

미래 모빌리티 혁신 대응을 위한 도시 인프라 도입 방향 연구

신도겸 / 김태균 / 신병흔 / 박지은 / 김영인 / 이민재

report

연구관리 2024-045호

미래 모빌리티 혁신 대응을 위한 도시 인프라 도입 방향 연구

지 은 이 신도겸 · 김태균 · 신병훈 · 박지은 · 김영인 · 이민재

발 행 인 김연중

발 행 처 한국토지주택공사 토지주택연구원

주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99

홈페이지 <http://lhri.lh.or.kr>

전화번호 042-866-8569

이 메 일 dkshin@lh.or.kr

- 이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로서 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.
- 우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

미래 모빌리티 혁신 대응을 위한 도시 인프라 도입 방향 연구

Study on the Direction of Urban Infrastructure Implementation for Future Mobility

신도겸 · 김태균 · 신병흔 · 박지은 · 김영인 · 이민재

참여연구진

연구책임

신도겸 LH 토지주택연구원 수석연구원

연구진

김태균 LH 토지주택연구원 연구위원

신병훈 LH 토지주택연구원 책임연구원

박지은 LH 토지주택연구원 주임연구원

김영인 LH 계양부천사업본부 팀장

이민재 LH 토지주택연구원 연구원

연구심의위원(가나다순)

기호영 LH 토지주택연구원 연구위원

김정웅 LH 계양부천사업본부 차장

김필도 LH 품질관리처 팀장

박봉철 부산연구원 책임연구위원

변완희 LH 토지주택연구원 연구위원

신호섭 LH 스마트도시계획처 팀장

윤태관 국토연구원 연구위원

이은엽 LH 토지주택연구원 연구위원(심의위원장)

조영태 LH 토지주택연구원 단장

황석연 LH 스마트건설처 팀장

■ 연구 목적

- 미래 모빌리티의 현황과 상용화 등을 전망
- 미래 모빌리티 도시의 실현을 위해 필요한 인프라를 도출하고, 도입의 방향성을 제시

■ 연구의 범위

- 모빌리티 특화도시가 완공될 것으로 예상되는 2030년을 기준 연도로 설정
- 본 연구에서 고려하는 모빌리티 수단은 다음으로 한정
 - 미래 모빌리티 : 자율주행기반 도로 교통수단(승용차, 버스, 셔틀, DRT)과 UAM
 - 스마트 모빌리티 : 공유차, 전기차
 - 스마트 물류 : 배송로봇, 드론
- 도시 내 교통과 서비스로 한정
- 인프라는 미래 모빌리티의 도입으로 인해 신규 또는 개선이 필요한 인프라로 한정
- 인프라 등의 도입은 항목을 도출하고 방향성을 제시

■ 미래 모빌리티와 도시의 변화 방향

○ 미래 모빌리티로 인한 교통 서비스와 도시의 변화를 요약하면 다음과 같음

- 사람, 친환경 모빌리티 중심의 공간구조
 - 사람들을 위한 공간 확보 우선
 - 소생활권 및 중생활권에 보행, 자전거, PM을 위한 모빌리티 우선권 부여
- 대중교통 중심의 시스템 설계
 - 중생활권과 대생활권을 위한 Mass Transit 중심의 시스템 확보
 - 기존의 대중교통과 미래 모빌리티간 연계 강화
- 개인 승용차 중심에서 DRT로의 전환
 - 개인 승용차 이용과 주차장 건설에서 탈피
 - AV DRT, 셔틀 등을 활용한 서비스 선택권 확장과 더 개인화된 서비스 수요 충족
 - 미래 모빌리티서비스를 위한 인프라 배치
- 더 효율적인 물류 및 배송 시스템
 - 물류 허브와 MFC 확보를 통한 스마트 물류 시스템 확충
 - 서비스 효율 향상을 위한 로봇배송 도입과 인프라 확충
 - 도심 진입 물류차량의 다운사이징



사람 중심의 공간



대중교통 중심 설계



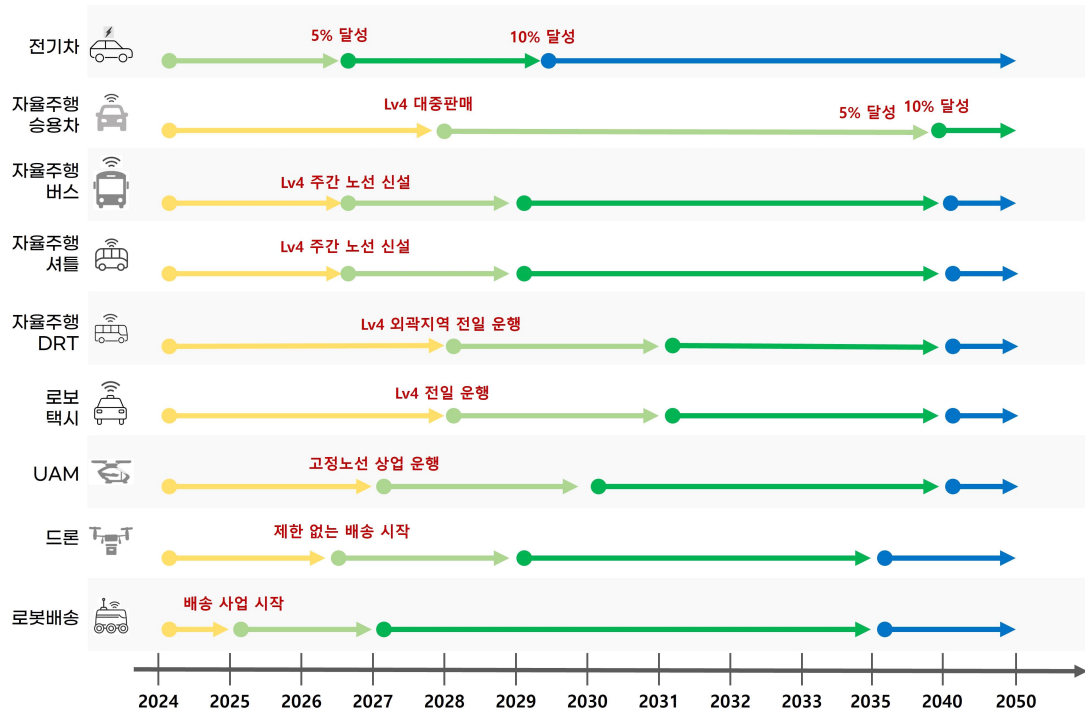
공유 중심으로 전환



효율적인 물류·배송

■ 미래 모빌리티 서비스 상용화 전망

- 전기차, 자율주행차 기반 서비스(승용차, 버스, 셔틀, DRT, 택시), UAM, 드론, 로봇배송에 대해 상용화 시기와 수준을 전망
- 현재 기준으로 전기차가 가장 활성화되어 있으며, 로봇배송과 드론배송이 뒤따를 것으로 전망
- 자율주행차의 경우 일반 대중이 Lv4 수준의 차량을 구매할 수 있는 시기는 2027년 이후가 될 것이지만, 버스와 셔틀이 그보다 먼저 상용화되어 일반인이 이용할 수 있을 것으로 전망
- UAM의 경우 기체 인증문제가 해결되고 적절한 수요가 있다면 빠른 성장이 가능하지만, 수요와 노선, 이용 요금 등에 따라 변동 가능성이 큼
- 그리고 버티포트라는 인프라가 필수이므로 버티포트를 얼마나 빠르게 확장할 수 있느냐 역시 주요 이슈가 될 것임

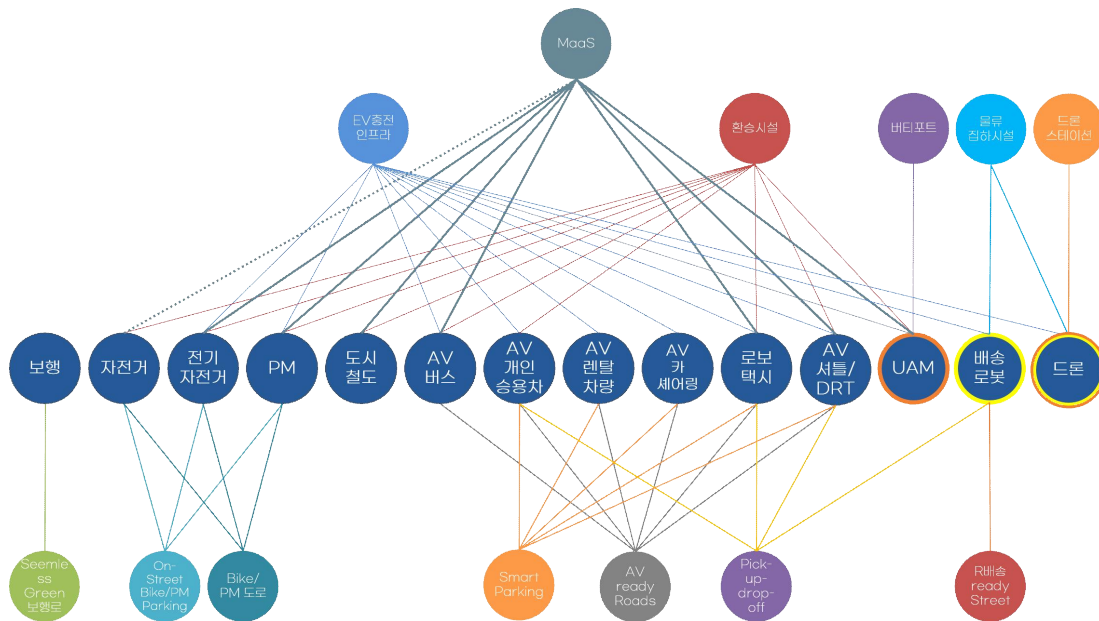


■ 미래 모빌리티 수단과 관련 인프라 도출

- 현재 운영 중인 개인, 대중교통, 승차 공유, 물류 분야의 대표적인 교통수단은 CASE+A로 대표되는 모빌리티 혁신을 통해 새로운 모빌리티로 진화



- 미래 모빌리티 수단 별 필요한 인프라를 도출하면 다음의 그림과 같음



■ 미래 모빌리티 인프라 도입 방향

- 미래 모빌리티 수단별 관련 인프라의 도입 방향에 대해 검토하고 제시함
- 전기차 충전인프라
 - 도시 내에 기존의 주유소의 역할을 대신할 수 있도록 On-going 서비스를 제공하는 급속충전시설 확충
 - 단순 충전소의 역할이 아닌 여러 주민 친화적 편의시설을 포함하는 복합충전 시설의 형태로 도입
 - 환승센터와 주차장 등 주요 교통시설물에 전기차 복합충전시설 설치
- 자율주행차 스마트 주차장
 - 자율주행기반 차량의 보관 기지의 역할을 수행
 - DRT, 로보택시 등의 자율주행 기반 서비스의 침투시간 수요에 맞춰 권역별로 다양한 방식으로 근접한 위치에 배치
 - 자율주행차의 비율이 낮은 초기에는 주차빌딩 등의 시설을 자율주행차 전용 층과 일반차 층으로 구분하여 설치
 - 자율주행차를 위한 주차공간은 일반 전기차나 내연기관차와 공간을 분리 설치
- 자율주행차 전용도로
 - 자율주행차 운행 초기(2030년경)에는 접근 및 진입 지원을 위한 가이드 차선의 형태로 필요시 설치
 - 차로폭은 현실성이 높은 2.75m 수준이 적합
- 자율주행차 승·하차공간
 - 2030년경의 초기에는 가로변의 승·하차공간(Pick-up & Drop-off 존)을 정비
 - 중·장기적으로는 보도변 공간을 다양한 시간적, 공간적 수요에 대응할 수 있는 Flex Zone을 설치
- UAM 버티포트
 - 도시의 입지 여건에 맞춰 버티포트의 역할과 규모를 결정
 - UAM은 GTX 등의 광역철도, 도시철도 등 타 교통수단과 연계가 필수적이므로 버티포트는 환승 시스템을 고려하여 설계
 - 복합개발을 통해 사업성을 높임

○ 환승시설

- 미래 모빌리티의 핵심 트렌드를 반영하여 모빌리티 허브의 개념 도입
- 공공 모빌리티 수단과 공유 모빌리티 수단을 모두 제공
- 개인 승용차 이용을 감소시킬 수 있도록 공간의 재설계
- 확장된 전체 네트워크와 조화
- 자율주행 등 새로운 모빌리티 수단을 위한 설계
- 전기차 등 편의시설 제공
- 환승 시간 감소를 위한 최적 공간 배치 및 이동 계획
- 모빌리티 허브를 도시의 규모와 역할에 따라 모빌리티 허브, 로컬 허브, 마이크로 허브로 구분하여 도입

○ 드론배송

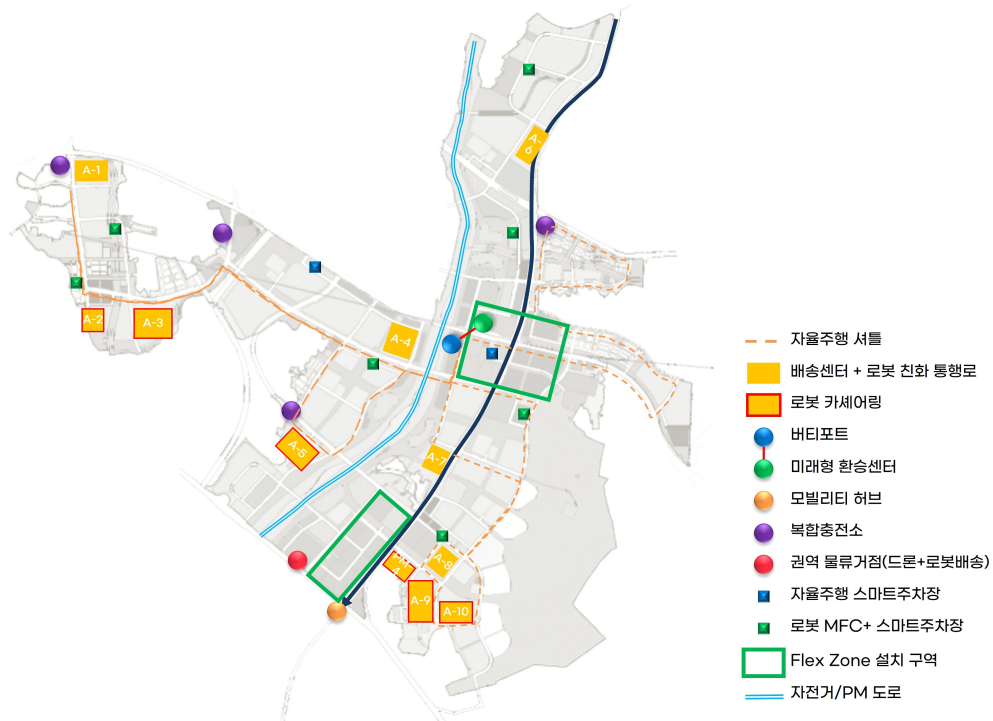
- 대상 도시의 서비스 권역을 설정하고 필요 시설 설치
- 설치 시설은 다음과 같으며, 서비스 지역의 특성에 따라 설치함
 - 드론 스테이션
 - 드론 랜딩 사이트
 - 드론을 위한 3D 주소 지도

○ 로봇배송

- 로봇배송의 활성화를 위해서는 다음의 인프라를 정비 및 도입 필요
 - 로봇배송을 고려한 MFC와 같은 스마트 물류 집화 시설
 - 아파트 단지 등 밀집 지역에 대한 배송을 고려할 때 단지 내 택배 집적소
 - 배송로봇이 이동하기 편한 로봇 Friendly 통행로(보도 및 차도)
 - 공동주택(아파트 단지) 내의 빠르고 효율적인 배송을 위해 배송로봇 이동로
 - 배송로봇을 위한 위치 및 주소 인식 장치
 - 배송로봇의 마더쉽 화물화를 위한 정차 공간(Flex Zone)
 - 서비스 지역의 환경에 따라 필요한 시설을 정비 및 설치

■ Case Study

- 고양창릉지구를 대상으로 적합한 미래 모빌리티 서비스와 인프라 도입 안을 제시
- 모빌리티 서비스로 GTX 서비스와 연계되는 자율주행 셔틀 (또는 DRT) 서비스, 공공임대단지를 위해 기존의 행복카 서비스를 개선한 자율주행 카셰어링, UAM, 드론 및 로봇배송 서비스를 도입을 제안
- 미래 모빌리티 도시에 걸맞도록 관련 인프라 역시 도입을 제안
 - 전기차 복합충전시설
 - 스마트 주차장
 - 버티포트와 미래형 환승센터(창릉역), 모빌리티 허브(한국항공대역)
 - 드론 및 로봇배송을 위한 거점(MFC)와 물류집하시설
 - 중심 상업·업무지역에 Flex Zone 도입
 - 고양창릉지구의 수변공간을 활용한 자전거/PM 노선



주제어

미래 모빌리티, 모빌리티 인프라, 모빌리티 전망, 도시계획

제1장 서론	1
1. 연구 배경 및 목표	1
2. 연구의 범위 및 수행 계획	3
2.1. 연구의 범위	3
2.2. 주요 연구 내용	3
2.3. 연구 수행 방법	4
 제2장 미래 모빌리티 전망	 5
1. 모빌리티 혁신	5
1.1. 모빌리티의 정의와 변화	5
1.2. 모빌리티의 패러다임 변화	6
2. 기존 연구를 통한 미래 교통 및 도시변화 전망	13
2.1. 미래 교통의 변화 전망	13
2.2. 모빌리티 혁신에 의한 미래 도시변화 전망	17
2.3. 자율주행시대의 미래 도시와 교통의 변화 방향 시사점	21
3. 미래 모빌리티 서비스 상용화 전망	23
3.1. 전기차	23
3.2. 자율주행차	25
3.3. UAM	27
3.4. 드론	29
3.5. 배송로봇	31
3.6. 차량공유(카셰어링) 전망	35
3.7. 상용화 및 활성화 전망 종합	38

제3장 모빌리티 관련 법·제도 ————— 39

1. 모빌리티 활성화 —————	39
2. 자율주행 —————	41
3. UAM/드론 —————	46
4. 전기차 —————	48
5. 로봇배송 —————	53
6. DRT 등 차량공유 —————	59
7. 모빌리티 허브(Mobility Hub) —————	62
8. 소결 —————	64

제4장 미래 모빌리티 수단과 관련 인프라 검토 ————— 67

1. 미래 모빌리티 혁신 —————	67
2. 미래 모빌리티 검토 —————	68
2.1. 미래 모빌리티 수단 —————	68
2.2. 미래 모빌리티 서비스 —————	81
2.3. 미래 모빌리티 인프라 —————	83
3. 미래 모빌리티 수단과 인프라 구성 정의 —————	94

제5장 미래 모빌리티 인프라 도입 방향 ————— 97

1. 미래 모빌리티를 위한 인프라별 도입 방향 —————	97
1.1. 검토 대상 인프라 —————	97
1.2. 전기차 충전인프라 —————	98
1.3. 자율주행차를 위한 인프라 —————	102
1.4. UAM —————	110
1.5. 환승시설 —————	115
1.6. 드론 —————	122
1.7. 로봇배송 —————	125
1.8. 미래 모빌리티를 위한 디지털트윈 —————	129

2. Case Study	133
2.1. 고양창릉 지구 개요	133
2.2. 미래 모빌리티 서비스 및 인프라 도입 검토(안)	137
제6장 결 론	145
1. 연구결과	145
2. 연구의 한계와 향후 연구	146

표차례 List of Tables

[표 2-1] 기존 교통과 모빌리티의 차이	5
[표 2-2] 국내 전기차 비율	23
[표 2-3] 전기차 보급률 전망	24
[표 2-4] 주요도시의 UAM 서비스 상용화 일정	27
[표 2-5] K-드론배송 상용화 로드맵	30
[표 2-6] 쏘카의 사업 내용	37
[표 3-1] 실외이동로봇 운행안전기준	55
[표 5-1] 미래 모빌리티 수단과 인프라 요약	97
[표 5-2] 해외 연구의 자율주행자동차를 위한 도로폭	106
[표 5-3] 미국 Seattle시의 Flex Zone 활용 Use Cases	108
[표 5-4] 국가 R&D에서 정의한 Flex Zone 개념	109
[표 5-5] 버티포트의 입지별 유형	110
[표 5-6] 도시 내 용도지역별 소음 기준	113
[표 5-7] 도시 내 용도지역별 소음 기준	114
[표 5-8] 고양 창릉 인구 및 주택 계획	135
[표 5-9] 고양창릉 전기차 보급 대수 및 필요 초급속충전기 수 전망	136

그림차례 List of Figures

[그림 1-1] 연구의 수행 절차	4
[그림 2-1] 커넥티드카 서비스 시장전망	7
[그림 2-2] 자율주행 단계별 구분	8
[그림 2-3] 자율주행의 세계시장 전망	8
[그림 2-4] 차량 공유 시장 전망 : 이용 구분에 따른 분담률	9
[그림 2-5] 전기차 시장전망	10
[그림 2-6] 전세계 UAM 시장 규모와 지역별 전망	11
[그림 2-7] 미래 모빌리티에 대한 새로운 정의	12
[그림 2-8] CASE의 확산 시기와 발전방향	13
[그림 2-9] 호주의 향후 자율주행 승용차 이용 의향	14
[그림 2-10] 자율주행기반 도로 교통수단의 시장 변화	14
[그림 2-11] 모빌리티 서비스의 진화 방향	15
[그림 2-12] 모빌리티 플랫폼의 진화와 MaaS	16
[그림 2-13] 모빌리티의 발전 방향	16
[그림 2-14] 미래 도시의 변화 방향	17
[그림 2-15] 공간활용 변화의 다양한 사례	18
[그림 2-16] 자율주행 DRT에 의한 가로 수요 변화(오스트리아 빈)	19
[그림 2-17] 공공공간의 변화 방향 컨셉(오스트리아 빈)	19
[그림 2-18] 공간활용 변화의 다양한 사례	20
[그림 2-19] 미래도시와 교통의 변화 방향성	22
[그림 2-20] 현재자동차 아이오닉 5 로보택시	25
[그림 2-21] 국내 자율주행자동차 보급률(MPR) 전망	26
[그림 2-22] 주요 UAM 기체	28
[그림 2-23] 로봇 시장 추이	31
[그림 2-24] Starship Technologies의 매출 규모	33

[그림 2-25] Nuro의 배송서비스용 R2	33
[그림 2-26] 배민의 딜리 드라이브 서비스	34
[그림 2-27] 롯데글로벌로지스의 차량+로봇배송 서비스	34
[그림 2-28] 국내 신차등록 대수 추이와 서울 나눔카 운영 현황	35
[그림 2-29] 카셰어링 업계 현황 및 전망	35
[그림 2-30] 카셰어링 업계 성장	36
[그림 2-31] 쏘카 부름 서비스 이용 및 매출 추이	36
[그림 2-32] 쏘카가 구상하는 MaaS 플랫폼	37
[그림 2-33] 미래 모빌리티 수단별 상용화 및 활성화 전망	38
[그림 3-1] 환승센터의 유형	63
[그림 4-1] 모빌리티 혁신	67
[그림 4-2] 로봇택시 요금과 수익 전망	69
[그림 4-3] 우버의 로보택시 도입시 매출액 추정	69
[그림 4-4] 현대자동차 PBV 개념	70
[그림 4-5] UAM 활용 범위	73
[그림 4-6] UAM 실현 시 평균 통행시간 예측	74
[그림 4-7] UAM 실현 시 평균 통행시간 예측	74
[그림 4-8] UAM 발생 소음과 타 소음 비교	75
[그림 4-9] 우버의 UAM 요금 목표	75
[그림 4-10] DHL에서 구상하는 도심의 배송 드론에 의한 라스트마일 서비스	77
[그림 4-11] 윈의 배송드론 시스템	78
[그림 4-12] 배송로봇 사례	80
[그림 4-13] 로봇의 보도상에서의 행태	80
[그림 4-14] MaaS의 개념	82
[그림 4-15] 미래형 환승센터 시범사업지 조감도(안)	84
[그림 4-16] 대전역 미래형 환승센터 컨셉(안)	84
[그림 4-17] 캐나다 온타리오 Kipling Transit Hub	85
[그림 4-18] 미국 콜로라도 덴버 Union Station	86
[그림 4-19] 미국 시카고 Millennium Station	87
[그림 4-20] 독일 브레멘Muti-modal transit hub	88
[그림 4-21] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 UAM 항로 시뮬레이션	90

[그림 4-22] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 빌딩풍 분석 시뮬레이션	91
[그림 4-23] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 UAM 시뮬레이터 구현	91
[그림 4-24] 3D 지도 품질 비교(브이월드 vs 구글어스)	92
[그림 4-25] 로딩 문제로 인한 모델링 객체 부분생성	92
[그림 4-26] 브이월드의 모델링 문제점	93
[그림 4-27] 디지털 트윈에서의 도로 환경 구축 사례	93
[그림 4-28] 모빌리티 수단의 변화	94
[그림 4-29] 미래 모빌리티를 위한 관련 인프라	96
[그림 5-1] 평면 계획 예시	99
[그림 5-2] 시그니처 디자인	100
[그림 5-3] 차별화 디자인	100
[그림 5-4] 화재 안전에 대비한 안전성	101
[그림 5-5] 대지 규모에 따른 선택 유연성	101
[그림 5-6] HDV와 AV를 위한 주차장 단면 설계 비교	102
[그림 5-7] 자율주행차 전용 스마트 주차장 컨셉 디자인 사례	103
[그림 5-8] AMR형 주차로봇 예시(HL Mando Parkie)	104
[그림 5-9] 자율주행전용 진출입로	105
[그림 5-10] 자율주행시대의 보도변 공간의 활용	107
[그림 5-11] 승하차 공간의 가변적 사용 예시	109
[그림 5-12] UAM 버티포트와 미래형 환승센터 개념	111
[그림 5-13] 버티포트기반 복합환승센터 개발 개념도(롯데 컨소시엄)	112
[그림 5-14] 버티포트 입지검토 사항	113
[그림 5-15] 이동의 Framework 변화 전망	116
[그림 5-16] 모빌리티 허브의 역할과 구성	118
[그림 5-17] 모빌리티 허브 컨셉	118
[그림 5-18] 복합개발 방식별 개념	120
[그림 5-19] 일본 입체도시계획제도	121
[그림 5-20] 미국 입체복합개발	121
[그림 5-21] GS 칼텍스의 가스충전-드론 복합스테이션 컨셉	123
[그림 5-22] 고층건물을 위한 드론 착륙장 컨셉 디자인	124
[그림 5-23] 모듈러 형식의 도심 드론 랜딩 시설	124

[그림 5-24] 보도위에 로봇 통행 방해 상황	126
[그림 5-25] 배송로봇과 장애인 친화 교차로	127
[그림 5-26] 배송로봇 마더쉽 화물차와 배송로봇	128
[그림 5-27] 부분 업데이트 가능한 방식 사례	129
[그림 5-28] 로딩 방식 비교	130
[그림 5-29] 정밀한 지형 표현	130
[그림 5-30] 고정밀 고해상도 3차원 공간지도 구축 사례	131
[그림 5-31] 고정밀, 고해상도 3D 맵 도로 표현	131
[그림 5-32] 고정밀, 고해상도 3D 맵의 실제 골목길 구현 모습	132
[그림 5-33] 고양 창릉 공공주택지구	133
[그림 5-34] 고양 창릉 토지이용계획	134
[그림 5-35] 고양창릉 교통망 계획	136
[그림 5-36] 자율주행 기반 서비스 도입(안)	138
[그림 5-37] 버티포트와 환승 인프라 도입(안)	140
[그림 5-38] 복합충전소 및 스마트주차장, MFC 도입(안)	141
[그림 5-39] 드론 및 로봇 배송을 위한 인프라 도입(안)	142
[그림 5-40] Flex Zone 및 자전거/PM 도로 도입(안)	143
[그림 5-41] 미래 모빌리티 서비스 및 인프라 도입 계획(안)	144

제1장 서론

1. 연구 배경 및 목표

■ 연구의 배경

- 교통수단의 발전이 인간의 삶의 방식과 도시의 공간구조를 크게 바꿀 수 있다는 것은 명백한 사실
 - 20세기 초 자동차의 보편화와 도로의 건설은 중·원거리 교통에 혁신을 가져왔으며, 도시의 확장과 원거리에 위치한 주거지 건설을 촉진시킴
- 21세기에 들어 4차 산업혁명과 더불어 자율주행, UAM으로 대표되는 미래 모빌리티가 점점 부상하고 있으며, 미래 모빌리티가 우리의 삶의 방식과 도시 공간 구조를 큰 틀에서 변화시킬 것이라는 전망이 쏟아져 나옴
- 따라서 미래의 도시를 계획 및 설계하는 데 미래 모빌리티의 변화에 대한 고려가 중요한 쟁점이 되고 있음
- 국토교통부는 도시 공간을 모빌리티 시대에 맞도록 재설계하고, 모빌리티 산업을 육성하기 위한 모빌리티 혁신 로드맵을 발표(‘22.9)하여 새로운 모빌리티 시대를 준비하려고 함
 - 자율주행차 분야에서는 2025년 자율주행 버스 및 셔틀 출시, 2027년 Lv4 수준의 자율주행차의 상용화 달성, 2030년까지 자율주행 인프라 구축 완료 목표
 - UAM 분야는 20‘25년 상용 서비스 출시, 2030년 서비스 전국 확산 목표
 - 미래 모빌리티 서비스를 구현하는 도시의 실현을 위해 2023년 모빌리티 특화도시 공모 및 선정, 2030년 신도시형 모빌리티 특화 도시 입주 및 대도시권 MaaS 스테이션 조성 완료 목표
 - 3기 신도시 1곳을 모빌리티 특화 도시로 추진 계획
 - ※ MaaS 센터(미래형 환승센터)는 GTX, 지하철, 버스 등 광역교통 및 UAM, 자율주행기반 공유차, 수요응답형셔틀 등의 기존 및 미래 모빌리티가 MaaS 서비스와 함께 구현되는 환승센터

- 국토교통부가 추진하는 모빌리티 특화 도시는 미래 모빌리티의 도입에 맞춰 도시의 공간 구조를 재설계하는 수준의 변화를 요구하며, 이를 위해 도시 공간구조 설계기준의 재정비를 추진 중
 - 모빌리티 혁신 포럼을 발족하였으며, 하위 분과위원회에 도시공간구조 분과 운영을 통해 모빌리티 특화 도시 조성을 위한 도시공간의 설계 기준 변경 등의 의제를 논의함
 - ※ 모빌리티 혁신 포럼은 자율주행, UAM, 친환경차, 디지털물류, 모빌리티서비스, 공간구조의 6개 분과위원회를 운영
- 정부의 미래 모빌리티 도시의 실현 정책에 발맞춰 공사의 3기 신도시의 모빌리티 특화 도시 추진과 국토부의 공모 대응 및 도시 공간 재편 정책에 대한 적극적인 참여와 공사의 의견 반영이 절실함
- 이에 관련 정책 대응과 업무 추진을 위한 이론적 기초를 확보하고 제도 개선 등에 대응하기 위한 기초 연구가 필요함

■ 연구의 목적

- 미래 모빌리티의 현황과 상용화 등을 전망
- 미래 모빌리티 환경에 대응하기 위한 인프라를 검토하고 도입 방향을 도출

2. 연구의 범위 및 수행 계획

2.1. 연구의 범위

■ 시간적 범위

- 모빌리티 특화도시가 완공될 것으로 예상되는 2030년을 기준 연도로 설정

■ 공간적 범위

- 신도시를 기준으로 하지만 별도로 설정하지 않음
- Case Study 대상은 고양창릉 공공택지지구로 함

■ 내용적 범위

- 본 연구에서 고려하는 모빌리티 수단은 다음으로 한정
 - 미래 모빌리티 : 자율주행기반 도로 교통수단(승용차, 버스, 셔틀, DRT)와 UAM
 - 스마트 모빌리티 : 공유차, 전기차
 - 스마트 물류 : 배송로봇, 드론
- 도시 내 교통과 서비스로 한정
- 인프라는 미래 모빌리티의 도입으로 인해 신규 또는 개선이 필요한 인프라로 한정
- 인프라 등의 도입은 항목을 도출하고 방향성을 제시

2.2. 주요 연구 내용

- 미래 모빌리티 전망
 - 미래 모빌리티의 변화 트렌드
 - 미래 교통 및 도시변화 전망
 - 미래 모빌리티의 상용화 전망
- 미래 모빌리티 관련 법·제도 검토
 - 연구의 범위에 해당하는 모빌리티 수단에 대한 관련 법 검토
- 연구 대상 미래 모빌리티 인프라 정의
 - 미래 모빌리티 수단별 변화 및 이슈 검토

- 수단별 필요 인프라 도출
- 미래 모빌리티 인프라 도입 방향 도출
 - 인프라별 도입 방향 제시
 - 3기 신도시의 미래 모빌리티 서비스 및 관련 인프라 도입 방안 제시
- ※ Case study를 위한 도시는 고양창릉공공택지지구

2.3. 연구 수행 방법

1) 문헌 자료 조사

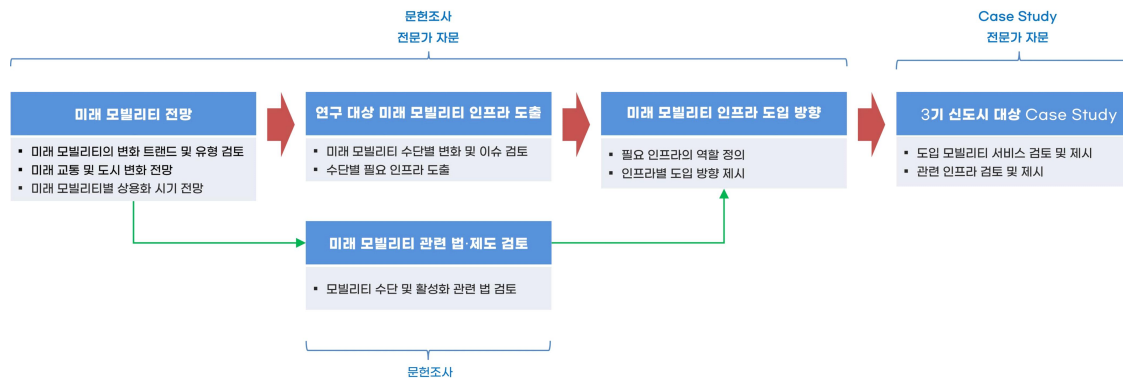
- 미래 모빌리티와 관련 인프라 정의
- 미래 모빌리티 관련 법·제도 검토
- 미래 모빌리티의 상용화 전망
- 미래 모빌리티 인프라 도입 방향 도출

2) 전문가 그룹 및 관련 기관 자문

- 미래 모빌리티의 상용화 전망
- 미래 모빌리티 인프라 도입 방향 도출

3) Case Study

- 미래 모빌리티 도입 서비스와 인프라를 컨셉 차원에서 검토



[그림 1-1] 연구의 수행 절차

제2장 미래 모빌리티 전망

1. 모빌리티 혁신

1.1. 모빌리티의 정의와 변화

- 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률 제2조는 모빌리티를 ‘사람 또는 물건을 한 장소에서 다른 장소로 이동하거나 운송하는 행위, 기능 또는 과정으로서 이와 관련한 수단, 기반시설 및 일련의 서비스를 통하여 확보할 수 있는 수요자 관점을 고려한 포괄적 이동성’으로 정의함
- 모빌리티는 지속으로 진화해 왔으며 각각의 발전은 다음과 같이 구분할 수 있음¹⁾
 - 1차 혁명: 바퀴의 발명과 동물의 힘을 이용하는 동력 모빌리티의 발전
 - 2차 혁명: 석탄을 이용하는 증기기관차를 시작으로 내연기관의 발명
 - 3차 혁명: 내연기관의 효율 향상과 대량생산을 통한 자동차 일반화
 - 4차 혁명: 4차산업혁명의 진행을 통한 디지털혁명을 통한 서비스(플랫폼) 혁신
- 모빌리티란 단어가 기존의 교통이란 단어와 큰 차이점은 이용자 중심의 편의성에 있음
- 기존 교통은 공급자와 수단 중심인 반면, 모빌리티는 이용자의 요구와 편의를 위한 최적 서비스 제공이 핵심임

[표 2-1] 기존 교통과 모빌리티의 차이

구분	기존 교통	모빌리티
핵심 가치	공급자 관점의 효율성 향상	이용자 중심의 이동성 향상
서비스	지점과 지점을 연결하는 단순 이동	이용자의 편의를 위한 맞춤형 서비스
수단	기존 교통수단 (자동차, 철도, 버스, 항공 등)	기존 교통수단 + 미래 모빌리티 수단(UAM, 자율주행기반 차량 등)
인프라	물리적 인프라 중심	디지털 인프라 중심
서비스 주체	공공, 관리와 규제 중심	민간, 서비스 품질과 고객의 니즈 중심

1) 삼일PwC경영연구원(2023), 모빌리티 서비스 시장의 미래: M.I.L.E, Paradigm Shift, vil(4)

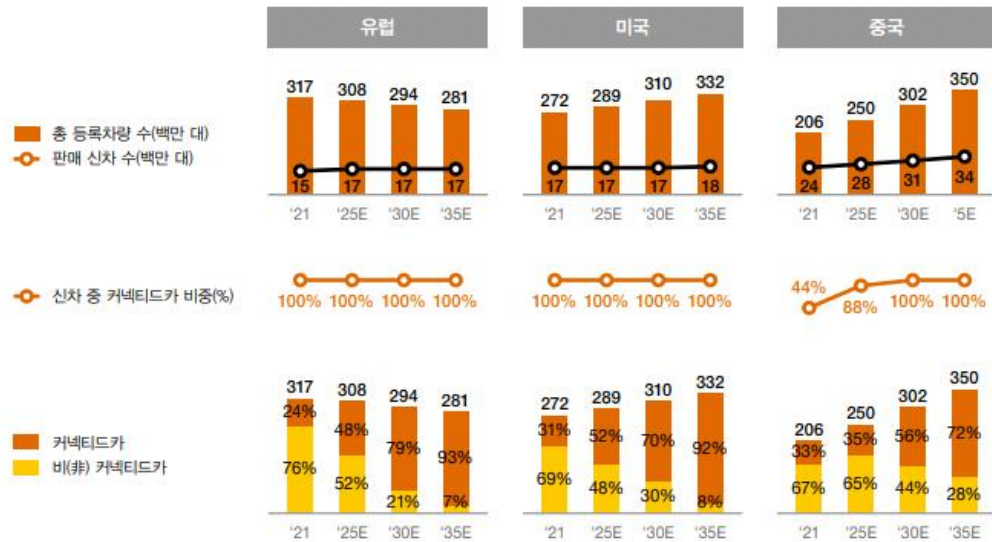
1.2. 모빌리티의 패러다임 변화

- 기술의 변화가 사회·경제적 여건의 변화를 주도하고 있으며 가치관의 변화를 동반
- 기술혁신으로 인한 디지털사회의 도래와 연결성이 강조되는 초연결사회로의 진화는 사회를 크게 변화시키고 있음
- 디지털로 서로 연결된 사회는 이전과 비교하기 어려울 정도로 풍부한 지식과 정보를 습득하게 하고 개인의 필요를 충족시키고 문제를 해결함과 더불어 자동화 및 지능화를 추구함
- 기존의 효율성 중심의 사고방식에서 벗어나 사람들이 더 다양한 라이프 스타일과 가치를 추구하게 함
- 디지털 사회의 접속과 공유의 철학에 기반한 공유경제와 공유사회의 형성으로 소유에서 공유로 생활방식의 큰 변화를 일으키고 있음
- 교통분야 역시 기술의 발전과 가치관 변화에 따라 교통에서 모빌리티로의 전환이 빠르게 진행 중임
 - 개인 승용차와 기존 대중교통 수단에 더하여 차량공유 등 새로운 교통수단이 출현하여 더 효율적이고 경제적인 이동 수단을 선택할 수 있게 됨
 - 친환경 기조를 중심으로 대기오염, 교통정체 등을 줄이기 위한 불필요한 차량 이용의 제한에 대한 공감대가 형성됨
 - 스마트폰과 IT 기술의 빠른 발전으로 인해 개인 맞춤형 이동 서비스의 구현이 가능
- 이러한 서비스 중심의 미래 모빌리티로의 변화를 주도하는 핵심 패러다임을 일반적으로 CASE (Connected, Autonomous, Shared, Electric)로 표현하고 있음

1) 커넥티드(Connected)

- 넓은 의미에서는 자동차 또는 이동 수단이 스마트폰, 사무실, 도시의 다양한 인프라 시설과 통신을 통해 사물인터넷(IoT)의 일부가 되는 것을 의미
- 이동 수단으로 한정하면 차량 내에 설치된 통신 모듈을 통해 내·외부 인프라 및 기기 등과 데이터 공유가 가능한 상태를 말함
- 이를 통해 차량 원격제어, 차량안전관리, 차량 관리, 최적 경로 탐색 등의 네비게이션 서비스 등이 가능

