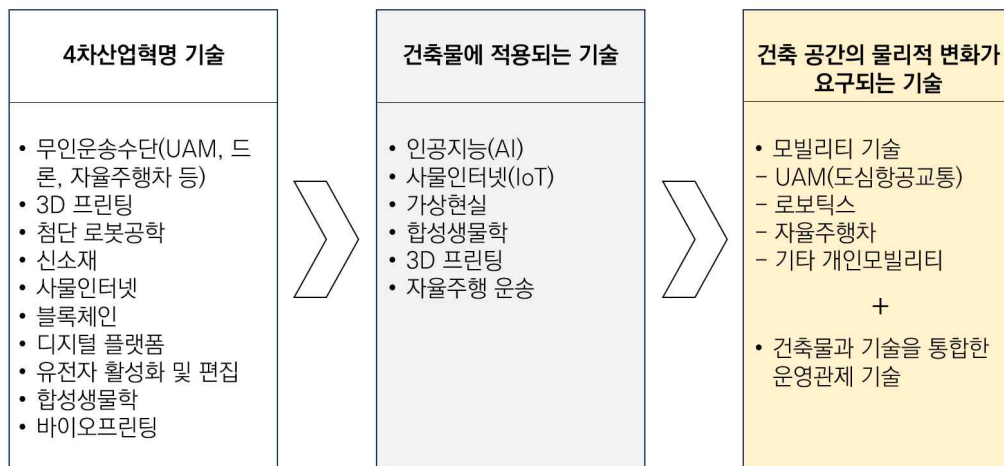
### 1) 연구의 범위

#### □ 공간 기반 혁신 기술의 범위

본 연구에서 다루고 있는 공간 기반 혁신 기술은 4차산업혁명 기술들 중 공간에 기반하여 기술들이 적용되고 그 기술에 따른 제품과 서비스가 공간적인 수용을 요구하는 기술들을 일컫는다.

구체적으로는 모빌리티 분야 UAM, 로봇, 자율주행차에 대한 기술과 제품 운용을 위한 서비스를 공간 기반 혁신 기술로 대상을 설정한다.

이는 4차산업혁명 기술 중 대표적 공간 기반 기술이자 제품 상용화가 가장 빠르게 이루어지고 있는 분야로, 국민 생활과 밀접하게 연관됨으로써 건축에서도 필수적으로 수용되어야 하는 대상들이다.



[그림 1-6] 공간 기반 기술의 범위 설정

출처: 연구진 작성

#### □ 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 연구의 기술적 범위에 해당하는 제품들의 사용자를 위한 서비스의 주요한 대상으로서 국민의 삶의 공간이자 공간기반 혁신 기술들의 최종 활용처인 건축 공간을 대상으로 한다.

출처: 남성우 · 오민정. (2022). p.64.

본 연구의 진행을 위해 수행한 방법은 다음과 같다. 첫째, 건축물에서 고려해야 할 공간에 기반하여 적용 및 서비스되는 기술들에 대한 조사와 전문가 의견 수렴을 통해 건축물의 공간 변화에 대해 논의하였다. 둘째, 이러한 변화를 수용하기 위한 건축물의 계획 요소와 기준들에 대해 전문가 의견 조사를 실시함으로써 건축 계획에서 고려해야 할 사항들을 도출하였다. 마지막으로 도출된 고려 사항들을 정리하여 계획 기준과 참고할 수 있는 도면들을 제시하고 제도화 방안을 제시하였다.

## 제1장·서론 11

수행하였다.

#### □ 전문가 심층 의견 조사

본 연구는 다수의 전문가를 대상으로 단계적이고 심층적인 의견 조사를 실시함으로써 계획 기준 도출의 주요한 방법으로 활용되었다.

계획 기준의 도출을 위한 의견 조사 사전에 기술 발전에 따른 미래 건축공간의 변화에 대한 전망에 대한 논의를 진행하였고, 이를 기초로 하여 기술 요소와 계획 요소들을 발굴하였다. 이러한 의견 조사의 결과로 최종적으로 계획 기준을 도출하였다.

- 기술의 발전 및 적용에 따른 건축공간의 미래변화를 전망하여 용도·기술별 건축공간의 변화 시나리오 발굴
- 1차 조사를 통해 정리된 미래전망 시나리오에 대하여 실현 가능성과 실현 시기 예측 및 건축 설비, 구조, 재료 등 계획 요소 도출
- 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발

[표 1-4] 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사 과정

차수 (시기)	의견 조사 내용	대상
1차 (‘23.03)	· UAM·드론 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출 · 로봇 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출	· 간삼건축 · 삼우건축
2차 (‘23.05)	· 로봇 서비스 및 지원을 위한 시스템 구축을 위한 건축물 계획 요소 도출	· KT
3차 (‘23.06)	· 1-2차 전문가 의견조사 내용을 반영한 계획 기준 초안에 대해 UAM, 로봇, 자율주행, 시스템 분야 전문가 풀 선정 및 보완 의견 조사 실시	· UAM, 로봇, 자율주행차 관련 11개 기업
4차 (‘23.08)	· 건축물 옥상에 설치하는 버티포트 조성 규모, 기준 등	· Skyports
5차 (‘23.11)	· 건축공간 미래전망 시나리오의 실현 가능성 및 시기 조사 · 기술 융복합 미래 건축 공간의 계획 요소 도출 심층 조사	· 스마트+빌딩 얼라이언스 전문가

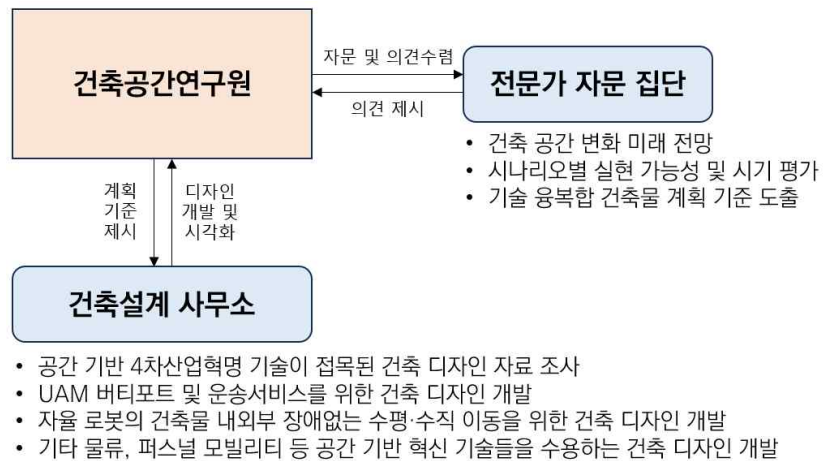
출처: 연구진 작성

### 3) 연구의 추진 체계

본 연구의 4장에서 다루는 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준에서 제시하는 계획도면의 생성을 위해 건축설계사무소와 협동하여 연구를 추진하였다.

뿐만 아니라, 앞서 연구 방법에서 활용한 것으로 제시한 혁신기술과 건축설계 분야 전문가들과 함께 계획 기준 발굴을 위한 협력 체계를 구축함으로써 연구 성과를 도출하였다.

- UAM, 로봇, 자율주행 기술을 접목시킨 해외 건축 디자인 자료 조사 및 모델 시각화 방향 설정
- UAM 이착륙 및 이동 서비스를 제공하기 위한 버티포트 및 지원시설, 로봇의 수평·수직 이동을 위한 건축 공간, 자율주행차와 퍼스널 모빌리티 등을 수용하는 건축 모델에 대한 시각화된 세부 디자인 개발 및 제시



[그림 1-8] 연구의 추진 체계

출처: 연구진 작성

#### 4) 연구의 흐름



[그림 1-9] 연구의 흐름

출처: 연구진 작성



### 3. 선행연구 검토 및 차별성

#### 1) 선행연구 검토

AI, 모빌리티 등 4차산업혁명 기술과 스마트 기술·서비스의 접목에 따른 건축물과 도시 등 공간 변화 및 영향에 대해 논의한 연구들이 기 수행되었다.

스마트 기술·서비스와 융복합된 건축물 관련 선행 연구들은 스마트도시를 중심으로 공간 변화를 예측하고 계획방향을 마련하는 연구와, 스마트기술을 구현하는 스마트건축의 개념 정립과 활성화를 위한 제도로서 인증 도입·운영을 위한 연구가 수행되었다.

2022년 건축공간연구원에서 수행한 「스마트건축 인증 도입 및 운영 방향 연구」에서는 스마트건축의 개념 정립과 도입 기술·서비스를 고려한 계획요소 발굴로 인증제도 항목과 도입 방향을 제시한 바 있다.

#### 2) 본 연구의 차별성

본 연구는 공간 기반 혁신 기술·서비스 적용 건축물의 현안 발굴 및 융복합된 건축물 계획 기준 제시로 연구 범위와 내용에서 선행연구들과 차별성을 가진다.

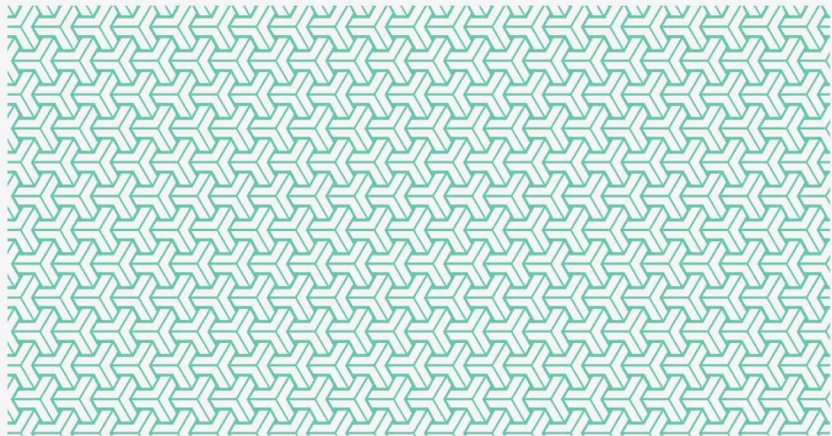
[표 1-5] 선행연구의 주요 내용 및 본 연구의 차별성

	연구목적	연구방법	주요 연구내용
선행 연구	<p>·과제명: The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Smart and Sustainable Cities</p> <p>·연구자(년도): Gabrielli do Livramento Gonçalves, et al(2021)</p> <p>·연구목적:</p> <p>-4차 산업혁명의 혁신이 사회, 경제, 환경 분야에서 미친 영향과 급속한 혁신, 고용 창출, 도시 자원의 더 나은 사용, 더 긴 제품 수명 주기와 같은 도시 맥락에서의 적용 분석</p>	<p>·스마트 시티, 지속 가능한 도시 및 스마트 지속 가능한 도시 관련 문헌 특성화</p> <p>·4차 산업혁명과 스마트하고 지속 가능한 도시에 미치는 영향 분석</p>	<p>·지속가능도시, 스마트시티, 스마트지속가능도시, 4차 산업혁명, 지속가능발전 키워드로 문헌 고찰</p> <p>·스마트시티와 지속가능한 도시의 주요 개념을 제시한 논문에 대해 데이터 마이닝 수행</p> <p>·스마트시티의 통합을 위한 기술의 중요성과 관련된 여러 용어가 스마트, 서비스, 정보, 연구, 시스템, 데이터, 인터넷, 도시, 네트워크, 모델, 디지털, 디지털 격차 등 단어 빈도 분석</p> <p>·도시, 네트워크, 품질, 기술, 통신, 통신, 정보, 디지털, 데이터, 에너지, 생활, 환경, 스마트, 연결, 도시 및 디자인 등 키워드 상호 의존성 분석</p>

	연구목적	연구방법	주요 연구내용
	<p>·과제명: 스마트도시 기술 및 서비스 특성을 고려한 공간 계획 방향 연구</p> <p>·연구자(년도): 조상규·김영현·남성우·윤호선·문보람·이제승(2021)</p> <p>·연구목적:</p> <p>-4차 산업혁명 기술 발전에 따른 도시공간의 변화 예측</p> <p>-공간계획에 기반한 스마트 도시 기술 및 서비스 조사·분석</p> <p>-스마트도시 기술 및 서비스를 고려한 공간계획 방향 제시</p>	<p>·이론 및 문헌 고찰</p> <p>·스마트 기술·서비스가 접목된 공간계획 조사·분석</p> <p>·스마트도시 기술 및 서비스 특성을 고려한 공간계획 방향 제시</p>	<p>·미래학자들의 도시공간 변화 담론등 스마트도시 미래 변화 논의</p> <p>·스마트도시 최신 기술·서비스 정책·연구 동향 파악</p> <p>·스마트 기술·서비스 관련 도시공간 변화 예측</p> <p>·공간기반 스마트 기술·서비스 조사</p> <p>·스마트도시 요소로서 미래 건축 변화 및 공간계획 사례 분석</p> <p>·스마트 기술·서비스 공간 특성 및 미래 스마트 도시공간 추진 전략 도출</p> <p>·스마트 기술·서비스를 고려한 공간계획 방향 제시</p>
	<p>·과제명: 스마트건축 인증 도입 및 운영 방향 연구</p> <p>·연구자(년도): 남성우·오민정(2022)</p> <p>·연구목적:</p> <p>-4차 산업기술과의 연계를 건축 기획 단계부터 고려하고, 기술과의 융복합적 결과물인 스마트건축이 새로운 건축 산업과 가치를 창출·확산을 위한 인증제도를 도입하고, 운영을 위한 방향들을 제안</p>	<p>·4차산업혁명 정책 및 건축물 융복합 기술 조사</p> <p>·스마트건축 서비스 시나리오 및 건축 요소 발굴</p> <p>·스마트건축 인증 도입 및 운영 방향 및 활성화 방향 제시</p>	<p>·4차산업혁명 관련 정책 현황 및 건축물 융복합 정책·기술 조사</p> <p>·4차산업혁명 기술과 건축물 연계 사업 발굴</p> <p>·스마트건축의 개념 정립 및 서비스 운용 시나리오, 건축 요소 도출</p> <p>·스마트건축 인증 도입 및 운영을 위한 민간부문 수요조사</p> <p>·인증 도입방향, 대상, 운영 방향제시</p> <p>·인센티브, 규제 개선 등 인증 활성화 방향 및 인증 제도화 방향</p>
본 연구	<p>·과제명: 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 연구</p> <p>·연구목적:</p> <p>-4차산업혁명시대 건축공간의 미래 변화 및 계획 요소 도출</p> <p>-공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발</p>	<p>·문헌 및 사례 조사</p> <p>-4차산업혁명 기술 발전 담론 등 문헌 조사</p> <p>-UAM, 로봇, 자율주행차 등 공간기반 기술 발전 파악 및 미래 전망 관련 문헌 조사</p> <p>-UAM, 로봇, 자율주행 기술 융복합 건축물 관련 계획 기준 조사</p> <p>·전문가 의견 조사</p> <p>-기술 융복합 건축물 계획 기준안에 대한 전문가 의견 수렴</p> <p>-건축공간 미래 변화 및 계획 요소 도출을 위한 조사 실시</p>	<p>·공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화 논의</p> <p>·기술 융복합 건축물 계획 기준·사례 조사 및 요소 도출</p> <p>·공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발</p> <p>-계획 범위 및 대상: 기술 범위, 건축물 용도, 입지 선정, 신축/기축 구분</p> <p>-건축물 계획 기준: UAM·드론, 로봇, 자율주행차 서비스, 운용 지원 시스템 구축</p> <p>·제도화 방안 제시</p>

출처: Gabrielli L.G. et al. (2021), 조상규 외. (2021), 남성우 외. (2022)를 참고하여 연구진 재작성

## 제2장 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화 논의



1. 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화 논의
2. 건축물 기반 미래 혁신기술 고찰
3. 공간기반 기술 발전 전망
4. 공간기반 기술 융복합에 따른 건축의 변화

## 1. 공간기반 기술 전망과 건축 변화 논의의 의의

□ 4차산업혁명 시대, 건축물의 기술 수용성을 평가하고 기술을 고려한 발전 방향 논의 필요

본 장에서는 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 변화를 논의하고자 한다. 4차산업혁명 시대인 지금, 사람을 위한 기술과 서비스들이 빠르게 개발·확산되고 있으며, 이러한 확산은 궁극적으로 건축과 도시공간에서 이루어진다. 공간적 관점에서 기술이 구현하는 제품들이 운용되고 서비스되고 있기 때문이다.

공간기반 기술에 대한 전망은 4차산업혁명 등 미래 혁신기술들이 건축 공간을 토대로 새롭게 발전하는 것들이 무엇인지 살펴보는 것이다. 이를 통해 건축물의 기술 수용성을 평가할 수 있다.

이처럼 건축물의 혁신 기술 수용성을 판단함으로써 건축물이 기술 수용을 위해 발전과 변화해야 하는 방향에 대한 논의와 고찰이 필요하다. 본 장에서 이러한 논의를 통해 건축물의 기술 수용성 제고를 위한 현안과 고려사항 등 건축물의 변화 방향을 살펴보도록 한다.

## 2. 건축물 기반 미래 혁신기술 고찰

### 1) 미래학에서 본 기술 발전 담론

#### (1) 미래이슈 분석 보고서(2015)

2015년 우리나라 정부에서 발표한 미래이슈 분석 보고서에서 경제·사회·환경·정치 분야의 28개 분석대상 이슈를 선정하고, 10년 후에 각광받을 15대 핵심기술을 선정하였다.

28개 분석대상 이슈 도출을 위해, 먼저 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF), 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD), 미국 국가정보위원회(National Intelligence Council, NIC) 등 국외 전문기관의 미래전망보고서, 한국개발연구원, 과학기술정책연구원 등 국내 주요기관의 미래전망 보고서, 그리고 지난 30년간 국내 10대 뉴스를 활용하여 42개 이슈를 후보군으로 선정하였다. 도출된 42개 이슈를 대상으로 미래 준비위원회와 관련 전문가 등의 검토를 거쳐 경제, 사회, 환경, 정치 분야에

서 총 28개의 이슈를 선정하였다.

[표 2-1] 28개 분석대상 이슈

분야	이슈명칭
경제 (6)	초연결사회, 저성장과 성장전략 전환, 디지털 경제, 고용불안, 제조업의 혁명, 산업구조의 양극화
사회 (10)	저출산·초고령화 사회, 불평등 문제, 미래세대 삶의 불안정성, 삶의 질을 중시하는 라이프스타일, 다문화 확산, 전통적 가족개념 변화, 학력중심 경쟁적 교육, 젠더이슈 심화, 난치병 극복(100세 시대), 사이버
정치 (5)	식량안보, 주변국과 지정학적 갈등, 북한과 안보/통일 문제, 전자 민주주의, 글로벌 거버넌스
환경 (7)	재난위험, 에너지 및 자원고갈, 기후변화 및 자연재해, 국가간 환경영향 증대, 원자력 안전문제, 생물다양성의 위기, 식품안전성

출처: 이광형 외. (2015). pp.3~4.

28개 분석대상 이슈에 대해 학계, 연구계 등 전문가와 미래세대인 대학생들을 대상으로 설문조사를 통해 10년 후의 관점에서 중요하게 생각하는 10대 이슈를 아래 표와 같이 도출하였다.

[표 2-2] 10개 분석대상 이슈

분야	이슈명칭
경제 (2)	저성장과 성장전략 전환, 고용불안
사회 (4)	저출산·초고령화 사회, 불평등 문제, 미래세대 삶의 불안정성, 사이버 범죄
정치 (1)	북한과 안보/통일
환경 (3)	에너지 및 자원고갈, 기후변화 및 자연재해, 국가간 환경영향 증대

출처: 이광형 외. (2015). p.5.

또한 15대 핵심기술은 맥킨지(McKinsey) 컨설팅 그룹, MIT, IBM, WEF, 가트너(Gartner) 등 국외 전문기관이 발표한 유망기술과 삼성경제연구소, 한국과학기술기획평가원, 한국과학기술정보연구원, 특허청 등 국내 전문기관에서 발표한 유망기술 등을 참고하여, 기존의 기술분류나 표준분류 등의 체계와의 관계없이 유망하다고 발표된 기술(단위기술, 시스템 기술)을 대상으로 선정하였다. 각 이슈의 중요성, 이슈와의 연관관계, 그리고 핵심기술과의 연관관계 등에 대한 인식조사를 실시하고 그 결과를 세계경제포럼(WEF)의 글로벌 리스크에서 사용한 「네트워크 분석」을 활용하여 분석하였다. 분석 결과, 인공지능, 사물인터넷, 유전공학 및 분자생물학, 온실가스 저감기술, 원자력 기술 등은 다양한 이슈들과 높은 연관관계를 갖는 핵심기술로 나타났다.

[표 2-3] 미래이슈 분석에 따른 15대 핵심기술 중 건축도시공간 관련 기술

기술	15대 핵심기술 주요 내용	건축도시공간 관련 기술
사물인터넷	·정보통신기술을 기반으로 주위의 모든 사물을 연결하여 사람과 사물, 사물과 사물간에 정보를 교류하고 상호소통하는 기술을 의미. 지능형 인프라 및 서비스 기술, 스마트 홈, 자율주행 자동차, 스마트 카 등	→ 자율주행차, 지능형 건축물
빅데이터	·기존 역량을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형 데이터 집합 및 이러한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술을 의미. 구성원에 따른 맞춤형 서비스 구현, 범인검거 등에 활용	→ 지능형 건축물
인공지능	·지성을 갖추고 사고활동을 할 수 있도록 인공적으로 만들어진 장치를 의미. 인간 체스챔피언과 겨루어 이긴 IBM의 딥블루, 휴머노이드 로봇, 빅데이터-인공지능 결합을 통한 감성로봇 등	→ 로봇, 자율주행차, UAM, 지능형 건축물
가상현실	·컴퓨터와 같은 기기를 통하여 실체가 아닌 어떤 특정한 환경이나 상황을 실제처럼 구현하는 기술을 의미. 인간-기계인터페이스(HCI), 원격의료 등	→ 지능형 건축물
웨어러블 디바이스	·신체에 착용할 수 있도록 휴대가 가능하거나, 피부에 직접 부착하거나, 복용할 수 있도록 제작된 디바이스를 의미. 의복, 시계, 안경, 건강용 기기 등에 사용되어 신체기능을 대체하거나 엔터테인먼트 용도 등으로 활용	→ 지능형 건축물
줄기세포	·무한증식이 가능한 자가 재생산과 다양한 세포로 분화가 가능한 만능세포를 의미. 장기이식을 통한 만성질환 치료, 줄기세포 이식을 통한 장기 재생, 혈액 대체를 통한 수명연장을 가능하게 함	-
유전공학 분자생물학	·분자수준에서 생명현상을 이해하는 기술로 유전자와 같이 생명현상에 관여하는 분자를 조작하여 인간에게 이로운 산물을 얻어내는 기술을 의미. 인슐린이나 성장호르몬의 대량생산, 태아의 유전적 기형검사, 유전자재조합식품(GMO), 유전자 선택태아, 개인맞춤형 의료, 희귀종 유전자 은행 등을 가능하게 함	-
분자영상	·세포나 그 이하 단계의 생물학적 과정을 생체 내에서 영상화하여 그 특성을 규명하고 정량화하는 기술을 의미. MRI, PET-CT처럼 인체를 절제하지 않고 암, 뇌졸중과 같은 중증질환의 조기발견에 활용	-
나노소재	·나노미터 단위로 물질의 구조를 제어하거나 혼합함으로써 제작되는 새로운 기능이나 우수한 성질을 나타내는 소재를 의미. 더 작고 빠른 나노전자공학 소자, 가볍고 튼튼한 구조체, 단열성능이 우수한 소재, 더러워지지 않는 소재, 기능성 의류, 의공학용 생체친화 소재, 기능성 화장품 등	→ 제로에너지건축물, 친환경 건축물
3D 프린터	·3차원 제품의 형상을 디지털로 설계 및 스캔하여 다양한 재료를 이용하여 쌓아올리는 방식으로 입체 구조물을 제작하는 기술을 의미. 조립과정 없이 제품 생산, 인공관절 및 뼈 제조 등에 활용가능	→ 스마트 건설
신재생 에너지	·자연 상태에서 만들어진 환경위해성이 적은 에너지를 의미. 태양광, 풍력, 조력, 지열, 폐기물/바이오 에너지 등	→ 제로에너지건축물
온실가스 저감기술	·지구온난화를 일으키는 CO2, CH4 등 온실가스의 배출량을 줄이거나, 대기 중의 온실가스를 포획하여 감축시키는 기술을 의미. 전기자동차, 이산화탄소 포집 저장기술, 탄소순환형 바이오 화학공장 등	→ 제로에너지건축물, 친환경 건축물
에너지·자원 재활용 기술	·에너지·자원을 사용 후 폐기하지 않고 다시 사용하는 기술을 의미. 에너지 하베스팅, 플라스틱 재활용, 희유금속 재활용, 핵연료 재활용, 폐수 재활용 등	→ 제로에너지건축물
우주기술	·우주물체의 설계, 제작, 발사, 운용 등에 관한 연구 및 기술개발과 우주공간의 이용·탐사와 관련되는 기술을 의미. 우주발사체, 기상·환경위성, 달 탐사선, 우주의 희소자원 탐사선 등	-
원자력 기술	·원자핵 반응을 인위적으로 제어하여 그 반응에서 얻어지는 에너지를 활용하는 기술을 의미. 원자력 발전, 핵융합발전, 동위원소를 활용한 정밀측정, T-ray 등 피폭량이 적은 비파괴검사에 활용	-

출처: 이광형 외. (2015). p.24.

이중 건축도시공간 분야와 관련있는 기술은 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 가상현실, 웨어러블디바이스, 나노소재, 3D프린터, 신재생에너지, 온실가스 저감 기술, 에너지·자원 재활용 기술로 볼 수 있다. 이러한 기술은 지능형 건축물, 제로 에너지건축물, 스마트 건설 등 기존 건축도시공간분야에서도 신기술 도입을 위해 다양한 기술이 개발되고 있는 분야이다. 그러나, 인공지능과 관련하여, 자율주행차, 로봇, UAM 관련하여서는 건축물과 각 기술이 어떻게 만날지에 대한 기술과 제도 검토가 미흡하다고 할 수 있다.

## (2) ‘클라우드 슈밥’의 제 4차 산업혁명(2016)

2016년 세계경제포럼 창설자인 ‘클라우드 슈밥’은 ‘제4차 산업혁명’ 저서에서 제4차 산업혁명을 이끄는 기술을 물리학, 디지털, 생물학의 관점에서 정의하였다. 이는 세계경제포럼의 연구와 포럼내부 글로벌 어젠다 카운슬(Global Agenda Councils)의 다양한 결과물을 바탕으로 도출되었으며, 신개발 및 신기술에는 정보통신기술과 디지털화의 광범위한 힘이 활용된다는 점을 이해해야 한다고 말한다.

메가트렌드를 이루는 주요 물리학 기술은 무인운송수단, 3D프린팅, 첨단 로봇공학, 신소재 크게 4개로 분류된다. 드론, 트럭, 항공기, 보트를 포함한 다양한 무인운송수단 분야가 있으며, 3D프린팅은 대형 풍력발전기부터 소형 의료 임플란트에 이르기까지 광범위하게 응용되고 있다. 3D프린팅 기술로 인해 맞춤 생산이 가능해질 예정으로 회로판 같은 통합전자부품에서부터 인간세포 및 장기까지 포괄할 정도로 적용 범위가 확장될 예정이다. 열과 습도 등의 환경 변화에 반응하는 능력을 갖춘 자가변형(Self-Altering)기기인 4D 프린팅도 연구가 진행 중이다. 물리학 기술의 또 다른 부분으로 첨단 로봇공학 분야는 오늘날 정밀농업에서 간호까지 전 분야에 걸쳐 광범위한 업무를 처리할 만큼 활용도가 높아지고 있다. 이로인해 클라우드 서버를 통해 원격 정보에 접근이 가능하고, 다른 로봇들과 네트워크로 연결될 수 있다. 차세대 로봇은 그 중요성이 강조되는 ‘인간과 기계의 협업’을 중점으로 개발될 것으로 보인다. 마지막으로 신소재분야는 제4차 산업혁명이 구현한 여러 혁신처럼, 어떤 방향으로 전개될지 예상하기는 쉽지 않고 제조업과 인프라 산업의 판도를 뒤흔들 시장으로 평가받고 있다. 또한 특정 원자재에만 의존하는 국가에 막대한 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

디지털 기술분야는 상호연결된 기술과 다양한 플랫폼을 기반으로 한 제품, 서비스, 장소 등과 인간의 관계로 설명된다. 실생활과 가상 네트워크를 연결해주는 센서가 다양한 형태로 사용되고 공급망 관리 방식부터 다양한 시설과 산업에서



영향을 받을 것으로 예측되고 있다. 사물인터넷 기술에서 가장 광범위하게 활용되는 모니터링 시스템은 물품, 서류 등의 배송상황에서뿐만 아니라 사람의 이동과 추적에도 활용될 예정이다. 블록체인기술은 거래 기록과 승인이 이루어지기 전에 컴퓨터 네트워크상에서 참여자들 공동의 검증을 받아야 하는 보안 프로토콜로 프로그래밍이 가능한 블록체인은 암호화된 보안으로 모두에게 공유되기 때문에 특정 사용자가 시스템을 통제할 수 없고, 참여자 모두에게 검증을 받아야 하므로 더욱 신뢰할 수 있는 거래 방식으로 평가된다. 디지털 플랫폼은 개인이나 조직이 자산을 활용하여 거래를 하거나 서비스를 제공할 때 발생하던 거래비용과 마찰비용을 대폭 감소시킨다. 접근 가능한 수준에서 공급과 수요를 성사시키고, 소비자에게 다양한 상품을 제공하며, 공급과 수요 양측이 교류하고 피드백을 주고받을 수 있도록 하여 신뢰를 심어주는 플랫폼이다.

생물학 기술은 유전자의 혁신으로 인해 유전자 염기서열분석 비용이 줄고 절차가 간소해지고 있으며, 최근 유전자 활성화 및 편집기술까지 가능해지고 있다. 유전자 활성화 및 편집기술은 진보한 연산력을 활용하여 시행착오를 겪지 않고 특정 유전변이가 어떻게 유전적 특성과 질병을 일으키는지를 연구하고 있다. 합성생물학은 DNA 데이터를 기록하여 유기체를 제작할 수 있는 기술로 의학 분야에 직접적인 영향을 줄 뿐 아니라 농업과 바이오 연료 생산에도 해법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 바이오프린팅 기술은 조직 복구와 재생을 위한 생체조직을 만들어내기 위해 유전자 편집 기술과 3D 제조업이 결합한 것으로 이미 이 기술을 이용해 피부와 뼈, 심장과 혈관 조직을 만들어냈으며, 훗날, 3D 프린터로 출력한 간세포를 여러 층으로 쌓아올려 이식용 장기를 만들 수도 있을 것으로 예상된다.

제4차 산업혁명은 진행 속도와 범위 외에도 수많은 분야와 발견이 끊임없이 융합하고 조화를 이루는 독특한 습성을 지니고 있는데, 건축분야에서도 다양한 기술이 개발 중이다. 디자이너와 건축가들은 전산설계, 적층가공, 재료공학, 합성생물학을 접목해 미생물과 인간의 신체, 소비재와 거주 건물까지 포괄하는 시스템을 개척하고 있다. 또한 본 도서에서는 ‘스마트 도시’에 대한 하나의 챕터를 다룰 만큼 여러 과학기술 기반 프로젝트를 연결하고 미래의 서비스를 추가할 수 있는 핵심 기술과 플랫폼으로 서술하고 있다.



[표 2-4] 제4차 산업혁명을 이끄는 기술

기술 구분	세부 기술
물리학(Physical) 기술	무인운송수단(UAM, 드론, 자율주행차 등)*
	3D 프린팅(대형 풍력발전기, 소형 의료 임플란트 등)*
	첨단 로봇공학(클라우드서버를 통한 원격 로봇)*
	신소재*
디지털(Digital) 기술	사물인터넷(원격 모니터링 기술(물류 등))*
	블록체인(금융거래, 코드화 서류 등)
	디지털 플랫폼(우버, 페이스북, 에어비앤비 등)
생물학(Biological) 기술	유전자 활성화 및 편집 기술(인간게놈프로젝트)
	합성생물학(슈퍼컴퓨터 '왓슨' 시스템)*
	바이오프린팅(생체조직 프린팅 기술)

\* 건축도시공간 관련 분야

출처: 클라우드 슈밥. (2016). 을 참고하여 연구진 작성

### (3) MIT 테크놀로지 리뷰(2016~2023)

미국 MIT 테크놀로지 리뷰는 '01년 이후 매년 초 향후 정치·경제·의료·문화 등 사회 다방면에서 파급효과가 클 것으로 전망되는 10대 혁신기술을 선정하여 발표하고 있는데, 현재 상용 중인 기술부터 단기간에 적용가능하거나, 향후 5~10년 후 사회적·경제적 파급효과를 불러올 수 있는 기술을 포함한다. 미래유망기술인 6T(IT, BT, NT, ET, ST, CT) 중 4차 산업혁명과 직접적으로 연결된 정보기술분야(IT)가 매년 높은 비율을 차지한다. 특히, 인공지능 등의 영역이 꾸준히 높은 비율을 차지하고 있으며, ICT 영역 등은 2013년부터 매년 10대 혁신기술로 선정되었다. 또한, 2018년에는 '스마트시티'에서 한층 진화된 모습인 '센싱시티'도 소개하였는데, 첨단 디지털 기술 중심으로 도시 설계·디자인 사업을 전개하고 있는 사이드워크랩스(구글 자회사)의 프로젝트를 대표적 사례로 설명하였다. 2023년에는 경기 불황, 시장 불안에도 불구하고 디지털 전환과 더불어 수요가 늘고 있으며 특히, 공공부문 시장에서의 진출 기회가 확산하며 클라우드 시장 성장을 견인하고 있다.

[표 2-5] MIT 10대 혁신기술(Breakthrough Technologies) 추이('23~'16년)

2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
면역공학	마비환자의 운동능력 복구기술	3D 금속 프린팅	손재주가 뛰어난 로봇*	해킹 불가능한 인터넷*	mRNA 백신	경구용 코로나19 치료제	제임스웹 우주망원경
농작물 유전자 편집	자율주행 트럭	인공배아	차세대 원자력	개인맞춤형 치료	GPT-3	실용적인 핵융합로	콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술
대화형 인터페이스	안면인식 결제	센싱시티*	조산 예측	디지털 화폐	틱톡 추천 알고리즘	비밀번호의 종말	이미지를 생성하는 AI
재사용 로켓	실용적 양자컴퓨터*	모두를 위한 AI*	소형 캡슐형 장기 검사기	노화 방지 의약품	리튬금속 배터리	'단백질 접힘' 예측용 AI	주문형 장기이식
자율지능 로봇*	360도 셀카	스스로 학습할 수 있는 AI*	맞춤형 암 예방 백신	AI를 활용한 새로운 분자 발견	데이터 트러스트	지분증명	원격진료를 통한 임신중절
DNA 앱스토어	고온 태양전지	동시통역 이어폰	인공고기로 만든 햄버거	소형위성 거대 군집시스템	친환경 수소 에너지*	오래지속되 는 전략망용 배터리	개방형 표준의 반도체 칩 설계
솔라시티 '기가팩토 리'*	유전자 치료 2.0	탄소배출 제로 천연가스	이산화탄소 포집기*	양자컴퓨팅 실용화*	디지털 접촉 추적	AI를 위한 합성 데이터*	고대 유전자의 분석
업무용 매신저 '슬랙'	세포지도	완벽한 온라인 프라이버시	손목형 심전도 측정기	작은 인공지능*	초정밀 위치정보 기술*	말라리아 백신	배터리 재활용
테슬라 자율주행기 술*	사물봇넷	유전자 분석을 통한 개인별 미래 예측	하수도 없는 위생시설*	차등 정보보호	원격의 시대*	탄소 제거 공장*	자동차 산업의 주류가 된 전기차*
공기 전력 공급*	강화학습	양자컴퓨터 를 이용한 세포 분자 구조 분석	자연스러운 대화가 가능한 AI 비서*	기후변화 분석기술*	다중 스킬의 AI	코로나 변이 추적	군사용 드론의 대중화 기술*

\* 건축도시공간 관련 분야 / ※ 6T 중 IT에 해당하는 혁신기술의 경우, 색으로 표현  
출처: MIT Technology Review('23~'16)

#### (4) 2021~2045 미래사회 전망

과학기술정보통신부와 한국과학기술기획평가원에서는 정기적으로 과학기술예측조사를 실시하고 있으며, '21년에 이루어진 제6회 예측조사에서는 2021~2045년까지의 미래사회를 전망하고 있다. 여기에서 도출된 12개의 미래 이슈들 중 '도시의 변화'가 하나로 선정되었으며, '초연결 스마트시티의 가속'이 세부 이슈로 다음과 같이 6가지 항목의 관련 기술 부문들이 도출되었다.

##### □ 에너지·물·폐기물로부터 독립된 도시

도시 유지를 위해 필요한 에너지/물/자원과 도시 내 생산되는 폐기물 처리를 순환시켜 에너지 독립 도시를 구축하는 것을 주요 목표로 한다. 세부적으로는 하수·폐기물 처리와 물·전기·열 생산을 통합한 에너지 공급 시스템 구축, 재생에너지를 활용한 도시에너지 공급, 전기·열 에너지 및 자원 사용 효율화 기술 개발, 도심지 내 혐오시설 등을 지하공간에 구축/확장 기술, SOC+에너지+수자원+폐기물의 순환 총량 데이터 추출 및 관리 등을 제안하고 있다.

##### □ 이동 제약이 없는 도시

UAM(Urban Air Mobility)의 등장과 함께 도심지 내 초고속 이동 수단들이 등장하게 됨으로써 도시 내에서의 이동 제약이 사라질 것으로 전망하고 있다. 또한 AI 기술의 발달로 신호와 교통수단을 연동시키고 교통약자(노인, 장애인 등)의 안전한 이동성을 확보하는 등의 고려사항들이 대두되고 있다. 구체적으로 Air Taxi 등 이동수단 개발과 도심 공중 교통운용체계 마련(법제도 포함), 교통시설물(신호등, 가로등 등)과 이동수단 간/이동수단과 이동수단 간 연결성 강화, 교통약자의 이동성 보장을 위한 교통 및 환승체계 마련을 제안하고 있다.

##### □ 안전한 도시

안전한 도시를 위한 목표에서는 교통 사고와 범죄 사건, 자연 재해·재난, 그리고 질병으로부터 안전한 사회를 구축하기 위해 도시 모니터링 시스템 구축, 도시 내 공기흐름과 온도제어가 가능한 도시/건물 구조 및 공원배치 연구를 제안하였다.

##### □ 사이버 국토·도시(디지털트윈)의 구축 및 운영·유지 관리

디지털트윈을 중심으로 한 사이버 국토·도시는 복잡도가 증가하는 도시에서 지하와 지상, 공중의 입체적 환경을 고려한 국민 생활, 이동, 안전 등을 뒷받침하기 위해 반드시 구축되어야 하는 인프라로 설명하고 있다. 이러한 사이버 국토/도

시 인프라의 안전하고 경제적인 구축, 그리고 유지관리를 위해 국토/도시 공간 데이터 허브 구축, 물리적 국토/도시 공간과 가상의 4차원(3차원+Life Cycle) 공간 구축과 실시간 연관 자료의 업데이트, 사이버 국토/도시 공간 구축 및 데이터 축적/분석/추출을 위한 데이터 댐 구축·표준화·플랫폼 마련을 제안하였다.

#### □ 사이버 주민 등장

COVID-19 시기, 국가 간 또는 지역 간 이동이 제한되면서, 사이버 상에서 주민으로 등록되어 경제·문화 활동과 커뮤니티 활동을 영위하는 주민들이 등장하였는데, 이러한 사이버 주민을 위해 보안시스템 강화, 사이버 거래 모니터링 시스템, 사이버상의 거주 등록 이전 시스템 구축 필요성을 제시하였다.

#### □ 사회구성원 간 커뮤니티의 발달

스마트도시에서는 도시 내에서 생산되는 데이터에 대한 공유와 교환 기술이 발달하게 될 것이며, 이에 따라 사회구성원 간 커뮤니티도 발달할 것으로 예측하였다. 다양한 Community Networking Platform 개발을 통해 지역 환경문제나 사회 이슈들을 공유하고 의견을 교환하는 등 다양한 연대 활동들이 증가할 것으로 기대하였다.

## 2) 건축과 도시공간 관련 미래 기술

### (1) 새로운 건축 설비와 시스템의 발전을 이룬 지능형 자동화 기술

초기단계 홈오토메이션은 조명, 난방, 냉방, 보안 시스템, 엔터테인먼트 시스템 등을 중앙 제어하고 원격으로 관리하는 등 주택 내의 다양한 기능과 시스템을 자동화하고 통합하는 기술로 발전해왔다. 이러한 홈오토메이션을 더 연결된 환경으로 확장하는데 기여한 기술은 홈네트워크 기술이다. 홈네트워크 기술로 다양한 스마트디바이스를 연결하고 상호연동 함으로써 스마트폰이나 태블릿을 통해 건물 내 여러 시스템을 한 곳에서 관리 할 수 있게 되었다. 홈오토메이션과 홈네트워크 개념을 건물 전체로 확장한 개념이 지능형 건축물인데, 환경 조절, 에너지 효율, 보안 및 편의성을 높이는데 집중하고 있으며, 건물 내의 다양한 시스템을 통합하여 운영한다.

## (2) 홈오토메이션(Home Automation)

홈오토메이션은 주택 및 건축물 내의 다양한 기능 및 시스템을 자동화하고 통합하는 기술이다. 컴퓨터 및 통신기술을 이용하여 조명, 난방, 냉방, 보안시스템, 엔터테인먼트 시스템을 자동화하여 중앙제어 함으로써 주택 및 건축물 내에서의 편리성, 효율성 및 안전성을 증대한다.

홈게이트웨이 및 홈서버는 홈오토메이션 시스템에서 중요한 역할을 하는 장치로 홈네트워크와 외부 인터넷을 통합 및 관리하며 다양한 기기와 서비스를 연결한다. 홈게이트웨이 (Home Gateway)는 주택 내의 홈네트워크와 외부 인터넷을 연결하며, 다양한 외부망 접속 방식(xDSL, B-WLL, Cable 등)을 지원하여 주택 내에서 인터넷 공유 및 원격 제어를 가능하게 한다. 홈서버 (Home Server)는 가정 내에서 두 대 이상의 컴퓨터나 가전 기기를 통합 연결하여 다양한 디바이스, 소프트웨어 및 저장 장치를 공유, 제어 및 관리하는 역할(홈게이트웨이의 기능 포함 가능)을 한다. 홈오토메이션 시스템의 또다른 기술은 컨트롤러 (단말기)인데, 사용자 인터페이스를 제어하는 기술로, 연결방식에 따라 오프라인 단말기와 온라인 정보 단말기로 구분된다.

[표 2-6] 홈오토메이션(Home Automation) 서비스시스템 예시

분야	기능
시큐리티	침입 도난방지 시스템, 현관출입시스템, 지능형 통합기 시스템, 외출안전시스템, 엘리베이터 안전 시스템, CCTV/Webcam 모니터링 시스템 등
환경제어	냉난방 제어 및 자동환기 시스템, 조명제어시스템, 전동커튼 및 블라인드 시스템, 통합제어시스템 등
생활지원	자동수거시스템, 요리지원시스템, 자동수전시스템, 저비용가전제품 자동 작동 시스템, 청소지원시스템 등
문화 건강생활	오디오/비디오 공유시스템, 홈시어터시스템, 자동수위 및 온도조절 욕조시스템, 건강체크 및 진단 시스템 등
관리시스템	에너지관리시스템, 원격검침시스템 등

출처: 임미숙. (2001). pp. 8-10. 을 참고하여 연구진 재작성

### □ 홈네트워크

홈네트워크는 주택 내에서 데이터, 컨트롤, 엔터테인먼트 네트워크를 구축하는 기술로, 다양한 디바이스와 시스템을 연결하여 상호작용하고 통합하는 목적으로 사용하며 크게 데이터, 컨트롤, 엔터테인먼트 이렇게 세 부분으로 구분된다 (임미숙, 2001). 먼저 데이터 네트워크 (Data Network)는 주택 내에서 다양한 디바이스 간에 데이터를 공유하고 교환하는 역할을 한다. 네트워크를 통해 컴퓨

터, 스마트폰, 태블릿, 스마트 TV 등의 디바이스가 데이터를 공유하고 웹 브라우징, 파일 공유, 스트리밍 등을 통합한다. 다음으로 컨트롤 네트워크 (Control Network)는 주택 내의 모든 전자 기기를 중앙 제어하고 자동화하는 기술로, 조명, 난방, 냉방, 보안 시스템, 홈 오디오 등을 중앙 제어하고 원격에서 모니터링하고 조작한다. 마지막으로 엔터테인먼트 네트워크 (Entertainment Network)는 주택 내에서 엔터테인먼트 콘텐츠를 공유하고 스트리밍하는 역할을 담당한다. 스마트 TV, 게임 콘솔, 멀티미디어 시스템과 같은 디바이스를 연결하여 영화, 음악, 게임을 공유하고 감상하게 하는 기술이다.

### (3) 지능형 건축물(Intelligent Building)

주택에서 뿐 아니라, 모든 용도의 건축물에 건축, 전기·전자, 정보통신, 기계설비, 에너지, 환경 기술 통합을 통해 건물의 효율성과 생산성 향상을 위해 국토부는 지능형건축물 인증제(IBS)를 운영하고 있다.

#### 지능형건축물

건축물을 이루고 있는 건축, 설비, 각종 시스템들이 용도와 목적에 맞게끔 최적화되어 사용자들이 쾌적하고 편안한 상태에서 거주할 수 있도록 한다. 또한 건축물의 모든 요소들이 유기적으로 통합되고 연동되어 불필요한 에너지 소비를 줄이고 건축물의 유지관리비용을 절감하여 건축물의 효용가치가 지속가능하게 유지될 수 있도록 만들어진 건축물

(한국지능형스마트건축물협회, <https://kisba.org/>)

IBS는 「건축법 시행령」 별표1 제1호에 따른 단독주택 및 제2호에 따른 공동주택, 제3호부터 제28호까지의 건축물 등 주거시설과 비주거시설을 대상으로 건축계획 및 환경, 기계설비, 전기설비, 정보통신, 시스템통합, 시설경영관리 등 6개 분야를 평가한다. 인증등급별로 건축기준(용적률, 조경면적, 건축물 높이 제한 등)을 완화해주는 인센티브를 제공하여 지능형건축물 보급 확산을 유도하고 있다.

[표 2-7] 지능형건축물 인증제(IBS) 평가 항목

분야 (6)		주거시설 (37)	비주거시설 (60)
건축계획 및 환경		거주자의 Life Cycle 변화/피난계획/승강기 설비/리모델링 계획/신재생에너지 적용 외피계획	건축물 구조안전/건축물 피난안전/이중 바닥구조/E/V 성능 및 코어계획/일사차폐시설/편의시설/리모델링 계획/신재생에너지 적용외피계획
기계설비		기계설비 시스템의 적정성/거주자의 쾌적성 및 편의성/고효율 시스템/내진설계/제어 및 감시/신기술 적용	열원설비 반송방식/온도제어설비/외기도입과 제어/에너지절약기법/냉방, 난방, 급탕 에너지사용량 계측/절수설비/신기술 적용
전기설비		전기 및 정보통신 관련설 배치/수변전 설비의 계획/비상발전 계획/전력간선 설비/써지 보호 설비	전기실 안전 계획/전원설비 구성/자유배선 공간확보(EPS)/써지 보호 설비/고조파 보호 설비/소방 안전설비/피뢰설비/전력 사용량 계측/조명제어 설비
정보통신		통합배선 시스템의 배선규격/지능형 홈 네트워크 설비설치 수준/CCTV 설치 수준/CCTV 녹화 및 백업/에너지 데이터 표시 및 정보조회 기능/실내·외 환경 정보 제공	구내정보 통신 기반시설/백본장비 및 사용자 연결장비/네트워크 구성/네트워크 관리 및 보안/무선 LAN/출입관리 보안시스템/CCTV 설치수준/CCTV 녹화 및 백업/다목적 회의 지원시스템/중합 안내 시스템/차량 출입시스템/주차유도 및 위치인식/CATV,MATV
시스템 통합		통합 SI서버/통합대상 시스템/통합 SI서버 관리/통합 SI서버 백신 및 보안 에너지 정보수집 대상설비/단지 에너지 정보수집	통합서버 이중화/개방형 표준통신 프로토콜/SI서버 백신 및 보안/통합대상 시스템/화재연동 시나리오/방범연동 시나리오/추가연동 시나리오/BEMS 데이터 표시 및 조회기능/실내·외 환경정보 수집 및 제어 기능/설비정보에 대한 분류 체계/DB 관리를 위한 TAG 체계
시설경영 관리		시설 관리조직 구성원의 수준/작업관리 기능/자재관리 기능/에너지 관리 기능/운영업무 매뉴얼 비치수준/운영데이터 축적 수준/운영 및 유지관리 업무의 다양성/시설관리 품질평가 수준/시설관리 고객 만족도 평가 체계 수준	시설관리 조직/작업관리 기능/자재관리 기능/모바일 관리기능/운영 데이터 축적 수준/운영 및 유지관리 업무의 다양성/KS표준의 적용 수준/운영업무 매뉴얼 비치수준/에너지관리 기능/에너지 분석, 예측 및 목표관리 보고서 제공/BEMS 운영관리

출처: 지능형건축물 인증기준(국토부고시 제2016-180호)

#### (4) 건축·도시공간 분야 스마트기술 및 서비스

건축도시공간 분야에 적용되고 있거나, 적용을 고려해야하는 스마트기술 및 서비스에 대해서는 조상규 외(2021)의 연구와, 국토교통부에서 제시한 4차산업혁명 견인기술을 통해 살펴보았다.