- 맥킨지 추산으로 현재 전 세계 신차의 50%는 커넥티드 기능이 탑재되고 있으며, 2030년까지 95%에 달할 것으로 전망



[그림 2-1] 커넥티드카 서비스 시장전망

자료: PwC (2021)

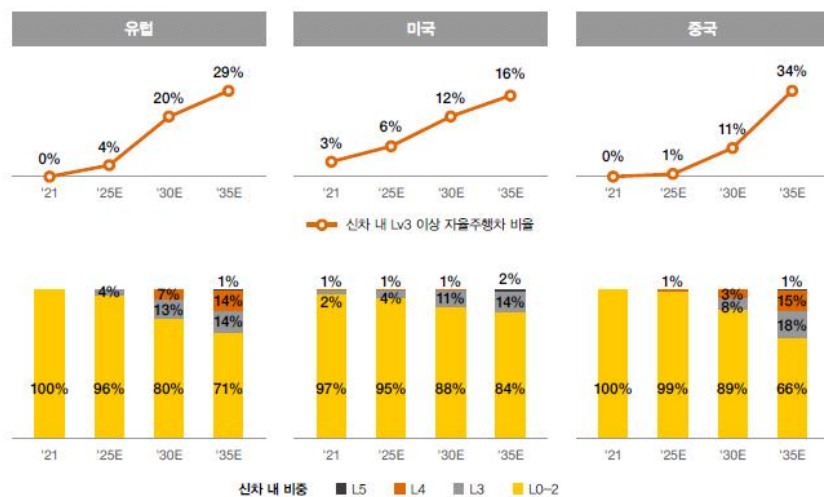
2) 자율주행(Autonomous)

- 자율주행은 운전자 또는 승객의 조작 없이 이동 수단이 자체적으로 인지·판단·제어를 수행하여 운전하는 것을 의미
- 일반적으로 Lv3(필요 구간에 한해 조건부 자율화, 운전자 필요) 이상이면 실질적으로 자율주행 기능을 수행한다고 판단하며, 자동차의 경우 상용화를 단계에 진입 중
 - 현재 다수의 자동차 제조사가 Lv3 단계를 기능을 테스트 중이며, GM 크루즈의 경우 부분적으로 상업 운행을 진행 중
 - 본격적인 확산은 2030년 이후에 가능할 것으로 전망됨
- 단 완전자율주행 Lv5(운전대가 없는 상시 자율주행) 단계는 향후 10년 이상이 더 소요될 것으로 전망
 - Lv5 단계의 자율주행차는 2035년 이후에도 전체 신차 중 1% 미만으로 예상



[그림 2-2] 자율주행 단계별 구분

자료: 변완희(2021)

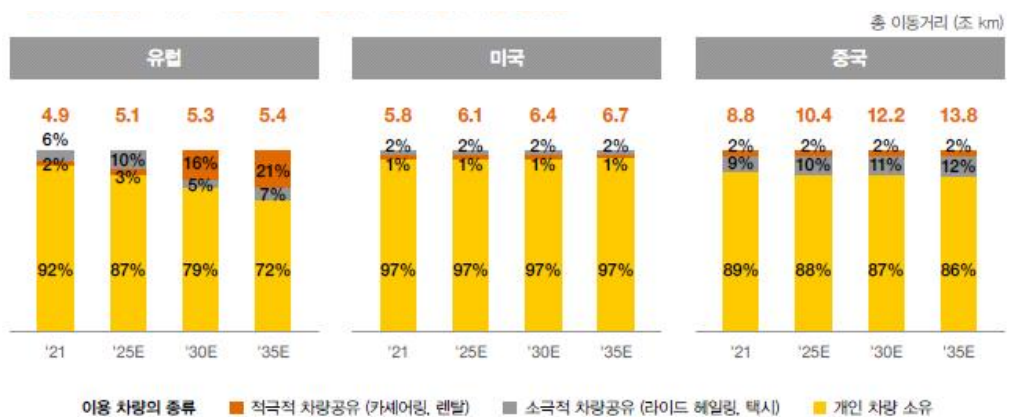


[그림 2-3] 자율주행의 세계시장 전망

자료: PwC (2021)

3) 공유(Shared)

- 스마트폰의 보급과 IT 기술의 발달에 따라 이동수단과 사용자를 연결하는 차량 공유서비스가 가능해짐
 - 스마트폰의 보급은 탐색비용과 거래 위험을 많이 감소시켜 이용자의 편리를 강화
- 전 세계적으로는 현재 모빌리티 산업에서 가장 성장이 진행 중인 분야
 - 개인 승용차는 실제 운행 시간은 보유시간의 5%에 불과하여 활용도가 극히 낮은 수단으로 가격과 편의성에 이득이 있다면 보유보다는 공유로 전환할 가능성이 높음
 - 미국 등에서는 개인 보유 승용차를 공유 차량으로 제공할 수 있는 비즈니스 모델이 활성화되어 더욱 발전하는 경향이 있음
- EU 지역을 중심으로 공유가 활성화되고 있으며, 2025년에는 전체 차량 이동량 중 13%, 2035년에는 28%까지 확대 예상
- 차량은 공유는 상대적으로 국토가 작은 국가와 도시 내 중거리 이동 수요가 많은 국가에서 활성화될 가능성이 더 높음
- 향후 자율주행과 커넥티드 카와 결합하여 수익모델 창출이 가능할 것으로 전망

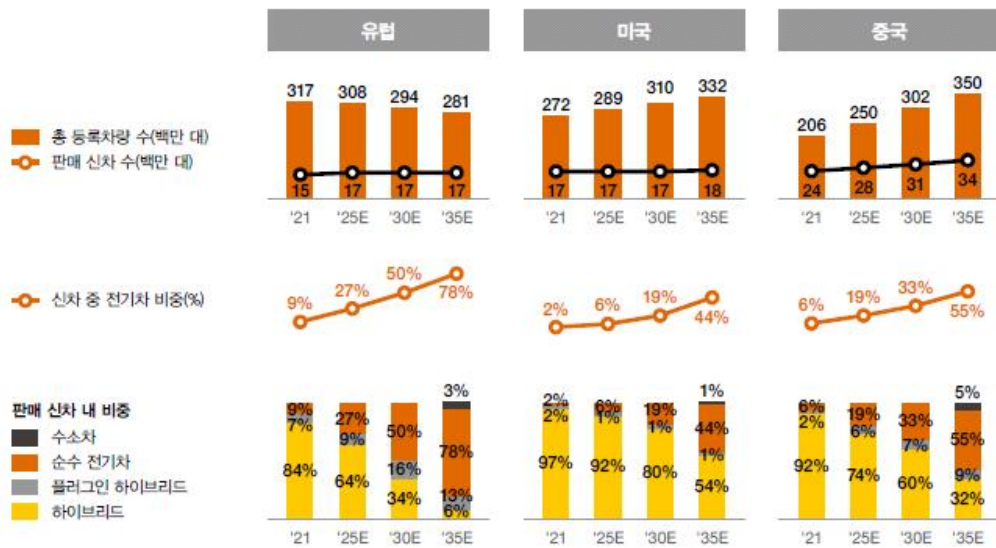


[그림 2-4] 차량 공유 시장 전망 : 이용 구분에 따른 분담률

자료: PwC (2021)

4) 전동화(Electric)

- 4차 모빌리티 혁명을 선도하고 있는 전동화는 차량의 구동 및 관련 기능을 모터와 배터리로 대체하는 것으로, 친환경 기조에 맞춰 빠르게 확산 중
- 그 이면에는 차량의 모든 기능을 컴퓨터로 제어할 수 있는 기술과 이로 인한 모빌리티 서비스가 가능한 환경을 제공한다는 데 의미가 있음
- 전기차의 상대적으로 단순한 구조는 하드웨어가 아닌 소프트웨어 중심의 설계를 가능하게 하고, 차량의 기능을 소프트웨어로 제어함에 있어 내연기관차에 비해 효율성을 부여함
 - 현재 급격한 시장 확장이 다소 주춤하고 있으며, 차량 가격의 하락 수준과 배터리 기술의 발전, 충전시설의 확충 수준에 따라 유동성이 있음



[그림 2-5] 전기차 시장전망

자료: PwC (2021)

5) 미래 모빌리티 패러다임에 대한 다른 시각

- 미래 모빌리티의 대한 시각은 2020년 이후 새로운 기술과 트렌드가 소개 되고, 사회적 역할의 변화와 이용자 니즈의 다양화에 따라 점차 변화하고 있음
- 앞에 CASE는 전반적으로 자동차 중심의 트렌드 변화의 관점이며, 현재는 UAM으로 대표되는 새로운 교통수단의 대두로 인해 모빌리티의 범위 재설정과 기술이 아닌 이용자 중심의 시각이 요구됨

■ 모빌리티 활동 공간의 확장

- 모빌리티의 범위가 기존의 육상과 해상에서 항공으로 크게 변화하고 있으며, 영역파괴, 안전에 대한 관심 증대, 새로운 사용자 경험 추구의 트렌드를 보임
- 특히 도시와 광역 모빌리티의 영역이 항공으로 확장되는 도심항공모빌리티(Urban Air Mobility, 이하 UAM)핵심 요소로 부상함
 - 도심 또는 인근 지역으로 사람과 화물을 항공으로 운송하는 수단으로 포화상태인 도로 교통 문제를 해결할 수 있는 대안으로 제시됨
 - 유사분야로 드론의 경우 일반적으로 화물수송용의 소형 기체를 의미함



[그림 2-6] 전세계 UAM 시장 규모와 지역별 전망

자료: Morgan Stanley(2019), 한국무역협회, 삼일PwC경영연구원

- 자율주행의 지연과 UAM의 부상은 이동수단의 안전에 대한 이용자의 관심을 증폭시키는 계기가 되고 있으며, 이는 신기술 또는 새로운 이동수단에 대한 사회적 수용성 확보의 필요성이 강조됨
- 인공지능 스피커와 자동차의 결합으로 자동차가 점차 스마트 가전제품의 형태로 진화하고 있으며, 이동수단과 IT의 경계가 사라지고 있음

■ 사회적 요소 고려

- 미래 모빌리티의 정책적 방향성을 제시하는 것으로 교통의 수용용량 증대와 비용절감, 접근성의 향상, 안전 증대, 친환경을 위한 다양한 대안 모색

■ 사용자 중심의 관점

- 현재 사회 변화의 큰 흐름인 “사용자 경험을 우선가치로 한다”는 개념이 모빌리티 분야에서도 핵심 트렌드로 부상하고 있어, 개인 서비스 중심으로 재편 중

- 이용자의 관점에서 보다 안전 향상에 초점을 맞춘 시각임
- 공유측면에서는 보다 비즈니스 측면에서 구독상품 형태로의 진화를 제시하여 공유와 소유의 임시소유 형태의 비즈니스 모델을 제시
- 그리고 PM 등의 개인형 모빌리티를 새로운 미래 모빌리티 트렌드로 제시

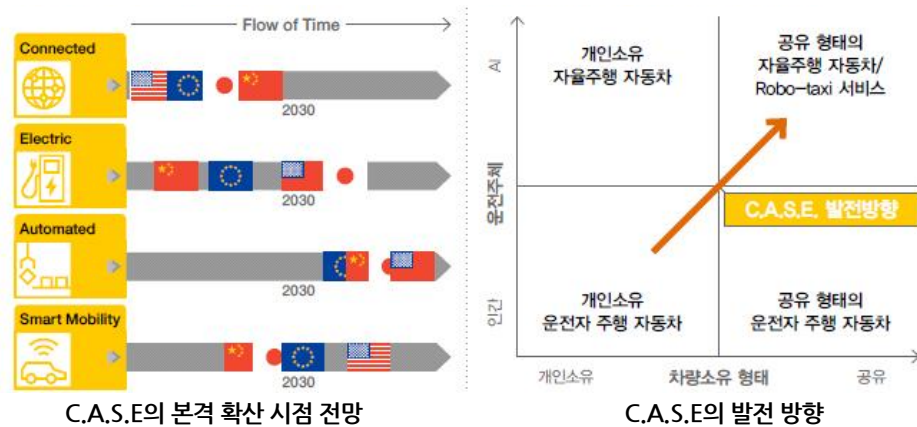
기술관점: 모빌리티 영역의 확장 (C.A.S.E)	Collapsed	육상, 항공, 전자, ICT 등의 영역간 붕괴
	Air	모빌리티 범위 확장 육상 ↔ 항공
	Safety	안전에 대한 요구↑ (자율주행 지연, 사회적 수용)
	Experience	새로운 사용자 경험 추구, 라이프스타일 설계
사회적 요소 고려 (C.A.S.E)	Cost-effective	교통 capa 늘리고 비용을 줄이는 방안 필요
	Accessible	모든 사람들이 쉽게 접근 가능
	Safety	안전에 대한 요구↑ (자율주행 지연, 사회적 수용)
	Environmental	전기차는 그저 하나의 방법, 여러가지 친환경적 방법 고려
사용자 중심: 안전 강조 (Safe-SPACE)	Safety	안전 강조
	Subscription	공유와 소유 사이의 '임시소유(temporary ownership)' 형태의 비즈니스 모델
	Personal	개인형 이동수단(전동킥보드, 전기자전거)
	Autonomous	자율주행
	Connected	자동차, 인프라, 외부 기기 연결
	Electric	전동화(전기차)

[그림 2-7] 미래 모빌리티에 대한 새로운 정의

자료: 삼일PwC경영연구원

6) CASE의 발전 전망(글로벌 레벨)

- 미래 모빌리티 트렌드인 CASE의 발전과 도입은 동시 진행이 아니며, 항목별로 도입 시기에 차이가 있음
- 현재 전기차(E)와 컨넥티드카(C)가 먼저 진행되고 있으며, 차량 공유(S)가 뒤따라 오고 있음. 반면 자율주행(A)은 가장 나중에 구현될 것으로 전망됨
 - ※ 차량 공유의 경우 현재도 사업화되고 있지만, 아직 초기 단계에 머물러 있음



[그림 2-8] CASE의 확산 시기와 발전방향

자료: PwC (2021)

2. 기존 연구를 통한 미래 교통 및 도시변화 전망

2.1. 미래 교통의 변화 전망

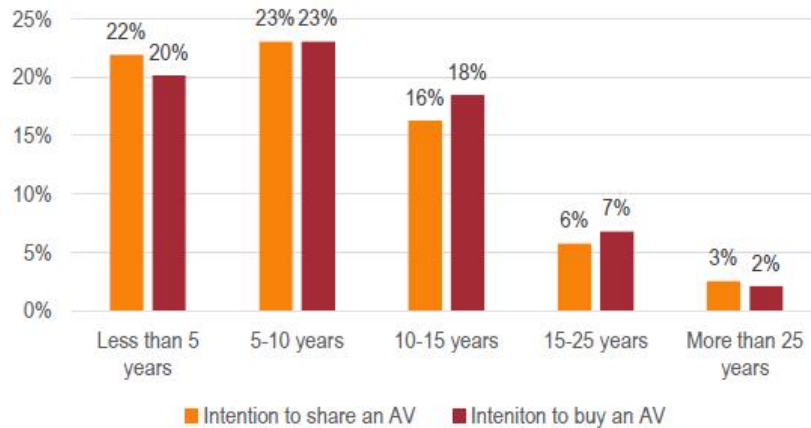
1) 자율주행차의 효과

- 자율주행으로 인한 통행시간 가치 변화가 예상
 - 자율주행으로 차내시간 활용 가능으로 통행시간 가치 하락 예상
 - ※ 차내에서 보내는 시간을 보다 생산적으로 활용할 수 있으므로 이동시간이 길어지는 것에 대한 저항이 약화됨
- 자율주행 기반 개인 승용차의 효용(Utility) 증가로 인해 개인 승용차의 선호와 대중교통의 감소를 야기할 수 있음
 - 나이, 운전면허 보유 등의 통행자 특성이 무의미해짐으로써 이용 가능 대상의 확장
 - 편리성, 안전성, 안락감의 증대
 - 차량 이용에 대한 저항 요인이 줄어들어 통행거리 역시 증가 가능

[서울시민의 자율주행차 선호 조사] 2)

- 서울 ↔ 서울 통행의 54.7%가 자율주행 승용차 이용 선택
 - 기존 승용차 + 자율주행 승용차 = 60.3%
 - 기존 대중교통 이용자의 절반이 자율주행 승용차로 전환
- 경기/인천 ↔ 서울 통행 역시 58.7%가 자율주행승용차 선택

2) 한영준(2022), 「자율주행시대, 도시의 변화와 서울의 대응」, 세미나 발표자료 (2022.12.01.)

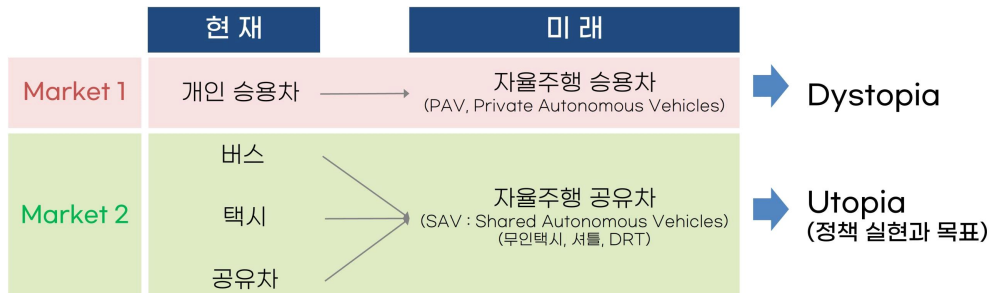


[그림 2-9] 호주의 향후 자율주행 승용차 이용 의향

자료: Gohari(2021)

2) 모빌리티 서비스의 진화 방향

- 완전자율주행의 활성화는 도로기반 교통수단을 2개의 시장으로 통합할 것으로 전망
 - Market 1 : 기존 승용차는 자율주행 승용차로 전환되며 여전히 개인 소유의 이동수단 시장 형성
 - Market 2 : 다양한 도로기반의 대중교통 수단은 모두 자율주행 공유차의 형태로 통합

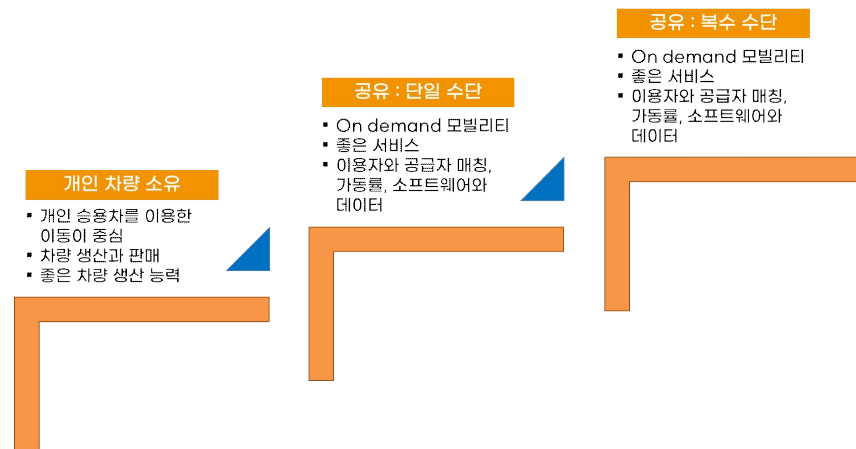


[그림 2-10] 자율주행기반 도로 교통수단의 시장 변화

자료: Grush and Niles(2019)

- 모빌리티 서비스 공간의 혁신을 통해 현재의 도로 중심의 서비스는 UAM서비스를 통해 공중으로 확산하고 있음
 - 더 신속한 이동을 가능하게 하는 대안으로 부상하고 있음
- 서비스 측면에서 큰 흐름은 단순한 수단 제공 서비스와 제한된 차량공유 수준에서 공유와 통합서비스로 진화

- 기존에는 개인 소유 승용차가 중심이 되고, 도시 내에서는 대중교통이 뒷받침
- 현재는 점차 단일 운송 수단의 공유가 점차 보편화되고 있음
 - 우버의 등장은 본격적인 온디맨드 모빌리티의 개념을 제시하였으며, 해외의 경우 우버를 선두로 하는 개인 차량 기반 온디맨드 서비스가 확산하고 있음
 - 반면 우리나라의 경우 우버와 같은 서비스는 제한되고 있으며 카셰어링이 중심이 되고 대중교통에 가까운 DRT³⁾ 서비스가 발전하고 있음
- 미래에는 하나의 이동수단이 아닌 복수의 이동수단을 연계하여 Door-to-Door 서비스가 가능한 통합 이동 서비스를 구현하는 방향으로 진행 중임
 - 이미 이러한 개념은 통합교통서비스(Mobility as a Service: 이하 MaaS)로 부분적으로 구현되고 있으며, 더 향상된 서비스 구현을 위해 기술적, 정책적 연구가 진행 중



[그림 2-11] 모빌리티 서비스의 진화 방향

자료: 삼일PwC경영연구원, 저자 작성

- 개별 수단 제공 서비스가 네트워크 구축을 통해 MaaS로 대변되는 통합서비스로 발전
 - 모빌리티 서비스의 핵심은 최적화된 One-Stop 이동 서비스의 제공과 이용자-공급자 간의 실시간 매칭
 - 기존의 하드웨어 중심에서 데이터와 소프트웨어를 활용한 탐색과 매칭, 가동 효율 중심으로 진화하고 있음
 - 공공과 민간 모두 MaaS를 미래 모빌리티 환경 구현의 또 다른 한 축으로 설정하고 진행하고 있음

3) 택시기반의 1~2인 이동 DRT 서비스는 이미 상용화되어 있으며, 교통이 불편한 지역을 중심으로 교통 복지 차원에서 제공되고 있음. 반면 최근에는 도시내에서 6~7인승 소형버스를 활용하여 대중교통 형태의 DRT 서비스가 시범 운행 또는 상업 운행 중에 있음

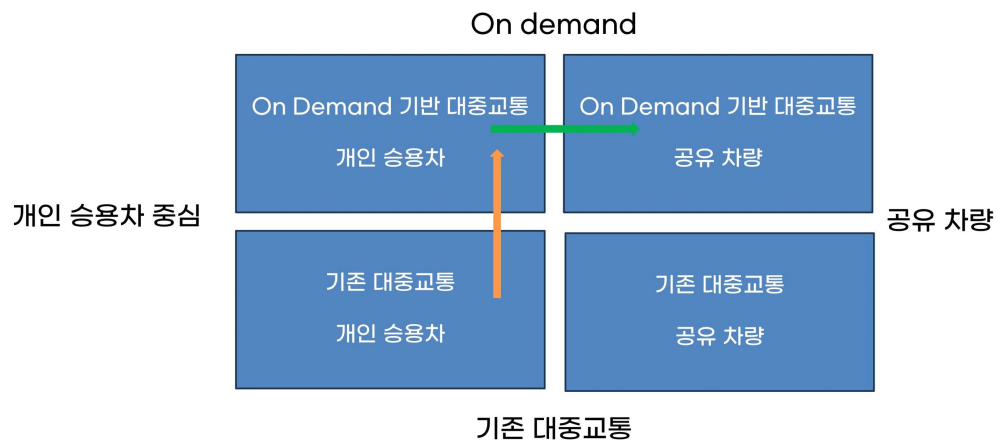


[그림 2-12] 모빌리티 플랫폼의 진화와 MaaS

자료: 삼일PwC경영연구원

3) 미래 모빌리티 정책의 지향점

- 모빌리티 혁신의 목표는 공유 차량 확대와 On demand 기반 서비스로의 전환
 - 교통분야의 정책 목표는 승용차 이용 억제와 자율주행 공유차 증가를 통한 이용자가 경험하는 서비스 질 향상과 시스템의 효율 증대
 - 반면 자율주행 승용차의 확대는 정책의 실패와 과거의 회귀로 귀결되므로, 자율주행 승용차의 확대는 정책 목표가 되지 못함
- 우리나라의 경우 현재는 기존 개인 승용차와 대중교통 중심에서 개인 승용차와 On demand 중심으로 변화는 단계에 있음



[그림 2-13] 모빌리티의 발전 방향

자료: Pernestål Brenden et al.(2017); Almlofet al.(2020)를 바탕으로 저자

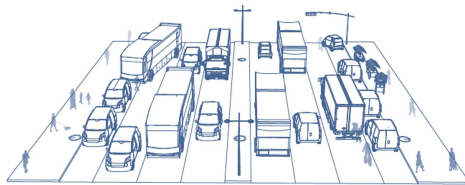
2.2. 모빌리티 혁신에 의한 미래 도시변화 전망

■ 자율주행으로 인한 미래도시의 변화 전망

○ 승용차 이용과 총 이동거리 감소를 통한 오염물질 감소와 정체 감소 실현

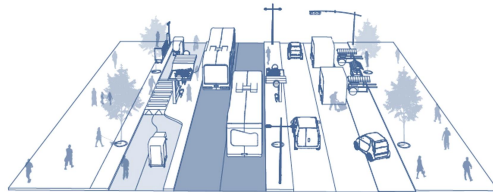
- 자율주행으로 인한 모빌리티 수단 선택권 확장
- 자율주행 기반 소형 대중교통의 승용차 대비 경쟁력 확보
- 이를 통한 개인 승용차 이용 감소를 전망

※ 단, 완전자율주행 또는 이에 준하는 성능을 가정하고 있으므로 실제 실현을 위해서는 넘어야 하는 장애물이 많을 것이며, 실현 기간 역시 불확실



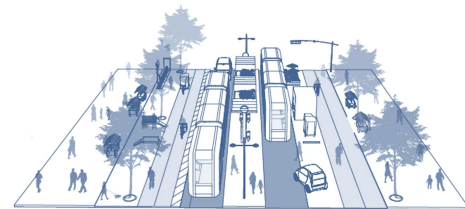
현재

- ✓ 개인 승용차 중심의 도시와 교통 시스템
- ✓ 개인 승용차에 비해 경쟁력이 낮은 대중교통, 자전거, 보행
- ✓ 낮은 대중교통 서비스 만족도와 더 긴 이동거리
- ✓ 전체 네트워크의 이동거리 총량 증가



과도기

- ✓ 도로 구조의 개선과 더 효율적이고 개인화된 이동수단에 우선권 부여
- ✓ 모빌리티 수단 선택권의 확대
- ✓ 개인 승용차 중심의 도시와 교통 시스템
- ✓ 기존 대중교통과 미래 모빌리티 중심의 정책을 통한 네트워크 총 이동거리 감소
- ✓ 도로의 정체 감소



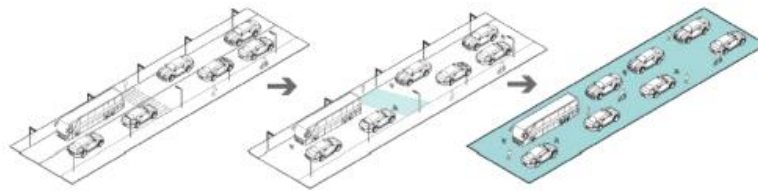
미래

- ✓ 스마트 도로 설계 구현
- ✓ 완전자율주행으로 인한 네트워크 총 이동거리 감소
- ✓ 더 효율적인 이동과 이용자 중심 모빌리티 구현
- ✓ 효율증가로 인한 대기오염 물질 배출 감소 실현
- ✓ 도로 정체 감소

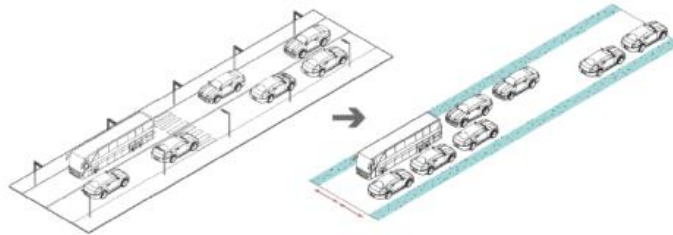
[그림 2-14] 미래 도시의 변화 방향

자료: NACTO(2019)

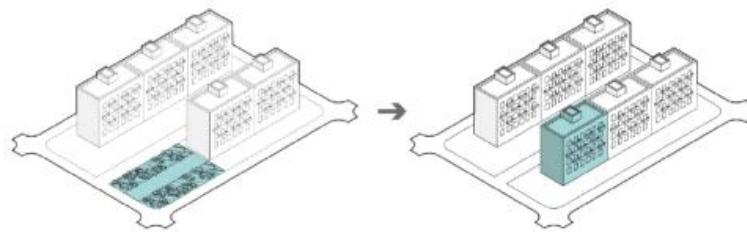
- 완전자율주행의 구현으로 더 효율적인 도로 공간 활용 방법이 나타날 것으로 전망
 - 1차적으로 차선이 없어져서 차량 이동의 효율을 최대로 높일 수 있으며, 나아가 도로와 보도의 구분이 무의미해지며 차량과 보행자가 공간을 공유 가능
 - 주차장이 필요하지 않으므로 기존 주차장을 타 용도로 활용할 수 있음
- ※ 이런 공간변화는 기본적으로 차량의 소유가 공유로 전환되고, 자율주행 기능으로 인해 언제나 호출할 수 있다는 점을 전제로 함



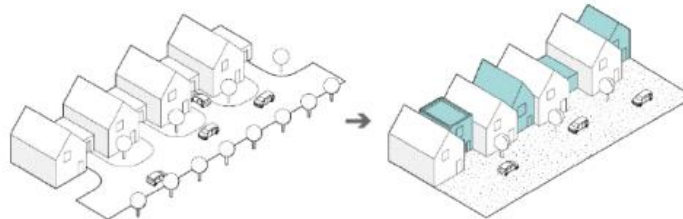
완벽한 자율주행기술은 보행자와 차량이 공간을 공유할 수 있음



차선이 점차 없어지는 방향으로 변함



주차장이 불필요하므로 건물로 변경



주차공간을 건물로 변화

[그림 2-15] 공간활용 변화의 다양한 사례

자료: Malysheva(2020)

■ 도심 보도변 공간의 변화

- DRT, 로보택시 등 자율주행차가 활성화되면 기존의 보도변 공간에 대한 수요의 변화가 예상되며 이는 중심지역 가로 디자인의 변경이 필요함
 - 스트리아 빈에서 자율주행 공유 DRT이 활성화를 가정한 연구
 - 상업지역을 중심으로 승객 승·하차 수요가 증가하여 별도의 Drop-off 공간과 대기 차량을 위한 정차 공간 필요



[그림 2-16] 자율주행 DRT에 의한 가로 수요 변화(오스트리아 빈)

자료: Bruck et al.(2021)

- 보도변 공간의 역할은 Flex zone이라는 이름으로 자주 언급되고 있으며, 새로운 접근 방식이 필요
- 공공공간의 역할과 필요 시설의 변화가 예상
 - 휴식을 위한 공간
 - 대중교통 정류장과 대기 공간
 - 자전거, PM 등 개인형 모빌리티수단을 위한 공간
 - 택배 등 화물 하역 공간



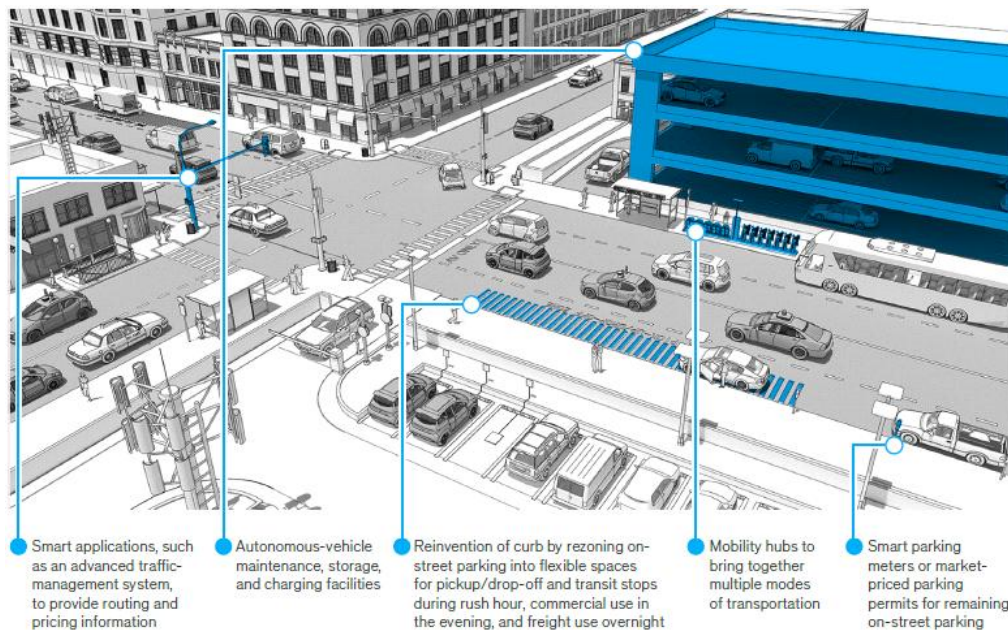
[그림 2-17] 공공공간의 변화 방향 컨셉(오스트리아 빈)

자료: Bruck and Soteropoulos(2022)

■ 모빌리티 변화에 따른 필요 인프라

○ 근시일 내에는 자율주행차가 활성화되면 다음과 같은 시설들이 필요할 것으로 전망

- 다양한 센서장치
 - 교차로 및 도로변 등 도로를 따라 도로 및 교통량 관리를 위한 자료 수집을 위한 다양한 센서장치가 설치되고 이는 최적 노선 제공 등 다양한 방법으로 활용됨
 - 디지털트윈과 스마트시티가 제 기능을 하기 위해 각종 센서는 필수 요소
- 스마트 주차장
 - 자율주행차 또는 자율주행 공유차 등의 주차 및 관리, 전기차 충전, 로봇 배송 등을 위한 물류 저장 공간 등으로 활용할 공간 필요
 - 스마트 주차장은 전기차 충전시설을 필수적 보유
 - 주차장의 경우 자율주행차로 인해 더 효율적으로 보관 가능
- 모빌리티 허브
 - 도시 내 다양한 공간에 그리고 다양한 규모로 서비스 간 (또는 교통수단 간) 연계를 가능하게 하는 환승 공간 조성
 - 도심의 소규모 모빌리티 허브는 자전거/PM 등 개인교통수단과 버스, DRT 등의 수단과의 연계가 주일 것으로 판단



[그림 2-18] 공간활용 변화의 다양한 사례

자료: Duvall et al. (2019)

- Flex Zone(플렉스존)
 - 다양한 공간 이용자를 위한 공간으로 재창조
 - 첨두시간에는 셔틀, 공유차등을 위한 승·하차 공간과 대중교통 수단의 정류장으로, 저녁 시간에는 상업적 활용, 밤에는 화물차 작업 공간으로 활용
- 스마트 노상주차
 - 플렉스존으로 전환하고 남은 공간은 스마트 주차 시스템을 적용

2.3. 자율주행시대의 미래 도시와 교통의 변화 방향 시사점

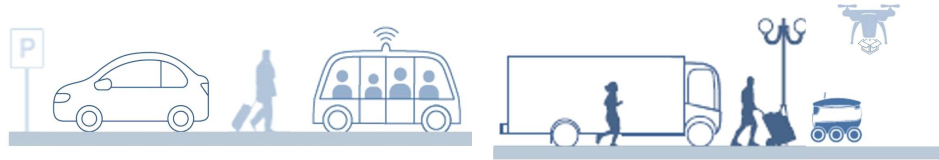
- 도시분야에서는 자율주행으로 대표되는 모빌리티 혁신으로 더욱 사람 중심의 공간이 만들어질 것으로 예상함
- 다음의 4가지 변화의 방향을 제시하고 있음
 - 사람, 친환경 모빌리티중심의 공간구조
 - 사람들을 위한 공간 확보 우선
 - 소생활권 및 중생활권에 보행, 자전거, PM을 위한 모빌리티 우선권 부여
 - 대중교통 중심의 시스템 설계
 - 중생활권과 대생활권을 위한 Mass Transit 중심의 시스템 확보
 - 기존의 대중교통과 미래 모빌리티간 연계 강화
 - 개인 승용차 중심에서 DRT로의 전환
 - 개인 승용차 이용과 주차장 건설에서 탈피
 - AV DRT, 셔틀 등을 활용한 서비스 선택권 확장과 더 개인화된 서비스 수요 충족
 - 미래 모빌리티서비스를 위한 인프라 배치
 - 더 효율적인 물류 및 배송 시스템
 - 물류 허브와 MFC 확보를 통한 스마트 물류 시스템 확충
 - 서비스 효율 향상을 위한 로봇배송 도입과 인프라 확충
 - 도심 진입 물류차량의 다운사이징
- 그러나 이러한 전망과 방향은 기존의 도시분야에서 추구하던 보행자 중심, 대중교통 중심 설계에서 크게 벗어나지 않음
- 새로운 서비스가 기술적으로, 사회적으로 가능하게 됨으로써 실현 가능성이 더 크다는 점이 과거와 차이점



사람 중심의 공간



대중교통 중심 설계



공유 중심으로 전환

효율적인 물류·배송

[그림 2-19] 미래도시와 교통의 변화 방향성

자료: NACTO(2019)

3. 미래 모빌리티 서비스 상용화 전망

3.1. 전기차

- 전기차는 이미 확산되고 있으나, 최근 확산 속도는 다소 정체되고 있음
 - 현재 2023년 12월 기준 국내 전기차 보급률은 2.1% 수준임
 - 다만 2023년까지는 전기차의 보급이 확장세였지만, 2023년 말을 기준으로 경기하락으로 인해 전기차의 판매가 전반적으로 줄어들고 있음

[표 2-2] 국내 전기차 비율

(단위 : 대, %)

연도	전기차 등록대수	자동차 등록대수	전기차 비율
2011	344	18,437,373	0.00
2012	860	18,870,533	0.00
2013	1,464	19,400,864	0.01
2014	2,775	20,117,955	0.01
2015	5,718	20,989,885	0.03
2016	10,855	21,803,351	0.05
2017	25,108	22,528,295	0.11
2018	55,756	23,202,555	0.24
2019	89,918	23,677,366	0.38
2020	134,962	24,365,979	0.56
2021	231,443	24,911,101	0.94
2022	389,855	25,503,000	1.55
2023	543,900	25,949,201	2.10
2025*	1,130,000	-	-
2030*	3,000,000	-	-

* 2025년과 2030년의 등록 대수는 정부 목표치

- 본 연구원에서는 장래 전기차 보급률을 전망하였으며, 2025년까지는 정부 목표치보다 다소 낮게, 2030년에는 정부 전망치보다 다소 높게 보급될 것이라 전망함(변완희 외, 2023)

[표 2-3] 전기차 보급률 전망

(단위 : 대, %)

연도	전기차 등록대수	전망 ¹⁾	전기차 비율 ²⁾
2023	543,900	492,247	1.90%
2024		692,753	2.67%
2025	1,130,000	946,375	3.65%
2026		1,258,234	4.85%
2027		1,631,919	6.29%
2028		2,069,238	7.97%
2029		2,570,111	9.90%
2030	3,000,000	3,132,589	12.07%
2040		10,836,900	41.76%
2050		17,857,984	68.82%

1) 변원희 외(2023)

2) 2023년 자동차 등록 대수 25,949,201대 기준

- 전기차의 보급률은 경제 상황, 전기차의 가격, 충전시설 등의 인프라 구축 수준 등에 따라 변동이 있을 것으로 전망됨
- 또는 다수의 차량 생산기업이 2025년 정도의 완전 전기차 전환을 2030년 또는 2035년으로 연기하고 있음
- 그럼에도 전기차로의 전환은 확정적이라 판단되며, 단지 확산이 다수 늦춰지는 수준일 것으로 판단함
- 따라서 변원희 외(2023) 연구를 인용하여 3기 신도시가 완공되는 2030년에는 약 10% 정도의 보급을 달성할 수 있을 것으로 전망

3.2. 자율주행차

- 자율주행차의 상용화와 보급은 불확실성이 커지고 있음
- 우리정부는 2027년 Lv4의 상용화를 목표로 하고 있음
- 그러나 2020년 이전의 예측에 비해 상용화와 활성화가 늦어지는 경향이 있음
 - 기존에는 2030년경에 AV 차량 비율은 20%에 도달하고 2050년경에는 도로 위 차량의 50%를 차지할 것으로 전망



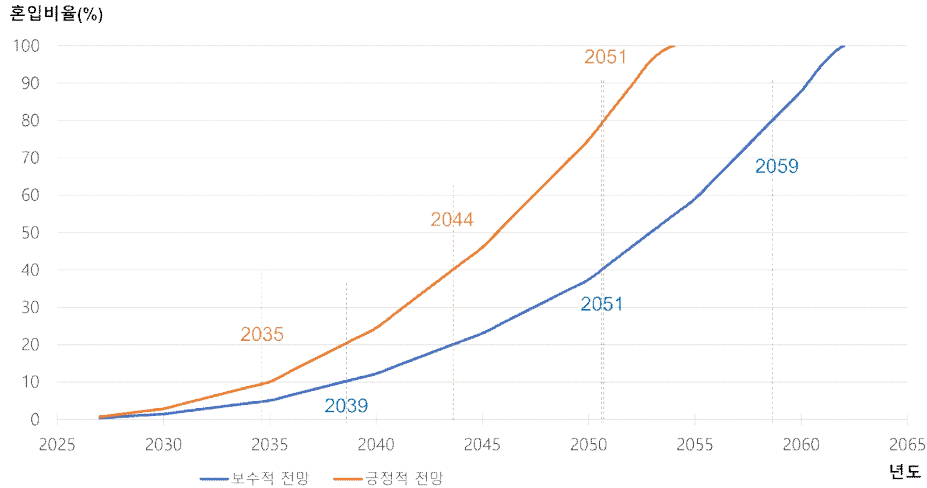
[그림 2-20] 현재자동차 아이오닉 5 로보택시

자료: 현대자동차 홈페이지 (2024.03.14.읽음)

- 2030년에는 전세계적으로 Lv4 자율주행차는 72만대, Lv3 자율주행차는 625만대 정도 보급 될 것으로 예측⁴⁾
- 본 연구원에서는 현대와 기아 등의 국내기업의 자율주행차의 생산 및 출시 전망과 해외 전망, 국내 자동차 판매 대수, 국내의 신기술 적용 수준을 기반으로 자율주행차 보급 수준을 전망함(신도겸 외, 2023)
 - 일반인이 구입할 수 있는 자율주행자동차는 2025년 정도에 시제품 생산
 - 실질적인 판매는 2027년부터 이루어질 것으로 예상
 - ※ 현재 현대자동차는 합작법인 모셔널에서 자율주행 Lv4가 적용된 아이오닉 5 로보택시를 생산하여 2024년부터 상업 서비스를 제공할 예정
 - 자율주행차의 판매가격에 따라 큰 변화가 예상
 - ※ 현재 아이오닉 5의 가격은 5,200만원 이상이며, 자율주행을 위한 각종 센서 장비 등을 고려하면 8,000만원 이상일 것으로 전망
 - ※ 테슬라의 FSD의 가격이 1,600만원(12,000달러)
- 장래 보급을 보수적으로 전망하면 다음과 같음

4) 일본 야노경제연구소(2022)

- 2030년 정도면 전체 등록 자동차 대비 약 2%
- 2039년 10%, 2051년 40%, 2059년 80% 전망



[그림 2-21] 국내 자율주행자동차 보급률(MPR) 전망

자료: 신도겸 외(2023)

- 현재 국내외 R&D 등의 진행 수준으로 판단할 때 버스와 셔틀이 좀 더 빨리 대중화될 것이며, 로보택시와 DRT가 그 뒤를 따를 것으로 전망됨
 - 자율주행 버스의 경우 세종시(Lv3)에서 BRT 노선에, 서울시(Lv3)가 야간 노선으로 시범 운행 중
 - 스코틀랜드의 에딘버러에서 자율주행버스를 교외 22km의 간선도로 구간에서 운행(2025년까지 운영)⁵⁾
 - 자율주행셔틀의 경우 로보택시의 사고로 인해 미국 등에서 로보택시에 대한 반발이 커지고 있어 대안으로 자율주행셔틀에 대한 운행 허가가 증가하고 있음⁶⁾
 - ※ 버스와 셔틀이 조금더 선도하는 이유는 고정노선으로 운행되므로 운행 노선의 환경을 미리 학습할 수 있어 사고 발생 가능성이 상대적으로 낮음
 - ※ 이용자 및 보행자 입장에서 버스와 셔틀은 항상 존재한다고 판단되어 택시와 승용차, DRT 등의 언제 어느 때 나타날지 모르는 수단보다는 예측이 쉬움
- 자율주행차의 대중화는 불확실성이 아직 상존하므로 다소 보수적 전망 필요

5) Frangoul, A. (2023.05.15.), "UK launches first full-sized autonomous bus service with top speed of 50 miles per hour", CNBC.(2024.03.14. 읽음)

6) 광노필(2023.08.23.), "“무인 자율주행버스” 빗장 푼 샌프란시스코…로보택시는 감축", 미래&과학.(2024.03.14. 읽음)

3.3. UAM

- 우리정부는 2025년을 UAM의 상용화 목표로 발표하였으며, 이를 위해 K-UAM 그랜드 챌린지(2022년~2024년)라는 대규모 실증사업을 추진 중
- 2025년을 전후하여 상용화가 시작되고, 2030년 이후 본격적인 궤도에 오를 것으로 전망⁷⁾
- 55개국 170개 도시에서 UAM(또는 AAM) 서비스를 시작하기 위해 준비 중
 - 미국이 46개 도시와 지역, 독일 20개 도시, 중국 15개 도시, 브라질 13개 도시
- 그리고 2024년에 중국과 프랑스에서 UAM의 시범운행이 있을 예정
- 우리나라와 미국, 일본에서는 2025년과 2026년에 걸쳐 UAM 운항 네트워크를 구성하여 운항 계획

※ 다만 모든 계획이 다분히 정치적인 목적에 기반하여 중앙정부와 기업 간의 협력 하에 이루어지고 있음

[표 2-4] 주요도시의 UAM 서비스 상용화 일정

국가	서비스 시작 연도	도시/지역
1. China	2024E	Guangdong-Hong Kong-Macao
2. France	2024	Paris
3. Korea	2025	Jeju Island
4. Korea	2025	Incheon
5. Japan	2025	Osaka
6. Saudi Arabia	2025/2026E	NEOM
7. Italy	2025E	Rome
8. USA	2025	Miami
9. USA	2025	New York
10. United Arab Emirates	2026	Abu Dhabi
11. United Arab Emirates	2026	Dubai
12. USA	2026	San Francisco
13. Canada	2026	Montreal
14. Singapore	2026	Singapore
15. Japan	2026	Tokyo
16. The Netherlands	2026	Groningen
17. Spain	2026	Barcelona -Valencia
18. Germany	2026	Munich
19. Australia	2026	Melbourne
20. Brazil	2026	Sao Paulo

자료 : P. Butterworth-Hayes(2023.11.06), "The global timetable for AAM and UAM launch and development", The Global AAM/UAM Market Map.

7) 김기동(2023), "UAM 특별법 제정의 의의와 산업적 의미", Mobility Insight, 12월호, pp.20~23.

- UAM의 상용화를 위해 넘어야 하는 산 중에 하나로 운행될 기체의 인증문제가 있음
 - 현재 UAM 항공기 중 인증을 받은 기체는 중국 Ehang사의 EH216-S⁸⁾ 임
 - 독일 Volocopter사의 VoloCity는 2024년 파리올림픽에서의 운행을 목표로 EASA와 진행 중
 - 미국 Jovy Aviation은 미연방항공국(FAA: Federal Aviation Administration)으로부터 2025년까지 형식인증(TC: Type Certification)을 받는 것을 목표로 함
 - 다수의 개발 업체들의 기체가 인증을 받지 못하고 있음



[그림 2-22] 주요 UAM 기체

자료: Electric VTOL News 홈페이지 (2024.03.14.읽음); Volocopter 홈페이지 (2024.03.14.읽음); (Jovy Aviation 홈페이지 (2023.03.14. 읽음)(왼쪽부터 차례대로)

- 인증이 부진한 이유는 세계 최대 항공기 관련 기관이 미국 FAA가 아직 UAM을 위한 인증 기준을 명확하게 정하지 못했기 때문
 - 일부 전문가들은 FAA와 EASA의 인증체계 마련이 늦어지고 있고, 두 기관의 인증체계를 바탕으로 우리나라의 인증체계 역시 만들어질 것이라 2025년 상용화는 현실적으로 어렵다고 판단함⁹⁾
- 다만, 제한적이긴 하지만 특별감항인증을 통해 기체 인증 속도를 높일 수는 있으나, 이는 에어택시 수준의 본격적인 상용화는 다소 시간이 걸릴 것으로 전망
- 인증 등의 아직 남은 절차를 고려할 때 실질적인 상용화는 2028년 정도, 일반 대중이 실질적인 교통수단으로 이용하는 단계는 2032년 정도일 것으로 전망

※ 참고로 FAA 역시 2028년 정도를 실질적인 상용화 시기로 설정하였으며, 2025년경에 새로운 가이드라인을 제공 예정¹⁰⁾

8) 중국 감항당국인 중국민용항공총국(CAAC: Civil Aviation Administration of China)의 인증을 받음

9) 윤정희(2023.08.03.), “안전 규정 없이 2년 후 비행? UAM의 설익은 꿈”, 더스쿠프.

10) FAA(2023), *Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan: Near-term (Innovate28) Focus with an Eye on the Future of AAM Version 1.0*.

3.4. 드론

- 드론을 이용한 배송 서비스는 지역적 조건과 목표 상품에 대한 전략 등에 따라 성공과 실패의 차이가 큼¹¹⁾
 - 아마존의 프라임에어 서비스가 2023년 10,000건의 배송을 달성하겠다고 했으나, 실제 100건에 불과한 반면, 윈은 호주에서 5만건 이상의 배달을 기록함
 - 아마존의 서비스가 도심과 물품의 배달을 위해 특정 장소에 착륙해야 하고, 다소 무거운 물품을 배송할 수 있도록 함으로서 배송까지 시간이 최대 3시간 정도 걸림
 - 반면 윈의 경우 교외의 중소도시에서 서비스를 시작하였으며, 커피, 케이크, 애완동물 사료 등 소량의 가벼운 상품을 배송함
 - 그리고 10분 이내에 배송이 되었으며, 물품전달을 위해 착륙하지 않고 지상 7m 높이에서 줄을 이용하여 물품을 내려놓는 방식을 이용
 - 윈 역시 대도시에서 서비스를 제공하려고 하지만, 나무, 송전선, 장애물이 없는 공간을 찾기가 쉽지 않은 문제가 있음
- 도심에서 드론을 이용한 운송을 하기 위해서는 일정한 제약조건이 있음
 - 드론은 도로나 발전소 등 주요 시설 위로는 통행할 수 없음. 즉 통행할 수 있는 곳에 대한 제약이 큼. 이는 드론이 추락했을 때의 피해에 대한 이유로 인한 것
 - 소비자 입장에서 실질적인 이득이 적음. 평지에 위치한 장소, 주변에 전선 등 방해물이 없어야 하는 등의 조건을 충족해야 함
 - 날씨의 영향이 커서 강설, 강우, 강한 바람 등 기상 조건이 악화될 경우 활용이 어려움. 즉, 항상 드론을 대체할 대체 수단도 동시에 운영해야 함
 - 초기의 드론의 운행이 적으면 큰 문제가 없으나, 도심에서 많은 드론이 하늘 위를 날아다닌다면 사람들의 환영을 받기 어려움. 일종의 공해 요소로 작용
- 다양한 제약사항과 약점으로 인해 현재는 도심보다는 비도심이나 원격에서의 배송, 응급물자 제공, 감시 등 다른 용도로 더 각광받을 것으로 전망됨
- 그러나 국내의 경우 2025년부터 실질적으로 드론에 의한 배송을 법적으로 허용함으로써 새로운 비즈니스를 창출할 기회를 제공하고 있음

11) 이재구(2021.08.27.), “아마존 vs 윈, 드론 비즈니스 '희비 쌍곡선'”, tech42, (2024.03.14.읽음)

- 국내의 경우 2019년 2개 지역을 시작으로 드론 실증도시 구축사업을 진행 중
 - 사업의 주요 내용은 배송관련 실증, 모니터링, 재난 대응, 방법서비스 등
 - 2020년 1곳, 2021년 6곳, 2022년 2곳, 2023년 14곳에서 다양한 배송 실증 수행
 - 배송 실증은 원격지 배송, 긴급 구호물품 배송, 소방용품 배송 등과 함께 편의점 배송과 같이 도심에서도 활용할 수 있는 서비스도 포함
- 정부의 드론 상용화는 드론실증도시 구축 사업을 통해 드론배송 서비스기반을 구축하는 것으로 도시산간에서 도심으로 단계적 이행이 목표
- 정부의 K-드론배송 상용화 로드맵과 정책을 기반으로 판단하면 실질적으로 도심에서의 드론 배송 등의 활성화는 2027년부터 시작을 하고, 2030년 정도에 일정 수준의 활성화가 이루어질 것으로 전망됨

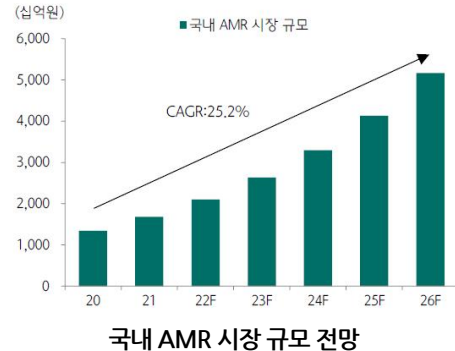
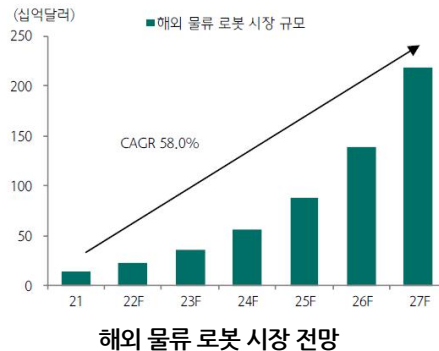
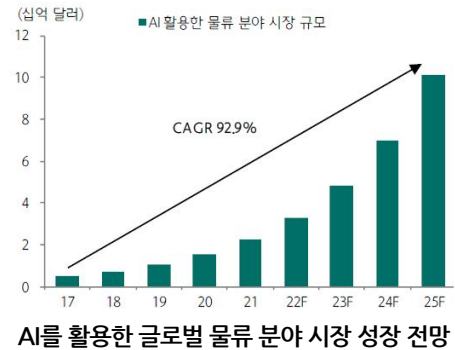
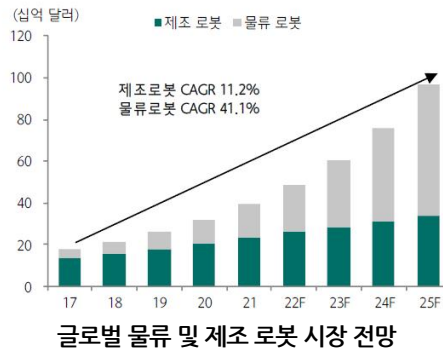
[표 2-5] K-드론배송 상용화 로드맵

추진과제	23년	24년	25년	26년	27년	28~32년	
K-드론배송 표준안(가이드라인) & 상용화 표준모델							
섬·공원·항만 드론배송사업 추진 (드론배송거점 및 배달점 구축)						(추후 검토)	
		(전국 드론배송거점 150개, 배달점 500개 구축)					
드론상황실 구축 (지자체 운영)							
		(광역·도·시·군 드론상황실 50여개 이상 구축)					
드론상황관리센터 설치 및 고도화							
		('24년 운영예산 확보, '25년부터 공단에 위탁관리 및 고도화)					
추가 상용화 모델개발							
	(도심 라스트마일 배송, 의약품배송, 장거리 화물운송 등)						
드론안전관리교육							
	('23.7월 교육시작, 공공기관, 배송업체, 드론운영업체 등 드론안전 담당자 교육)						
전국 드론배송포털 구축							
		(전국 대상 드론배송 포털 시스템구축, 드론배송주문 표준앱 개발),					
법령 제·개정 세부기준 마련							
K-드론배송시스템 해외진출							
	(해외 드론로드쇼 및 드론박람회 개최를 통해 관심국가에 드론배송체계 수출)						

자료 : 국토교통부 첨단항공과(2023), 「K-드론배송 상용화 사업 추진계획」.

3.5. 배송로봇

- 전 세계적으로 배송로봇에 대한 수요 및 시장 전망은 대단히 밝음
 - 전 세계적인 물류 로봇 시장은 2021년 이후 연평균 58%의 고속 성장이 기대됨
 - 국내의 자율 모바일 로봇(AMR : Autonomous Mobile Robot) 시장 규모 역시 연평균 25.2%의 고속 성장이 기대됨



[그림 2-23] 로봇 시장 추이

자료: 김두현 외(2023), “물류로봇[AMR] Overweight : 왜 지금 물류 로봇에 투자해야 하는가?”, 「Equity Research」, 하나증권.

- 배송로봇은 크게 실내와 실외배송로봇으로 구분이 가능하며, 실내배송로봇은 이미 많은 곳에서 상용화되어 있음
- 반면 실외배송로봇은 규제특구를 중심으로 제한적으로 실증사업을 수행 중이며, 2026년부터 상용화가 빠르게 이루어질 것으로 전망됨

■ 실내배송로봇

- 코로나 19이후 서빙 로봇을 중심으로 급격히 성장함 2023년 기준 국내의 서빙 로봇은 이미 10,000대가 넘는 것으로 추산¹²⁾
 - 국내 외식업 수 80만곳 중 1.2%가 이미 서빙로봇(실내배송로봇)을 도입
 - ※ 다만 본 자료를 추정일 뿐이며 현재 국내에서 서빙로봇의 규모에 대한 정확한 통계자료는 없으며, 현재 한국로봇산업진흥원과 한국로봇산업협회에서 관련 조사를 수행 중¹³⁾
- 국내 서빙로봇 시장은 브이디컴퍼니가 5,550대, 비로보틱스가 2,200대를 보급하여 주도하고 있으며, KT가 합류하였으며, LG전자와 삼성전자 등이 적극적인 관심을 보이고 있음
- 실내이동로봇은 청소, 교육, 방역 등의 영역을 확대하고 있음
- 실내이동로봇은 기본적으로 충전 이동이 필수이므로, 계단 이용과 승강기 이용에 대한 표준화와 가이드가 필요

■ 실외배송로봇

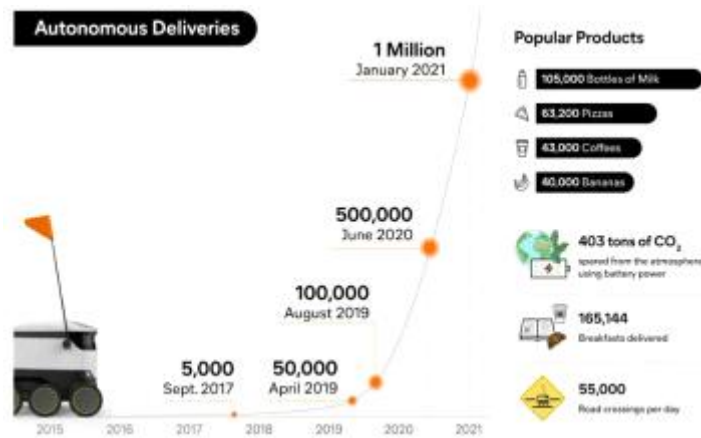
- 물류분야에서 라스트마일이 전체 물류비용의 절반 이상을 차지함으로써 배송 로봇(드론 포함)의 도입은 지속해서 시도되고 있음
- 해외의 경우 이미 실 배송 업무가 상당 부분 진행되고 있음
- 미국의 스타쉽 테크놀로지(Starship technologies)는 2016년 시범사업 착수 이후 2022년 하반기 기준 350만번의 배송 달성
 - 미국, 영국, 독일, 덴마크, 핀란드, 에스토니아 등 다양한 국가에서 배송 서비스를 진행하고 있으며, 하루 한번 규모의 배송이 이루어짐
 - 반경 3km의 근거리 배송에 주력하고 있으며, 배송비용은 건당 1.99달러 수준¹⁴⁾
 - 비용 절감을 위해 LiDAR 와 고성능 GPU 대신 GPS, 카메라, 주변 인지센서에 기반한 로봇 이용. 그리고 필요에 따라 사람이 개입하는 리모트 콘트롤 활용
 - 최대 9kg무게의 물품을 배송할 수 있으며, 최대 속도는 6km/h 수준

12) 조상록 (2024.02.08.), “로봇이 서빙하고 배달하는 시대… 248조 시장 열린다”, Chosun Biz.(2024.03.14.읽음).

13) 김대영(2023.11.23.), “추측만 난무하는 서빙로봇 시장…산업 현황 실태조사 착수”, 매일경제, (2024.03.14.읽음).

14) 사람이 배달할 경우 3~8달러 수준

- 영국 tesco, 프랑스 Sodex 미국 Save Mart, 생활협동조합 Co-op등과 협업



[그림 2-24] Starship Technologies의 매출 규모

자료: Starship Technologies 홈페이지(2024.03.14.읽음)

- 미국의 Nuro는 차도를 주행할 수 있는 자율주행로봇(소형 자율주행차)를 개발하여 미국 캘리포니아, 애리조나, 텍사스 등에서 도로 실증을 수행
 - LiDAR 등의 기본적인 자율주행 표준 기술을 채용
- Kroger와 Walmart, 도미노 피자, CVS Pharmacy, 미국 7-Eleven 등과 협력
 - 2018년 12월부터 애리조나주 스코츠데일에서 슈퍼체인 Kroger와 제휴하여 식료품 배송 서비스 시작하였으며, 배송요금은 건당 5.99달러
 - 2019년에는 캘리포니아주에서 의약품 배송 진행하였으며, Walmart와 텍사스 휴스턴에서 시범 프로그램 착수, 도미노 피자와의 협력
 - 2020년에는 CVS Pharmacy와 처방전 및 일용품 배송 시작
 - 2021년부터 미국 7-Eleven과 제휴하여 캘리포니아에서 온라인 스토어로 구매 시 로봇배송



Kroger 배송서비스



도미노 피자 배송서비스

[그림 2-25] Nuro의 배송서비스용 R2

자료: (좌) Kroger 보도자료; (우) 미국 도미노피자 보도자료(2024.03.14.읽음)

- 국내의 경우에 배달의 민족에서 ‘딜리 드라이브’라는 서비스를 2022년부터 경기도 수원시 광교에서 1,000세대를 대상으로 로봇배송 제공
 - 앱으로 주문한 음식을 딜리 드라이브가 스테이션에서 주문이 들어온 가게로 이동하여 물품을 받고, 고객의 집앞까지 배달
 - 딜리 드라이브는 6개 바퀴로 구동하며 4~5km/h의 속도로 이동하며, 최대 적재량은 도시락 6개 또는 음료 12잔 정도
 - 아파트의 각 세대에 각 QR코드를 부여해 배달로봇이 각 세대의 위치를 인식할 수 있도록 하였으며, 공동현관문 개폐, 엘리베이터 호출 등은 사물인터넷 기술 적용



[그림 2-26] 배민의 딜리 드라이브 서비스

자료: 손지혜(2022.09.21.), “[테크코리아 우리가 이끈다] 우아한형제들”, 전자신문, (2024.03.14.읽음)

- 롯데글로벌로지스는 2023년말에 자율주행 배송로봇 실증사업을 수행
 - 본 실증은 차량으로 물품과 배송로봇을 함께 이동한 후 최말단에서 배송로봇이 각 가정으로 배송 수행
 - 고양과 파주에서 시행한 서비스는 스마트 MFC의 주문상품과 아파트 상가 주문상품을 배송하는 서비스로 마더쉽 차량+배송로봇 형태의 실증

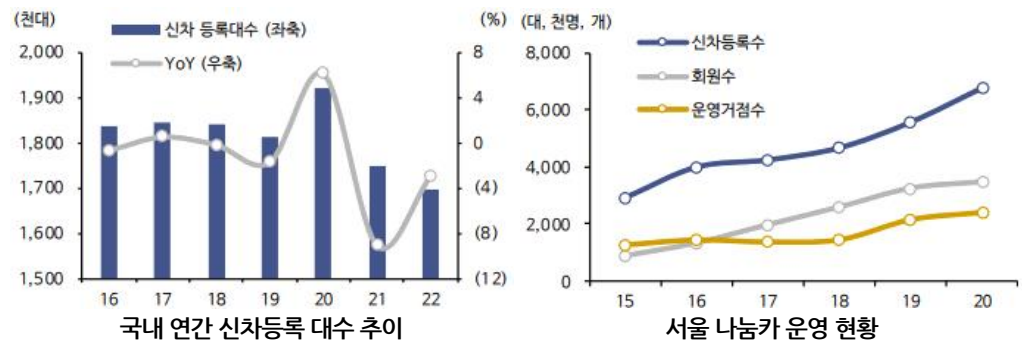


[그림 2-27] 롯데글로벌로지스의 차량+로봇배송 서비스

자료: 도다솔(2021.11.23.), “롯데글로벌로지스, 자율주행 배송로봇 실증 사업 진행, 뉴데일리경제, (2024.03.14.읽음)

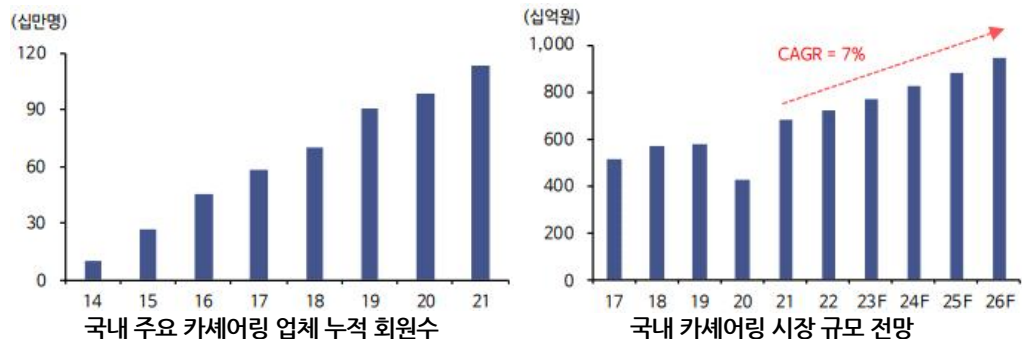
3.6. 차량공유(카셰어링) 전망

- 미래 모빌리티 환경의 변화 중 항상 주목받는 분야는 차량공유 분야
- 현재 이미 일정 수준의 활성화가 이루어져 있는 차량공유는 자율주행차가 본격적으로 도입 및 활성화되기 시작하는 2028년을 기점으로 폭발적으로 성장할 것으로 전망
- 우리나라의 경우 차량공유가 외국에 비해서는 상대적으로 덜 활성화되어 있으나 점차 지속적으로 성장 중
 - 2021년 이후 연 7%의 성장이 예상
- 2021년 이후 국내 신차등록대수가 꾸준히 감소하고 있다는 사실과 쏘카와 그린카의 누적 회원 수가 1,100만명 수준이라는 사실에 주목할 필요가 있음
 - 서울 나눔카 역시 신차등록수, 운영거점, 회원수 등 꾸준히 성장



[그림 2-28] 국내 신차등록 대수 추이와 서울 나눔카 운영 현황

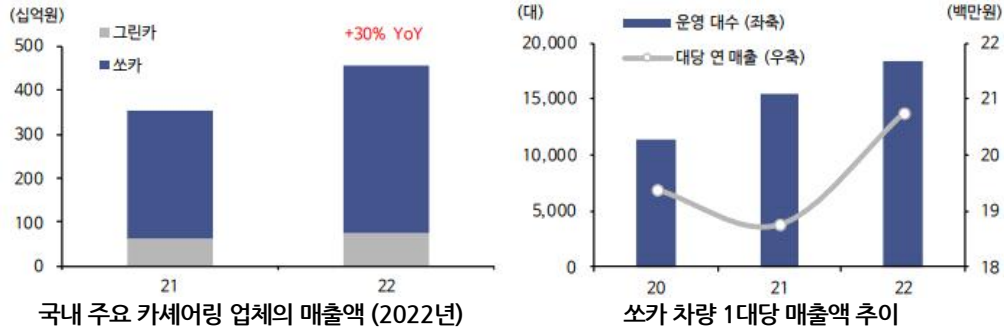
자료: 국토교통부, 서울특별시 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).



[그림 2-29] 카셰어링 업계 현황 및 전망

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

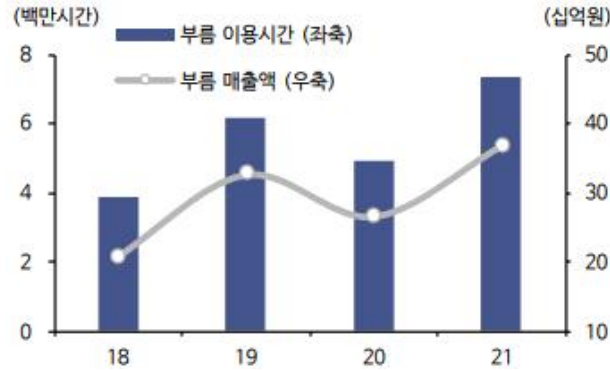
- 코로나 19시기에 매출 감소와 이용객 감소 등의 타격을 받았지만, 현재는 회복단계



[그림 2-30] 카셰어링 업계 성장

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

- 더욱 주목할 만한 것은 쏘카의 부름 서비스¹⁵⁾ 이용객 수가 전반적으로 증가 추세



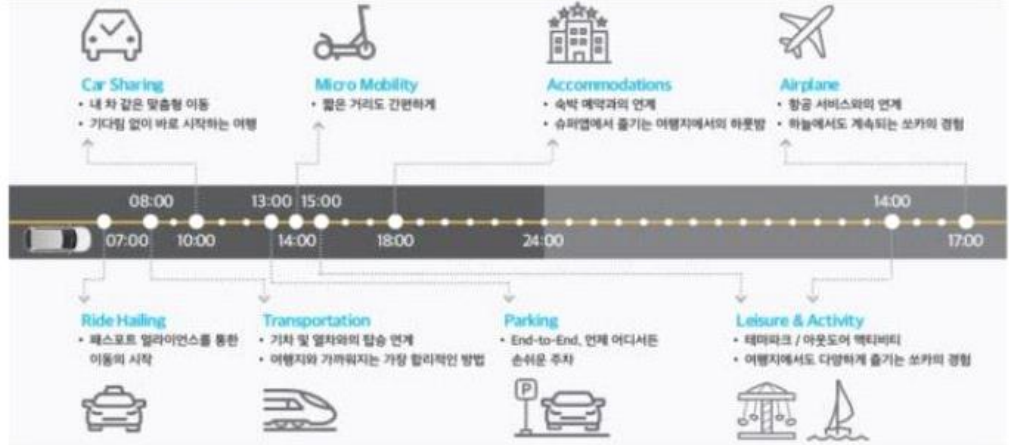
[그림 2-31] 쏘카 부름 서비스 이용 및 매출 추이

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

- 부름 서비스의 이용 증대가 중요한 이유는 자율주행차가 본격적으로 도입이 되면 모든 카셰어링차에 부름 서비스가 실질적으로 적용이 되는 것과 같은 효과가 있음
- 고객 경험 측면에서 큰 영향을 미치고, 카셰어링이 더욱 경쟁력을 가질 것으로 전망
- 카셰어링 업체는 궁극적으로 MaaS 플랫폼 구축을 통해 서비스 영역을 확장하고 한 단계 더 성장할 수 있는 잠재력이 큼
 - 쏘카는 실제 일레클을 인수하여 마이크로 모빌리티 사업을 개시함
 - 카셰어링, 열차, 호텔 등을 연계하는 앱을 출시할 예정이며, 카카오모빌리티와 경쟁할 것으로 전망됨

15) 부름카 서비스는 이용자가 직접 차량이 주차된 장소로 가지 않고 차량이 이용자 근처로 오는 서비스로 별도의 이용요금을 지불

MaaS 플랫폼 구축 사례



[그림 2-32] 쏘카가 구상하는 MaaS 플랫폼

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

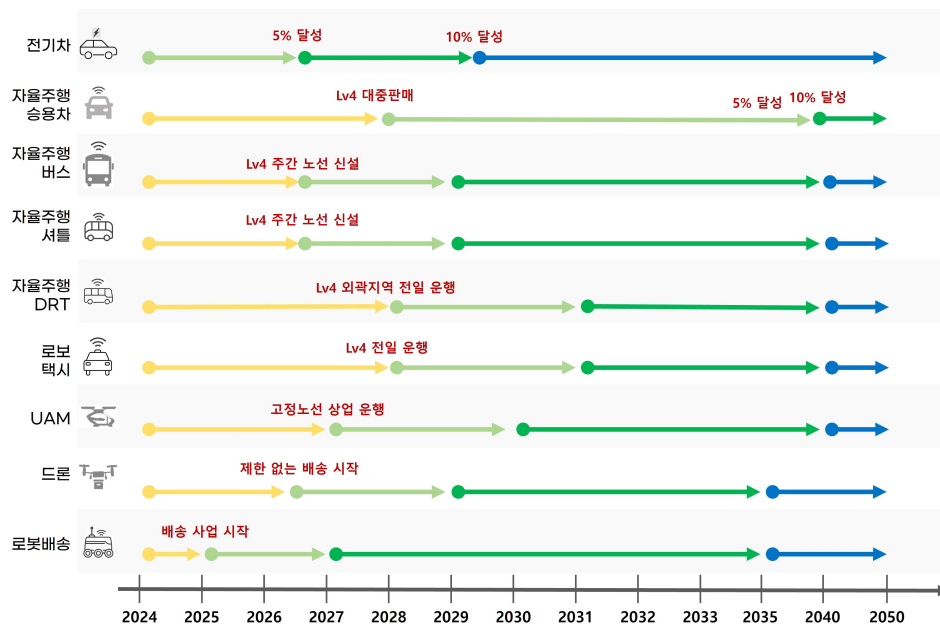
[표 2-6] 쏘카의 사업 내용

구분	사업내용
카셰어링	• 비대면 초단기 및 월단위 차량 대여 서비스 • 렌터카 업체와 쏘카 회원을 중개하여 렌터카 업체로부터 차량을 대여하는 서비스 • 카셰어링 영업에 사용한 차량을 매각
플랫폼 주차서비스	• 주차장 정보 검색 및 결제 플랫폼 (모두의 주차장)
마이크로 모빌리티	• 전기자전거 공유서비스 (일레클)
기타	• 카셰어링 차량의 유지관리를 위한 세차 용역 서비스 • 차량관제시스템(FMS) 솔루션 • 브이씨엔씨(타다): 일반, 고급세단, 고급대형, 라이드헤일링 서비스 • 라이드플렉스: 완전 자율주행이 가능한 풀 스택 소프트웨어 개발 및 공급

자료 : 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

3.7. 상용화 및 활성화 전망 종합

- 전기차가 가장 활성화되어 있으며, 로봇배송과 드론배송이 뒤따를 것으로 전망
- 자율주행차의 경우 일반인이 Lv4 수준의 차량을 구매할 수 있는 시기는 2027년 이후가 될 것이지만, 버스와 셔틀이 먼저 상용화되어 일반인이 이용할 수 있을 것으로 전망
 - 버스와 셔틀의 경우 고정노선이라 상대적으로 사고의 위험이 낮음. 특히 BRT의 경우 전용노선을 이용한다면 더욱 가능성이 높음
 - 모두 신도시 등 관련 시설을 넣기에 유리한 곳을 중심으로 도입이 될 것으로 전망
 - 자율주행 DRT와 로봇택시의 경우 안전성 문제 등으로 인해 도심보다는 외곽지에서 먼저 상용화될 것임
 - 특히 자율주행 DRT의 경우 신도시 입주 초기에 도입하기에 유리
 - 그러나 운전자가 없으므로 인건비 절약 등의 장점이 많으므로, 여건만 받쳐준다면 폭발적으로 성장할 수 있음
- UAM의 경우 기체 인증문제가 해결되고 적절한 수요가 있다면 빠른 성장이 가능하지만, 수요와 노선, 이용요금 등에 따라 변동 가능성이 큼
- 그리고 버티포트라는 인프라가 필수이므로 버티포트를 얼마나 빠르게 확장할 수 있느냐 역시 주요 이슈가 될 것



[그림 2-33] 미래 모빌리티 수단별 상용화 및 활성화 전망

제3장 모빌리티 관련 법·제도

1. 모빌리티 활성화

1) 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률

- 제2조에서는 모빌리티의 의미 정의와 대상 이동수단, 기반수단을 정의함
 - 자율주행자동차, 도심항공교통 등 첨단기술이 접목된 이동수단을 명기함
 - 기반시설에 대한 정의와 서비스, 모빌리티 혁신에 대한 의미 역시 정의함

「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “모빌리티”란 사람 또는 물건을 한 장소에서 다른 장소로 이동하거나 운송하는 행위, 기능 또는 과정으로서 이와 관련한 수단, 기반시설 및 일련의 서비스를 통하여 확보할 수 있는 수요자 관점을 고려한 포괄적 이동성을 말한다.
2. “모빌리티 수단”이란 모빌리티에 이용되는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제3호에 따른 교통수단
 - 나. 보행(步行) 등 비동력 교통수단
 - 다. 자율주행자동차, 도심항공교통 등 첨단기술이 접목된 이동수단
3. “모빌리티 기반시설”이란 모빌리티 수단의 운행에 필요한 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제4호에 따른 교통시설
 - 나. 첨단기술이 접목된 모빌리티 수단의 운행에 필요한 시설
 - 다. 가목 및 나목의 시설에 부속되거나 모빌리티 수단의 원활한 운행을 보조하는 유형·무형의 시스템(전산 시스템을 포함한다)
4. “모빌리티 서비스”란 모빌리티 수단·기반시설을 이용하여 사람 또는 물건을 직접 이동하거나 타인이 이동할 수 있도록 하는 것 또는 이를 위하여 모빌리티 수단·기반시설을 타인에게 제공하는 것을 말한다.
5. “모빌리티 혁신”이란 모빌리티에 자율주행, 인공지능, 정보통신기술 등 첨단기술을 결합하고 교통수단 간 연계성을 강화하여 수요자 관점에서 이동성을 증진하는 것을 말한다.
6. “모빌리티 활성화”란 모빌리티 수단의 운행 및 서비스 제공, 이에 필요한 기반시설의 개발·설치·운영 및 모빌리티 수단과 기반시설을 연계한 각종 모빌리티 서비스 구현 등 모빌리티 혁신을 일상화하는 것을 말한다.
7. “첨단모빌리티”란 첨단기술이 접목되어 기존 교통체계의 운행·제공·설치·운영 방식이나 형태 등과 차별성이 인정되는 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술을 말한다.

- 제9조의 경우 향후 도로의 신설 개량 등을 할 경우 첨단모빌리티 친화적 도로의 조성할 것을 명시함

- 다만, 고속도로와 자동차전용도로의 경우는 제외하고 있으며, 예상 이용량이 적을 경우에는 예외를 인정하고 있어 첨단모빌리티 활성화 초기에는 필수적이지 않은 문제가 있음

「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」

제9조(첨단모빌리티 친화적 도로환경의 조성)

- ① 국토교통부장관 또는 지방자치단체의 장이 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제7호에 따른 도시·군계획시설 중 도로 또는 「도로법」 제10조에 따른 도로(「도로법」 제10조제1호에 따른 고속국도 및 제48조에 따른 자동차전용도로는 제외한다)를 신설·확장 또는 개량할 때에는 첨단모빌리티의 이용자가 보편적이고 편리하며 안전하게 이동할 수 있도록 국토교통부령으로 정하는 설계 원칙과 기준을 반영하여야 한다. 다만, 첨단모빌리티의 예상 이용량이 적거나 현기 여건 등 대통령령으로 정하는 부득이한 사유가 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 국토교통부장관은 첨단모빌리티 친화적 도로 환경의 조성 및 확산을 위하여 필요한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 시범사업을 추진할 수 있다. 이 경우 국토교통부장관은 시범사업에 참여하는 자에 대하여 필요한 지원을 할 수 있다.

- 이외에도 제10조의 모빌리티 특화도시의 지정 및 지원, 제12조의 모빌리티 실증을 위한 규제특례 사항을 제시함

2) 모빌리티 규제샌드박스

- 첨단 모빌리티의 경우 새로운 기술을 활용함으로써 기존의 제도 아래에서는 사업을 수행하기 어려우므로, 신제품과 서비스가 생명과 안전에 저해하지 않는 범위에서 선 사업허용-후 규제정비 방식으로 사업을 지원하는 제도를 운용

- 「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」제 11조(규제의 신속확인), 제 12조(모빌리티 실증을 위한 규제특례), 제13조(실증을 위한 규제특례의 관리 및 감독 등), 제14조(실증을 위한 규제특례의 연장 등)에 의거
- 대상은 다음과 같이 정의함
 - 모빌리티 수단 : 자율차, UAM, 배송로봇/드론, 하이퍼루프, 택시, 버스 등
 - 모빌리티 서비스 : 공유모빌리티(DRT, PM/자전거, 플랫폼택시, 카셰어링), MaaS 등
 - 모빌리티 기반시설 : 스마트교차로, 횡단보도, 디지털 도로, 전기차/수소차 충전소 등

2. 자율주행

1) 자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률

- 제2조는 자율주행자동차의 정의와 함께 자율주행협력주행과 정밀도로지도를 규정하고 있음. 이는 자율주행자동차의 운행에 있어 C-ITS와 HDM의 구비를 법제화한다는 의미
- 제2조 2항은 자율주행자동차의 종류를 운전자의 개입여부에 따라 부분 자율주행 자동차와 완전자율주행자동차로 구분함

「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」

제2조(정의)

① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “자율주행자동차”란 「자동차관리법」 제2조제1호의3에 따른 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다.
2. “자율주행시스템”이란 운전자 또는 승객의 조작 없이 주변상황과 도로 정보 등을 스스로 인지하고 판단하여 자동차를 운행할 수 있게 하는 자동화 장비, 소프트웨어 및 이와 관련한 모든 장치를 말한다.
3. “자율협력주행시스템”이란 「도로교통법」 제2조제15호에 따른 신호기, 같은 조 제16호에 따른 안전표지, 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제4호에 따른 교통시설 등을 활용하여 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 자율주행기능을 지원·보완하여 효율성과 안전성을 향상시키는 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제16호에 따른 지능형교통체계를 말한다.
4. “정밀도로지도”란 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제2조제8호에 따른 측량성과로서 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 자율주행자동차의 운행에 활용 가능하도록 도로 등의 위치정보 등이 포함된 정밀전자지도를 말한다.