조상규 외(2021)는 스마트 도시공간 기술·서비스 조사 결과에 따라 공간계획이 고려되어야 하는 스마트도시 내 기술·서비스를 크게 4개의 부문(모빌리티, 환경/에너지, 안전, 생활)으로 구분하고 각 부문별 고려되어야 하는 세부 기술·서비스 60가지를 도출하였다. 이중, 건축물과 연계되는 기술은 아래 표와 같이 36개로, 모빌리티 관련 기술적용을 위한 차량 및 사람의 진출입 동선과, 모빌리티 장비 충전 인프라, 드론 및 UAM 등 신규 모빌리티 이착륙 공간, 건물에너지 및 폐기물 처리 시스템, 스마트팜 등과 같은 새로운 용도, IT설비 적용, 물류 공간, 로봇 등 신기술 관련 장비 활용 공간 등 총 9개 건축 관련 부문으로 정리할 수 있다.

**[표 2-8] 공간 및 건축 계획 시 고려되어야 하는 스마트도시 내 기술·서비스 도출**

유형	세부 기술·서비스	건축기준 검토가 필요한 기술 및 서비스
모빌리티 (16)	자율주행셔틀, 수소차충전소, 메가스테이션, 차량공유, 스마트파크, 로봇발렛파크, 스마트신호등, 스마트도로, 스마트횡단보도, 스마트노면정보표시, 스마트헬터, MaaS, 교통정보제공, PM스테이션, 드론물류시스템, UAM환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>•차량 및 사람 진입 동선 : 자율주행셔틀, 스마트파크, 로봇발렛파크, PM스테이션,</li> <li>•건물 충전 인프라 : 메가스테이션</li> <li>•드론, UAM 등 이착륙 공간</li> </ul>
환경/에너지 (15)	스마트그리드 에너지관리, 마이크로그리드, 폐기물처리, 미세먼지 및 공기질관리, 제로에너지건축물, 스마트팜, 지열에너지, 침투저류형 입체보도, 차량센서 기반 도로 기상정보, 압전도로기술, 융복합충전인프라, 지붕형 태양광, 태양광패널 자동쿨링시스템, 친환경음식물자원화, 스마트정수장	<ul style="list-style-type: none"> <li>•건물 에너지 및 폐기물 처리 시스템 : 스마트그리드 에너지관리, 마이크로그리드, 폐기물처리, 미세먼지 및 공기질관리, 제로에너지건축물, 지열에너지, 지붕형 태양광</li> <li>•건물 충전 인프라 : 융복합충전인프라</li> <li>•새로운 용도 : 스마트팜</li> </ul>
안전 (15)	지능형 CCTV, 스마트폴, 사건사고비상대응시스템, 미세먼지저감서비스, 로봇페트롤, 보행자안전 IoT, 지능형 소화전, 지반모니터링, 스마트방음, 스마트스쿨존 시스템, 스마트홍수통합관리시스템, 스마트화재안전감지, 스마트시설물 모니터링, 스마트도시안전관리체계, 자율주행감시형드론	<ul style="list-style-type: none"> <li>•신기술 관련 장비 활용 공간 : 로봇페트롤,</li> <li>•IT 설비 적용 : 지능형 CCTV, 사건사고비상대응시스템, 미세먼지저감서비스, 지능형 소화전, 스마트방음, 스마트화재안전감지, 스마트시설물 모니터링, 스마트도시안전관리체계</li> </ul>
생활 (14)	스마트학교, 스마트에듀테크, 스마트홈, City App, 스마트쇼핑, 일괄배송서비스, 가변형공연문화공간, 스마트쓰레기수거서비스, 스마트커뮤니티케어, 스마트헬스키퍼, Si응급의료시스템, 공공로봇서비스, 민간로봇서비스, 시민참여형 거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> <li>•IT 설비 적용 : 스마트학교, 스마트에듀테크, 스마트홈,</li> <li>•물류 공간 : 스마트쇼핑, 일괄배송서비스,</li> <li>•새로운 용도 : 가변형공연문화공간</li> <li>•건물 에너지 및 폐기물 처리 시스템 : 스마트쓰레기수거서비스,</li> <li>•신기술 관련 장비 활용 공간 : 공공로봇서비스, 민간로봇서비스</li> </ul>

출처: 조상규 외. (2021). p.144. 를 참고하여 연구진 재작성



2018년 국토교통부가 제시한 국토교통 분야 4차 산업혁명 견인 기술은 국토교통 분야, 국외·국내, 동향유형의 항목에 따라 동향조사·분석 후, 4차 산업혁명과 관련하여 구현이 가능한 18개 기술로 구분하였다. 이중 국토교통 분야를 건축, 도시, 시설물, 플랜트, 수자원, 도로교통, 철도교통, 항공교통, 물류 등 9개 분야로 구분하였다. 건축 기술은 사람, 물품, 설비를 안전하고 효율적으로 수용하기 위한 건축물에 관련된 기술로서 주거 및 단지조성기술, 첨단/융복합 건축물 기술, 초대형/특수 건축물 기술, 건축물 성능향상 기술을 포함한다. 도시 기술은 도시를 구성하는 물리적 공간요소와 이를 계획 및 관리하는 기술로 도시인프라 구축·관리 및 운영, 도시재생, 공간정보 기술을 포함한다(국토교통부, 2018, pp.10-11).

9개 국토교통 분야 중 4차 산업혁명 견인기술별로 가장 많이 적용될 수 있는 분야는 건축, 플랜트, 도로교통, 철도교통 분야로, 건축이 6개 기술, 플랜트와 도로교통, 철도교통이 각 5개로 나타났으며, 항공교통과 물류는 각 2개로 가장 적은 것으로 조사되었다. 국토교통 분야 4차 산업혁명 견인기술 동향은 총 213건으로 조사되었으며, 건축, 도시 분야의 경우 사물인터넷 기술이 각각 16건, 31건으로 조사되어 해당 기술을 집중적으로 활용하고 있는 것으로 조사되었다(국토교통부, 2018, p.19).

[표 2-9] 국토교통 분야 4차 산업혁명 구현 동향조사 총괄표(18개)

기술 \ 분야	건축	도시	시설물	플랜트	수자원	도로 교통	철도 교통	항공 교통	물류	합계
1. 인공지능	2			4	3	11	1			21
2. 사물인터넷	16	31	9	10	9	1	5			81
3. 빅데이터				4		3				7
4. 클라우드컴퓨팅										
5. 가상현실	4	11		1		3		1		20
6. 합성생물학	3									3
7. 유전공학										
8. 뇌과학										
9. 정밀의료										
10. 3D프린팅	1		3	3			1			8
11. 자율운송수단	1		2		1	17	5	22		48
12. 로봇공학			3				1		5	9
13. 신소재										
14. 웨어러블										
15. 사이버물리시스템										
16. 나노기술										
17. 블록체인									7	7
18. 공간정보			9							9
합계	27	42	26	22	13	35	13	23	12	213

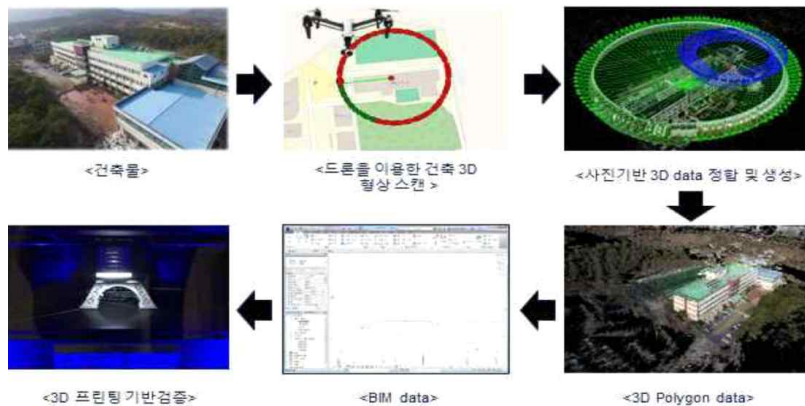
〈국토교통 분야 4차 산업혁명 동향조사 총괄표 범례〉

1건	2건	3건	4건	5건	7건	9건	10건	11건	16건	17건	22건	31건
----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

출처: 국토교통부. (2018). p.20.

위 18개분야에 대한 건축, 도시 2개 부문의 기술 중 건축분야에 한정하여 정리해 보면, 인공지능, 사물인터넷, 가상현실, 합성생물학, 3D프린팅 기술, 자율주행 운송 기술 총 6개 분야에서 관련성을 찾을 수 있다. 6개 분야의 기술 동향을 살펴 보면 다음과 같다.

먼저, 인공지능은 스마트 홈 플랫폼 개발과 실증사업화 추진으로 시장 확장성이 매우 높게 분석되며, 이용자 편의 중심의 제어 환경 구축에 대한 기업의 적극적인 사업화 전략으로 세계 시장 점유를 도전하고 있다. 두 번째로, 사물인터넷 기술은 스마트홈 및 스마트 빌딩 시장의 급격한 성장 전망(2021년 247억 3,000만 달러)에 따라 기업들의 IoT 기반 스마트빌딩 시장 참여가 확대되고 있다. 건축물의 에너지 절감, 건설현장의 안정성 제고, 스마트 빌딩 구현 등의 수단으로 IoT 기술을 접목하는 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 세 번째로, 가상현실 기술은 BIM 기술을 기반으로 실제 월드컵 경기장 설계 시공 등에 적용하며, 건축, 도시계획, 도시 시설관리, 교통분석 등 서비스 활용이 증대되고 있다. 네 번째, 합성생물학 기술 분야에서는 건축물의 콘크리트 강도와 내구성 증가를 위해 미생물 활용 및 자가치 유 콘크리트를 통한 안전한 건축 기술이 개발되고 있다. 다섯 번째, 3D 프린팅 기술관련하여 미국과 중국에서 모듈러 건축, 프린팅 건축, ICT 등 건축 프로세스의 변화를 가져올 신기술 건축을 적극 도입 중이다. 마지막으로 자율주행 운송 기술 발달로 자율주행자동차, 무인비행장치 등의 실용화 가능성이 높아짐에 따라 무인 이동체 산업이 미래 신성장 분야로 부각되고 있다(국토교통부, 2018).



[그림 2-1] 드론을 이용한 BIM기반 역설계 프로세스

출처: 국토교통부. (2018). p.93.

[표 2-10] 제4차 산업혁명을 견인하는 건축 분야 세부 기술

기술 구분	세부 내용	건축 분야
인공 지능	<ul style="list-style-type: none"> <li>국토교통부는 2025년까지 4차 산업혁명에 대응하는 기술 개발을 통해 건설현장 노동 생산성을 40%까지 향상시키고 안전사고로 인한 사망자 수를 30% 감소시키는 '제6차 건설기술진흥기본계획' 수립하며, BIM 및 시를 활용한 건설자동화 기술 개발 추진</li> <li>미래창조과학부(현, 과학기술정보통신부)는 다양한 스마트 홈 관련 제품·서비스 간 호환성, 보안성 제고를 위해 개방형 스마트 홈 서비스 연계 플랫폼 개발과 실증 테스트 환경 구축</li> </ul>	<p>[건설-시공] 스마트 건설</p> <p>[건축계획] 스마트 홈 등 지능형 건축물</p>
사물 인터넷	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국의 루트론사의 통합조명 관리시스템, 휴스턴시 펜조일 플레이스 등 건축물의 에너지 절감을 목적으로 IoT 기술 활용 확대</li> <li>프랑스의 슈나이더 일렉트릭 본사 르 하이브(Le Hive)에서는 2008년 자사의 모든 기술을 집약시켜 평범한 건물을 인텔리전트 빌딩으로 재탄생키며 에너지 절감에 성공</li> <li>싱가포르에서는 배기 팬을 센서와 연결하여 주차장 이산화탄소 센서 부착 후 측정 값이 일정 이상이면, 자동 환기시스템이 작동하도록 하는 스마트 빌딩 구축</li> <li>미국의 HCS(Human Condition Safety) 스타트업 회사는 IoT 기술을 활용하여 작업 현장의 위험을 식별하고 줄이는 기술을 개발</li> <li>송도 트리플 스트리트 쇼핑몰은 KT의 IoT 기반 통합관제 시스템을 활용하여 건물통합 관제, 스마트주차관리시스템, 긴급비상벨 솔루션 등 지원</li> <li>삼성은 애플리케이션 프로세서(AP), 통신칩, 센서 등으로 구성된 개방형 IoT 플랫폼인 '아틱(Artik)' 발표하며, IoT 기반 환경을 조성하고자 센서-네트워크-플랫폼 기술 확보 경쟁을 가속화</li> </ul>	<p>[건축계획] 제로에너지 건축물, 지능형 건축물</p>
가상 현실	<ul style="list-style-type: none"> <li>2018 러시아 월드컵 경기장인 '모르도비아(Mordovia) 아레나' 설계에 BIM 소프트웨어인 테클라 스트럭처를 사용해 시공 프로세스를 최적화하고 효율성 증진</li> <li>포스코건설, 기계, 설비, 조경, 안전 등의 분야별 담당자가 클라우드 시스템과 BIM 기술을 융합한 설계 시스템 개발을 통해 실시간으로 건축물을 설계</li> <li>포스코건설은 건물 내·외부의 온도차로 내부 공기가 상승하는 현상이 초고층건물에 미치는 영향을 분석하는 BIM 기반 해석 시스템을 산학공동연구로 개발</li> <li>트림블 코리아의 BIM 소프트웨어인 '테클라 스트럭처스(Tekla Structures)' 적용하여 2018 평창 동계올림픽 주요 경기장 중 하나인 '강릉 아이스 아레나' 설계</li> </ul>	<p>[건설-시공] 스마트 건설</p> <p>[건축계획] BIM</p>
합성 생물학	<ul style="list-style-type: none"> <li>인도에서 유익한 미생물이 남기는 침전물이 콘크리트 강도를 높인다는 결과를 활용하여 건설자재에 생물학적 접근 방식을 도입</li> <li>네덜란드에서는 콘크리트 속에 박테리아를 노출시키면 방해석 침전이 생성되는 원리를 통해 틈새를 매꾸는 자가치유 콘크리트 개발 착수</li> <li>국내에서는 미생물과 나노신소재를 결합한 신개념 하이브리드형 콘크리트 개발에 착수</li> </ul>	<p>[건설-자재] 친환경, 저영향 자재</p>
3D 프린팅	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국과 중국에서 변화되는 기술적 패러다임에 따라 신기술 검토 및 건축재료 경량화, 조립식 빌딩의 모듈러 등을 추진하며, 다품종 대량생산에 대응하기 위한 기술 도입과 관련된 법/제도 마련 및 플랫폼 구축 추진</li> </ul>	<p>[건설-시공] 스마트 건설</p>
자율 주행 운송	<ul style="list-style-type: none"> <li>드론을 이용한 포토그래메트리(Photogrammetry) 기술(여러 각도에서 촬영한 사진들을 이용하여 건축물을 3D형상으로 스캔)로 건설 현장 안전관리 지원시스템과 시설물의 유지관리, 전기자동차 확대와 자율운전 자동차 도입에 따른 주차 시스템(무인주차장, 주차면적 감소에 따른 유휴부지 활용방안)의 변화</li> </ul>	<p>[건설-시공] 스마트 건설</p> <p>[건축물 유지관리]</p>

출처: 국토교통부, (2018). 를 참고하여 연구진 재작성

### 3) 건축물을 기반으로 적용되는 미래 혁신기술 종합

앞서 분석한 미래기술 관련 담론을 기반으로 건축 계획의 관점에서 어떠한 신기술 적용을 고려해야 하는지 검토해보았다. 다만, 3D프린팅과 합성 생물학, 신소재, 공간정보 등을 기반으로 하는 건설, 건축재료 등의 분야는 제외하였다.

먼저, 인공지능과 사물인터넷 등을 포함하는 IT 기술의 경우는, 거의 모든 기술 및 서비스의 근간이 되는 기술로 볼 수 있다. 자율주행 운송과 관련된 서비스, 로봇 공학 등 거의 모든 분야에서 융합되어 적용되고 있는 기술이다. 건축부문에서도 지능형 건축물 관련하여 다양한 기술이 개발되고 있는 분야로, 이 기술의 적용을 위해 별도의 건축 계획의 변화가 요구되는 부문은 많지 않은 것으로 판단된다.

그에 반해 모빌리티 관련 기술 분야에서는 새로운 운송 장비들이 건축물에 진입하면서 다양한 건축 계획적 변화가 요구되고 있다. UAM 및 드론 등 항공 장비들의 이착륙공간, 자율주행차에 적합한 주차 공간과 탑승자 승하차 공간, PM스테이션 등 다양한 변화가 필요하다. 또한 로봇의 경우에도, 로봇의 활동을 위한 공간 확보, 무장애 이동, 충전공간, 수직이동 등과 관련하여 공간계획에 변화가 요구된다.

이와 같이, 본 연구에서는 기술 개발 수준과 건축 공간 변화 요구 정도를 고려하여, UAM, 로봇, 자율주행차를 주요 검토 대상으로 선정하였다.

[표 2-11] 건축물을 기반으로 적용되는 미래 혁신기술 종합

미래 혁신 기술 분야		적용 건축 부문	공간 변화 여부
모빌리티	UAM	이착륙 공간, 운송 서비스 제공을 위한 공간, 충전 인프라 등	○
	자율주행차	진출입 동선, 충전 인프라, 탑승자 drop off 공간, 주차 공간, 건물+자율주행차 플러그인, 수직이동 등	
	드론	이착륙 공간, 충전 인프라	
	PM	PM스테이션	
로봇		로봇 활동 공간 및 무장애 이동, 충전 및 보관 공간, 수직 이동, 통신 설비, 측위를 위한 공간 디자인 등	○
IT	인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 가상현실 등	지능형 건축물	△
공간정보	디지털 트윈, BIM, GIS 등	BIM, GIS 등 건축계획 및 건축물 유지관리 소프트웨어	△
신재생에너지 및 온실가스 감축		지능형 건축물, 제로에너지 건축물, 친환경 건축물 등	△

출처: 연구진 작성

### 3. 공간기반 기술 발전 전망

#### 1) UAM(도심항공교통) 기술 발전 및 미래 전망

##### (1) UAM(Urban Air Mobility) 개요

UAM은 도심 내에서 eVTOL(전기추진 수직이착륙기) 등 친환경·저소음 비행체를 활용해 승객·화물을 운송하는 차세대 항공교통체계를 의미한다. 운송 대상 및 서비스 방식에 따라 물류배송(라스트마일), 에어셔틀, 에어택시의 형태로 서비스 제공이 가능할 전망이다.

[표 2-12] UAM의 특징

특징	세부사항
수직이착륙	수직이착륙이 가능해 활주로 없이 최소한의 공간으로 도심 내 운용 가능
분산전기추진	다수의 전기모터와 배터리를 활용한 분산전기추진 기술로 안전성을 확보하고 친환경 및 저소음(최대 63dB, 헬기대비 20% 수준) 비행 구현
연계교통	차량·철도 등 기타 교통수단과 끊김없이 연계된 통합 교통(Seamless MaaS-Mobility as a Service)의 한 축(공중)을 담당
기술집약	첨단소재, 모터·인버터·배터리, IoT·AI·빅데이터, 센서, 반도체, 5G·6G, 항법, 자율비행, 원격제어, 관제, 위성통신 등 첨단기술의 집합체

출처: 이규복 외. (2022). p.9.

[표 2-13] UAM의 서비스 형태 전망

구분	대상	개념 및 특징
물류배송	화물	주문에 따라 지역 물류센터에서 수취인에게 물품 배송
에어셔틀	도시 내	-도심 내 정해진 노선 운항, 버스/지하철과 유사(예 : 항공↔도심) -초기 운용에 적합, 정기/부정기편 운영 가능
	도시 간	-도시 간 정해진 노선 운항 -초기 운용에 적합하나, 운항거리 향상 기술 필요(배터리 등)
에어택시	승객	-승객 수요 발생에 따라 운항(온디맨드 형식), 택시와 유사 -높은 기술적 성숙도와 공역 규제 완화 등 정책적 기반 마련 필요

출처: 이규복 외. (2022). p.10.

## (2) UAM 산업의 범위

UAM 관련 산업은 ①기체(부품), ②인프라, ③서비스 부문으로 나눌수 있다. 기체 부문은 기체와 부품의 개발, 설계 및 제작, 항법·제어·자율비행 SW 경량·고강도 소재, 모터·인버터, 배터리, 센서, 통신부품 등을 포함하는 산업분야이다. eVTOL의 유형은 크게 멀티콥터, 리프트&크루즈, 틸트형으로 구분된다.

[표 2-14] eVTOL의 유형

구분	멀티로터	리프트&크루즈	틸트형
형태			
개념	다수의 고정된 수직로터로 구성	이착륙(수직)/비행(수평) 시 각각 작동하는 독립된 고정식 추진부로 구성	동일한 추진부가 회전하며 이착륙(수직) 및 비행(수평) * 회전부에 따라 틸트로터, 틸트제트, 틸트윙으로 구분
비행모드	회전익	고정익, 회전익, 천이비행	고정익, 회전익, 천이비행
특징	전진비행 저효율 제자리비행 고효율	전진비행 고효율 틸트형 대비 수직이착륙 용이	전진비행 고효율 제자리비행 저효율
기술수준	낮음	중간	높음
운항거리	도시 내 운항	도시 간 운항 가능	도시 간 운항 가능

출처: 이규복 외. (2022). p.10.

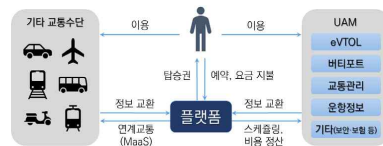
인프라 분야는 버티포트(UAM 터미널)의 설계·건설, 항행·통신·전력(충전)설비, 관제시스템, 보안·안전 설비, 3D 정밀지도 등을 다룬다. 건축 분야와 가장 밀접한 버티포트의 유형은 규모에 따라 버티허브, 버티포트, 버티스탑으로 구분된다 (채윤정, 2023, 5월 25일 기사).

[표 2-15] 버티포트의 유형 및 항로구축·연계교통 개념도

구분	버티허브	버티포트	버티스탑
개념	허브공항 개념	지역 터미널 개념	버스정류장 개념
규모	다수의 이착륙장	두 개 이상의 이착륙장	한 개의 이착륙장
시설	정비·충전·소방·의료 등 필요한 모든 서비스 시설	정비·충전시설 등	최소 시설만 보유
위치	대규모 공터가 있는 도시 외곽/ 경계 지역, 주요 공항	도심 및 주변부, 중소 도시(RAM)	건물 옥상, 도심 외곽 등
연계교통	다양한 연계교통	다양한 연계교통	연계교통 제한
비정상 상황	대체 버티포트로 활용 가능	대체 버티포트로 활용 가능	비상 시 임시 착륙장

출처: 이규복 외. (2022). p.13.

서비스 분야는 운송, 기체 대여, 버티포트 운영, 항행·교통관리(스케줄링·모니터링), 운항정보(기상·지형), MRO(유지보수·수리·정비), 플랫폼(예약·연계교통) 등을 다룬다(채윤정, 2023, 5월 25일 기사).



[그림 2-2] 서비스 플랫폼 예시

출처: 이규복 외. (2022). p.13.



[그림 2-3] 운항 정보예시

### (3) UAM 관련 제도 및 규정

항공기의 운항을 위해서는 관련 법령에 의거 항공기의 설계·제작·운항 안전성(감항성)을 증명하는 감항증명 획득이 필요하다. 「항공안전법」은 항공기·발동기(엔진)·프로펠러, 장비품, 부품의 안전 확보를 위한 감항기준, 환경기준(배출 가스·소음), 인증절차 등을 포함한 기술상의 기준인 ‘항공기기술기준’에 따라 항공기에 관한 형식·제작·감항증명, 항공종사자 자격증명, 운송사업자 운항증명 등 항공 관련 제반사항을 규정하고 있다. ’22.6월 EASA(유럽항공안전청)이 세계 최초로 UAM 관련 포괄적 규정을 발표 하기 전까지 UAM 관련 규정은 임시 인증수준에 머물렀으며, 국내도 인증기준 및 규정 마련이 필요한 상황이다. EU의 감항당국으로 美FAA(연방항공청)과 함께 항공 관련 국제 기준을 선도하고 있는데, 현재 특별감항증명으로 UAM 기체에 대한 연구·개발 목적의 시험비행은 가능하다.

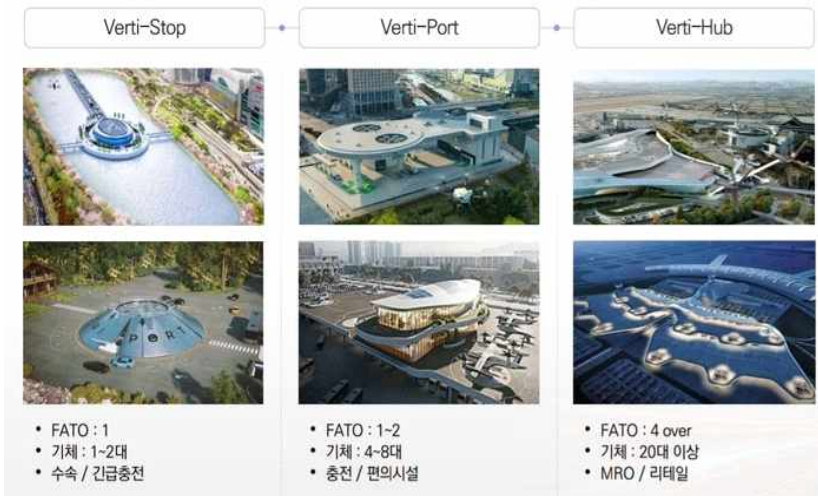
#### (4) UAM 기술 발전 및 미래 전망

##### □ 해외 UAM 전망

美·獨·英·中 등 전세계에서 480여 개 기체가 개발 중이며, 선도업체를 중심으로 '24년경 UAM 서비스 상용화를 목표로 하고 있다. 기체 및 서비스 인증은 美·獨 기업이 주도하고 있으며 eVTOL에 대한 특별감항인증, 개별 기업에 대한 운송업자 인증 및 설계/생산조직인증 사례가 등장하고 있다. 또한 기체 개발사와 인프라 설계사가 협력해 버티포트 구축을 추진 중이며, '22년 eVTOL 운용이 가능한 버티포트가 세계 최초로 개장하였다. 항행과 교통관리는 항공당국과의 협업을 통해 UAM 운용개념을 제시하고 있다.

##### □ 국내 UAM 전망

현대차, 한화시스템, 항우연 및 일부 스타트업이 기체를 개발 중이나, 현재까지 상용 가능한 국산 기체는 전무한 실정이다. 또한 기체 감항인증 기준, 조종 자격 기준 등 UAM 산업 전반을 포괄하는 기준이 부재해 관련 규정 마련이 시급한 상황이다. 자동차·건설·정유·유통 등 다양한 분야의 기업이 버티포트 시장 진출을 선언하고, 호텔·주유소·영화관·마트 등 부가서비스 연계가 가능한 위치에 버티포트 구축을 구상 중이다. 항행과 교통관리를 위해 UAM교통관리 및 운항통제시스템이 개발 중에 있다.



[그림 2-4] 버티포트의 종류 및 예상도

출처: 롯데건설, (2023).



국내에는 인프라를 제외한 쏘부문에서 최고기술국 대비 기술수준이 70% 이하로, 대부분의 분야에서 기술개발이 필요한 상황이다. 특히, 센서, SW, 항법, 충돌회피 등 자율비행 기술과 UAM 통합 교통관리, CNSi, 운항정보 수집·분석·공유 시스템 등 운영 자동화 및 데이터 활용 통합 시스템 관련 기술개발이 시급한 것으로 보, 자율비행 기술은 통신 등 일부 기술 제외 시 선도국 대비 약 60% 수준(144)에 그친다. 기체·부품 및 인증·규제 관련 기술도 빠른 대응이 필요한 상황이며, 동력·추진시스템은 배터리 등 동력원 제외 시 선도국 대비 약 70% 수준에 그치고 있다.

[표 2-16] 최고 기술국 대비 국내 UAM 관련 기술수준 및 격차

부문(부문별 기술수준)	주요분야	기술수준(%)	기술격차(년)
기체·부품(67.2)	기체구조	66	3
	동력·추진시스템	81	1.4
	기계·전기전자 시스템	63.5	2.8
	인증·시험평가	65	2.5
항행·교통관리 (62.1)	UAM 통합 교통관리	59.2	3.6
	UAM CNSi	64.9	3.1
인프라 (79.3)	버티포트 구축 및 운용 시스템	74	2.2
	버티포트 보조설비 시스템	84.9	1.4
서비스 (58.9)	특화도시	86	1.8
	운송·운용 시스템	60.9	2.4
	운항정보 수집분석 및 공유 시스템	56.3	2.5
	운용자격 체계	59.6	1.9
핵심기술 (63.3)	자율비행	64.7	1.8
	기체소음진동 저감	58.9	2.6

출처: 이규복 외. (2022). p.38.

## 2) 로봇 기술 발전 및 미래 전망

### □ 로봇 개요(박은영, 2017, p.2)

로봇은 인간을 모방하여 외부환경 인식(Perception) 및 상황을 판단(Cognition)하고, 자율적으로 동작(Mobility & Manipulation)하는 기계를 말한다. 한국공학한림원에서는 로봇이란 “컴퓨터에 의하여 동작하는 장치, 또는 “센서를 통하여 인식한 정보를 컴퓨터를 통하여 제어하며, 의미를 전달하고 다수의 엑츄에이터를 이용하여 동작하는 기기나 장치”로 정의하고 있다.

로봇의 특성은 ①스스로 움직일 수 있는 작동성 ②다른 물체나 사물, 또는 도구를 들어서 운반할 수 있는 운반성 ③주어진 일을 꼼꼼하게 처리할 수 있는 업무수행의 정교성 ④데이터와 프로그램에 의한 인공지능 ⑤비디오·오디오 센서 및 촉수 등을 이용한 감각능력 으로 나눌 수 있다.

#### □ 로봇의 분류(박은영, 2017, p.3)

로봇은 사용하는 용도에 따라 산업용(Industrial) 로봇과 서비스용(Service) 로봇으로 구분되고, 서비스용 로봇은 개인서비스 로봇과 전문서비스 로봇으로 분류된다. 국제표준화기구(ISO)의 정의(8373:2012)에 따르면, 산업용 로봇은 3개 혹은 그 이상의 축(axe)에서 자동제어·재프로그래밍·다목적으로 조작이 가능하고, 산업 자동화를 적용함에 있어 한 장소에 고정되어 있거나 이동이 가능한 장비를 말하며, 서비스 로봇은 인간을 위해 유용한 작업을 수행하거나 산업 자동화 이외의 분야에서 사용되는 유형의 장비를 뜻한다.



[그림 2-5] 지능형 로봇 종류

출처: 대한민국 정책브리핑. (2017). 지능형 로봇이 바꿀 미래. 2월 2일 기사. [www.korea.kr/news/cardnewsView.do?newsId=148828374](http://www.korea.kr/news/cardnewsView.do?newsId=148828374) (검색일: 2024.1.23.)

[표 2-17] 로봇 유형 및 활용분야

구분	정의	활용분야
산업용 로봇	산업 각 분야의 제조현장에서 제품생산까지의 공정작업을 수행하기 위한 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>•자동차 제조용</li> <li>•전자제품 제조용</li> <li>•디스플레이 제조용</li> <li>•반도체 제조용</li> <li>•바이오, 신약 제조용</li> <li>•물류 자동화용</li> </ul>
개인 서비스	인간의 실생활 범주에서 보조 수단으로써의 생활 제반 서비스를 제공하는 대인 지원 로봇(주로 비전문가·비상업적 과업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•가사지원(청소, 잔디깎기, 요리, 심부름 등)</li> <li>•여가지원(오락, 애완, 소셜, 교육 등)</li> <li>•노인·장애인지원(로봇휠체어, 간병 등)</li> <li>•기타(무인운반차, 경비 및 보안 등)</li> </ul>
서비스 로봇		<ul style="list-style-type: none"> <li>•공공서비스 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공공서비스(안내, 도우미, 공항·도서관 로봇 등)</li> <li>- 일반서비스(경비, 배달, 청소 등)</li> </ul> </li> </ul>
전문 서비스	불특정 다수를 위한 서비스 제공 및 전문적인 작업을 수행하는 로봇(주로 훈련자·상업적 과업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•극한작업 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회인프라(시설검사, 관로, 고소작업 등)</li> <li>- 재난극복(화재진압, 감시, 인명구조 등)</li> <li>- 국방(지뢰제거, 무인항공기·잠수함, 로봇갑옷 등)</li> <li>- 해양·우주(탐사, 자원개발 등)</li> </ul> </li> <li>•기타산업 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설 및 철거(건설, 유지보수, 해체, 토목 등)</li> <li>- 농축산업, 임업(농약살포, 과실수확, 생태관리 등)</li> <li>- 의료(진단, 수술보조, 치료, 간호, 재활 등)</li> <li>- 물류(화물, 물류 이송 로봇, 무인운반차 등)</li> </ul> </li> </ul>

출처: 박은영. (2017). p.3.

## □ 로봇의 기술 발전 및 미래 전망

IFR의 시장전망에 따르면 향후 물류로봇은 물류센터, 대형건물 등 비제조환경 물류로봇을 중심으로 성장할 것으로 예상된다. 특히, 온라인 쇼핑의 급증으로 물류센터에서의 물류로봇 채택이 크게 증가할 것으로 예상되며, 인력부족 문제에 대한 대응 및 물류센터의 효율 향상을 위해 24시간 무인작업이 가능한 물류로봇이 물류 기업에 의해 요구되고 있다. 현재까지의 물류로봇(이송로봇)은 물품을 탑재하고 정해진 위치까지 이동하는 것이 주된 기능이였지만, 물류센터의 니즈를 반영하여 24시간 무인작업을 수행하기 위해서는 이동로봇 플랫폼 위에 머니플레이터가 탑재되어 다양한 물체를 안정적으로 피킹할 수 있는 기술(피킹로봇)이 필요하다.

[표 2-18] 향후 물류로봇 제품발전 전망

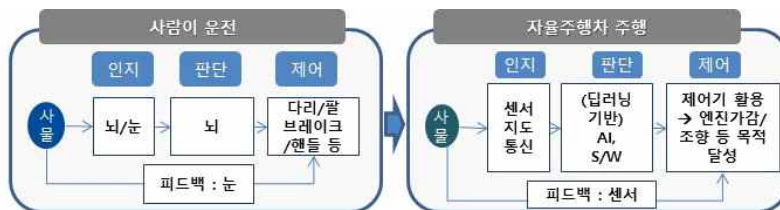
구분	단기(5년) 전망	중간(10년) 전망	장기(15년) 전망
도입	대형 물류업체	중소형 물류업체	도소매점
로봇유형	선반이송 로봇 다중 피커추종 로봇	고정/이동형 피킹로봇	상하역 로봇
물류센터 물류로봇	포장물품 종류, 위치/자세	개별 물품에 대한 종류, 위치/자세 인식	라스트 마일 배송 로봇, 재고 관리 로봇
인식	포장물품	개별물품, 파지장치 및 파지학습	
조작	파지장치 및 파지학습	물품의 특성을 스스로 파악, 최적 작업	
도입	병원/요양원 도입	병원/요양원/호텔 확산 엘리베이터 연동 표준화	사무실 등 일반 대형건물
대형건물 물류로봇	형태	사람과의 협업, 다중로봇	물건 신고/내리기 자동화
인식	주행환경, 사람/장애물	다양한 유형의 물품에 대한 종류, 위치/자세	
조작	-	다양한 유형의 물품에 대한 파지장치 및 파지 학습	

출처: 김경훈 외. (2017). p.60.

### 3) 자율주행차 기술 발전 및 미래 전망

#### □ 자율주행차량 개요

자율주행차는 운전자 또는 승객의 조작없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차로서, 자동차 스스로 사람의 인지, 판단, 제어 기능을 대체한다. 자율주행은 운전자의 과실로 발생하는 교통사고를 줄여 운전자와 보행자의 안전을 높이고, 교통 약자들의 이동장벽을 제거하며, 교통 정체를 완화시킬 수 있다(KDB미래전략 연구소 산업기술리서치센터, 2020, p.18).



[그림 2-6] 기존 운전자 차량과 자율주행차의 운행 방식 비교

출처: 백장균. (2020). p.18.

자율주행차는 스스로 환경을 인식하고 경로와 움직임을 결정하여 이동하는 차로써 인공지능/빅데이터, 고성능 처리소프트웨어(SW) 및 하드웨어(HW) 플랫폼, 센서 시스템 등의 ICT 첨단 기술의 집약체라 할 수 있다. 그로인해 4차 산업혁명의 핵심분야로 인식되고 있으며, 자동차 산업을 중심으로 통신, 교통, 물류, 스마트시티 등 다양한 산업에 변혁을 주도할 것으로 전망되고 있다. 특히 운전자의 노령화 등으로 인한 사고 위험성 증대와 운전 편의에 대한 소비자들의 요구 증대에 따라 자율주행기술이 주목받고 있다(박종록 외, 2019, p.1).

## □ 자율주행 단계

자율주행차는 운전자의 개입여부, 자동화 수준에 따라 6단계로 구분되며 Level 3 단계 이상은 일부 또는 완전 자율주행이 가능하다. Level 3, 4는 고해상도 지도, C-ITS3) 등의 인프라를 활용하여 주행환경, 운용방법을 설정, 제한하고 자율주행의 안정성을 확보한 운행설계영역(ODD, Operational Design Domain)에서 자율주행이 가능하다. ODD 안에서 Level 3은 운전자 개입이 필요, Level 4는 운전자 개입이 필요가 없으며 Level 5는 ODD, 운전자 모두 필요 없다. Level 3 이상부터 자율주행이 개입되므로 자동차 제조사의 법적 책임도 발생한다(KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터, 2020, p.18).

[표 2-19] 자율주행 레벨에 따른 구분

자율주행의 6단계						
단계	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
정의	無 자율주행	운전자 지원	부분 자율주행	조건부 자율주행	고도 자율주행	완전 자율주행
자동화 기능	없음 (경고 등)	조향 또는 속도	조향 및 속도	조향 및 속도	조향 및 속도	조향 및 속도
운전자 주시	항시	항시	항시	시스템 요청 시	자율주행 구간 내 불필요	전 구간 불필요
자율주행 구간	-	특정 구간	특정 구간	특정 구간	특정 구간	전 구간
양산 현황	완성치社 양산	완성치社 양산	완성치社 양산	완성치社 양산	없음	없음

출처: 박종록 · 김한해, (2019). 자율주행기술. 한국과학기술기획평가원(KISTEP). p.2.

최근 우리나라는 세계 최초로 Level 3 자율주행차 안전기준 6가지를 발표하여 2020년 7월부터 국내에서 Level 3 차량의 출시·판매가 가능해졌다. 자율주행차가 동 6가지 안전기준을 지키지 않으면 제조사 책임으로 귀속된다(KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터, 2020, p.19).

[표 2-20] 우리나라 부분자율주행시스템(Level 3) 안전기준

기준	세부사항
운전 가능 여부 확인 후 작동	운전자 착석여부 등을 감지하여 운전 가능 여부가 확인되었을 경우에만 작동
자율주행 시 안전확보	안전하게 차로 유지기능을 구현할 수 있도록 최대속도 및 속도에 따른 앞 차량과의 최소안전거리 제시
상황별 운전전환 요구	예정된 경우 15초 전 운전전환 경고 발생시키고, 예상되지 않은 상황에서는 즉시 운전전환 경고 발생
긴급한 상황의 경우	운전전환 요구에 대응할 수 있는 시간이 충분하지 않은 경우 시스템이 비상운행 기준에 따라 대응
운전자 대응이 필요한 상황에서 반응이 없는 경우	운전전환 요구에도 불구하고 10초 이내에 운전자의 대응이 없으면 안전을 위해 위험최소화운행 시행
시스템 고장 대비	시스템 이중화 등을 고려하여 설계

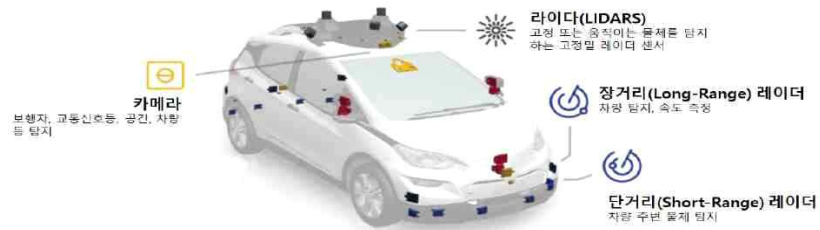
출처: 국토교통부, (2020). 세계 최초 부분자율주행차(레벨3) 안전기준 제정. 1월 6일 보도자료.

자율주행기술을 고도화(자율주행 구간 확대 포함)하기 위해서는 도로시설물, 노변센서, 교통센터, 통신 등의 인프라 지원이 필요하다. 현재 고속도로 구간에서 동작 되는 레벨 3까지 자율주행차량이 양산되고 있는데, 고속도로 구간의 Level 3 자율주행은 공사 등의 돌발상황에서는 동작하지 않으므로, 돌발상황(위치, 폐쇄차로 등)을 정확히 감지해 전달하는 인프라가 필요하다. 도심지로 자율주행이 확대될 경우에도 신호등(위치, 상태, 잔여시간 등) 정보 등 자율주행에 필수적인 정보가 인프라를 통해 제공되어야 한다. 따라서 도심지 등을 포함한 구간에서 운전자의 주시가 불필요한 Level 4 수준의 자율주행을 상용화하기 위해서는 자율주행을 지원하는 인프라가 필요하다(박종록 외, 2019, pp.1-2).

□ 자율주행 기술 동향(박종록 외, 2019; KDB미래전략연구소, 2020 문헌 인용).

자율주행 관련 기술은 차량의 인지, 판단, 제어기술 뿐만 아니라 자율주행을 지원하는 인프라에 적용되는 기술을 포함한다. 자율주행 시스템은 인지, 판단, 제어의 3단계를 거쳐 동작하며, 이를 지원하는 인프라에는 자율주행차의 성능을 향상시키고 동 차량에 필요한 정보를 감지·분석·관리하여 차량에 송신하는 기술이 적용된다

인지기술은 차량의 주변 상황 인식을 위해 필요한 센서(레이더, 라이더, 카메라, 나이트비전 등)의 설계 및 제작과 신호처리 알고리즘 구축 등의 기술을 말한다. 센서 기술 이외에 고정밀 GPS 기술, 실시간 지역 정밀지도 구축 및 이를 위한 데이터베이스 등 인프라 설비 구축 등도 위치 정밀측정을 위한 인지 기술에 속한다.



[그림 2-7] 자율주행차 인지 센서

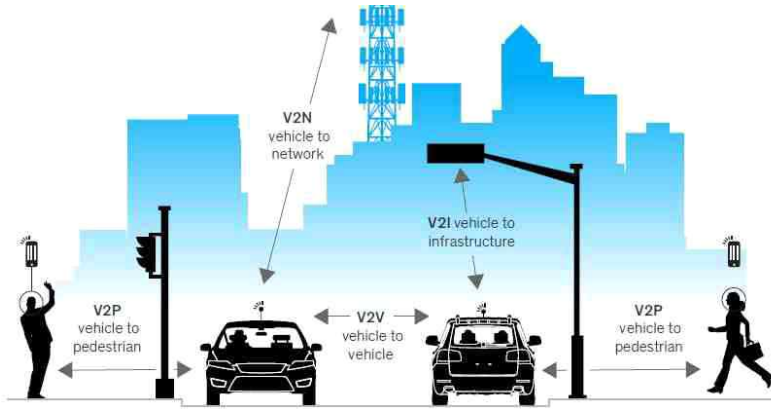
출처: 백장균. (2020). p.20.

판단기술은 인공지능, 차량용 소프트웨어 관련 기술로써, 인자·판단·제어 등 모든 자율주행 단계에 관여하는 자율주행의 핵심기술이다. 기존에는 고가의 특화된 센서들을 사용하여 규칙기반 방식(Rule-Based) 소프트웨어 알고리즘을 사용하였으나 이미지 인식 분야 등에서는 범용적인 센서에 인공지능(AI)기술을 적용한 방식이 자리를 잡았다. 이외에도 경로 최적화, 상황판단, 충돌예측, 돌발상황 대응 등에도 인공지능 기술이 활용되고 있다. 현재 자율주행에 필요한 인지, 판단, 제어 등 단계를 기능별로 구분하여 소프트웨어를 운용하고 있으나 전체 과정을 인공지능으로 한번에 구현하는 엔드 투 엔드(End to End) 방식도 연구개발 중에 있다.

제어기술은 차량에 장착된 각종 제동, 조향, 가속 등 차량의 액츄에이터(Actuator, 구동장치)를 자동으로 적절하게 제어하는 기술이다. 기존 내연기관 차량의 자율주행도 가능하지만 전기차 등 모터 기반의 전자식 액츄에이터가 정밀제어에 보다 유리하다.

네트워크기술은 차량내 외부의 각종 센서 및 교통 인프라와 차량간, 차량-사람, 차량-인프라 통신을 가능하게 하는 V2X(Vehicle to Everything) 통신기술이다. 차량의 센서에만 의지(Stand-alone Type)하지 않고 V2X 등 협력 통신기술을 활용하여 교통인프라, 관제센터와 연결되어 교통환경 정보를 파악(Connected Type)하므로 주행 안전성이 높아진다.

추가적으로 탑승자 정보제공, 운전 제어권 양도 관리 등 사람과 자동차의 상호작용을 위한 HVI(Human Vehicle Interface) 기술과 사용자 정보 및 편의 제공 등 서비스 기술 분야도 있다.



[그림 2-8] 자동차 네트워크 세부 기술

출처: 백장균. (2020). p.21.

[표 2-21] 자율주행 기술분류 및 요소기술

구분	기술분류	정의 및 요소기술
차량	인지	차량, 보행자, 운전자, 도로, 장애물 등의 데이터를 수집하여 주행 환경을 인지하는 기술 ※ 센서: GPS, 정밀지도, 라이다, 레이더, 카메라, V2X 등
	판단	주행환경에 따른 주행상황을 인식하고 최적의 주행조건(경로, 속도 등)을 결정하는 기술 ※ 주행경로 탐색, 차량/보행자 충돌방지, 장애물 회피, 시스템 오류 등
	제어	차량 주행 및 움직임과 관련된 구동계 등을 제어하는 기술 ※ 종방향(ESC), 횡방향(MDPS) 제어
인프라	도로시설물	자율주행차량의 인지성능 향상과 사고위험 감소 등을 위해서 도로 시설물에 적용되는 기술 ※ 스마트 톨게이트, 스마트 신호등, 발광 차선 등의 자율주행 지원 도로 시설물
	노변센서	도로 내외의 물체와 환경을 감지하는 기술 ※ 보행자, 차량, 장애물, 기후 등을 감지하는 노변 카메라, 레이더, 라이다 등의 센서
	교통센서	차량과 도로시설물, 노변센서 등으로 수집된 데이터를 종합적으로 분석하고 관리하는 기술 ※ 교통신호, 정체, 사고, 공사, 기상 등의 정보를 관리
	통신	자율주행에 필요한 데이터를 차량-차량간 또는 차량-인프라 간에 송수신 하는 기술 ※ 5G/WAVE 등의 통신기술, 정밀 GPS 지원 통신기술
	기타	상기 기술분류에 포함되지 않는 인프라성 연구 ※ 기획/전략연구, 인력양성, 법·제도/정책연구, 보험 등

출처: 연구개발특구진흥재단. (2021). p.19.





[그림 2-9] 자율주행차 핵심기술 요소

출처: 백장균, (2020). p.22.

또한 안전과 관련하여, 센서, 차량 내외부 통신 오류, SW 오류 등으로 인한 돌발 상황 발생에 대처하는 중복안전시스템, 사전 시스템 진단 시스템, 사고 후 대처 기술, 통신 보안 기술 등이 개발 중이다. 더불어 자율주행기능 안전성 확보를 위한 기술 표준화, 도시 인프라 차원의 지능형 교통시스템, 관련 법규 제정 등 제도 인프라 정비도 병행되고 있다.

[표 2-22] 자율주행 안전, 보안 기술

안전, 보안 이슈	정의 및 요소기술
센서, V2X통신 오류, SW 오류 등으로 인한 돌발 상황 발생	기계결함 등 사고원인 분석을 위한 Data Recorder 등 의 무장착, 중복시스템설계, System Safety 모니터링, 운전 제어권 양도 관리
차량내부시스템, 불법접근, 위장 ECU 등	보안 규격 강화, 시스템 부팅 또는 업데이트 실행 시 실행되는 SW가 제조사가 허가한 SW인지 확인
차량 내부 네트워크 증가로 인한 통신 보안위험	차량 통신규격인 CAN, Ethernet 진화에 맞춰 네트워크 모니터링, 사이버 공격 대응 통신 보안기술 개발
차량외부, 통신방해, 오작동 유발 등 V2X 통신 위험	국제표준을 준용하여 통신을 위한 암호, 서명 등 규격 통신 보안 표준 제정, ITS단말의 신뢰보증등급 기준 제정

출처: 백장균, (2020). p.23.

□ 자율주행 상용화 개발 동향(정보통신기획평가원, 2021, pp.7-8).

산업부/국토부/과기부/경찰청은 레벨4 자율주행차 상용화를 위해 부처합동으로 “자율주행 기술개발 혁신사업(2021~2027)”을 추진하고 있다. 이는 기존의 “자동차 전용도로 자율주행 핵심기술 개발 사업”이 핵심부품에 집중되어 있는 한계를 극복하고자, 사업 범위를 확장하여 인공지능, 소프트웨어 기술을 접목하는 자동차-ICT-도로교통 융합신기술·서비스를 개발하고 있다. 도심도로, 자동차 전용도로, 비정형 도로 등지에서 다양한 이동/정지 객체에 대응하여 주행하고, 차량/클라우드/도로교통 등 인프라를 융합 활용하는 교통 융합 서비스를 목표로 한다. 이를 위해 ①차량 융합 신기술, ②ICT융합 신기술, ③도로교통융합 신기술, ④서비스 창출, ⑤생태계 구축 5개 분야로 1조 1,000억 원 투자규모로 53개의 세부과제와 373개의 기관이 참여하고 있다.