② 자율주행자동차의 종류는 다음 각 호와 같이 구분하되, 그 종류는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 세분할 수 있다.

1. 부분 자율주행자동차: 제한된 조건에서 자율주행시스템으로 운행할 수 있으나 작동한계상황 등 필요한 경우 운전자의 개입을 요구하는 자율주행자동차
2. 완전 자율주행자동차: 자율주행시스템만으로 운행할 수 있어 운전자가 없거나 운전자 또는 승객의 개입이 필요하지 아니한 자율주행자동차

- 이 외에도 시범운행지구의 지정 등에 관한 사항(법률 제7조, 시행령 제5조), 여객의 유상운송에 관한 특례 사항(법률 제9조, 시행령 제8조), 화물자동차 운송사업에 관한 특례(법률 제10조, 시행령 제9조), 도로시설에 관한 특례(법률 제13조, 시행령 제11조) 등에 대해 명시함

- 도로시설에 관한 특례의 경우 시설 기준에 대한 사항이 아닌 자율주행에 필요한 도로공사와 유지관리를 도로관리청이 아닌자가 수행할 수 있도록 허가함

2) 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(이하 자동차규칙)

- 국토교통부령인 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙에서는 자율주행 시스템을 부분 자율주행, 조건부 자율주행, 완전 자율주행의 3단계로 구분
- 제111조3에서 부분 자율주행시스템의 안전기준을 제시하고 있으나, 임시운행허가를 받은 경우에는 적용하지 않음(제114조⑯항)

「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」

제111조(자율주행시스템의 종류) 자율주행시스템의 종류는 다음 각 호와 같이 구분한다.

1. 부분 자율주행시스템: 지정된 조건에서 자동차를 운행하되 작동한계 상황 등 필요한 경우 운전자의 개입을 요구하는 자율주행시스템
2. 조건부 완전자율주행시스템: 지정된 조건에서 운전자의 개입 없이 자동차를 운행하는 자율주행시스템
3. 완전 자율주행시스템: 모든 영역에서 운전자의 개입 없이 자동차를 운행하는 자율주행시스템

제111조의3(승용자동차의 부분 자율주행시스템 안전기준) 승용자동차에 설치되는 부분 자율주행시스템의 안전기준은 별표 27과 같다.

제114조(기준적용의 특례)

⑯ 법 제27조제1항 단서에 따른 임시운행허가를 받으려는 자율주행자동차에 대해서는 이 규칙의 제111조, 제111조의2 및 제111조의3를 적용하지 않는다.

- 안전기준에는 운전권한의 전환 등 다양한 항목에 대해서 규정하고 있음. 그중에 중요한 항목은 제한 최대속도, 최소안전거리, 끼어들기 시 안전시간, 감지거리와 범위 등이 있음

「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 별표 27 부분 자율주행시스템의 안전 기준」

1. 자동차로유지기능의 성능기준

나. 자동차로유지기능의 주행상황 대응 및 전방거리제어 등에 대한 기준

4) 작동상태에 있는 자동차로유지기능은 다음과 같이 자동차의 속도를 제어할 수 있을 것

가) 최대작동속도는 110km/h를 초과하지 않을 것

나) 주행 중인 도로의 제한속도(『도로교통법』 제17조제1항 또는 제2항에 따른 제한속도를 말한다)를 초과하지 않을 것

다) 주행 중인 도로의 곡률(曲率) 변화, 호우(豪雨) 및 강설(降雪) 등 도로 시설과 환경 조건에 따라 속도를 자동으로 조절할 것

5) 작동상태에 있는 자동차로유지기능은 주행 중인 차로 전방의 자동차와의 거리를 다음과 같이 조절할 수 있을 것

가) 자동차가 정지상태가 아닌 경우 주행 중인 자동차와 전방의 자동차와의 거리는 다음 표에 따른 자동차의 현재 속도별 전방최소안전거리 이상이 되도록 할 것. 이 경우 다음 표에 규정되지 않은 자동차의 현재 속도에 대한 전방최소안전거리는 다음 표에 규정된 자동차의 현재 속도별 전방최소안전거리에 선형보간법(線形補間法)을 적용하여 산출한 값으로 한다.

자동차의 현재 속도		전방최소안전거리(m)
(km/h)	(m/s)	
7.2 이하	2.00 이하	2.0
10	2.78	3.1
20	5.56	6.7
30	8.33	10.8
40	11.11	15.6
50	13.89	20.8
60	16.67	26.7
70	19.44	33.1
80	22.22	40.0
90	25.00	47.5
100	27.78	55.6
110	30.56	61.1

나) 자동차가 주행 중인 차로의 전방에 연접 차로의 자동차가 끼어드는 경우로서 다음 모두에 해당하는 경우
 (3) 끼어드는 자동차의 앞바퀴 타이어의 바깥쪽 접지부분 가장자리가 충돌예상시간기준지점에 도달한 상태에서 계산한 충돌예상시간(TTC끼어들기, Time to Collision)이 다음 수식에 따른 범위에 있는 경우

$$TTC끼어들기(s) > [V상대/(2 \times 6\%) + 0.35] (\text{초})$$

TTC끼어들기: 끼어드는 자동차가 충돌예상시간기준지점에 도달한 시점의 두 자동차 간의 거리를 두 자동차 간의 상대속도로 나눈 값

V상대: 두 자동차 간 종방향 상대속도(m/s)

다. 부분 자율주행시스템의 감지범위 등에 대한 기준

- 1) 부분 자율주행시스템은 다음 그림의 음영(陰影)으로 표시된 부분을 포함하는 범위의 도로의 구조, 차선 및 주행 중인 다른 자동차 등 주행 환경 및 교통 상황을 확인할 수 있는 감지기능을 갖출 것



[부분 자율주행시스템의 감지범위]

- 2) 위 그림에서 전방감지거리(전방의 자동차 및 사람 등을 감지하는 거리를 말한다) 및 측방감지거리(측방의 자동차를 감지하는 거리를 말한다)는 다음의 구분에 따른 기준을 충족할 것
 - 가) 전방감지거리는 자동차의 앞쪽 끝을 기준으로 다음 표의 지정최대속도별 최소전방감지거리 이상일 것. 이 경우 다음 표에 규정되지 않은 지정최대속도에 대한 최소전방감지거리는 다음 표에 규정된 지정최대속도별 최소전방감지거리에 선형보간법을 적용하여 산출한 값으로 한다.

지정최대속도(km/h)	최소전방감지거리(m)
0 ~ 60	46
70	50
80	60
90	75
100	90
110	110

바. 부분 자율주행시스템의 위험최소화운행에 대한 기준

- 1) 위험최소화운행이 시작되면 주행 중인 차로(차선표시가 분명하지 않은 경우에는 주변의 교통 및 도로 환경을 고려한 적절한 경로로 한다)에서 4%를 초과하지 않는 감속도로 감속할 것. 다만, 다음에 해당하는 경우에는 4%를 초과할 수 있다.

가) 부분 자율주행시스템이나 자동차에 심각한 고장이 발생한 경우

나) 운전자에게 촉각경고를 하기 위하여 짧은 시간 내에 감속하는 경우

- 5) 위험최소화운행기능이 작동하는 동안 차로변경이 가능하도록 부분 자율주행시스템이 설계된 경우에는 위험최소화운행기능이 작동하는 동안 갓길 또는 사고 위험이 적은 차로로 차로를 변경한 후 위 1)에서 3)까지의 기준에 따라 위험최소화운행을 수행할 수 있다. 이 경우 차로변경은 다음 수식에 따라 산출된 안전거리를 기준으로 설정된 안전구역에 다른 자동차 및 장애물이 없는 경우에만 수행해야 한다.

가) 전방최소안전거리 (Scritical-front)

$V_{front} \geq VALCF$ 경우:

$$Scritical-front = VALCF \times tG$$

$V_{front} < VALCF$ 경우:

$$Scritical-front = (VALCF - V_{front}) \times tB + (VALCF - V_{front})^2 / (2 \times a) + V_{front} \times tG$$

V_{front} : 목표차로의 전방에 위치한 자동차의 실제속도 (m/s)

$VALCF$: 자동차로변경기능을 갖춘 자동차의 실제속도 (m/s)

a : 7.02 m/s² (절은 노면조건으로 실현 가능한 감속도)

tB : 0.3 초(감속도 수준 도달 시까지의 시스템 지연)

tG : 1초(자동차로변경기능을 갖춘 자동차가 감속한 후 그 자동차와 전방자동차와의 충돌을 방지하기 위한 추가 시간차)

나) 후방최소안전거리 (Scritical-rear)

$V_{rear} \geq VALCF$ 경우 :

$$Scritical-rear = (V_{rear} - VALCF) \times tB + (V_{rear} - VALCF)^2 / (2 \times a) + VALCF \times tG$$

$V_{rear} < VALCF$ 경우:

$$Scritical-rear = VALCF \times tG$$

V_{rear} : 접근하는 자동차의 실제속도 또는 110km/h 중 낮은 속도(m/s)

$VALCF$: 자동차로변경기능을 갖춘 자동차의 실제속도(m/s)

a : 3m/s² (접근하는 자동차의 감속도)

tB : 0.4초(차로변경기동 시작 후 접근하는 자동차의 감속이 시작되는 시간)

tG : 1초(접근하는 자동차가 감속한 후 그 자동차와 자동차로변경기능을 갖춘 자동차와의 충돌을 방지하기 위한 추가 시간차)

다) 측방최소안전거리 (Scritical-side)

$Scritical-side$ = 자동차로변경기능을 갖춘 자동차가 차로변경하려는 목표차로의 2개 차선 중 가장 먼 거리에 있는 차선의 안쪽 경계까지의 거리



3) 도로교통법

- 도로교통법 제2조는 자율주행시스템과 자율주행자동차에 대해 정의함
- 도로교통법 제50조의 2는 자율주행차 운전자의 준수 사항에 대해서 정의하고 있으며, Lv5 수준의 완전 자율주행차는 아직 고려 사항이 아님을 알 수 있음

「도로교통법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

18의2. “자율주행시스템”이란 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조제1항제2호에 따른 자율주행시스템을 말한다. 이 경우 그 종류는 완전 자율주행시스템, 부분 자율주행시스템 등 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 세분할 수 있다.

18의3. “자율주행자동차”란 「자동차관리법」 제2조제1호의3에 따른 자율주행자동차로서 자율주행시스템을 갖추고 있는 자동차를 말한다.

제50조의2(자율주행자동차 운전자의 준수사항 등)

- ① 행정안전부령으로 정하는 완전 자율주행시스템에 해당하지 아니하는 자율주행시스템을 갖춘 자동차의 운전자는 자율주행시스템의 직접 운전 요구에 지체 없이 대응하여 조향장치, 제동장치 및 그 밖의 장치를 직접 조작하여 운전하여야 한다.
- ② 운전자가 자율주행시스템을 사용하여 운전하는 경우에는 제49조제1항제10호, 제11호 및 제11호의2의 규정을 적용하지 아니한다.

3. UAM/드론

1) 도심항공교통 활용 촉진 및 지원에 관한 법률¹⁶⁾

- 「도심항공교통 활용 촉진 및 지원에 관한 법률」(이하 UAM법)은 UAM과 관련된 다수의 사항을 정의하고 있음. 도시와 모빌리티 측면에서 버티포트개발사업이 특히 중요
- UAM법은 국토부장관이 도심항공교통기본계획을 5년마다 수립할 것을 규정함
 - 관련 산업 지원정책의 수립과 함께, UAM공간정보 구축(제18조), UAM 회랑과 연계망 구축, 도로 철도 등 타 교통수단과의 연계에 대해 계획 수립
- 실증사업(제6조, 제 15조)과 시범운행(제8조, 제16조)에 관한 사항 역시 규정함
- 법 제9조는 버티포트의 개발에 대한 내용을 규정하고 있음
 - 버티포트 개발은 필요시 장관의 허가를 받아 다른 사람이 개발사업을 시행 가능
 - 그리고 ⑥항1호에서 국토교통부령으로 정하는 설계기준에 적합하도록 설계도서를 작성하도록 규정하고 있으므로 국가표준 설계기준이 곧 마련될 예정

「도심항공교통 활용 촉진 및 지원에 관한 법률」

제9조(버티포트의 개발 등)

- ① 국토교통부장관은 버티포트개발사업을 시행할 수 있다.
- ② 국토교통부장관 외의 자가 버티포트개발사업을 시행하려는 경우에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.
- ③ 제2항에 따른 허가의 기준은 다음 각 호와 같다.
 1. 버티포트개발사업의 목적 및 내용이 기본계획과 조화를 이룰 것
 2. 도심형항공기의 이륙·착륙에 지장을 주는 장애물이 없을 것
 3. 버티포트개발사업을 적절하게 수행하는 데 필요한 재무능력 및 기술능력 등 국토교통부령으로 정하는 기준을 충족할 것
- ④ 국토교통부장관은 버티포트개발사업의 허가 또는 변경허가를 하려는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 및 해당 시·도지사와 사전에 협의하고 국가교통위원회의 심의를 거쳐야 한다.
- ⑤ 국토교통부장관은 제2항에 따라 버티포트개발사업의 허가 또는 변경허가를 한 경우에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 관보에 고시하고, 관계 중앙행정기관의 장 및 해당 시·도지사에게 통보하여야 한다.
- ⑥ 국토교통부장관 및 제2항에 따라 버티포트개발사업의 허가를 받은 자는 버티포트개발사업에 관한 시행계획(이하 “개발사업시행계획”이라 한다)을 수립하여야 하며, 개발사업시행계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 사업시행에 필요한 설계도서. 이 경우 국토교통부령으로 정하는 설계기준에 적합하여야 한다.
 2. 자금조달계획
 3. 개발사업 시행기간
 4. 그 밖에 버티포트개발사업과 관련하여 국토교통부령으로 정하는 사항

16) 2024년 4월 25일 시행

2) 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(이하 드론법)

- 드론 이용 인구의 확산과 관련 여가 취미활동 지원을 위해 드론 공원을 지정할 수 있는 근거를 제공(2024년 8월 14일 시행)

- 제11조에서 정의한 드론시범사업구역을 확장하여 제11조2에서 공원지정의 권한을 지자체 장에게 부여함

「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」

제11조(드론시범사업구역의 지정 및 관리)

- ① 국토교통부장관은 대통령령으로 정하는 바에 따라 드론시스템의 실증·시험 등을 원활하게 수행하기 위한 드론시범사업구역(이하 “드론시범사업구역”이라 한다)을 지정·운영할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 드론시범사업구역에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 행정적·재정적 지원을 할 수 있다.
 1. 드론의 성능시험 및 개발 등을 위하여 비행을 하는 자
 2. 안전기준 연구 등을 위하여 드론을 비행하는 자
 3. 그 밖에 국토교통부령으로 정하는 자

제11조의2(드론공원의 지정 및 관리)

- ① 국토교통부장관은 드론을 이용한 국민들의 취미·여가활동 등을 지원하기 위하여 시·도지사 또는 시장·군수·구청장(구청장은 자치구의 구청장을 말하며, 이하 “시·도지사등”이라 한다)의 신청을 받아 드론공원(일정한 범위의 지상과 드론 비행이 가능한 공역을 포함한다. 이하 같다)을 지정할 수 있다. 다만, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 도시공원은 드론공원 지정 대상에서 제외한다.
- ③ 국토교통부장관은 드론공원에서 드론 비행을 하려는 사람에 대해서는 다음 각 호의 사항을 면제하거나 간소화할 수 있다.
 1. 「항공안전법」 제125조제1항에 따른 조종자 증명(국토교통부령으로 정하는 드론에 대한 조종자 증명으로 한정한다)
 2. 「항공안전법」 제127조제3항제2호에 따른 비행승인

4. 전기차

1) 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 및 시행령(이하 친환경자동차법 및 시행령)

■ 전용주차구역 설치 및 운영

- 「친환경자동차법」 제11조의2에 전기차 전용주차구역 설치 대상 및 운영 방법 정의
 - 공공건물 및 공중이용시설, 공동주택, 광역 및 기초 지방자치단체에서 설치한 주차장 등 대통령령으로 정하는 시설에 환경친화적 자동차 충전시설 및 전용주차구역의 설치를 의무화
 - 전용주차구역에는 충전시설의 의무화와 충전시설이 갖춰진 충전구역에는 전기차, 플러그인하이브리드차, 수소전기차 이외 차량의 주차는 불허
 - 충전시설과 충전구역에 물건을 쌓거나 통행을 가로막는 등 충전방해 행위를 금지
 - 법을 위반하여 주차한 자동차에 대한 단속 권한 부여
 - 전용주차구역의 자동차 충전시설 위치, 개방시간 및 이용조건 등의 정보 공개 의무화

「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」

제11조의2(환경친화적 자동차의 전용주차구역 등)

- ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것으로서 대통령령으로 정하는 시설의 소유자(해당 시설에 대한 관리의무자가 따로 있는 경우에는 관리자를 말한다)는 대통령령으로 정하는 바에 따라 해당 대상시설에 환경친화적 자동차 충전시설 및 전용주차구역을 설치하여야 한다.
 1. 공공건물 및 공중이용시설
 2. 공동주택
 3. 특별시장·광역시장, 도지사 또는 특별자치도지사, 특별자치시장, 시장·군수 또는 구청장이 설치한 주차장
 4. 그 밖에 환경친화적 자동차의 보급을 위하여 설치할 필요가 있는 건물·시설 및 그 부대시설
- ② 제1항에 따른 전용주차구역을 설치하는 자는 대통령령으로 정하는 기준에 따라 해당 전용주차구역에 환경친화적 자동차 충전시설을 갖추어야 한다.
- ⑦ 전기차, 플러그인하이브리드자동차 이외의 자동차는 환경친화적 자동차 충전시설의 충전구역에 주차하여서는 아니 된다.
- ⑧ 전기차, 하이브리드자동차, 수소전기차 이외의 자동차는 환경친화적 자동차의 전용주차구역에 주차하여서는 아니 된다.
- ⑨ 누구든지 환경친화적 자동차 충전시설 및 충전구역에 물건을 쌓거나 그 통행로를 가로막는 등 충전을 방해하는 행위를 하여서는 아니 된다.
- ⑩ 환경친화적 자동차 충전시설의 충전구역 및 전용주차구역에 주차하고 있는 자동차를 단속할 수 있다.
- ⑪ 환경친화적 자동차 충전시설을 개방하고, 개방하는 환경친화적 자동차 충전시설의 위치, 개방시간 및 이용조건 등의 정보를 공개하여야 한다.

- 「친환경자동차법 시행령」 제18조의5에서 전용주차구역 및 충전시설 설치 의무 대상 시설에 대해 정의함
 - 대통령령으로 정하는 대상 시설이란 「주차장법」에 따른 주차단위구획의 총수가 50개 이상인 시설 중 환경친화적 자동차 보급 현황, 계획, 운행현황 및 도로 여건 등을 고려하여 시·도 조례로 정하는 시설을 말함
- 「친환경자동차법 시행령」 제18조의6에서 전용주차구역의 설치기준을 제시
 - 신축건물은 충전기 의무설치 비율은 2022년 개정되어 해당 시설 총 주차대수의 5% 이상의 범위에서 시·도 조례로 정하도록 하고 있음
 - 2022년 1월 28일 전에 건축허가를 받은 시설(기축 시설)의 경우 총 주차대수의 2% 이상의 범위에서 시·도 조례로 결정

「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령」

제18조의5(전용주차구역 및 충전시설 설치 대상시설 등)

법 제11조의2제1항 각 호 외의 부분에서 “대통령령으로 정하는 시설”이란 다음 각 호에 해당하는 시설로서 「주차장법」 제2조제7호에 따른 주차단위구획을 50개 이상 갖춘 시설 중 환경친화적 자동차 보급현황·보급계획·운행현황 및 도로여건 등을 고려하여 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도의 조례로 정하는 시설을 말한다.

1. 「건축법 시행령」 제3조의5 및 별표 1에 따른 용도별 건축물 중 다음 각 목의 시설
(근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매시설, 운수시설, 의료시설... 등)
2. 「건축법 시행령」 제3조의5 및 별표 1 제2호에 따른 공동주택 중 다음 각 목의 시설
가. 100세대 이상의 아파트
나. 기숙사
3. 「건축법 시행령」 제3조의5 및 별표 1 제2호에 따른 공동주택 중 다음 각 목의 시설

제18조의6(전용주차구역의 설치기준)

① 법 제11조의2제1항에 따라 설치해야 하는 환경친화적 자동차 전용주차구역의 수는 해당 시설의 총 주차대수의 5% 이상의 범위에서 시·도의 조례로 정한다. 다만, 2022년 1월 28일 전에 건축허가를 받은 시설 중 다음 각 호의 자가 소유하고 관리하는 기축시설이 아닌 기축시설의 경우에는 해당 시설의 총주차대수의 2% 이상의 범위에서 시·도의 조례로 정한다.

1. 국가, 지방자치단체, 공공기관 및 지방공기업
2. 제18조의9제1항 각 호의 자

③ 제1항에 따라 전용주차구역의 설치 수를 산정할 때 소수점 이하는 반올림하여 계산한다.

■ 사업 활성화를 위한 국·공유재산 지원

- 「친환경자동차법」 제11조의3에서 충전시설 보급의 확대를 위해 필요시 사업자에
게 국·공유재산의 대여와 임대료 감액을 허용
 - 임대 기간은 10년으로 하며, 1회 연장이 가능하여 최장 20년간 임대 허용
 - 임대료는 100분의 80 범위 내에서 감액을 허용

「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」

제11조의3(국유재산·공유재산의 임대 등)

- ① 국가 또는 지방자치단체는 환경친화적 자동차의 충전시설 보급·확대 사업을 위하여 필요하다고 인정하면 국유재산 또는 공유재산을 「국유재산법」 또는 「공유재산 및 물품 관리법」에도 불구하고 수의계약에 따라 환경친화적 자동차의 충전시설 보급·확대 사업을 하는 자에게 대부계약의 체결 또는 사용허가(이하 “임대”라 한다)를 할 수 있다.
- ② 국가 또는 지방자치단체가 제1항에 따라 국유재산 또는 공유재산을 임대하는 경우에는 「국유재산법」 또는 「공유재산 및 물품 관리법」에도 불구하고 자진철거 또는 철거비용의 공탁을 조건으로 영구시설물을 축조하게 할 수 있다. 다만, 공유재산에 영구시설물을 축조하려면 지방의회의 동의를 받아야 하며, 지방의회의 동의 절차에 관하여는 지방자치단체의 조례로 정할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 국유재산 및 공유재산의 임대기간은 10년 이내로 하되, 국유재산은 종전의 임대기간을 초과하지 아니하는 범위에서 갱신할 수 있고, 공유재산은 지방자치단체의 장이 필요하다고 인정하는 경우 한 차례만 10년 이내의 기간에서 연장할 수 있다.
- ④ 국가가 제1항에 따라 국유재산을 임대하는 경우에는 「국유재산법」에도 불구하고 대통령령으로 정하는 바에 따라 임대료를 100분의 80의 범위에서 경감할 수 있다.
- ⑤ 지방자치단체가 제1항에 따라 공유재산을 임대하는 경우에는 「공유재산 및 물품 관리법」에도 불구하고 조례로 정하는 바에 따라 임대료를 100분의 80의 범위에서 경감할 수 있다.

2) 전기자동차 충전 인프라 설치 운영 지침

- 환경부의 「전기자동차 충전 인프라 설치 운영 지침(개정안)(2019)」와 「전기자동차 급속충전시설 보조사업 보조금 및 설치운영지침(2024)」, 「전기자동차 완속충전시설 보조사업 보조금 및 설치운영지침(2024)」 환경부 사업에 한정하여 충전기를 설치하고 운영하는 방법을 정의함
 - 충전시설 운영 방법과 요금, 유지보수 방법 등과 시설 정보 공유등의 의무사항 정의
 - 충전시설 설치 기준이 되는 법령, 지침, 국가기술표준 등을 정의

「전기자동차 급속충전시설 보조사업 및 설치운영지침」

IV. 충전시설 설치 기준

1. 기본원칙

- 전기차 충전기 관련 법령, 지침, 국가기술표준 등을 준수해야 한다.
 - 1. 「전기사업법」
 - 2. 「전기안전관리법」
 - 3. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」
 - 4. 「전기설비 기술기준」 제53조의2
 - 5. 「한국전기설비규정(KEC)」 241.17
 - 6. 충전기와 관련된 국가표준 등
 - 7. 기타 충전기 설치에 필요한 법령 및 규정
- 사업수행기관은 관련 법령이나 지침 등을 명확히 숙지하고 충전시설 설치공사를 진행해야 한다. 충전시설 설치공사 개시와 함께 한국환경공단과 한국자동차환경협회에 신고해야 한다.
- 충전시설은 전기차 보급실적 및 보급계획 물량이 많은 지역에 우선 설치해야 한다.
- 사업수행기관은 충전시설에 환경부에서 보조금을 지원받아 설치한 충전시설임을 알리는 표시, 불편민원신고센터 QR코드 등을 부착하여야 한다. 표시 방법 등은 한국환경공단에서 정한다.

3) 건축법 및 시행령

- 전기차 충전시설이 들어갈 수 있는 건축물은 「건축법 시행령」 제3조의5와 관련된 [별표 1]에서 규정하고 있는 제1종 근린생활시설 중 전기차 충전소로 사용하는 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 미만으로 한정하고 있음

「건축법」

제2조(정의)

- ② 건축물의 각 용도별(단독주택, 공동주택, 제1종근린생활시설 등)로 구분하되, 각 용도에 속하는 건축물의 세부 용도는 대통령령으로 정한다.

「건축법 시행령」

제3조의5(용도별 건축물의 종류) 법 제2조제2항 각 호의 용도에 속하는 건축물의 종류는 별표 1과 같다.

[별표1] 용도별 건축물의 종류

3. 제1종 근린생활시설

차. 전기차 충전소(해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 미만인 것으로 한정)

19. 위험물 저장 및 처리 시설

가. 주유소 및 석유 판매소

나. 액화석유가스 충전소, 판매소, 저장소

20. 자동차 관련 시설

자. 전기차 충전소로서 제1종 근린생활시설에 해당하지 않는 것

4) 위험물안전관리법 및 시행규칙

- 「위험물안전관리법」에 따르면 폭발에 대비한 방폭 성능이 없는 충전기는 주유기로 부터 6m, 탱크 주입구로부터는 4m 떨어진 곳에 설치하도록 하고 있음
 - 이로 인해 주유소나 LPG 충전소 내에 전기차 충전 인프라를 확대하는 데 한계 존재
 - 이러한 이유로 정유사들은 규제 샌드박스를 통해 실증사업으로만 운영

「위험물안전관리법」

제5조(위험물의 저장 및 취급의 제한)

④ 제1항의 규정에 따른 제조소등의 위치·구조 및 설비의 기술기준은 행정안전부령으로 정한다.

「위험물안전관리법 시행규칙」

제37조(주유취급소의 기준)

법 제5조제4항의 규정에 의한 제조소등의 위치·구조 및 설비의 기준 중 주유취급소에 관한 것은 별표 13과 같다.

[별표13] 주유취급소의 위치구조 및 설비의 기준

V. 건축물 등의 제한 등

1. 주유취급소에는 주유 또는 그에 부대하는 업무를 위하여 사용되는 다음 각목의 건축물 또는 시설 외에는 다른 건축물 그 밖의 공작물을 설치할 수 없다.

가. 주유 또는 등유·경유를 옮겨 담기 위한 작업장

나. 주유취급소의 업무를 행하기 위한 사무소

다. 자동차 등의 점검 및 간이정비를 위한 작업장

라. 자동차 등의 세정을 위한 작업장

마. 주유취급소에 출입하는 사람을 대상으로 한 점포·휴게음식점 또는 전시장

바. 주유취급소의 관계자가 거주하는 주거시설

사. 전기차용 충전설비(전기를 동력원으로 하는 자동차에 직접 전기를 공급하는 설비를 말함)

아. 그 밖의 소방청장이 정하여 고시하는 건축물 또는 시설

5. 로봇배송

1) 생활물류서비스산업발전법(이하 생활물류서비스법)

- 2025년 1월 17일부터 생활물류서비스법 제2조3호나목은 드론과 실외이동로봇을 이용한 소화물배송대행서비스를 할 수 있도록 허용함
- 제5조①항3호에서는드론 또는 실외이동로봇을 이용한 화물 집·배송을 하려는 경우 「항공사업법」 제48조 또는 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 제40조의2에서 대통령령으로 정하는 요건을 갖추어 적시함

「생활물류서비스산업발전법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “생활물류서비스”란 「물류정책기본법」 제2조제1항제1호에 따른 물류에 관한 활동으로서 소비자의 요청에 따라 소형·경량 위주의 화물을 집화, 포장, 보관, 분류 등의 과정을 거쳐 배송하는 서비스 및 이륜자동차를 이용하여 직접 배송하거나 정보통신망 등을 활용하여 이를 중개하는 서비스를 말한다.
3. “생활물류서비스사업”이란 생활물류서비스를 유상으로 제공하는 사업으로서 다음 각 목의 사업을 말한다.
 - 가. 택배서비스사업: 「화물자동차 운수사업법」 제3조제1항에 따라 허가받은 화물자동차 운송사업을 위한 화물자동차를 이용하여 집화, 분류 등의 과정을 거쳐 화물을 배송하는 사업
 - 나. 소화물배송대행서비스사업: 「자동차관리법」 제3조제1항제5호에 따른 이륜자동차, 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」 제2조제1항제1호에 따른 드론(이하 “드론”이라 한다) 또는 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 제2조제4호의2에 따른 실외이동로봇(이하 “실외이동로봇”이라 한다)을 이용하여 화물을 직접 배송하거나 정보통신망 등을 활용하여 이를 중개하는 사업
7. “생활물류시설”이란 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 물류시설 중 화물의 집화, 하역, 분류, 보관, 배송 등을 위하여 생활물류서비스사업에 이용되는 시설을 말한다.

제5조(택배서비스사업의 등록 등)

- ① 택배서비스사업의 대상이 되는 화물의 집화·배송만을 담당하기 위하여 「화물자동차 운수사업법」 제3조제1항에 따라 허가받은 자의 화물자동차 운송사업에 사용되는 화물자동차(이하 “택배서비스전용화물자동차”라 한다)를 이용하여 택배서비스사업을 하려는 자는 다음 각 호의 요건을 갖추어 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관에게 등록하여야 한다.
3. 화물의 집화·배송에 드론 또는 실외이동로봇을 이용하려는 경우에는 「항공사업법」 제48조에 따른 초경량비행장치사용사업의 등록 또는 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 제40조의2에 따른 운행안전인증 등 대통령령으로 정하는 요건을 갖추어

2) 지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법(이하 지능형 로봇법)

- 지능형 로봇법 제2조에서는 실외이동로봇에 대해서 “배송 등을 위하여 자율주행(원격 제어를 포함한다)으로 운행할 수 있는 지능형 로봇”으로 정의함
- 동법 시행규칙 제7조의4에서는 실외이동로봇의 운행안전인증에 관한 사항을 규정하고 있으나, 이는 보도 운행(법 제40조의2)을 고려한 안전인증이며, 운행안전인증 기준은 총 16가지 항목으로 구성

「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “지능형 로봇”이란 외부환경을 스스로 인식하고 상황을 판단하여 자율적으로 동작하는 기계장치(기계장치의 작동에 필요한 소프트웨어를 포함한다)를 말한다.
- 4의2. “실외이동로봇”이란 배송 등을 위하여 자율주행(원격제어를 포함한다)으로 운행할 수 있는 지능형 로봇을 말한다.

제40조의2(실외이동로봇의 운행안전인증 등)

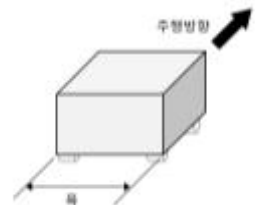
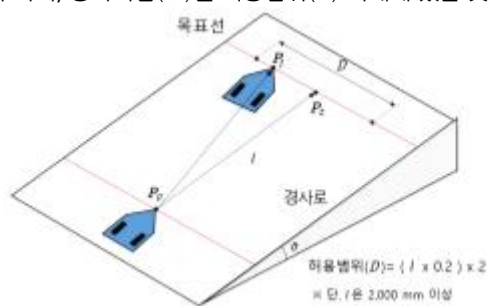
- ① 산업통상자원부장관은 실외이동로봇의 「도로교통법」 제2조제10호에 따른 보도 등에서의 운행을 위하여 실외이동로봇의 운행안전인증(이하 “안전인증”이라 한다)을 실시할 수 있다.
- ⑥ 안전인증의 기준·절차 등 안전인증에 필요한 사항과 제2항에 따른 인증기관 지정의 기준·절차·취소 등에 필요한 사항은 산업통상자원부령으로 정한다.

「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 시행규칙」

제7조의4(운행안전인증 기준)

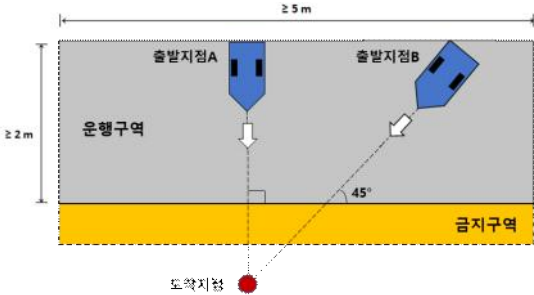
- ① 법 제40조의2제6항에 따른 실외이동로봇 운행안전인증 기준(이하 “운행안전인증 기준”이라 한다)은 다음 각 호의 기준을 말한다.
 1. 로봇의 최대 질량(적재물의 질량을 포함한다): 500킬로그램 이하일 것
 2. 로봇의 최대 속도: 시속 15킬로미터 이하일 것
- ② 제1항에서 규정한 사항 외에 운행안전인증 기준에 필요한 세부사항은 산업통상자원부장관이 정하여 고시한다.

[표 3-1] 실외이동로봇 운행안전기준

항목	심사기준								
질량 및 폭 제한	가. 로봇의 자체 질량과 적재물의 질량을 합하여 500 kg을 초과하지 않아야 한다. 나. 로봇의 폭은 800 mm를 초과하지 않아야 한다. 단, 해당 로봇이 운행하려는 보도의 최소 폭이 2500 mm 이상인 경우, 로봇의 폭을 1200 mm 까지 허용한다. 								
운행 속도	가. 로봇의 최대 운행 속도는 최대 질량(로봇과 적재물 질량의 합)에 따라, 아래의 기준에 적합해야 한다. <table border="1"> <thead> <tr> <th>최대 질량(kg)</th><th>최대 운행 속도(km/h)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>230 초과 500 이하</td><td>5</td></tr> <tr> <td>100 초과 230 이하</td><td>10</td></tr> <tr> <td>100 이하</td><td>15</td></tr> </tbody> </table> 나. 가향에도 불구하고, 도로교통법 제12조에 따른 어린이 보호구역, 제12조의2에 따른 노인 보호구역 또는 장애인 보호구역에서 로봇이 최대 운행 속도 5 km/h를 준수하는지 확인한다.	최대 질량(kg)	최대 운행 속도(km/h)	230 초과 500 이하	5	100 초과 230 이하	10	100 이하	15
최대 질량(kg)	최대 운행 속도(km/h)								
230 초과 500 이하	5								
100 초과 230 이하	10								
100 이하	15								
겉모양	가. 로봇의 표면에 날카로운 모서리와 날카로운 끝이 없고, 손가락 끼임으로 인해 상해가 발생하지 않아야 한다. 나. 접촉 가능한 날카로운 부위의 최소 반경은 3 mm 이상이어야 한다.								
동적 안정성	가. 로봇은 그림과 같이 경사각(θ)이 적어도 5° 이상인 주행로에서 시험하여 안정적으로 주행할 수 있어야 한다. 1) 로봇을 출발점(P_o)에서 목표점(P_t)까지 주행하였을 때, 적재물의 이탈이나 낙하 없이 목표선을 통과해야 하며, 통과지점(P_f)은 허용범위(D) 이내에 있을 것  2) 후진을 하는 로봇의 경우, 후진 주행으로 “1)”과 동일한 방법으로 시험할 것 나. 로봇은 적어도 높이 30 mm 이상의 구조물을 전도, 적재물의 이탈이나 낙하 없이 통과해야 하며, 평가 방법은 한국산업표준 KS B 7320의 5.3.2에 따른다.								
비상정지	가. 로봇은 비정상적인 작동이나 위험한 상황이 발생한 경우 위험을 즉각 차단할 수 있도록 비상정지 기능을 가져야 한다. 1) 비상정지는 로봇의 제어시스템에서 가장 높은 우선권을 가질 것 2) 경사로에서 비상정지를 한 경우 로봇은 미끄러짐이나 구름으로 인한 위험이 발생하지 않아야 할 것 3) 비상정지 해제 후, 사용자의 조작 없이 임의로 동작하지 않을 것 4) 비상정지 상태는 수동에 의해서만 해제할 수 있도록 할 것 나. 비상정지 상태에서 어떠한 임의의 작동을 하여서는 아니된다. 다. 비상정지 장치는 쉽게 식별 및 작동시킬 수 있어야 한다. 1) 누름버튼(버섯 머리 유형 등) 형태를 가질 것 2) 실외이동로봇의 외부에 위치해야 하며, 바로 접근이 용이할 것 3) 색상은 빨간색일 것								

자료 : 국가법령정보센터

[표 3-1] 실외이동로봇 운행안전기준(계속)

항목	심사기준
비상정지	가. 로봇은 비정상적인 작동이나 위험한 상황이 발생한 경우 위험을 즉각 차단할 수 있도록 비상정지 기능을 가져야 한다. 1) 비상정지는 로봇의 제어시스템에서 가장 높은 우선권을 가질 것 2) 경사로에서 비상정지를 한 경우 로봇은 미끄러짐이나 구름으로 인한 위험이 발생하지 않아야 할 것 3) 비상정지 해제 후, 사용자의 조작 없이 임의로 동작하지 않을 것 4) 비상정지 상태는 수동에 의해서만 해제할 수 있도록 할 것 나. 비상정지 상태에서 어떠한 임의의 작동을 하여서는 아니된다. 다. 비상정지 장치는 쉽게 식별 및 작동시킬 수 있어야 한다. 1) 누름버튼(버섯 머리 유형 등) 형태를 가질 것 2) 실외이동로봇의 외부에 위치해야 하며, 바로 접근이 용이할 것 3) 색상은 빨간색일 것
운행구역 준수	가. 로봇은 지정된 운행구역을 준수해야 하며 제한된 금지구역에 진입하지 않아야 한다.  1) 그림과 같이 로봇을 출발지점에서 도착지점으로 자율주행 하도록 하였을 때, 로봇이 금지구역을 침범하지 않을 것 2) 출발지점A와 B에 대해 각 3회씩 반복하여 시험하였을 때 “1)”의 조건을 만족할 것 나. 로봇이 금지구역에 진입하지 아니하고 회피하여 주행하거나 멈추는 경우 “가”에 만족한 것으로 간주한다.
속도 제어	가. 로봇은 경사가 없는 평지에서 설정된 속도에 대하여 정확도 $\pm 10\%$ 이내의 속도로 주행해야 한다. 1) 로봇의 속도를 측정하는 구간은 1 m 이상일 것 2) 로봇은 속도를 측정하는 구간에 이르기 전에 충분한 가속이 이루어질 것 3) 로봇의 속도는 고유 사양에서 명시된 최대값으로 설정할 것 4) 시험은 총 3회 수행하여 그 결과를 평균한 값이 “가”를 만족할 것 나. 로봇은 적어도 5° 이상의 경사가 있는 주행로에서 설정된 속도에 대하여 정확도 $\pm 10\%$ 이내의 속도로 주행해야 한다. 1) “가”의 방법과 동일한 조건으로 시험할 것 2) 경사각은 고유 사양에서 명시된 최대 주행가능 경사각으로 설정할 것 3) 오르막과 내리막에 대하여 동일한 방법으로 시험할 것

[표 3-1] 실외이동로봇 운행안전기준(계속)

항목	심사기준
장애물 감지	가. 로봇은 사람이나 장애물을 감지하여 안전하게 감속, 정지 또는 회피해야 하며, 평가 방법은 한국산업표준 KS B 7320의 5.6절(장애물 감지와 회피)에 따른다. 단, 시험장 규격은 그림과 같다. 나. 장애물 배치 방법은 그림과 같다. 단, 폭이 800 mm를 초과하는 로봇의 경우 초과하는 폭의 길이만큼 시험장의 폭을 확장시킨다. ※ 이때 α(mm)의 값은 로봇 폭(mm)-800(mm) 이다.
알림음	가. 로봇은 통행 요청, 고장 상태 등 안전한 운행에 필요한 적절한 알림음을 발생해야 한다. 나. 로봇의 알림음 중 발화음과 비상정지 알림음은 55 dB(A) 이상, 73 dB(A) 이하이어야 하며, 평가 방법은 한국산업표준 KS B 7320의 5.7절(알림음)에 따른다.
등화장치	가. 로봇은 시각적 알림을 제공하기 위한 등화장치를 가져야 한다. 나. 등화장치는 한국산업표준 KS B 7320에 따른 시험환경에서 표면 온도가 섭씨 60도를 초과하지 않아야 한다. 온도의 측정은 등화장치를 30분 이상 작동상태로 유지한 이후 시험해야 한다.
방수 성능	가. 로봇의 외함은 한국산업표준 KS C IEC 60529에 따른 방수등급이 IPX4 이상이어야 한다.
물리적 보안	가. 로봇의 통신포트 및 저장장치에 접근 가능한 단자는 외부에서 접근할 수 없는 위치이거나 잠금장치를 사용하여 보호되어야 한다.
횡단보도 통행	가. 로봇이 횡단보도를 통행하는 경우에는 아래의 요구사항을 모두 만족하도록 해야 한다. 1) 신호를 대기하는 로봇은 운행계획서에 명시된 보도 상의 구역에 위치할 것 2) 로봇은 신호등의 신호를 정확히 인지할 수 있는 수단을 가질 것 3) 로봇이 횡단보도 통행을 위해 대기장소에 도착한 시점에 보행 신호가 작동 중인 경우에는, 정지 상태로 대기 후 다음 보행 신호에 횡단할 것 4) 횡단 중 보행자 및 차량 등 장애물과의 접촉이 없을 것 5) 로봇은 보행 신호가 종료되기 이전에 횡단을 완료할 것
관제장치	가. 로봇의 관제장치는 운용 중인 모든 로봇을 식별해야 한다. 나. 관제장치는 모든 로봇에 대하여 다음의 상태에 대한 정보를 실시간으로 확인할 수 있어야 한다. 1) 로봇의 위치와 속력 2) 로봇의 주행가능 거리 또는 배터리 잔량 3) 로봇과 관제장치 간 통신 신호의 감도 4) 로봇의 상태(주행, 대기, 비상정지, 오류 등) 다. 로봇은 주행하는 경로에 보행자 밀집 등으로 인해 통행이 불가능한 경우 관제장치에 알리고 관리자에 의한 조치가 이루어질 수 있어야 한다.
통신장애 대응	가. 로봇과 관제장치 간 통신장애가 발생한 경우, 실외이동로봇 운행계획서 상 통신장애 대응 시나리오에 따라 사전에 계획된 방식으로 작동해야 한다.
원격조작	가. 운행 중 안전을 위해 원격에서 로봇을 정지시킬 수 있는 수단을 가져야 한다. 나. 원격 수동조작을 통해 로봇을 이동시키는 경우, 반드시 카메라 등의 영상장치를 통해 주변의 상황을 확인할 수 있어야 한다. 단, 로봇을 육안으로 확인하여 원격조작을 하는 경우에는 예외로 한다.