[그림 2-10] 자율주행 리빙랩 예시

출처: 산업통상자원부, (2021). 1월 14일 보도자료.

①“차량융합 신기술” 분야는 자율주행 사고유발 원인을 저감하기 위해 차량-인공지능소프트웨어 융합에 요구되는 영상인식 상황인지, 예측 기술, 차량탐재 측위 기술, 주행안전 설계 기술, 승용차/버스/트럭 등 차량플랫폼 적용 기술, 차량 부품 시험기준/표준평가기술 등이 개발대상이다. ②“ICT융합 신기술” 분야는 운전자 개입이 없이 시내도로를 주행하는 레벨 4 자율주행의 안전을 강화하고 지능을 고도화하는데 요구되는 클라우드 기반 자율주행 인공지능 소프트웨어 기술, 대용량 데이터의 실시간/전처리 기술, 자율주행 소프트웨어 평가 검증 모델, 자율주행 서비스 검증 시뮬레이션 기술을 포함한다. ③“도로교통융합 신기술”

분야는 도로 및 교통안전시설 등 교통 인프라 정보와 자율주행차를 연계하여 안전을 고도화하기 위한 도로와 도로상의 교통표식 등 시설물에 대한 인식 성능 개선 등 자율주행 레벨 4를 위한 도로 인프라 기술, 빅데이터 기반의 교통 관리 및 운영 기술, 자율주행 차량 테스트베드 구축을 포함한다. 대중교통 중심의 자율주행 신산업 창출과 교통약자 이동지원을 목표로 하는 ④“자율주행 서비스”와 자율주행 산업 생태계 기반에 필요한 안전성 개발과 국제표준 및 시험평가 표준 등을 개발하는 ⑤“자율주행 생태계 구축” 또한 당 사업에서 달성하려는 목표이다.



[그림 2-11] 7대 자율주행 공공 서비스

출처: 산업통상자원부. (2021). 1월 14일 보도자료.

국토부는 2020년 5월부터 시행된 ‘자율주행자동차법’에 따라 2020년 11월에 서울, 충북-세종, 세종, 광주, 대구, 제주 6개 지역과 2021년 4월에 2차로 경기 판교 지역을 자율주행 유상 서비스를 실증할 수 있는 규제특례가 부여되는 ‘시범 운행지구’로 지정하였다. 7개 지역에 지정된 특정지구에서 민간기업은 여객·화물 유상운송 허용, 임시운행허가시 자동차 안전기준 면제, 비도로관리기관의 도로 공사·관리 허가 등 특례를 부여받아 유상운임으로 실증이 가능하다.

[표 2-23] 자율주행차 시범운행지구별 도입서비스 및 범위

지자체	시범운행지구 범위	대표 서비스
서울	· 서울 상암동 일원 6.2km <sup>2</sup> 범위	· DMC역↔상업·주거·공원지역 간 셔틀 서비스
충북·세종 (공동)	· 오송역↔세종터미널 구간 BRT 약 22.4km 구간	· 오송역↔세종터미널 구간 셔틀(BRT) 서비스
세종	· BRT 순환노선 22.9km · 1~4생활권 약 25km <sup>2</sup> 범위	· 수요응답형 정부세종청사 순환셔틀 서비스
광주	· 광산구 내 2개 구역 약 3.76km <sup>2</sup> · 수성알파시티 내 약 2.2km <sup>2</sup> 구간	· 노면청소차, 폐기물수거차 · 수성알파시티 내 셔틀 서비스
대구	· 테크노폴리스 및 대구국가산단 약 19.7km <sup>2</sup> 범위 · 산단연결도로 약 7.8km 구간	· (삼성라이온즈파크↔대구미술관) · 테크노폴리스, 국가산단 일원 수요응답형 택시 서비스
제주	· 제주국제공항↔중문관광단지(38.7km) 구간 및 중문관광단지 내 3km <sup>2</sup> 구간	· 공항 픽업 셔틀 서비스(제주공항↔중문관광단지)
경기 판교 (2차지정)	· 판교역↔판교제1테크노밸리 및 경기기업성장센터 약 7km 구간	· 수요응답형 택시 서비스 (제1테크노밸리) · 자율주행셔틀 서비스 (기업성장센터↔제1테크노밸리)

출처: 국토교통부. (2021).

## □ 국내/외 기술 트렌드

글로벌 ICT 업체들은 상황 판단 및 주행전략 수립을 위한 AI기술 개발에 매진하고 있다. 구글의 자율주행차는 300여 개의 센서를 통해 초당 1GB의 데이터를 생성, 이를 처리하기 위한 AI컴퓨터의 데이터처리 능력은 초당 120조 회 연산 가능한 120 TOPS로 PC의 2,300배의 성능을 가지고 있다(박종록 외, 2019, p.5).



[그림 2-12] 구글 프로토타입 자율주행차

출처: Google

자율주행이 고도화되면 차량, 도로시설물 등의 정확한 위치 정보가 요구되므로, 실시간 업데이트되는 정밀지도의 중요성이 부각 되고 있다. 미국 ICT 업체(구글, 애플, 우버 등)들은 독자적으로 지도 서비스 부문을 강화하고 있으며, 일본의 경우에는 정부가 민간기업들과 협력해 HD맵 실용화를 추진 중이다. 유럽에서는 HERE社가 약 4,300km의 도로 DB를 구축했으며, 196개국에 50개 언어로 차량용 지도 서비스 중으로 독일 3사를 비롯하여 싱가포르 국부펀드 GIC, Navinfo, 중국 Tencent 등 인수기업과 컨소시엄을 구성해 공동으로 정밀지도 기술을 개발 중이다(박종록 외, 2019, p.5).

또한 차량용 5G 통신 등장에 따라 기존보다 5~20배 빠른 속도로, 차량 밀집 구간에서도 지연이나 단절 없이 안전한 데이터 송수신이 가능할 전망이다. 자동차용 5G통신 표준개발을 위한 협의체를 통해 사업 분야를 초월하여 협력 중으로 퀄컴과 자동차 회사인 BMW, 다임러, 포드 통신사인 에릭슨, 화웨이, 노키아 등으로 구성된 5GAA(5G Automotive Association)가 커넥티드카 통신 솔루션 개발을 위해 2016년 9월 출범하였다.

최근에는 레이더, 카메라, 라이다 등 환경센서 중심의 자율주행차(AV : Autonomus Vehicle)에서 외부 연결성을 기반으로 하는 커넥티드 기술이 접목된 초연결-자율주행차(CAV : Connected Automated Vehicle)로 진화 중이다. 환경센서 기반 자율주행의 경우 인식성능(인식율, 인식범위)의 한계가 존재하

여, 커넥티드 기술융합을 통해 주변차량과 인프라를 융합하여 자율주행 기술 한계를 극복하고 있다(박종록 외, 2020, pp.51-52).

최근 글로벌 시장에서 자율주행차는 ‘융합신기술(AICBM: 인공지능(A), 사물인터넷(IoT), 클라우드(C), 빅데이터(B), 모바일(M))’을 접목하여 기능 및 성능의 고도화를 도모하고 있다(박종록 외, 2020, p.52). 세계적 수준의 자동차, AICBM 산업을 가진 우리는 충분한 잠재력을 보유하고 있어, 초연결-자율주행차로의 패러다임 전환이 중대한 기회로 작용하고 있다. 자동차와 AICBM 기술의 융합으로 자동차는 단순한 이동수단에서 이동 중 공간과 시간의 가치를 재생산하는 새로운 신산업으로 변모 중이다. 커넥티드 기술융합으로 운전 편의성 향상과 탑승자에게 다양한 커넥티드 서비스를 제공하는 모빌리티 서비스 기술로 발전 중이다(KEIT, 2018, pp.35-36).

이러한 모빌리티 서비스의 일환으로 다양한 자율주행 서비스용 차량플랫폼 기술이 개발 중이다. 먼저 대중교통 혁명을 선도할 자율주행 서비스인 셔틀버스가 있는데, 정해진 구간을 저속으로 자율 주행하는 레벨 4가 적용되었으며, 중소·중견 기업 중심으로 시장이 형성되고 있다. 양산 승용차는 기존 완성차사를 중심으로 레벨 2 제품적용 차량이 확대되고 레벨3 제품 시장 형성을 앞두고 있다. 승용차 중심의 자율주행 택시, 카셰어링 등 온디맨드 서비스를 제공하는 레벨 4 자율주행부문에는 우버, 바이두 등이 선도적으로 투자하고 있다. 자율주행 분야에서 가장 먼저 관심의 대상이 되었던 트럭은 군집주행 등 물류혁신을 위해 개발 중이다. 군집주행은 연비향상, 도로용량 향상, 안전 향상, 인건비 및 물류비용 저감을 위해 개발되어 왔으며, ISO 국제표준도 논의 중이나 아직 상용화 사례는 없는 개발 단계이다(KEIT, 2018, p.37).

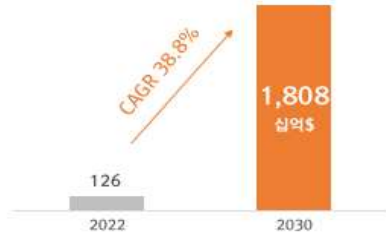
[표 2-24] 자율주행차량 플랫폼 현황

분류	셔틀 버스	양산 승용차	온디맨드 승용차	자율주행 트럭
형태				
현황	미/EU 지역별 시험사업 중	일부 양산 판매 중	시험운행 및 기술개발	일시적 시연 및 기술개발

출처: 연구개발특구진흥재단, (2021). p.23.

[표 2-25] 자율주행차의 발전 현황

(2020~2023) 자율주행차 산업 발전 현황



① 자율주행차 시장 규모 2030년 1조 8,084억 달러 달성 전망  
 - 2022년 1,262억 달러 규모를 형성한 자율주행차 시장은 2023년 1,704억 달러를 형성할 것으로 전망되며, 연평균 성장률 38.8%로 성장할 것으로 예측

② 자율주행차 산업 발전현황

- (2020~2021) 자율주행 기술 확대 및 상용 가시화
- (2022~2023) 통합모빌리티서비스(MaaS) 확대 전망

(2023) 자율주행차 선도 기업



대기업을 중심으로 자율주행 택시 및 배송 서비스 상용화 확대  
 - 마이크로소프트, 자율주행차 기술 지원 목적 산업 솔루션 개발  
 - 알파벳의 자율주행 자회사 웨이모, 자율주행 화물 배송 서비스 웨이모비아(WaymoVia) 확대  
 - 우버, 자율주행차를 이용한 우버잇츠(UberEats) 음식 배송시작 및 2023년 자율주행 택시 상용화 계획

(2022.3 ~ 2023.2) 주요 급성장 자율주행차 기술 키워드

1위	플라잉카	·플라잉카 기술 개발 확대 및 상용화 가시화
2위	운전자 모니터링시스템	·운전자의 안전 강화 및 사고 예방 기술로 주목
3위	차량 대 인프라 통신	·이동성 개선과 안전성 증대를 위한 필수적 기술 요소
4위	차량용 무선 업데이트	·대규모 차량에 대한 즉각적인 동시 업데이트 가능
5위	통합 모빌리티 서비스	·지속 가능한 모빌리티를 향한 새로운 솔루션

(2022.3 ~ 2023.2) 주요 급성장 자율주행차 수요처 키워드

1위	반도체	·자동차용 반도체, 2023년 까지 CAGR 29%로 성장 전망
2위	엔터테인먼트	·사용자 친화적으로 진화하는 차량용 인포테인먼트
3위	농업	·농업 부문 노동력 문제 해결 방안으로 적용 확대
4위	통신	·5G, 자율주행차 및 ADAS 첨단 기술 지원
5위	물류	·물류 서비스, 자율주행 및 자동화 시스템 상용화 확대

출처: 정보통신산업진흥원. (2023). p.3.



## 4. 공간기반 기술 융복합에 따른 건축의 변화

### 1) 건축공간 미래전망 시나리오

#### □ 개요

UAM, 로봇, 자율주행차로 인한 공간의 변화에 대한 기존 논의는 거의 이루어지지 않았기에, 본 절에서는 전문가 조사를 기반으로 공간기반 기술 융복합에 따른 건축 공간의 변화를 작성하였다.

전문가 조사의 목적은 제3장에서 실효성 있는 미래 건축 공간의 계획 요소를 도출하는 것이며, 이를 위해 앞으로 도래할 건축 공간의 변화를 전망하고 실현 시기와 가능성을 검토하였다. 조사는 총 3차에 걸쳐 진행되었으며, 1차 조사에서는 기술의 발전에 따른 용도별 건축물의 미래 전망 시나리오를 작성하고, 2차 조사에서는 건축공간 미래전망 시나리오에 대한 실현가능성과 실현 시기를 검토하였다.

3차 조사에서는 이를 기반으로 미래 건축 공간의 계획 요소를 도출하였는데, 본 절은 1,2차 조사결과를 바탕으로 작성하였다.

UAM, 로봇, 자율주행 분야 전문가와 건설 및 건축 분야, 정보관리 및 플랫폼 분야 전문가 등을 대상으로 조사를 시행하였으며, 전문가 목록은 [표 2-25]와 같다.

[표 2-26] 전문가 조사 대상

구분		소속기관	1차조사	2차조사	구분		소속기관	1차조사	2차조사
산업계	모빌리티	현대자동차	○	○	산업계	건축	삼우설계	○	○
	IT, 통신	한화시스템즈	○	○			현대건설	○	-
		LG 유플러스	○	-		정보	솔리데오	○	○
			디버	○	○	학계	카이스트	○	-
	연구	LG 경영연구원	○	○	·연구계	청주대학교	○	○	
	부동산	KT 에스테이트	○	○	공공기관	한국로봇산업진흥원	○	○	
	자율주행자동차	카크랩	○	○				○	-
	건축	한화건설	○	○			LX 한국국토정보공사	○	○
		간삼건축	○	○	관련 학·협회	스마트도시협회	○	○	
			○	○				○	○
합 계								20명	16명

출처: 연구진 작성

1차 조사는 기술의 발전 및 적용에 따른 건축공간의 미래변화를 전망하여 용도·기술별 건축공간의 시나리오를 도출하기 위한 내용으로 구성하였으며, 10월 10일부터 약 1개월간 진행하여, 11월 10일까지 1차조사 의견을 수렴하였다.

2차 조사에서는 1차 조사를 통해 정리된 미래전망 시나리오에 대하여 실현 가능성과 실현 시기를 확인하였으며, 1차 조사가 종료된 11월 10일부터 약 10일간 진행하여, 11월 20일까지 2차 조사항목에 대한 전문가 의견을 수렴하였다. 조사표는 현재 국토교통부에서 추진 중인 스마트+빌딩 얼라이언스의 추진 내용과 선행연구의 내용을 바탕으로 작성하였다.

[표 2-27] 전문가 조사 내용

구분

내용

1차 조사:  
건축공간 미래전망  
시나리오

· 로봇, UAM, 자율주행차 기술의 적용으로 인하여 변화하는 건축공간의 변화(주거시설, 상업시설, 업무시설, 의료시설, 운수시설, 군사시설, 문화집회시설, 기타 건축물 용도별)

〈미래전망 시나리오 조사표〉

구분	로봇	UAM	자율주행차
주거시설			
상업시설			
업무시설			
의료시설			
운수시설			
군사시설			
문화집회시설			
기타 건축물			

2차 조사:  
미래전망  
시나리오의 실현  
가능성 및 시기

· 건축공간의 개별 미래전망 시나리오의 실현가능성과 실현시기

- 실현 가능성 : 5단계 (0~20%, 21~40%, 41~60%, 61~80%, 81~100%)

- 실현 시기 : 3단계 (근미래:향후 5년, 중미래: 향후 10년, 먼미래: 향후 15년 이상)

〈미래전망 시나리오 실현 가능성 및 시기 조사표〉

건축공간 미래전망 시나리오	실현가능성					실현시기		
	매우 그렇지 않다◀▶ 매우 그렇다					근미래 (향후5년)	중미래 (향후10년)	먼미래 (향후15년 이상)
	0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%			
주거시설 (단독, 공동)								
로봇	아파트공동공간에 서 입주민의 짐을 수령하여 배송							
	...							
UAM	내부 공간 청소, 소독 등(수시)							
	...							
자율 주행차	자동 주차 및 출차							
	...							

출처: 연구진 작성



## □ 건축공간의 미래 변화 전망 논의

UAM 기술은 이동 편의를 향상하는 새로운 교통수단으로서 이용이 확대될 것으로 전망하였다. 사람, 사물의 이동이 자유로워지고 이동 시간이 단축되어 건축공간을 포함한 생활 범위가 확대(건축물 → 근린 생활권 → 광역생활권)될 것이다.

또한, 긴급 상황이 발생하거나 현재 교통수단으로 접근이 어려운 상황에서 이동 수단으로 UAM을 활용할 수 있으며, 건축공간의 내부뿐만 아니라 외부 공간을 모니터링하고 순찰하여 도시 전체 공간에 대한 실시간운영·관리의 편의가 향상될 수 있다.

건축분야에서 UAM 대응을 위해 가장 중요한 부분은 버티포트 계획으로 보인다. UAM 서비스 기술 개발에 따라 다양한 형태의 공간 계획이 가능할 것으로 보이며, 이에 대응한 계획기준을 검토해야할 시점이다.



[그림 2-13] UBER가 제시한 다양한 버티포트 디자인

출처 : Uber. uberAIR – taking technology to new heights. <https://www.uber.com/en-AU/blog/uberair/> (검색일: 2024.1.23.)

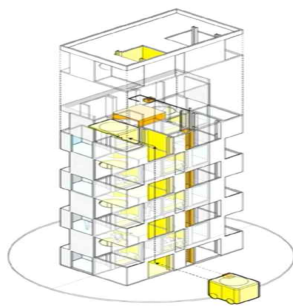
로봇 기술은 건축 공간의 운영 및 관리와 이용자의 편의 향상, 공간 내외 활동의 안전성을 향상하기 위하여 적용될 것으로 전망된다. 건축 공간의 공기질, 빛환경 등을 수시로 모니터링하고 필요시 창 개폐 자동 조절, 환기 시스템 구동, 소독 등의 적정 조치를 로봇이 대신하여 실시할 수 있다.

또한 로봇을 활용한 실시간 감시 및 모니터링을 통해 건축 공간 내외의 안전사고,

범죄 발생 등을 예방할 수 있으며, 물건의 배송, 취약계층의 이동 지원, 위험한 행위를 로봇이 대신 수행하는 등 건축공간 내외 사용자의 편의를 지원할 수 있다.

자율주행 자동차의 경우, UAM과 마찬가지로 사람 및 사물의 원활한 이동을 가능하게 하며, 더불어 이동식 건축 공간으로 자율주행차가 활용될 것으로 전망된다. 건축 공간 내외에서의 취약계층 이동, 목적에 따른 직접적 이동 등 이동의 편의성과 효율성이 향상되고 자율 주차로 인한 주차 및 출차 편의성이 향상 될 것으로 기대된다.

자율주행차는 목적지를 직접적으로 연결하여 목적별 이동을 할 수 있을 것으로 전망하는데, 이 때, 목적지는 건축물 내·외부 공간을 포함하며 내부 공간 간의 연결도 가능해질 것으로 보인다. 자율주행차는 개별 건축 공간 내외에서 새로운 ‘공간’으로 활용할 수 있을 것으로 예측된다.



〈자율주행차가 개별공간간으로서 건축물 내로 진입하여 공간 형성〉



〈건물과 도킹하는 자율주행차〉

#### [그림 2-14] 자율주행차로 인한 공간 변화

출처: (좌) PRAUD. (2022).; (우) 현대자동차그룹 뉴스룸. (2023). 현대자동차그룹, 모빌리티와 건물을 연결하는 ‘모바일 이빙 스페이스’ 비전 공개. 1월 30일 기사. <https://www.hyundai.co.kr/news/CONT0000000000074484> (검색일: 2024.1.23.)

한편, 건축물의 용도별로 건축 공간 내외에서의 행태 변화를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 주거시설은 거주자의 생활을 지원하기 위하여 로봇, UAM, 자율주행차의 적용을 통해 다양한 편의 서비스가 제공될 것으로 예상된다.

#### [표 2-28] 주거시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개별 세대에서 발생한 폐기물의 자동 수거 및 자동적 재활용 분리수거</li> <li>- 개별 세대에 택배 물품을 전달하거나 공용공간에서 물품을 개별 세대로 이동</li> <li>- 로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시 및 모니터링 (아파트 단지 내 놀이터, 커뮤니티 시설 등 순찰)</li> <li>- 설비, 시설 등의 결함 조치, 응급 상황 발생 시 112/119 연결 등 안전 사고 예방</li> </ul>

기술	미래전망 시나리오
	- 청소 및 소독 등 시설의 상시 운영·관리
UAM	- 목적지를 설정 후 물품 등의 이동 - 주거시설 외부 공간(아파트 단지)의 순찰 - 주차장 현황 모니터링을 통해 실시간 주차 가능 대수를 파악하여 입주민에게 제공 - 고층 거주자에게 배란다를 통하여 물품을 배송
자율주행차	- 자동 출차를 통해 예약시간에 맞추어 차량 대기 - 출발지에 자동 출차된 차량이 도착하게 되면서, 출입구에서 먼 거리에 있는 주차 구역 활용 - 이사를 하는 경우, 이삿짐을 개별 동 또는 세대로 운송

출처: 연구진 작성

상업시설에서는 상업 서비스를 제공하거나 시설을 이용하는데 있어 편의를 향상시킬 수 있으며, 상업시설의 규모에 따라 적용 가능한 기술 및 서비스가 매우 다양할 것으로 전망된다.

[표 2-29] 상업시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	- 상업 시설 이용 시 로봇이 함께 시설을 돌아다니며 쇼핑 물건을 싣고 따라다님(카트를 사람이 끌지 않고 자동적으로 소비자를 따라다님) - 매장에서 구매한 물품을 주차장까지 로봇이 운반 - 시설 내 매장, 편의시설 등의 위치를 안내하고 이동 동선을 안내 - 구매하고자 하는 물품 또는 매장에서 필요한 물품 등을 입력하면, 로봇이 직접 물품을 찾아 소비자 또는 매장에 배송 - 물품을 로봇(카트)에 담으면 비용을 책정하여 안내 - 시설 내 혼잡도/밀집도를 모니터링 - 물품 창고 정리 및 재고 관리의 자동화
UAM	- UAM으로 상업시설 방문이 가능해지면서, 상업시설(백화점)의 층별 구조가 변경(1층 명품관이 고층화) - 물류센터에서 상업시설로 물류를 배송 - 상업 시설 내에서 소비자가 원하는 물품을 원하는 장소로 배송 - 로봇과 유사하게 카트를 대체 : 물품을 소비자가 고르고 수령하는 장소에서 드론이 소비자 구매 내역에 따라 물품을 픽업 후 전달

출처: 연구진 작성

업무시설에서는 협업을 지원하고 효율적인 업무를 수행하는 데에 기술이 기여할 것으로 기대되며, 이에 따라 시간이 많이 소요되거나 단순 작업 등이 기술로 대체 될 것으로 예측된다.

[표 2-30] 업무시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부서 간 문서 송달</li> <li>- 공공청사 등에서는 민원 처리 또는 고객(민원인)을 응대하는 업무를 로봇이 대신 수행</li> <li>- 회의실 예약 또는 시설 이용 전 회의실 세팅(빔 프로젝터, 마이크 등 회의 설비 준비)</li> <li>- 외부 방문객 안내(회의 참석자에게 회의실 안내)</li> <li>- 업무 시간 외 업무시설의 운영 및 관리 : 실시간 모니터링, 시스템 보안 등</li> </ul>
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 교통 허브와 연계하여 직원의 출퇴근을 지원</li> <li>- 자율주행차로 이동 시 이동 시간 동안 회의, 문서 작업 등 업무를 연속적으로 수행</li> </ul>

출처: 연구진 작성

의료시설에서는 기술을 통해 환자 맞춤형 의료서비스 지원, 응급 상황 발생 시 신속한 대응 등이 가능해짐에 따라 의료 서비스의 품질 향상과 의료시설 이용자의 이용편의가 향상될 것으로 보인다. 또한 다른 시설에 비해 전문적이고 특수한 서비스를 제공하는데 기술이 가장 많이 활용되어 기존 의료행위를 기술이 대체할 것으로 전망된다.

[표 2-31] 의료시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 환자별 처방에 따라 약품 투입, 투약 시간 알림</li> <li>- 수술 작업을 보조하거나 환자의 검사 등 진료 서비스를 지원</li> <li>- 거동이 불편한 환자의 이동을 지원하거나, 간병 서비스를 로봇이 제공</li> <li>- 병동별 시설 조건(온도, 빛, 공기 등)에 맞추어 시설 환경을 모니터링하고 실시간으로 조정</li> <li>- 환자의 상태 및 경과를 확인하고 데이터화, 원격으로 진료</li> <li>- 환자별 특성에 맞춘 식단 관리, 식사 제공과 퇴식 지원</li> <li>- 병원 내 위험물(방사선, 약품 폐기물, 수술실 폐기물 등)을 전용 로봇이 수거</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위급상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송</li> <li>- 주변 의료시설과의 신속한 협진을 위한 이동</li> <li>- 응급 상황에서 신속한 의료 서비스 제공을 위한 응급실, 수술실로의 연결 (응급실, 수술실 고층화)</li> </ul>
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부에서 의료시설의 응급실 까지 직접적인 이동</li> <li>- 필요시 검사를 진행할 수 있어 위급상황에서 병원으로 이송되는 중 검사를 진행 (응급시 실내 구조 변경)</li> <li>- 환자 이송 시 병상 현황을 파악하고 수용여부를 사전에 확인하여 신속한 이동</li> <li>- 구급차와 연계</li> </ul>

출처: 연구진 작성

운수시설은 광역적 이동의 편의를 향상시키고 공항, 철도시설 등에서 승객들에게 제공하는 편의서비스를 지원하는 데에 기술이 활용 될 것으로 전망된다.

[표 2-32] 운수시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통 수단 간의 수하물 수송 및 이동을 지원</li> <li>- 현재 교통수단의 혼잡도를 파악하여 승객들에게 관련 정보를 실시간으로 제공</li> <li>- 자동 체크인, 승차권 발급 등 편의 서비스 안내 및 제공</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지하-지상-항공으로 교통수단의 연결</li> </ul>

출처: 연구진 작성

군사시설의 경우 안전한 시설 운영 및 관리와 보안 강화에 기술이 많이 활용 될 것으로 전망된다.

[표 2-33] 군사시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 군사시설 24시간 감시 및 모니터링(보안 강화), 비상 상황 발생 시 신속한 알림</li> <li>- 위험물(탄약, 폭탄, 등)의 보관 등 관리와 이송을 로봇이 대신하여 진행</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 군사시설 간의 사람, 물자 등의 이동</li> <li>- 주요 시설에 대한 공중 모니터링 및 순찰, 데이터 수집</li> </ul>

출처: 연구진 작성

문화집회시설의 경우, 다수의 사람이 모이고 다양한 활동이 발생하는 시설이므로 안전사고에 대비하고 건축 공간 내외에서 다양한 문화 활동을 지원하는 데에 기술들이 활용될 것으로 보인다.

[표 2-34] 문화집회시설의 미래 전망

기술	미래전망 시나리오
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공연, 집회 시 안전 통로 또는 동선을 확보하고 안내</li> <li>- 대형 장비(무대 시설, 등)의 이동 및 설치</li> <li>- 시설의 위치, 동선, 행사 등을 안내</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공중에서 공간 내 밀집도, 혼잡도를 파악하고 안전사고를 예방할 수 있도록 일정 수준 이상의 혼잡이 발생하는 경우 알림(안전 상황 모니터링)</li> <li>- 문화 및 관광 시설을 탐방</li> </ul>

출처: 연구진 작성

## □ 건축공간의 미래 변화 전망 종합

1차 조사를 통해 파악된 건축공간 미래전망 시나리오 중에서 빈도 및 현재 기술 수준을 고려하여 최종 미래전망 시나리오를 도출하였으며, 그 내용은 아래 표와 같다.

[표 2-35] 건축공간 미래전망 시나리오

용도	기술	미래전망 시나리오
주택	로봇	로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시 및 모니터링 (아파트 단지 내 놀이터, 커뮤니티 시설 등 순찰)
		로봇이 개별 세대까지 물품 등을 배송
		청소 및 소독 등 시설의 상시 운영·관리
	UAM	목적지 설정 후 물품 이동 및 배송
		고층 거주자에게 베란다를 통하여 물품 배송
	자율 주행차	출발지에 자동 출차된 차량이 도착할 수 있어 출입구와의 거리와 관계 없이 주차 구역 활용
상업	로봇	매장에서 구매한 물품을 주차장까지 로봇이 운반
		판매시설 이용 시, 쇼핑카트를 로봇이 대체(물건 운반, 자동 계산 등)
	UAM	UAM으로 상업시설 방문, 상업시설의 층별 구조 변동 (예: 1층 명품관이 고층에 위치)
		물류센터에서 상업시설로 직접 물류 배송
업무	로봇	부서간 문서 송달
		공공청사 등에서 민원 처리 또는 민원인 응대 업무 수행
	자율 주행차	주변 교통허브와 연계하여 직원 출퇴근 지원
		이동 시 이동시간 동안 회의, 업무 등을 연속적으로 수행
의료	로봇	환자 간병 서비스 제공 (이동 지원, 투약, 안내 등)
		환자 상태 및 경과를 확인, 데이터화하여 원격 진료
	UAM	위급 상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송
	자율 주행차	외부에서 의료시설까지 직접적인 이동
그 외 (운수, 군사, 문화 및 집회)	로봇	교통 수단 간의 수하물 수송 및 이동 지원
		위험물의 보관 및 관리, 이송
		공연, 집회 시 안전 통로 또는 동선 확보 및 안내 등 안전 관리
	UAM	운수시설은 지하-지상-항공 등 여러 유형의 교통수단이 연결
		군사시설 간 사람, 물자 등의 이동
		문화 및 관광 시설 탐방
		공중에서 공간 내 밀집도를 파악하고 안전사고 예방을 위한 모니터링

출처: 연구진 작성

## 2) 건축공간 미래전망 시나리오의 실현 가능성 및 실현 시기

### □ 개요

1차 전문가 의견 수렴을 바탕으로 건축물 용도와 기술에 따라 도출된 건축공간 미래전망 시나리오에 대하여 실현 가능성과 실현 시기를 조사하였다. 실현 가능성은 5단계로 구분하여 응답하도록 하였으며, 실현 시기는 3단계로 구분하였다.

- (실현 가능성) 1단계(0~20%), 2단계(21~40%), 3단계(41~60%), 4단계(61~80%), 5단계(81~100%)로 구분하여 각 시나리오의 실현가능성을 검토
- (실현 시기) 근미래(향후 5년), 중미래(향후 10년), 먼미래(향후 15년 이상)으로 구분하여 응답

1차 조사에 참여한 전문가를 대상으로 2차 조사를 진행하였으며, 총 15인의 전문가 응답 결과를 바탕으로 분석하였다. 응답 빈도수를 확인하여 최빈값을 기준으로 건축공간 미래전망 시나리오의 실현가능성과 실현시기를 분석하였다.

### (1) 건축공간 미래전망 시나리오의 실현 가능성

#### □ 주거시설의 미래전망 시나리오 실현 가능성

로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시하고 모니터링하는 것에 대해 대부분의 전문가들은 실현가능성이 60% 이상인 것으로 응답하였다. 또한 로봇이 개별 세대까지 물품을 배송하는 시나리오에 대해서는 응답자의 90% 이상이 실현가능성이 높을 것으로 응답하였으며, 로봇이 청소, 소독 등 시설의 상시 운영 관리를 대신 수행 할 것이라는 시나리오에 대해서도 대부분의 응답자가 실현 가능성이 60% 이상인 것으로 응답하였다. 특히, 로봇의 시설 상시 운영·관리의 실현 가능성이 80%이상인 것으로 응답한 비율(78.6)은 가장 높은 것으로 나타났다.

UAM을 통한 물품의 이동 및 배송의 실현 가능성에 대해서는 응답자마다 응답이 다르게 나타났으나 실현가능성이 80% 이상일 것으로 응답한 응답자가 가장 많은 것으로 나타났다. 한편, 고층 거주자에게 베란다를 통한 물품 배송은 실현 가능성이 낮은 편으로 응답한 비율이 다른 시나리오에 비해 높게 나타났는데, 응답자 중에서는 해당 시나리오에 대해서 개인 또는 세대의 프라이버시와 소음 문제 등으로 인해 UAM을 통한 물품 배송은 실현되기 어려울 것으로 판단하였다.

자율 주행차와 관련된 시나리오<sup>1)</sup>로 출발지에 자동 출차된 차량이 도착하여, 출입구와의 거리와 관계없이 주차 구역을 활용하는 것에 대해서는 대부분의 응답자가 60% 이상의 실현 가능성이 있음으로 응답하였다.

종합하면, 주거시설에서는 로봇으로 인한 건축공간의 변화가 가장 실현 가능성이 높을 것으로 기대하였다.

[표 2-36] 주거시설 미래전망 시나리오 실현 가능성

기술	미래전망 시나리오	실현 가능성					N
		매우 그렇지 않다◀▶ 매우 그렇다					
		1	2	3	4	5	
		0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%	
			%	%	%	%	
로봇	로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시 및 모니터링 (아파트 단지 내 놀이터, 커뮤니티 시설 등 순찰)	0	1	1	5	7	14
	로봇이 개별 세대까지 물품 등을 배송	0	0	1	4	9	14
	청소 및 소독 등 시설의 상시 운영·관리	0	0	1	2	11	14
UAM	목적지 설정 후 물품 이동 및 배송	0	3	3	3	6	15
	고층 거주자에게 배란다를 통하여 물품 배송	3	3	3	5	1	15
자율주행차	출발지에 자동 출차된 차량이 도착할 수 있어 출입구와의 거리와 관계없이 주차 구역 활용	0	1	3	7	2	13

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 상업시설의 미래전망 시나리오 실현 가능성

상업시설에서 로봇이 매장에서 구매한 물품을 주차장까지 운반하는 시나리오에 대해 대부분의 응답자가 실현 가능성이 높은 것으로 응답하였으며, 쇼핑카트의 역할을 로봇이 대체 할 것이라는 시나리오에 대해서는 그보다는 실현 가능성이 낮은 것으로 응답하였다.

한편, UAM과 관련된 시나리오에 대해서는 실현가능성이 매우 낮은 것으로 응답한 응답자도 있었으며, 로봇에 비해 실현가능성이 낮은 편으로 나타났다. 물류센터에서 상업시설로 UAM을 활용한 물류 배송은 실현 가능성이 50% 이상 수준인 것으로 나타났다.

1) 응답자 중 1명은 해당 시나리오에 대해 현 시점에서 실현가능성을 가늠하기 어렵다고 응답하기도 함



[표 2-37] 상업시설 미래전망 시나리오 실현 가능성

기술	미래전망 시나리오	실현 가능성					N
		매우 그렇지 않다◀					
		▶ 매우 그렇다					
		1	2	3	4	5	
		0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%	
로봇	매장에서 구매한 물품을 주차장까지 로봇이 운반	0	0	1	7	6	14
	판매시설 이용 시, 쇼핑카트를 로봇이 대체(물건 운반, 자동 계산 등)	0	1	2	4	7	14
UAM	UAM으로 상업시설 방문, 상업시설의 층별 구조 변동 (예: 1층 명품관이 고층에 위치)	1	4	3	2	5	15
	물류센터에서 상업시설로 직접 물류 배송	1	1	4	2	7	15

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 업무시설의 미래전망 시나리오 실현 가능성

업무시설에 대해서는 로봇의 문서 송달 시나리오에는 90%이상의 응답자가 실현 가능성이 60% 이상 수준인 것으로 응답해 실현 가능성이 높은 편으로 나타났으며, 민원 처리나 민원 응대 등의 업무를 수행할 수 있을 것으로 나타났다.

자율주행차와 관련해서는 주변 교통 허브와 연계를 통한 직원 출퇴근 지원, 이동 시간 동안의 업무 연속 수행 시나리오의 실현 가능성이 80% 이상인 것으로 응답한 응답자의 비중이 가장 높게 나타났다. 그러나 로봇에 비해 실현가능성은 낮은 편으로 확인되었다.

[표 2-38] 업무시설 미래전망 시나리오 실현 가능성

기술	미래전망 시나리오	실현 가능성					N
		매우 그렇지 않다◀					
		▶ 매우 그렇다					
		1	2	3	4	5	
		0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%	
로봇	부서간 문서 송달	0	0	1	4	7	12
	공공청사 등에서 민원 처리 또는 민원인 응대 업무 수행	0	1	0	6	7	14
자율주행차	주변 교통허브와 연계하여 직원 출퇴근 지원	0	0	4	3	6	13
	이동 시 이동시간 동안 회의, 업무 등을 연속적으로 수행	0	1	3	4	5	13

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 의료시설의 미래전망 시나리오 실현 가능성

의료시설 내에서 로봇이 환자에게 간병 서비스를 제공하는 것과 원격으로 진료 서비스를 제공하는 것은 실현 가능성이 높은 편으로 나타났는데, 약 75% 이상의 응답자가 실현 가능성이 60% 이상인 것으로 응답하였다.

UAM을 활용하여 위급 상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송은 40% 이상의 실현 가능성이 있을 것으로 모든 응답자가 인식하였다.

한편, 로봇, UAM과 비교해 자율주행차를 활용한 외부 공간에서 의료시설까지의 직접적인 이동은 실현가능성이 60% 이상으로 응답한 응답자의 비중이 낮은 편으로 나타났다.

[표 2-39] 의료시설 미래전망 시나리오 실현 가능성

기술	미래전망 시나리오	실현 가능성					N
		매우 그렇지 않다◀▶ 매우 그렇다					
		1	2	3	4	5	
		0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%	
로봇	환자 간병 서비스 제공 (이동 지원, 투약, 안내 등)	0	1	0	6	7	14
	환자 상태 및 경과를 확인, 데이터화하여 원격 진료	0	2	1	3	8	14
UAM	위급 상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송	0	0	2	4	9	15
자율주행차	외부에서 의료시설까지 직접적인 이동	0	2	3	3	5	13

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 기타시설의 미래전망 시나리오 실현 가능성

그 외 시설에서 로봇과 UAM을 이용한 이동 지원, 수송 등과 시설의 운영 및 관리, 그리고 시설 이용자에 대한 안내 서비스 등은 대체로 실현 가능성이 60% 이상인 것으로 나타났다. 상대적으로 로봇을 활용한 위험물의 보관 및 관리, 이송과 UAM을 활용한 문화 및 관광시설의 탐방은 실현 가능성이 60% 미만인 것으로 응답한 빈도가 높은 것으로 나타났다.

## (2) 건축공간 미래전망 시나리오의 실현 시기

### □ 주거시설의 미래전망 시나리오 실현 시기

주거시설 내 로봇과 관련된 미래전망 시나리오는 향후 10년 이내에 실현 될 것으로 기대되며, 특히 로봇을 활용한 물품의 배송, 시설의 상시적인 운영 및 관리는 5년 이내에 실현 될 것으로 기대할 수 있다.

한편, UAM과 자율 주행차에 대한 시나리오는 향후 5년 이내에는 실현되기 어려울 것으로 예상되며, 향후 10년 이상의 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 특히, 고층 거주자에게 UAM을 활용한 물품 배송은 빠른 시일 내에 실현되기에 가장 힘든 시나리오로 인식하고 있다.

[표 2-40] 기타시설 미래전망 시나리오 실현 가능성

기술	미래전망 시나리오	실현 가능성					N
		매우 그렇지 않다◀▶ 매우					
		그렇다					
		1	2	3	4	5	
		0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81~100%	
로봇	교통 수단 간의 수하물 수송 및 이동 지원	0	1	2	5	6	14
	위험물의 보관 및 관리, 이송	0	2	2	2	8	14
	공연, 집회 시 안전 통로 또는 동선 확보 및 안내 등 안전 관리	0	2	1	7	4	14
UAM	운수시설은 지하-지상-항공 등 여러 유형의 교통수단이 연결	0	1	2	7	5	15
	군사시설 간 사람, 물자 등의 이동	0	1	2	4	8	15
	문화 및 관광 시설 탐방	0	1	3	8	3	15
	공중에서 공간 내 밀집도를 파악하고 안전사고 예방을 위한 모니터링	0	2	0	5	8	15

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

[표 2-41] 주거시설 미래전망 시나리오 실현 시기

기술	미래전망 시나리오	실현 시기			N
		1	2	3	
		근미래	중미래	먼미래	
로봇	로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시 및 모니터링 (아파트 단지 내 놀이터, 커뮤니티 시설 등 순찰)	9	6	0	15
	로봇이 개별 세대까지 물품 등을 배송	11	4	0	15
	청소 및 소독 등 시설의 상시 운영·관리	13	2	0	15
UAM	목적지 설정 후 물품 이동 및 배송	4	9	3	16
	고층 거주자에게 베란다를 통하여 물품 배송	0	8	7	15
자율주행차	출발지에 자동 출차된 차량이 도착할 수 있어 출입구와의 거리와 관계없이 주차 구역 활용	1	9	4	14

주) 무응답, 답변 곤란 제외  
출처: 연구진 작성

#### □ 상업시설의 미래전망 시나리오 실현 시기

상업시설 내 로봇과 관련된 시나리오는 다른 시나리오에 비해 실현 시기가 빠른 편으로 예상된다. 대부분의 응답자가 5년 이내에 실현 가능할 것으로 인식하고 있다. 한편, UAM은 로봇에 비해 실현 시기가 늦을 것으로 나타났으며, UAM을 이용한 상업시설의 방문은 향후 10년 이상의 시간이 걸릴 것으로 나타났다.

[표 2-42] 상업시설 미래전망 시나리오 실현 시기

기술	미래전망 시나리오	실현 시기			N
		1	2	3	
		근미래	중미래	먼미래	
로봇	매장에서 구매한 물품을 주차장까지 로봇이 운반	8	6	1	15
	판매시설 이용 시, 쇼핑카트를 로봇이 대체(물건 운반, 자동 계산 등)	7	6	2	15
UAM	UAM으로 상업시설 방문, 상업시설의 층별 구조 변동 (예: 1층 명품관이 고층에 위치)	1	5	9	15
	물류센터에서 상업시설로 직접 물류 배송	5	8	2	15

주) 무응답, 답변 곤란 제외  
출처: 연구진 작성

#### □ 업무시설의 미래전망 시나리오 실현 시기

업무시설은 다른 시설에 비해 로봇과 관련된 시나리오의 실현 시기가 매우 빠를 것으로 나타나는데, 건물 내 문서 송달, 민원 응대 등의 간단한 업무 수행은 로봇이 빠른 시일 내에 대신 할 수 있을 것으로 예상하였다.

또한, 다른 시설에 비해 자율주행차를 활용한 시나리오도 향후 10년 이내에 실현 가능할 것으로 인식하고 있는데, 특히 자율주행차와 주변 교통허브와의 연계는 실현가능성도 높은 편으로 나타난 것과 비슷하게 실현 시기도 빠를 것으로 나타났다.

[표 2-43] 업무시설 미래전망 시나리오 실현 시기

기술	미래전망 시나리오	실현 시기			N
		1	2	3	
		근미래	중미래	먼미래	
로봇	부서간 문서 송달	11	2	0	13
	공공청사 등에서 민원 처리 또는 민원인 응대 업무 수행	11	3	1	15
자율주행차	주변 교통허브와 연계하여 직원 출퇴근 지원	2	11	1	14
	이동 시 이동시간 동안 회의, 업무 등을 연속적으로 수행	3	5	6	14

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 의료시설의 미래전망 시나리오 실현 시기

의료시설의 로봇과 관련된 시나리오의 실현 시기는 다른 시나리오에 비해 실현 시기가 빠를 것으로 나타났다. 응답자의 대부분은 향후 10년 이내에 로봇을 활용한 간병 서비스 및 원격 진료의 실현 가능할 것으로 기대된다.

그리고 UAM과 자율주행차를 활용한 환자 및 장기 이송도 10년 이내에 실현 가능할 것으로 기대하고 있어, UAM, 자율주행차 기술은 의료시설에서 활발하게 도입·이용 될 것으로 예상된다.

[표 2-44] 의료시설 미래전망 시나리오 실현 시기

기술	미래전망 시나리오	실현 시기			N
		1	2	3	
		근미래	중미래	먼미래	
로봇	환자 간병 서비스 제공 (이동 지원, 투약, 안내 등)	9	5	1	15
	환자 상태 및 경과를 확인, 데이터화하여 원격 진료	6	6	3	15
UAM	위급 상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송	5	9	2	16
지울주행차	외부에서 의료시설까지 직접적인 이동	1	10	3	14

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

#### □ 기타시설의 미래전망 시나리오 실현 시기

앞서 살펴본 실현 가능성에 대한 응답과 유사하게, 로봇과 UAM을 이용한 이동 지원, 이용자 안내, 시설 모니터링 등의 시나리오의 실현 시기가 빠를 것으로 나타났다.

한편, 지하-지상-항공 등 여러 유형의 교통수단이 연결되는 운수시설의 조성은 대부분의 응답자가 향후 10년 이상의 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

[표 2-45] 기타시설 미래전망 시나리오 실현 시기

기술	미래전망 시나리오	실현 시기			N
		1	2	3	
		근미래	중미래	먼미래	
로봇	교통 수단 간의 수하물 수송 및 이동 지원	7	6	2	15
	위험물의 보관 및 관리, 이송	8	5	2	15
	공연, 집회 시 안전 통로 또는 동선 확보 및 안내 등 안전 관리	6	8	1	15
UAM	운수시설은 지하-지상-항공 등 여러 유형의 교통수단이 연결	1	7	8	16
	군사시설 간 사람, 물자 등의 이동	6	7	3	16
	문화 및 관광 시설 탐방	7	6	3	16
	공중에서 공간 내 밀집도를 파악하고 안전사고 예방을 위한 모니터링	8	6	2	16

주) 무응답, 답변 곤란 제외

출처: 연구진 작성

### 3) 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준의 필요성

앞서 살펴본 바와 같이 UAM, 로봇, 자율주행차 등의 공간기반 혁신기술로 인해 다양한 공간의 변화를 예상할 수 있으며, 이를 실현하기 위해서는 새로운 공간 계획이 요구된다.

주요 기술별로 살펴보면, UAM의 경우, 이착륙 공간인 버티포트에 대한 계획이 필요하다. 버티포트의 입지, 규모, 기능에 따른 유형별 공간계획 기준과 진동 및 하중, 미기상 등 안전을 고려한 기준도 필요하다. 탑승자 이동 및 탑승공간과 기계 정비 및 유지관리 시설 등 새롭게 요구되는 공간을 어떻게 계획할 것인지 검토가 필요한 시점이다. 또한 기존 건축물의 헬리포트를 버티포트로 활용할 수 있는 방안에 대해서도 검토가 필요하다. 특히나, 2024년 첫 상용화를 목표로 하고 있는 만큼, 건축 계획 및 시공에 소요되는 시간을 고려하면, 빠른 시일 내 계획 기준을 마련할 필요가 있어 보인다.

로봇의 경우, 기존 건축물에서의 로봇 활용을 생각하면, 건축물의 변화가 많은 것이 바람직 하지 않을 수 있으나, 로봇 산업의 초기 단계에서 산업을 육성하기 위해서는 신축 건축물에 대해 로봇 활용에 적합한 기준을 적용할 필요가 있다. 특히 로봇 통행과 관련한 유효폭과 경사도, 단차 등은 어느 정도 필요한지 검토가 필요하며, 로봇의 수직이동을 위한 승강기 이용 방안, 통행에 장애가 없는 바닥 마감재, 로봇 통행 알림시설, 추락 방지 시설, 로봇 충전 및 대기 공간 등 다양한 요소들이 검토되어야 한다.

자율주행차의 경우, 탑승자 승하차 및 물품 상하차 공간이 필요하며, 수직이동까지 고려되어야 한다. 또한 미래 전망 시나리오에 따르면 자율주행차 내부가 또 다른 실내 공간으로 활용되면서, 건물과 자율주행차가 연결되는 기술까지 고려되어야 한다. 또한 자율주행차에 적합한 주차 공간에 대해서도 고민이 필요해 보인다.

마지막으로 UAM, 로봇, 자율주행차 등 공간기반 혁신기술이 건축물과 융복합되기 위해서는 각 분야별로 새로운 시스템이 개발 될 것으로 보인다. 이때, 건축물의 유지관리 측면에서 개별 시스템과 건축물 유지관리 시스템과의 관계에 대해서도 고민이 필요할 것으로 보인다.

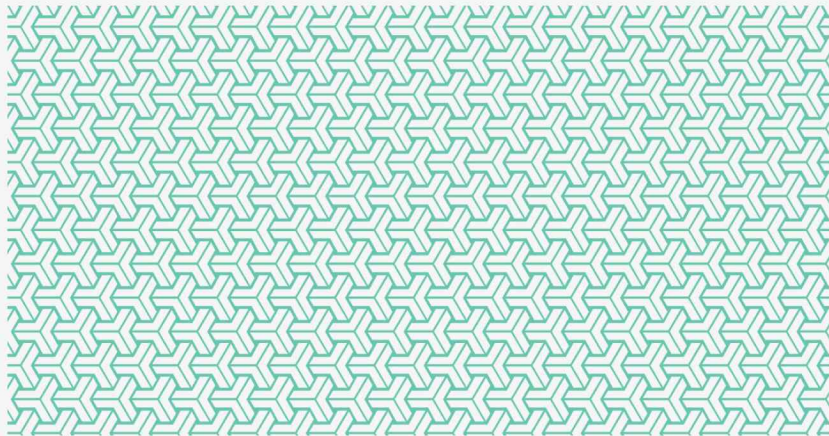
[표 2-46] 건축공간 미래전망 시나리오(실현 가능성 60%이상)와 건축계획 검토 필요사항

용도	기술	미래전망 시나리오	건축 계획 검토 필요 사항
UAM	주택	목적지 설정 후 물품 이동 및 배송	· 이착륙 공간
	상업	물류센터에서 상업시설로 직접 물류 배송	· 탑승자 이동 및 승하차, 대기 공간
	의료	위급 상황 발생 시 환자, 장기 등의 신속한 이송	· 하중, 진동, 기후, 화재 등 안전기준
	그 외	운수시설은 지하-지상-항공 등 여러 유형의 교통수단이 연결	· 규모, 기능, 입지에 따른 유형별 기준
		군사시설 간 사람, 물자 등의 이동	· 기존 헬리포트 활용 방안
		문화 및 관광 시설 탐방	· 탑승자 수직 이동 동선
		공중에서 공간 내 밀집도를 파악하고 안전사고 예방을 위한 모니터링	· (상업) 물류 상하차 공간 계획
로봇	주택	로봇이 주거시설 내 발생하는 안전사고, 범죄 등을 상시 감시 및 모니터링 (아파트 단지 내 놀이터, 커뮤니티 시설 등 순찰)	· (의료) 응급 이동 동선
		로봇이 개별 세대까지 물품 등을 배송	· (운수) 교통수단 간 연계 및 탑승자 이동 공간
		청소 및 소독 등 시설의 상시 운영·관리	
		상업	
	상업	매장에서 구매한 물품을 주차장까지 로봇이 운반	· 로봇 무장애 통행 계획
		판매시설 이용 시, 쇼핑카트를 로봇이 대체(물건 운반, 자동 계산 등)	· 로봇 통행 안내 시설
	업무	부서간 문서 송달	· 로봇 충전 및 대기 공간
		공공청사 등에서 민원 처리 또는 민원인 응대 업무 수행	· (상업)구매한 물품 수령 공간
	의료	환자 간병 서비스 제공 (이동 지원, 투약, 안내 등)	
		환자 상태 및 경과를 확인, 데이터화하여 원격 진료	
	그 외	교통 수단 간의 수하물 수송 및 이동 지원	
		위험물의 보관 및 관리, 이송	
		공연, 집회 시 안전 통로 또는 동선 확보 및 안내 등 안전 관리	
자율주행차	주택	출발지에 자동 출차된 차량이 도착할 수 있어 출입구와의 거리와 관계없이 주차 구역 활용	· 전용 주차 공간
	업무	주변 교통허브와 연계하여 직원 출퇴근 지원	· 탑승자 승하차 및 물품 상하차 공간
		이동 시 이동시간 동안 회의, 업무 등을 연속적으로 수행	· 자율주행차의 수직 이동 및 건물 내 진입
	의료	외부에서 의료시설까지 직접적인 이동	· 건물에 자율주행차 실내 공간 플러그인

출처: 연구진 작성



# 제3장 기술 융복합 건축물 계획 기준 조사 및 요소 도출



1. 조사 개요
2. UAM 융복합 건축물 계획 기준 조사
3. 로봇 융복합 건축물 계획 기준 조사
4. 자율주행차 융복합 건축물 계획 기준 조사
5. 계획 기준 도출을 위한 전문가 의견 조사

## 1. 조사 개요

앞서 미래 건축 공간의 변화 논의를 통해 공간 기반 혁신 기술로 모빌리티 기술들인 도심항공교통(UAM), 로봇, 자율주행차를 융복합 기술들로 도출하였다.

본 장에서는 이러한 융복합 기술들의 건축 관련 계획 기준과 사례들을 조사하고 연구에서 설정하고 있는 건축 계획 기준의 범위와 대상으로 포함시킬 수 있는 내용들을 발굴하는 과정을 수행하였다.

## 2. UAM 융복합 건축물 계획 기준 조사

### 1) FAA, Engineering Brief #105

#### (1) 개요

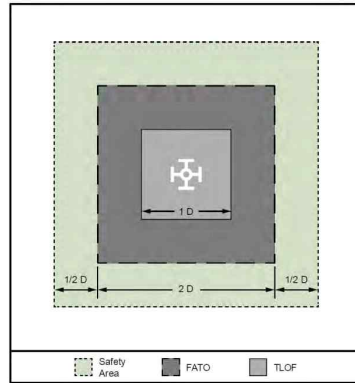
미국 연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration)이 기존의 헬기 및 항공기 착륙 시설의 신축, 개축과 공공 및 민간 버티포트에 대한 설계지침을 제시하였다. 해당 지침은 전기 에너지를 활용하는 수직이착륙(VTOL)항공기를 위한 버티포트 및 버티스톱을 설계하기 위한 지침이다.

수직이착륙 기체의 운행을 위한 초기 인프라 개발을 지원하기 위하여 버티포트의 설계에 필요한 지침을 제공하고 있으며, 새로운 기체 및 기술 성능 데이터가 축적되면, 이를 반영하여 해당 지침은 지속해서 수정 및 보완될 예정이다.

#### (2) 주요 내용

□ UAM 기체 길이를 기준으로 버티포트의 규모, 기체 운행에 적합한 버티포트의 형태에 대한 기준 제시

UAM 기체의 가장 긴 길이(D)를 기준으로 최소 너비 및 치수, 버티포트의 형태(원형, 사각형)를 제시하고 있다.



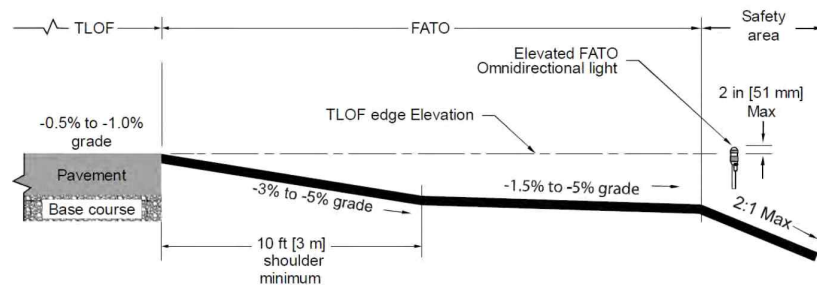
- FATO : UAM 기체가 이륙을 시작하는 지점이자 착륙을 완료하는 구역
- TLOF : UAM 기체가 이착륙을 수행하는 FATO의 중앙에 위치한 구역
- Safety Area : FATO에서 이탈하는 기체의 위험을 최소화하기 위하여 FATO를 둘러싼 구역

[그림 3-1] FAA가 제시하는 버티포트의 규격

출처: FAA. (2022). pp.9-10; 14.

□ 버티포트로서 최소 하중, 경사도, 재료, 위치 등에 대한 세부 기준 제시

UAM 기체의 무게 및 이륙 중량을 지지할 수 있어야 하며, 아스팔트 포장은 뒤틀림, 잔해 발생 등의 위험이 있어, 콘크리트 포장을 사용하여야 한다.



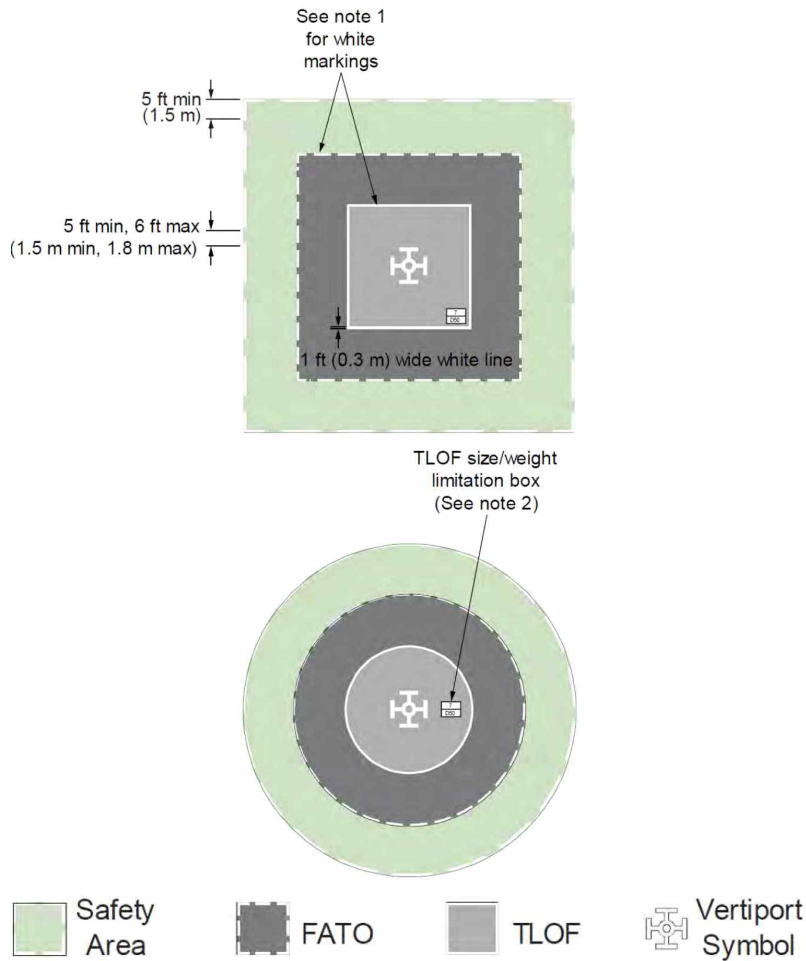
[그림 3-2] 버티포트의 경사

출처: FAA. (2022). p.17.

□ 버티포트의 식별을 위한 표식 및 마킹 방법, 조명, 비콘 등의 설비 규격과 설치 기준

버티포트를 식별할 수 있는 표식, UAM의 이착륙 경로 등의 시각적인 표시 설비의 설치를 위한 기준, 색상, 규모, 형태 등에 대한 기준을 제시하고 있다.

또한, UAM의 야간 운항시 버티포트의 위치와 경계 등을 식별하는 데에 필요한 조명의 방향, 설치 위치 및 개수 조명설비의 설치 기준과 야간 운항시 버티포트의 식별을 위한 비콘 및 바람의 방향과 세기를 측정하는 윈드콘의 설치 기준을 함께 제시하고 있다.



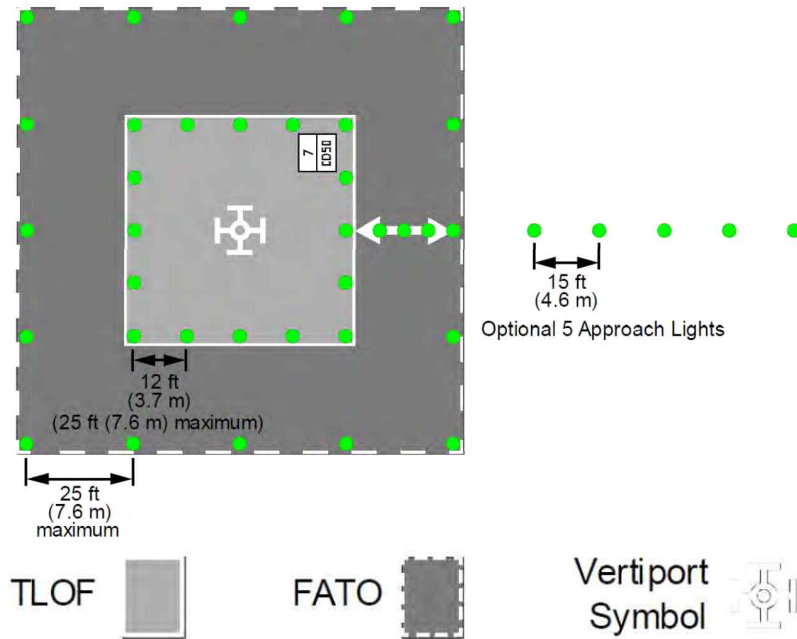
[그림 3-3] 버티포트의 표준 마킹 기준

출처: FAA. (2022). p.25.

□ UAM의 운행에 필요한 충전 및 전기 시설, 주차시설 등 부차적 시설에 대한 기준도 함께 제시

UAM 등 항공기 충전시설에 대하여 표준이 없으나 고정식·이동식 충전시설과 케이블, 배터리 냉각 또는 교체 설비 등 충전 인프라를 설치하여야 한다.

배터리의 충전은 안전하게 진행되어야 하며, 항공기의 배터리를 보관하는 장소는 이착륙 장소와 떨어진 곳에 설치하여야 한다.



[그림 3-4] 버티포트의 조명 설치 기준

출처: FAA. (2022). p.36.

□ 안전한 버티포트의 운영을 위한 설비로서 소방설비, 보안시설(검색대)의 설치 기준을 제시

승객이 공항의 보안구역에 출입하기 전 검색을 할 수 있도록 구역을 설치할 필요가 있으며, 항공기의 화재를 통제할수 있는 장비를 갖추 필요가 있으며 버티포트가 설치되는 지역의 소방, 환경 등과 관련된 기준을 준수하여야 한다.

소방장비는 버티포트 내에서 눈에 잘 띄도록 표시하여 모든 사람이 명확하게 확인 할 수 있도록 하여야 하며, 접근이 가능한 곳에 설치하여야 한다.

## 2) EASA(유럽 항공안전청)의 버티포트 디자인 기술서

### (1) 개요

버티포트의 운영 요건과 설계 및 인증에 필요한 사양과 지침을 제공하고 있다. 유럽항공안전청(EASA, European Aviation Safety Agency)이 UAM 기체 제조업체와 각국의 전문가들의 지원을 받아 만든 지침으로 EU의 국가에서 버티포트 설계 시 사용할 수 있는 국가 규제 프레임워크로 사용 할 수 있다.

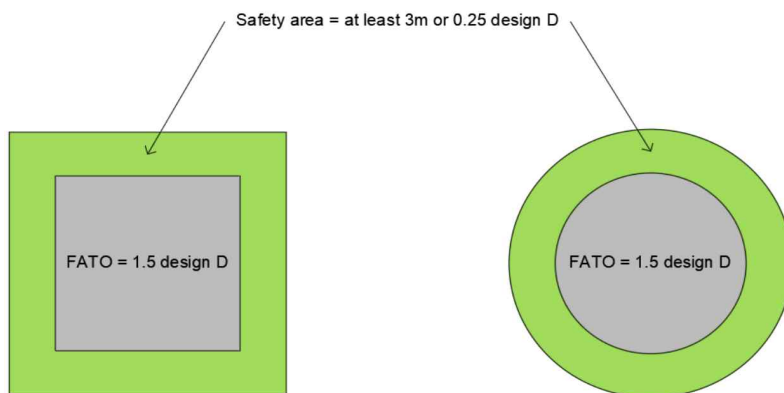
버티포트의 기술사양 프로토타입(PTS)은 버티포트의 물리적 환경의 특성, 장애물 환경, 시각적 장치(조명, 표식) 등에 대한 상세한 지침을 제시하며 향후 버티포트의 설계 및 운영을 위한 규정 제정에 기초 자료로 활용 가능하다.

### (2) 주요내용

□ 기체의 수직이착륙에 필요한 이격 거리, 규모, 마감 재료, 형태, 경사도 등 버티포트의 물리적 환경에 대한 가이드라인을 제시

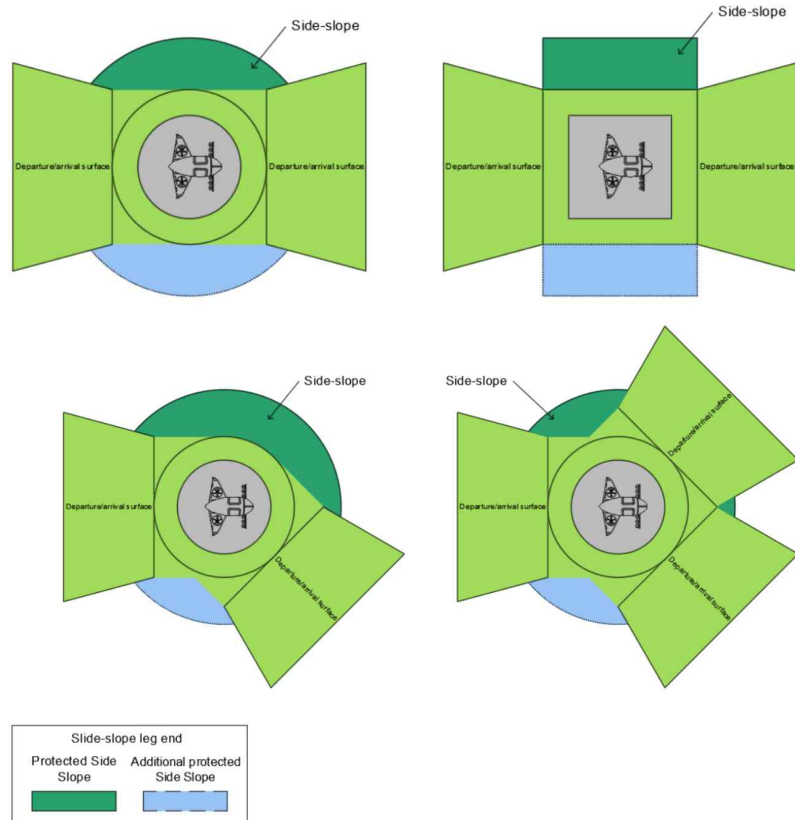
UAM 기체의 최대 길이(D)를 기준으로 한 FATO(Final Approach and Take-Off Area)의 최소 규모, 위치, 형태 등과 안전 구역(Safety Area), 안전구역 내 경사면 설치 등 버티포트를 구성하는 공간에 대한 세부적인 가이드라인을 제시하고 있다.

UAM 기체의 이착륙을 위한 활주로의 규격(길이, 너비), 경로 등에 대한 가이드라인으로 기체 너비 대비 확보 하여야 하는 활주로의 너비 기준, 활주로 내 기체의 운행 경로 확보 등 세부 기준을 제시하고 있다.



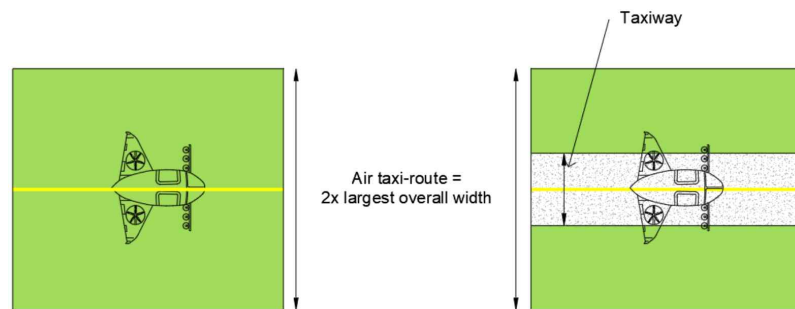
[그림 3-5] 버티포트의 규격 및 형태

출처: EASA. (2022). p.27.



[그림 3-6] 버티포트 안전구역의 경사면 설치 가이드라인

출처: EASA. (2022). p.30.



[그림 3-7] 버티포트 활주로 경로 및 너비

출처: EASA. (2022). p.36.

- 버티포트를 식별할 수 있는 표식으로 최대 하중, 버티포트 이름, 경로 등에 대한 표식과 조명에 대한 세부 지침을 제시

명확하게 읽힐 수 있도록 표식의 색상, 크기, 간격 등에 대하여 세부적인 가이드라인을 제시하고 있다.

- 비상 상황 발생 시 구조, 소방 서비스 등에 필요한 매뉴얼을 제시

화재, 폭발, 자연 재난, 응급(의료) 상황 등에 대비하여 헬리포트 매뉴얼에 따라 대응 매뉴얼을 수립하도록 하고 있다.

### 3) Guidelines for vertiport design by CASA

#### (1) 개요

2022년 11월 CASA에서 작성한 지침으로 수직이착륙기의 안전하고 효율적인 운항을 위한 인프라를 구축하기 위한 지침으로 해당 기준에서 제시하고 있지 않은 사항에 대해서는 항공법(the Civil Aviation Safety Regulations 1998)을 참조하도록 하고 있다.

버티포트의 설계요소 및 사양에 대한 지침을 제공하는데, 물리적인 환경에 대한 특성 및 구성 요소 등에 대한 내용과 장애물, 시각적 장치(표식) 등에 대한 세부적인 가이드라인을 제시하고 있다.

#### (2) 주요 내용

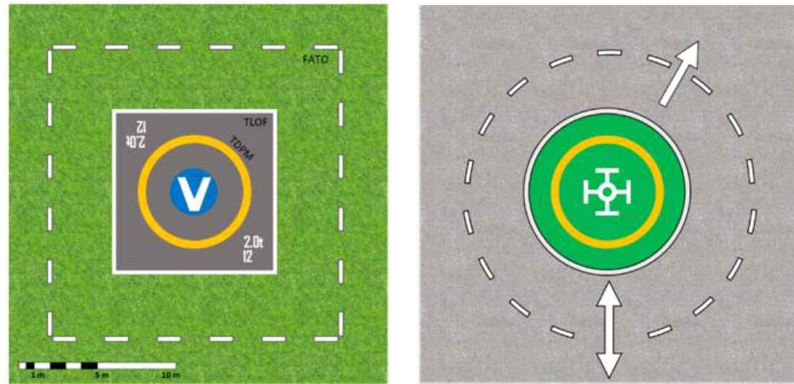
- 주변 시설과의 접근성, 주변 환경 등 버티포트의 적절한 입지를 선정하기 위하여 고려해야 할 요소, 등을 제시

기체의 유형, 사용 가능한 면적, 버티포트의 구성 요소와 버티포트에 영향을 줄 수 있는 풍향, 지형, 등 주변 환경에 대하여 고려해야 할 요소 등을 제시하여 버티포트의 적절한 입지를 선정 할 수 있도록 가이드라인과 버티포트 간의 접근성, 다른 교통 수단과의 접근성, 버티포트로 인한 유해한 영향 최소화 등 버티포트의 입지 선정에 필요한 요소를 제시하고 있다.



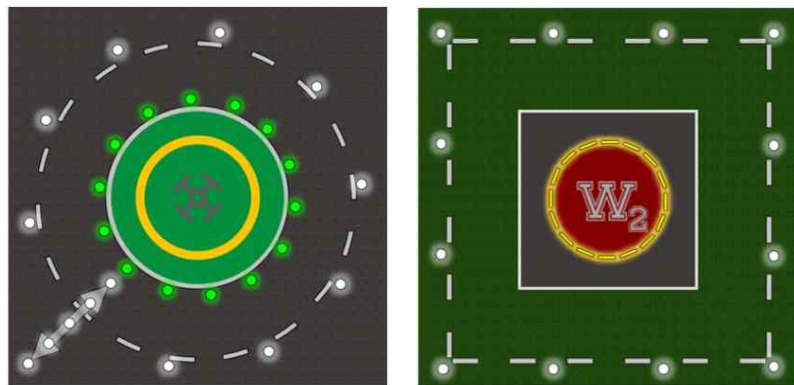
□ 이격 거리, 규모, 형태, 경사, 표면 마감 등 버티포트의 물리적 환경과 기체의 이착륙에 영향을 줄 수 있는 풍향에 대한 표식, 버티포트의 위치, 구역, 경로, 방향, 등의 표식에 대한 세부 가이드라인을 제시

버티포트명, FATO, TLOF 등의 경계, 최대 하중, 규격, 활주로 등의 표식 방법에 대한 기준과 버티포트에 설치하는 조명의 위치, 사양, 개소 등에 대한 세부 기준을 제시하고 있다.



[그림 3-8] 버티포트 표식 예시

출처: CASA. (2022). p.29.



[그림 3-9] 버티포트 조명 설치 예시

출처: CASA. (2022). pp.37-38.

### 3. 로봇 융복합 건축물 계획 기준 조사

#### 1) 로봇 친화형 건축물 인증

##### (1) 개요

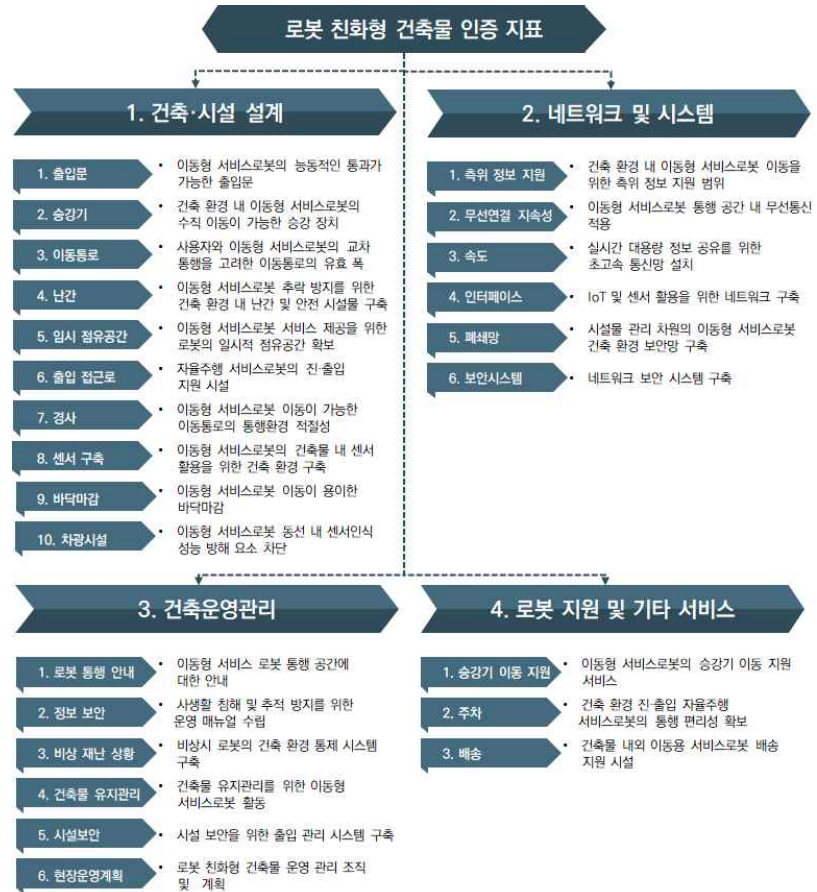
쾌적하고 안전한 환경 조성과 로봇 맞춤형 인프라를 갖춘 건축물 확산을 위해 로봇 친화형 건축물 인증 스마트도시협회에서 시행하고 있으며, 로봇 운영 로봇 시스템 인프라가 적용된 상업 및 업무 건축물 대상으로 평가하여 인증을 추진 중이다.

건축·시설 설계, 네트워크 및 시스템, 건축 운영 관리, 로봇 지원 및 기타 서비스 등에 대한 세부 평가 지표를 통해 인증여부를 결정하며, 평가 지표는 필수 지표와 부가 지표로 구분하여, 각 지표의 배점을 달리하여 지표별 중요도를 부여하고 있다.

##### (2) 주요내용

총 4개의 부문과 25개의 평가 지표로 구성되어 있으며, 건축물의 출입문, 통로, 승강기, 센서 등 시설 및 설비에 관련된 부문과 시스템, 통신 등 네트워크 및 시스템과 관련된 지표, 건축물의 운영 및 관리에 관한 부문, 마지막으로 로봇에 제공 가능한 서비스 부문 등에 대한 내용을 포함하고 있다.

- (건축·시설 설계 부문) 로봇의 이동 및 활동을 위한 설비 및 공간의 구축 여부 및 적절성 등 로봇의 이동에 편리한 공간 규모, 경사, 단차, 마감 재료, 원활한 센서 인식을 위한 환경 구축 등에 대한 세부 기준을 제시
- (네트워크 및 시스템 부문) 로봇의 활용에 필요한 센서, 통신, 보안 시스템에 대한 기준을 제시
- (건축 운영 관리 부문) 로봇의 이동 알림 시설, 표식, 로봇 공간 내 시스템, 매뉴얼, 보안 시설, 통제 시스템 등에 대한 세부 기준을 제시
- (로봇 지원 및 기타 서비스 부문) 신호 송수신 기능, 통신 환경, 정보 제공 및 송수신 등 로봇의 이동 및 활동에 필요한 인프라 구축, 서비스의 지원 방안 등에 대한 기준을 포함



[그림 3-10] 로봇 친화형 건축물 인증 지표

출처: 스마트도시협회, (2022). p.3.

[표 3-1] 로봇 친화형 건축물 인증 기준 세부 평가 항목

부문	범주	필수여부	평가 항목
1. 건축·시설 설계	1.1 출입문	필수	1.1.1 출입문 유효 폭
			1.1.2 출입문 단차
			1.1.3 자동개폐 시스템
			1.1.4 로봇 인식용 마커
			1.1.5 출입 시스템 호환성
			1.1.6 폐쇄형 출입문 제어
			1.1.7 수동문 위치 알림
	1.2 승강기	필수	1.2.1 수직이동장치
			1.2.2 수직이동통로 수단
	1.3 이동통로	필수	1.3.1 이동통로 유효 폭
	1.4 난간	부가	1.4.1 난간 규격
			1.4.2 특수 난간 재질
			1.4.3 부가 추락방지 시설물

부문	범주	필수여부	평가 항목
	1.5 임시 점유공간	부가	1.5.1 층별 임시 점유공간 설치
			1.5.2 전기설비 구축
			1.5.3 통신환경 구축
			1.5.4 최소 유효 폭
			1.5.5 개폐문 설치
			1.5.6 충돌 방지 설계요소
			1.5.7 설비 반입 환경 구축
	1.6 출입 접근로	필수	1.6.1 유효 폭
			1.6.2 전후면 유효거리
			1.6.3 자율주행 로봇 전용 출입로
			1.6.4 교차통행 출입로 규격
			1.6.5 로봇자율주행 인프라
			1.6.6 로봇 충전스테이션
	1.7 경사	필수	1.7.1 경사
			1.7.2 단차
	1.8 센서 구축	부가	1.8.1 센서 전원 호환
			1.8.2 매복 설치
			1.8.3 간격
			1.8.4 전원관리
			1.8.5 유지보수관리
			1.8.6 직접통신
	1.9 바닥마감	필수	1.9.1 마찰계수
			1.9.2 경사로 마찰계수
			1.9.3 재질
			1.9.4 마감재
			1.9.5 센서 방해 유무
			1.9.6 충격흡수성
	1.10 차광시설	필수	1.10.1 조도 범위
			1.10.2 비투과성 유리 설치
			1.10.3 차광시설 설치
2. 네트워크 및 시스템	2.1 측위 정보 지원	필수	2.1.1 인식가능 범위 비율
	2.2 무선연결 지속성	필수	2.2.1 무선통신 적용률
			2.2.2 5G 지원 면적
			2.3.1 초고속 정보통신 지원
	2.3 속도	필수	
	2.4 인터페이스	부가	2.4.1 네트워크 통합관리시스템
			2.4.2 LPWA
			2.4.3 데이터 인프라
			2.4.4 센서 간 상호운영성
			2.4.5 네트워크 슬라이싱
			2.4.6 자율구성망
			2.4.7 클라우드 서버
			2.4.8 건축환경 정보 시스템
	2.5 폐쇄망	부가	2.5.1 폐쇄망 구축
			2.5.2 상용 인터넷망(VPN)
			2.5.3 망다중화
			2.5.4 보안 시스템
	2.6 보안시스템	부가	2.6.1 보안 시스템 수준
3. 건축 운영 관리	3.1 로봇 통행 안내	필수	3.1.1 로봇 통행 안내
			3.1.2 승강기 이용 안내
			3.1.3 보조 알림 설치물
			3.1.4 로봇 위치 정보 알림
			3.1.5 가각전제
	3.2 정보 보안	필수	3.2.1 매뉴얼 교육
			3.2.2 개인정보 처리절차

부문	범주	필수여부	평가 항목
4. 로봇 지원 및 기타 서비스	3.3 비상 재난 상황	부가	3.2.3 비전 센서 설치 제한
			3.2.4 측위 정보 수집 제한
			3.2.5 IoT 취약점 점검
			3.2.6 선택적 센서 사용 시스템
			3.3.1 비상매뉴얼
			3.3.2 로봇 대피 계획
			3.3.3 중앙 비상 제어 시스템
			3.3.4 로봇 대피구역 마감
			3.3.5 비상시 위치 알림
			3.3.6 로봇 비상상황 시나리오
	3.4 건축물 유지관리	부가	3.3.7 비상용 전력 및 네트워크
			3.3.8 유관시설 협력체계
			3.4.1 재고품 관리
			3.4.2 위생시설 관리
4. 로봇 지원 및 기타 서비스	3.5 시설 보안	부가	3.4.3 건축물 내 환경정보 송수신
			3.4.4 건축환경 점검 및 검침
	3.6 현장운영계획	부가	3.5.1 보안 시스템 수준
			3.6.1 인력평가 기준
	4.1 승강기 이동 지원	필수	4.1.1 승강기 자율 호출
			4.1.2 목적 층 신호 송수신
			4.1.3 승강기 내 통신환경
			4.1.4 탑승 가능 여부 안내
			4.1.5 탑승 구역
			4.1.6 로봇 탑승 여부 정보 제공
			4.1.7 승강기 개폐 정보 송수신
	4.2 주차	부가	4.2.1 정밀지도 및 측위인프라
			4.2.2 통행 안내 시설
			4.2.3 전용 이동로 설치
	4.3 배송	부가	4.3.1 출·도착지 유효폭
			4.3.2 배송 전용 보관소
			4.3.3 사고 위험 알림
			4.3.4 상하차 인프라
			4.3.5 보관소 규격
			4.3.6 실내외 교차통행
			4.3.7 배송 가능 물품

출처: 스마트도시협회, (2022). pp.7-8.

## 2) Design for Maintainability Guide (Residential, Non-residential)

### (1) 개요

건축물의 유지·관리 개념을 통합하여 건축 공간의 계획 및 설계에 대한 권장 사항과 사례를 제시하는 가이드라인으로 싱가포르 BCA(The Building and Construction Authority)에서 제정 및 운영 중이다.

- 유지·보수 작업의 용이성, 안전성, 경제성 등을 높이기 위하여 건축물의 유지·관리를 고려한 계획 및 설계를 위한 지침을 주거용 건물과 비주거용 건물로 구분하여 제시

- 일반적인 설계 전략 및 협업, 유지관리, 재료 및 마감, 설계, 기술 통합 부문으로 구분하여 관련 내용을 작성

2019년 가이드라인이 처음 작성되었으며, 이후 2022년 '로보틱 및 자동화'에 대한 내용이 추가되었다. 건축물의 운영 및 유지 보수 업무를 위하여 '로봇'기술을 도입할 때 고려해야할 사항과 설계 원칙을 제시하며, 로봇이 업무를 효율적으로 안전하게 수행할 수 있는 환경을 조성하기 위한 설계단계 지침을 제시하고 있다.

## (2) 주요 내용

- 로봇 기술의 도입을 위한 환경 조성을 (1)로봇 설계(DoR, Design of Robots)과 (2) 로봇을 위한 설계(DfR, Design for Robot)으로 구분하며, 해당 가이드라인은 '로봇을 위한 설계(DfR)'에 대한 내용을 다룸

로봇 설계(DoR)는 건축 공간 내 설계 데이터와 내부 설비의 로봇에 대한 영향을 탐색하여, 로봇이 공간에 더 잘 활용 될 수 있도록 로봇의 성능을 개선하는 것으로 건축 공간의 경로, 위험 요소 등에 대한 정보를 구축하여 로봇을 재설계 하는 것을 의미한다. 그리고 로봇을 위한 설계(DfR)는 로봇의 업무 수행 성능을 향상하기 위하여 로봇을 이용하는 공간을 개선하는 것을 의미한다(BCA, 2022, p.71).

- 로봇을 위한 설계는 (1) 적용(Application), (2) 적응(Adaptation), (3) 통합(Integration)으로 구분할 수 있음

적용 단계에서는 다양한 로봇을 기존 공간 환경에 구현하여, 관련 데이터를 수집하고 피드백을 진행하는 것이며, 적응 단계에서는 수집된 데이터를 기반으로 기존 건축환경에 업데이트된 로봇 설계를 구현하는 것을 말한다. 마지막 통합 단계는 로봇의 수행 동작을 이해하면서 더 나은 건축 환경을 조성하는 것이다.

- 로봇 통합 설계의 주안점으로는 (1)안전성, (2)접근성, (3)활동성, (4)관찰 가능성, (5)조작성을 제시

안전성(Safety)은 가장 중요한 원칙으로 로봇, 사람, 환경의 안전을 고려하여야 하며, 접근성(Accessibility)은 로봇이 건축 공간에서 작업할 수 있는 공간을 최대화하고 장애물 없는 접근과 연결성을 확보하는 것이다.

활동성(Activity)은 사람, 로봇 등 간의 활동 공간을 효율적이고 능률적으로 통합하는 것을 목표로 하며, 관찰 가능성(Observability)은 탐색, 작업 수행 등을 위

해 주변 환경에 대한 가시성, 인식의 정합성을 고려하여 공간 환경을 개선하는 것이다.

조작성(Manipulability)은 주어진 환경에서 로봇의 이동성, 성능, 정밀도 등을 향상시키는 것을 의미한다.

□ 앞서 살펴본 부문별로 로봇의 도입 및 활용 목표와 세부 지침을 제시함 : △일반적인 설계 전략 및 협업, △유지관리, 재료 및 마감, △설계, △기술 통합 부문

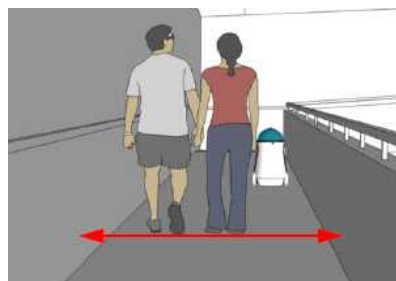
설계 및 협업(design and collaboration) 부문에서는 관련 당사자 및 이해관계자가 함께 유지보수의 효율성을 높이기 위하여 로봇 활용 계획을 논의하는데, 로봇의 유형, 로봇의 활동 영역 범위 등의 설정을 목표로 한다(BCA, 2022, p.74).

유지 관리 (access for maintenance) 부문에서는 공간 환경의 조건(장애물 등)을 검토하여 안전한 이동, 공간 간의 연결성, 로봇 접근 가능성 등을 확인하여 로봇 접근 가능 영역을 최대화를 목표로 한다(BCA, 2022, p.76).

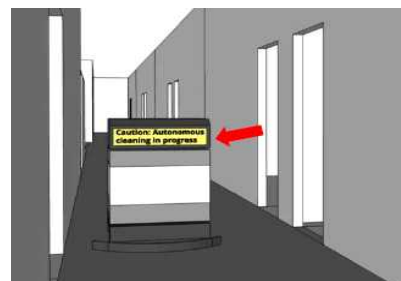
재료 및 마감 (choice of materials and finishes) 부문에서는 로봇의 성능을 극대화 하고 로봇과의 충돌에 견딜 수 있는 내구성 있는 공간을 조성하도록 재료, 마감 등의 설정을 목표로 한다(BCA, 2022, p.78).

설계 및 디테일 (design and detailing) 부문에서는 로봇의 장애물 감지를 지원하여 로봇의 안전성을 향상, 로봇의 보관 및 충전 시설의 확충, 로봇의 조직 및 위치 파악 용이성을 위한 설계 기능 등을 고려하는 것을 목표로 한다(BCA, 2022, p.80).

기술 통합 (technology integration) 부문은 로봇과 건물 인프라 간의 기술 통합을 고려하여 로봇의 효과적이고 효율적인 배치를 도모하는 것이다(BCA, 2022, p.83).



〈로봇의 이동을 위한 통로의 너비 확보 예시〉



〈로봇과 디지털 디스플레이 간의 연계〉

[그림 3-11] 로봇의 활동 공간 확보 예시

출처: BCA. (2022). p.75.

## 4. 자율주행차 융복합 건축물 계획 기준 조사

### 1) 자율주행차로 인한 건축 공간의 변화(남성우 외, 2022 문헌 참고)

자율주행차를 통해 업무공간, 주거공간, 공공시설 등의 공간 변화가 발생한다는 예측이 다수 있어 왔다. 건축물의 전면 공간이 공용공간화 되고, 자율주행차가 건축물 내부까지 진입하면서 수송 및 배송 서비스를 제공할 수 있는 구조이다.

자율주행차가 E/V 또는 리프트를 타고 바로 올라가서 플러그인되는 건축물도 예측되고 있으며, 이는 단순히 필로티 밑에서의 플러그인이 아닌 걸어서 이동하지 않고 자율주행차와 함께 건축물 내 점유 공간으로 이동하는 혁신을 이룰 수 있는 모델이다.



[그림 3-12] 자율주행자동차의 활용에 따른 업무시설의 지하주차장 변화 예상

출처: 정영균 · 이아영. (2017). p.22.

### 2) 자율주행차의 도입에 따른 도로 및 주차공간의 변화

자율주행차의 도입 및 활성화는 주차장과 도로 감소 효과가 있으며, 이를 통해 도시를 구성하는 건축물의 변화나 도로 감소에 따른 도시 개발면적 감소나 보도와 녹지대 확충에 대한 가능성도 논의되고 있다(변완희 외, 2020, p.139).

변완희 외(2020)는 시뮬레이션을 통해 자율주행자동차가 도입될 경우 도로 용량과 주차장에 어떤 영향을 미치는지 파악하였으며, 연구 결과의 한계점이 있으나, 자율주행자동차의 상용화는 주차장과 도로의 감소에 영향이 있는 것으로 설명하고 있다.

정영균·이아영(2017)은 현재의 주차 수요를 충족시키기 위하여 의무적으로 설치되는 주차공간의 규모가 줄어들 것으로 예측하며, 주차공간이 건물 외부에 위



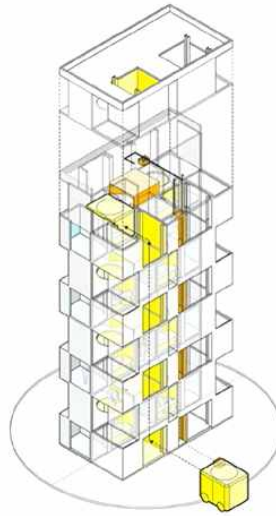
치하여도 무방할 것으로 예측한 바 있다. 자율주행자동차가 기존 건축공간에 삽입되어 건축공간과 자동차의 경계가 모호해 질 수 있으며, 다른 특성의 공간을 창출할 수 있다.

자율주행차의 도입은 건축물의 공간 형태에도 변화를 유발한다. 드라이브 스루 업무가 가능해지며, 넓게 형성된 주차장을 문화, 상업 공간 등 다른 공간으로 활용할 수 있는 것이다.

[표 3-2] 자율주행차로 인한 공간의 변화

구분	업무공간	주거공간	공공시설
공간 변화	-전면 드롭존 등 자동차 위주 공간이 사람 중심 공용공간으로 변화	-자율주행차와 주거건축의 통합 무인수송시스템을 고려한 건축계획	-Drive-Through 활성화 -자율주행차가 건물 내 진입, 업무 처리

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.58. [표 3-10] 재인용; 정영균 · 이아영. (2017). 을 참고하여 연구진 재작성



[그림 3-13] 자율주행차가 개별 공간으로서 건축물 내로 진입하여 공간 형성

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.58. [그림 3-16] 재인용; PRAUD. (2022).

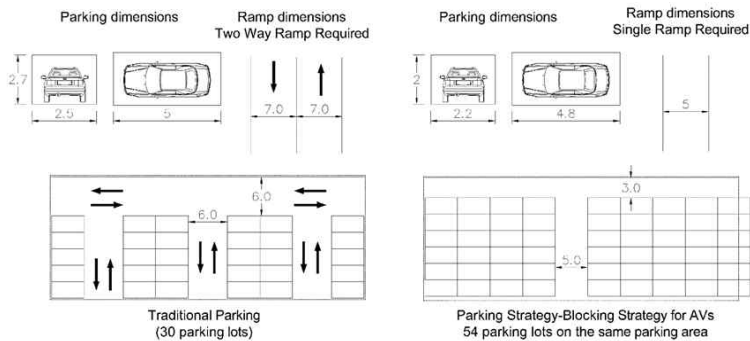
#### □ 자율주행차로 인한 주차장 설계 변화

자동화 기계설비와 자율 발레파킹으로 주차정밀도 향상, 운전자·보행자에 대한 고려가 불필요해 질 것이 다. 차량 간 밀집주차가 가능해지고 경사로, 통로, 승강기·계단도 최소화되어 건축 평면에 대대적인 변화를 예상하고 있다.

[표 3-3] 자율주행차의 주차장 공간 최소화

단계	1단계	2단계
주차공간 확보	<p>-인간 운전자보다 더 정밀한 주차 가능 (양쪽 4인치 정도만 필요)</p> <p>-주차공간 크기를 21ft<sup>2</sup>으로 줄여 사무실, 소매 용도로 변환</p>	<p>-공유자율주행차 대중화로 주차공간 수요 감소 ('35년까지 57억m<sup>2</sup> ▽, Mckinsey)</p> <p>-주거, 오피스, 여가, 엔터테인먼트 공간으로 재창조</p>
		

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.57. [표 3-9] 재인용; Sanjay Salomon. (2016). How the self-driving car could eliminate the parking garage in Boston. Boston.com. 2월 23일 기사. <https://www.boston.com/cars/news-and-reviews/2016/02/23/how-the-self-driving-car-could-eliminate-the-parking-garage-in-boston/> (검색일: 2022.12.11.)



(30개 주차공간 → 54개로 증대 가능)

[그림 3-14] 전통적 주차장 설계에서 자율주행차로 가능한 주차장 변화

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.57. [그림 3-15] 재인용; Othman, K. (2021). p.15.

## 5. 계획 기준 도출을 위한 전문가 의견 조사

### 1) 의견 조사 추진 과정

UAM, 로봇, 자율주행차 관련 기술 서비스 제공 및 건축 설계 분야 기업 전문가 대상 의견 조사를 통해 계획 요소들을 도출하였다.

관련 분야 전문가 의견 조사는 총 5차에 걸쳐 수행되었다. 의견 조사에 대한 과정은 [표 3-4]와 같다.

[표 3-4] 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사 과정

차수 (시기)	의견 조사 내용	대상
1차 (‘23.03)	· UAM·드론 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출 · 로봇 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출	· 간삼건축 · 삼우건축
2차 (‘23.05)	· 로봇 서비스 및 지원을 위한 시스템 구축을 위한 건축물 계획 요소 도출	· KT
3차 (‘23.06)	· 1-2차 전문가 의견조사 내용을 반영한 계획 기준 초안에 대해 UAM, 로봇, 자율주행, 시스템 분야 전문가 풀 선정 및 보완 의견 조사 실시	· UAM, 로봇, 자율주행차 관련 11개 기업
4차 (‘23.08)	· 건축물 옥상에 설치하는 버티포트 조성 규모	· Skyports
5차 (‘23.11)	· 기술 융복합 미래 건축 공간의 계획 요소 도출 심층 조사	· 스마트+빌딩 얼라이언스 회원사

출처: 연구진 작성

### 2) 전문가 의견 조사를 위한 계획 기준 항목 초안 작성

공간기반 모빌리티 혁신기술 융복합을 위한 건축물 계획 기준 의견 조사를 위해 필요한 계획 기준의 초안을 작성하였다. 계획 기준은 총칙 / 기본 방향 / 계획 기준으로 초안을 구성하였다.