3) 도로교통법

- 도로교통법 제2조는 실외이동로봇의 보도 통행을 허용하여, 실사업 추진이 가능하도록 뒷받침함

「도로교통법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

10. “보도”(步道)란 연석선, 안전표지나 그와 비슷한 인공구조물로 경계를 표시하여 보행자(유모차, 보행보조용 의자차, 노약자용 보행기 등 행정안전부령으로 정하는 기구·장치를 이용하여 통행하는 사람 및 제21호의3에 따른 실외이동로봇을 포함한다. 이하 같다)가 통행할 수 있도록 한 도로의 부분을 말한다.
- 21의3. “실외이동로봇”이란 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 제2조제1호에 따른 지능형 로봇 중 행정안전부령으로 정하는 것을 말한다.

6. DRT 등 차량공유

1) 여객자동차 운수사업법

- 여객자동차 운수사업법 제3조는 DRT를 농촌 등 교통불편지역에 대한 서비스가 가능하도록 하였으며, 스마트도시 조성에 한해 허용하는 특례조항을 규정
- 동법 시행령 제2조의2에 역시 수요가 부족하여 일반적인 대중교통 서비스가 불가능한 지역에 대해 서비스 허용

「여객자동차 운수사업법」

제3조(여객자동차운송사업의 종류)

① 여객자동차운송사업의 종류는 다음 각 호와 같다.

3. 수요응답형 여객자동차운송사업: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우로서 운행계통·운행시간·운행횟수를 여객의 요청에 따라 탄력적으로 운영하여 여객을 운송하는 사업
가. 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제5호에 따른 농촌과 「수산업·어촌 발전 기본법」 제3조제6호에 따른 어촌을 기점 또는 종점으로 하는 경우
나. 신도시, 심야시간대 등 대중교통수단이 부족하여 교통불편이 발생하는 경우로서 대통령령으로 정하는 경우
다. 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」이나 그 밖에 다른 법률에 따라 수요응답형 여객자동차운송사업 면허의 규제특례를 받아 운행 등 실증과정을 거친 지역에서 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)가 필요하다고 인정하는 경우

「여객자동차 운수사업법 시행령」

제2조의2(수요응답형 여객자동차운송사업의 대상) 「여객자동차 운수사업법」(이하 “법”이라 한다)

제3조제1항제3호나목에서 “대통령령으로 정하는 경우”란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.

1. 「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」 제7조의2에 따른 광역교통 개선대책이 수립·확정되었으나 그 이행이 완료되지 않은 지역으로서 국토교통부장관 또는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)가 교통이 불편하다고 인정하는 경우
2. 「대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률」 제16조에 따라 실시하는 대중교통현황조사 결과 대중교통이 부족하다고 국토교통부장관이 인정하는 경우
3. 제1호 또는 제2호에 해당하는 지역을 기점 또는 종점으로 하는 노선버스 및 철도(도시철도를 포함한다. 이하 같다) 등 대중교통수단(이하 “대중교통수단”이라 한다)이 인근 지역의 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제12호에 따른 환승시설 또는 같은 조 제13호에 따른 환승센터까지 운행되지 않거나 운행횟수가 부족하여 국토교통부장관 또는 시·도지사가 교통이 불편하다고 인정하는 경우
4. 심야시간대에 대중교통수단이 운행되지 않거나 그 접근이 불편한 경우로서 국토교통부장관 또는 시·도지사가 시간 및 지역을 정하여 고시하는 경우
5. 수익성 부족, 인구 감소 등을 이유로 기존 노선이 폐지 또는 단축되어 대중교통수단이 없거나 그 접근이 불편한 지역으로서 국토교통부장관 또는 시·도지사가 이를 대체할 교통수단의 도입이 필요하다고 인정하는 경우

- 여객자동차 운수사업법 제2조와 49조의2에서는 플랫폼사업을 허용하고 있어 향후 공유차, DRT 사업의 활성화를 촉진할 단초를 마련

「여객자동차 운수사업법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

2. “여객자동차 운수사업”이란 여객자동차운송사업, 자동차대여사업, 여객자동차터미널사업 및 여객자동차운송플랫폼사업을 말한다.
7. “여객자동차운송플랫폼사업”이란 여객의 운송과 관련한 다른 사람의 수요에 응하여 이동통신단말장치, 인터넷 홈페이지 등에서 사용되는 응용프로그램(이하 “운송플랫폼”이라 한다)을 제공하는 사업을 말한다.

제49조의2(여객자동차운송플랫폼사업의 종류) 여객자동차운송플랫폼사업의 종류는 다음 각 호와 같다.

1. 여객자동차플랫폼운송사업: 운송플랫폼과 자동차를 확보(자동차대여사업자의 대여사업용 자동차를 임차한 경우를 포함하며, 이 경우 제34조제1항은 적용하지 아니한다)하여 다른 사람의 수요에 응하여 유상으로 여객을 운송(운송플랫폼을 통해 여객과 운송계약을 체결하는 경우에 한정한다)하거나 운송에 부가되는 서비스를 제공하는 사업
2. 여객자동차플랫폼운송가맹사업: 운송플랫폼을 확보하여 다른 사람의 수요에 응하여 제49조의11에 따른 소속 여객자동차플랫폼운송가맹점에 의뢰하여 여객을 운송하게 하거나 운송에 부가되는 서비스를 제공하는 사업
3. 여객자동차플랫폼운송중개사업: 다른 사람의 수요에 응하여 운송플랫폼을 통하여 자동차를 사용한 여객운송을 중개하는 사업

- 그러나 여전히 P2P 차량 공유의 경우 여객자동차 운수사업법 제34조와 제81조에 의거하여 제한된 시간(출·퇴근시간대)에 한해 허용함으로서 우버와 같은 사업의 활성화에는 제약이 존재

「여객자동차 운수사업법」

제34조(유상운송의 금지 등) ① 자동차대여사업자의 사업용 자동차를 임차한 자는 그 자동차를 유상(有償)으로 운송에 사용하거나 다시 남에게 대여하여서는 아니 되며, 누구든지 이를 알선(斡旋)하여서는 아니 된다.

② 누구든지 자동차대여사업자의 사업용 자동차를 임차한 자에게 운전자를 알선하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 운전자를 알선할 수 있다.

1. 자동차대여사업자가 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 자동차 임차인에게 운전자를 알선하는 경우

가. 외국인

나. 「장애인복지법」 제32조에 따라 등록된 장애인

다. 65세 이상인 사람

라. 국가 또는 지방자치단체

마. 자동차를 6개월 이상 장기간 임차하는 법인

바. 관광을 목적으로 승차정원 11인승 이상 15인승 이하인 승합자동차를 임차하는 사람. 이 경우 대여시간이 6시간 이상이거나, 대여 또는 반납 장소가 공항 또는 항만인 경우로 한정한다.

사. 본인의 결혼식 및 그 부대행사에 이용하는 경우로서 본인이 직접 승차할 목적으로 배기량 3천cc 이상인 승용자동차를 임차하는 사람

2. 자동차 임차인이 임차 후 임대차계약서상의 운전자(제1호에 따라 운전자를 알선할 경우에는 해당 운전자를 말한다)가 주취, 신체부상 등의 사유로 직접 운전이 불가능하여 「소득세법」 제173조제1항에 따라 대리운전 용역제공자에게 용역 제공과 관련된 사업장을 제공하는 자가 자동차 임차인에게 운전자를 알선하는 경우

③ 자동차대여사업자는 다른 사람의 수요에 응하여 사업용자동차를 사용하여 유상으로 여객을 운송하여서는 아니 되며, 누구든지 이를 알선하여서는 아니 된다

제81조(자가용 자동차의 유상운송 금지)

① 사업용 자동차가 아닌 자동차(이하 “자가용자동차”라 한다)를 유상(자동차 운행에 필요한 경비를 포함한다.

이하 이 조에서 같다)으로 운송용으로 제공하거나 임대하여서는 아니 되며, 누구든지 이를 알선하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 유상으로 운송용으로 제공 또는 임대하거나 이를 알선할 수 있다.

1. 출·퇴근시간대(오전 7시부터 오전 9시까지 및 오후 6시부터 오후 8시까지를 말하며, 토요일, 일요일 및 공휴일인 경우는 제외한다) 승용자동차를 함께 타는 경우

7. 모빌리티 허브(Mobility Hub)

1) 국가통합교통체계효율화법(이하 통합교통체계법)

○ 환승시설 및 환승센터에 대한 정의

- 법제44조부터 제71조까지는 환승센터와 복합환승센터의 건립과 인허가, 관리 등에 대해 규정
- 특히 제70조는 환승센터와 복합환승센터의 서비스 기준과 설계·배치기준을 고시

「국가통합교통체계효율화법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.

12. “환승시설”이란 육상·해상 또는 항공 교통수단의 여객 등의 이용자가 다른 노선이나 다른 교통수단을 편리하게 이용하도록 하기 위하여 주차장, 공항여객터미널, 항만대기실, 철도역, 도시철도역, 버스정류소 또는 여객자동차터미널 등의 기능을 제공하는 시설을 말한다.
13. “환승센터”란 교통수단 간의 연계교통 및 환승활동을 원활하게 할 목적으로 일정 환승시설이 상호 연계성을 갖고 한 장소에 집합되어 있는 시설로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 주차장형 환승센터: 대중교통 이용자의 주차 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터
 - 나. 대중교통 연계수송형 환승센터: 대중교통수단 간의 연계수송 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터
 - 다. 터미널형 환승센터: 터미널 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터
14. “환승지원시설”이란 복합환승센터에 설치하는 환승시설 외의 시설로서 일상생활과 사회경제활동에 필요한 편의시설·상업시설·문화시설·업무시설·숙박시설·주거시설 등 지원기능을 수행하는 시설을 말한다.
15. “복합환승센터”란 열차·항공기·선박·지하철·버스·택시·승용차 등 교통수단 간의 원활한 연계교통 및 환승활동과 상업·업무 등 사회경제적 활동을 복합적으로 지원하기 위하여 환승시설 및 환승지원시설이 상호 연계성을 가지고 한 장소에 모여 있는 시설로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 국가기간복합환승센터: 국가기간교통망 구축을 위한 권역 간 대용량 환승교통의 효율적인 처리와 상업·문화·주거·숙박 등 지원기능을 복합적으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터
 - 나. 광역복합환승센터: 주로 권역 내의 환승교통 처리와 상업·문화·주거·숙박 등 지원기능을 복합적으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터
 - 다. 일반복합환승센터: 가목 및 나목을 제외한 것으로서 지역 내의 환승교통 처리를 주된 기능으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터
16. “지능형교통체계”란 교통수단 및 교통시설에 대하여 전자·제어 및 통신 등 첨단교통기술과 교통정보를 개발·활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계를 말한다.

제70조(환승센터 및 복합환승센터 서비스 기준 및 설계·배치 기준)

- ① 국토교통부장관은 환승센터 및 복합환승센터의 서비스를 일정 수준 이상으로 유지·향상시키고 환승센터 및 복합환승센터의 체계적인 설계와 배치를 위하여 다음 각 호의 기준을 정하여 고시하여야 한다.
 1. 환승센터 및 복합환승센터의 서비스 기준
 2. 환승센터 및 복합환승센터의 설계·배치 기준
- ② 제1항에 따른 기준 설정 및 고시 등에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

2) 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준

- 환승센터를 주차장형, 대중교통 연계수송형, 터미널형, 복합환승센터의 4가지 유형으로 구분하고 각각의 유형별 필요 항목을 제시하고 있음



[그림 3-1] 환승센터의 유형

자료: 국토교통부(2015), 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준 국토교통부고시 제 2015-1103호(2015.12.31.)

8. 소결

■ 정부의 법·제도를 통해 본 정책의 방향

- 운전자가 필요 없는 완전자율주행 시대 개막을 위한 지원
 - 완전자율주행차 운행제도 2024년 마련(기존 2025년)과 2027년 Lv4(완전자율주행) 상용화 실현을 통해 자율주행 서비스의 일상 안착 :
 - 시범운행지구 직권지정제도, 자율차임시허가의 신속허가제 등을 통한 자율주행 규제 혁신 추진
 - 통신 인프라, 정밀지도 확대 구축, 모빌리티 혁신 고속도로 지정 등 자율주행 친화적 인프라 구축
- 교통체증 없는 항공 모빌리티 구현
 - 항공 모빌리티 서비스의 본격화 지원
 - 2025년 수도권 UAM 서비스 도입
 - 실증사업, UAM 특별법 내용의 구체화
 - UAM 서비스 유형, 공항 비행관리, 거버넌스 강화
 - 버티포트 등 필요 인프라 건설을 위한 지원
 - 민간과의 협력 지원
- 스마트 물류 모빌리티를 활용하여 맞춤형 배송체계 구축
 - 전국 당일 운송 서비스 실현을 위한 법률적 근거 마련
 - 배송로봇의 보도 통행 허용, 하이퍼튜브, 스마트 공동물류센터 등의 물류 인프라 개선과 설치와 디지털화 지원
- 모빌리티시대를 위한 다양한 이동 서비스 확산
 - 기존 교통서비스 + ICT, 플랫폼, 첨단기술의 융복합을 통한 모빌리티 수요를 충족시킬 수 있는 서비스 다각화 및 확산
 - 미래형 환승센터 등 서비스 연계를 위한 인프라 확충
 - 모빌리티 서비스 구현을 저해하는 제도 개선을 통한 대중교통의 전반적인 서비스 질 개선 추진
 - 민간의 혁신 서비스 발굴과 사업화 지원

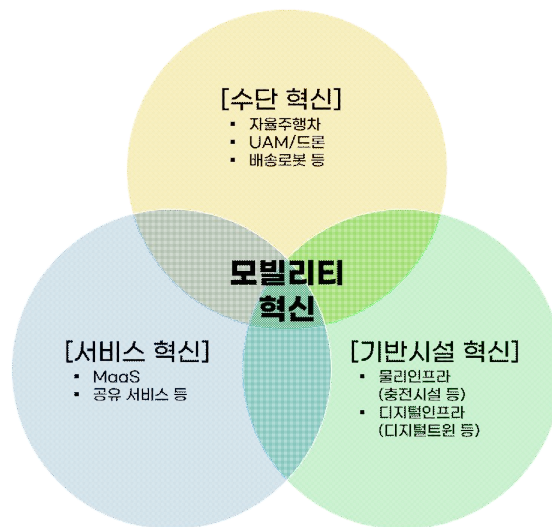
○ 모빌리티와 도시가 융합된 미래 도시 구현

- 미래 모빌리티 확산 거점 조성 추진
 - 도시 공간을 모빌리티 서비스가 구현되고 모빌리티 기업이 성장하는 혁신 거점으로 조성
 - 기존 교통 인프라를 모빌리티 혁신 플랫폼으로 전환하기 위한 시범 사업 지원
- 기존 공간구조를 국민의 삶의 변화에 맞춰 미래지향적으로 재설계
 - 미래 공간 구조 예측과 관련 제도 전반의 재검토 추진

제4장 미래 모빌리티 수단과 관련 인프라 검토

1. 미래 모빌리티 혁신

- 미래 모빌리티는 기존의 내연기관과 인간이 직접 운전하는 교통수단이 전동화, 자율주행, 공유 등의 단계를 거치면서 변화한 것을 말함
- 그리고 미래 모빌리티 혁신은 수단의 혁신과 더불어 MaaS와 같은 서비스의 혁신, 이를 지원하는 기반시설의 혁신과 함께함



[그림 4-1] 모빌리티 혁신

- 이에 미래 모빌리티 혁신을 이끌고 있고, 향후 영향이 클 것으로 전망되는 미래 모빌리티 수단과 서비스, 기반시설을 다음의 항목을 중심으로 살펴봄
 - 수단: 자율주행차, UAM, 전기차, 드론, 배송로봇
 - 서비스: MaaS
 - 기반시설: 미래형 환승센터, 디지털트윈

2. 미래 모빌리티 검토

2.1. 미래 모빌리티 수단

1) 자율주행차

- 모빌리티 혁명은 최종적으로 자율주행에 의해 완성될 것으로 전망됨
- 자율주행은 단순히 운전자로서의 부담을 제거하여 편리함을 제공하는 것을 넘어 비즈니스와 차량 공간에 대한 개념의 변화와 이로 인한 생활 양식의 변화를 초래할 것으로 전망됨
 - ※ 도로 기반의 차량뿐만 아니라 UAM과 배송로봇 등 거의 모든 수단이 자율주행 기술을 접목하여 무인으로 운행하는 것이 목표
- 특히 자율주행차는 도로 교통 분야에서 **이용자 편의, 안전, 효율화**를 달성하여 도시 환경과 삶의 질을 획기적으로 개선할 것으로 예상됨
 - 더 효율적인 차량 제어와 관리를 통해 연료 소모, 이동시간, 이동거리 등에서 최소의 비용을 통해 기존과 동일한 또는 더 나은 서비스를 제공할 수 있을 것으로 전망

■ 자율주행의 장점

- 자율주행차의 디지털 플랫폼으로의 역할 확장
 - 단순한 이동수단이 아닌 쇼핑과 휴식, 업무를 수행할 수 있는 인포테인먼트 공간으로 변화
 - 외부와 네트워크로 연결되고, 운전에서 해방된 자율주행차는 이동시간을 개인을 위해 활용할 수 있는 환경을 제공함으로써 공간의 경계를 허물어트리며, 새로운 비즈니스 창출의 공간으로 변모
 - AI, 빅데이터, 초고속통신과 결합하여 다양한 서비스 제공받을 수 있는 디지털 플랫폼의 역할 수행
- 이동 서비스의 대상 확대를 통한 이동권 확장
 - 기존에 운전할 수 없던 계층(무면허자, 어린이 등 다양한 교통약자 계층)에게 더욱 편리한 이동서비스를 제공 가능
 - 서비스 선택권을 확장 시켜 이동권을 보장
- 이동 서비스 비용 인하

- 비즈니스 공급자 측면에서 완전자율주행차는 운전자가 불필요함으로써 인건비 절감을 통해 서비스 운영 가격 인하가 가능함
- 서울연구원의 연구에 의하면 완전자율주행으로 인해 운전자의 인건비 부담이 없어지면 현재의 버스요금 1,200원에서 200원으로 인하 가능
- 우버 등 모빌리티 업체에서는 운전자를 대체를 통해 대당 10만 달러(약 1억3천만원) 수준의 자율주행차를 구입하면 구매 3~5년 안에 투자비 회수가 가능할 것으로 전망
- 차량공유 업체의 Take rate는 25% 정도로(요금의 25%를 가져감) 운전자가 가져가는 75%를 절감할 수 있다면 현재보다 더 낮은 가격으로 서비스 가능
- PwC 추산 1km당 현재의 2유로에서 1유로로 50% 감축 가능



[그림 4-2] 로보택시 요금과 수익 전망

자료: PwC (2022)

	2020년	Base case	Bear case	Bull Case
총 거래액	26,614	17,565	16,101	22,356
운행 수 추정	2,216	2,438	2,681	2,659
운행당요금	12	7.2	6	8.4
운전자비용	20,524	-	-	-
OEM 분배	-	9,581	9,581	8,942
순매출액	6,090	9,581	6,387	13,413
증분 (%)	-	57.3	4.9	120.3

참고: Base case: 1) 운행당 요금, 기존의 60% 2) OEM 분배 50% 수수료
 Bull case: 1) 운행당 요금, 기존의 70% 2) OEM 분배 40% 수수료
 Bear case: 1) 운행당 요금, 기존의 50% 2) OEM 분배 60% 수수료

[그림 4-3] 우버의 로보택시 도입시 매출액 추정

자료: 우버, 삼성증권

■ 자율주행 기반 모빌리티 서비스 변화의 방향

- 완전자율주행차와 차량 공유서비스가 융합하면 개인 승용차가 담당하던 통행량의 상당 부분이 자율주행 택시(로보택시) 또는 자율주행 셔틀로 옮겨갈 것으로 전망됨
 - 현재 카셰어링, 택시 등 차량 기반 On-demand 서비스들은 모두 완전자율주행 기반의 공유서비스로 전환할 것으로 예상
 - 물론 1~2인승 택시와 소형버스 기반의 셔틀이나 DRT 서비스 등 차량 규모의 차이가 있을 수는 있지만, 장기적으로 완전자율주행차의 비율과 가격에 따라 미니버스 형태로 통합될 가능성이 큼
 - 다만 이 경우 단순히 사람만 수송하기보다는 수요의 변동에 맞춰 택배 등 도시 내 물류 수송에도 활용될 가능성이 큼
 - ※ 대표적으로 도요타는 e팔레트라는 자율주행 미니셔틀을 공개하고 비즈니스 목적에 맞게 활용할 수 있는 플랫폼을 제시함
 - ※ 현대자동차 역시 자율주행 기반의 친환경 다목적 모빌리티 (Purpose Built Vehicle: 이하 PBV)를 미래 지상 모빌리티로 제안함
- 차량 공유서비스의 활성화는 도로 인프라 측면에서 도로의 부담을 획기적으로 낮출 수 있는 환경을 제공함



[그림 4-4] 현대자동차 PBV 개념

자료: 현대자동차그룹 홈페이지

■ 주요 이슈

- 자율주행차가 도로 상황을 예측하고 대응하기 위한 고신뢰·초저지연 네트워크 필요
 - 자율주행차가 외부의 네트워크와 완전히 연결되어 그 기능을 발휘한다고 가정하면 하루에 약 4TB의 데이터를 소모할 것으로 전망됨
 - 카메라는 초당 20~60MB, 레이더 초당 10KB, 소나 10~100KB, GPS 초당 50KB, 라이다 초당 10~70MB를 기본적으로 소모
 - 이외 다양한 서비스를 이용함에 따라 더 많은 데이터를 소모할 것임
 - 현재의 5G 이동통신기술이 기술적 완성도가 충분하지 않으므로, 5G V2X로는 한계가 있다고 판단되어 6G 이동통신기술의 필요성이 제기됨
 - 자율주행차가 도심을 벗어난 지역에서 운행할 경우 지상 네트워크가 커버하지 못하는 사각지대가 발생하므로 인공위성을 활용하는 6G 비 지상 네트워크가 필요
- 자율주행차에 대한 시민 사회의 수용성 향상 필요
 - Statista의 조사에 의하면 응답자의 40%는 자율주행차 구매의향이 있었으나, 반대로 나머지 50%는 안전에 대한 우려를 표명함
 - 일반 시민 중 다수는 여전히 운전권을 완전히 차량에 맡기는 완전자율주행에 대해 신뢰를 하지 못함
 - 반면 2단계 수준의 운전보조기능(Driving Assistance)에 대해서는 만족을 나타내는 것으로 조사됨
 - 이는 3단계 이상의 자율주행차의 안전에 대해 일반 시민이 어느정도 신뢰하느냐에 따라 자율주행차의 보급의 성패가 결정된다는 의미
 - 자율주행 택시 등 역시 안전에 대한 확실한 신뢰를 확보해야 상업적으로 성공할 수 있다는 의미임
 - 자율주행을 위한 보다 고성능의 센서와 AI 등의 성능 향상의 필요성이 강조
- 고성능 고정밀 3D 지도 기술의 필요
 - 자율주행자동차는 일반적으로 HD 디지털 지도와 GPS 좌표를 이용하여 위치를 파악함
 - 일반 GPS는 전리층, 기상, 건물에 의한 반사 등의 환경적 영향으로 약 17m~30m 수준의 오차가 있으며, 고정밀 GPS도 1m 정도의 오차가 발생함
 - 반면 고정밀 3D 지도는 센티미터(cm) 수준의 정밀도를 가진 3D 지도임

- 따라서 3D 고정밀 지도는 GPS 기반 지도보다 더 높은 정확도로 위치와 주변 환경을 제공하여 센서가 가진 오차를 보완할 수 있을 것으로 전망됨
- 특히 고정밀 지도를 사용하면 GPS 신호가 끊기기 쉬운 도심의 빌딩숲에서 보다 정확하고 안전한 자율주행을 보조할 수 있음
- 다만, 자율주행차에 고정밀 3D 지도가 필수여야 하는가?, 차량 자체의 능력으로 해결하지 못하고 외부에 의존하는 것이 합당한가?, 고정밀 3D 지도의 작성은 누가 해야 하는가? 에 대한 논란이 있음
- 그럼에도 불구하고 고정밀 3D 지도가 자율주행차의 운행 안전성을 높여준다는 것에 대해서는 전반적으로 동의함

※ 도심의 고정밀 3D 지도의 경우 UAM의 운행을 위해서 필수 사항으로 지목

- 자율주행에 적합한 도로 인프라에 대한 명확한 기준이 없음
 - 자율주행 시대의 도로는 크게 승하차 도로(Access Lanes), 중앙 교통로(Central Transitway), 환승 허브(Mobility Hubs)의 3가지 요소가 필요할 것으로 전망됨
 - 이는 도로의 상황에 따라 즉각적인 조치와 편의성과 안전성 증대, 교통 흐름의 최적화를 목적으로 함
 - 그러나 현재의 도로체계와 무엇이 얼마나 달라져야 하는지 또는 어떻게 재구성해야 하는지에 대한 명확한 연구가 부족한 실정임

2) UAM

- 자율주행과 공유플랫폼을 통한 모빌리티 서비스가 해결의 대안으로 제시되고 있지만 한계가 있을 것으로 전망됨
- 이에 모빌리티 서비스의 혁신을 이룰 또 하나의 대안으로 부상하고 있음

■ UAM의 정의

- 미국항공우주국(NASA)는 저고도를 활용한 도시의 단거리 항공 운송 생태계를 UAM으로 정의하였으며, 도심과 그 주변 광역권을 아우르는 메가시티의 이동 수단으로 확대
 - 미국연방항공국(FAA)은 미래 모빌리티 비전에서 ①도심항공 모빌리티, ②목적기반 모빌리티, ③환승거점의 3가지 요소의 연결성을 강조

※ UAM의 발전형으로 AAM(Advanced Air Mobility)라는 개념이 등장하고 있음.

UAM이 도시 내 인적·물적 이동에 초점을 맞추었다면, AAM은 도시와 도시 간 이동에 더욱 초점을 맞춤



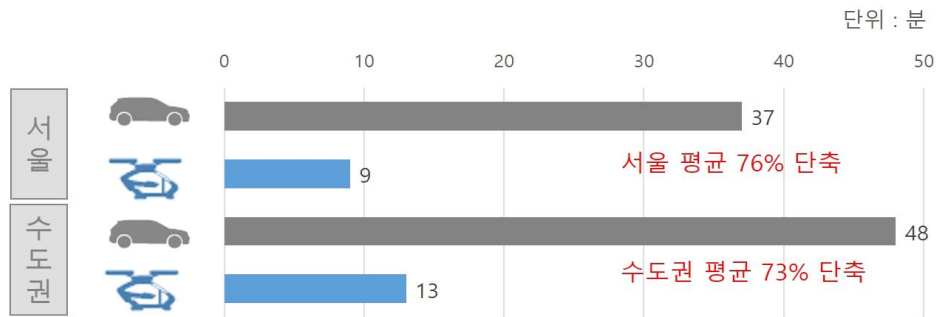
[그림 4-5] UAM 활용 범위

자료: KPMG Global(2019), Getting mobility off the ground, 삼정 KPMG 경제연구원

- UAM의 기체 유형은 수직이착륙(Vertical Take-off and Landing, VTOL) 기능을 가진 틸트로터형(Vectored Thrust), 고정익·회전익 복합(Lift and Cruise), 멀티로터(Multicopter)의 3가지 유형으로 분류
 - 멀티로터형은 단거리 운항에 적합하여, UAM 도입 초기에는 적합하지만, 장기적으로는 도시간 이동과 도시내 이동이 모두 가능하고 고중량을 탑재할 수 있는 틸트로터형이 보편화될 것으로 전망됨
- UAM은 동력의 에너지 원천에 따라 순수배터리형, 하이브리드형, 수소연료전지형으로 구분하며, 순수배터리형이 절대적이지만, 수소연료전지형 역시 꾸준히 개발 중
- 조종 방식은 파일럿에 의한 수동비행과 자율비행이 거의 비슷하게 개발이 진행 중이지만, 궁극적인 지향점은 자율비행의 구현

■ UAM의 장점

- 모빌리티 체계의 공간 재편과 교통혼잡의 획기적인 해소
 - UAM은 기존의 지상에서 하늘이라는 3차원 공간으로 도시교통의 공간적 영역을 확장하는 새로운 패러다임을 제시하고 이동시간의 혁신적인 단축을 이룰 것이라 예상
 - 현재 전 세계적으로 급속한 도시화가 진행되고 이로 인한 도로를 가득 메운 자동차는 극심한 차량 정체와 환경오염을 유발하고 있음
 - 2010년을 기점으로 전 세계적으로 도시인구가 지방인구를 추월(2018년 기준 도시화율 55.3%)
 - 2018년 미국은 교통정체로 인해 연간 평균 97시간, 금액으로 총 870억 달러, 1인당 1,348달러 손실 발생
 - 우리나라의 도시화율은 81.5%, 교통정체로 인한 손실은 2016년 기준 약 55조원 추정



[그림 4-6] UAM 실현 시 평균 통행시간 예측

자료: 관계부처합동(2020), 「도시의 하늘을 여는 한국형 도심항공교통 로드맵」

○ 지역균형발전을 위한 수단으로 활용 가능

- 지역 거점을 연결하는 RAM(Regional Air Mobility) 역시 UAM의 한 갈래이며, 생활인프라가 구축된 거점과 외곽지역의 연결 등을 통해 대생활권의 실현
 - 수도권과 지방의 경제·사회적 인프라 격차는 이미 극복하기 어려우며, 인프라의 격차는 지방 발전을 제약하는 큰 요인
 - 지방의 발전을 견인하기 위해서 의료, 교육, 문화 등 전 분야에 걸쳐 생활 인프라 제공이 필요하지만, 공간 밀집도가 낮은 지방에 생활인프라를 제공하기는 어려움
 - 지방의 거점에 생활인프라를 집중하고, 주거 가능지역을 넓게 형성하는 대생활권을 구성 필요
 - 대생활권을 실현하기 위해서는 철도와 도로 등의 교통 인프라 필요하지만, 이 역시 수도권 수준으로 주거지와 생활 인프라 간의 공간과 시간을 단축시킬 수 있는 수준으로 구축 및 운영 불가능
 - UAM은 지방과 수도권 모두 새롭게 도입하는 교통 인프라이며, 철도와 도로보다 구축비용이 상대적으로 낮을 것으로 전망



[그림 4-7] UAM 실현 시 평균 통행시간 예측

자료: 신도겸(2022) CEO Report

■ 주요 이슈

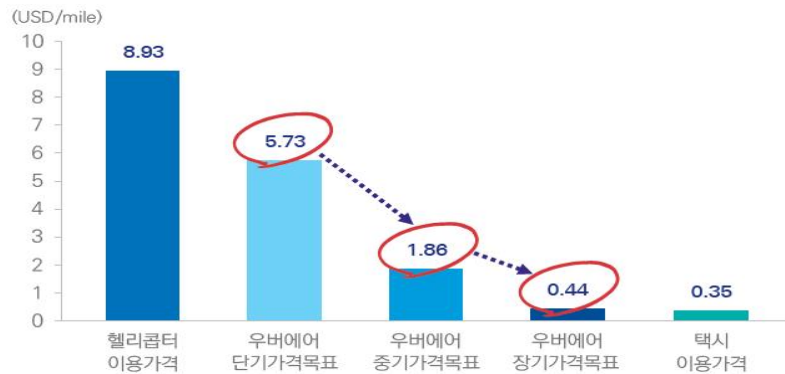
- 유럽항공안전청(European Aviation Safety Agency, EASA)의 조사에 의하면 UAM의 소음 수준, 이용 요금, 안전성에 의해 시민의 UAM 수용 여부 결정
- 소음의 경우 블로콥터는 이동 시 120m 상공에서 65dB, 호버링 시 75m 상공에서 65dB, 착륙 시 30m 상공에서 65dB를 제시함
 - 헬리콥터 등에 비해서는 낮은 소음이지만, 야간 시간, 주거지 인근 등에서는 50dB 이하의 소음 달성 필요



[그림 4-8] UAM 발생 소음과 타 소음 비교

자료: 삼정KPMG 경제연구원, Uber Elevate Summit 2019

- 대중을 위한 가격 경쟁력 확보 필요
 - UAM 서비스의 보편적 확산을 위해서는 대중성과 공공성 확보가 필요
 - 우버는 서비스 초기에 1마일(1.6km) 당 5.73달러 수준 전망. 장기적으로 택시 이용가격 (\$0.35/mile)인 0.44달러로 낮추는 것을 목표로 함
 - 현실적으로 사업 초기 2~3년 동안은 UAM이 1~2인승인 것을 고려하면 경제성 확보가 쉽지 않으리라고 전망



[그림 4-9] 우버의 UAM 요금 목표

자료: 삼정KPMG 경제연구원, Uber Elevate Summit 2019

- 안전에 대한 시민의 우려 해소 필요
 - 여객용의 경우 조사 응답자의 44%가 안전을 우려(유럽항공안전청)
 - 안전에 대한 우려는 일시에 해소하기 어려우며, 시민 눈높이와 차이가 큼
 - 시민의 불안 해소를 위해 9,000만 회의 상업비행 동안 1인의 사망자를 안전기준으로 제안(미국연방항공청장 덴 엘웰)
- 필수 시설인 버티포트(Vertiport)의 확보 필요
 - UAM을 운영하기 위해서는 이착륙과 정비, 전기 공급 등을 위한 정류장 시설인 버티포트가 필요
 - 그러나 도심에서 버티포트 확보가 쉽지 않은 문제가 있음
 - 미국의 UAM 개발 회사인 Jovy는 새로운 버티포트를 건설하기 위한 인프라 투자가 일종의 활성화의 장벽으로 작용하는 것을 방지하기 위해 미국에서는 헬리포트를 활용하는 방안을 제시
 - 버티포트는 단순한 터미널 시설이 아닌 환승시설의 역할을 수행할 수 있어야 함
 - UAM은 거점과 거점을 이동하는 수단이므로 출발지 및 목적지와 버티포트를 연결하는 연결 서비스가 필수

3) 드론

- 드론은 택배 등 물류 수송, 긴급 의약품 및 혈액 등 수송, 재난지역에 대한 구호 물품 제공, 산림 감시, 도로 통행 상태 파악 등 감시 및 정보 수집 등 다양한 분야에서 활용될 수 있음
- 특히, 드론을 이용한 택배 배송은 미국의 아마존과 UPS 등에서 이미 시험 운영을 마쳤으며, 독일 DHL과 미국의 원은 드론을 이용한 배송을 시행하고 있음
 - 아마존 프라임 에어 서비스는 최대 5파운드(2.3kg)의 물품을 드론으로 배송
 - UPS는 화물차 상단에서 드론을 이륙하여 택배를 배달하는 시스템을 테스트함
 - DHL은 드론을 이용한 배송인 ‘파셀콥터’ 프로젝트 시작¹⁷⁾
 - 구글의 모회사인 알파벳이 운영하는 드론 배송서비스인 Wing은 호주, 미국, 핀란드, 아일랜드 등에서 서비스 중이며, 특히 호주 로건시에서는 5만건 이상의

17) DHL 홈페이지(2019.05.16.), “DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service”, Media : Press Releases.

배달을 기록함¹⁸⁾

- 국내에서도 드론을 이용한 택배 배송은 2025년부터 시행 가능



[그림 4-10] DHL에서 구상하는 도시의 배송 드론에 의한 라스트마일 서비스

자료: DHL(2014), UNMANNED AERIAL VEHICLES IN LOGISTICS, DHL Trend Research: Troisdorf.

■ 주요 이슈

- 배송을 위한 기본 인프라 확보

- 미국 윈의 사례를 통해 드론 배송을 위해서는 배송 드론, 이착륙과 배터리 충전 패드, 상품 패키지를 옮기는 **오토로더**(Auto Loader)가 필요
 - 배송 드론 : 최대 5파운드(2.3kg)의 물품을 최대 104km/h으로 19km까지 배송 가능
 - 이착륙과 배터리 충전 패드 : 물류 자동화 소프트웨어를 기반으로 사용자의 주문을 가장 가까운 배송 드론에 할당
 - 오토로더(Auto Loader) : QR 코드를 인식하여 정확한 위치에서 물건을 픽업
- 자동화된 물품의 픽업과 하역을 위해서는 필요에 따라 드론을 위한 전용 스테이션이 필요
 - 드론 스테이션의 역할은 드론의 보관과 관리, 충전, 상품의 단기 보관과 픽업 등 다양한 역할을 필요에 따라 수행

18) 이주영 (2021.08.26.), “드론, 배달시장 판도 바꾸나…구글 드론배달 10만건 돌파 눈앞”, 연합뉴스.



윙의 배송드론



오토 로더



이착륙 및 배터리 충전 패드

[그림 4-11] 윙의 배송드론 시스템

자료: 다음 테크플러스(2023.03.16), “구글의 윙 드론 배송, 충전 위해 출발지로 돌아오지 않아도 된다”.