[표 3-5] 전문가 의견 조사를 위한 계획 기준 항목 초안

대분류	소분류	세부
총칙	정의	· 스마트+빌딩이란 일상생활의 수요 및 기술·서비스 변화에 능동적으로 대응하는 플랫폼의 기능을 갖추고, UAM, 로봇, AI, 헬스케어, 스마트팜 등 4차산업혁명 기술 친화적 공간, 구조, 설비 등 하드웨어 및 소프트웨어 환경을 제공하는 건축물 -혁신기술을 융합해 국민들이 경제적이고 안전한 일상생활을 향유할 수 있게 해 주는 공간·환경 플랫폼

		-대한민국의 새로운 성장동력 확보와 기업들의 글로벌 경쟁력 제고의 핵심 인프라	
	목표	·도시는 물론 도서지역까지 모든 국민이 획기적으로 향상된 정주와 이동의 편의성 증진 -국민 행복권 추구 ·공간 서비스·플랫폼, 모빌리티, 건축 디자인 등 다양한 기술들을 융합하여 스타트업에서부터 중소기업 및 대기업까지 아우르는 지속가능한 '스마트+빌딩 산업 생태계' 구축 -대한민국의 새로운 성장동력 생성, 글로벌 시장 선점 ·민간기업과 청년들의 자유롭고 창의적인 도전과 노력을 지원하기 위한 다양한 정책의 '민간주도 정부지원' 원칙 추진	
	적용대상 및 범위	용도	세부
		공동주택	·아파트, 연립주택, 기숙사
		운수시설	·여객자동차터미널, 철도시설, 공항, 항만
		의료시설	·종합병원
		교육연구시설	·학교, 연구소
		업무시설	·공공업무(청사, 외국공관), 일반업무(금융업소, 사무소, 출판사, 신문사, 오피스텔)
		숙박시설	·일반숙박시설 및 생활숙박시설, 관광숙박시설, 다중생활시설
		공장	·물품의 제조·가공·건조·수리
		방송통신시설	·방송국, 전신전화국, 데이터센터
		판매시설	·백화점, 쇼핑센터 등 대형 소매시장 등
		문화·집회시설	·공연장, 전시장 등
기본 방향	·로봇, UAM, 자율주행차 등의 이동을 위한 공간 구현 -생활물류 / 스마트 헬스케어 / 교통편의 혁신 공간 조성 ·라스트마일 서비스를 넘어 라스트인치 서비스 구현 -내집 앞까지 서비스로 물류 및 이동 편의성 증대 ·사고 및 재난재해 대응을 위한 인프라 역할 수행 -현장 출동, 환자 이송, 재난 안전을 지원하는 건축물 ·기술발전을 고려하여 끊임없는 건축물 개선 추진 -급변하는 여건변화에 효과적으로 대응		
	항목	세부 지침	
계획 기준	UAM·드론	·소음, 진동, 강풍 차단 설계	·소음, 진동, 강풍을 차단하도록 건축물을 설계 -소음·진동·풍동 성능 평가 실시 및 결과 제시
		·이착륙시설	·표준 기체의 수용 규모에 따른 구조 설계·시공 -표준 기체의 무게, 이륙 하중(FAA 기준) ·신축/기존 건축물 대상 구조 기준 차등화
		구조·안전 기준	-버티허브구조 기준(표준 기체 6개 이상) / 버티포트구조 기준(표준 기체 3~5개) / 버티스탑구조 기준(표준 기체 1~2개) -배수를 위한 구배 기준(FAA 기준): 이착륙구역 -0.5~-1.0% / 접근구역

		·1.5~5% / 안전구역 2:1 max
	·이착륙시설 조성 기준	·표준 기체 크기(FAA)에 맞춘 이착륙 구역, 안전 구역, 시야비행 구역 설정
	·소규모 드론 배송 위한 설계 기준	·외부 발코니, 전용 이동통로 등 드론의 이동 및 이착륙 가능 공간 조성
	·탑승·환승을 위한 터미널 조성 기준	·기체 및 이용자 수용 규모에 맞는 터미널 조성 ·타 대중교통과 환승할 수 있도록 터미널 조성
	·Beacon, Windcon 설치 기준	·Beacon, Windcon, 이착륙 유도 Lighting 기준 준수(FAA 기준)하여 설치
	·기체 충전	·원활한 기체 운용을 위해 대용량 급속 충전 설비 도입
	·기체 정비 등 유지관리	·기체 수용 규모에 맞는 비행체 관리시설 조성
로봇	·측위 및 구동에 장애가 없는 자재 사용	·빛반사, 투과로 인한 센서 장애, 계단, 바닥재로 인한 이동 제약 문제 해결 -벽체 역할을 하는 유리나 난간의 라이다 등 센서 투과 차단으로 원활한 측위 및 이동 구현 -실내 빛반사 방지를 위한 마감재 사용 등을 통한 원활한 측위 및 이동 구현 -서비스 운용 로봇의 이동에 경사, 미끄러움 등 장애가 없는 자율주행 가능
	·로봇의 이동 및 통과 출입	·서비스 운용 로봇의 수평·수직 이동과 출입문 통과, 대지 내 옥외 공간 이동 구현 ·원활한 수직 이동을 위한 전용 승강기 또는 사람과 로봇이 함께 탑승 가능한 승강기 설치 ·사람과 함께 탑승시 이용이 원활하도록 운용 로봇 규모에 맞는 승강기 설치 -승강기 크기 및 설치 대수
	·로봇 수리, 보관 공간 확보	·서비스 로봇 종류 및 규모에 따른 수용 가능한 로봇 유지관리 공간 확보 -로봇과 연계할 수 있는 자동 물류 저장 및 연동 장치 등
	·로봇 충전공간 확보	·서비스 로봇 종류 및 규모에 따른 충전 설비 확보
자율주행	·자율주행차 충전 공간 확보	·자율주행차 주차 규모에 맞는 충전을 위한 공간 확보 -자율주행차 수용 규모에 따른 급속/완속 충전설비 설치
	·자율주행 주차 전용 특화 설계	·자율주행 주차가 가능한 전용 주차장, 진출입로 확보
플랫폼	·방역 지원	·현관 청정 시스템, 에어 샤워, 자동환기 등 감염병 예방을 위한 기술 적용
	·고령자 건강 관리 및 영유아 돌봄 서비스 가능	·돌봄 로봇을 활용한 비대면 건강 모니터링 및 움직임 감지 기능 도입
	·주거·업무 등	·라멘구조 등으로 맞춤형 평면 구성 가능 및

다양한 용도로 사용 가능한 가변형 공간 조성	수선·리모델링이 용이할 것
·스마트홈/스마트 오피스 서비스 지원	·IoT, AI 기술을 적용한 각종 스마트홈/스마트오피스 서비스 지원
·로봇과 건축물의 통신 및 네트워크 연결	·로봇과 엘리베이터, 스피드 게이트, 자동문 등 통신 연동으로 자동 호출 및 탑승, 목적지 도달 가능 ·충돌 방지 등을 위한 로봇 간 통신 및 센싱 연결 ·UATM(UAM Air Traffic Management) 도입 -항공에서 교통관제를 위한 장비(CNSi: Communication, Navigation, Surveillance, and information) 및 교통관제 시스템 설치 ·다양한 제조사 로봇 서비스를 위한 관제 시스템(FMS) 구축
·UAM 및 로봇 관제 시스템	
·전파방해 방지 및 보안	·UAM/드론 비행서비스의 안전성 확보를 위한 전파방해 방지 및 보안시스템 구축 ·로봇 탑승 수속, 보안, 개인정보 보호를 위한 시스템 구축
·도시 데이터 허브, 통합운영센터와 의 연계	·서비스 운영을 통해 발생하는 데이터 수집 및 활용을 위한 데이터 허브 구축 -스마트시티 통합운영센터 활용

출처: 남성우, 오민정. (2022). pp.76-77. [표 4-6] 을 참고하여 연구진 재작성

### 3) 1차 전문가 의견 조사 결과

UAM 버티포트와 로봇 친화 건축물 설계를 진행하였거나 진행중인 건축가들을 대상으로 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사를 실시하였다.

#### (1) UAM 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출

UAM 서비스를 위한 건축물 계획 요소에서는 수직형 버티포트 설치 기준, 화재 안전, 기체 수직격납고, 기존 헬리포트 이용시 활용방안이 필요하다는 의견이 제시되었다.

##### □ 수직형 버티포트 설치 기준

- 표준 기체의 비행소음, 이착륙시의 진동 기준 정립
- 표준 기체의 고정하중, 정적하중에 따른 구조설계 (FAA 기준)
- 비상착륙에 대비한 비상하중 설정기준 및 적용기준 확립

- 기체의 수평이동을 위한 회전반경 기준설정
- 기체 이륙전 제방빙 기준 정립
- 제방빙에 따른 환경기준 정립
- 인근 건축물과의 관계를 고려한 활주로 설치기준 마련 및 이착륙 시뮬레이션 시행
- 비상착륙에 대비한 옥상구조물 설치기준 마련

#### ■ 이착륙장시설 설치기준

- 이착륙식 바닥의 파티클이 튀지 않도록 바닥재료 및 마감재 선정
- 착륙대의 구배기준, 바닥강도, 마감기준
- 착륙대의 우수처리기준, 제설기준
- taxi way의 구배기준, 바닥강도, 마감기준
- 이착륙공간의 피뢰설비 설치
- 활주로, taxi way, 대합실 동선의 안전난간 설치기준
- 풍향, 풍량 검지시설 설치기준

#### ■ 관제시스템 구축

- 기체 이착륙을 통제하는 관제시스템 구축
- 비상발전에 관한 기준마련
- 관제인원, 설비기준 정립
- 비행에 방해되는 조류 등에 대한 대처방안 조성(주변 건물에 영향을 미치지 않는 방안 검토)
- 착륙대 주변 반사재질에 대한 반사도 기준설정(PV설치 및 금속재질 마감 : 이착륙에 영향 가능)

#### ■ 항공등화 설치기준

- 착륙대 및 taxi way의 항공등화 설치기준 정립
- 항공등화의 주변건물에 미치는 영향검토
- 항공등 조도기준 정립

#### ■ 소규모 드론 배송 위한 설계 기준

- 외부 발코니 드론착륙은 실질적 위험성 우려되어 삭제 요망
- 코어를 이용한 드론 전용 착륙공간 구성

#### ■ 탑승·환승을 위한 터미널 조성 기준

- 기체 이용자 별도의 수직동선 조성
- 보안, 수속을 위한 별도공간 및 시스템 구성
- 수화물 운송시스템 구성

#### ■ 기체 충전

- 급속충전을 위한 전기용량 기준 설정
- 정전시에도 충전이 가능한 무정전시스템 기준 마련
- 배터리 교체시스템 기준마련(비상발전에 관한 기준 마련)

#### ■ 기체 정비 등 유지관리

- 기체 제방빙 설비 구성 및 폐수처리방안
- 기체 세척을 위한 설비기준(트랜치, 폐수처리조)
- 기체 정비설비 설치기준

- 기체 이송설비의 인증기준 마련
  - 기체용 수직 이송설비의 인증기준(엘리베이터 or 주차설비)
  - 기체용 수평 이송설비 구성(토잉카 or 전동 팔레트)

#### □ 화재안전

- 기체 배터리 화재시 대응할 수 있는 소화설비 설치기준
- 활주로층의 피난층 적용기준 확립

#### □ 기체 수직격납고

- 기체 격납고 기준설정
  - 수평형 격납고의 설치기준
  - 수직형 격납고의 설치기준

#### □ 기존 헬리포트 이용시 활용방안

- 기존 헬리포트의 버티스탑으로 적용기준 설정

## (2) 로봇 서비스를 위한 건축물 계획 요소 도출

로봇 서비스를 위한 건축물 계획 요소에서는 건축 설계 부문, 통신 부문, 운영 부문에 대한 건축계획 요소들이 필요하다는 의견이 제시되었다.

#### □ 건축 설계 부문

- 출입
  - 이동형 로봇의 능동적인 통과가 가능한 건축물 내/내·외 출입 시스템
    - 자동개폐 유무
    - 인식 가능한 재질 유무
    - 인지·제어용 센서 유무
    - 단차 특정치수 이하
    - 레일 틈 특정치수 이하
    - 유효 폭 특정치수 이상
    - 전·후면 유효공간 특정치수 이상
    - 사람과 혼용 가능 유무
    - 전용 출입 시스템 유무
- 수직이동
  - 이동형 로봇의 능동적인 수직이동이 가능한 승강 시스템
    - 승용승강기 탑승 시스템 유무
    - 전용 수직 수송장치 유무
    - 경사로 등 무동력이동통로 유무(적정 기울기 이하)
- 수평이동



○ 사람과 이동형 로봇의 교차 통행을 고려한 이동통로 유효 폭

- 교차통행을 위한 특정치수 이상
- 교차통행의 경우 특정속도 이하
- 로봇 전용동선 구성 유무

■ 충돌·추락 방지

○ 이동형 로봇의 충돌·추락 방지를 위한 건축물 내 로봇센서의 인지가 가능한 재질의 안전 시설물 구축

■ 충전·대기·정비 공간

○ 이동형 로봇의 서비스를 위한 일시적 점유공간 확보

- 운용 대수에 적합한 적정 규모의 서비스 공간 총별 확보
- 충전 시스템 유무
- 정비 시스템 유무

■ 측위·구동 무장애 마감

○ 이동형 로봇의 정확한 구동이 가능한 바닥 재질 적용

- 평지: 마찰계수 특정수치 이상
- 경사: 마찰계수 특정수치 이상
- 재질: 요철마감 지양
- 반사: 반사율 특정수치 이하

○ 이동형 로봇의 정확한 구동이 가능한 벽체 재질 적용

- 재질: 비투과성·저반사 재질 권장(유리는 센서 인식을 고려 필요)

○ 이동형 로봇의 정확한 구동이 가능한 조도 적용

- 60~150 lx(KS A 3011 E 이상)
- 자연광 제어 시스템 적용 유무

□ 통신 부문

■ 측위 정보 지원 범위

○ 이동형 로봇의 정확한 위치 측위를 위한 인프라 구축·인식 면적 비율이 특정수치 이상

■ 무선연결 적용률

○ 이동형 로봇의 통행 가능 공간 내 무선통신의 연결 지원 면적 비율이 특정수치 이상

■ 네트워크 속도

○ 실시간 대용량 정보 공유를 위한 최고속 통신망(백본장비 및 사용자연결장비)의 속도가 특정수치 이상

■ 폐쇄망

○ 건축-사용자-로봇 간의 인터페이스를 지원하는 폐쇄망 구축

○ 건축에 대한 암호화 터널링이 적용된 상용 인터넷망(VPN) 구축

■ 네트워크 보안

○ 건축에 적용된 네트워크 보안 시스템이 특정 기준 이상

□ 운영 부문

○ 로봇 취득 데이터에 대한 정보 도안 등 업무 매뉴얼 유무

#### 4) 2차 전문가 의견 조사 결과

건축물 내에서 서빙, 배송 등 서비스를 수행하는 로봇 플랫폼 기업 담당자들을 대상으로 계획 요소 도출을 위한 전문가 의견 조사를 실시하였다.

로봇 서비스를 위한 건축물 계획 요소들로는 로봇통행공간, 출입문, 수직이동, 수평이동, 주차장, 통행안내, 추락 방지, 로봇 점유공간, 위치 측위, 무선통신, 보안, 개인정보보호 등이 도출되었다.

##### ■ 로봇통행공간

- 로봇이 통행하며 서비스를 제공하는 로봇의 실내 통행 공간은 아래 장소를 필수적으로 포함하며, 이동 충돌이 없고 원활하게 통행할 수 있는 적절한 유효 폭(최소 1.2m 이상)을 확보하도록 한다.
  - 1. 로봇의 건축물 출입로(주 출입문 기본으로 함)
  - 2. 로봇이 이용할 승강기 내부 및 승강기 문
  - 3. 로봇 출입로-승강기-서비스 종료 지점까지 이어지는 통로(서비스 종료 지점은 택배 배송/식음료 배달 서비스를 기준으로 설정함)
- 공동주택단지 내 로봇의 실외 통행 공간은 보행로 위 주행을 기본으로 하나, 실내공간과 달리 차량이 통행하기 때문에 아래 사항을 갖추어야 한다.
  - 1. 로봇 통행로 별도 표시설비 (단지 내 차량 출입문, 노면 표지 등)
  - 2. 로봇 통행 공간 중 일정 비중 이상을 로봇 전용 통행 공간으로 구성
  - 3. 로봇 통행 공간의 기울기는 1/12(8.33%/4.76도 이하)
  - 4. 바닥 재질 (과도한 요철이 있는 특수 형태 바닥 재질 사용 지양)
  - 5. 로봇이 도로와 보행로를 넘나드는 구간의 단차(20mm 이하) 및 볼라드(진입금지 말뚝) 간격(1.2m 이상)

##### ■ 출입문

- 자동문 센서 혹은 건물 출입시스템과 로봇 운영시스템간의 연동 등 자동 개폐 시스템을 구축하여 로봇의 능동적인 통과가 가능하게 한다. 만약, 자동개폐 출입문이 없는 경우, 로봇이 수동문을 통행할 수 있는 시나리오를 구비하도록 한다.
- 출입문은 로봇이 안전하게 운행할 수 있는 설치기준을 준수한다.
  - 1. 유효폭 (최소 1.0m 이상, 사람과의 교차 통행 지점에서는 1.2m 이상)
  - 2. 단차 (최대 20mm 이하)
  - 3. 틈새 (최대 35mm 이하)
  - 4. 전·후면 유효거리 (1.0m 이상, 사람과의 교차 통행 지점에서는 1.2m 이상)
- 출입문 혹은 인근에 로봇 충전스테이션 설치하도록 한다.

##### ■ 수직이동

- 로봇의 층간 이동을 위한 승강기, 반송장치, 경사로, 로봇을 위한 에스컬레이터 등 수직 이동을 도와줄 설비를 갖춰야 하며 법적 최소 기준에 근거하여 설치하도록 한다.
- 승강기는 로봇이 안전하게 운행할 수 있는 설치기준을 준수한다.
  - 1. 승강기 출입문 폭 (최소 1.0m 이상, 사람과의 교차 통행 지점에서는 1.2m 이상)
  - 2. 단차 (최대 20mm 이하)
  - 3. 틈새 (최대 35mm 이하)
  - 4. 전·후면 유효거리 (1.0m 이상, 사람과의 교차 통행 지점에서는 1.2m 이상)

5. 무게 (250kg 이상)
6. 조명
7. 재질
- 8 승강기 내 로봇 탑승 구역 표시
9. 로봇 탑승 가능여부 판단 기능 및 로봇 탑승여부 정보 제공
- 로봇 탑승용 승강기는 로봇이 아래의 항목을 제어할 수 있도록 한다
  1. 승강기 호출
  2. 목적 층 선택
  3. 승강기 출입문 개폐 정보 (40초 이내로 제한)
- 승강기는 로봇이 제어할 수 있는 다음의 운전제어 시스템 및 통신환경을 갖추도록 한다
  1. 버튼, 마그네틱 카드 등 접촉 조작
  2. 엘리베이터 운영시스템과 로봇간 연동 통한 비접촉 조작
  3. 무선통신을 활용한 비접촉 조작
- 로봇 탑승용 엘리베이터는 로봇이 이동층 조작을 할 수 있도록 다음의 운전제어 시스템을 갖추도록 한다

#### ■ 수평이동

- 이동통로는 로봇 통행에 적합하고 사람과 교차 통행 시 안전한 환경으로 설계되도록 한다.
  1. 연속적인 평면 공간
  2. 단차가 20mm 이상인 경우에는 경사로 제공
  3. 바닥면 기울기(최대 8.33%, 4.76도 이하)
  4. 바닥면 마감, 재질 (미끄럼이 발생하지 않는 재질, 모가 지나치게 긴 양탄자 및 타일/벽돌 등 표면 요철이 있는 재질 사용 지양, 저반사성/비반사성 바닥 마감재 사용, 바닥이 충격을 흡수하고 울림이 적은 재료 사용 등)
  5. 조도
  6. 비투과성/저반사성 유리 시설(투과성 유리 시설의 경우, 센서로 인식할 수 있는 마감)
  - 7 침입광 제어 및 빛 차폐 시스템

#### ■ 주차장

- 로봇이 전기차 충전, 주차, 순찰 등의 서비스를 수행하기 위해 주차장 설계 시 아래의 사항을 고려해야 한다.
  1. 주차장 진·출입로 및 통행 램프 내 로봇 전용 이동로 설치
  2. 차량 및 보행자 대상의 스마트 표지판 등 로봇 통행 구간에 대한 주의 안내 시설 배치
  3. 주차장, 통행공간 내 정밀 출입지도 및 측위 인프라 구축
  4. 주차관제시스템
  5. 보행자 및 운전자가 로봇을 인식할 수 있는 충분한 조도 확보
  6. 충전스테이션 혹은 로봇 대기 장소 구축

#### ■ 통행안내

- 건축물 사용자 및 차량에게 사람 및 차량과 로봇의 교차통행 공간에서 로봇이 나타날 수 있음을 사전에 인지시키고 로봇의 위치를 실시간으로 안내해줄 수 있는 아래 기준의 통행 알림이 필요하다.
  1. 교차통행공간은 차량진출입구, 실내·외 주차장, 교차로, 계단 연결로, 출입문, 사각지대, 승강기 내외부 및 인근 등을 지칭함
  2. 마커, 사이니지, 스마트 표지판, 로고젝터 등의 알림 장치
  3. 점멸등, 안내표지, 음성안내 등의 보조 알림 장치

#### 4. 통행자에게 실시간으로 인근 로봇 위치정보 안내 등

##### ■ 추락 방지

- 로봇이 통행 가능한 공간에서 로봇의 추락을 방지하기 위해 건축물 내 모든 추락 위험 구간(계단, 경사로, 복도)에 로봇의 추락을 방지하기 위해 아래 기준을 충족하는 난간 및 부가적인 추락 안전 시설물을 설치해야 한다.
  - 1. 난간은 높이 1.2m 이상, 간격 10cm 이하 (건축법 시행령 기준으로 평가)
  - 2. 난간은 강화유리 등 센서 인식을 저해하는 재질 사용 지양(불가 시, 인식용 마커가 부착된 난간 설치)
  - 3. 라이더 센서 등이 인식할 수 있도록 빛을 흡수하지 않는 재질 사용
  - 4. 마그네틱 스트립으로 추락 모서리 경계 마감
  - 5. 부가적인 추락방지 안전 시설물은 버추얼 월 등을 지침

##### ■ 로봇 점유공간

- 건물 내 로봇이 충전, 수리 및 서비스 업무를 부여받기 위한 대기 공간으로 활용될 수 있는 로봇 대기실의 확보가 필요하다.
  - 1. 운용 로봇 대수, 를 고려한 위치 및 면적 확보
  - 2. 충전을 위한 전기설비 구축
  - 3. 업무지시, 업그레이드 등을 위한 통신환경 구축
  - 4. 별도 개폐문 설치 및 관리자 외 출입금지 설정
  - 5. 로봇 대기 시에 대한 마커, 사이니지, 센서 등의 충돌방지 요소 구축
  - 6. 수리 위한 설비 반입 환경 구축
  - 7. 비상 상황 시 로봇의 대피 혹은 대기장소 설정
- 로봇의 실외 통행 공간에도 로봇이 충전, 수리 및 서비스 업무를 부여받기 위한 대기 공간으로 활용될 수 있는 로봇 대기 공간의 확보가 필요하다.
  - 1. 충전을 위한 별도 전기설비 구축
  - 2. 별도 임무 지시, 업그레이드 등을 위한 통신환경 구축
  - 3. 별도 개폐문 설치 및 관리자 외 출입금지 설정
  - 4. 임시 점유공간에 대한 마커, 사이니지, 센서 등의 충돌 방지 요소 구축
  - 5. 수리를 위한 설비 반입 환경 구축
  - 6. 최소 유효 폭(로봇전용 통행구간 1.2m, 사람-로봇 교차 통행구간 2.0m, 로봇간 교차 통행구간 2.4m)

##### ■ 위치 측위

- 로봇 통행 공간에서 특정 비중 이상(최소 40% 이상)으로 로봇의 위치를 인식할 수 있는 공간 측위 시스템 또는 GPS, 라이다 등의 측위 보조 수단을 제공해야 한다.

##### ■ 무선통신

- 로봇이 실시간으로 통행 공간에 대한 상황 정보를 관제센터 및 사용자 간에 송수신하여 특정 경로로 통행하고 임무를 수행하기 위해 음영지대가 없이 연결되는 무선통신 인프라가 일정 비중 이상 지원되어야 한다.
- 로봇 서비스 사용자, 건물 내 각종 IoT센서, 로봇 등이 원활한 통신을 위해 최저지연, 대용량, 고품질의 통신설비가 지원되어야 한다.
- 스마트 빌딩 내 엘리베이터 등을 비롯한 모든 시설에서 네트워크 음영구역이 없는 완전한 이동성 보장 및 로봇의 상태 감시가 가능한 네트워크 품질확보가 되어야 한다.

##### ■ 보안

- 건물 내 주요 시설물을 유기적으로 통합하고 안정적으로 제어할 수 있는 로봇-건축환경-사용자간 통신망 암호화 및 분리 등의 폐쇄망이 지원되어야 한다.
- 통신망에 외부 침입이 발생할 경우 사용자의 정보 유출 등 피해를 방지하기 위해 침입감지/방지시스템, 방화벽 등의 보안 시스템을 구축할 필요가 있다.

#### ■ 개인정보보호

- 화장실, 수유실, 샤워실 등 사용자의 민감함 개인정보 유출이 예상되는 장소에 대해서 로봇의 비전 센서 작동을 중지할 수 있어야 한다.
- 로봇 등 수집된 개인정보 혹은 사생활 정보를 악용하거나 업무 외 목적으로 이용을 예방하고 원천적으로 개인정보와 결합하여 추적을 방지하기 위한 추적방지시스템 구축이 필요하다.
- 데이터 접근 가능 직원에 대한 데이터 관리 업무 매뉴얼을 구비하고, 교육을 시행해야 한다.
- 개인정보 수집 고지, 처리 절차 및 방법에 대해 투명하게 공개하여야 한다.

#### ■ 운영관리

- 화재, 지진 등 비상상황 시 법적 기준에 따라 로봇이 사용자의 대피 동선과 겹치지 않도록 경된 대피/대기 시나리오 혹은 비상로봇 통제시스템 축이 필요하다.
- 로봇 혹은 건축환경을 제어하고 유지보수 관리할 수 있는 현장 시설 관리 전문가가 필요하다.
- 빌딩 내, 로봇 이동을 위해 필요한 디지털화된 2D 또는 3D 공간 정보를 제공해야 한다. (실내 인테리어로 인한 변경 가능 영역 외)

건축물 운영·관리를 위한 지원 기술 항목에서는 시스템통합, 방역 지원, 고령자 건강 관리 및 영유아 돌봄 서비스, UAM 및 로봇 관제 시스템, 도시 데이터 허브, 통합운영센터와의 연계 등이 도출되었다.

#### ■ 시스템통합

- 건물 내 자동출입관리, 차양조절관리, 승강기관리, 조명관리, 안전관리, 공기조화설비, 보안시스템, 에너지관리시스템, 홈네트워크시스템, 주거복지관리시스템 등과 UAM, 로봇, AI, 센서 등의 신기술 관리 시스템과 공기질, 화재 등 외부시스템간 연동되어 유기적으로 통합 관제할 수 있는 기술을 적용한다.
- 통합서버는 보조(백업) 서버를 두어 기능이 중단없이 서비스될 수 있도록 한다.
- 통합시스템과 인터페이스화된 개별 시스템은 일정 수량 이상이어야 한다.
  1. 주동출입시스템
  2. 원격검침시스템
  3. 주차관제시스템
  4. 전자경비시스템
  5. 조명제어시스템
  6. 전력제어시스템
  7. CCTV시스템
  8. 엘리베이터시스템
  9. 기계설비제어시스템
  10. 방재시스템

11. 혁신기술(UAM, AI, IoT, 센터, 로봇 등)별 관제 시스템

- 통합관리 프로그램을 C/S, WEB, APP을 통해 시스템 통합 서버의 상태를 모니터링할 수 있게 함으로써 현장에서의 실시간 대처가 가능하도록 한다.
- 시스템통합 서버의 보안 및 바이러스에 대비하기 위한 백신 및 보안시스템을 구성하도록 한다.
- 유지관리업무는 일상적 업무 또는 정기적 업무(법정점검이나 정기점검)로 구성되며, 설비의 고장 등의 대응조치 또는 손상시의 수선, 사전점검 및 예방조치가 신속, 정확하게 이루어 지도록 적절한 장소에 운영매뉴얼이 비치된 수준을 평가한다(국토해양부, 2009, p.153).

■ 방역 지원

- 빌딩 내 이동 로봇 및 IoT 센싱 정보를 활용해 국소 구역 오염 시 자동 방역/청정이 가능한 로봇 및 기능을 제공한다.

■ 고령자 건강 관리 및 영유아 돌봄 서비스

- 고령자, 장애인 등 디지털 약자의 접근성을 고려한 AI 음성 대화 중심의 보편적 로봇/ICT 서비스를 구성/제공한다.

■ UAM 및 로봇 관제 시스템

- 스마트 빌딩 내 네트워크 음영지역 없는 로봇운영의 품질확보를 위해 원활한 통신네트워크를 기반으로 다양한 제조사 로봇과 다수의 로봇을 한 번에 관제하고 제어할 수 있는 로봇+로봇통신네트워크 통합관제시스템을 구축한다.

■ 도시 데이터 허브, 통합운영센터와의 연계

- 화재, 지진 등 발생한 재난에 대한 정보를 외부 방재 유관 시설에 전송할 수 있어야 하고, 화재 시 방송, 엘리베이터, 기계설비, CCTV, 조명, 안내디스플레이, 출입문 연동 등 화재 연동 시나리오에 따라 구성되어 있어야 한다.
- 빌딩 내 이동 로봇의 센싱 정보를 활용해 이상 이벤트(비명, 쓰러짐, 깨짐, 폭발음 등)를 실시간으로 인지하고, 외부 유관 기관에 해당 정보를 전달 및 서비스 시나리오에 따라 대응할 수 있도록 구성되어야 한다.

## 5) 3차 전문가 의견 조사 결과

### □ 3차 전문가 의견 조사 개요

1-2차 전문가 의견조사 내용을 반영한 계획 기준 초안에 대해 UAM, 로봇, 자율주행, 시스템 분야 전문가 풀 선정 및 보완 의견 조사를 실시하였다. 3차 전문가 의견 조사에 대한 개요는 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 3차 전문가 의견 조사 개요

구분	의견 조사 개요
의견 조사 주제	· 공간 기반 기술 융복합 건축물 기획설계 방향 전문가 자문
조사 기간	· 2023.06.07.(수)~06.14.(수)
조사 대상	· (건축설계) 희림건축, 삼우건축, 간삼건축 · (건설시공/설비) 한화건설, 현대엘리베이터 · (UAM) 한화시스템 · (로봇) 트위니, HD현대로보틱스 · (모빌리티) 현대자동차 · (시스템) 디버, 도구공간, LGCNS

출처: 연구진 작성

#### □ 3차 전문가 의견 조사의 구성

3차 전문가 의견 조사는 1-2차 전문가 의견조사를 통해 구성된 계획기준의 틀을 대상으로 조사가 실시되었다. 3차 조사 부터는 본 연구에서 사용하고 있는 ‘공간 기반 혁신기술 융복합 건축물’은 국토부에서 ‘22년 10월부터 추진 중인 정책 용어인 ‘스마트+빌딩’ 명칭을 사용하여 계획기준 의견을 수렴하였다. 또한 ‘계획기준’도 ‘가이드라인’이라는 명칭으로 하여 회람이 이루어졌다.

3차 전문가 의견 조사에서 활용한 조사 항목은 [표 3-7]과 같다. 조사 항목은 추가되어야 하는 기준, 수정·보완되어야 하는 기준, 상세 설명을 위해 필요한 삽도 등에 대한 전문가 의견이다.

[표 3-7] 3차 전문가 의견 조사의 구성 및 세부 항목

구분		의견 조사 항목
계획기준의 총칙		<ul style="list-style-type: none"><li>· 추가되어야 하는 총칙 사항</li><li>· 수정·보완되어야 하는 총칙 사항</li><li>· 상세 설명을 위해 필요한 삽도</li></ul>
스마트+빌딩 기획		<ul style="list-style-type: none"><li>· 추가되어야 하는 기획 항목</li><li>· 수정·보완되어야 하는 기획 항목</li><li>· 상세 설명을 위해 필요한 삽도</li></ul>
스마트+빌딩 설계	UAM·드론 서비스	<ul style="list-style-type: none"><li>· 추가되어야 하는 가이드라인 항목</li><li>· 수정·보완되어야 하는 가이드라인 항목</li><li>· 상세 설명을 위해 필요한 삽도</li></ul>
	로봇 서비스	<ul style="list-style-type: none"><li>· 추가되어야 하는 가이드라인 항목</li><li>· 수정·보완되어야 하는 가이드라인 항목</li><li>· 상세 설명을 위해 필요한 삽도</li></ul>
	자율주행	<ul style="list-style-type: none"><li>· 추가되어야 하는 가이드라인 항목</li></ul>

서비스	· 수정·보완되어야 하는 가이드라인 항목 · 상세 설명을 위해 필요한 삽도
스마트기술 서비스	· 추가되어야 하는 가이드라인 항목 · 수정·보완되어야 하는 가이드라인 항목 · 상세 설명을 위해 필요한 삽도
스마트+빌딩 통합 플랫폼	· 추가되어야 하는 가이드라인 항목 · 수정·보완되어야 하는 가이드라인 항목 · 상세 설명을 위해 필요한 삽도
스마트+빌딩 설계 세부 기준	· 건축물 내 UAM 버티포트/로봇/자율주행차/스마트기술/통합플랫폼 기준 관련 보유중인 국내외 참고 자료 추가 · 기타 제공 가능한 설계 또는 디자인에 적용할 수 있는 성과물

출처: 연구진 작성

## (1) 계획기준의 총칙

### □ 추가 사항

- 가변성을 위한 플랫폼을 위한 적용기술 목록화, 매트릭스 작성(예: 라멘구조, 무단차 계획, 바닥공조, 건식벽체 등)
- 가이드라인의 성격(참고 기준 vs 인증 기준)을 명확하게 하고 각 조문의 표현을 제고
  - 의무(~를 한다. ~를 적용한다. ~를 따른다. ~를 금지한다.) / 권장(~를 권장한다. ~를 지양한다. ~를 최소화한다.) / 고려(~를 고려한다.) / 가능(~를 할 수 있다.)
- (정의)
  - 추가(UAM, 로봇, AI, 헬스케어, 스마트 팜등) 또는 관련 법 조항을 연결
- (가이드라인의 주요 내용)
  - 추가: (디지털메일룸 설계) 건축물내 디지털물류관리를 위한 물리적 공간과 시스템 확보 및 로봇, 드론간 배송정보 연동을 위한 시스템 반영 등
- (건축물 용도에 따른 적용 기술·서비스)
  - 내용 추가: (디지털메일룸) 디지털 기술을 통한 물류관리, 배송용 로봇 및 드론간 서비스 연동 등
  - 드론도 실내 공간에서 이동이 가능하므로 포함되는 것이 타당

### □ 수정·보완 사항

- FATO volume 공간을 대지 내에 포함할 경우 건폐율 및 용적율에 영향을 미치게 되므로 포함 또는 미포함에 대한 논의 필요
- 수속시설 관련 내용 추가 필요(신분확인 및 여객/수하물 X-RAY 검색 등)
- 공유모빌리티에 대한 내용추가(렌터카, 카셰어링)
- 전체 가이드라인 중 내용 설명을 위한 '예시도'나 '표'에서도 '가변성을 위한 플랫폼을 분리하여 보완하는 한편, H/W와 S/W도 구분하여 내용을 작성하면, 실제적이고 구체적인 내용을 포함할 수 있을 것으로 판단됨
- 스마트 기술 및 통합 플랫폼 관련 보완 요청
  - UAM, 로봇, 자율 주행 등의 4차 산업혁명 기술 뿐만 아니라 빌딩에서 통합 운영되기 위해서는 빌딩 통합플랫폼 내에서 유기적으로 연결된 모듈로서 서비스 동작 필요
  - 빌딩 관련 적용 기술 영역 예시: 에너지 관리, 재실자 관리, 보안 관리, 공간 관리, 시설 관리,



자산 관리, 조달 관리, EHS(Environment, Health & Safety), 주차 관리, 빌딩 자동화, Edge Computing, Cloud, IoT Platform, 초고속 통신망(5G+), AI&ML, 빌딩통합플랫폼 등

- 빌딩 관련 적용 서비스 영역 예시: NetZero 등 Compliance Reporting, 실내 공기질 관리, 방역 관제, 방문객 관리, 공간 예약, HVAC 제어, 위치 기반 서비스 등

○ (목적)

- 이 가이드라인은 ~~~~제시함을 목적으로 한다.' 다음 내용으로 스마트+빌딩으로 인한 편익을 기술할 것을 건의함. 제2조 ②의 내용은 스마트+빌딩에 의한 편익에 해당하여, 해당 내용을 제1조로 옮기는 것을 건의함
- 상위 목표를 제시(이 가이드라인은 스마트+빌딩 조성의 기본 방향, 원칙 및 세부 기준을 규정하고 공공·민간 사업주체에게 생애주기 전반에 필요한 가이드를 제공함으로써 4차 산업혁명 기술을 조기 상용화하는 것을 목적으로 한다.)

○ (정의)

- ①은 스마트+빌딩 = 가변성을 위한 플랫폼 + H/W + S/W 으로 요약됨. 전체 내용 중 '가변성을 위한 플랫폼'에 대한 설명을 보완할 것을 권장함. (제58조에 문구 한 개 이외의 내용이 없음) H/W, S/W, 제공 서비스는 현재 급속히 변화중이며, 지속가능한 대상이 아님. 스마트+빌딩에서 가장 중요한 것은 다양한 Needs와 퓨처테크를 수용할 수 있는 '공간플랫폼'이라 사료됨
- "플랫폼"은 이후 조문에서 사전적 의미로 해석하더라도 적용상 혼란이 없으므로 정의 불필요
- "기술 친화적 공간"은 이후 조문에서 사용되지 않는 용어로 정의 불필요
- "UAM", "버티포트", "로봇" 등 주요 용어에 대한 정의 추가 필요
- "TLOF", "FATO" 등 전문 용어에 대한 정의 추가 필요
- "스마트기술", "스마트헬스케어" 등 의미가 불분명한 용어에 대한 정의 추가 필요
- 제1항과 제2항에서 "스마트+빌딩"에 대한 정의가 반복
- 제1항과 제1항의 제1호에서 "플랫폼"에 대한 정의가 반복
- 제1항과 제1항의 제2호에서 "기술 친화적 공간"에 대한 정의가 반복
- ① 항 기술 항목 내용 중 자율주행/자율주차 위당을 포함하고, '스마트+빌딩이란 일상생활의 수요 및 기술·서비스 변화에 능동적으로 대응하는 플랫폼의 기능을 갖추고, UAM, 로봇, 자율주행/자율주차, AI, 헬스케어, 스마트팜 등으로 내용 보완 제안

○ (가이드라인의 주요내용)

- (목적)과 내용 중복되어 삭제 필요
- 2항과 3항은 포괄적인 용어 사용으로 수정: "스마트+빌딩 기획 가이드라인은 다음의 내용을 포함한다." "스마트+빌딩 설계 가이드라인은 다음의 내용을 포함한다."
- ② 항 항목 내용 보완: 6. 주변 환경의 소음 노출 허용 수준 7. 건축물의 진동 및 착륙하중의 설정
- ③ 항 항목 내용 보완: 1. UAM 버티포트 설계: 건축물 구조기준, 이착륙시설 구역 설정 및 설계·구조 기준, 관제시스템 및 항공등화 설치, 미기상 및 화재·진동 등 안전 고려, 탑승·환승 터미널 조성, 기체 충전 및 유지관리 방법, 승객의 승하차 예상 동선 및 화물의 적재 방식 제시, UAM 지상운영 및 유지보수 이동 Track path를 고려한 Taxi-way 선정, 자율비행 및 주행까지 고려하여 진출입여부 확보 여부
- ③ 항 항목 용어 변경 요청: 자율주행 → 자율주행/자율주차(진출입 및 충전 가능 공간 확보 등)

○ (스마트+빌딩의 기술·서비스 범위)

- 스마트+빌딩에 모빌리티 기술을 포함시키기 위한 항목으로 사료됨. 현 제목은 다소 광범위하여, 내용과 부적합한 것으로 사료됨. 이에 4조의 제목을 '스마트+빌딩의 기술,서비스 범위'에서 '모빌리티 혁신 수용/융합' 등 세부적인 제목으로 변경할 것을 제안

- 스마트+빌딩의 기술 및 서비스 범위에 공유모빌리티도 추가 필요

○ (건축물 용도 및 대상)

- ① 이 가이드라인에서 적용하는 대상은 건축법에서 명시하는 용도를 기준으로 적용 한다.  
(건축법 시행령 제3조5, 별표1 참조) 스마트+빌딩 기술 서비스 기술 범위를 고려해 다음 세  
부 시설에 우선 적용

- 아래와 같이 가이드라인 적용 대상 순서 변경 및 내용 추가

1. 공동주택(아파트, 연립주택, 기숙사)
2. 문화·집회시설(공연장, 전시장 등)
3. 판매시설(백화점, 쇼핑센터 등 대형 소매시장 등)
4. 운수시설(여객자동차터미널, 철도시설, 공항, 항만)
5. 의료시설(종합병원)
6. 교육연구시설(학교, 연구소)
7. 노유자시설(노인복지시설, 사회복지시설 등)
8. 업무시설(공공업무(청사, 외국공관), 일반업무(금융업소, 사무소, 출판사, 신문사, 오피스  
텔))
9. 숙박시설(일반숙박시설 및 생활숙박시설, 관광숙박시설, 다중생활시설)
10. 공장(물품의 제조·가공·건조·수리)
11. 창고시설(물류터미널, 집배송 시설)

- 제1항은 문장 의미를 명확화할 필요: “이 가이드라인을 적용할 수 있는 건축물의 용도는 다  
음과 같다”

- 본 가이드라인의 적용범위를 건축물의 용도로 제한하는 것이 의미가 있는지에 대해서는 추  
가 논의 필요

- 제2항의 문법적 오류 수정 필요(“~리모델링 등 리뉴얼을 추진하는 기축 건축물~”)

- 빌딩통합플랫폼 구성 가이드라인 구체화 필요: 공동주택은 빌딩플랫폼의 A/B/C 모듈조합  
구성, 오피스 빌딩은 A/B/D/E 모듈조합 구성

○ (건축물 용도에 따른 적용 기술·서비스)

- 매트릭스 형식으로 변경하여, 다양한 적용 가능성을 보여주고, 적용 기술의 위계를 표기 가  
능하도록 변경 제안함

- 적용 서비스보다는 검토 주안점을 기재하여 항목선정의 취지 전달을 보완하고 취지에 맞는  
특화 서비스 발굴을 유도할 것을 제안함

- 검토 주안점 및 미래 예상 기술 항목을 통합 시켜 미래 예상 기술 항목 내용으로 업데이트 제  
안

- 각 용도에 따른 적용기술과 적용서비스 내용이 상이하여 이에 대한 오류 수정이 필요

- 건축물 용도에 따른 적용 기술·서비스에서 대형쇼핑센터 적용기술에 UAM을 포함하고,  
UAM 이동 등 내용에 신규 백화점, 쇼핑몰 등 옥상 부지에 버티포트 또는 버티스탑 검토 가  
능

## (2) 계획 수립을 위한 사전 준비

### □ 추가 사항

#### ○ (건립 및 운영방식 설정)

- 항목 추가 요청: ⑥ 공공목적 건물은 공익차원에서 정부가 출자 운영한다.

### □ 수정·보완 사항

○ (도입 기술·서비스 설정)

- 다음과 같이 수정: ① 건축주가 추구하는 스마트+빌딩의 목적에 따라 UAM, 로봇, 자율주행/자율주차, 각종 스마트기술들을 선정하여 도입하도록 한다.

○ (입지결정)

- ④ 자율주행차: 도심항공 교통센터 및 첨단 기술이 접목된 단지 및 신축 건축물로 문구 수정
- ② 항 1을 다음과 같이 수정: 공역 비행, 이착륙의 제한이나 장애가 없는 지역(하천변, 개활지 주변, 코리더 등, 고층건물 및 주거지 밀집지역 제외, 심야 소음수준 고려)
- ④ 항을 다음과 같이 수정: ④ 자율주행차: 자율주행차의 진/출입이 원활한 공간이 확보된 부지, 지역

○ (계획 기준 및 현황 검토)

- “입지결정” 삭제 및 “스마트 기술 적용 조건” 추가: 스마트+빌딩의 조성 자체가 사업의 목적이 되는 경우가 아니라면 본 가이드라인에서 “입지결정”을 다루는 것은 부적절함. “입지결정”을 삭제하고 “스마트 기술 적용을 위한 조건”을 추가하는 것을 제안
- ② 다음 각 호의 세부 계획기준을 검토한다.
  1. 적용 대상지의 토지 이용 계획 확인, 지구단위 계획 및 관련 법규 사항
  2. 건폐율, 용적률, 높이제한 등의 법정 상한 범위
  3. 배치, 형태, 색채, 건축선과 같은 건축행위 제한
  4. 법정 주차대수 및 차량 진출입 제한
- ②-1 UAM 이착륙장 입지선정에 있어 경제, 기술, 사회 요인 등을 고려하여야 한다. 경제 요인: 수요, 환승접근성(대중교통수단으로 접근 편의성 고려), 토지비용 / 기술 요인: 운항 안전성, 전력원 공급 및 시공 용이성 / 사회 요인: 소음환경(청각, 시각적 소음 방해 등), 법 및 제도(건설, 운영 관련 법적, 제도적 규제)
- ②-2 UAM의 목적이 운송이 아니라 관광 또는 의료일 경우에는 추가적으로 관광자원 및 병원 인프라를 고려해야 한다. 또한 사회적 약자 층에 대한 배려도 필요하다.
- ④ 자율주행차: 도심 등 교통량이 많고 네트워크 인프라 구축지역
- 제1항, 제3항 삭제; 제11조 제2항은 규제사항과 기타 고려사항을 구분하여 재구성:
  - ① 제반법규(국도의 계획 및 이용에 관한 법률, 건축법, 주차장법 등)를 준수한다.
  - ② 건축 및 도시계획 요소(교통, 배치, 형태, 색채 등)를 고려한다.
  - ③ 서비스 운영에 영향을 주는 환경적 요소(미기후 등)를 고려한다.
  - ④ 주변에 미치는 환경적 영향(소음, 진동 등)을 고려한다.
  - ⑤ 예상되는 민원(사생활 침해 등)을 고려한다.
- 다음과 같이 수정: ③ 난기류, 빌딩풍 등 UAM 비행 및 이착륙, 정차 시 돌풍에 의한 주차 안정성에 영향을 줄 수 있는 미기상과 소음 진동, 시각적 공해에 영향을 받는 주변 건물 현황을 검토한다.

### (3) UAM 서비스를 위한 계획 기준

□ 추가 사항

- 실질적인 기체의 이륙경로(VTO Path)를 포함한 입체적 공간(TO volume)의 대지면적 내에 확보 여부
- UAM 수속시설 관련 사항 추가
- 붙임 (버티포트 위계별 시설 설치)
  - 버티포트 위계별 시설 설치 구분에서 Vertiport의 경우 이착륙장 2개 이상을 1~2개로 변경
- (UAM의 정의)
  - 다음과 같이 보완: ① UAM이란 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)의 약자로서, 도

심 내 3차원 공중교통 체계를 활용한 항공운송 생태계를 의미함. ② 버티포트란 UAM 비행체가 이착륙할 수 있는 활주로 또는 정거장

○ (UAM, 드론서비스 목적)

- 다음과 같이 정의: ① 도심 교통, 환경문제 개선. ② 비상상황 발생시 비상인력 및 도구의 도심으로의 즉각적인 진입이 가능한 비상 이동수단 제공. ③ 4차 산업혁명 기술 및 서비스가 현관문을 넘어 소파, 냉장고 등 거실내부까지 도달하는 “라스트인치” 서비스 제공. ④ 대중교통의 접근이 어려운 지역에 응급의료 서비스의 이동수단 제공

□ 수정·보완 사항

- 제3장 제1절(UAM·드론 서비스)은 드론 관련 내용 추가 및 UAM과 공통으로 적용할 수 있는 내용이 적을것으로 절을 분리하여 작성 제안
- TO volume 공간을 대지내에 포함할 경우 건폐율 및 용적율에 영향을 미치게 되므로 포함 또는 미포함에 대한 논의 필요
- 수속시설 관련 내용이 추가 되어야 함; 신분확인 및 여객/수하물 X-RAY 검색 등
- 이착륙장 1개의 경우 주기장 7개(충전시간 포함할 경우)까지 배치가 가능한데 붙임 제3조 버티포트 위계별 시설 설치 구분의 경우 Vertiport(Vertibase)의 이착륙장 개수가 2개 이상으로 되어 있어 이를 1~2개로 수정하는 것에 대한 논의 필요
- 공유모빌리티에 대한 내용추가(렌터카, 카셰어링)
- 타 분야에 비해 기술적인 스펙 등이 구체적으로 기술되어 있는 바, 기술제원의 출처가 표기 필요. 현재 기술 혁신 및 발전이 급속하게 진행되는 기술이며, 관련 기준 및 제원도 수시 변경될 것으로 예상됨. 설계자 입장에서는 크로스체크 및 명확한 기준 확인을 위해 출처 정보가 필요함
- 현재 적용된 기술력 기준 및 해외 기준 및 법규를 바탕으로 버티 포트에 대한 설치 기준 및 구조 안전성을 우선 적용 함을 명시하고, 현재 관련 법규가 명시된 항목이 없어 다음의 내용 추가
  - 건축물의 피난 방화구조등의 기준에 관한 규칙 제13조(헬리포트 및 구조 공간 설치기준) 등 유사 관련 법규 참조하여 버티포트 설치 기준과 구조 안전성 적용 필요
- 버티포트 관련 주요 기술 요건들은 K-UAM그랜드 챌린지 사업을 통해 구체화되고 있으며, 각 컨소시엄의 버티포트 사업자의 실증을 거쳐 추가적인 UAM 운영개념 개정이 예상되므로 향후 이에 대한 보완이 필요할 수 있음
- 일반 건축물상의 버티포트를 대상으로 운항할 수 있는 동적 회랑망은 K-UAM 발전 단계상 성숙기(2035년 이후)이므로 스마트+빌딩 조성 가이드라인에서 제공하는 버티포트 요건은 현시점에서 확정하기에는 다소 이른 감이 없지 않음
- (버티포트의 구성)
  - 버티포트는 에어포트와 같이 이착륙시설 뿐만 아니라 관련 시설을 통합해서 지칭하는 용어임. 현재 작성된 내용은 “이착륙장의 구성”으로 수정하여 위치를 이동하고 다음과 같이 수정: ① 이착륙장 ② 계류장 ③ 터미널 ④ 충전시설 ⑤ 기타 설비(항공등화, 피뢰설비 등)
  - ② 수정; TLOF는 예상되는 운용기체 중 최대 크기를 기준으로 설계한다.
- (진동 및 하중을 고려한 구조)
  - ② Downwash 하중은 최대 이륙 용량의 1.5배로 산정하며, 하드랜딩의 빈도를 고려하여 구조물 설계 반영으로 내용 수정 필요
- (미기상을 고려한 버티포트 설치·운영)
  - 제1항에서 UAM 비행에 관한 지침은 삭제 검토
  - 미기상을 고려한 버티포트 설치·운영의 ② 기존의 공항과 달리 빌딩, 지형 등에 의한 영향, 높은 고도에서의 이착륙을 고려하여 데이터 확보로 수정 요청
- (버티포트 설비)

- 1에서 현재까지 논의되고 있는 운항 모니터링 위한 장비는 ADS-B, VHF 통신장비이며, 버티포트에서 기상정보 확인을 위해 검토되고 있는 장비들은 윈드라이더, AMOS임
- (관제시스템)
  - 기체 이착륙을 통제하는 관제시스템으로서 무정전시스템 및 관제 인원, 설비기준 등
  - 제1항은 관제와는 무관하며 PV표면 반사에 의한 항공 영향은 근거 없음(PV표면의 반사율은 유리나 플라스틱 보다 낮음). 추후 해당 항목이 인증항목이 된다면 친환경 규제 강화로 신재생 설비 설치공간이 부족한 현상 상황을 악화할 수 있음
- (탑승·환승을 위한 터미널 조성 기준)
  - 수화물 운송시스템 도입
  - 제2항 수정: ② 대중교통수단(버스, 철도 등), 택시, 환승주차장 등과의 연계를 고려한다. 1. 건축물의 본 용도를 위한 동선과 구분되는 전용 동선 계획을 고려한다.
- (기체 정비 및 유지관리)
  - 배터리 교체설비 설치
  - 기체 엘리베이터 인증기준 설립 필요에 따라 ②항 내용 수정 요청; ② 기체 이송설비의 인증의 1. 기체용 수직 이송설비의 인증
- (기체 격납고)
  - 버티포트의 시설규모에 따라 기체 격납고를 설치 가능
  - 3. 격납고 장비 설치 기준 수립(예. 크레인 높이, 하중 등) 내용 추가
- (기체 충전)
  - 수정: 기체 충전설비는 시설의 규모나 목적에 따라서 설치 여부 및 재원을 결정
  - ① 주변 시설과의 거리 등을 고려하여 충전설비 도입을 고려할 수 있다. ② 충전설비 도입 시 설비의 제원 및 개소는 가용성, 경제성 등을 고려하여 계획한다.
- (기존 헬리포트 이용시 활용방안)
  - 버티스탑 설치로 인해 증가된 면적은 건축면적에서 제외 가능
  - 기존 헬리포트를 UAM 버티스탑으로 활용하기 위한 조건을 함께 제시: ① 기축 건축물의 헬리포트는 제12조~제23조의 기준을 충족하는 경우 UAM 버티스탑으로의 활용을 고려할 수 있다. ② 기준을 충족하지 못하는 경우 시설개선(구조보강, 설비추가 등)을 고려한다.
  - 버티스탑의 경우 관제를 위한 설비, 원격모니터링(영상+분석시스템) 등이 필요하며, 아직 세부 기준이 확립되어 있지 않음. 또한, 기존 헬리포트는 eVTOL 요구되는 크기/기준을 만족하지 않는 경우가 많으므로, 버티스탑 등 활용을 위해 확장 가능 정도의 내용이 적정함

#### (4) 로봇 서비스를 위한 계획 기준

##### □ 추가 사항

- 배터리팩을 내장한 로봇임을 감안한 소방기준 및 재난안전 가이드 필요
- 로봇 관리 및 보관 장소에 집중하중 발생에 우려, 하중기준 및 구조설계 기준에 대한 가이드 필요
- (로봇 이동을 위한 내외부 공간설계)
  - 로봇이 이동하는 실외 공간에는 물이 고여있지 아니한 배수 기능을 구성하여야 한다.
- (수직이동)
  - 특정 사항 발생으로 승강기 내에서 로봇이 하차를 할 수 없는 사항이 발생할 경우 이에 대해 인지할 수 있는 관리 시스템과의 연동 기능 필요
- (수평이동)
  - 특정 높이 이하에는 센서 오동작 가능성이 있는 반사성 재질 및 거울 사용을 제한한다.

○ (추락 방지)

- 로봇은 기본적으로 높이차에 대해 인지할 수 있어야 하며 이를 통해 낙상에 대응할 수 있는 수단을 구비하여야 한다.
- 빌딩 이외에 물류센터, 공항, 공장, 발전소 토목 구조물 등의 건축물에도 확대 적용할 수 있는 방안이 필요

○ 디지털 물류관리

- 디지털물류관리시스템은 디지털기술로 건축물내 입출고되는 물류를 관리 하며, WMS 기술로 물류의 재고를 최소화 하며, 배송 기사가 건축물내에 직접 배송을 하지 않도록 하여 보안성을 강화한다. 물리적으로는 디지털메일룸이 필요하며, 컨시어지 배송, 로봇배송, 드론배송 등 다양한 배송인터페이스 기술이 연동될 수 있도록 한다.

□ 수정·보완 사항

○ (로봇 이동을 위한 내외부 공간설계)

- 항목 추가 요청. ⑥ 이동형 로봇의 하중을 버틸 수 있는 강도/경도 등이 반영되어야 한다. ⑦ Virtual Laser 센서, 무선 통신 등을 활용하여 무형의 장벽을 설정하고 로봇의 이동구간을 제한할 수 있다.

○ (로봇통행공간)

- 제1항: 문장 수정 -> “보통의 승강기 문은 1.2m를 확보하기 어려움 (공동주택 또는 일반 건축물)”
- ①-3. 로봇 출입로-승강기-서비스 종료 지점까지 이어지는 통로(서비스 종료 지점은 택배 배송/식음료 배달 서비스를 기준으로 설정함) → 로봇이 제공하는 서비스가 택배 배송/식음료 배달만 있는 것이 아니므로(길안내, 보안 등), 팔호안의 내용은 삭제
- 로봇 운행 조건: 통행공간, 수평이동, 수직이동시 적절한 조도(조명) (100~1000 lx) 유지 → 통행공간, 수평이동, 수직이동시 재질은 제33조 4호, 5호에 적힌 것과 같이 통일
- 통행공간 기울기는 4.76도 이하 → 3도, 기울어진 경사면의 길이는 3m 이상으로 수정
- 항목 추가 검토 요청. 로봇이 통행하는 공간을 바닥 외 천장형 Rail 구간(병원 등) 및 측면 부 등을 추가 필요, 로봇물류창고에서의 전용 통로와 같이 건축물 내 로봇만이 이동할 수 있는 전용 통로 (폐기물, 음식물 쓰레기 등) 구축 고려

○ (출입문)

- ②항의 1. 유효폭 (최소 0.9m 이상, 사람과의 교차통행 지점에서는 1.2m 이상): 장애없는 생활환경-건축물 인증 기준에서 최소 0.9m임. 또한 장애인용 스피드게이트의 최소폭도 0.85~0.9m임
- ‘전후면 유효거리 1m 이상’에 대한 설명 필요
- ③ 출입문 혹은 인근에 로봇 충전스테이션 설치하도록 한다. → 직사 광선 또는 눈, 비 등을 피할 수 있는 실내 공간, 배터리 전용 소화기 구비
- 항목 추가 요청. ④ 출입문 Swing Gate의 연동을 API 등을 통해 손쉽게 연동/제어할 수 있도록 지원 (표준 프로토콜 제정, 현대엘리베이터 API 사례)

○ (수직이동)

- ②항의 1. 승강기 출입문 폭 (0.9m 이상, 사람과의 교차통행 지점에서는 1.2m 이상): 기존 건물의 13인승 이상의 대부분 엘리베이터 출입문 사이즈가 900mm이며, 15인승 이상에서도 최대 1000mm임. 장애없는 생활환경-건축물 인증 기준도 최소 0.8m를 허용하고 있음 (별도첨부 ppt 참조). 출입문 구간에서 엘리베이터와 사람의 동시 탑승은 현실적으로 허용될 수 없으며, 1.2m 이상의 도어 폭은 화물용 또는 용량 2ton 이상의 대형 엘리베이터에서만 설치됨
- ③항의 3. 승강기 출입문 개폐 정보 (50초 이내로 제한): 로봇이 엘리베이터의 안전한 탑승을 위해 보통 50초로 세팅하고 있음 (현재 로봇 연동을 사용하고 있는 현장에서 최초 30초부터

테스트해보았으나 안전을 위해 50초가 적당한 것으로 최종 판단하였음)

- ③항의 4. 변함목 승강기는 로봇이 제어할 수 있는 다음의 운전제어 시스템 및 통신환경을 갖 추도록 한다.

1. 버튼, 마그네틱 카드 등 접촉 조작

2. 엘리베이터 운영시스템과 로봇간 연동 통한 비접촉 조작

3. 무선통신을 활용한 비접촉 조작 → 2, 3번을 동시에 적용하는 것은 자원 낭비이며 3번과 같이 중간에 운영시스템 없이 외부 시스템 (로봇 등)이 직접 엘리베이터와 무선 통신을 통해 제어하게 되면 엘리베이터 안전 등의 위험 소지가 높아지고 관리상의 어려움이 증대됨

- 5호는 4호와 동일한 내용으로 삭제

- '전후면 유효거리 1m 이상'에 대한 설명 필요

- '무게 250kg 이상'에 대해 설명 필요

- ④ 승강기는 로봇이 제어할 수 있는 다음의 운전제어 시스템 및 통신환경을 갖추도록 한다.  
→ 다음의 운전 제어 시스템 및 통신 환경 조건 중 1가지 이상을 갖추도록 한다.

- 항목 추가 검토 요청. 엘리베이터 1대당 다수의 로봇이 탑승할 경우에 발생할 수 있는 충돌 문제(대기시간, 엘리베이터 지연 등)에 대한 방지 조항. 엘리베이터에 탑승할 수 있는 로봇의 규격의 한정 (엘리베이터 크기 감안하여 엘리베이터 내부에서 로봇이 회전을 하는 경우가 발생할 수 있음). 엘리베이터에 로봇이 탑승한 경우 이를 외부에서 대기하는 사람들이 미리 파악할 수 있는 Sign 등이 표시

○ (수평이동)

- 항목 추가 검토 요청. 로봇 등이 지나다닐 수 있는 전용 통로 표시(예시, 고속도로 진입로 핑크/그린 색 표기). 로봇이 수평이동하는 경우 바닥 외 형태(천장, 벽면)도 감안하여 표준/인프라 제정 필요

- 예: 천장형 로봇 : <https://www.mk.co.kr/news/economy/10716533>

○ (주차장)

- 항목 추가 검토 요청 (주차로봇 및 충전로봇 관련). 주차로봇의 배터리 안전, 충전기 위치 등에 대한 안내 고려. 주차 로봇이 차량을 이동시킬 때 필요한 여유공간(회차, 대기) 등 고려 필요. 주차 로봇 적용으로 인한 주차면 감소/증가에 대해 건축 인프라의 선결요건(주차면 인정)에 반영 여부 고려. 주차 로봇 이동 시, 사람이 접근하지 못하게 하는 안전 장치 고려(경고음, 조명 등). 주차장을 구성하는 기타 로봇(충전로봇)의 경우 이동형, 고정형 등의 형태를 구분하여 안전 및 사용자 환경 등을 구성 고려. 고정형 충전로봇의 경우, 로봇팔(매니퓰레이터)의 활동 반경을 고려한 안전 확보 고려. 이동형 충전로봇의 경우, 배터리를 탑재하여 차량으로 이동하므로 전기차 충전기 수준의 위험 방지가 고려 필요

○ (통행안내)

- 항목 추가 검토 요청. 통행시 마주칠 수 있는 로봇의 유형/위험 종류 등을 구분하여 안내

- 예: 청소 로봇과 같이 로봇이 작업중일 때 발생하는 소음에 대한 불쾌감을 계량화하여 조명, 사인 등을 통해 보행자가 미리 인지/회피할 수 있는 수준의 안내

○ (추락 방지)

- 1. 난간은 높이 1.2m 이상, 간격 10cm 이하 (건축법 시행령 기준으로 평가) → 로봇의 추락으로 인해 사람이 다치거나 시설의 손상이 발생할 가능성이 있을 경우 높이 1.2m 이하이더라도 난간 설치 필요

- 항목 추가 검토 요청. 이동형 로봇 외 천장형 로봇의 추락 방지에 대한 기준 마련 고려

- 천장형 배송로봇:

[https://www.chosun.com/economy/tech\\_it/2022/09/07/DLXJ4GEQDNHFXEXZOCRNJSCGXM/](https://www.chosun.com/economy/tech_it/2022/09/07/DLXJ4GEQDNHFXEXZOCRNJSCGXM/)

- 천장형 서비스 로봇: <https://techrecipe.co.kr/posts/21491>

○ (로봇 점유공간)

- 2. 충전을 위한 전기설비 구축 → 충전을 위한 전기 설비에는 전용 소화기 구비 필요. 7. 비상

상황 시 로봇의 대피 혹은 대기장소 설정 → 비상 상황에 대한 명확한 정의 필요, 로봇 동작 불능 등의 비상 상황 시에는 구동을 하면 안됨. 또한, 화재 등의 비상 상황이라도 로봇이 대피하기 보다 제자리 정지해 있는 것이 사람들의 대피에 유리하다고 판단됨

- ② 로봇의 실외 통행 공간에도 로봇이 충전, 수리 및 서비스 업무를 부여받기 위한 대기 공간으로 활용될 수 있는 로봇 대기 공간의 확보가 필요하다. → 실외 대기 공간은 직사 광선 또는 비, 눈 등을 피할 수 있는 시설 구축 필요
- 항목 추가 검토 요청. 운영 로봇 외 Spare 로봇의 충전/대기공간 마련(계단, Escalator 밑의 공간 등을 활용). 로봇의 세척(Air-Flow 등), 유지보수 등을 위한 공간 마련. 실외 대기 공간의 경우 전용 캐노피, 방수/방진 등의 시설 요건 고려

○ (위치 측위)

- 항목 추가 검토 요청. (Mapping 작업 최소화) 실내 인테리어 작업, 구조물 위치 변경 등의 실내 환경 변화에 로봇의 지도에 신속히 반영할 수 있도록 실내 측위 장치 등의 인프라가 구축 기준 마련

○ (무선통신)

- ②항 로봇 서비스 사용자, 건물 내 엘리베이터 및 각종 IoT센서, 로봇 등이 원활한 통신을 위해 최저지연, 대용량, 고품질의 통신설비가 지원되어야 한다. → 엘리베이터와 로봇 연동을 위해 엘리베이터도 유무선 네트워크와 연결이 되어야 함

○ (개인정보보호)

- 항목 추가 검토 요청. 수집된 정보의 유형, 정보보관, 정보활용의 제약 및 가능 범위 등에 대한 가이드라인 제시
- 수집된 정보의 보관장소: 건물 내 Server/ DataCenter / Public Cloud 등
- 이동형 로봇의 카메라 위치, 각도 등의 정의
- 건물내 특정 구간에서 로봇의 카메라/비디오 기능 비활성화 가능여부
- 수집된 정보(상주 인구)의 정보 활용 범위 정의 (단골 식당의 경우 선호 주문 메뉴 등)
- 수집된 정보의 유형(예: 주차로봇: 차량 정보, 충전 과금, 결제 수단) 정의

○ (운영관리)

- ③ 빌딩 내, 로봇 이동을 위해 필요한 디지털화된 2D 또는 3D 공간 정보를 제공해야 한다. (실내 인테리어로 인한 변경 가능 영역 외) → 로봇의 안전하고 효율적인 관리를 위해 모든 로봇의 현재 상태를 모니터링 하고 문제 시 관리할 수 있는 전문가와 이를 위한 시스템 구축이 필요 → 각 로봇의 로봇 사양에 따라 주기적인 관리 및 상태 확인이 필요하며 로봇 관리 전문가를 이를 시행하여야 한다.

## (5) 자율주행차 서비스를 위한 계획 기준

### □ 추가 사항

○ (공간 확보)

- 자율주행차의 사이클은 주차(충전, 정비) → 대기 → 이동 → 도착 → 주차(충전, 정비) 일 것이고, 각각 사이클을 고려하여 설계하도록 함

### □ 수정·보완 사항

○ (공간확보)

- 항목 추가 요청. “5. 자율주행차 충전 및 진/출입(PICK UP / DROP OFF)이 용이한 주차면적”

○ (이동지원)



- 항목 수정 요청. “3. 건물 내부에 자율주행차가 안전하게 주행할 수 있는 실내 지도”. → “3. 자율주행차가 안전하게 주행/주차 할 수 있는 정밀지도”

## (6) 스마트 기술·서비스를 위한 계획 기준

### □ 수정·보완 사항

#### ○ (스마트 주차)

- 항목 추가 요청. “7. 자율주행 센서의 오인식 방지를 위한 건물 내/외부 환경:
  - 1) 건물 벽체, 내부 투명 유리 사용 지양
  - 2) 건물 내 바닥, 벽면 마감/재질에 비투과성 저반사 도료 내지는 재질 사용
  - 3) 고반사도 물체의 건물 내 상부 설치 지양
  - 4) 주차장 노면은 파임 없는 평평한 패턴으로 설치
  - 5) 주차장 내 조도 환경은 15 lux 이상의 밝기 제공
  - 6) 주차장 내 자율주행차 모니터링 시스템 구축 및 비상 조치 가능한 관리자 배치
  - 7) 기타 : ISO 23374 에 명시된 제반 항목 참조 (ISO 23374 23 Page)”

## (7) 스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축

### □ 수정·보완 사항

#### ○ (통신/네트워크 관제 플랫폼)

- 항목 추가 요청. “⑤ 주차 칸 마다의 사용 중, 사용 가능 등 현황을 파악할 수 있고 필요 시 개별 차량에 알려주는 중앙 모니터링이 가능한 인프라를 구축해야 한다.”

#### ○ (로봇과 건축물의 통신 및 네트워크 연결)

- 다음 항목 추가: 로봇 서비스 사용자, 건물 내 엘리베이터 및 각종 IoT센서, 로봇 등이 원활한 통신을 위해 최저지연, 대용량, 고품질의 유/무선 통신설비가 지원되어야 한다.
- 로봇과 엘리베이터, 스피드 게이트, 자동문 등 통신 연동을 위해 통신설비가 필요함

#### ○ (UAM 및 로봇 관제 시스템)

- ① UATM(UAM Air Traffic Management)을 도입한다.=> UATM의 위치는 스마트+빌딩 외부에 있을 수 있음

#### ○ (주거·업무 등 다양한 용도로 사용 가능한 가변형 공간 조성)

- 현 단계에서는 공간의 용도에 대한 가변성 혹은 적용 가능성 관련하여 공간에 대한 적용 대상 및 언급이 되어야 할것으로 보임. 현재는 라멘 구조라는 건축물 시스템에 대한 언급으로 평면 가변성, 리모델링 등 국한된 방향성으로 언급됨.

#### ○ 통합 플랫폼 관련 제언

1. 통합 플랫폼은 스마트+빌딩의 모든 기술/서비스를 포함할 수 있어야 합니다.
2. 통합 플랫폼 구조 예시 : 아래 삽도 참조
3. 통합 플랫폼 가이드라인은 플랫폼의 하부 설비(Field Layer)와 클라우드(Data Layer) 간의 게이트웨이 및 Edge Computing이 가능하도록 표준 프로토콜을 제시하여야 합니다.
4. 클라우드 환경 구성(Private, Public), Database 표준, 클라우드 보안 등에 대한 가이드라인을 제시하여야 합니다.
5. 통합 플랫폼으로 수집되는 각종 빌딩데이터의 정보보안, 개인정보보호 및 데이터 활용에 대한 가이드라인을 제시하여야 합니다.
6. 통합 플랫폼에 새로운 기술을 적용을 하기 위한 연계 가이드라인을 제공하여야 합니다.

7. 통합 플랫폼에 수집된 정보를 효과적으로 활용하는 방안으로써 디지털 트윈 적용을 위한 가이드라인을 제공하여야 합니다.
8. 통합 플랫폼은 사업 계획단계에서 검토되어야 하므로 기획/설계/구축/운영 등 빌딩 생애주기를 고려하여 가이드라인을 제공하여야 합니다.

## (8) 기타 계획의 세부 기준

### □ 관련 참고 사항

#### ○ (최대 이륙중량에 의한 기체 분류)

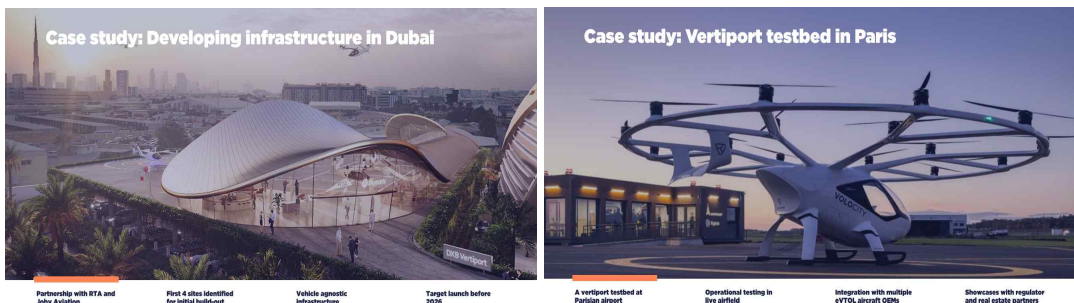
- ① 최대 이륙 중량에 의한 분류 => 삭제, FAA Powered lift, EASA SC-VTOL로 분류되어 개발 중에 있으며, 국내에서는 중량으로 구분되고 있지 않음

#### ○ (UAM 항공기체별 초기 성능)

- ② eVTOL은 도시 권역의 30~50km를 오가며, 기존 헬기보다 높은 300~600m 고도를 비행한다. => 도시 권역만 오가는 것이 아니며, 기체별 운항거리가 상이해서 30~50km로 제한적인 범위를 나타내는 것은 적절치 못함. (ex. Joby와 같은 날개를 포함한 기체들은 순항 속도 200kph이상인 경우가 대부분임.) 또한, 기존 헬기보다 높은게 아니라, 기존 헬기와 고도를 분리하여 300~600m 고도로 비행

## 6) (4차) Skyports사 대상 UAM 버티포트 설치 등에 대한 의견 조사 결과

Skyports사는 end-to-end 버티포트 솔루션을 제공하는 개발·운영자로, 싱가포르에 세계 최초로 버티포트를 설치하여 UAM 도심 실증을 완료하였고 파리, 캘리포니아, 두바이 등 다양한 지역에서 버티포트 구축 및 운영사업을 기획 추진 중인 대표적이고 선도적인 UAM 버티포트 개발 전문 기업이다. [그림 3-15]는 Skyport사가 글로벌에서 실험 중인 버티포트 사례들이다.



[그림 3-15] Skyports가 글로벌에서 실험중인 스터디 모델: 두바이, 파리

출처: (좌) Skyports. (2023). Skyports Infrastructure's design for vertiports approved in Dubai. <https://skyports.net/skyports-infrastructure-design-for-vertiports-approved-in-dubai/> (검색일: 2024.1.23.); (우) Skyports. (2022). Vertiport testbed for European Urban Air Mobility testing inaugurated in Paris. <https://skyports.net/vertiport-testbed-for-european-urban-air-mobility-testing-inaugurated-in-paris/> (검색일: 2024.1.23.)

### (1) Skyports 사 대상 의견 조사 개요

본 연구에서는 다양한 버티포트 관련 전문가 의견 수렴을 위해 아시아 태평양 대표사무소인 싱가포르 현지 사무실을 방문하여 계획 기준 초안 중 UAM 서비스 부문 대상에 대해 의견 조사를 실시하였다. Skyports 사 대상 의견 조사 개요는 [표 3-8]과 같다.

[표 3-8] Skyports 사 대상 의견 조사 개요

구분	의견 조사 개요
의견 조사 주제	· What Skyport can offer to improve or suggest new contents in Smart+Building Guideline ver. 1.0.
조사 일정/장소	· (일정) 2023.08.22.(화) · (장소) Skyports 싱가포르 지사 사무소 (700 W Camp Rd, JTC Aviation One, Singapore 797649)
조사 대상	· Yun Yuan Tay (Head of Asia Pacific) · Li Hui NG (Infrastructure Manager)

출처: 연구진 작성

### (2) Skyports 사 대상 의견 조사 결과

Skyports사에서는 버티포트의 설치와 구성, 진동과 하중을 고려한 구조, 탑승과 환승을 위한 터미널 개발 기준, 항공기 유지보수, 화재 안전에 대해 가이드라인에 대한 의견을 제시하였다.

#### □ 버티포트 설치와 구성 제3항

- FAA의 치수는 너무 커서 채택을 권장하지 않으며 특히 대부분의 옥상에 대형 FATO/TLOF를 수용할 만큼 충분한 공간이 없다는 점을 고려하면 vertiport 건설에 사용할 수 있는 옵션이 제한됩니다. EASA의 정의는 옥상 수직이착륙장에 더 적합하며 유럽 OEM은 지침 개발 과정의 일부로 협의를 거쳤으므로 유사하게 작동해야 합니다.
- EASA의 안전지역 정의에 오류가 있습니다. TLOF+0.25D가 아닌 FATO+0.25D여야 합니다.

#### □ 버티포트 설치와 구성 제6항

- 수직포트의 모양이나 레이아웃은 현장의 모양에 따라 달라질 수 있으므로 정의할 필요는 없습니다. 일정한 모양이 없는 일부 사이트에서는 정의된 레이아웃을 채택하지 못할 수도 있습니다.

#### □ 버티포트의 설치와 구성 제7항

- 비콘, 작동 모니터링 장비, 기상 정보 확인 장비를 갖추는 것을 지침이나 표준으로 삼지 않는 것이 좋습니다. 이러한 장비는 너무 규범적이며 항상 관련성이 없을 수 있기 때문

입니다.

- 비콘은 주변 환경에 빛 공해를 일으킬 수 있으므로 도시 vertiport에는 적합하지 않습니다. 이름이나 표시와 같이 vertiport를 식별하는 다른 수단이 있는 경우 일반적으로 선택 사항입니다.
- ADS-B 및 VHF 통신과 같은 작동 모니터링 장비의 필요성은 vertiport의 작동 개념에 따라 달라집니다. vertiport구는 일반적으로 항공 교통 모니터링을 담당하지 않으므로 ADS-B가 필요하지 않을 수도 있습니다. vertiport이 조종사 또는 항공 교통 관제사와 직접 통신할 필요가 없는 경우 VHF도 필요하지 않습니다.
- 기상정보 확인 장비의 필요성은 vertiport의 운영 개념에 따라 달라진다. vertiport이 국가나 도시의 기상청으로부터 직접 기상 데이터를 얻거나, 동일한 인근에 있는 여러 vertiport이 동일한 기상 데이터 소스를 공유하는 경우가 있을 수 있습니다.

#### □ 진동과 하중을 고려한 구조 제2항

- Down-Wash와 경착륙 빈도는 상관관계가 없습니다. 문장을 "vertiport의 구조 설계는 항공기 착륙 시 하향류와 동적 하중 유형을 고려해야 합니다."로 변경하도록 제안합니다."

#### □ 탑승과 환승을 위한 터미널 개발 기준 제2항

- "항공기 이용자에게 별도 vertiport로 제공" 이는 이상적이지만 항상 가능한 것은 아니며, 특히 기존 건물에서는 더욱 그렇습니다. 이는 현재 옥상에 대한 접근이 어떻게 구성되어 있는지에 따라 다릅니다.
- "보안과 처리를 위한 별도의 공간과 시스템을 도입한다". "보안" 요구 사항은 너무 광범위하고 모든 경우에 물리적 보안이 필요하지 않을 수 있으므로 요구하지 않는 것이 좋습니다. "승객 확인 및 처리를 위한 별도의 공간과 시스템 도입"으로 변경하는 것이 좋습니다.
- "수하물 운송 시스템 도입": 옥상에는 수하물 처리나 운송 시스템이 있을 가능성이 거의 없다고 판단하여 승객이 자신의 가방을 항공기까지 가지고 갈 것을 제안합니다.

#### □ 탑승과 환승을 위한 터미널 개발 기준 제3항

- 장애물 제한은 EASA의 OFV(장애물 없는 볼륨)도 고려해야 합니다.
- 어떤(FAA/EASA/CASA) 지침이 적용되는지에 대한 보다 명확한 지침이 필요합니다. 그렇지 않으면 표준화가 없을 것입니다. 특히 CASA가 정의한 방식은 CASA의 주요 특성(FATO/TLOF 등) 차원이 채택된 경우에만 적용 가능합니다.

#### □ 항공기 유지보수

- 높은 vertiport의 항공기 정비 시설은 제한적이며 사용 가능한 공간에만 적합합니다.
- 수평 격납고와 수직 격납고의 차이점을 잘 모르겠습니다.
- 제빙 및 청소 시설은 소규모로 가능할 수도 있습니다.
- 고정식 이동식 항공기가 실현 가능한 영구 솔루션인지 확실하지 않습니다. 항공기 복구를 위한 비상 계획을 세우는 것이 좋습니다.

#### □ 화재 안전

- 탈출층이 무엇인지는 불분명하며, 바닥에 적재 요구 사항이 있다는 점을 고려하면 활주로 바닥에 설치하는 것이 가장 적합하지 않을 수 있습니다.

## 7) (5차) 기술 융복합 미래 건축 공간의 계획 요소 도출 심층 조사

### □ 심층 조사 개요

앞서 제2장에서는 건축공간에 대한 미래전망 시나리오를 도출하고, 그 실현시기와 가능성을 파악하기 위한 전문가 의견 조사 결과를 수록한 바 있다. 본 심층 조사는 2차례 선행된 전문가 의견 조사에 대한 후속으로서, 미래 건축 공간의 계획 요소를 도출하기 위한 목적으로 실시되었다.

조사 대상은 2차 조사를 진행한 총 15인의 전문가들로 이루어졌으며, 건축공간의 설비, 구조, 재료에 대한 전문가 의견 수렴을 심층적으로 진행하였다. 심층 조사에 대한 개요는 [표 3-9]와 같다.

[표 3-9] 전문가 심층 조사 개요

구분

내용

미래전망 시나리오별 건축 계획 요소

건축공간의 개별 미래전망 시나리오의 실현을 위하여 필요한 구체적인 계획요소 : 설비, 구조, 재료

〈미래전망 시나리오 계획요소 조사표〉

건축공간 미래전망 시나리오		계획요소		
		설비	구조	재료
주거시설 (단독, 공동)				
로봇	아파트 공용공간에서 입주민의 집을 수령하여 배송			
	...			
UAM	내부 공간 청소, 소독 등(수시)			
	...			
자율주행차	자동 주차 및 출차			
	...			

출처: 연구진 작성

### (1) 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 설비

첫째, 로봇과 관련된 건축공간의 설비 요건으로는 통신 설비와 전용 엘리베이터, 충전시설이 가장 많이 언급되었다.

내외부 공간에서 로봇의 원활한 이용을 위한 설비가 우선 갖추어져야 할 것으로 나타났는데, 실시간으로 로봇의 데이터를 수집하고 필요한 정보를 제공하기 위한 통신 및 데이터 플랫폼 설비가 필수적일 것으로 예상되었다. 또한 로봇의 지속적인 이용을 위한 충전 설비가 필요하고 안전한 이용을 위하여 공간 감지를 지원하는 센싱 설비 등이 필요할 것으로 조사되었다.

전용 엘리베이터의 경우 엘리베이터 내부에서도 통신이 가능하도록 하여, 로봇

이 실시간으로 통신망과 연결 될 수 있도록 해야 하는 것으로 나타났다. 특히, 건물 내부에서 로봇의 원활한 이동을 위하여 Barrier-free 디자인 적용도 고려해볼 수 있다.

둘째, UAM과 관련된 건축공간의 설비 요건으로는 통신, 관제 설비, 기체 충전 설비, 공간 식별을 위한 설비 등이 필요한 것으로 조사되었다.

UAM 기체와 실시간 정보를 주고받을 수 있도록 통신 및 관제 설비가 필수로 설치되어야 하며 기체의 운행을 관리하고 제어할 수 있는 시스템이 갖추어져야 한다. 또한 기체의 운행을 지원하기 위한 충전 설비, 격납 설비 등이 필요하며, 추락 사고와 같은 안전사고를 예방하고 안전한 이용을 도모하기 위하여 추락안전망과 같은 안전설비가 필요한 것으로 나타났다.

건물 내부뿐만 아니라 외부에서 특정 건물의 식별이 용이하도록 지표등, 신호등, 위험등과 같은 항공등화 및 조명 설비가 필요하며, 회랑을 식별하기 위한 센싱 또는 건물별 식별 코드를 부여해야 하는 것으로 나타났다. 또한 비상상황을 대비할 수 있도록 방재설비와 UAM과 연계하여 사용 가능한 교통 정보에 대한 안내 설비 등이 함께 필요할 것으로 나타났다.

셋째, 자율주행차와 관련된 건축공간 설비로는 로봇, UAM과 마찬가지로 통신설비, 충전설비가 필요하며 자율주행차의 운행 지원을 위한 여러 설비가 갖추어져야 할 것으로 조사되었다.

실시간으로 자율주행차의 위치와 이동 경로, 위험물 또는 장애물 등에 대한 정보를 확인할 수 있도록 통신 및 관제 설비가 갖추어져야 한다. 또한, 자율주행차의 이동 경로를 모니터링하고 측정하기 위하여 모니터링 및 계측 설비가 필요하며, 자율주행차가 인식할 수 있는 경로 및 신호 시스템 등이 마련되어야 한다.

자율주행차 이용자의 편의를 위한 시설로 대기시설, 안내시설 등도 함께 설치를 고려할 필요가 있다.

위에서 언급한 조사 결과에 따라 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 설비들을 종합하면 [표 3-10]과 같다.

[표 3-10] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 설비 요건

기술	설비 요건
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통신설비(무선통신)</li> <li>- 전용 엘리베이터</li> <li>- 로봇 대기 공간</li> <li>- 실외 충전 시설(충전 스테이션)</li> <li>- 안전준수를 위한 센싱 설비</li> <li>- 비상 방송 설비</li> <li>- 데이터 수집 및 연계를 위한 플랫폼 설비</li> <li>- 물품 등의 임시 보관 시설 (사용자에게 직접 전달 되기 전 보관)</li> <li>- 상업 시설에서 구매자 동선을 인식할 수 있는 단말기 등 센싱 설비</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UAM 통신, 관제 설비</li> <li>- 건축물 내부뿐만 아니라 외부 공간에서 건축물을 감지 할 수 있도록 통신망 설비 구축</li> <li>- UAM 운송 관리 및 제어를 위한 통제 시스템</li> <li>- 추락 안전망(낙하 방지)</li> <li>- 교통 안내 설비</li> <li>- 방재설비</li> <li>- 기체 충전 설비</li> <li>- 기체 격납 시스템</li> <li>- 피뢰 설비</li> <li>- 항공등화(조명)</li> <li>- 보안 시스템</li> <li>- 회랑 설정을 위한 데이터 매트릭스, 즉각적인 안전 확보를 위한 데이터 플랫폼</li> <li>- 건축물 식별을 위한 건축물 ID 부여 및 외부 공간 착륙 유도 신호 센싱 설비</li> <li>- 버티포트 권역 관제 영상카메라</li> <li>- 동적 회랑 관리를 위한 감시시스템</li> </ul>
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관제 통신 설비(실내 정밀 지도)</li> <li>- 대기 공간</li> <li>- 충전설비(자동충전설비, 과충전 방지 설비 등)</li> <li>- 이동 동선 모니터링 및 계측 장비</li> <li>- 자율 주행차 인식 가능한 차선 표시, 신호 등 시스템</li> <li>- 데이터 보안 시스템</li> <li>- 안전 설비 : 보행자, 운전자 안전</li> <li>- 안내 시설</li> <li>- 차량 유지 보수 시설</li> </ul>

출처: 연구진 작성

## (2) 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 구조

첫째, 로봇의 경우에는 로봇의 이동과 관련된 구조 요건이 중요한 것으로 조사되었다. 건축 공간 내외 이용자, 다른 교통 수단 등과의 동선이 교차되지 않도록 동선을 분리하여 전용 이동 공간을 마련할 필요가 있다. 로봇의 원활한 이동을 위해서는 단차가 없는 통로, 충분한 폭 등이 확보되어야 한다.

로봇 전용 엘리베이터, 충전, 통신, 관제 설비 등 로봇 운영에 필요한 설비를 설치하기 위한 공간을 확보할 필요가 있다. 또한, 로봇의 운행에 따라 발생하는 활하중을 고려하여 이를 지지할 수 있는 구조적 보강이 필요하다.

둘째, UAM은 운행시 발생하는 소음, 진동 등의 영향을 저감할 수 있는 구조의 고려가 필요하며, 안전한 기체 운행 및 이용을 위한 구조를 고려하여야 하는 것으로 조사되었다. 건축물 하층부는 상층부에서 발생하는 진동, 하중 등을 고려하여 구조적인 보강이 필요하며, 내풍/내진/내소음 등의 설계를 적용할 필요가 있다.

UAM 운행 및 유지·관리에 필요한 버티포트(이착륙장), 격납장, 수리 공간 등이 별도로 마련되어야 한다. 또한, 높이 차이, 인접 정도 등 UAM 이동 경로를 고려하여 다른 건축물과의 관계도 함께 고려되어야 한다.

셋째, 자율주행차를 건축공간에서 이용하기 위해서는 운행이 가능한 충분한 폭 확보, 자율주행차 전용 운행 구역/도로 등을 고려할 필요가 있음이 파악되었다.

위에서 언급한 조사 결과에 따라 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 구조들을 종합하면 [표 3-11]과 같다.

**[표 3-11] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 구조 요건**

기술	구조 요건
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇 외 다른 차량이 함께 교행하지 않도록 동선 분리 (로봇 전용 이동 공간 등 고려)</li> <li>- 로봇 동선 계획 필요 : 단차가 없는 주행로, 로봇이 함께 이동 가능한 동선 폭 확보 등</li> <li>- 휠체어, 자전거 등의 수단과 동시에 통행 가능한 통로</li> <li>- 로봇 전용 엘리베이터 코어 공간 구성</li> <li>- 최대 하중 검토</li> <li>- 충전, 통신, 관제 설비 등을 설치할 수 있는 공간</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내풍/내진/내소음 설계 적용</li> <li>- 건축물 하층부는 상층부에서 발생하는 진동, 하중 등의 고려</li> <li>- 안전기준에 적합한 구조제 설치</li> <li>- 버티포트 경로 설계 : 다른 건축물과의 높이 차이 검토</li> <li>- 통신, 관제, 충전 설비 등 필요한 설비를 설치할 수 있는 공간</li> <li>- 버티포트, 격납장, 수리 공간 등 UAM 운행 및 유지·관리에 필요한 공간</li> <li>- 안전하고 지속적으로 데이터의 송수신이 가능하도록 고정된 센싱 설비를 설치할 수 있는 구조 필요</li> <li>- UAM 탑승 전 대기(라운지), 탑승 수속 공간 등</li> <li>- 동적 회랑 운영 기반 구조</li> </ul>
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행차 운행이 가능한 통로 폭</li> </ul>
차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행차 전용 드롭오프(승하차 구역), 도로 등의 구조물 필요</li> </ul>

출처: 연구진 작성



### (3) 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 재료

첫째, 로봇은 이동을 원활하게 지원할 수 있는 재료의 사용이 중요한 것으로 나타났다. 반사성 물질을 최소화 하여 로봇 센서 인식을 방해하는 요소를 최소화함이 조사되었다. 로봇이 경로, 객체 등을 정확하게 인식할 수 있는 색상, 마감재를 사용할 필요가 있으며, 로봇의 이동이 매우 다양한 패턴으로 발생하므로 안전 문제가 발생하지 않도록 마찰이 적은 재료, 항오염성 재료 등을 사용할 것을 권장한다.

둘째, UAM은 기체 운행 시 발생하는 소음, 진동 등을 견딜 수 있는 재료를 사용할 필요가 있으며, 기상 환경에 버틸 수 있는 내구성 있는 재료의 사용이 요구되었다. 또한, 센서의 오작동을 최소화 하기 위하여 무광택 재료를 사용함이 언급되었다.

셋째, 자율주행차의 경우, 사물 환경, 이동 동선의 식별 등을 위한 센서 인식이 용이한 재료를 사용하는 것이 중요하게 나타났다. 충격흡수가 가능한 재료를 사용하고, 주변 장애물, 사물 환경 식별이 용이한 반사 물질이 아닌 재료가 권장되었다. 군사시설의 경우, 방호 요구 사항에 부합하는 방탄, 절연 재료 등을 사용함이 언급되었다.

이러한 조사 결과에 따라 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간의 재료들을 종합하면 [표 3-12]와 같다.

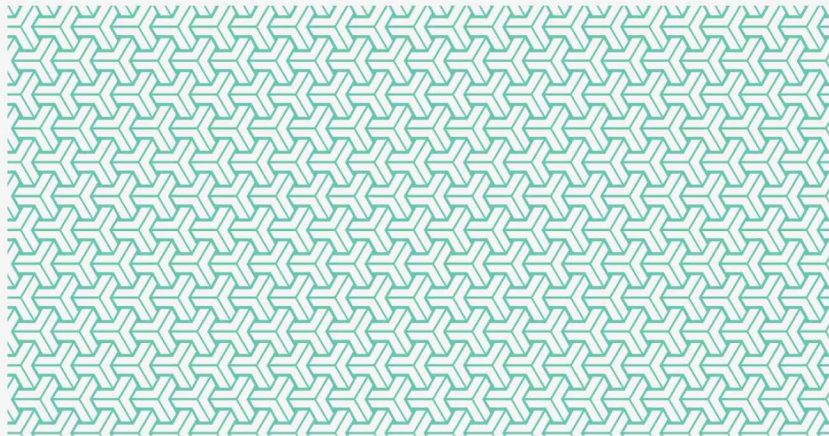
[표 3-12] 미래전망 시나리오 구현을 위한 건축공간 재료 요건

기술	재료 요건
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유리 등 반사 물질 최소화 (로봇 센서 인식 방해요소 제거, 미끄럼 방지)</li> <li>- 로봇의 원활한 이동을 위하여 포장도로 필요 (비포장시 이동에 문제, 사고 등의 발생 우려)</li> <li>- 로봇의 객체 인식에 유리한 색상 마감재</li> <li>- 바닥 소음 저감 재료</li> <li>- 마찰이 적은 바닥 재료</li> <li>- (벽) 충격흡수가 가능한 재료</li> <li>- 항오염성 재료</li> </ul>
UAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닥, 벽 등의 소음 저감 재료</li> <li>- 눈, 비, 강풍 등에 내구성이 있는 마감재</li> <li>- 센서의 오작동을 최소화 하기 위하여 무광택 재료 사용</li> </ul>
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 충격흡수가 가능한 재료</li> </ul>
행차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행차의 이동 동선, 주차 구역 등의 표시를 할 때, 센서 인식이 용이한 재료 사용</li> <li>- 주변 장애물, 사물 환경 식별이 용이한 재료 (반사 물질 X)</li> <li>- 군사시설의 경우, 방호 요구 사항에 부합하는 방탄, 절연 재료 등 사용</li> </ul>

출처: 연구진 작성



## 제4장 공간기반 혁신기술 융복합 건축물 계획 기준 개발



1. 건축물 계획 기준 개발 개요
2. 계획 기준의 구성
3. 계획 기준의 개발

## 1. 건축물 계획 기준 개발 개요

본 장에서는 본 연구를 통한 주요 성과물인 혁신기술과 융복합된 건축물 계획 기준을 제시하는 것을 주요 내용으로 한다. 본 계획 기준은 기술 융복합시 요구되는 건축물에서의 고려 사항과 그 맥락을 같이 한다. 이러한 고려 사항은 기술의 변화와 함께 건축물에서의 새로운 제품 운용과 서비스 제공에 따라 변경될 수 있으며, 이를 고려한 계획 기준도 고도화되어야 한다.

그리하여 본 연구에서 제안하는 건축물 계획 기준은 현재 시점에서의 기술 전망과 공간 기반 기술들과의 융복합을 위해 요구되는 고려사항들을 계획 기준으로 정리한 것이다.

융복합을 고려한 기술의 범위는 제2장에서 논의한 대로 건축공간에 변화를 야기하는 혁신기술들로 UAM, 로봇, 자율주행차 기술을 대표로 하여 이에 대한 기술 수용성을 제고하기 위해 필요한 계획 기준들을 제시한다.

### □ 공간기반 혁신기술 융복합 건축물의 계획 기준: 스마트\*빌딩 가이드라인

본 계획기준에서 다루는 주요한 대상인 “공간기반 혁신기술 융복합 건축물”에 대한 용어로 “스마트\*빌딩”으로 사용한다.

또한 건축물의 계획 기준은 “가이드라인”으로 용어 변경하여 본 장의 세부 사항들을 규정한다.

## 2. 계획 기준의 구성

본 계획 기준은 혁신적 건축 정책을 시행하기 위한 지침 성격으로서 행정규칙(훈령·예규·고시)의 형식을 따른다. 이에 따라 기준의 주요한 구성은 [표 4-1]과 같다.

[표 4-1] 계획 기준의 구성

장	장 제목	세부 조항
제1장	총칙	제1조~제6조
제2장	계획 수립을 위한 고려 사항	제7조~제11조
제3장	UAM 서비스를 위한 건축 계획	제12조~제27조
제4장	로봇 서비스를 위한 건축 계획	제28조~제39조
제5장	자율주행차 서비스를 위한 건축 계획	제40조~제45조
제6장	스마트 기술·서비스를 위한 건축 계획	제46조~제52조
제7장	스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축	제53조~제58조

출처: 연구진 작성

### 3. 계획 기준의 개발

#### 1) 총칙

##### (1) 목적

- 이 가이드라인은 스마트+빌딩 조성의 기본 방향, 원칙 및 세부 기준을 규정함으로써 공공·민간의 사업주체가 필요한 고려사항들을 제공함으로써 관련 기술들을 조기 상용화하고, 국민들이 기술 체감 시기를 앞당김으로써 안전, 건강 그리고 생활 편의를 제고하는 데 기여하는 것을 목적으로 한다.

##### (2) 정의

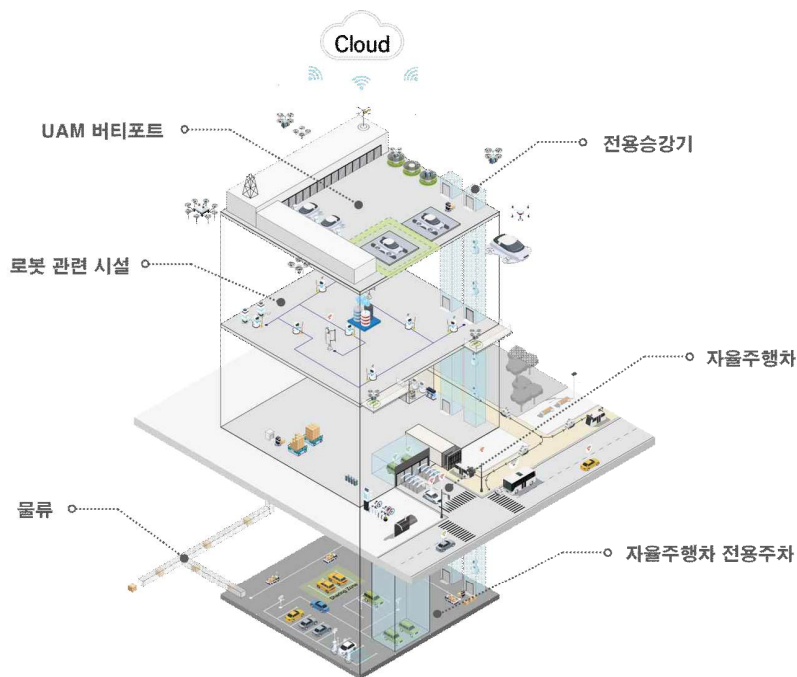
- ① 스마트+빌딩이란 일상생활의 수요 및 기술·서비스 변화에 능동적으로 대응하는 플랫폼의 기능을 갖추고, UAM, 로봇, 자율주행차와 이를 활용한 물류시스템, 그리고 스마트 헬스케어, 에너지 관리 등 4차산업혁명 기술 친화적 공간, 구조, 시설을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 환경을 제공하는 건축물이다.
  1. “플랫폼”이란 혁신기술을 융합해 국민들이 경제적이고 안전한 일상생활을 향유할 수 있게 해 주는 공간·환경에 대한 통합 운영 체계이다.
  2. “도심항공교통”(Urban Air Mobility, UAM)이란 도심 내 3차원 공중교통 체계를 활용한 항공운송 생태계를 말한다.
  3. “버티포트”(Vertiport)란 UAM 항공기가 이착륙하기 위한 기반시설로서 옥상, 수상 또는 건물 옥상에 위치할 수 있으며 필요에 따라 정비 지원이나 승객 탑승·하기·환승 및 화물 적재·적하 등을 위한 시설 등을 포함할 수 있다.
  4. “eVTOL”(electric Vertical Take-Off and Landing)이란 전기를 동력으로 수직 이착륙과 비행을 하는 항공기체를 말한다.
  5. “TLOF”(Touchdown and Lift-Off area)란 eVTOL의 착륙 및 이륙을 위해 접지와 부양하는 구역으로 실제 기체가 이착륙하는 공간이다.
  6. “FATO”(Final Approach and Take-Off area)란 TLOF를 둘러싸고 있는 영역으로 기체가 최종 접근을 마치고 TLOF로 정확히 착륙하기 위해 허용되는 공간이다.
  7. “Safety Area”란 FATO를 둘러싸고 있는 영역으로, 기체가 FATO로 접근

할 때 충돌로 인한 손상을 방지하기 위해 설정된 여유 공간이다.

8. “D”(Dimension)란 버티포트 이용 기체 중 날개(로터)를 포함한 기체가 내 접하는 최소원의 직경을 말한다.
9. “OLS”(Obstacle Limitation Surfaces)란 항공기의 비행 안전을 목적으로 장애물이 없는 구역을 설정하고 장애물의 높이의 한계를 제한하는 표면의 조합으로 구성되는 일련의 표면을 말한다
10. “VFR”(Visual Flight Rules)이란 기체 조종사가 비행 중에 일반적으로 충분히 맑은 기상 조건 하에서 운행하는 규정으로서, 조종사가 비행 중에 기체의 이동 경로를 시각적으로 확인할 수 있는 상태를 말한다.
11. “Beacon”이란 언덕 꼭대기와 같이 쉽게 볼 수 있는 장소에 설치된 불빛이나 불, 경고 또는 신호로 작용하는 시설물을 말한다.

- ② 스마트+빌딩은 첨단 기술과 통신 네트워크를 활용하여 혁신적인 스마트 서비스를 건축물에 구현함으로써 사용자인 국민에게 안전하고 편리한 생활의 경험을 제공하여 국민 삶의 질 개선을 체감하고, 도시 환경 문제를 해결하는 데 이바지한다.