○ 이동로 확보

- 미국 아마존의 드론 배송의 실패 사례를 검토하면 배송 중 침범 제한 구역이 도심과 비도심 모두에 많이 존재하고 있음
 - 예를 들어 발전시설 인근, 군사시설, 각종 사유지 등
- 그리고 기술적으로 항시 추락의 위험이 있으므로 이동 중 고장 등으로 인해 유사시 안전하게 낙하할 수 있는 이동 통로가 필요

4) 배송로봇

○ 배송로봇은 크게 실외이동로봇과 실내이동로봇으로 구분이 가능

- 실내이동로봇은 건물 안에서, 실외이동로봇은 건물 외부에서 소화물의 수송을 담당
- 실내이동로봇은 호텔, 식당, 사무실 등에서 물품을 이동시키는 것이 주목이지만, 필요에 따라 청소, 경비 등의 업무도 수행
 - 일반적으로 사람의 보행속도 또는 약간 느린 3.6km/h 정도로 이동하며, 최대 15kg 정도의 무게를 수송 가능
 - 한 번에 여러 개의 화물을 여러 곳에 배송할 수 있는 멀티 배송 기능 필요
 - 엘리베이터를 호출할 수 있도록 연동하여 층간 배송을 실행할 수 있어야 함
- 실외이동로봇은 택배 등 화물 배송의 라스트마일 구간을 담당하며, 현재는 주문 음식 배달이나 택배 수송에 활용
 - 일반적으로 길이 120cm, 폭 70cm, 높이 70cm 이하지만, 다양한 크기가 존재
 - 적재 무게는 3kg~20kg까지 다양
 - 최대 속도는 법적기준은 15km/h이지만, 일반적으로 8km/h 수준
 - 단일 배송지에 대한 서비스를 수행
 - 보도 상에서 주행해야 하므로 필요시 경사 구간에 대한 이동 능력이 필요

○ 로봇을 이용한 소화물 배송은 이미 실용화 단계에 접어들고 있음

- 2021년 기준 2,430만 달러의 시장 규모이며, 미국 우버 이츠를 선두로 전세계적으로 활용되고 있음¹⁹⁾
- 중국은 로봇을 이용한 배송이 활발한데, 중국 알리바바는 2021년부터 이미 52개 지역에서 100만건 이상의 배송을 로봇으로 수행¹³⁾
- 일본이 경우 라쿠텐과 파나소닉이 대형마트인 세이유와 협력하여 로봇 배송 서비스를 제한적이지만 시범 운영 중¹³⁾
- 우리나라의 경우 KT Enterprise에서 실내 및 실외 배송로봇을 운영 중²⁰⁾
- 우아한 형제들에서는 테헤란로에서 코엑스몰 인근 고객의 주문에 한해 실외 배송로봇을 활용하여 배송 서비스를 실증 중²¹⁾

19) 페텍스 코리아 블로그, “배송로봇 전성시대! 미래 유통 패러다임의 변화”, 2024.03.1.. 읽음

20) KT Enterprise, 상품서비스, AI Robot (2024.03.14. 읽음)

21) RealPacking (2024.02.06.), “택배 사업자가 드론과 로봇으로 배송하는 방법”, 물류&이커머스 트렌드.



KT 실외배송로봇



KT 실내외배송로봇



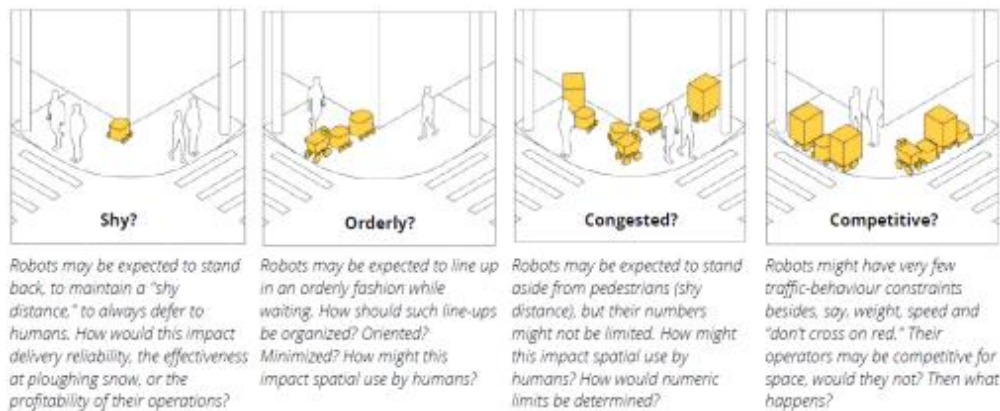
성남시의 자율주행 도서관 로봇

[그림 4-12] 배송로봇 사례

자료: 좌와 가운데 : KT Enterprise, 2024.03.14. 읽음; 우: 성남시청, 2024.03.14. 읽음

■ 주요 이슈

- 국내를 기준으로 배송로봇은 보도를 이용하게 되어 있으며, 해외 연구에서도 배송로봇과 보행자 간의 상충이 가장 큰 문제로 지적되고 있음²²⁾²³⁾
 - 배송로봇이 보도와 보도변 공간에서의 타 모빌리티 수단 또는 보행자와 상충으로 공간을 어떻게 분할하고 활용할 것인지에 대한 논의가 나오고 있음
- 실내이동로봇은 기본적으로 층간 이동이 필수이므로, 계단 이용과 승강기 이용에 대한 표준화와 가이드가 필요
- HD맵 등을 통해 목적지 동선 계산, 주소 파악 등을 지원하는 방안에 대한 논의



[그림 4-13] 로봇의 보도상에서의 행태

자료: Grush(2021b), Making room for robots, White Paper. Harmonize Mobility

22) Alverhed et al.(2024), "Autonomous last-mile delivery robots: a literature review, *European Transport Research Review*, 16(4), <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00629-7>

23) Grush, B.(2021a), *The Last Block : Towards an international standard to regulate & manage sidewalk robots*, White Paper, Harmonize Mobility.

5) 전기차

- 전기차는 이미 상용화 단계에 접어들었으며, 활성화가 촉진되고 있음

■ 주요 이슈

- 전기차 활성화에 가장 걸림돌은 내연기관 대비 여전히 높은 가격과 충전인프라의 부족²⁴⁾
- 전기차 충전인프라는 현재 공동주택단지과 상업업무용 빌딩을 중심으로 완속충전기, 고속도로 휴게소, 전용충전시설 등을 중심으로 한 급속충전시설이 보급되고 있음
- 도시계획 측면에서는 도시 거주민과 방문자를 위한 공용 서비스라는 측면에서 기존의 주유소를 대체할 수 있는 급속충전소의 확충이 필요

2.2. 미래 모빌리티 서비스

1) MaaS²⁵⁾

- MaaS는 모든교통수단을 편리하게 연계하여 최적의 개인 맞춤형 이동방법과 결제까지 원스톱 서비스를 제공하는 서비스
 - Door-to-door 서비스 또는 이에 근접한 서비스 구현이 목표이지만, 현재는 제한적으로 이루어지고 있음

■ MaaS의 장점

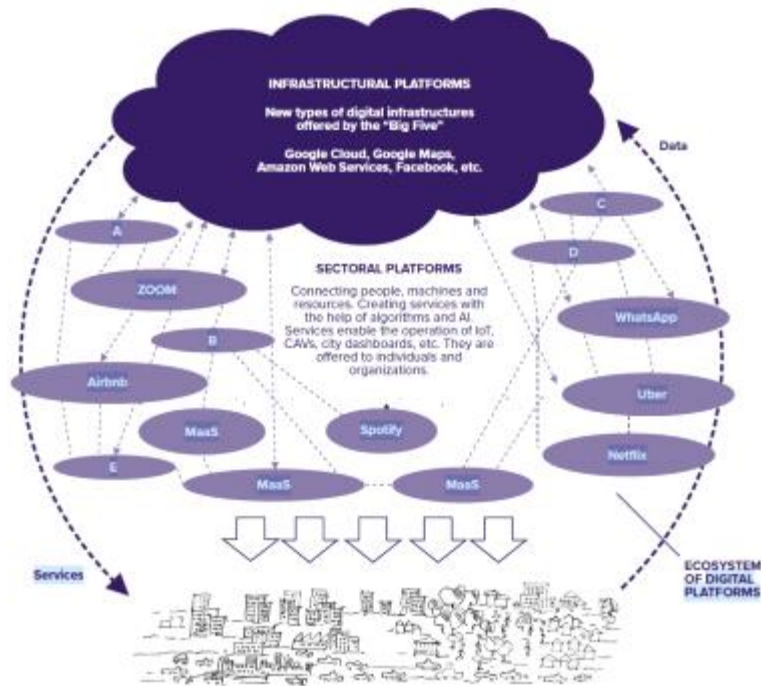
- 이용자의 요구에 충실한 서비스 제공과 이용자의 선택권 확대
- 플랫폼을 이용함으로써 새로운 수단에 비교적 쉽게 적응
- 소유보다는 공유 중심으로 트렌드 전환 촉진
- 잘 운영된다면 현재의 교통시스템을 보다 효율적으로 활용함으로써 보다 지속가능한 도시 및 교통환경 조성

24) EV 트렌드 설문조사 결과 전기자동차 사용의 가장 큰 불편 사항에 1위는 충전의 번거로움(36%), 2위는 충전 인프라 부족(28%)이 지목됨. 그리고 전기차 구매 시 가장 큰 고려사항은 1위가 차량 가격(27%), 2위가 1회 충전 주행거리(25%), 3위가 거주지 인근 충전소 유무(20%)로 충전인프라의 확충이 주요 이슈임(자료: 박한용(2024.02.28.), “연료비 vs 충전불편” EV 트렌드코리아, 설문결과 전기차 장단점 뚜렷했다”, 지퍼코리아.

25) Banerjee et al.(2023)

■ 주요 이슈

- 현재 MaaS는 민간 중심으로 활발히 비즈니스화 되고 있으며, 공공에서 관리하는 교통수단을 중심으로 MaaS를 제공하기 위한 시스템을 구축 중
- 즉, 현재는 민간과 공공이 각각의 MaaS시스템을 주도 기관이 서비스하는 교통수단 또는 모빌리티 서비스를 중심으로 구축하고 있음
- 이는 MaaS의 목적인 통합적인 서비스에 제한이 있다는 의미
- 또한 다음과 같은 이슈에 대한 명확한 검토가 이루어지지 못하고 있음
 - 민간 주도의 MaaS가 공공성을 충분히 구현할 수 있는가와 공공의 역할
 - 공공과 민간, 기관과 기관 간의 완전한 데이터 공유와 이를 위한 데이터 입출력 표준화
 - 통합된 MaaS가 운영될 경우 충분한 수익을 창출하고 이를 통해 지속가능성



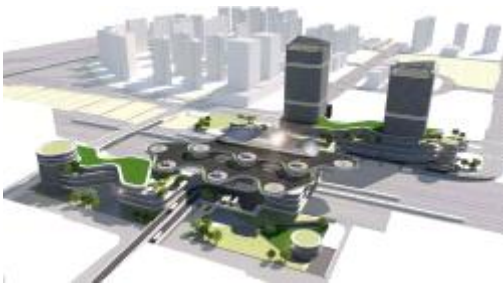
[그림 4-14] MaaS의 개념

자료: Banerjee et al.(2023)

2.3. 미래 모빌리티 인프라

1) 미래형 환승센터

- 국내에서는 MaaS Station 또는 미래형 환승센터 등의 이름으로 불리는 시설이며, 소프트웨어인 MaaS와 하드웨어인 물리적 교통거점(Station)을 합친 용어
- 기존 교통수단인 철도와 버스 외에 UAM, 자율주행차, 전기차, 수소차, PM 등의 새로운 모빌리티까지 최적으로 연결하는 환승센터를 의미
- 효율적이고 통합된 교통 서비스의 제공으로 이용자의 환승편의를 강화하여 도시 모빌리티 서비스를 개선함으로써 대중교통중심개발(TOD, Transit Oriented Development)의 핵심 거점으로 육성
- 미래형 환승센터가 도시 모빌리티에 미치는 영향은 다음과 같음
 - 편의성 증대: 다양한 교통수단을 한 곳에서 연결하여, 이용객은 복잡한 환승 과정 없이 편리하게 이동 가능
 - 교통 혼잡 완화: 환승센터를 통해 대중교통 이용률이 증가하면 도로 교통량이 감소하고 교통 혼잡이 완화
 - 환경 개선: 대중교통과 공유 모빌리티를 우선적으로 활용하도록 유도하여, 환경친화적인 교통수단의 이용이 증가
 - 도시 재생 및 개발: 환승센터 주변을 도시 재생과 새로운 개발에 활용함으로써 도심 활성화와 지역 경제 활성화에 기여
- 이에 국토교통부에서는 평택지제역, 강릉역, 마산역, 대전역의 4곳을 미래형 환승센터 시범사업 대상지로 선정하여 UAM과 철도 중심으로 추진 중



평택지제역 조감도(안)



대전역 조감도(안)



마산역 조감도(안)

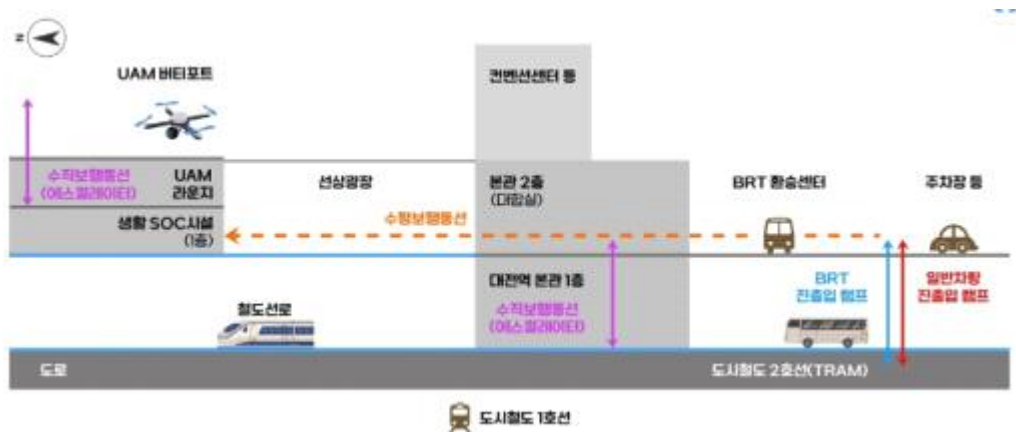


강릉역 조감도(안)

[그림 4-15] 미래형 환승센터 시범사업지 조감도(안)

자료: 대한민국 정책브리프(2023.03.28.), “미래형 환승센터 시범사업 4곳 선정”, (2024.03.14.읽음)

- 대전역의 경우 철도, 버스, BRT 등의 현재 운행하는 교통수단에 트램, 자율주행차, UAM 등 시공 또는 계획 중인 모빌리티 서비스를 연계



[그림 4-16] 대전역 미래형 환승센터 컨셉(안)

자료: 김준호(2023.11.12.), “대전역 미래형 환승센터’ 기본계획수립 용역 착수”, 연합뉴스

2) 모빌리티허브²⁶⁾

- 해외의 경우 모빌리티 허브라는 이름으로 대형복합 환승시설과 더불어 보다 소규모, 지역 밀착형 환승센터가 추진 되고 있음
 - 일부는 복합환승센터로 일부는 지역의 DRT와 자전거 등의 연결과 이용자 편의 서비스가 중심
- 주요 추진 사례를 살펴보면 다음과 같음

■ 캐나다 온타리오 Kipling Transit Hub

- 다양한 대중교통수단과 보행자, 자전거 이용을 위한 허브로 계획(2022년 준공)
- Seamless, Transit Trip, 지역 네트워크의 연결, 해당 지역의 경제 활성화가 목적
- 구성 및 개선 요소
 - 전반적으로 환승 및 접근성 개선, 수직 이동을 위한 엘리베이터 설비
 - 1개 도시철도와 2개 버스 공급자가 도시철도, 지역 및 광역 버스 서비스 제공
 - 터미널을 중심 버스와도시철도, P&R 이용자, 자전거 이용자 간 연결성 확보
 - 보행환경, pickup & Dropoff 빌딩, 택시구역 개선



[그림 4-17] 캐나다 온타리오 Kipling Transit Hub

자료: Aono(2019); Metrolink홈페이지(2023)

26) Aono(2019); Metrolink홈페이지(2023); SOM홈페이지(2023);

■ 미국 콜로라도 덴버 Union Station

- 20에이커의철도 부지를 대중교통 환승 공간으로 리폼
- 경전철, 광역철도, 버스,, 자전거, 보행자의 이동과 환승을 위한 개선 수행
- 구성 및 개선 요소
 - 3개 철도 서비스와 다수의 버스 공급자가 도시철도, 지역 및 광역 버스 서비스 제공
 - 허브의 서비스의 일환으로 중심 상업지역을 연결하는 무료 전기셔틀제공
 - 주변 녹지 등의 공공공간을 보행자에게 최적화된 공간으로 재설계함
 - 역을 Mixed use 방식으로 개발로 주변 지역으로 확장



외부



내부

[그림 4-18] 미국 콜로라도 덴버 Union Station

자료: Aono(2019); Metrolink홈페이지(2023)

■ 미국 시카고 Millennium Station

- 시카고 중심지에서 다수의 버스 노선과 도시철도를 연결하는 허브
- McDonald's Cycle Center로 알려진 Bike Station이 가장 큰 특징
- 구성 및 개선 요소
 - 버스와 도시철도간 연결
 - Bile Station에 각종 자전거 이용 편의시설 제공
 - 자전거 공유 서비스 제공 : 여행객과 지역민에게 차별화된 이용요금 제공
 - 환승 편의를 위해 지하통로를 통해 수단간 연결, 보행자 중심의 이동환경 제공
 - 보행자 통로 주변으로 상업시설 배치



[그림 4-19] 미국 시카고 Millennium Station

자료: Aono(2019); SOM홈페이지(2023)

■ 독일 브레멘Muti-modal transit hub

- 도시전체에 걸쳐 소규모의 모빌리티 허브를 건설함(mobile.punkt)
- mobile.punkt는 대중교통, 카셰어링을 제공하고, 자전거와 보행 편의를 제공
- 구성 및 개선 요소
 - 필요시 택시를 호출할 수 있도록 관련 정보 제공(call센터와 연결)
 - 노상 카셰어링공간을 300m 당 1개의 비율로 제공 : 80개의 스테이션과 300대의 차량, 14,000명의 이용객
 - 3개 철도 서비스와 다수의 버스 공급자가 도시철도, 지역 및 광역 버스 서비스 제공
 - 카셰어링공간 인근에 버스 및 철도 정류장 위치
 - 공공자전거 포인트 설치를 통해 자전거, 카셰어링, 대중교통 환승 도모, 중심지에는 e-bike도입
 - 카셰어링과 공공자전거에 모두 사용할 수 있는 스마트카드 도입



[그림 4-20] 독일 브레멘Muti-modal transit hub

자료: Aono(2019); SOM홈페이지(2023)

3) 디지털트윈

(1) 디지털트윈과 스마트시티

- 디지털 트윈이란 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3차원 모델로 구현하고, 현실과의 동기화 시뮬레이션을 거쳐 관제·분석 등 해당 사물에 대한 의사결정에 활용하는 기술(관계부처합동, 2021)²⁷⁾
 - 물리적 개체, 프로세스 또는 시스템의 가상 복제본이라 정의할 수 있음
 - 물체, 또는 객체로부터 수집된 센서 데이터 및 기타 정보들을 이용하여 생성된 데이터를 활용, 물체의 동작과 특성, 성능 등을 정확하게 나타내는 모델을 생성
 - 물리적 객체 또는 시스템의 실시간 모니터링, 분석 및 시뮬레이션을 가능
- 전 세계적으로 디지털 전환이 추세이며 이러한 추세에 발맞추고 더욱 다양하고 심도 있는 스마트시티 서비스를 위해 스마트시티의 고도화 역시 디지털트윈 기반으로 진행(김익희 외, 2022)²⁸⁾
 - 우리정부는 스마트시티 통합플랫폼의 문제 및 한계를 극복하고자 데이터 허브를 개발
 - 데이터 허브는 도시 데이터의 수집, 분석, 시뮬레이션 등 다양한 역할 수행 목적

27) 관계부처합동(2021).“한국판 뉴딜 2.0 초연결 신산업분야의 핵심”.『디지털트윈 활성화전략』.

28) 김익희·서기환·하용·임룡혁·성혜정(2022),「디지털 트윈 기반 스마트시티 고도화 방안」, 국토연구원.

- 더욱 발전된 기술의 반영하기 위해 디지털 트윈 및 메타버스와 같은 도시 가상화 기술을 반영한 가상 도시 플랫폼 실현으로 정책 및 트렌드 변화
- 현재는 실질적인 도시 빅데이터에 기반한 스마트시티가 구현되었다고 보기 어려운 상황이며, 이를 극복하는 방안으로 디지털 트윈 기반 스마트시티 고도화 필요
- 디지털트윈의 가장 중요한 이점은 바로 예측·유지·관리가 가능하며, 이를 통해 잠재적인 문제를 식별하고 해결방안을 도출하는 프로세스를 최적화에 도움을 줌

(2) 모빌리티 분야에서의 디지털트윈의 활용

- 자율주행차, UAM, 배송로봇 등 미래 모빌리티가 점점 현실로 다가오고 있으며, 이동의 주체가 점차 사람에서 AI 기술에 기반한 기계로 전환 중
 - 미래 모빌리티는 지금과는 비교할 수 없을 정도의 정보의 홍수 속에서 이루어지며, 이 넘치는 정보를 관리, 분석하기 위한 시스템이 구축되어야 함
 - 이렇게 이동의 안전과 안정적인 서비스 운영을 위한 시스템 필요
- 미래 모빌리티와 스마트시티에 디지털 트윈을 적용하여 편리하고 빠른 이동을 넘어서 불필요한 이동은 사람이 직접 이동하지 않아도 되는 시대를 준비²⁹⁾.
- 스마트시티 분야 중 모빌리티 분야는 디지털트윈의 필요성이 높은 응용 분야
 - 스마트시티의 경우 UAM, 자율주행 등 미래 모빌리티 분야가 필수적인 요소로 자리 잡고 있으며, 디지털트윈을 활용하여 다양한 예측과 관리가 필요
 - 교통시스템을 위한 디지털트윈을 생성함으로써 도시/교통 계획자는 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고 잠재적인 문제가 발생하기 전에 식별할 수 있음
 - 교통흐름을 최적화하고 에너지 소비를 줄이면서 전반적인 도시 효율성을 향상
- 완전 자율화가 목표인 자율주행차나 UAM 등의 미래 모빌리티는 도시에서 운영하기 위해서는 안전성과 정확성 확보가 중요하여 디지털트윈과 같은 디지털 인프라가 필요

29) Kakao Mobility(2023), “디지털 트윈, 로봇과 AI가 움직이는 미래 모빌리티를 위한 인프라”, Report, 2024.03.14. 읽음)

■ 자율주행차

○ 자율주행차의 내비게이션 역할 수행

- 3D 지도는 자율주행 소프트웨어가 주변 세계를 인식하는 데 필요한 방대한 작업의 부담을 감소시키고(브라이언 맥클렌돈(Brian McClendon)), 보행자 이동, 자전거의 등장, 도로 상황의 급속한 변화 등에 민첩하게 대처 가능

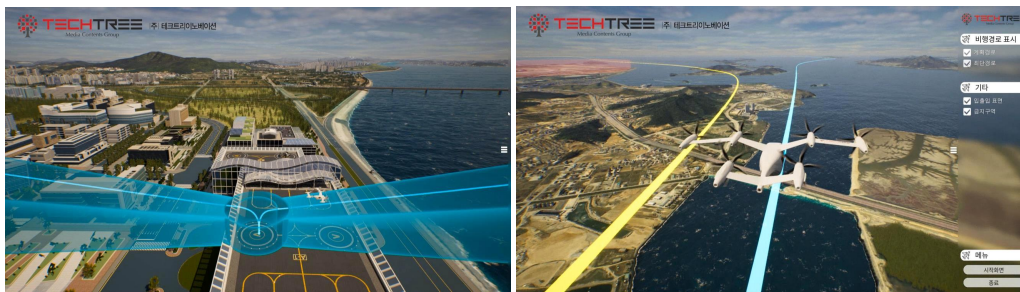
○ 다양한 시뮬레이션 수행과 정보 제공

- 디지털 트윈에서 다양한 환경의 주행 데이터를 구현하고 자율주행 셔틀, DRT 등을 시뮬레이션하고 운행 상태와 안전성 등을 검증
- 차량 충돌이나 차량화재, 범죄 차량의 도주로 차단 등 다양한 활동에 대해 상황 통제와 조치 수행에 대한 모의 훈련 가능
- 도로상의 각종 센서를 통해 접수되는 정보를 디지털트윈에서 실시간 업데이트하고 도로상의 차량에게 정보를 제공할 수 있음

■ UAM

○ UAM의 항로 설계지원

- 3차원 환경에서 UAM 비행 상황 모니터링과 바람, 악천후, 이착륙의 지연, 조류충돌, 사고 등의 긴급 상황 발생 시 다양한 변수 사전 모델링 수행과 대응 매뉴얼 확보



[그림 4-21] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 UAM 항로 시뮬레이션

자료: 테크트리노베이션

○ UAM 운항지원과 관제

- 시간대별 차량 이동 데이터 및 대중교통 운행 스케줄 검토를 통해 UAM 운항 스케줄 검토 및 적용에 활용
- UAM의 운항체계는 지상 감시와 실시간 UAM 운항 정보 및 외부정보(기상, 항공정보 등)를 관제 시스템에서 실시간으로 수집하고 분석하여 기체에 지시 필요

○ 버티포트 선정 적합지 분석과 관련 시뮬레이션 수행

- UAM 항로 및 입출입표면 설계 기준 등을 감안하여 운항 안전성이 확보된 지역 선정
- 기존 도심 및 신규 개발 예정지역의 건축물, 시설물(고압선, 철탑, 굴뚝, 구조물 등), 지형, 공항활주로 등이 UAM 항로 및 입출입 표면과 상충되지 않는지 저촉 여부도 검토
- 바람과 빌딩풍은 주변 건축물의 높이와 밀집도, 형태에 따라 다양한 영향을 받으므로 빌딩풍 난류 분석 등 수행



[그림 4-22] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 빌딩풍 분석 시뮬레이션
자료: 테크트리노베이션

○ UAM 파일럿 트레이닝 시뮬레이터로 활용

- 현실과 동일한 환경에서 수행을 통해 파일럿의 빠른 양성과 훈련성과 달성, 비용의 절감, 훈련 안정성을 확보
- 실제 노선에 대한 사전 학습을 진행할 수 있어 실 비행을 통해 인지해야 할 요소들을 사전에 학습



나사의 UAM 훈련 시뮬레이터



테크트리노베이션의 UAM 훈련 시뮬레이터

[그림 4-23] 고정밀, 고해상도 3D 맵을 활용한 UAM 시뮬레이터 구현
자료: (좌) NASA; (우) 테크트리노베이션

■ 주요 이슈

- 스마트시티의 모빌리티를 위한 디지털트윈의 실질적인 활용을 위해서는 우선적으로 3차원 공간정보에 대한 다양한 개선이 필요
 - 해상도와 정확도 부분에서 개발 초기 수준에서 개선이 이루어지지 않아 현재 기준으로는 많이 뒤쳐져 있음



브이월드



구글어스

[그림 4-24] 3D 지도 품질 비교(브이월드 vs 구글어스)

자료: 좌 : 브이월드, 우 : 구글어스

- 3D모델링을 구현하는 방식과 최적화의 문제
 - 화면을 돌릴 때나 줌 아웃을 하면 건물들이 사라져 버리는 문제들로 인해 가시성 자체를 지원하지 못함
 - 기존의 시스템은 건물 하나하나의 3D모델링을 직렬적 호출하는 방식으로 불필요하게 높은 점유율로 CPU를 사용하고 있으며 3D모델링의 수준에 비해 느린 서비스 속도를 제공



경기도 광주



경기도 용인

[그림 4-25] 로딩 문제로 인한 모델링 객체 부분생성

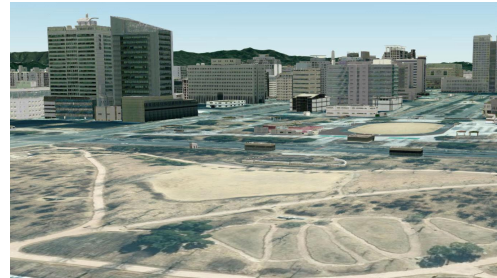
자료: 브이월드

○ 현재 기준 신뢰성 확보가 필요

- 기 구축된 자료를 업데이트 없이 사용함으로써 과거의 건물과 도로가 그대로 3차원으로 표현되어 현재와 불일치 발생



러프 모델링 건물들

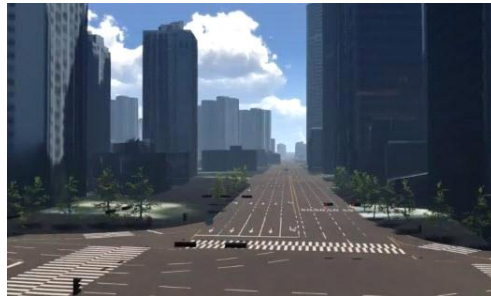


모델링 누락 부분

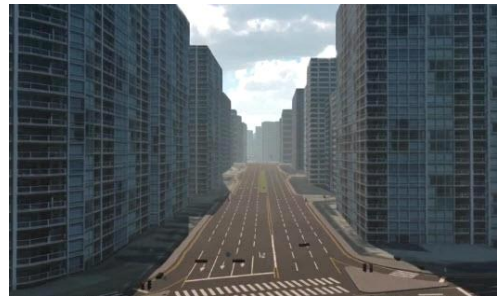
[그림 4-26] 브이월드의 모델링 문제점

자료: 브이월드

- 고고도 항공사진과 위성사진이 기반이 되어 고도별 해상도 편차가 매우 심각
- 위성사진과 건물 하단부가 불일치되는 현상 발생
- 나무, 구조물, 설치물, 건물 높이, 단차, 레벨 등이 부정확하게 존재



수작업 기반 3D 지도



주변건물 단순화

[그림 4-27] 디지털 트윈에서의 도로 환경 구축 사례

자료: 모라이

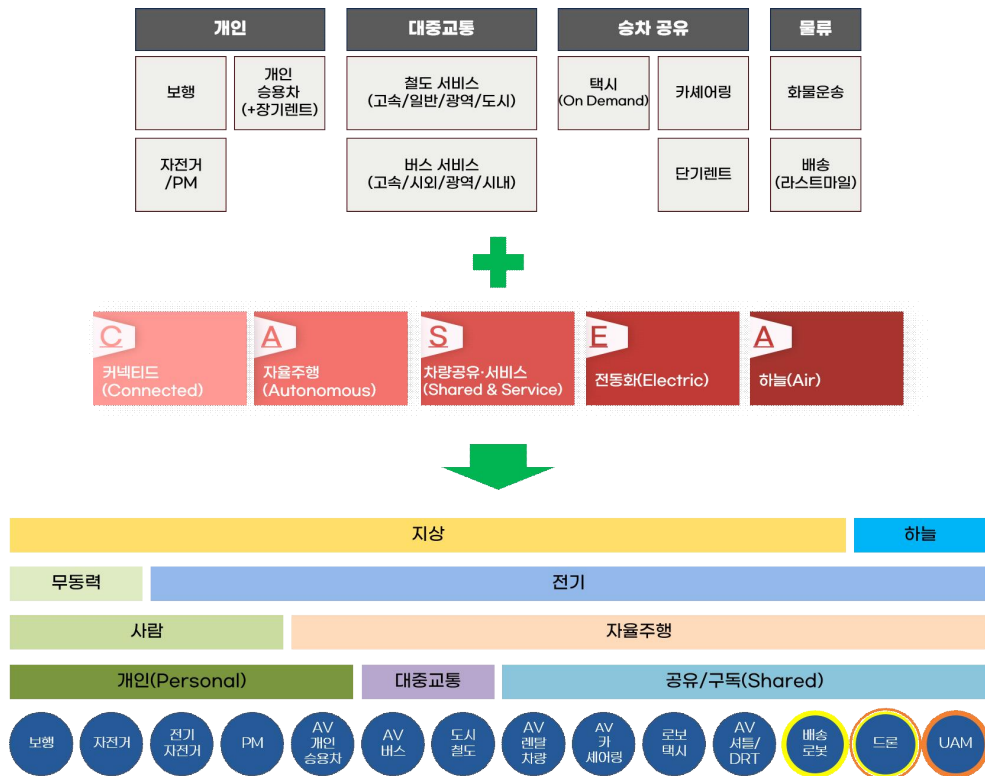
3. 미래 모빌리티 수단과 인프라 구성 정의

- 앞의 모빌리티 패러다임의 변화, 미래 전망, 주요 수단, 서비스, 인프라에 대한 리뷰와 이슈 검토를 바탕으로 모빌리티 수단과 검토가 필요한 인프라를 도출함

1) 미래 모빌리티 수단

■ 모빌리티 수단의 변화 방향

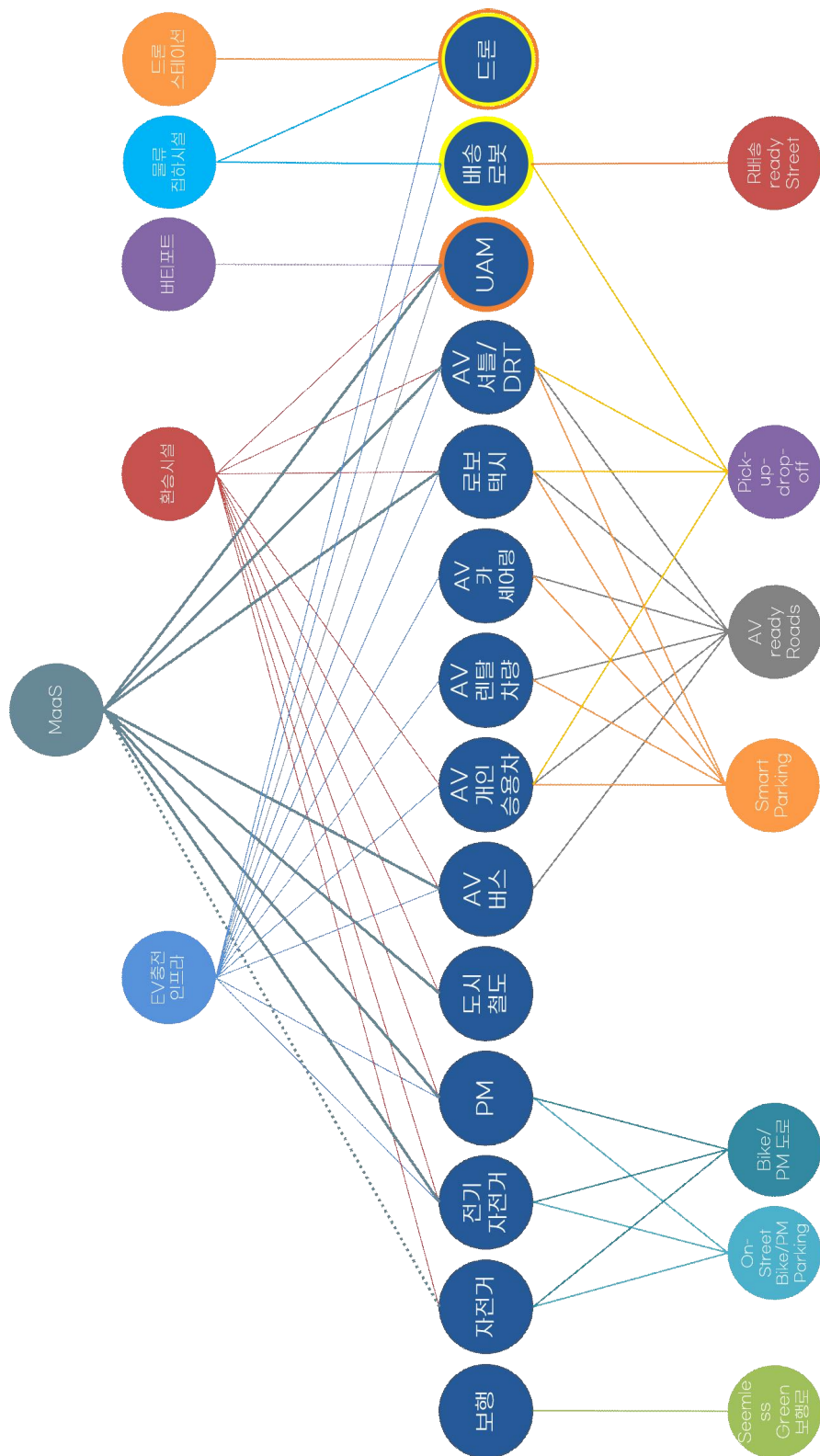
- 현재 운영 중인 개인, 대중교통, 승차 공유, 물류 분야의 대표적인 교통수단은 CASE+A로 대표되는 모빌리티 혁신을 통해 새로운 모빌리티로 진화함
 - 모든 미래 모빌리티 수단은 점진적으로 전동화(수소연료 기반 전동화 포함)가 진행
 - 지상 기반 교통수단은 자율주행 기술이 적용
 - 하늘을 기반으로 하는 서비스인 UAM과 드론이 또하나의 큰 축을 형성
 - 다수의 모빌리티 서비스는 공유와 구독 중심으로 재편
 - 보행과 자전거/PM 등 핵심 요소이지만, 거의 변화가 없는 분야도 존재



[그림 4-28] 모빌리티 수단의 변화

2) 미래 모빌리티를 위한 인프라

- 앞에서 도출한 미래 모빌리티 수단 별 필요한 인프라를 도출함
 - [그림 4-34]에서 수단을 기준으로 위측에 위치한 인프라는 환승센터 등 시설물 기반 인프라와 MaaS 등의 디지털 기반 인프라임. 반면 아래에 위치한 인프라는 도로 기반 인프라 개선 항목
 - 제4장 1절의 분야별 검토내용 중 이슈가 되는 부문에서 개선 및 신규 설치가 필요한 인프라를 도출하여 정리함
- 주요 인프라를 살펴보면 전기 기반 수단들을 위해 전기 충전시설이 필요
- 다양한 모빌리티 수단의 환승 연계를 위해 환승시설과 MaaS 서비스의 구축이 필요
 - 환승시설은 역할과 규모에 따라 정부에서 추진하는 미래형 환승센터(MaaS 스테이션)이 필요할 수도 있고, 해외에서 추구하고 있는 모빌리티 허브가 필요할 수도 있음
 - MaaS 역시 다양한 모빌리티 수단간 환승편의 제공을 위해 플랫폼
- UAM을 위해서는 필수 인프라로 버티포트가 필요하며, 드론을 위한 드론 스테이션이 필요
- 드론과 배송로봇을 위해 배송 물품을 위한 집화 시설이 필요
- 대부분의 미래 모빌리티 수단은 도로기반이므로 도로 인프라의 정비와 정비, 가로 및 가로변 공간의 재설계 또는 개선이 필요
 - 보행과 자전거/PM등을 위한 보도와 전용도로 정비가 필요하며, PM 거치대 등의 시설 역시 정비가 필요
 - 거치대 등과 관련한 문제는 가로변의 공간에서 거치대가 차지하는 공간의 설계 문제가 주요 사항
- 도로 및 자율주행 기반 수단을 위해 스마트파크 시설이 필요하며, 가로변에는 승하차공간이 필요
- 부분적으로는 자율주행차를 위한 도로와 배송로봇의 이동을 지원할 수 있는 도로/보도의 정비 역시 필요



[그림 4-29] 미래 모빌리티를 위한 관련 인프라

제5장 미래 모빌리티 인프라 도입 방향

1. 미래 모빌리티를 위한 인프라별 도입 방향

1.1. 검토 대상 인프라

- 4장에서 미래 모빌리티 수단과 검토가 필요한 관련 인프라를 도출함
- 5장에서는 각 인프라별로 어떻게 도입을 검토할 필요가 있는지 방향성을 제시함
- 다만 보행과 자전거/PM, 도시철도와 관련된 항목에 대해서는 검토하지 않음
- 본 장에서 중점적으로 방향을 설정하는 모빌리티 수단과 인프라를 간략하게 정리하면 다음과 같음

※ 수단에서 필요한 인프라를 중심으로 기술하고 있으나, 환승시설(미래형 환승센터)에 대해서는 별도로 분리해서 기술함

[표 5-1] 미래 모빌리티 수단과 인프라 요약

수단	인프라	연관 인프라
자율주행차 ¹ (전기차)	개인 승용차 카셰어링 장기 렌트 DRT/셔틀 버스	전기차 충전인프라 스마트주차장, 환승시설 자율주행차용 도로 승·하차공간(Flex Zone)
기존 대중교통 ²	환승시설	보행로 미래형 환승센터 (MaaS Station) 버티포트 고정밀 지도(디지털 트윈)
UAM	버티포트	미래형 환승센터 (MaaS Station) 고정밀 지도(디지털 트윈)
드론	드론 스테이션, 택배 등 물류 집하시설	고정밀 지도(디지털 트윈)
배송로봇	물류 집하시설, 배송로봇 친화 도로	보행로, 단지내 도로 고정밀 지도(디지털 트윈)
MaaS	MaaS 플랫폼	UAM 버티포트 미래형 환승센터 (MaaS Station)

1. 자율주행차의 경우 기본적으로 전기차라고 전제

2. 기존 대중교통 수단은 환승센터에서 미래 모빌리티 수단과의 연계를 중심으로 고려

- 미래 모빌리티를 위한 필요 인프라 도출하면 다음과 같음

1.2. 전기차 충전인프라

- 현시점에서 전기차의 활성화를 지연시키는 가장 큰 요인은 충전인프라의 부족
 - 중장기적으로는 전고체배터리의 생산 등 배터리의 발전으로 점차 문제가 개선될 것으로 전망
 - 현재는 내연기관의 주유 시스템에 비해 긴 충전시간과 아파트 등 공동주택단지를 제외하고는 부족한 인프라로 인해 불편함이 큼
- 현재의 주유소 역할 대신할 수 있도록 전기차 고속충전시설을 다양한 편의시설을 가진 복합충전시설의 형태로 도입이 필요
 - ※ 야간 박차와 주간 주차 차량은 주거지(공동주택) 및 직장 등에 완속충전기 중심으로 충전 수요 해결

■ 도입 방향

- 전기차 활성화의 걸림돌은 충전인프라의 부족³⁰⁾이므로 도시의 필수 서비스 시설로 충전시설을 설치 및 제공
- 전기차 충전시설의 확충 방향은 다음과 같음
 - 도시 내에 기존의 주유소의 역할을 대신할 수 있도록 On-going 서비스를 제공하는 급속충전시설 확충
 - 단순 충전소의 역할이 아닌 여러 주민 친화적 편의시설을 포함하는 복합충전시설의 형태로 도입
 - 환승센터와 주차장 등 주요 교통시설물에 전기차 복합충전시설 설치

■ 전기차 복합충전시설 기본 구상³¹⁾

- 기본방향 요소
 - 화재 안전에 대비한 안전성 (Safety)
 - 대지 규모에 따른 다양한 선택이 가능한 유연성 (Flexibility)

30) EV 트렌드 설문조사 결과 전기자동차 사용의 가장 큰 불편 사항에 1위는 충전의 번거로움(36%), 2위는 충전 인프라 부족(28%)이 지목됨. 그리고 전기차 구매 시 가장 큰 고려사항은 1위가 차량 가격(27%), 2위가 1회 충전 주행거리(25%), 3위가 거주지 인근 충전소 유무(20%)로 충전인프라의 확충이 주요 이슈임(자료: 박한용(2024.02.28.), “연료비 vs 충전불편” EV 트렌드코리아, 설문결과 전기차 장단점 뚜렷했다”, 지피코리아).

31) 더욱 상세한 기본 구상에 관한 내용은 변완희 외(2023), 「신도시 전기차 충전시설 공급기준 및 복합충전시설 기본 구상 연구」 참조

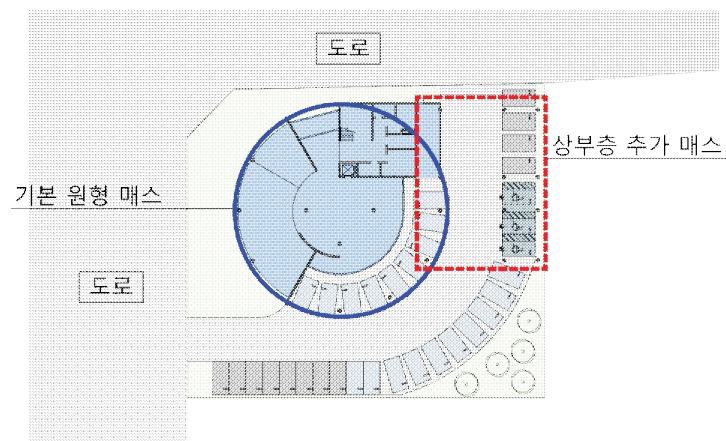
○ 기본 구상 시 고려사항

- 전기차 충전 공간은 지상 설치를 원칙으로 배치
- 전기차 화재에 따른 영향을 최소화하기 위하여 충전 공간은 건축물과 일정 간격 이격
- 전기차 충전 공간은 가급적 원형 형태로 구성하여 전기차의 편리한 접근성과 이동성 확보
- 충전 공간 위로 캐노피를 두어 눈과 비 등으로 인한 전기 화재를 예방
- 건물로의 진출입구는 이용 편의, 재난 대피 등을 고려하여 배치
- 전기차의 이동 중 보행자와의 상충이 일어나지 않도록 이동 동선을 분리
- 대지 규모, 주변 토지이용에 따라 유연한 적용이 가능하도록 편의시설을 모듈화
- 전기차 화재에 따른 대응이 가능한 소방 안전 구조 및 시설의 설치를 고려

■ 전기차 복합충전시설의 기본 설계 방향 상세

○ 평면 계획

- 전기차 충전과 편의시설을 배치하기 적합한 원형을 기본 평면 계획 요소로 채택
- 대지 조건에 따라 사각매스를 추가하거나, 층수로 전체 연면적을 조절하도록 계획



[그림 5-1] 평면 계획 예시

자료: 변완희 외(2023)

○ 입면계획

- 시그니처 디자인 : 어떤 장소에서도 LH만의 ON_STAY의 일관성
 - 원형 커튼월 매스에 루버와 음각 로고 디자인을 채용
 - ‘충전’과 ‘머물다’를 의미하는 “ON_STAY” 제안
 - 내부 원형 홀을 공용 라운지로 조성



[외부 시그니처 디자인]

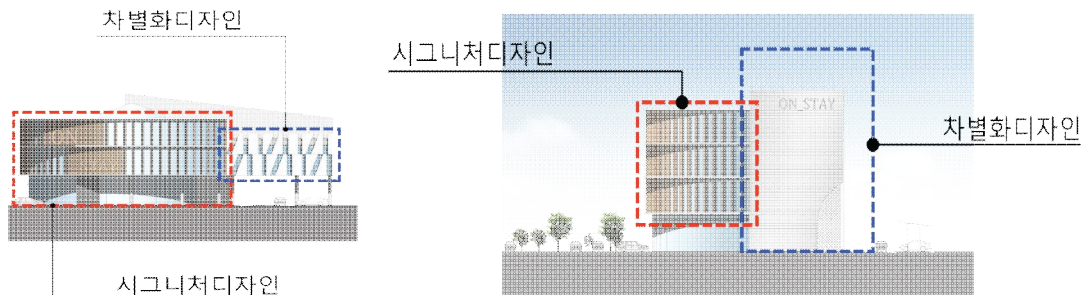


[내부 시그니처 디자인]

[그림 5-2] 시그니처 디자인

자료: 변완희 외(2023)

- 차별화 디자인 : 다양한 장소적 특성에 따른 차별화
 - 비정형 판넬 또는 펀칭 판넬을 활용한 더블스킨 등 현대적 디자인 요소를 적용



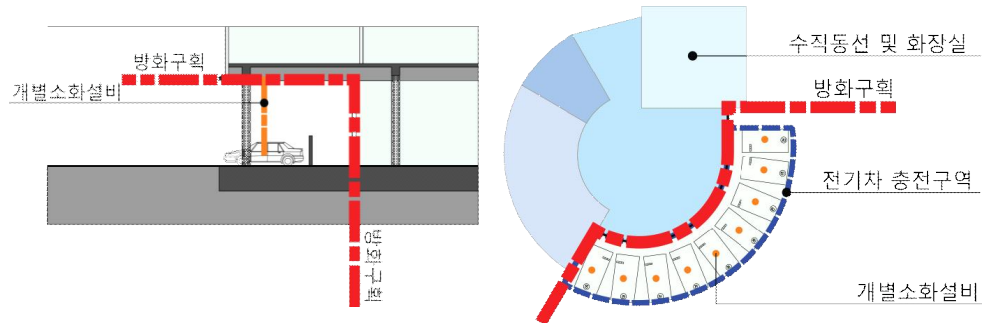
[그림 5-3] 차별화 디자인

자료: 변완희 외(2023)

○ 화재 안전에 대비한 안전성 (Safety) 확보 계획

- 전기차 충전구역을 지상에 설치
- 건축물은 내화구조 및 방화구획을 적용
- 전기차 충전구역은 건축물과 일정 간격으로 이격

- 화재 예방을 위한 설비 Active 요소를 적용



[그림 5-4] 화재 안전에 대비한 안전성

자료: 변완희 외(2023)

○ 편의시설 설치 계획

- 기본 유닛과 옵션 유닛으로 구성하여 규모에 따라 유연한 선택이 가능 (Flexibility)
- 옵션 유닛은 상업 영역과 휴게 영역으로 구분하여 수직 조닝(Zoning)함

기본 유닛	옵션 상업 유닛		옵션 휴게 유닛	
계단, 화장실	푸드 코트	헤어샵	게임 존	애견 카페
라운지	레스토랑	기타	전시장	루프탑
카페	리테일 샵		피트니스 센터	
편의점	사무 공간		실내 운동	

[그림 5-5] 대지 규모에 따른 선택 유연성

자료: 변완희 외(2023)

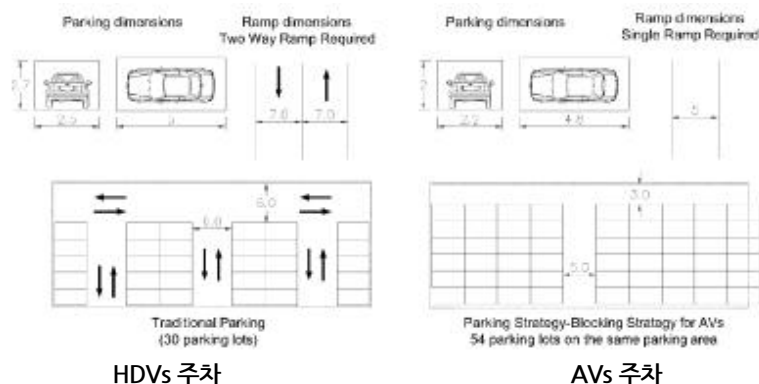
1.3. 자율주행차를 위한 인프라

- 연구의 목표연도인 2030년은 미래 모빌리티가 도입 초기이므로 자율주행차가 도로 위에 충분히 많이 운행할 가능성이 작음
- 따라서 비 자율주행차와 혼입 운행하는 환경이므로 자율주행차 전용 시설에 대한 수요는 낮음
- 따라서 전용도로와 가로변 승·하차 공간은 제한적으로 적용할 수 있을 것으로 판단

1) 스마트 주차장

■ 필요성

- 자율주행차가 활성화되면 DRT와 로보택시 등 공유차 중심으로 모빌리티 서비스가 재편될 것으로 추정
 - 개인 소유에서 공유로의 전환이 잘 이루어진다면 공용 주차공간에 대한 수요가 줄어들 것으로 전망
 - 그럼에도 로보택시 등 신속한 서비스 대응이 필요한 수단을 위한 주정차 공간이 필요
 - ※ 개인승용차는 개인 공간(주거 및 직장 등)에, 그 외 사업용 차량은 각 사업자가 마련한 공간에 주차하므로 기본적으로 현재와 큰 차이가 없음
- 중심상업 및 업무지역에서 상대적으로 자율주행차의 높은 공간 활용 효율을 고려하여 적합한 새로운 전용 스마트 주차장이 필요
 - 자율주행차는 일반 차량보다 최대 1.5배 더 주차가 가능할 것으로 전망(Gavanas, 2019)



[그림 5-6] HDV와 AV를 위한 주차장 단면 설계 비교

자료 : AbdelGawad and Othman(2020)

■ 도입 방향

- 자율주행기반 차량의 보관 기지의 역할을 수행
 - 자율주행차의 주차와 관리, 전기차 충전을 위한 공간으로 활용
- DRT, 로보택시 등의 자율주행 기반 서비스의 침투시간 수요에 맞춰 권역별로 다양한 방식으로 근접한 위치에 배치
 - 주차장의 경우 건물 내 공간을 활용할 수도 있지만, 구역별 공동의 주차빌딩 등 주차 공간을 설치
 - 환승센터 등의 내부 시설로 설치
 - ※ 자율주행차의 비율이 높아질수록 건물내에 주차공간을 별도로 만들 필요성이 낮아지고, 특정 구역 및 권역별 공동 주차공간을 만드는 것이 효율적임
- 자율주행차의 비율이 낮은 초기에는 주차빌딩 등의 시설을 자율주행차 전용 층과 일반차 층으로 구분하여 설치

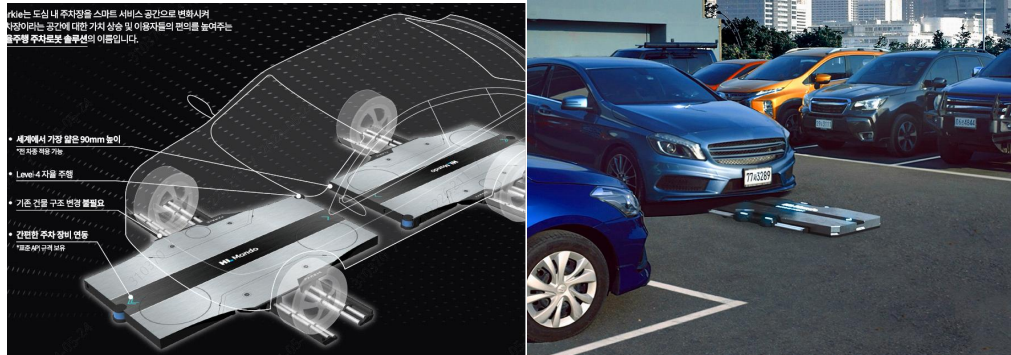


[그림 5-7] 자율주행차 전용 스마트 주차장 컨셉 디자인 사례

자료 : National Parking Association (2018)

- 자율주행차를 위한 주차공간은 일반 전기차나 내연기관차와 공간을 분리 설치
 - 설계 조건이 다르므로 공동의 공간을 사용하는 것은 비효율적
 - 같은 공간을 공유해야 하는 경우 주차 로봇(AMR)을 이용하여 일반차도 자율주행차

처럼 주차하는 시스템을 설치



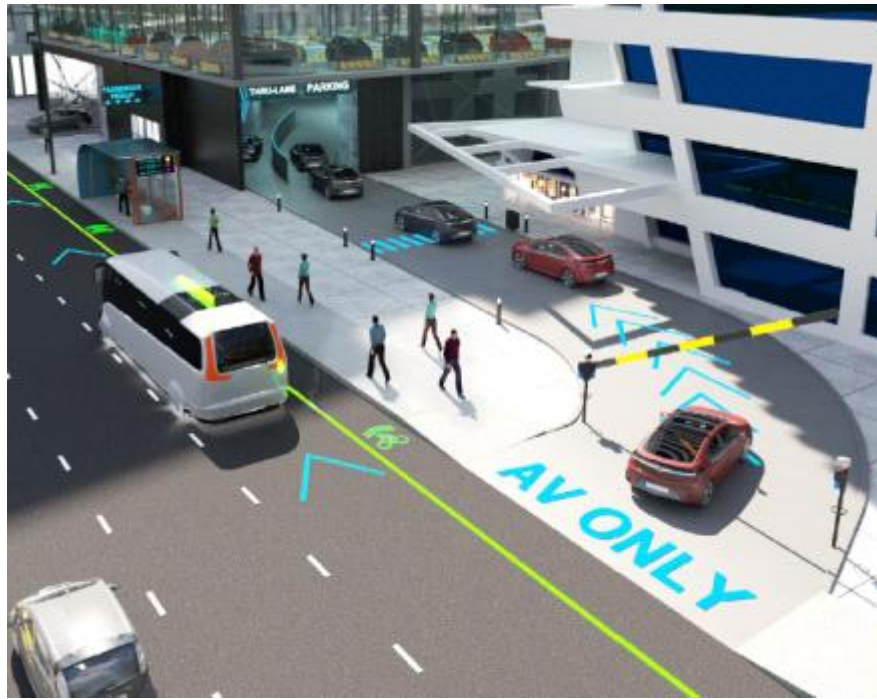
[그림 5-8] AMR형 주차로봇 예시(HL Mando Parkie)

자료 : HL Mando 홈페이지

2) 자율주행차 전용도로

■ 도입 방향

- 자율주행차 운행 초기(2030년경)에는 접근 및 진입 지원을 위한 가이드 차선의 형태로 필요시 설치
 - 환승센터, 자율주행전용 스마트 주차장 등 자율주행 기반의 셔틀과 DRT, 개인 승용차 등을 위한 건물 진입용 접근 차로의 형태로 설치
 - 자율주행차가 일반도로로 자연스럽게 잔·출입하는 것을 지원
 - 건물 내외 정차시설 이용하는 경우를 위해 가이드 차선의 형태로 설치
 - 가이드차선을 설치하면 일반 차량과의 동선 분리를 통한 이동 동선의 혼란을 방지 가능
 - 예측이 어려운 일반 차량의 행동에 따른 사고 등을 방지 가능
- 차로폭은 현실성이 높은 2.75m 수준이 적합
 - 긴급차량의 통과를 고려할 시 도로폭에 여유가 있는 것이 유리



[그림 5-9] 자율주행전용 진출입로

자료 : National Parking Association (2018)

■ 전용차로 도로폭 설정에 대한 기존 연구

- 다수의 기존연구는 자율주행자동차만을 고려할 때 2.44m(8 feet) 정도까지 축소할 수 있을 것으로 판단함
 - 이는 기존 차로폭에 비해 최대 25%가 감소(자동차전용도로)가 가능한 수준³²⁾
 - 교통량이 보통 수준인 주거지역의 경우 전체 차로폭을 약 4.8~6.1m(왕복 2차)로 줄일 수 있으며, 교통량이 적으면 약 2.4m(단차로) 가능
 - 대형화물차량이 없는 경우 차로폭을 약 2.4~2.8m로 축소하는 것이 가능
- ※ 국내의 경우 로우베드 트레일러의 폭이 2.9m로 최대

32) Aryal, P. (2020), *Optimization of Geometric road design for autonomous vehicles*, Master thesis, KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

[표 5-2] 해외 연구의 자율주행자동차를 위한 도로폭

연구	최소폭 제안(m)
Heinrichs, D. (2016)	8~9feet (2.44~2.75m)
Schlossberg, M. et al. (2018)	8feet (2.44m)
Snyder, R. (2018)	20~25% 감소
McCarville, I. (2019)	8feet (2.44m)
Aryal, P. (2020)	8~9feet (2.44~2.75m)
Machiani, S. et al. (2021)	8~9feet (2.44~2.75m)
Hafiz and Zohdy (2021)	2.5m

자료 : Othman (2021) 재인용

- 자율주행 100%가 아닌 일반차와 혼용 운행하는 상태에서는 일반차의 안전을 위해 도로폭을 줄이는 것은 현실적으로 곤란
- 완전자율주행이 구현된다면 도로폭은 2.5m ~ 2.75m 정도가 가능하며, 자율주행자동차와 일반차 혼입도로는 2.75~3.0m 수준의 차로폭을 유지해야 할 것으로 전망

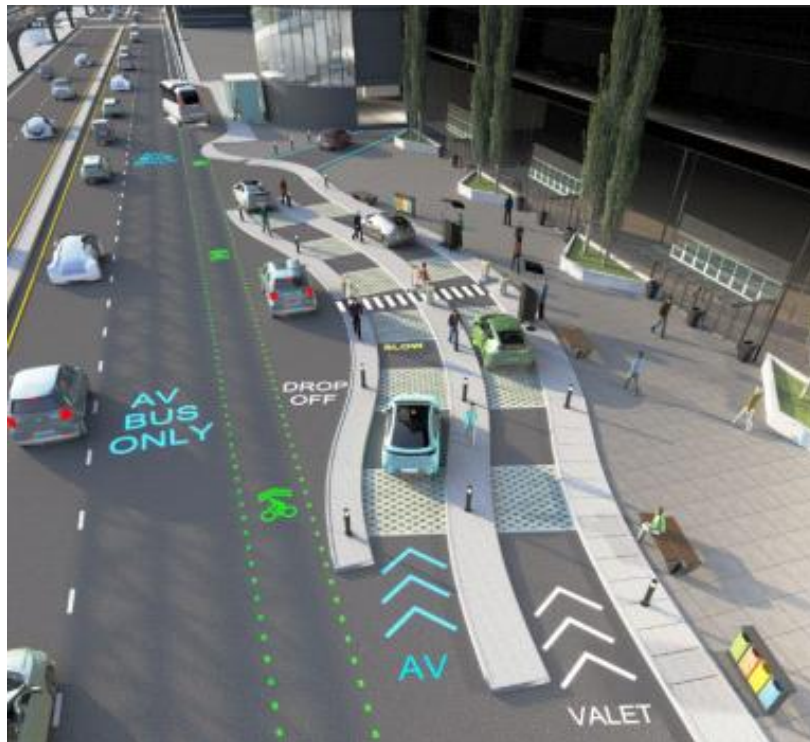
3) 승·하차공간(Pick-up & Drop-off 존)

■ 필요성

- 자율주행차의 확산은 운전자가 주차공간을 찾을 필요가 없으므로, 필연적으로 정차공간의 확대를 요구할 것으로 전망
 - 정차공간은 기본적으로 목적지 건물 내(외)에 일정 공간을 활용하는 경우와 목적지 인근 도로와 인접 공간(보도) 등의 공간을 활용하는 경우로 구분 가능
 - 건물 내(외) 정차공간은 대표적으로 환승센터 등 환승시설이나 KTX 등 교통 시설물 내외의 정차공간 등이 있음
- 도시의 공간적 측면에서 큰 변화가 일어나고 관리가 필요한 부분으로 보도변 공간(Kerb)이 언급됨
- 도로변 정차공간은 도시 내에서 더욱 활성화될 것이라 판단되는 공간
 - ※ 자율주행관련 연구에서는 Flex Zone이라는 기능으로 연구되고 있음

■ 도입 방향

- 2030년 경의 초기에는 가로변의 승·하차공간(Pick-up & Drop-off 존)을 정비
 - 자율주행 기반 모빌리티 수단을 위한 승·하차공간(Pick-up & Drop-off 존) 설치
 - 전기차 충전시설 갖춘 노상주차공간
 - 보행자와 로봇배송, 자전거, PM 등을 고려한 각종 시설물의 재배치
- 중장기적으로는 보도변 공간을 다양한 시간적, 공간적 수요에 대응할 수 있는 Flex Zone을 설치
 - Flex Zone은 승객의 승·하차 중심의 기능과 노상주차공간이 강조된 기존의 드랍존, 픽업존에서 확장된 기능을 수행하는 시설³³⁾



[그림 5-10] 자율주행시대의 보도변 공간의 활용

자료 : National Parking Association (2018)

33) Seattle DOT 웹사이트 (2022), *Flex Zone/Curb Use Priorities in Seattle*, Seattle (2020), *Seattle 2035 Comprehensive Plan: Managing Growth to Become an Equitable and Sustainable City 2015-2035*.

[표 5-3] 미국 Seattle시의 Flex Zone 활용 Use Cases

기능	정의	이용 사례
이동서비스 (Mobility)	사람과 물자의 이동	보도/ 버스전용차로 자전거전용도로/ 우회전 전용 등
사람들의 접근성 (Access for People)	승객의 도착과 환승	버스 및 도시철도 정류장 자전거 주차대/승용차 이용자 승하차 단기주차/택시 승하차 등
상업시설에 대한 접근성 (Access for Commercial)	고객과 시설에 대한 물자와 상업 서비스	화물차 상하차 등
활동성 (Activation)	사회활동 공간	푸드트럭/ 길거리 공연 등
녹지 및 휴식 (Greening)	휴식, 녹지, 건강 시설	가로수/ 녹지 공간 등
특정 용도 공간 (Storage)	차량과 장비를 위한 정차 공간	버스 간이터미널 장기주차/ 공공업무용 공간 건설 및 공사 등

자료 : Seattle DOT 웹사이트 (2022)

■ 기존 연구 현황

- 한국건설기술연구원의 주도로 수행 중인 국가 R&D³⁴⁾에서는 우리나라의 실정에 맞는 Flex Zone의 역할에 대해 정의하고자 함
 - 국가 R&D에서는 Flex Zone의 필요성을 미래도로의 경우 차로폭 감소로 인해 유헴공간이 발생한다는 전제를 바탕으로 함
 - ※ 그러나 차로폭 감소가 가능한지에 대해서는 논란이 있으며, 자율주행차의 도입에 따른 효율 증가 역시 초기에는 어려울 것으로 판단됨³⁵⁾
 - Seattle의 Use Cases를 기반으로 14가지 용도로 세분
- Flex Zone의 또 다른 용도는 긴급피난구역(Emergency Refugee Area)의 역할
 - 자율주행자동차의 고장 등으로 인한 정차 장소가 필요
 - Flex Zone과 같은 공간을 활용하는 방법과 노상 주차공간 중 빈 곳을 활용하는 방법 등이 있음

34) 윤덕근 (2022), 「자율주행시대 도로인프라 변화방향」, 서울연구원 세미나 발표자료, 2022년 12월 01일 개최.

35) 변완희 외(2021)의 연구에서도 실질적으로 차로 감소는 혼입률 50%가 넘어가는 시점에, 편도3차로 이상에
서만 가능할 수 있다고 분석함



[그림 5-11] 승하차 공간의 가변적 사용 예시

자료 : Arup & Go-Ahead(2021)

[표 5-4] 국가 R&D에서 정의한 Flex Zone 개념

기능	소분류	개념
교통이동성	자율주행차 이동성	AV, SAV 등을 포함한 이동
	보행 이동성	인도, 보행자 전용 도로를 이용한 사람과 물품의 이동
	자전거 및 PM 이동성	자전거 및 PM의 이동
	대중교통 이동성	버스전용차로, 경전철/전차 도로를 활용한 대중교통의 이동
	항공교통 이동성	UAM과 같은 항공 모빌리티의 이동
교통접근성	SAV 승하차 구역	SAV의 승객 승하차 구역
	환승 가능 구역	대중교통, 경전철/전차 및 SAV의 상호 환승 가능 구역
	단기 주차 구역	개인용 자율자동차의 단기 주차를 위한 구역
물류접근성	정기물류	개인을 위한 물류회사의 새벽배송, 편의점, 일반 가게와 같은 식품 및 정기적 물품 배송의 적재 구역
	택배물류	비정기적 택배물류 배송을 위한 적재 구역
	도심항공물류	드론 및 UAM을 이용한 물류 적재 구역
여가시설		푸드트럭, 거리축제 등 활기찬 사회 공간
녹지		가로수, Plant box, Rain garden, 등 미학 및 환경 개선
특정용도 지정공간		자율차 Fallback 대응공간, 경찰 및 소방차, 충전시설과 같은 특정용도를 위한 공간

자료 : 윤덕근 (2022)

1.4. UAM

- 버티포트는 UAM의 활성화를 위한 기본 시설이며, UAM 기지의 역할을 수행
 - UAM의 보관, 이착륙, 정비, 충전, 여객(또는 화물)의 탑승과 하차가 이루어지는 공간

1) 버티포트

■ 도입 방향

- 도시의 입지 여건에 맞춰 버티포트의 역할과 규모를 결정
- UAM은 GTX 등의 광역철도, 도시철도 등 타 교통수단과 연계가 필수적이므로 버티포트는 환승 시스템을 고려하여 설계
 - 기차역 등 대중교통 시설과 인접하여 위치할 필요가 있음
- 미래형 환승센터, 복합환승센터, 상업·업무시설 등의 기능을 포함하는 복합개발을 통해 사업성을 높임

[표 5-5] 버티포트의 입지별 유형

구분	지상형	건물형		인프라형	부유형
		저층형	고층형		
예시					
주요 입지	도시공원, 공터 등 지면레벨 입지	유통시설, 주차시설, 산업시설 등	복합시설, 오피스 등	고속도로 등 교통시설 상부	바다, 하천 등 수상
구성 방법	공원시설(공공), 공원점용(민간) 등	건축물 상부에 조성하는 복합개발 방식		중복결정(공공), 도로·철도점용(민간) 등	항만시설(선박) 등과 연계
특징 및 장점	보행 또는 일반도로에서 접근 용이	복합개발로 효율적 토지이용 가능, 버티포트와 신도시 앵커시설 건축물을 직접 연결 가능		교통시설 간의 편리하고 빠른 환승 체계	수상 교통 및 관광 연계 가능
예상 문제점	이륙·착륙시 소음 등 공해 발생	건축물 수직동선 유발에 따른 혼잡 발생 우려, 기존 건축물 적용 시 제약사항 발생 가능성		주변의 상업·업무 등 앵커시설로의 접근성 저하	이용수요 예측이 어려움
시사점	UAM 활성화시 보행 및 일반 대중교통의 거점으로 조성	신도시 역세권 등 대규모 신규 복합개발 시 적용 유리 (수직동선 효율화를 위한 전용 엘리베이터 등 필요)		토지확보가 어려운 기성시가지 내에 조성할 경우 유리	여객·물류보다 해안, 도서 관광과 연계

자료 : 한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사, p.123.

■ 버티포트와 미래형 환승센터의 복합개발

- 버티포트의 구성시설은 ‘버티포트 이용객을 위한 시설’로 특징이므로 복합환승센터와 달리 버티포트 개발 단독 사업으로는 사업타당성과 수익을 동시에 확보하기 어려움
 - ※ 복합환승센터 환승지원시설은 「국가교통체계효율화법」에 따라 ‘환승시설 외의 시설로서 일상생활과 사회경제활동에 필요한 편의시설·상업시설·문화시설·업무시설·숙박시설·주거시설 등 지원기능을 수행하는 시설’로 정의되어 동대구역 신세계백화점처럼 수익성 확보가 가능한 시설을 함께 설치 가능
- 버티포트 건설의 비용과 초기의 사업 수익을 고려할 때 사업모델을 구축하기 위해서는 복합개발을 통해 버티포트와 더불어 다양한 용도로 설계가 필요
- UAM을 위한 버티포트는 필연적으로 타 모빌리티 수단을 연결하는 환승센터로 건설할 필요가 있으므로, 미래형 환승센터로 개발 필요
 - 미래형 환승센터는 다양한 교통기능과 관제, 충전, 정비 등이 결합되는 모빌리티 허브와 지원시설이 결합한 복합시설

[그림 5-12] UAM 버티포트와 미래형 환승센터 개념

자료 : 한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사, p.51.



[그림 5-13] 버티포트기반 복합환승센터 개발 개념도(롯데 컨소시엄)

자료 : 한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사, p.16.

■ 입지 고려사항

- UAM과 철도, 버스, 택시 등 대중교통과의 연계를 위해 역세권, 환승센터 등 환승 중심지에 계획
- 도심 접근성이 높은 오피스, 호텔, 병원 등 거점 인근
- UAM의 진출입 및 버티포트 이착륙 등 항로확보의 용이성도 고려
 - 건축물, 시설물(철탑, 굴뚝), 지형, 공항활주로 등과 저촉되는지도 검토
- 버티포트는 소음 및 프라이버시 침해 등으로 인하여 도시 내 중심거점지역으로 광역 환승시설과 연계된 고층고밀 형태의 복합용도 건축물 등에 설치 예상
- 자체적으로도 UAM 이용수요를 창출할 수 있도록 버티포트 주변은 업무, 상업, 주거, 문화 등 다양한 용도가 한 지역에 모여 지구 내에서 모든 활동을 할 수 있도록 복합용도가 가능한 “City in City” 형태로 계획
 - 입체복합개발을 기업가, 고소득자, 문화예술인, 연예인, 관광객, 쇼핑객 등 다양한 직업과 라이프 스타일의 사람들이 이용할 수 있도록 계획



[그림 5-14] 버티포트 입지검토 사항

자료 : 한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사, p.133.

○ 현재는 주거지는 소음규제로 인해 설치 어려움

- Jovy Aviation의 기체는 소음이 45dB 수준라고 발표하고 있으며, 일반적으로 60dB이하인 것으로 조사됨
- 주거지역의 경우 45dB 수준이면 낮에 충분히 운항이 가능하지만, 60dB 수준 이면 운항이 어려움
- 기술이 더 발전하면 극복 될 것으로 판단되며 장래 단지 내 버티스탑과 같은 UAM 승하차 시설이 설치될 수 있음

[표 5-6] 도시 내 용도지역별 소음 기준

구분	용도지역	환경기준[db(A)]
일반지역	전용주거지역	낮50 / 밤40
	일반주거지역	낮55 / 밤45
	상업지역	낮65 / 밤55
	공업지역	낮70 / 밤65
도로변 지역	주거지역	낮65 / 밤55
	상업지역	낮70 / 밤60
	공업지역	낮75 / 밤70

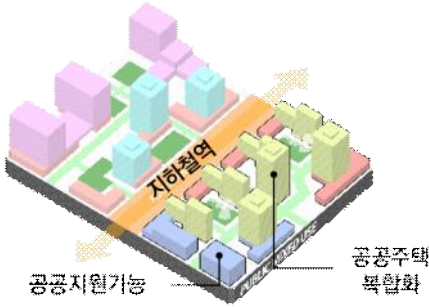
자료 : 「환경정책기본법 시행령」 제2조 및 [별표 1]

■ 토지이용계획

- 장기적으로는 별도로 버티포트 용지를 계획하고 허용 용도를 다양화할 필요가 있지만, 3기 신도시 등을 위해서는 기존의 토지이용계획을 검토하여 적합한 용지를 도출하여야 함

- 여러 가지 용지 중에 토지이용의 유연성이 있는 복합용지를 활용하는 것이 적합
 - 복합용지에는 버티포트와 함께 2개 이상의 용도를 혼합하여 용도 간 기능을 강화할 수 있으며, 사업성을 확보하기가 타 용지보다 상대적으로 용이
 - 복합용지는 주로 도시 중심부 고밀도 역세권 등 교통요충지에 배치되어 있어 사업에 유리
 - 하나의 대지에 단일 복합용도 건축물로 개발하거나 단지형식으로 개발 가능

[표 5-7] 도시 내 용도지역별 소음 기준

공공복합용지	자족복합용지
	
· 역세권 청년주택 등 도심지역의 공공주택 복합개발 수요 대응 초기도심 활성화에 기여	· 주야간 활성화와 자족시설 조기개발 유도 · 역세권 및 생활권과 인접한 지역에 일자리 창출시설 공급

자료 : 한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사, p.134.

- 사업성과 시민들의 이용접근성, 건축물 규모의 적합성을 고려하였을 경우 상업 업무용지, 자족용지 등에 배치할 수 있을 것
 - ※ 지구단위계획 변경 등을 통해 버티포트의 입지가 가능하도록 허용 용도의 유연성을 확보할 필요
- 역세권에 주로 배치되는 주상복합용지는 입지상 적합하지만, 주거 역할이 강하기 때문에 현재는 어려움. 향후 버티스탑을 설치하여 온디멘드형으로 운영 가능
- 이용수요가 많을 것으로 예상되는 지역은 인근 부지 확장 또는 추가 증축이 필요할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요
- 인근 부지에 확장을 할 경우에는 유보지 개념의 용지가 필요
- 스카이라이프 등을 통해 각 부지의 버티포트를 연결 가능
- 대지 내에서 추가 증축을 고려할 경우에는 건폐율과 용적률 등에 대하여 충분한 여유를 가질 수 있는 지 검토 필요

2) UAM 원격주기장³⁶⁾

- 장기적으로 UAM이 택시나 대중교통에 따르는 역할을 수행할 경우 다수의 UAM을 보관할 공간이 필요
 - 일반적으로 도심 버티포트, 특히 건물 위에 설치되는 버티포트의 경우 다수의 UAM을 보관하기 어려움
 - ※ UAM 도입 초기의 셔틀 형태의 적은 서비스 노선과 서비스 빈도에서는 4대 이내의 UAM과 이를 위한 공간만으로 충분히 서비스가 가능함
- 장기적으로 비 고정노선의 도입, 서비스 빈도의 확대가 이루어져 UAM에 대한 수요가 높아지면, 건물형 버티포트에는 충분한 수의 UAM이 대기할 수 없으므로 도시 내 적절한 위치에 별도의 공간과 시설이 필요
- 공항에 통합되어 있거나 별도의 UAM 허브의 경우 충분한 공간을 확보할 수 있을 것으로 판단함³⁷⁾
- 단 본 시설은 UAM 도입 초기에는 필요성이 낮은 시설

1.5. 환승시설

- 미래형 환승센터(MaaS 스테이션)를 제외하고도 다양한 모빌리티 서비스를 연계하기 위한 환승시설의 필요성이 높음
 - 자율주행 기반 대중교통 서비스와 기존 대중교통 서비스 간 환승을 위한 환승 시설이 필요
 - 환승시설의 규모에 따라 정차공간, 주차공간, 서비스 수단 등의 차이가 존재
- 최근 해외의 경우 기존의 환승시설이 이동의 패러다임 변화에 맞춰 모빌리티 허브라는 이름 변화하고 있음

■ 이동의 Framework의 변화

- 미래 모빌리티의 활성화는 이동의 패러다임을 변화시킬 것이라 전망
- 이동이 개인 승용차 중심에서 대중교통 중심 그리고 최종적으로 개인 승용차 중심의 이동과 대중교통 중심의 이동의 장점을 융합하는 방향으로 발전

36) 주기장은 공항에서 항공기가 주차해 있는 공간

37) 우버의 버티포트는 최대 12개의 기체를 사용할 수 있도록 설계

- 개인 승용차 중심의 이동의 장단점
 - (장점) Door-to-Door 서비스가 가능하고, 최단거리(또는 최단시간) 통행이 실현 가능
 - (단점) 교통 정체 심화, 차량 주행거리 증가, 대기오염물질 배출 심화
- 대중교통 중심 이동의 장단점
 - (장점) 이용 요금 상대적 저렴, 교통 정체 감소, 차량 주행거리 감소, 대기오염 물질 배출 감소
 - (단점) Door-to-door 서비스 불가능, 이용자 입장에서 더 긴 이동거리 및 시간, 이용자 불편
- 미래 모빌리티에 의한 이동
 - (차별적 장점) 비용과 효율의 균형, 서비스의 선택권 확대, Door-to-door 서비스 선택 가능, 이용자의 이용편의 증진
 - (상대적 장점) 일반 대중교통 보다 짧은 이동거리 및 시간
 - (사회적 장점) 차량 주행거리 감소, 대기오염물질 배출 감소, 교통정체 감소



[그림 5-15] 이동의 Framework 변화 전망

자료: Arup(2021)

■ 환승센터에서 모빌리티 허브로의 전환

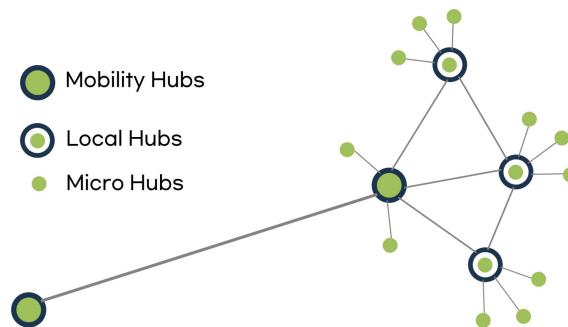
- 환승센터는 기존의 대량수송을 위한 교통수단을 위한 시설로 On demand 중심의 미래 모빌리티 트렌드를 충족시키기 어려움
- 모빌리티 허브는 자율주행차와 전기차, UAM, On demand, MaaS 등 미래 모빌리티의 핵심 트렌드를 반영
- 모빌리티허브의 목적은 다음과 같음
 - 효율적이고 끊김없는(Seamless) 지속가능한 수단 간 연계 제공
 - 다양한 선택권을 제공함으로써 이용자의 경험과 만족도 향상
 - 이용자의 안전(Safety and Security) 확보
 - 공간을 보다 의미 있는 장소를 만드는 전략적 접근
 - 미래 기술을 적용할 수 있는 유연성 제공
 - 다양한 이용자의 모빌리티접근성과 이용성 확보 민간과 공공의 유의미한 비즈니스 파트너십 형성 기회 제공

■ 모빌리티 허브 개발 기본방향

- 공공 모빌리티 수단과 공유 모빌리티 수단을 모두 제공
- 개인 승용차 이용을 감소시킬 수 있도록 공간의 재설계
- 확장된 전체 네트워크와 조화
- 자율주행 등 새로운 모빌리티 수단을 위한 설계
- 전기차 등 편의시설 제공
- 환승 시간 감소를 위한 최적 공간 배치 및 이동 계획
- 모빌리티 허브를 도시의 규모와 역할에 따라 모빌리티 허브, 로컬 허브, 마이크로 허브로 구분하여 도입

구분	대중교통수단	미래 모빌리티	스마트 모빌리티	지원 인프라
모빌리티 허브 도시 또는 권역의 모빌리티 중심 광역 연결	KTX, 고속버스 광역철도, 도시철도 광역버스, 시내버스 택시	UAM Hyperloops (AV)DRT/셔틀	(전기)자전거, PM 1~2인승 전기차	자전거, PM 거치대 전기차 충전시설 스마트 주차장 DRT/ 셔틀 승하차 zone DRT/ 셔틀 대기공간
로컬 허브 중생활권 규모의 모빌리티 중심 도시 내 지역간 연결 모빌리티 허브의 피더	도시철도 광역버스, 시내버스 택시	(AV)DRT/셔틀 로봇배송	(전기)자전거, PM 1~2인승 전기차	자전거, PM 거치대 전기차 충전시설 스마트 주차장 DRT/ 셔틀 승하차 zone DRT/ 셔틀 대기공간 로봇배송용 거점(MFC)
마이크로 허브 생활권을 규모의 모빌리티 중심 마이크로 모빌리티 중심 로컬 허브의 피더	시내버스 택시	(AV)DRT/셔틀 로봇배송	(전기)자전거, PM 1~2인승 전기차	자전거, PM 거치대 전기차 충전시설 DRT/ 셔틀 승하차 zone 로봇배송 하역 zone