[그림 4-1] 스마트+빌딩의 개념도



출처: 연구진 작성

### (3) 가이드라인의 주요 내용

- 이 가이드라인은 다음 각 호의 내용으로 구성되어 있다.
  1. 총칙: 목적, 정의, 스마트+빌딩의 기술 범위 및 대상, 건축물 용도 및 적용 기술별 서비스 시나리오
  2. 계획 수립을 위한 고려 사항: 기술·서비스의 선정, 사업추진의 결정, 자원 조달 계획, 적정 입지의 고려, 계획 여건의 검토
  3. UAM 서비스를 위한 건축 계획: 건축물을 활용한 UAM 서비스의 목표, 건축물 대상 UAM 서비스 운용을 위한 고려 사항, UAM 항공기체, 이착륙과 탑승을 위한 공간 조성, 진동 및 하중을 고려한 구조, 미기상을 고려한 버티포트 설치·운영, 안전한 이착륙을 위한 비행구역, 배수를 위한 구배 기준, 안전 및 항공등화 설비, 건축물의 UAM 관제 및 통제, 탑승·환승을 위한 시설, 기체 충전, 기체 정비 및 유지관리, 기체 이송 및 보관, 화재 안전, 기존 헬리포트의 활용
  4. 로봇 서비스를 위한 건축 계획: 건축물 내외부 로봇 서비스 운용의 목표, 로봇의 수평/수직이동, 실외 통행, 출입문, 승강기, 건축 마감재 및 조도, 로봇 주차 및 충전, 로봇 통행 안내, 추락 방지, 위치 측위 및 3D 공간정보, 무선 연결 및 통신 네트워크, 정보 보안 및 보호, 로봇의 운영관리
  5. 자율주행차 서비스를 위한 건축 계획: 건축물 내외부 자율주행차 서비스 운용의 목표, 유연성 및 개방성, 공간 확보, 이동 지원, 충전 및 유지관리, 안전 및 데이터 보안
  6. 스마트 기술·서비스를 위한 건축 계획: 스마트 기술·서비스의 목표와 운영, 재난 및 범죄 안전, 스마트 헬스케어, 스마트 주차, 에너지 관리 기술의 적용, 방역 지원체계, 스마트 물류관리
  7. 스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축: 시스템의 통합, 플랫폼을 활용한 보안 및 관제, 로봇과 건축물의 통신 및 네트워크 연결, 전파방해 방지 및 보안, 스마트도시 통합운영센터와의 연계, 가변형 건축물 조성

### (4) 스마트+빌딩의 기술 범위

- ① 스마트+빌딩의 기술적 범위는 4차산업혁명 혁신기술들 중 건축물 내외 공간을 기반으로 서비스가 이루어짐으로써 건축공간의 변화를 요구하는 공간 기반 기술들이다.
- ② 가이드라인 1.0에서 제시하는 공간 기반 기술은 UAM(도심항공교통), 로봇, 자율주행차, 그리고 물류 서비스 구현이 가능한 모빌리티 기술이

며, 향후 기술 발전에 따라 적용되는 기술들을 추가할 수 있다.

- ③ 에너지를 포함한 건물 운영관리 등 기존 스마트빌딩에서 구현되고 있는 스마트 기술들은 스마트+빌딩에서 기본적인 건축물 운영관리 지원 역할을 하는 것으로 본다.

#### (5) 스마트+빌딩의 대상

- 이 가이드라인에서 적용하는 대상은 건축법 시행령 제3조5, 별표1 참조에서 제시하고 있는 다음 각 호의 건축물 용도를 기준으로 적용한다.
  1. 공동주택(아파트, 연립주택, 기숙사)
  2. 문화·집회시설(공연장, 전시장 등)
  3. 판매시설(백화점, 쇼핑센터 등 대형 소매시장 등)
  4. 운수시설(여객자동차터미널, 철도시설, 공항, 항만)
  5. 의료시설(종합병원)
  6. 교육연구시설(학교, 연구소, 도서관)
  7. 노유자시설(노인복지시설, 사회복지시설 등)
  8. 업무시설(공공업무(청사, 외국공관), 일반업무(금융업소, 사무소, 출판사, 신문사, 오피스텔))
  9. 숙박시설(일반숙박시설 및 생활숙박시설, 관광숙박시설, 다중생활시설)
  10. 공장(물품의 제조·가공·건조·수리)
  11. 창고시설(하역장, 물류터미널, 집배송 시설)
  12. 방송통신시설(방송국, 전신전화국, 데이터센터)
  13. 자동차 관련 시설(주차장)

#### (6) 건축물 용도 및 적용 기술별 서비스 시나리오

- 스마트+빌딩은 건축물 용도와 적용 기술에 따라 다음 각 호의 서비스 시나리오를 수립하고, 이를 고려하여 건축물을 조성하여야 한다.
  1. (UAM 승객/입주민/직원 이동) 투숙객이 (전용)엘리베이터를 타고 탑승수속장으로 이동→탑승수속 및 대기→계류장으로 이동 및 UAM 탑승→UAM 이착륙장(TLOF/FATO)으로 이동 및 이륙→목적지 이착륙장에 착륙→계류장으로 이동→승객 하차→기체 충전 및 정비



2. (UAM 환자/장기 이송) 환자·장기를 (전용)엘리베이터를 타고 계류장으로 이동 및 UAM 탑승→UAM 이착륙장(TLOF/FATO)으로 이동 및 이륙→목적지 이착륙장에 착륙→계류장으로 이동→환자·장기 하차→기체 충전 및 정비
3. (드론 배송) 드론 이착륙장으로 로봇 또는 사람이 배송품 이송→드론에 배송품 탑재→목적지로 이동 및 이착륙장에 착륙→배송품 하차 및 이동→기체 충전 및 정비
4. (서빙/배송/환자·장기이송) 로봇 호출→배송/이송품 카트에 올림→자율주행으로 서빙/배송/환자·장기 이송을 위해 목적지까지 이동(엘리베이터 호출, 탑승, 하차 포함 3D지도 활용 최적경로로 이동)→배송·이송품 전달(객실/세대 호출)/UAM으로 탑승 지원→복귀 및 대기, 충전
5. (사무지원/청소/안내) 로봇 호출→사무실/세대/안내지역으로 자율주행으로 이동(엘리베이터 호출, 탑승, 하차 포함 3D지도 활용 최적경로로 이동)→사무지원/청소 업무 수행(사무실/객실/세대/안내지역 사무지원/청소/안내를 위해 도어 자동 개방·잠금)→복귀 및 대기, 충전
6. (화재진압/방법) 화재감지/방법 시스템을 통해 화재/침입자/수배자 감지→화재 신고/경찰서로 알림 전송→자율주행으로 감지위치까지 이동(엘리베이터 호출, 탑승, 하차 포함 3D지도 활용 최적경로로 이동)→소화기 사용하여 화재 진압, 구조활동/침입자 또는 수배자 제압 및 경찰 인계→복귀 및 대기, 충전
7. (자율주차) 운전자가 자율주차 대기장소에서 주차로봇 호출→자율주행으로 대기장으로 이동(3D지도 활용 최적경로로 이동)→로봇에게 차량 키 전달 및 차량 인수 승인→로봇이 차량을 비어있는 주차공간으로 이동→복귀 및 대기, 충전
8. (환자이동/거동지원/원격진료) 로봇 호출→자율주행으로 병실까지 이동(엘리베이터 호출, 탑승, 하차 포함 3D지도 활용 최적경로로 이동)→환자를 로봇에 탑승시키거나 휠체어·침대 이동/원격 진료 실시→복귀 및 대기, 충전
9. (자율주행차 드롭 및 도킹) 자율주행차가 호텔 로비 드롭존으로 진입→승객 하차→주차장으로 이동→자율주차 수행→충전 및 호출 대기

## 2) 계획 수립을 위한 고려 사항

### (1) 기술·서비스의 선정

- 스마트+빌딩은 그 목적과 용도, 물리적 특성을 고려하여 UAM, 로봇, 자율주행차와 각종 스마트 기술을 선정하고 서비스 구현을 위해 요구되는 공간과 설비 등을 설계에 반영한다.

### (2) 사업추진의 결정

- 스마트+빌딩의 건립 및 운영 등 사업추진에 대한 사항은 다음 각 호의 사항들을 고려하여 결정한다.
  1. 혁신 기술 요소들에 대한 추가 가능성
  2. 민간건물 임대 및 민간사업자 참여방식 적용
  3. 다른 시설과의 복합화
  4. 직영, 위탁, 민간자본투자와 같은 재원조달 및 운영 방식
  5. 공공의 목적에서 조성하는 건축물의 경우 중앙 또는 지방정부의 출자 운영 여부

### (3) 재원 조달 계획

- 건축주 또는 사업 시행자는 스마트+빌딩 조성을 위해 다음 각 호 중 가능한 재원 조달계획을 수립할 수 있다.
  1. 공모사업 및 국가재정사업 등에 참여함으로써 국비를 활용한 사업 추진
  2. 공공건축물의 경우 「국유재산법」 또는 「공유재산법」에 따른 위탁, 기금, 신탁 및 민간투자 개발 방식으로 사업 추진
  3. 해외 사업의 경우 KOICA, KIND, ADB, AKCF 등 해외 지원기금을 활용하여 사업 추진 등

### (4) 적정 입지의 고려

- 스마트+빌딩은 다음 각 호의 도입 기술·서비스의 유형 및 수준에 따라 건축물의 적정한 입지가 고려되어야 한다.
  1. 공역 비행과 이착륙의 제한이나 장애가 없고 기체 소음과 사생활 침해에 문제가 발생하지 않는 지역
  2. 대중 교통수단으로서 활용가능성이 높은 지역(역세권 환승지역, 대중교

통 소외지역 등)

- UAM 서비스를 운용하기 위한 건축물의 입지 선정을 위해서는 다음 각 호의 요인들을 고려해야 한다.
  1. 경제 요인: 대중교통 수요, 환승 접근성, 이용 요금, 조성 비용
  2. 기술 요인: 운항 안전성, 전력원 공급 및 시공 용이성
  3. 사회 요인: 소음 문제, 법제도 상 규제(건축·도시계획, 항공 관련 규제)
  4. UAM의 목적이 운송이 아니라 관광 또는 의료일 경우 관광자원 및 병원 인프라와 사회적 약자를 위한 입지
- 로봇 서비스를 운용하기 위한 건축물의 입지 선정을 위해서는 로봇을 활용한 물류 운송체계 설치 운용 가능 지역으로서 커뮤니티센터, 교통 결절점 등을 우선 입지로 고려할 수 있다.
- 자율주행차 서비스를 위해서는 자율주행차의 진/출입이 원활하고, 도심 등 교통량이 많고 네트워크 인프라 구축지역, 도심항공 교통센터 및 첨단 기술이 접목된 단지 및 신축 건축물 등의 입지를 우선 고려할 수 있다.
- 스마트+빌딩의 실현가능성을 높이기 위해 공공에서 추진하는 실증 및 재정 사업들과 연계하여 추진한다. 이러한 공공 사업들과 연계한 적정 입지 선정을 위한 고려사항은 다음 각 호와 같다.
  1. 수도권 UAM 2단계 실증 노선 인근 지역: 아라뱃길, 한강, 탄천 노선
  2. 기술개발-실증을 위한 국가 재정사업과의 연계: 스마트시티 국가시범도시, 대도시권광역교통위원회 MaaS 광역교통환승센터 등
- 건축물의 형태와 버티포트 설치 가능 규모, 설치 위치, 용도에 따라 버티포트 유형을 차등화하여 체계적인 UAM 활용 교통서비스를 이용할 수 있도록 한다.

[표 4-2] 버티포트 위계별 시설 설치 구분

인프라	이착륙장	주기공간	건축형태	설치위치	복합시설
Vertihub	6개 이상	6개 이상	토지가격에 따라 다양	도심/공항/외곽지역	픽업/드롭존/상업복합
Vertiport (Vertibase)	2개 이상	4개이상	옥상이용	고밀/수요밀집지역	라운지/주차타워
Vertistop (Vertistation /Vertipad)	1~2개	0~2개	옥상이용/헬리포트와 유사	모든 곳	

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.51. [표 3-8] 재인용; 이재홍 · 홍성조. (2021). p.102.

[그림 4-2] 수도권 2단계 실증노선으로서 도심항공교통(UAM) 전용 항공지도  
출처: 국토교통부, (2023).

### (5) 계획 여건의 검토

- 스마트+빌딩 사업 추진을 위한 사전 준비에 대한 사항으로서 다음 각 호에 해당하는 계획 여건들을 검토해야 한다.
  1. 대상지의 토지이용계획 및 지구단위계획 및 도시계획 관련 사항
  2. 건폐율, 용적률, 높이제한 등의 건축 기준
  3. 기타 주차장법 및 건축행위 제한과 관련된 사항

## 3) UAM 서비스를 위한 건축 계획

### (1) 건축물을 활용한 UAM 서비스의 목표

- 건축물 옥상부에 버티포트를 설치하여 UAM 서비스를 운용하고자 할 시에는 다음 각 호의 사항을 목표로 고려할 수 있다.
  1. 도심 내 교통과 환경 문제 개선
  2. 응급 및 재난상황 발생시 비상 인력 및 도구의 빠른 이송
  3. 배송로봇이 내 집앞과 내 사무실 앞까지 물품을 전달하는 “라스트인치” 서비스
  4. 대중교통의 접근이 어려운 지역에서 의료와 대중교통 대체용 이동수단

### (2) 건축물 대상 UAM 서비스 운용을 위한 고려 사항

- 건축물 옥상부에 버티포트를 설치하고 UAM 서비스를 운용하기 위해서는 대상지별 다음의 사항들이 사전에 고려되어야 한다.
  1. UAM 서비스 시나리오와 기체 운용에 관한 사항
  2. 버티포트 설계와 규모 산정에 필요한 기체의 무게, 이착륙시 하중과 소음, 프로펠러 포함 날개의 폭과 기체 높이

### (3) UAM 항공기체

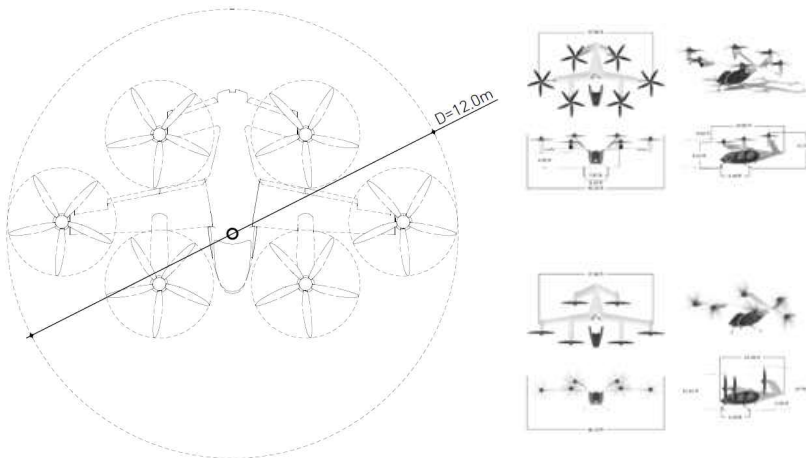
- 건축물에서 UAM 운항 서비스를 운용하기 위해서는 운항할 기체의 크기, 최대 이륙 중량과 성능을 고려하여 버티포트를 조성하여야 한다.
- 현재 UAM 비행체의 대표 형태는 ‘전기 수직이착륙 항공기(electric Vertical Take-Off and Landing aircraft: eVTOL)’이며, 전기 배터리의 충전을 위한 인프라도 함께 도입되어야 한다.

[표 4-3] UAM 항공기체별 크기 및 성능

eVTOL aircraft (모델명)	Corporation (Nation)	Footprint (wingspan length)	Diagonal length	최대 이륙 중량
Ehang 216F	Ehang (중국)	5.16 m × 7.33 m	8.96 m	650 kg
Volocity	Volocopter (독일)	9.3 m × 11.3 m	14.63 m	900 kg
Joby S4	Joby Aviation (미국)	11.89 m × 6.4 m	12 m	2,177 kg
VA-X4	Vertical Aerospace (영국)	15 m × 13 m	19.84 m	Unknown
S-A1	Hyundai (Korea)	15 m × 10.7 m	18.4 m	Unknown
OPPAV	KARI (Korea)	6.15 m × 7 m	9.3 m	650 kg
Nexus 4EX	Bell (USA)	12.2 m × 12.2 m	17.3 m	Unknown
Lilium Jet	Lilium (Germany)	8.5 m × 13.9 m	16.3 m	640 kg
Airbus Vahana	Airbus (France)	5.6 m × 7.3 m	9.2 m	745 kg

출처: 남성우 · 오민정. (2022). p.50; 안병선·황호연. (2021). p.45; 안병선 외 (2022). p. 385  
참고하여 연구진 작성

- eVTOL은 일반적으로 기존 헬기와 고도를 분리하여 300~600m 고도를 비행하기 때문에, 이러한 차이를 고려하여 운항 시나리오와 서비스를 운용하여야 한다.
- 이 기준에서 제안하는 공간기반 기술 융복합 건축물 조성 기준을 위해 미국 Joby사의 S4 eVTOL 기체의 크기를 표준으로 설정한다.

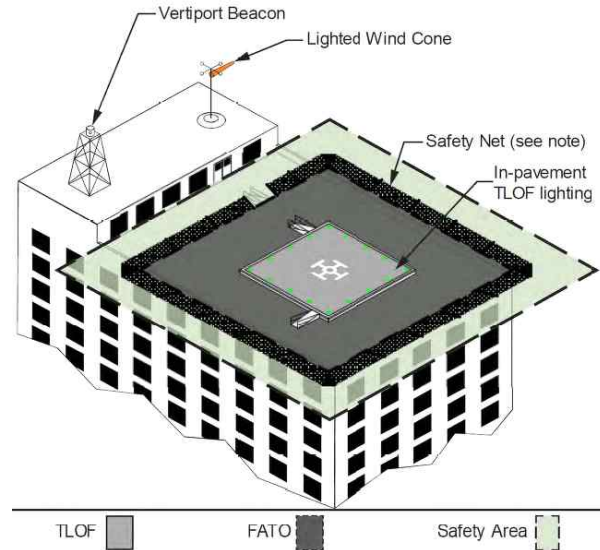


[그림 4-3] Joby S4 eVTOL의 Dimension 설정

출처: Joby Aviation

#### (4) 이착륙과 탑승을 위한 공간 조성

- 건축물 옥상부 버티포트 내 기체가 이착륙하는 공간은 TLOF, FATO, 그리고 Safety Area로 구성한다.

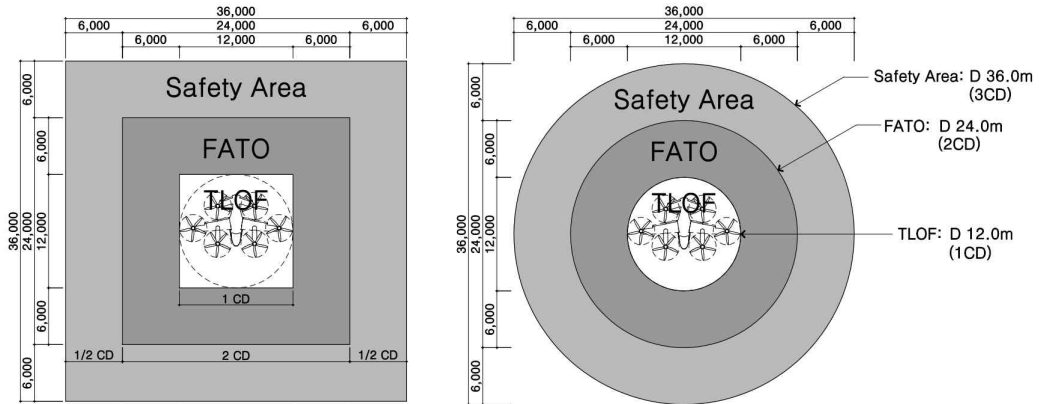


[그림 4-4] 건축물 옥상부 버티포트의 공간 구성

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.56. [그림 3-14] 재인용; FAA. (2022). p.37.

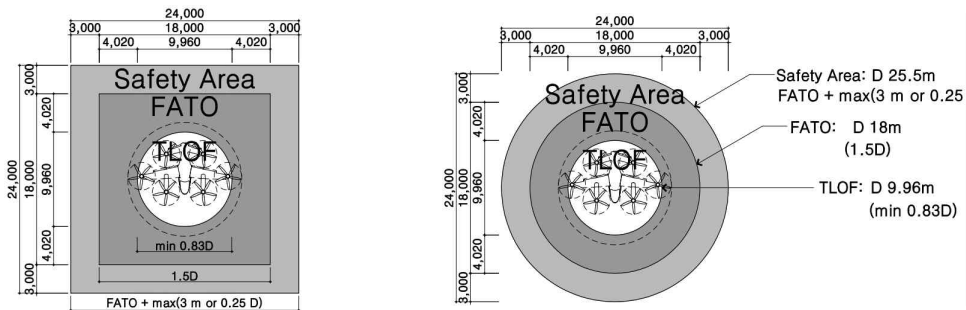
- TLOF는 예상되는 운용기체 중 최대 크기를 기준으로 설계함으로써 다양한 기체들을 수용할 수 있도록 한다.
- TLOF와 FATO, 그리고 Safety Area의 크기는 유럽항공안전청(EASA)에서 제시하고 있는 기준을 따른다. EASA가 제시하고 있는 기준은 다음 각 호와 같다.
  1. D: 기체 날개 좌우 폭
  2. TLOF:  $0.83D$
  3. FATO:  $1.5D$
  4. Safety Area:  $FATO + 0.25D$  ( $1.75D$ )
- 건축물 옥상부의 공간적 한계 여부에 따라 이착륙장은 1~2개소를 설치하고, 필요시 주기장과 격납고를 함께 구성하여 다양한 용도의 UAM 서비스를 제공할 수 있도록 한다.
- 건축물 옥상부에 버티포트를 설치할 경우 태양광 발전시설과 옥상조경

설치 면적으로 대체하는 것을 고려할 수 있다.



[그림 4-5] FAA 기준 버티포트 이착륙 공간 규격

출처: 연구진 작성



[그림 4-6] EASA 기준 버티포트 이착륙 공간 규격

출처: 연구진 작성

### (5) 진동 및 하중을 고려한 구조

- UAM의 이착륙시 발생하는 진동과 Downwash 하중을 고려하여 버티포트 구조를 강화하여 설치한다.
- Downwash 하중은 최대 이륙 중량의 1.5배 이상 수준으로 하여 구조 보강 등을 고려한다.

### (6) 미기상을 고려한 버티포트 설치·운영

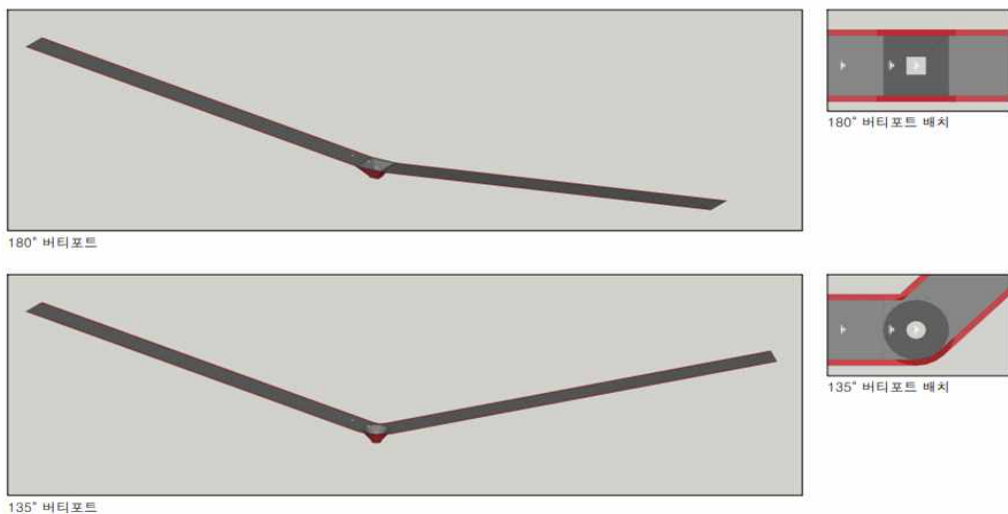
- UAM은 다음 각 호의 미기상을 고려하여 안전한 시계비행을 해야 한다.



1. 하층 난류, 고층 건물이나 산악에 의한 강풍 및 난류
  2. 안개·구름·강수(눈, 착빙, 약한 비)
  3. 낙뢰·뇌우·우박·호우·다운버스트(강한 하강풍)·마이크로버스트(순간 돌풍) 등
- 건축물 옥상부 버티포트는 주변 건물에 의한 영향에 따른 빌딩풍의 발생 등 미기상과 높은 고도에서의 이착륙의 안전성을 고려하여 설치하고 그에 맞는 관제시스템을 운영하여야 한다.

#### (7) 안전한 이착륙을 위한 비행구역

- 건축물 옥상부 버티포트로의 안전한 이착륙을 위해 시야비행구역 또는 이착륙 표면의 최소 높이 이하에는 주변 건축물이 없어야 한다. 비행구역의 세부 기준은 다음 각 호의 사항을 따른다(남성우 외, 2022, pp.55-56).
1. 접근과 출발을 위해 152m×1,219m 규모의 항로 이동 면적이 필요
  2. 이착륙 비행 경로구역의 경사는 8:1, FATO 주변 보호구역은 2:1의 비율로 확보
  3. 이착륙 경로는 우세한(Predominant) 풍향과 최대한으로 정렬
  4. 추가 이착륙 경로는 기존 경로와 135° 이상 분리되어야 함



[그림 4-7] EASA 기준 준용 버티포트 이착륙 진입부 각도별 비행 영역

출처: 연구진 작성

[표 4-4] FAA, EASA, CASA의 장애제한표면(Obstacle Limitation Surface) 기준

특성

도면

- 최소 표면적: 152m×1,219m
- 이착륙 경사: 8:1(FATO 주변은 2:1)
- 추가 이착륙 경로 분리각: 135도

FAA

Compon ents	Slope design categories		
	A	B	C
Length of inner edge	3,386 m	245 m	1,220 m
Slope	4.5 % (1:22.2)	8 % (1:12.5)	12.5 % (1:8)
Transitional surface slope	50 % (1:2)	50 % (1:2)	50 % (1:2)
Transitional surface height	45 m	45 m	45 m

EASA

Characteristics	Value
Inner edge width:	Width of FPA/VPS/clearway
Day use only final width:	7x Design D
Day use only divergence:	10%
Night use final width:	10x Design D
Night use divergence:	15%
Outer edge height above vertiport elevation	500' (152 m)

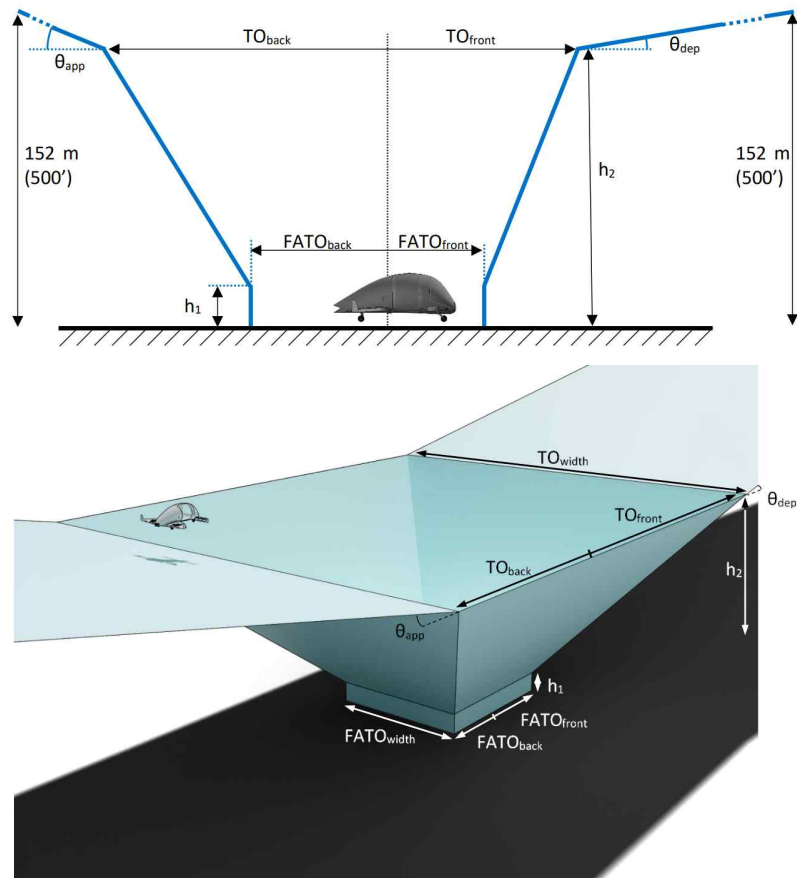
CASA

출처: 남성우, 오민정. (2022). p.56. [그림 3-14] 재인용; FAA. (2022). pp.20-22; EASA. (2022). pp.51-53; CASA. (2022). pp.22-23.

- 수직 이착륙 과정에서는 장애가 배제되어야 하는 영역도 요구된다. 항공기가 인정된 수직 이착륙 절차를 수행하기 위해 필요한 FATO는 FATOback, FATOfront 및 FATOwidth 파라미터로 특정되며, 다음 각 호의 기준을 따른다.

1. FATO의 직사각형 가장자리에서 절차 영역은 낮은 호버 높이 h1까지 수

- 직으로 연장되며, 거기서 높은 호버 높이  $h_2$ 까지 선형적으로 확장
2. 그 높이에서, 영역은  $TO_{width}$ 의 너비를 가지며, 뒤쪽과 앞쪽으로는  $TO_{back}$ 과  $TO_{front}$ 의 거리만큼 연장
  3. 뒷면과 전면 가장자리에서는 접근면과 출발면이 기울기  $\theta_{app}$ 과  $\theta_{dep}$ 로 기울어짐
  4. 수직 이착륙 절차로 자격을 얻으려면, 절차를 정의하는 파라미터는 아래의 표에 제공된 일정한 최소값 또는 최대값을 충족해야 함



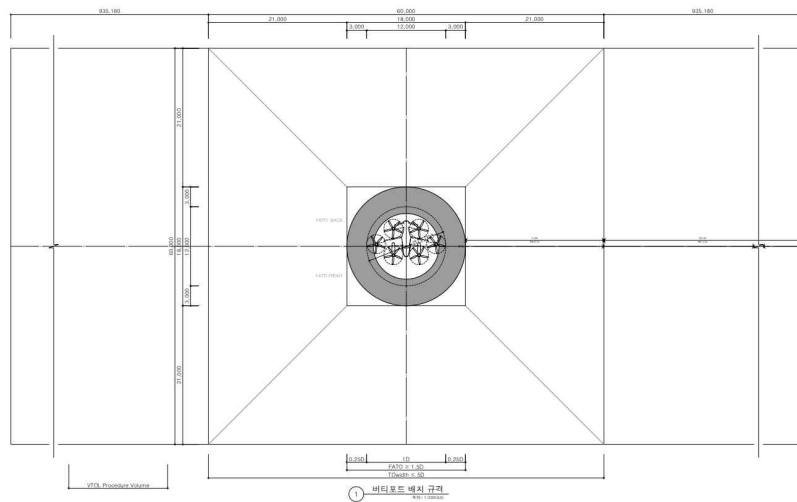
[그림 4-8] EASA의 장애 배제 영역 설정 가이드라인

출처: EASA. (2022). p.63.

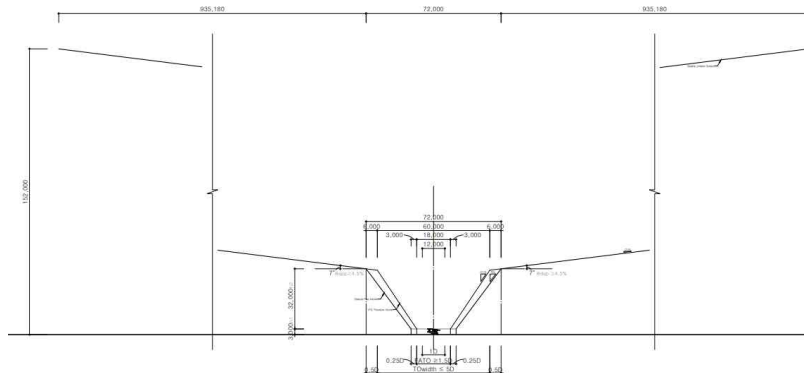
[표 4-5] 수직 이착륙 절차 파라미터의 최소/최대 수치

Parameter	Short Description	Minimum / Maximum
h1	Low hover height	-
h2	High hover height	$\geq h1$
TOWidth	Width at $\frac{h_2}{2}$	$\leq 5 D$
TOfront	Front distance at $\frac{h_2}{2}$	$\leq 5 D$
TOback	Back distance at $\frac{h_2}{2}$	$\leq 5 D$
FATOWidth	Width of the FATO	$\geq 1.5 D$
FATOfront	Front distance on FATO	$\geq 0.75 D$
FATOback	Back distance on FATO	$\geq 0.75 D$
$\theta_{app}$	Slope of approach surface	$\geq 4.5\%$
$\theta_{dep}$	Slope of departure surface	$\geq 4.5\%$

출처: EASA. (2022). p.63.



수직 이착륙 바티포트 비행 영역 배치 구역



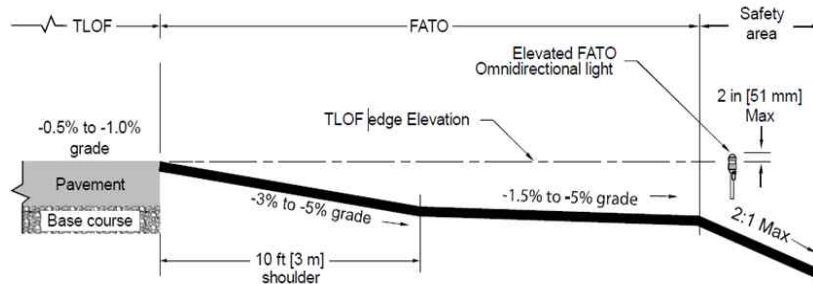
수직 이착륙 바티포트 비행 영역 단면 구역

[그림 4-9] EASA 기준 준용 건축물 수직형 바티포트의 안전한 이착륙을 위한 비행 영역 설정

출처: 연구진 작성

### (8) 배수를 위한 구배 기준

- UAM의 안전한 이착륙을 위해 다음 각 호와 같이 이착륙장의 배수를 위한 구배를 고려하여 버티포트를 설치한다.
  1. 배수를 위한 구배 기준: 이착륙구역 -0.5~-1.0% / 접근구역 '1.5~-5% / 안전구역 2:1 max
  2. FATO와 TLOF는 Safety Area보다 높거나 동일한 높이에 위치하여야 함



[그림 4-10] 버티포트 구획별 구배 및 배수 구역

출처: FAA. (2022). p.17.

### (9) 안전 및 항공등화 설비

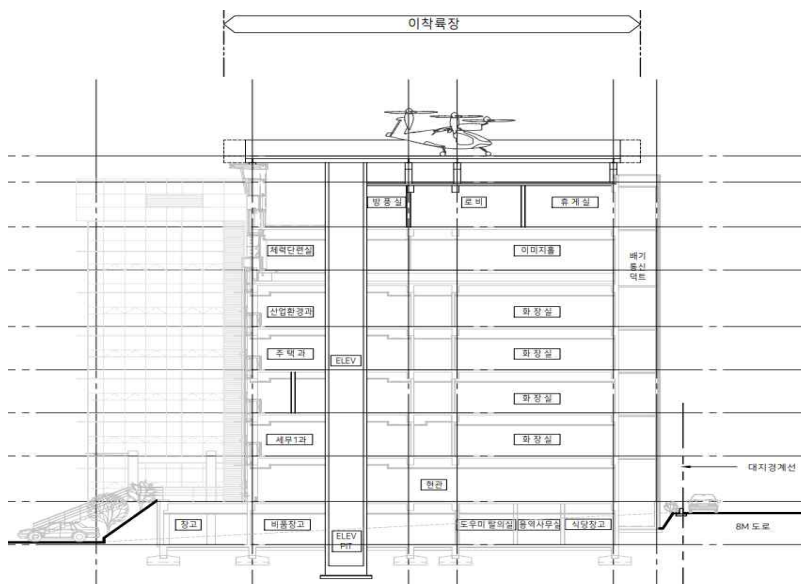
- 건축물 옥상부 버티포트는 UAM 운항과 이착륙의 안전을 위해 다음 각 호와 같은 설비와 항공등화를 설치한다.
  1. 풍향과 풍속 정보를 제공하는 Wind cone
  2. 피뢰설비
  3. 추락 방지를 위한 난간. 단, 항공기 운항 중 위험 요소가 될 수 있는 영구적 난간 및 울타리는 설치 불가
  4. Beacon 등 이착륙장과 활주로의 항공등화
- 이때의 항공등화는 다음의 사항들을 고려하여 설치한다.
  1. 기체 이착륙 및 주기장으로의 이동 안전
  2. 이착륙 항로와 주변 건물과의 거리 인식
  3. 기체 조종 시 안전을 고려한 적정 조도

## (10) 건축물의 UAM 관제 및 통제

- UAM이 이착륙을 위해 건축물 버티포트로 진입하는 경우에는, 항공의 영역에서 건축에서 관제와 통제권을 이양받고 다음의 사항들을 조성·운영한다.
  1. 기체 이착륙과 이동을 통제하는 관제시스템 및 관제 인원과 필요 시설
  2. 시스템 안전을 위한 비상 발전
  3. 비행에 방해되는 조류 및 UAM 이착륙에 영향을 미치는 주변 건물 등에 대한 통제시스템

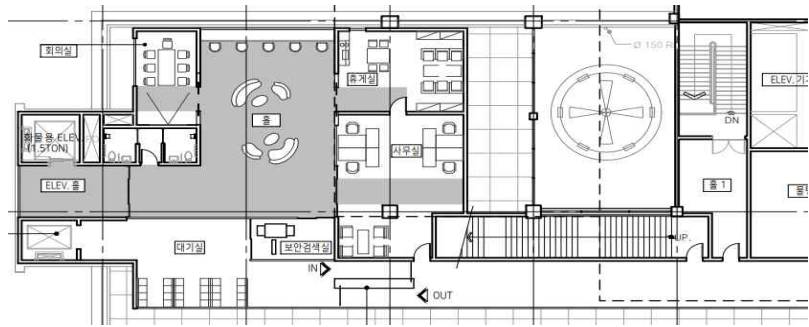
## (11) 탑승·환승을 위한 시설

- 승객 운송과 교통 환승을 목적으로 건물 옥상에 설치 운용하는 버티포트의 경우 항공 운항 및 안전에 필요한 지원 시설을 설치할 수 있다. 지원 시설은 다음 각 호와 같다.
  1. 항공기체 탑승에 따른 수속 시설: 신분 확인 및 여객 수화물 X-Ray 검색 등
  2. 안전을 위한 보안 시설 및 시스템
  3. 항공기체에 수화물을 싣기 위한 화물 운송 시스템
  4. 터미널로 수직 이동이 가능한 전용 승강기 등 동선 설치



[그림 4-11] 옥상부 버티포트로 수직 이동하는 전용 승강기 설계 예시

출처: 연구진 작성



[그림 4-12] 탑승·환승을 위한 보안검색실 및 이착륙장 이동 동선 설치 예시

출처: 연구진 작성

## (12) 기체 충전

- 버티포트에서 전기모터로 동력을 추진하는 eVTOL의 충전을 위해 안정적 전력이 확보되어야 한다. 기체 충전을 위한 방식은 다음 각 호에서 선정할 수 있다.
  1. 운용 기체 및 서비스를 고려한 급속/완속 충전기
  2. 정전 시에도 충전이 가능한 무정전 시스템
  3. 배터리 교체용 eVTOL을 위한 시스템 및 배터리 보관소
- 주변 시설과의 거리 등을 고려하여 충전설비 도입을 고려할 수 있으며, 제원 및 개소는 가용성, 경제성 등을 고려하여 계획한다.

## (13) 기체 정비 및 유지관리

- 버티포트의 규모와 서비스 용도에 필요한 eVTOL의 정비 및 유지관리 시설을 설치할 수 있다.
  1. 기체 세척을 위한 설비: 트랜치, 폐수처리조
  2. 기체 정비 및 배터리 교체가 가능한 시설
- 유지관리 업무의 효율성과 비상 상황에서의 대응을 위해 건물 운영관리 시설과 매뉴얼을 비치하여 운영한다.

## (14) 기체 이송 및 보관

- 버티포트 내에서 기체의 수평/수직 이동 및 보관을 위해 다음과 같은 시설을 설치할 수 있다.
  1. 기체의 수평 이송 설비: 토잉 장치, 주차 로봇, 전용 팔레트

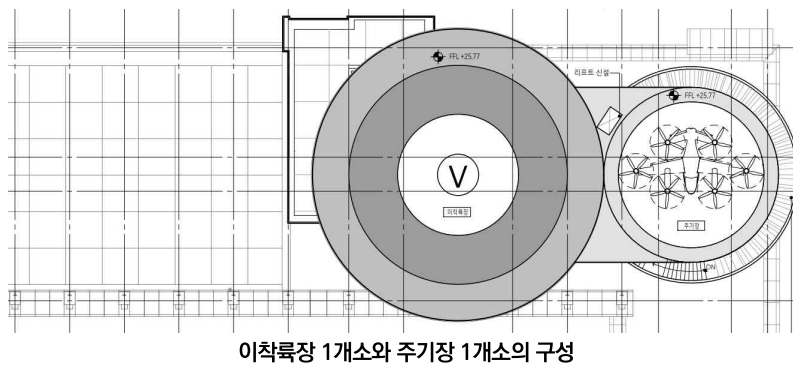
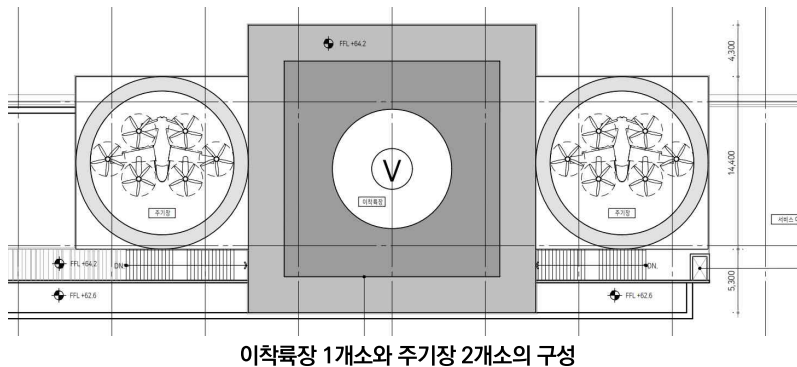
## 2. 기체의 수직 이송 설비: 기체 전용 승강기

### (15) 화재 안전

- 기체와 버티포트에서의 화재 시 소방 진압과 안전한 대피 등을 위한 공간과 설비를 마련하여야 한다.
  - 기체 배터리 등 화재시 대응 가능한 소화 설비
  - 피난을 위한 대피 공간 및 설비

### (16) 기존 헬리포트의 활용

- 기존의 헬기장 등 헬리포트가 설치되어 있는 건물의 경우, 우선적으로 UAM 버티포트로 전환하여 활용하는 것을 권장한다.
- 기존 헬리포트의 버티포트로 전환 시 헬리포트의 FATO 크기보다 UAM 운용기체의 규모로 인해 버티포트 FATO의 크기가 커질 시에는 리모델링을 위한 설계와 구조의 보강, 그리고 설비 추가를 고려하여야 한다.



[그림 4-13] 공공청사 옥상부의 버티포트 설치 예시

출처: 연구진 작성



## 4) 로봇 서비스를 위한 건축 계획

### (1) 건축물 내외부 로봇 서비스 운용의 목표

- 로봇 서비스는 건축물 내부, 건축물 부지 내 옥외 공간, 건축물과 건축물 사이의 공간 등 건물 내부와 외부를 포함한다.
- 로봇 서비스의 도입으로 건물 내 로봇 배송을 통한 Last-Inch 서비스를 제공한다.
- 로봇 기술을 통해 헬스케어 및 건물 관리 서비스를 제공받고 메타버스 공간과 연계한다.

### (2) 로봇의 수평/수직이동

- 로봇이 건축물 내에서 복도에서의 사람과의 교차 통행 등 자유롭게 수평 이동하기 위해 다음 각 호의 사항들을 고려하여야 한다.
  1. 로봇의 이동에 장애가 되지 않는 단차와 기울기: 단차가 20mm 이상인 경우에는 경사로 제공, 바닥면 기울기는 최대 8.33%, 4.76도 이하
  2. 안전한 이동을 위한 바닥 마감 및 재질: 미끄럼이 발생하지 않는 재질, 저반사성/비반사성 바닥 마감재 사용 및 모가 지나치게 긴 양탄자 및 타일/벽돌 등 표면 요철이 있는 재질 사용 지양
  3. 바닥 외 천장과 벽면을 활용하여 이동하는 로봇
  4. 사람과의 안전한 교차 통행을 위한 전용 동선, 최대 크기 및 속도 제한 등
- 로봇의 층간 이동을 위한 승강기, 이송장치 등 수직 이동을 지원하기 위해 다음 각 호의 사항들을 고려하여야 한다.
  1. 로봇이 탑승 가능한 승강기 출입문 폭: 최소 0.9m 이상, 사람과의 교차 통행 지점에서는 1.2m 이상
  2. 승강기 내 로봇 탑승 가능여부 판단 기능 및 탑승 여부 정보 제공

### (3) 실외 통행

- 공동주택단지 등 로봇이 실외에서 통행하는 공간은 보행로에서의 주행을 기본으로 하되, 다음 각 호를 고려하여 조성한다.
  1. 단지 내 차량 출입문, 노면 표지 등에 로봇 통행로 표시
  2. 로봇 통행 공간 중 일정 비중 이상을 로봇 전용 통행 공간으로 구성
  3. 로봇의 수평 이동을 위한 단차와 기울기, 바닥 마감과 재질

4. 물이 고여있지 않도록 유지하는 배수 기능

#### (4) 출입문

- 건축물 내에서 로봇의 능동적인 통과를 위해 자동문 센서 혹은 건물 출입시스템과 로봇 운영시스템 간의 연동, API 연동을 위한 표준 프로토콜 제정 등 출입문 자동 개폐 시스템을 구축한다. 만약, 자동개폐 출입문이 없는 경우, 로봇이 수동문을 통행할 수 있는 시나리오를 구비하도록 한다.
- 출입문은 로봇이 안전하게 운행할 수 있도록 로봇의 수평 이동을 위한 단차와 기울기, 바닥 마감과 재질을 고려하여 설치한다.

#### (5) 승강기

- 로봇이 승강기를 제어하기 위해 다음의 각 호 중 1가지 이상의 승강기 조작을 위한 통신환경을 갖추도록 한다.
  1. 버튼, 마그네틱 카드 등 접촉 조작
  2. 엘리베이터 운영시스템과 로봇간 연동 통한 비접촉 조작
- 승강기에 로봇이 탑승 시 다음 각 호의 사항들을 고려하여 인지와 문제 해결이 가능하도록 시스템을 구축하고 로봇 상호간 연동할 수 있도록 한다.
  1. 승강기 1대에 다수의 로봇이 탑승할 경우 발생가능한 충돌 문제의 방지
  2. 승강기 탑승 가능한 로봇의 최대 크기 및 무게
  3. 승강기에 로봇 탑승 정보 제공을 위한 Sign 등

#### (6) 건축 마감재 및 조도

- 이동형 로봇의 정확한 구동을 위해 다음 각 호의 조건을 고려하여 건축물 마감 재질과 조도를 적용하도록 한다.
  1. 특정수치 이상의 마찰계수를 가진 평지, 경사 구간의 건축 바닥재
  2. 비투과성, 저반사 재질의 벽체와 센서 인식률을 고려한 유리
  3. 자연광을 제어할 수 있는 시스템 또는 60~150 lx(KS A 3011 E 이상)

#### (7) 로봇 주차 및 충전

- 로봇이 주차 공간에서 주차, 순찰, 전기차 충전 등의 서비스를 수행하

기 위해 다음 각 호의 사항을 고려하여 공간을 조성한다.

1. 주차장 진·출입로와 통행 램프 내 로봇 전용 이동로 및 로봇 통행 안내 시설 설치
2. 주차장, 통행공간 내 정밀 측위지도 및 주차관제시스템 구축
3. 충전스테이션 및 로봇 대기 장소의 확보

#### (8) 로봇 통행 안내

- 건축물 내외부 사람 및 차량과 로봇의 교차통행 공간에서 로봇 통행을 실시간으로 안내하고자 다음 각 호의 안내 시설을 고려한다.
  1. 마커, 사이니지, 스마트 표지판, 로고젝터 등의 알림 장치
  2. 점멸등, 안내표지, 음성안내 등의 보조 알림 장치
  3. 기타 통행자에게 실시간으로 로봇 통행정보를 제공할 수 있는 시설

#### (9) 추락 방지

- 로봇의 추락을 방지하기 위해 계단, 경사로, 복도 등 건축물 내 모든 추락 위험 구간에 다음 각 호의 사항들의 설치를 고려하여야 한다.
  1. 난간은 높이 1.2m 이상, 간격 10cm 이하로서 센서 인식을 저해하는 재질이 아닌 강화유리 등으로 설치: 건축법 시행령 기준을 준용하며, 인식용 마커가 부착된 난간 설치도 가능
  2. 라이더 센서 등이 인식할 수 있도록 빛을 흡수하지 않는 재질 사용
  3. 추락 모서리 경계 마감: 마그네틱 스트립 적용
  4. 기타 버추얼 월 등 로봇 추락 방지를 위한 안전 시설물 등

#### (10) 위치 측위 및 3D 공간정보

- 로봇 통행 공간에서 특정 면적인식 비율 이상(예, 최소 40% 이상)으로 로봇의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 공간 측위 시스템 또는 GPS, 라이다 등의 측위 보조 수단을 설치한다.
- 건물 내외부에 대한 디지털화된 3D 공간 정보 구축을 통해 정확한 위치 측위를 지원한다.
- 실내 인테리어 작업, 구조물 위치 변경 등의 실내 환경 변화에 로봇의 지도에 신속히 반영할 수 있도록 한다.

### **(11) 무선 연결 및 통신 네트워크**

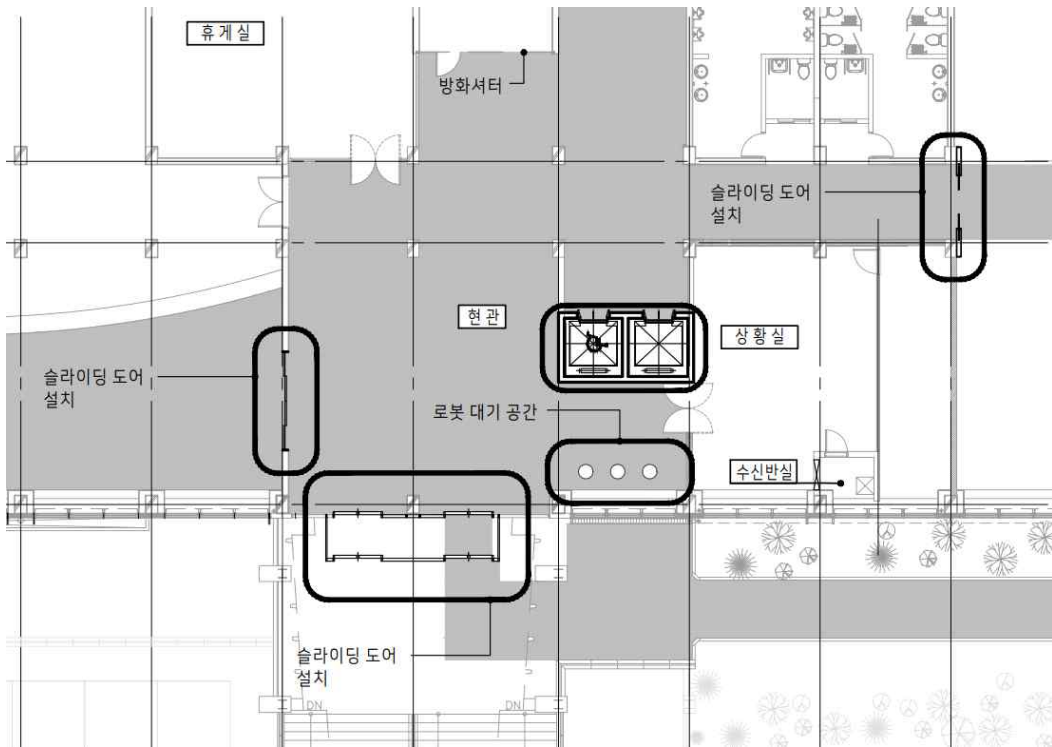
- 로봇이 실시간으로 통행 공간에 대한 상황 정보를 관제센터 및 사용자 간에 송수신하여 특정 경로로 통행하고 임무를 수행하기 위해 초고속으로 연결되는 무선통신 인프라가 일정 비중 이상 지원되어야 한다.
- 건축물 내 엘리베이터 등을 비롯한 모든 시설에서 네트워크 음영구역이 없는 완전한 이동성 보장 및 로봇의 상태 감시가 가능한 네트워크와 품질이 확보되어야 한다.

### **(12) 정보 보안 및 보호**

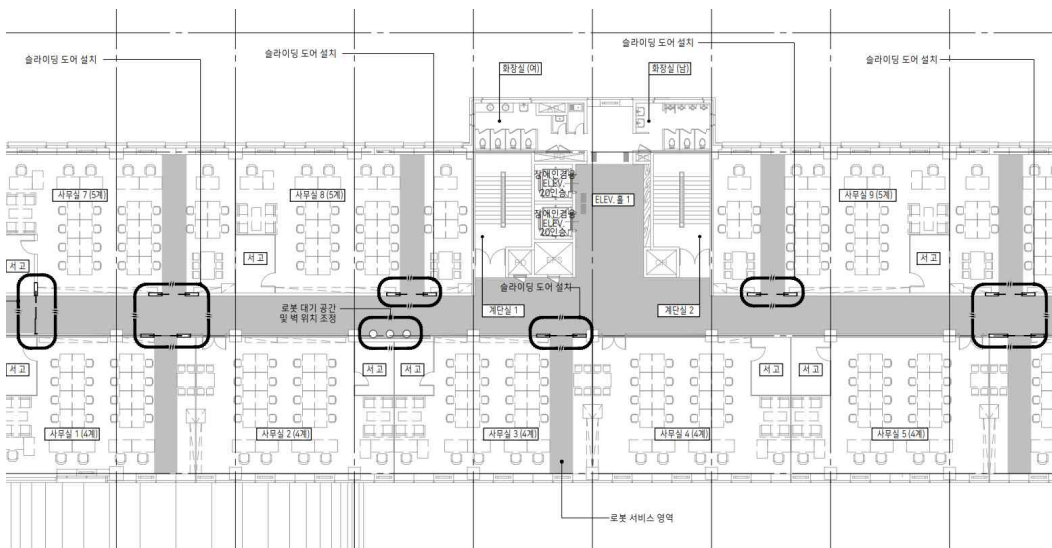
- 건물 내 주요 시설물을 유기적으로 통합하고 안정적으로 제어할 수 있는 로봇-건축환경-사용자간 통신망 암호화 및 분리 등의 폐쇄망이 지원되어야 한다.
- 통신망에 외부 침입이 발생할 경우 사용자의 정보 유출 등 피해를 방지하기 위해 침입감지/방지시스템, 방화벽 등의 보안 시스템을 구축할 필요가 있다.
- 화장실, 수유실, 샤워실 등 사용자의 민감함 개인정보 유출이 예상되는 장소에 대해서 로봇의 비전 센서 작동을 중지할 수 있어야 한다.
- 데이터 접근 가능 직원에 대한 데이터 관리 업무 매뉴얼을 구비하고, 교육을 시행한다.

### **(13) 로봇의 운영관리**

- 로봇의 안전하고 효율적인 관리와 유지보수를 위해 모든 로봇의 현재 상태를 모니터링 하고 문제 시 관리할 수 있는 전문가와 이를 위한 시스템을 구축한다.
- 화재, 지진 등 비상상황 시 법적 기준에 따라 로봇이 사용자의 대피 동선과 겹치지 않도록 대피/대기를 위한 건축환경을 구축한다.



로비 중앙 기준 실내 로봇 이동을 위한 통로, 승강기, 자동문 및 충전 등을 위한 대기 공간 설계



복도 기준 실내 로봇 이동을 위한 통로, 자동문 및 충전 등을 위한 대기 공간 설계

[그림 4-14] 건축물 내부 로봇 이동 등 서비스를 위한 설계 예시

출처: 연구진 작성

## 5) 자율주행차 서비스를 위한 건축 계획

### (1) 건축물 내외부 자율주행차 서비스 운용의 목표

- 스마트+빌딩에서는 자율주행차가 더 빠르고 안전하게 사람과 물품을 이동시킴으로써 공간을 보다 효율적으로 이용하고 안전하고 편리하며 지속가능성을 높이는 것을 목표로 한다.

### (2) 유연성 및 개방성

- 레벨4 이상 완전 자율주행차와 자율주차 지원 로봇을 활용한 주차는 주차장을 더 작고 효율적으로 조성함으로써 차량 수용 능력을 높일 수 있다. 그러므로 스마트+빌딩은 자율주행 기술이 계속 발전하고 고도화됨을 감안하여 개방적이고 유연하게 설계될 수 있도록 한다.
- 자율주행차 기술이 발전함에 따라 새로운 서비스를 수용하기 위해 새로운 유형의 장비 또는 더 큰 공간이 필요할 수 있다. 층을 추가하거나, 기존 공간을 확장하거나, 새 장비를 가져올 수 있는 충분한 공간을 확보하는 등 확장 가능한 건물로 설계하도록 한다.

### (3) 공간 확보

- 자율주행차가 건물 내에서 안전하게 이동하기 위해 다음 각 호와 같은 공간이 요구된다.
  1. 자율주행차가 진입하기 위해 차량 크기에 맞는 충분한 출입구, 로비, 주차 공간
  2. 자율주행차가 상품이나 사람을 운송하는 경우 안전하고 원활한 작업을 위한 상하차 구역
  3. 자율주행차가 건물 내에서 수직이동 하기 위한 승강기
  4. 시스템 장애 또는 긴급 상황 시 현장 운영이나 교통을 방해하지 않고 차량을 정차할 수 있는 안전 구역

### (4) 이동 지원

- 자율주행차가 건물 내부에서 진출입하거나 주차를 하기 위해서는 건물 내에 다음과 같은 설비가 요구된다.
  1. 건물 입구 및 내부에 자율주행차를 인식할 수 있는 센서
  2. 건물 내부에 교통 상황, 주차 가능 여부 등을 제공하는 통신 시스템

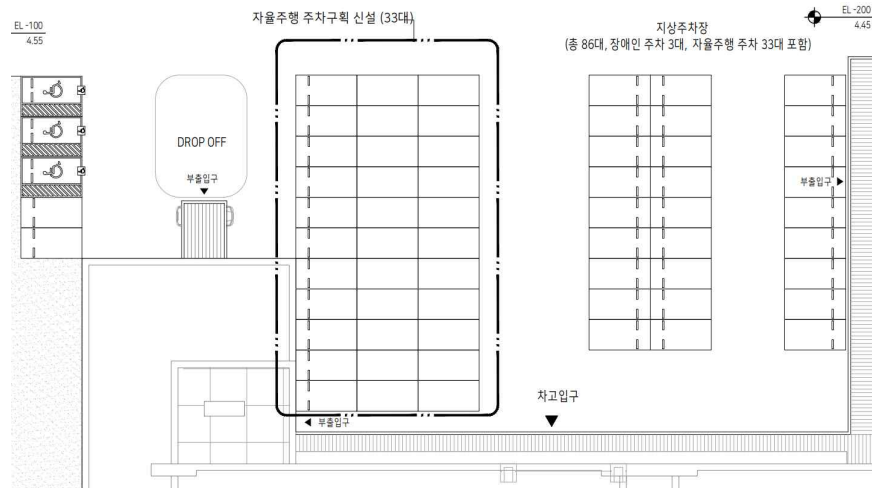
3. 건물 내부에 자율주행차가 안전하게 주행/주차할 수 있는 정밀 지도
4. 차량 흐름을 효율적으로 관리하기 위한 출입구 자동 체크인 및 체크아웃 시스템
5. GPS, 라이더, 레이더 등 자율주행 시스템을 방해하지 않는 실내 재료 채택

#### (5) 충전 및 유지관리

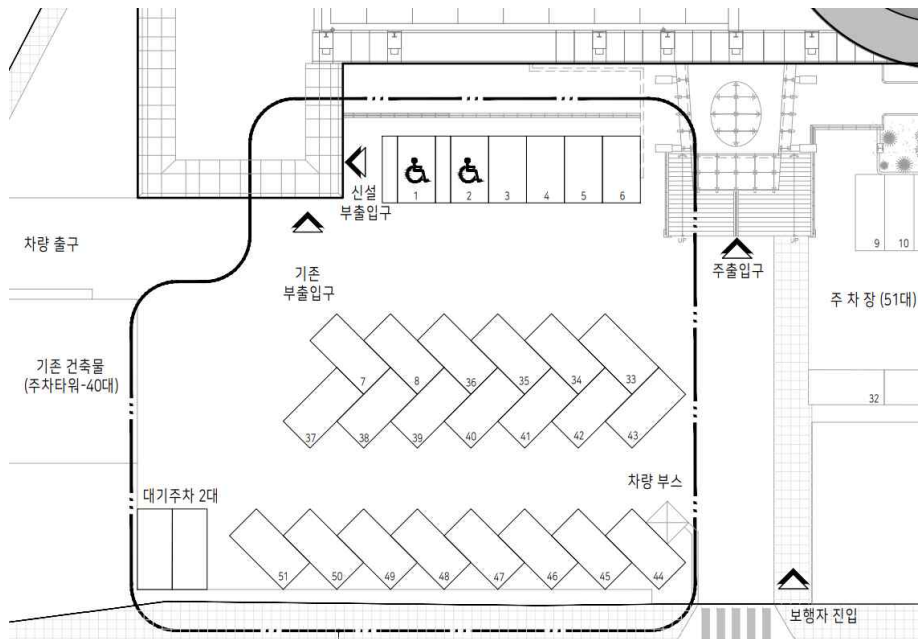
- 건물 내에서 전동화된 자율주행차의 충전을 위해 주차 규모에 맞는 충전소 및 고속충전이 가능한 충전설비를 설치한다.
- 전동화된 자율주행차 수요가 증가함에 따라 추가 충전소를 지원할 수 있도록 미래 확장성을 고려하여 시설을 계획한다.
- 자율주행차 관련 이동 지원과 충전시설의 수리 등 유지관리를 위해 필요한 공간과 설비들을 확보한다.

#### (6) 안전 및 데이터 보안

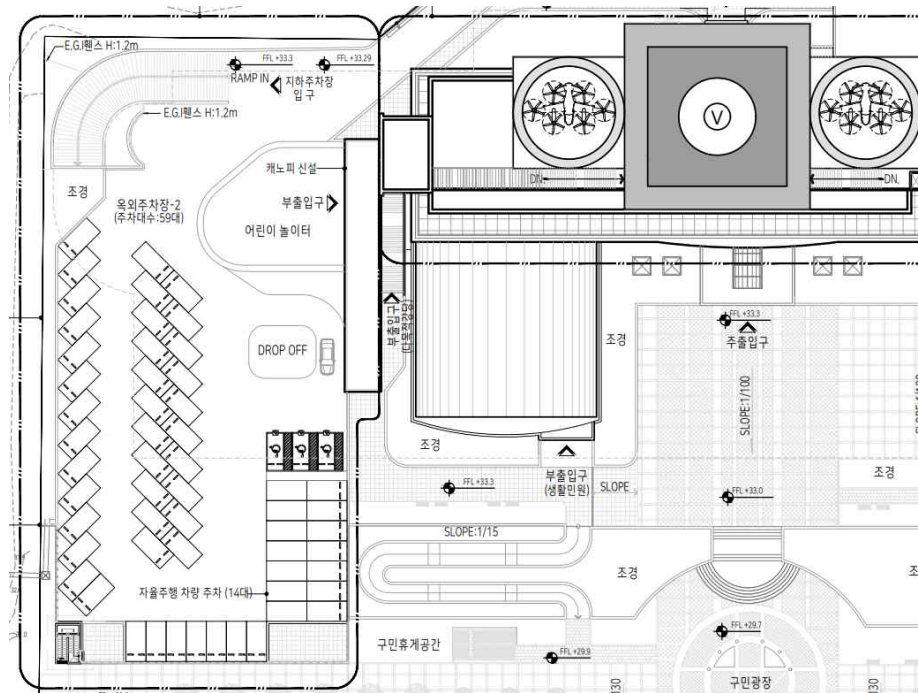
- 전동화된 자율주행차는 잠재적인 화재 위험 또는 배터리 문제를 처리하기 위해 적절한 소방 장비와 전문 인력이 갖추어져 있어야 하며 방화문 및 대피 경로와 같은 피난공간이 포함되어야 한다.
- 자율 주행 차량이 서버 및 기타 차량과 통신하므로 건물 현장에는 강력한 사이버 보안 조치가 마련되어 있어야 한다.



Type1: 자율주행차를 위한 지상부 드롭존 + 직각 주차공간



Type2: 지상부 출입구와 바로 연결된 자율주행차를 위한 교차 주차공간



Type3: 드롭존 + 지상부 출입구와 바로 연결된 교차 주차공간

[그림 4-15] 건축물 지상부 등 옥외 공간의 자율주행차 서비스를 위한 설계 예시

출처: 연구진 작성



## 6) 스마트 기술·서비스를 위한 건축 계획

### (1) 스마트 기술·서비스의 목표와 운영

- 스마트+빌딩에서는 자원의 효율적인 관리 촉진, 보안 강화, 거주자의 삶의 질 향상 및 스마트도시와의 연결을 목표로 스마트 기술·서비스를 도입한다.
- 이러한 기술의 기존 시스템과의 호환성, 비용 효율성, 사용 용이성 및 장기적인 지속 가능성을 고려하고, 시스템이 최적의 상태로 작동하도록 정기적인 유지 관리 및 업데이트를 수행한다.

### (2) 재난 및 범죄 안전

- 스마트+빌딩에서는 건물 내 사용자의 생명과 재산을 보호하기 위해 다음 각 호와 같은 스마트 기술을 운용한다.
  1. 화재 감지 및 경보 시스템: 연기나 비정상적으로 높은 온도와 같은 화재의 첫 징후를 식별하고 건물에서 사람들을 대피시키기 위해 경보를 울린다. 또한 자동 스프링클러 시스템과 통합되어 신속하게 화재를 진압한다.
  2. 긴급 알림 시스템: 비상 시 건물 내부로 신속하게 경고하여 대응 방법에 대한 정보와 지침을 제공한다. 경고는 문자 메시지, 이메일 또는 확성기와 같은 다양한 채널을 통해 전달될 수 있도록 한다.
  3. 지진 조기 경보 시스템(EEWS): 지진 활동이 발생하기 쉬운 지역에서 EEWS는 흔들림이 시작되기 전에 몇 초 동안 중요한 경고를 제공하여 건물 내 사용자가 대피할 수 있도록 한다.
  4. IoT 센서: 사물 인터넷(IoT) 센서는 온도와 습도에서 건물의 구조적 결함까지 광범위한 환경 조건을 모니터링하고 문제 예측과 예방 조치에 활용한다.
  5. 드론: 재난 발생 시 드론을 사용하여 접근이 어려운 건물 내부로 진입하여 인명 구조와 재난재해 진압을 지원한다.
  6. 스마트 감시 시스템: AI 및 기계 학습 기술을 활용하여 비정상적인 활동, 얼굴 또는 차량을 인식하여 보안 요원이나 건물 관리자에게 실시간 정보를 보내고 범죄 활동을 효과적으로 차단할 수 있다.
  7. 액세스 제어 시스템: 생체 인식, 키 카드 또는 모바일 장치 확인을 사용하여 건물의 특정 부분에 대한 액세스를 허용하거나 제한하여 무단 출입을 방지한다. 일부 시스템은 또한 필요한 경우 사건을 조사하는 데 사용할 수

있는 입장 및 퇴장 시간을 기록할 수 있도록 한다.

8. 빌딩 관리 시스템(BMS): 조명, 온도, 공기질 및 에너지 사용을 포함하여 건물 환경의 다양한 측면을 모니터링 및 제어하고, 누수 또는 전기 결함과 같은 위험을 초래할 수 있는 문제를 감지하고 관리자에게 알리도록 한다.

### (3) 스마트 헬스케어

- 스마트 헬스케어 서비스는 IoT, AI 기술을 활용하여 건물 내 사용자에게 대한 의료 서비스 접근성을 향상시키고 지속적인 모니터링을 통해 건강 관리의 편의성을 제공하는 서비스들을 말한다. 특히 건물 내에서 돌봄 로봇을 활용하여 고령자 건강 관리와 영유아 돌봄 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.
- 원격 의료 및 모니터링은 정보통신 기술을 통해 원격으로 의료 서비스를 제공하는 것이다. 원격의료는 인공지능, 머신러닝, 블록체인 기술, 빅 데이터, IoT 기기, 그리고 5G 연결성을 포함한 다양한 기술을 사용하여 건강 관리에 대한 상시 모니터링을 기반으로 한다.
- 모바일 헬스케어: 모바일 헬스케어는 스마트폰, 태블릿 및 기타 모바일 장치를 사용하여 환자에게 의료 서비스를 제공하는 것이다. 모바일 헬스케어는 환자가 의료 전문가와 의사소통하고, 처방전을 받고, 건강 정보를 관리하는 데 도움을 줄 수 있다.
- 건물 내에서 스마트 헬스케어를 구현하기 위해 다음 각 호의 사항을 고려한다.
  1. 고속 인터넷 연결: 스마트 헬스케어는 고속 인터넷 연결을 사용하여 의료 데이터를 전송하고 저장
  2. 웨어러블 및 IoT 기기: 웨어러블 장치 및 IoT 지원 장치는 심박수, 혈압, 포도당 수준 등과 같은 건강 매개변수를 지속적으로 모니터링하여 환자와 의사 모두에게 실시간으로 제공
  3. 센서: 스마트 헬스케어는 센서를 사용하여 환자의 건강을 모니터링
  4. 소프트웨어: 스마트 헬스케어는 소프트웨어를 사용하여 환자의 건강 데이터 관리 및 분석

### (4) 스마트 주차

- IoT 기술을 구현하여 주차장 위치, 요금, 점유 상태에 대한 정보 제공 등 스마트 주차 서비스를 운영하여 건물 거주자의 주차 문제를 완화할 수 있도록 한다. 건물에서 스마트 주차 서비스를 운용하기 위해서는 다

음 각 호의 설비의 설치를 고려한다.

1. 스마트 주차 센서: 각 주차장에 배치되어 차량 유무를 감지하는 IoT 장치로 실시간 데이터를 통해 운전자를 이용 가능한 공간으로 안내하여 주차 공간을 찾는 데 소요되는 시간을 줄일 수 있다.
  2. LPR(License Plate Recognition) 시스템: 카메라와 AI 알고리즘을 사용하여 차량 번호판을 자동으로 식별하고, 출입통제, 자동과금, 도난방지, 주차장 내 특정차량 위치추적 등에 활용할 수 있다.
  3. 자동 주차 시스템: 로봇과 자동화를 사용하여 차량을 주차하고 회수하여 인간 운전자보다 더 가깝게 주차하여 공간 사용을 최대화한다.
  4. 스마트 결제 시스템: 운전자는 신용카드, 모바일 결제 또는 번호판 인식을 통해 자동으로 주차 요금을 결제하므로 주차 티켓이 필요하지 않고 결제 기계에서 보내는 시간을 줄일 수 있다.
  5. 디지털 사이니지: 건물 입구와 주차장에 디지털 사이니지를 설치하여 주차 가능 여부, 가격, 빈 공간으로 가는 길에 대한 실시간 정보를 표시한다.
  6. 전기차(EV) 충전소: 전기 자동차의 증가에 대응하여 많은 스마트 주차장에 충전소를 설치하고 예약 시스템 및 충전 상태의 원격 모니터링과 같은 기능을 장착한다.
- 스마트 주차 시 자율주행 센서의 오인식을 방지하는 건축물 내/외부 환경 조성을 위해 다음 각 호와 같은 사항들을 고려하여 주차장을 조성한다.
    1. 건물 벽체, 내부 투명 유리 사용 지양
    2. 건물 내 바닥, 벽면 마감/재질에 비투과성 저반사 도료 내지는 재질 사용
    3. 고반사도 물체의 건물 내 상부 설치 지양
    4. 주차장 노면은 파임 없는 평평한 패턴으로 설치
    5. 주차장 내 조도 환경: 15 lux 이상의 밝기 제공
    6. 주차장 내 자율주행차 모니터링 시스템 구축 및 비상 조치 가능한 관리자 배치
    7. 기타 ISO 23374에 명시된 제반 항목

#### (5) 에너지 관리 기술의 적용

- 건물 내 사물인터넷(IoT) 기반 에너지 관리 시스템을 도입하여 에너지

사용을 모니터링·최적화하고 탄소 배출량을 줄이며 비용을 절감할 수 있도록 한다. 또한 BAS, BEMS, 신재생에너지 생산시설 등 다양한 시스템들을 통합적으로 운영하여 효율을 높이도록 한다.

- 「녹색건축물 조성 지원법」 제17조(건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증)의 사항에 따라 에너지 생산 및 관리 기술을 적용하고 성능을 유지한다.

## (6) 방역 지원체계

- 건축물 내 코로나-19 등 감염병 확산 예방을 위한 방역 지원체계를 구축한다. 방역 지원체계로 적용 가능한 스마트 기술은 다음의 각 호와 같다.
  1. 현관 청정 시스템
  2. 에어 샤워
  3. 자동환기 시스템
  4. IoT 센서 활용 구역 자동 방역로봇 운용 등

## (7) 스마트 물류관리

- 건축물 내부에 배송 로봇과 드론 등 모빌리티를 활용한 물류에 필요한 인터페이스 시스템과 물리적 공간을 확보하는 것을 고려한다.

# 7) 스마트+빌딩 운용을 위한 통합 플랫폼 구축

## (1) 시스템의 통합

- UAM, 로봇, 자율주행차 서비스 운용을 위해 필요한 시스템, 스마트 홈/오피스 기술들을 관리하는 시스템 등 건축물 내 구축되는 시스템 간 통합 관제가 이루어져야 한다. 건축물의 관제와 서비스 운용을 위해 통합할 수 있는 시스템은 다음의 각 호와 같다.
  1. 주동출입시스템
  2. 원격검침시스템
  3. 주차관제시스템
  4. 전자경비시스템

5. 조명제어시스템
  6. 전력제어시스템
  7. CCTV시스템
  8. 엘리베이터시스템
  9. 기계설비제어시스템
  10. 방재시스템
  11. 혁신기술(UAM, AI, IoT, 센터, 로봇 등)별 관제 시스템
- 통합서버는 보조(백업) 서버를 두어 기능이 중단없이 서비스될 수 있도록 한다.
  - 통합시스템과 인터페이스화된 개별 시스템은 일정 수량 이상이어야 한다

## (2) 플랫폼을 활용한 보안 및 관제

- 건축물 내 로봇 이동에 대한 정확한 위치 측위와 통행 가능 공간 내 무선통신의 연결 지원 면적 비율을 특정 수치 이상 반영한다.
- 실시간 대용량 정보 공유를 위한 최고속 통신망(백본장비 및 사용자 연결장비)의 속도를 특정 수치 이상 반영한다.
- 건축-사용자-로봇간의 인터페이스를 지원하는 폐쇄망, 건축에 대한 암호화 터널링이 적용된 상용 인터넷망(VPN)을 구축하고, 네트워크 보안 시스템을 특정 기준 이상으로 적용한다.
- UAM, 로봇, 자율주행차의 통합적 관제를 위해 다음 각 호의 시설들을 도입할 수 있다.
  1. 항공관제시설인 UATM(UAM Air Traffic Management)과 CNSi (Communication, Navigation, Surveillance, and information)
  2. 다양한 제조사와 이종 간의 로봇의 원활한 이동을 위한 통합 관제시스템
- 주차 칸 마다의 사용 중 또는 사용 가능 등 현황을 파악할 수 있고 필요 시 개별 차량에 알려주는 중앙 모니터링이 가능한 인프라를 구축한다.

## (3) 로봇과 건축물의 통신 및 네트워크 연결

- 로봇과 건축물 내 승강기 및 각종 IoT센서 등의 원활한 통신을 위해 최저지연, 대용량, 고품질의 유/무선 통신설비가 지원되어야 한다.

- 로봇과 승강기, 스피드게이트, 자동문 등 통신 연동과 충돌 방지 등을 위한 로봇 간 통신 네트워크가 연결되어야 한다.

#### **(4) 전파방해 방지 및 보안**

- UAM/드론 비행서비스의 안전성 확보를 위한 전파방해 방지 및 보안시스템을 구축한다.
- 로봇 탑승 수속, 보안, 개인정보 보호를 위한 시스템을 구축한다.

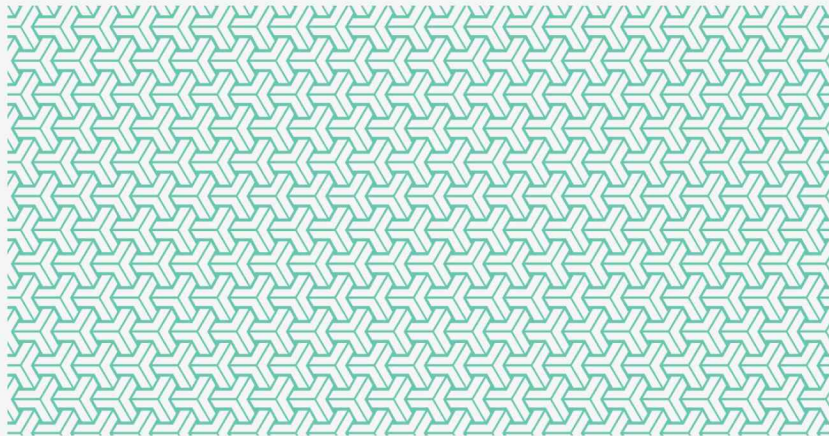
#### **(5) 스마트도시 통합운영센터와의 연계**

- 통합 플랫폼에서는 화재, 지진 등 발생한 재난에 대한 정보를 스마트도시 통합운영센터에 전송할 수 있어야 하고, 외부 유관 기관에 해당 정보를 전달 및 서비스 시나리오에 따라 대응할 수 있도록 기능을 구성한다.
- 건축물 내 통합 플랫폼과 스마트도시 통합운영센터와의 원활한 정보 연계와 활용을 위해 데이터 수집 및 활용을 위한 데이터 허브를 연결할 수 있다.

#### **(6) 가변형 건축물 조성**

- 건축물의 용도와 공간 활용의 변화를 위해 대수선이나 리모델링이 용이하도록 다음 각 호의 형태와 설계 요소를 도입할 수 있다.
  1. 라멘 구조
  2. 무단차 계획
  3. 바닥 공조
  4. 건식 벽체 등

## 제5장 결론



1. 계획 기준의 제도화 방안
2. 연구 한계 및 제언

## 1. 계획 기준의 제도화 방안

### 1) 계획 기준 운영 방향

#### □ 계획기준 1.0 법적 근거 마련

본 연구는 4차산업혁명 시대 기술의 일상화가 우리의 삶의 공간인 건축물과 접목되면서 요구되는 건축물의 공간적 변화의 필요성을 인식하고, 이러한 건축물 조성을 위한 고려사항과 건축 계획을 위한 방향을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

이러한 건축 계획을 위해 제4장에서 제시된 계획 기준은 관련 전문가들의 의견 조사를 중심으로 작성된 1.0 단계 수준의 내용으로 구성되었다.

향후 기술 융복합 건축물의 조성을 위한 정책 추진과 제도 마련을 통해 계획 기준이 고도화되고 제도화될 경우 상세한 가이드라인의 형식으로 국토교통부령 또는 고시로 지정하여 운영 관리가 가능할 것으로 사료된다.

#### □ 계획기준의 활용과 민간 지원

계획 기준의 제도화를 통해 민간 부문의 수요처에서는 프로젝트 기획에 대한 가이드를 제공할 수 있고, 공급처에서는 디자인을 위한 모델을 참고 활용할 수 있을 것이다.

또한 공공에서 초기 마중물 역할을 위해 기술 융복합 건축물 설계 시 현안으로 도출된 지원 공간 확보 문제와 관련하여 건축 기준 완화, 금융 지원 등 다양한 인센티브를 제도화할 수 있다.

### 2) 계획 기준의 제도화 방안

#### □ 법령 제정을 통한 근거 마련

본 연구에서 제안한 기술 융복합 건축물 계획 기준은 관련 법령의 제정으로 수립 근거를 마련하고, 세부 계획 기준은 대통령령인 시행령의 위임사항으로 하여 국토교통부령 또는 고시로 세부 내용을 결정하는 방식으로 제도화하는 방안을 제안한다.

관련 법령안은 다음과 같으며, 계획 기준은 디자인 가이드라인 수립 조항에서 관



련 조문을 포함하였다.

[표 5-1] 공간기반 기술 융복합 건축물 계획 기준 제도화를 위한 조문(안)

조항	조문
디자인 가이드라인 수립	① 국토교통부장관은 UAM, 로봇, 자율주행차 등 4차산업혁명 기술들의 건축물 내 원활한 운영과 서비스를 위해 다음과 같이 필요한 설계 원칙과 방향을 담은 가이드라인을 수립하여야 한다.
	1. 로봇 스케일 건축환경 구축
	2. 자율주행 친화형 건축공간 혁신
	3. 디지털 기술을 접목한 첨단 건축공간 조성
	4. 멀티모달 모빌리티 확산 대응 교통환승센터 조성
	5. 재난 대응 및 소외지역 해소 UAM 버티포트 확산
	6. 지하 모빌리티 대비 건축물 연계 인프라 구축
	② 제1항의 가이드라인 수립에 필요한 세부 사항은 대통령령으로 정한다.

출처: 연구진 작성

## 2. 연구 한계 및 제언

### 1) 연구 성과 요약

본 연구는 기술 융복합 건축물 조성을 위해 필요한 정의와 건축 기획, 설계 단계에서 고려해야 할 사항들에 대해 발굴하여 이를 계획 기준으로 작성하고, 궁극적으로는 이러한 계획 기준을 제도화하기 위한 방안으로서 법령에 포함할 시 필요한 세부 조항을 제안하였다.

본 연구에서는 계획 기준안 도출을 위해 건축, UAM, 로봇, 자율주행차 등 관련 분야 전문가를 활용하여 미래 예측과 실현가능성 타진을 위한 다양하고 단계적인 조사를 실시함으로써 폭넓은 의견을 수렴하고자 하였다.

또한, 계획 기준 내용들에 대한 이해도를 높이기 위해 건축설계사무소와 함께 디자인 성과물들을 작성함으로써 보다 쓰임새 있는 계획 기준안을 작성하였다.

(성과 1) 공간기반 기술 전망에 따른 건축의 미래 변화 방향 제시

- 건축공간 미래전망 시나리오 및 실현 가능성·시기 제시

(성과 2) 건축의 미래 변화 방향을 반영한 기술 융복합 건축물에 대한 계획 기준 마련

- 공간기반 기술 융복합 건축물 설계와 요구되는 시스템 등 인프라 방향을 제

시하는 계획 기준을 마련

- 도출한 계획 기준의 실효성을 수반하기 위해 제도화에 따른 근거 조항 제시

## 2) 연구 한계

본 연구의 수행을 통해 나타나는 한계는 다음과 같다.

첫째, 계획 기준의 레퍼런스 역할을 하는 선진 건축 기준이나 사례가 부족하여 계획 기준의 내용이 다루지 못하거나 명확한 기준을 제시하지 못하는 한계가 발생하였다. 이러한 레퍼런스 역할을 하는 선진 건축 기준과 사례들의 새로운 결과물에 대해 지속적인 모니터링이 필요하고, 국내에서도 선도적인 연구개발을 통한 기준 마련으로 글로벌 표준화 등 시도가 필요하다.

둘째, 제시한 계획 기준에는 안전 문제 등에 대한 민감한 사안들이 있는데, 이에 대한 확인과 검토가 이루어지지 않았다. 예를 들면 건축물 옥상부에 설치되는 UAM 버티포트의 규격에 대한 안전성 검토 등이 이에 해당한다. 그리하여 본 계획 기준의 제도화 이전에 고도화를 통해 안전성 검토 수행 및 기준의 보완이 필요하다고 판단된다.

## 3) 후속 과제

### □ 계획 기준의 고도화 연구 수행

향후에는 후속 과제로 앞에서 언급한 연구 한계들에 대한 연구와 논의 과정이 이뤄져야 하겠다. 해외의 관련 기준들도 지속적으로 고도화되고 있으며, 국가나 지역에서 공간 기반 혁신 기술들을 접목하기 위한 건축과 도시공간 차원에서의 정책과 제도 개발이 확산될 것으로 예상되기 때문이다.

그리하여, 선진 계획 기준들을 지속 모니터링하고, 공간에 기반한 정책과 사례들의 벤치마킹을 통해 우리의 계획 기준을 고도화하는 연구가 지속되어야 하겠다.

이러한 계획 기준의 고도화 과정을 통해 계획 기준의 제도화와 새로운 건축 모델 조성을 위한 온전한 가이드라인의 역할이 수반될 수 있을 것으로 사료된다.

### □ 공간기반 기술 적용 국가·도시 정책 및 프로젝트 연계 방안 연구 필요

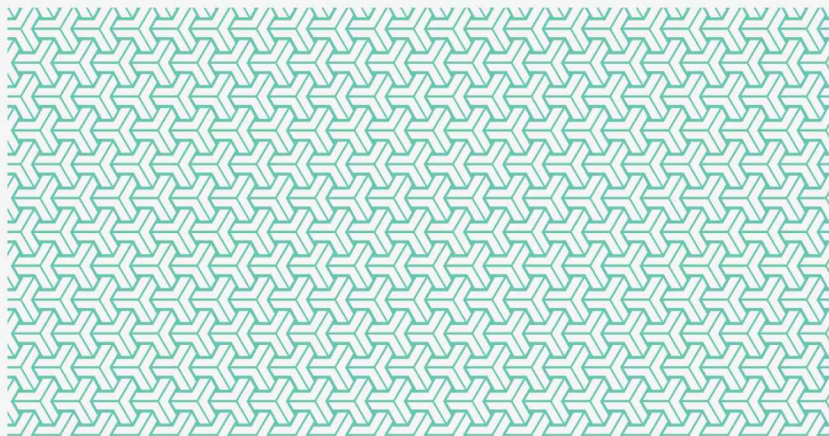
UAM, 로봇, 자율주행차 등 공간기반 기술들을 접목한 건축물의 계획 기준들이 마련되고 고도화됨과 동시에, 개별 기술들을 국가나 도시에 적용하는 정책과 프

로젝트들이 전 세계적으로 급속도로 이루어질 것이다. 그리하여 이러한 국가와 도시에서 진행되는 정책과 프로젝트들을 지속적으로 모니터링하고 Best Practice들을 발굴하는 연구가 후속되어야 한다.

예를 들어, 우리나라가 전세계적으로 선도적이고 야심차게 준비중인 '25년 수도권 대상 UAM 운항 서비스의 상용화 시작과 같은 국가사업을 볼 때, UAM 인프라 구축의 일환으로서 한강 주변 수변 공간의 개활지 활용 버티포트 구축에서 발전하여 본 연구에서 대상으로 한 건축물과 융복합된 버티포트를 또 하나의 인프라로서 상용화 서비스와 연계하고 대응하기 위한 연구들이 후속적으로 이뤄져야 함을 제안하는 바이다.



## 참고문헌



[보고서 및 간행물]

- 과학기술전략연구소. (2019). 스마트 건설기술 개발사업 기획 최종보고서. 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원.
- 국토교통부. (2018). 국토교통분야 4차 산업혁명 걸인기술 동향조사·분석. 국토교통부.
- 김경훈·김재홍·최영호. (2017). 물류로봇 기술동향 및 향후전망. 한국산업기술기획평가원(KETI).
- 남성우·오민정. (2022). 스마트건축 인증 도입 및 운영방향 연구. 건축공간연구원.
- 박은영. (2017). 사례로 살펴보는 서비스 로봇의 동향과 전망, 이슈리포트 2017-제15호. 정보통신산업진흥원(NIPA).
- 박종록·김한해. (2019). 자율주행기술. KISTEP 기술동향브리프, 2019-16호. 한국과학기술기획평가원(KISTEP).
- 박종록·김용정·방형욱. (2020). 자율주행 기술개발 혁신사업. 한국과학기술기획평가원(KISTEP).
- 변완희·기호영·신도겸·박지은. (2020). 자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원.
- 백장균. (2020). 자율주행차 국내의 개발 현황. KDB미래전략연구소.
- 손주찬. (2021). 미래 모빌리티의 기반, 자율주행차 상용화 동향, 주간기술동향 2013호. 정보통신기획평가원(IITP).
- 심해정. (2021). 도심 항공 모빌리티(UAM), 글로벌 산업 동향과 및 미래 과제. 한국무역협회.
- 안병선·최성창·황호연. (2022). FAA와 EASA의 새 규정에 따른 UAM Vertiport 설계 기준 및 국내 적용 연구. 한국항공학회논문지. 26(6).
- 안병선·황호연. (2021). 도심항공 모빌리티(UAM)의 국내 적용을 위한 수직이착륙장 설계 요구조건 분석 및 형상 제안. 한국항공학회논문지. 25(1).
- 연구개발특구진흥재단. (2021). 자율주행차. 연구개발특구진흥재단.
- 이규복 외. (2022). 국내 UAM 산업육성을 위한 정책 제언. 한국전자기술연구원(KETI).
- 이광형 외. (2015). 미래이슈 분석보고서. 미래창조과학부 미래준비위원회.
- 이백행·김문식·최정단. (2018). 자율주행서비스 기술 동향. KETI PD 이슈리포트 2018-9월호: 이슈2. 한국산업기술평가관리원(KEIT).
- 이상호. (2018). 4차 산업혁명 건설산업의 새로운 미래. 알에이치코리아.
- 이재홍·홍성조. (2021). 도시형 공중 모빌리티(Urban Air Mobility UAM) 운영모델과 지상 기반시설의 유형화. 한국도시부동산학회. 12(1).
- 임미숙. (2001). 홈오토메이션, 홈네트워크와 지능형 아파트. 한국조명전기설비학회, 15(4).
- 정보통신산업진흥원. (2023). 품목별 ICT 시장동향: 자율주행차. 정보통신산업진흥원.
- 정영균·이아영. (2017). 무인자동차 시대의 미래건축. 한국BIM학회지, 7(1).
- 정태승. (2023). 다중레이어 정보융합기반 보행친화 네이게이션 시스템 및 생활안전망 AI동행통 상용화 패키지 개발 공동기획연구. (재)경남테크노파크.
- 조상규·김영현·박성남·남성우·윤호선·문보람·이제승. (2021). 스마트도시 기술 및 서비스 특성을 고려한 공간계획 방향 연구. 건축공간연구원
- 클라우드 슈밥. (2016). 클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명. 송경진 역. 메가스터디북스.
- BCA(The Building and Construction Authority). (2022). PART II: Design for Maintainability Guide(Residential, Non-residential).
- CASA(Civil Aviation Safety Authority). (2022). Guidelines for vertiport design. AC(Advisory Circular) 139.V-01 v1.0.
- EASA. (2022). Vertiports : Prototype Technical Specifications for the Design of

VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft  
Certified in the Enhanced Category.  
FAA Airport Engineering Division. (2022). Vertiport Design. Engineering Brief,  
(105).  
McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing Construction: A Route to Higher  
Productivity.

[정책 자료]

국토교통부. (2018). 국토교통 분야 4차 산업혁명 견인기술 동향조사·분석 보고서.  
국토교통부.  
국토교통부. (2020). 세계 최초 부분자율주행차(레벨3) 안전기준 제정. 1월 6일 보도자료.  
국토교통부. (2021). 자율주행 서비스, 판교에서도 본격 '시동'. 4월 16일 보도자료.  
국토교통부. (2022). 미래를 향한 멈추지 않는 혁신 모빌리티 혁신 로드맵. 국토교통부.  
국토교통부. (2023). 도심항공교통(UAM) 전용 항공지도 출시. 9월 13일 보도자료.  
국토해양부. (2009). 지능형건축물 인증제도 인증심사 세부평가기준. 국토해양부.  
국회도서관. (2022). 최신정책정보: 국내, 통권 제102호. 국회도서관.  
산업통상자원부. (2021). 자율주행 1등 국가 도약을 위한 1.1조원 규모 범부처  
자율주행사업 본격 착수. 1월 14일 보도자료.  
스마트도시협회. (2022). 로봇 친화형 건축물 인증제도 사설인증 신청 공고 지침(안).  
스마트도시협회.  
중소벤처기업부. (2015). 중소기업 전략기술 로드맵(2023-2025): 지능형 로봇.  
중소벤처기업부.  
한국과학기술기획평가원. (2021). 제6회 과학기술예측조사 미래기술 도출 및 분석.  
한국과학기술기획평가원.

[인터넷 자료 및 기사]

구본권. (2017). 한겨레. 조롱 당한 경비로봇의 역설. 7월 24일 기사.  
<https://www.hani.co.kr/arti/PRINT/804067.html> (검색일: 2024.1.24.)  
롯데건설. (2023). 도심항공모빌리티(UAM)산업 발전전략 세미나 발표자료.  
(2023.5.18.).  
한국은행(국민소득팀). 건설투자동향(2015~2021).  
[https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1219](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1219)(검색일: 2022.08.25.)  
대한민국 정책브리핑. (2017). 지능형 로봇이 바꿀 미래. 2월 2일 기사.  
[www.korea.kr/news/cardnewsView.do?newsId=148828374](http://www.korea.kr/news/cardnewsView.do?newsId=148828374) (검색일:  
2024.1.23.)  
대한민국 정책브리핑. (2021). 자율주행·로봇택배가 내 삶 곁으로...4차 산업혁명으로  
가는 이정표. 5월 25일 기사.  
<https://www.korea.kr/special/policyFocusView.do?newsId=148887815&pkgId=49500763> (검색일: 2022.11.30.)  
정부업무평가 홈페이지. (2022). 120대 국정과제.  
[https://www.evaluation.go.kr/web/page.do?menu\\_id=162](https://www.evaluation.go.kr/web/page.do?menu_id=162)(검색일: 2024.1.24.)  
채윤정. (2023). 메트로신문. 정부, 2025년 UAM 상용화 개시 목표...참가업체들,  
최종사업자 되기 위해 '최선 다할 것'. 5월 25일 기사.  
<https://www.metroseoul.co.kr/article/20230525500078> (검색일: 2024.3.4.)

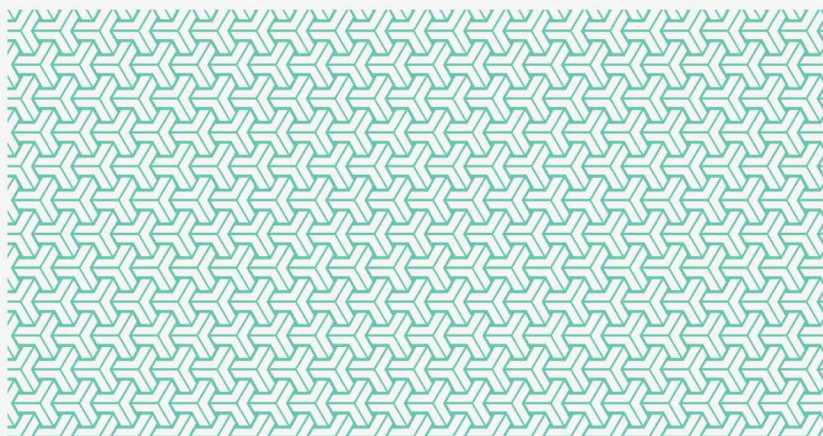
- 현대자동차그룹 뉴스룸. (2023). 현대자동차그룹, 모빌리티와 건물을 연결하는 ‘모바일 이빙 스페이스’ 비전 공개. 1월 30일 기사.  
<https://www.hyundai.co.kr/news/CONT00000000000074484> (검색일: 2024.1.23.)
- BEANO. Funny Robot Fails!. <https://www.beano.com/posts/epic-robot-fails>  
 (검색일: 2024.1.25.)
- MIT Technology Review. (2019). How we'll invent the future, by Bill Gates.  
<https://www.technologyreview.com/10-breakthrough-technologies/2019/> (검색일: 2023.06.22.)
- MIT Technology Review. (2023). MIT 테크놀로지 리뷰가 선정한 2023년 10대 미래 기술.  
<https://www.technologyreview.kr/10-breakthrough-technologies-2023/9>  
 (검색일: 2023.06.22.)
- Othman, K. (2021). Impact of Autonomous Vehicles on the Physical Infrastructure: Changes and Challenges. *Designs* 2021, 5(40), 15.
- PRAUD. (2022). 자율주행시대의 공간과 건축, 그리고 도시. 문화창조산업 전망과 창작 환경 포럼 1부 발표자료. (2022.2.20.)
- Researchgate. (2022). Vertiport design, vertiport placement and other infrastructure.  
[https://www.researchgate.net/figure/Vertiport-design-vertiport-placement-and-other-infrastructure-related-topics-23\\_fig2\\_353347749](https://www.researchgate.net/figure/Vertiport-design-vertiport-placement-and-other-infrastructure-related-topics-23_fig2_353347749) (검색일: 2024.1.24.)
- Sanjay Salomon. (2016). How the self-driving car could eliminate the parking garage in Boston. *Boston.com*. 2월 23일 기사.  
<https://www.boston.com/cars/news-and-reviews/2016/02/23/how-the-self-driving-car-could-eliminate-the-parking-garage-in-boston/> (검색일: 2022.12.11.)
- Skyports. (2023). Skyports Infrastructure's design for vertiports approved in Dubai.  
<https://skyports.net/skyports-infrastructures-design-for-vertiports-approved-in-dubai/> (검색일: 2024.1.23.)
- Skyports. (2022). Vertiport testbed for European Urban Air Mobility testing inaugurated in Paris.  
<https://skyports.net/vertiport-testbed-for-european-urban-air-mobility-testing-inaugurated-in-paris/> (검색일: 2024.1.23.)
- to70. (2022). Vertiports – Initial thoughts on their design.  
<https://to70.com/vertiports-initial-thoughts-on-their-design/> (검색일: 2024.1.24.)
- Uber. uberAIR – taking technology to new heights.  
<https://www.uber.com/en-AU/blog/uberair/> (검색일: 2024.1.23.)

#### [법률 및 고시]

지능형건축물 인증기준 법률 (국토교통부고시 제2016-180호)



# A Study on Planning Standards for Architectural Design Integrated with Spatial-based Innovative Technologies



Nam, Seongwoo

Cho, Sangkyu

Kim, Younghyun

Kwon, Okyu

Kim, Shinsung

Oh, Minjung

## 1. Research Overview

### 1.1. Background and Objectives

Technological advancements like UAM, robots, and autonomous vehicles pose challenges within buildings due to service constraints and increased spatial demands. The slow adoption of technology in the architectural field necessitates urgent planning standards to address associated issues and demands.

This research aims to derive planning standards for buildings, enhancing adaptability during the convergence of spatial-based innovative technologies in the Fourth Industrial Revolution.

### 1.2. Research Methodology

The methodology involves investigating spatial changes in buildings based on applied technologies, gathering expert opinions through surveys, and identifying planning elements through expert surveys. The final step includes organizing considerations, presenting standards, and proposing institutionalization methods.

## 2. Results and Discussions

Chapter 2 discusses architecture changes based on spatial-based technologies. UAM requires standards for vertiports, robots for utilization within buildings, and autonomous vehicles for various considerations. When integrated into buildings, the relationship between systems and building maintenance must be considered.

Chapter 3 finalizes planning elements using international planning standards and expert survey data. Chapter 4 details planning standards for buildings integrating UAM, robots, autonomous vehicles, and spatial-based technologies.

## 3. Conclusion

The proposed planning standards suggest enactment in related laws. However, considering technological limitations, subsequent validation processes, including safety assessments, are crucial for future enhancements.

### Keywords

Spatial-based Innovative Technologies, Mobility, Platform, Planning Standards for Architectural Design, Legal System, Smart+Building