[그림 5-16] 모빌리티 허브의 역할과 구성



[그림 5-17] 모빌리티 허브 컨셉

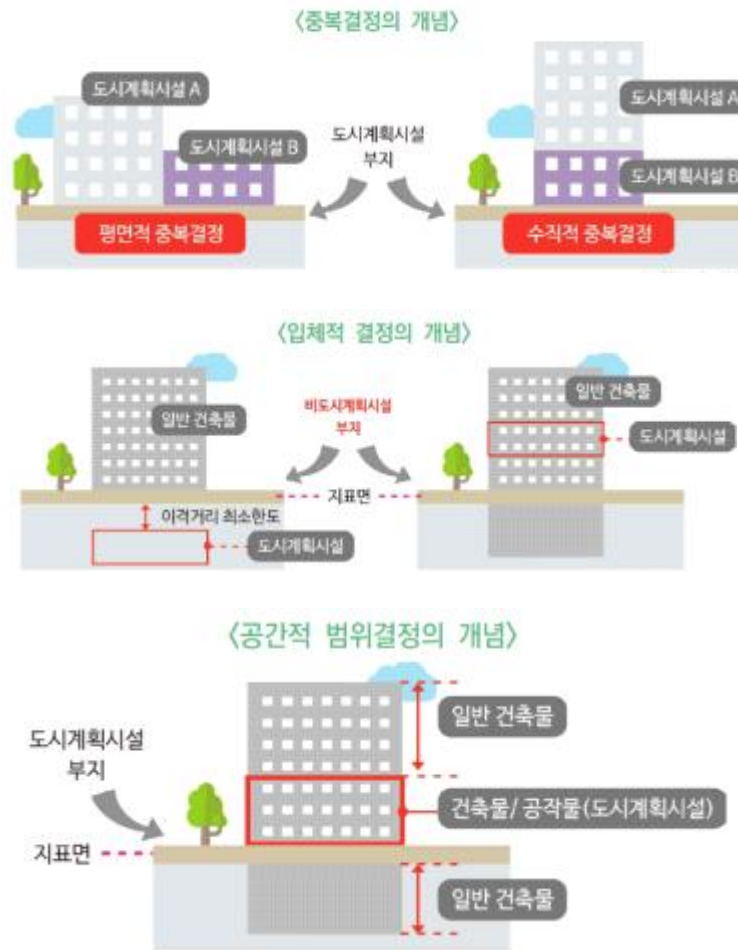
자료: Arup(2021)

■ 모빌리티 허브의 복합개발 검토

- 기존의 환승시설은 환승이라는 목적에만 충실하도록 단독 개발이 보편적이었음
- 도시내에서는 복합개발로 토지를 보다 효율적으로 활용하는 것이 전반적인 추세이며, 환승센터도 일정규모가 넘어가면 복합개발이 필요
 - 복합개발을 통해 민간의 참여를 유도할 수 있음
 - 공공의 투자를 줄일 수 있어 사업의 추진이 용이함
 - 모빌리티 허브를 지역 경제성장의 중심으로 활용이 가능
 - 그러나 그만큼 민간 사업자에게 일정한 인센티브를 제공할 필요가 있음

- 우리정부 역시 복합환승센터 등의 이름으로 복합개발을 독려
 - 교통시설은 도시계획시설로 복합·입체화 가능하며, 사업 대상 유형에 따라 지구단위계획 또는 도시관리계획으로 결정
- 국내의 경우 동대구 복합환승센터가 대표적인 교통거점 복합개발의 사례
- 복합개발의 정의는 다음과 같음
 - 제한된 도시공간 내 합리적 토지이용을 유도하여 도시계획시설 서비스의 공공성과 형평성을 제고하기 위한 제도
 - 필요시 둘 이상의 도시계획 시설 또는 비도시계획 시설을 함께 결정할 수 있는 입체도시계획수단
- 복합개발에는 중복결정, 입체적 결정, 공간범위 결정의 3가지 방식이 있음³⁸⁾
 - 중복결정
 - 도시계획시설 + 도시계획시설의 형태로 둘 이상의 도시계획시설을 동일한 토지에 함께 결정하는 도시계획시설 간 복합화
 - 평면적 중복결정 : 둘 이상의 도시계획시설이 같은 토지에 평면적으로 입지
 - ※ 예) 면형태의 시설(공원, 주차장 등)에 건축물형태의 시설이 지상에 입지한 경우
 - 수직적 중복결정 : 둘 이상의 도시계획시설이 같은 토지에 상·하의 형태로 입지
 - ※ 예) 동일한 건축물에 하부는 청사가 입지하고 상부는 문화시설 등이 입지하는 경우
 - 입체적 결정
 - 비도시계획시설부지(일반토지) + 도시계획시설 형태로 도시계획시설이 비도시계획시설의 일부 공간에 입지하여 복합화가 이루어진 형태
 - ※ 예) 비도시계획시설부지 내 일반건축물의 일부공간에 문화시설이나 체육시설 등이 도시계획시설로 입지하여 복합화가 이루어진 형태
 - ※ 예) 지하철이나 지하도로 등 선형 도시계획시설이 비도시계획시설부지의 지하를 통과하는 경우
 - 공간범위 결정
 - 도시계획시설부지 + 일반건축물이 형태로 도시계획시설부지 내 일반건축물 입지
 - 원칙적으로는 불가함에 따라 협의를 통해 이루어짐
 - ※ 예) 철도차량기지의 상부에 인공지반 설치로 임대아파트 등을 건축하는 경우

38) 박봉철외(2022); 김중은외(2016)



[그림 5-18] 복합개발 방식별 개념

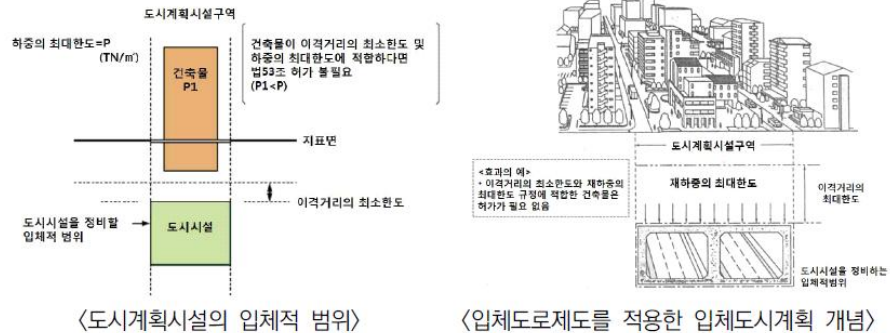
자료: 서울특별시 알기쉬운도시계획

■ 복합개발 사례

○ 일본 : 입체도시계획제도

- 일본의 복합개발은 입체도로제도, 입체도시계획제도, 입체도시공원제도 등으로 구분
- 도로와 일반건축물의 입체화를 주로 이루어졌으며, 점차 다양한 도시계획시설로 확장
- 입체도시계획제도 : 도심내 용지부족, 도시계획시설과 건축물의 복합적 토지이용 욕구 확대에 대응

- 도시계획시설 정비에 지장을 주지 않는 범위내 건축물 규제 완화
- 건축 자유도와 제고와 합리적 토지 이용의 촉매
- 사례 : 도쿄도 록본기힐스

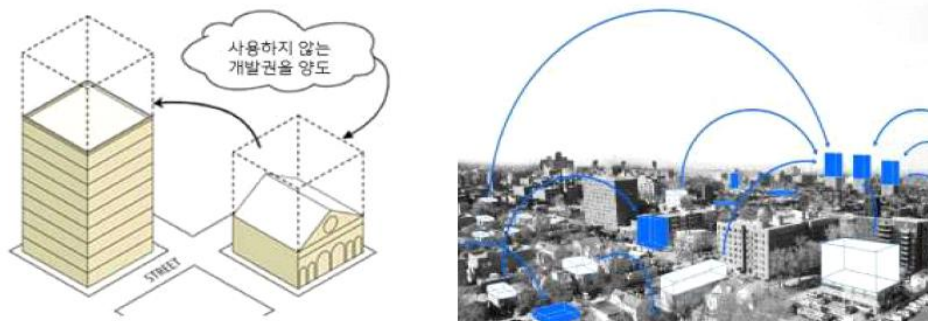


[그림 5-19] 일본 입체도시계획제도

자료: 이주알·김선웅(2010)

○ 미국 : 입체복합개발

- 공중권 (Air Right) : 개별토지의 상부를 활용
 - 토지 상부공간을 수평으로 구분하여 건축에 이용하는 권리
 - 토지소유권을 일정 높이의 수평면 지표의 소유권과 분리하여 부여
- 개발권양도제 (TDR: Transfer of Development Rights)
 - 개발허용한도중 활용하지 않은 미이용분에 대해 토지로 인정하여 타용지의 개발허용한도를 추가 실현
 - 개발권양도제는 지방정부가 정하는 도시계획, 개발규제조례 등에 따라 관리
 - 최초 문화재 보존과 토지소유자의 재산권을 함께 보장하기 위한 제도
- 사례 : 일리노이센터(MoMA : The Museum of Modern Art)



[그림 5-20] 미국 입체복합개발

자료: 손은경(2019)

1.6. 드론

- 드론 배송은 아직 시작단계이므로 필수 인프라에 대해서는 개발 업체에 따라 다소 차이가 있음
 - 가장 흔하게 언급되는 물리적 인프라는 충전 스테이션(Charging Station), 착륙공간(Landing Pad), 통신 네트워크임³⁹⁾
 - 충전 스테이션의 경우 특별한 경우를 제외하고는 배송업체에서 설치해야 하는 시설이며, 통신 네트워크 역시 현재 통신사가 제공해야 하는 인프라임
- 영의 사례를 참고할 때 공동주택에 대한 배송을 중심으로 드론 서비스를 제공하고, 최종 배송지까지의 드론 배송 거리를 고려하여 MFC와 같은 스마트 물류집하 시설과 드론 스테이션을 같이 설치 필요

■ 기본 방향

- 대상 도시의 서비스 권역을 설정하고 필요 시설 설치
- 설치 시설은 다음과 같으며, 서비스 지역의 특성에 따라 설치함
 - 드론 스테이션
 - 드론 랜딩 사이트
 - 드론을 위한 3D 주소 지도

■ 드론 스테이션

- 단순히 드론을 충전 및 보관하는 것이 아니 효율적인 배송서비스를 위해서는 잘 정비 및 관리되는 스테이션이 필요
- 이러한 스테이션은 기본적으로 민간 업자가 설치하는 것이 원칙
- 그러나 신도시 등에 물류거점을 구축하는 경우 드론 스테이션의 역할을 하도록 복합개발하는 것이 필요
 - GS 칼텍스가 내곡주유소에 준공한 미래형 첨단물류 복합주유소와 같이 필요 시 전기차 복합충전소와 드론 스테이션을 복합개발하는 것도 방안

39) de Brabandt, C.(2024.01.22.), “Automated Vehicle and Drone Delivery Are on the Horizon”, Institute for Supply Management, (2024.03.14.읽음)



[그림 5-21] GS 칼텍스의 가스충전-드론 복합스테이션 컨셉

자료 : 김윤주(2022.11.28), “주유소를 ‘물류 거점’으로…로봇이 물건 정리, 드론이 배달”, 조선일보(2024.03.14.읽음)

■ 드론 랜딩 사이트

- 착륙공간의 경우 서비스 업체가 기본적으로 제공할 수 있으나, 상용화가 이루어지고 활성화되면 표준이 필요할 것으로 전망됨
- 도심과 외곽지, 중심사업지역 등에 드론이 접근 및 착륙할 수 있는 인프라의 구축은 공공에서 구축이 필요⁴⁰⁾
- 우리나라의 경우 공동주택의 발달로 인해 드론 배송이 해외보다 난이도가 더 높을 것으로 전망됨
 - 마당이 있는 주택의 경우 단순히 패드를 설치하면 되지만, 아파트와 같은 고층건물의 경우 개별 패드의 설치가 곤란
- 따라서 우리나라의 공간 특성상 드론 배송을 위한 구역을 설정하고, 개별 물품은 로봇배송으로 처리하는 것이 효율적일 수 있음

40) Yalimart(2024.02.10.), “Public Infrastructure Investment for E-commerce Drone Delivery”, Linked In,(2024.03.14.읽음)



[그림 5-22] 고층건물을 위한 드론 착륙장 컨셉 디자인

자료 : Thulkar, A. 디자인 in Beall, A.(2016.08.17.), 김윤주(2022.11.28.), “Get ready for drone-friendly tower blocks: Flats of the future could have mini landing strips on their balconies”, Dailymail(2024.03.14.읽음)



도심 드론 랜딩 사이트



도심 드론 랜딩 사이트(확장형)

[그림 5-23] 모듈러 형식의 도심 드론 랜딩 시설

자료 : Urban-Air Port 홈페이지, (2024.03.14. 읽음)

■ 드론을 위한 3D 주소 지도

- 드론에 의한 목적지 직접 배송을 위해서는 수직 주소체계를 제공하는 고정밀 지도 필요
- 이를 통해 고층 공동주택이나 오피스 빌딩에서도 주소에 대한 혼란 없이 드론이 직접 배송 가능

1.7. 로봇배송

■ 기본 방향

- 로봇배송의 활성화를 위해서는 다음의 인프라를 정비 및 도입 필요
 - 로봇배송을 고려한 MFC와 같은 스마트 물류 집화 시설
 - 아파트 단지 등 밀집 지역에 대한 배송을 고려할 때 단지 내 택배 집적소
 - 배송로봇이 이동하기 편한 로봇 Friendly 통행로(보도 및 차도)
 - 공동주택(아파트 단지) 내의 빠르고 효율적인 배송을 위해 배송로봇 이동로
 - 배송로봇을 위한 위치 및 주소 인식 장치
 - 배송로봇의 마더쉽 화물화를 위한 정차 공간(Flex Zone)
- ※ 서비스 지역의 환경에 따라 필요한 시설을 정비 및 설치

■ 로봇배송을 위한 MFC와 물품 보관소(집화 시설)

- 택배와 같은 물품의 경우 물품을 배송하기 위한 허브가 필요하며, 도심지에서는 소형도심물류센터(MFC)가 그 대안이 될 수 있음
 - 마더 차량의 주차공간
 - 배송로봇의 보관 및 충전, 관리 등을 위한 로봇 스테이션
 - 화물 보관 및 처리 등을 위한 역할을 Fulfilment Center
- ※ 대상 도시의 서비스 권역을 설정 필요
- 아파트 단지 등 밀집 지역에 대한 배송을 고려할 때 단지 내 택배 집적소가 필요
 - 택배의 경우 공동주택의 특정 공간을 물품 수령 보관소로 만들어 외부에서 물건을 받고 단지 내에서는 로봇으로 배송하는 방식을 취할 수 있음
 - 이 경우에는 드론의 랜딩 사이트의 역할을 같이 수행할 수 있는 복합시설로 설치가 필요

■ 로봇 친화 통행로

- 일반적으로 배송로봇은 보행자, 자전거 등과 공간을 공유해야 하며, 이로 인해 이
들 타 이용자와 상호 문제가 발생할 수 있음⁴¹⁾
 - 배송로봇과 보행자의 접촉사고가 가장 자주 발생하는 순간은 교차로를 함께
건널 때이며, 주로 배송로봇이 보행자 앞에서 이동하거나 보행자를 추월하려
고 할 때 자주 발생
 - 보도폭이 좁고 교차로가 잦은 경우에도 접촉사고 발생 확률이 높아짐



좁은 보도와 많은 보행자



차량에 의한 보도 막힘



전봇대 등 보도상의 시설물



쓰레기 통 등에 의한 보도 막힘

[그림 5-24] 보도위에 로봇 통행 방해 상황

자료: Grush(2021b), Making room for robots, White Paper, Harmonize Mobility

- 이를 개선하기 위해 로봇의 이동에 적합한 로봇 친화 보도가 필요하며 다음 항목
에 대한 정비가 필요
 - 충분한 보도폭 확보와 path marking
 - 교차로의 횡단보도에 로봇의 진입과 진출 위치 표시와 마킹
 - 주행 방해 적치물 최소화 설계와 자전거 거치 등의 고정 적치물에 대해서는

41) Gehrke et al.(2023), "Observed sidewalk autonomous delivery robot interactions with pedestrians and bicyclists", *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18, 100789.

QR 코드 등 로봇이 인식할 수 있는 방법으로 사전 표시

- 보도 턱 낮춤, 볼라드 설치 기준 등에 대한 정비
 - 보도상의 평탄화 등 균열, 구덩이, 미끄러운 부분, 물웅덩이 등이 최소화된 도로 구현
- 로봇 친화 보도 또는 통행로는 기본적으로 Barrier-free 기준과 일정 부분 공유하므로 다양한 기준을 같이 검토하고 개선이 필요



[그림 5-25] 배송로봇과 장애인 친화 교차로

자료 : Clamann, M. and Bryson, M.(2021), *Sharing Spaces with Robots: The Basics of Personal Delivery Devices*, Pedestrian and Bicycle Information Center, Chapel Hill, NC..

■ 공동주택 단지내 도로 정비

- 공동주택 내 단지 도로를 로봇 배송에 적합하도록 개선이 필요
 - 기준은 외부의 로봇 친화 통행로와 기본적으로 동일
 - 기본적으로 Barrier-free 기준
- 아파트 단지 내의 빠르고 효율적인 배송을 위해 배송로봇 이동로 설계 필요
 - 이동 로봇은 일반적으로 바퀴 구동식으로 계단 주행 능력이 상대적으로 낮으므로, 건물 내 계단이 아닌 경사로 설치가 권장됨
 - ※ 바퀴 구동식이라도 계단을 오르게 할 수 있으나, 효율이 낮음
 - ※ 경사로 설치는 배리어프리 측면에서도 권장됨

■ 배송로봇을 위한 위치 및 주소 인식 장치

- 구간의 위치를 정확하게 파악하고 목표의 주소를 파악할 수 있도록 QR 코드 등을 이용하여 위치 및 주소 인식 장치 설치
 - 주소지의 명확한 식별을 위한 QR 부여 등
 - 실외배송로봇은 일반적으로 장애물 등이 기록된 사전에 작성된 정밀지도를 사용하여 위치를 파악하며, GPS의 위치정보를 이용하여 위치를 인식하므로, 현재 도로 중심의 정밀지도와는 별도의 정밀지도 작성이 필요
 - 보행자와 함께 사용해야하고 보도에는 다양한 적치물이 생길 수 있는 여건을 고려하면 위치를 인식할 수 있는 이정표를 설치하는 것이 도움이 됨

■ 배송로봇의 마더쉽 화물화를 위한 정차 공간(Flex Zone)

- 중소형 화물차 등 모션에서 배송로봇을 싣고 내리고 하는 경우에 필요
- 화물차가 정차할 수 있는 공간과 배송로봇이 승·하차 할 수 있는 공간의 정비 필요
- Flex zone이 이 임무를 수행할 수 있으므로 중·장기적으로 도입 필요



[그림 5-26] 배송로봇 마더쉽 화물차와 배송로봇

자료: System X blog, “The future of urban deliveries with robots”, 2024.03.14읽음

1.8. 미래 모빌리티를 위한 디지털트윈

- 4차 산업혁명이 디지털 혁명이듯이 미래 모빌리티를 원활하기 운영하기 위해서는 적절한 디지털 인프라의 개선 또는 도입이 필요
- 앞에서 살펴보았듯이 현재 디지털트윈은 많은 발전을 이루었지만, 동시에 문제 역시 많이 있으므로 개선이 필요하며 개선 방향을 제시함

■ 디지털 트윈의 구조적인 개선 방향

- 확장성 문제의 해결을 위해서는 디지털 트윈이 구조적으로 쉽게 통합·확장될 수 있는 아키텍처가 필요
 - 디지털트윈은 전산업 분야에서 적극적으로 도입되고 있지만, 목적에 따라서 각자 필요한 부분만 독자 개발되어, 상호 간에 호환이 되지 않음
- 부분 업데이트가 가능한 구조로 제작 필요
 - 과거 시스템의 경우 업데이트를 위해서는 전체를 다시 구축해야 하는 문제가 있음
 - 변경된 장소만 부분적으로 업데이트 할 수 있어야 비용적인 면과 구축 기간 측면 모두에서 합리적



부분 업데이트 전

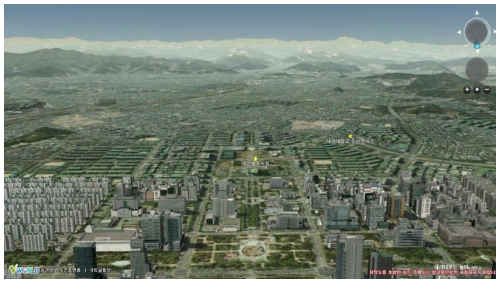


부분 업데이트 후

[그림 5-27] 부분 업데이트 가능한 방식 사례

자료: 테크트라이노베이션

- 신속한 로딩 환경 구현
 - 로딩 시간이 오래 걸리는 현재의 시스템을 언리얼 엔진에서 사용 중인 빌드 방식 또는 다른 방식을 활용하여 전체 3D맵이 안정적으로 구동되고 사용할 수 있도록 시스템 개선 필요
 - ※ 브이월드에서 사용하는 타일링 방식의 경우 후면의 건물이 생성되지 않지만, 빌드방식의 경우 모든 건물이 한 번에 모두 올라와 있어 어느 방향으로 보더라도 객체가 사라지지 않음



타일링 방식



빌드방식

[그림 5-28] 로딩 방식 비교

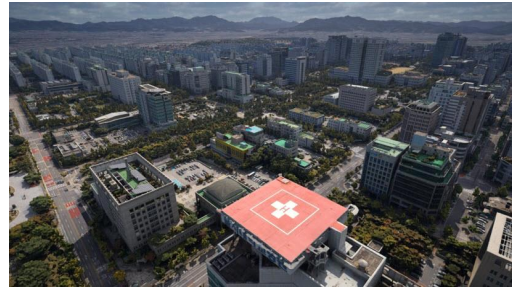
자료: (좌) 브이월드; (우) 테크트리노베이션

○ 현실과 동일한 환경의 구현이 필요

- 지형의 높은 곳과 낮은 곳의 표현, 산악지역과 언덕, 지하차도, 강둑 등 모든 지형이 제대로 정확 표현
 - 지하차도, 언덕, 경사 등을 실체가 아닌 임의로 구현시킨 경우 실제 홍수 등 수리 모델 등에서 사용 불가능
- 나무, 설치물, 구조물 등도 식별할 수 있도록 구축 필요



지형표현



나무, 구조물의 표현



실제 지형을 반영한 지하차도 표현

[그림 5-29] 정밀한 지형 표현

자료: 테크트리노베이션

○ 고정밀/고해상도 디지털트윈의 구축으로 정밀도 향상

- 자율주행차와 UAM 등 새로운 모빌리티 수단을 위해 실제 활용하기 위해 고정밀/고해상도 디지털트윈이 필요
- 건물 등의 위치정보, 건물의 입구 구분 등 정확도 향상
- 창문의 모양과 높이, 건물 벽의 질감 등
- 고해상도 3차원 공간정보의 경우 8K급 해상도로 구축한다면 고고도에서 그라운드 레벨까지 모든 해상도를 균일하게 표현 가능
- 실제 해상도는 약 5cm에서 1cm까지도 구축 가능
- 시뮬레이션 단계에서 필요로 하는 도로의 크랙, 텍스처, 건물의 모양, 인지해야 할 거리 변화까지 모두 동일하게 인식되고 적용할 수 있음



[그림 5-30] 고정밀 고해상도 3차원 공간지도 구축 사례

자료: 테크트리노베이션



[그림 5-31] 고정밀, 고해상도 3D 맵 도로 표현

자료: 테크트리노베이션

○ 골목길이나 주차공간 등 다양한 도로환경 구현 필요

- 현재는 대로 위주로 도로 환경이 구현되어 있음
- 그러나 골목길이나 주차공간 등은 훨씬 많은 변수가 발생
- 아이들이 뛰어다니거나 주차된 차량으로 시야가 막힌 환경 등 주의가 매우 부주의한 상황도 구현 필요



[그림 5-32] 고정밀, 고해상도 3D 맵의 실제 골목길 구현 모습

자료: 테크트리노베이션

○ UAM이 실제로 비행하게 될 경로 구역 지형을 정확하게 구현된 3D GIS 기반 공간정보를 디지털트윈 플랫폼으로 구축 필요

- 도심내 빌딩이나 철탑, 전신주 등의 구조물, 설치물, 건물의 높이와 단차 등
- 비행제한구역이나 비행금지구역과 같은 구역에서의 실시간 정보
- UAM 전용회랑의 수용량
- 저고도의 바람 상태 등 기상정보
- 기체의 비행 성능 및 비행 시 나타나는 기체의 상태정보나 특이사항

2. Case Study

- 5장 1절에서 제시한 미래 모빌리티 인프라를 3기 신도시인 고양창릉지구에 도입하는 방안(안)을 제시
- 도입 방안(안)은 개념적인 수준에서 제시

2.1. 고양창릉 지구 개요

■ 위치 및 면적

- 경기도 고양시 덕양구 원흥동, 동산동, 용두동, 향동동, 화전동, 도내동, 행신동, 화정동, 성사동 일원으로 서울 경계에서 약 0.7km에 위치하고 있음
- 고양시청에서 5km에 위치, 하고 있으며, 서울 은평구, 마포구 경계, 삼송, 원흥, 향동지구가 인접
- 반경 5km 내에 서울문산고속도로, 경의중앙선 등이 인접하여 광역교통 여건이 우수하며, GTX-A 및 고양선 도시철도(예정)와 연계하여 대중교통을 이용한 도심 접근이 용이
- 전체 면적은 789만 m^2 으로 계획하고 있으며, 2029년 준공을 목표로 하고 있음



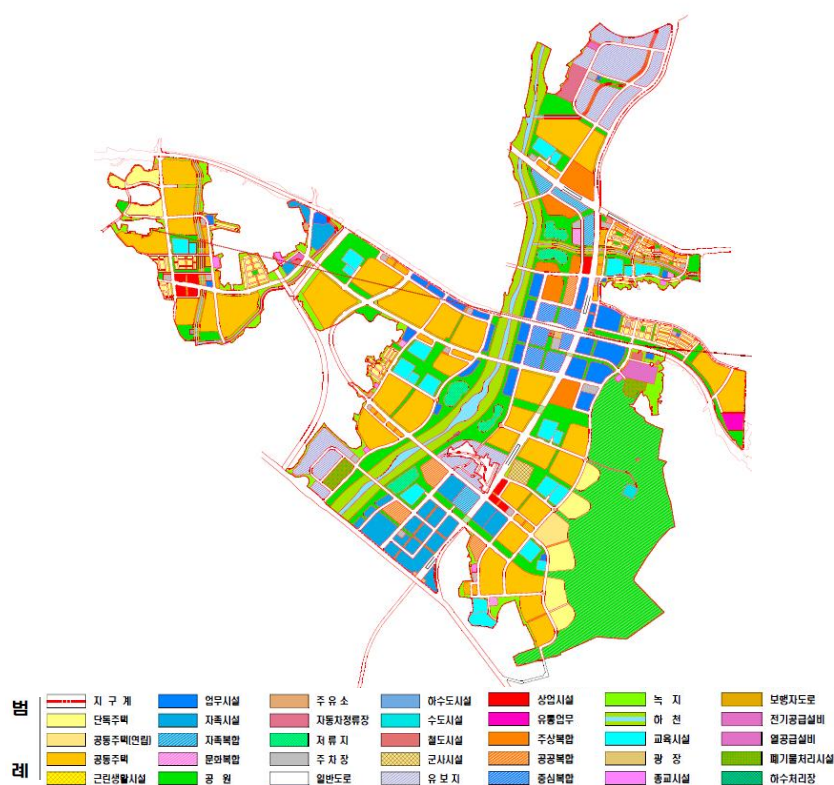
[그림 5-33] 고양 창릉 공공주택지구

자료 : 3기 신도시 홈페이지, <https://www.3기신도시.kr/>, 검색일 : 2023.02.10.

■ 토지이용계획

○ 토지이용은 주택건설 용지(23.1%)와 공공시설 용지(71.9%)로 계획하고 있음

- 주택건설용지는 단독주택용지(4.1%), 공동주택용지(17.9%), 근린생활시설 용지(1.1%)로 계획
- 공공시설 용지는 상업용지(0.7%), 복합용지(2.7%), 도시지원시설 용지(9.2%), 공원녹지(38.6%), 주차장(0.7%), 주유소 용지(0.1%), 도로(15.1%) 등으로 구분하여 계획



[그림 5-34] 고양 창릉 토지이용계획

자료 : 3기 신도시 홈페이지, <https://www.3기신도시.kr/>, 검색일 : 2023.02.10.

■ 인구 및 주택 계획

- 주택건설계획은 총 3만 8천 호이며, 단독주택 1,189호, 공동주택(연립) 343호, 공동주택 27,434호, 주상복합 3,455호, 공공복합 3,812호, 중심복합 1,656호
- 계획인구는 총 8만 3천 인으로, 단독주택 2,856인, 공동주택(연립) 823인, 공동주택 61,245인, 주상복합 8,291인, 공공복합 6,100인, 중심복합 2,007인
 - 평균적으로 2.3인/세대, 행복주택은 1.6인/세대로 계획

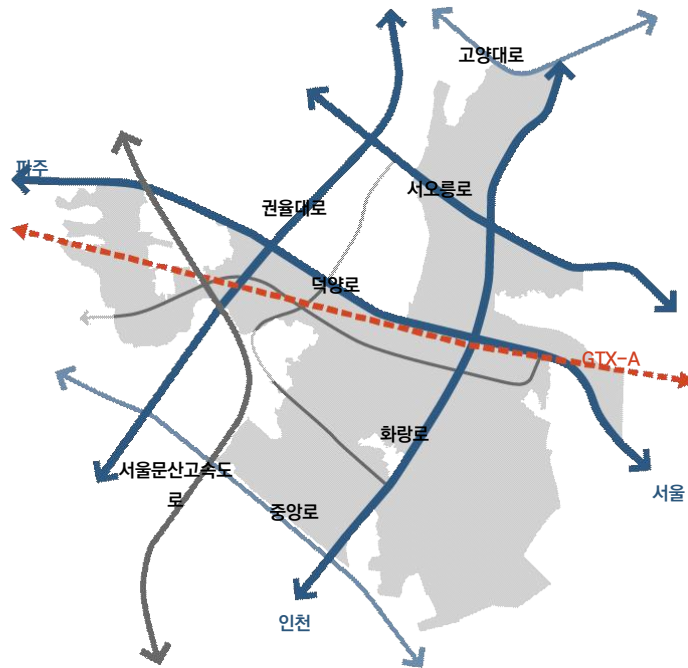
[표 5-8] 고양 창릉 인구 및 주택 계획

구분		면적(㎡)	세대수(호)	인구(인)
단독주택		323,596	1,189	2,856
공동주택(연립)		39,975	343	823
공동주택	소계	1,369,774	27,434	61,245
	60㎡이하	534,946	15,137	31,731
	60㎡~85㎡이하	529,226	8,436	20,248
	85㎡초과	305,602	3,861	9,266
주상복합	소계	139,202	3,455	8,291
	60㎡이하	4,379	187	449
	60㎡~85㎡이하	4,378	136	326
	85㎡초과	130,445	3,132	7,516
공공복합	소계	72,203	3,812	6,100
	60㎡이하	72,203	3,812	6,100
중심복합	소계	87,289	1,656	3,975
	60㎡이하	37,129	836	2,007
	60㎡~85㎡이하	50,160	820	1,968
합계		2,032,039	37,889	83,290

자료 : 한국토지주택공사(2021), 「고양 창릉 공공주택 교통영향평가」, (주)한국종합기술.

■ 교통망 계획

- 서울접근의 편리를 위해 동서 4축, 남북3축 구성
- 지구내 순환 및 생활권 도로망 연계
- 대중교통 이용편의 증진
 - GTX-A 창릉역
 - 화랑로 BRT
 - 경의중앙선 한국항공대역(화전역)



[그림 5-35] 고양창릉 교통망 계획

자료 : LH 내부자료

- 전기차 보급전망은 2030년 5,629대, 2040년 19,863대

[표 5-9] 고양창릉 전기차 보급 대수 및 필요 초급속충전기 수 전망

2030		2040		2050	
전기차수	필요 충전기 수	전기차수	필요 충전기 수	전기차수	필요 충전기 수
5,629	11	19,863	39	34,691	69

자료 : 변완희 외(2023)

2.2. 미래 모빌리티 서비스 및 인프라 도입 검토(안)

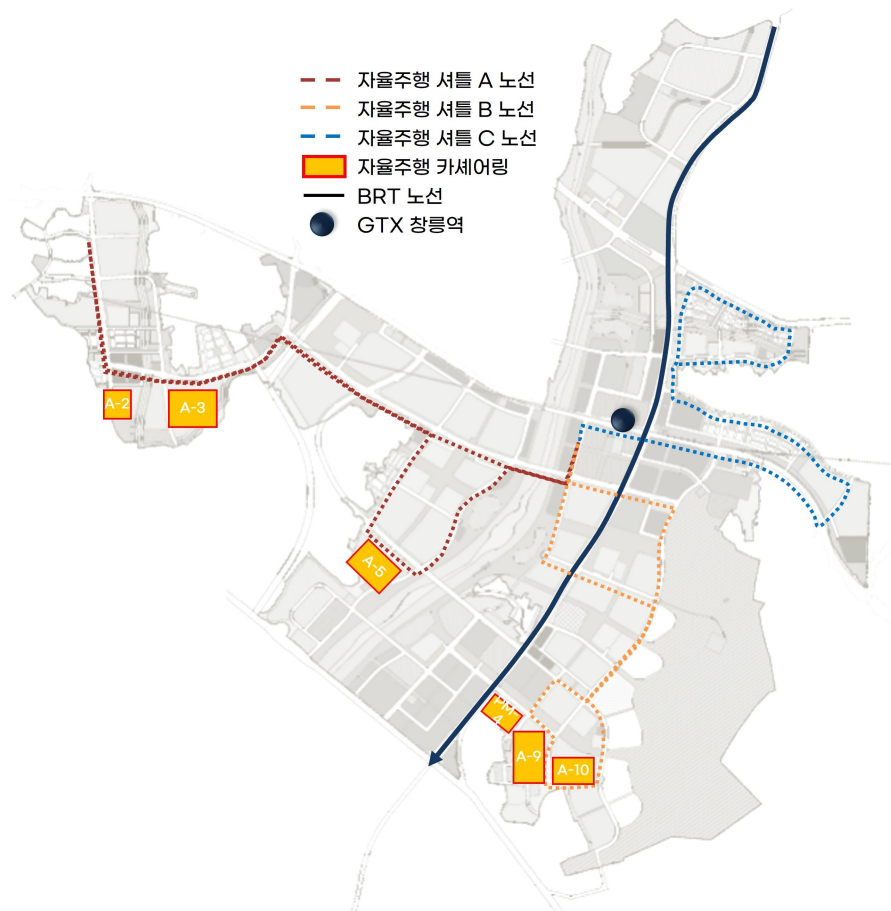
1) 미래 모빌리티 서비스 도입(안)

■ 자율주행 셔틀 또는 DRT 운영

- 신도시의 경우 입주 초기에는 대중교통 서비스가 충분히 공급되지 못하는 경향이 있으며, 이로 인해 개인 승용차 중심의 구조가 고착화됨
- 이를 방지하고 신도시 입주민에게 다양한 모빌리티 서비스를 제공하기 위해 자율주행 셔틀 또는 DRT 서비스를 도입하여 제공할 필요가 있음
- 그리고 GTX 창릉역과 UAM 버티포트에서의 연계 모빌리티 서비스를 제공할 필요가 있음
- GTX 창릉역을 기점으로 공공임대 아파트 단지를 중심으로 서비스하는 3개 노선을 운영
 - 노선 A(A-1 블록 방향) : A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 서비스
 - 노선 B(A-10 블록 방향) : A-7, A-8, A-9, A-10, PM-4 서비스
 - 노선 C(서오릉 문화마을 방향) : 이주자택지, 서오릉 문화마을

■ 자율주행 카셰어링 서비스 도입

- 현재 임대단지에 공급되고 있는 행복카 서비스를 자율주행이 활성화되는 시기에 맞춰 자율주행기반 서비스로 향상하고 공공임대 주택단지에 도입
- 특히, 고령자, 청소년, 신혼부부 등에게 교통복지 차원에서 공급
- 고령자복지주택이 포함된 A-2, A-3, A-5, A-9, A-10, PM-4 블록에 우선적으로 배치
 - A-2과 A-3, A-9과 A-10, PM-4는 각각 인근에 모여 있어 공동 사용이 가능하므로 보다 규모가 큰 곳이나 지리적으로 유리한 A-5 블록에 본부를 두고 운영



[그림 5-36] 자율주행 기반 서비스 도입(안)

■ UAM 서비스 도입

- 고양창릉지구의 UAM 도입은 수요 등 여건에 따라 도입
 - UAM 도입시 버티포트를 복합개발의 형태로 도입할 필요가 있음
- 정부는 고양 킨텍스에 UAM 버티포트를 건설할 예정이고, GTX-A 노선으로 서비스가 가능하므로 수요 측면에서 고려가 필요

■ 로봇 및 드론 배송 서비스 도입

- 고양창릉지구는 로봇친화형 공동주택이 도입될 예정으로 로봇 및 드론배송 서비스 도입에 적합

2) 연관 인프라 도입(안)

■ 미래형 환승센터(MaaS Station)

- 창릉역을 미래형 환승센터로 복합개발
 - 창릉역 인근은 중심상업/업무를 위한 지역으로 개발되는 지역이므로 지역 및 광역 교통 수요가 집중되는 지역이므로 역세권 개발이 가능
- 스마트주차장과 전기차 충전시설 설치
 - 자율주행차를 위한 구역과 일반차를 위한 구역 분리와 동선 분리
 - 자율주행차 전용 진입로 설치
- 자율주행차 접근 베이 및 픽업존 설치

■ 모빌리티 허브

- 한국항공대역을 모빌리티 허브로 개선
 - 고양창릉지구의 남측에 위치한 자족시설이 집중적으로 위치한 지역으로 도시 철도역을 중심으로 역세권 개발이 가능
- 도시철도와 자율주행차, 자전거/PM, 버스 등의 환승을 위한 모빌리티 허브로 개선
- 자율주행차 접근 베이 및 픽업존 설치
- 환승 주차장과 전기차 충전시설



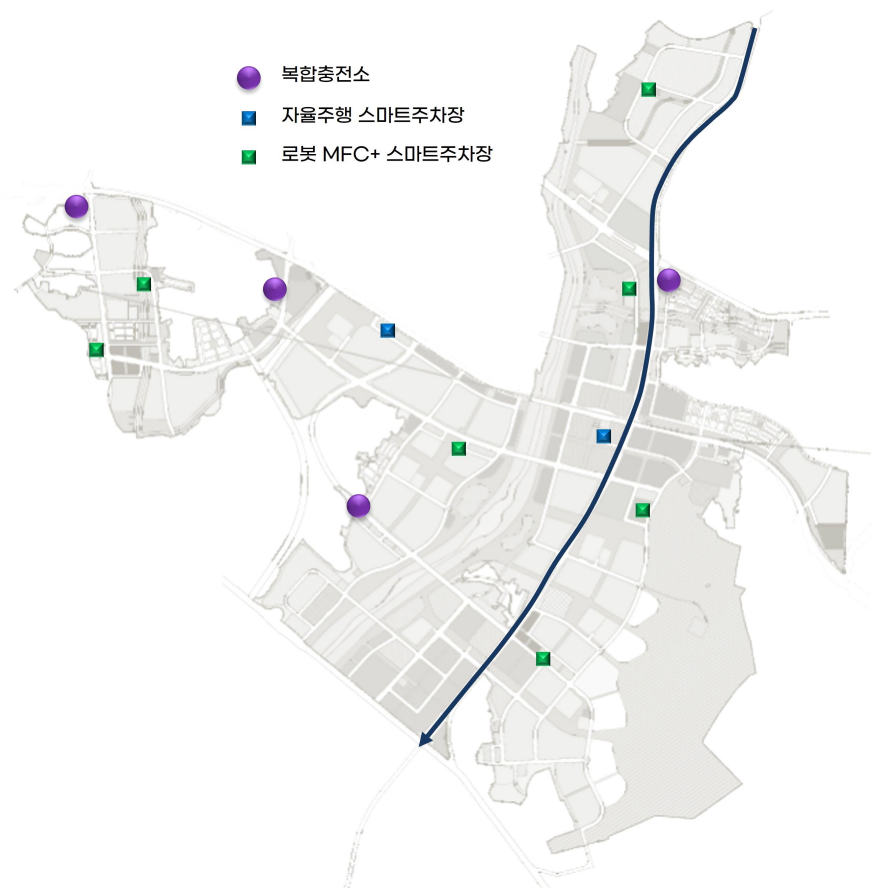
[그림 5-37] 버티포트와 환승 인프라 도입(안)

■ 전기차 복합충전시설

- 복합충전시설 설치를 통해 전기차 충전인프라 제공
- 현재 고양창릉지구의 주유소 용지를 활용

■ 스마트 주차장 및 MFC

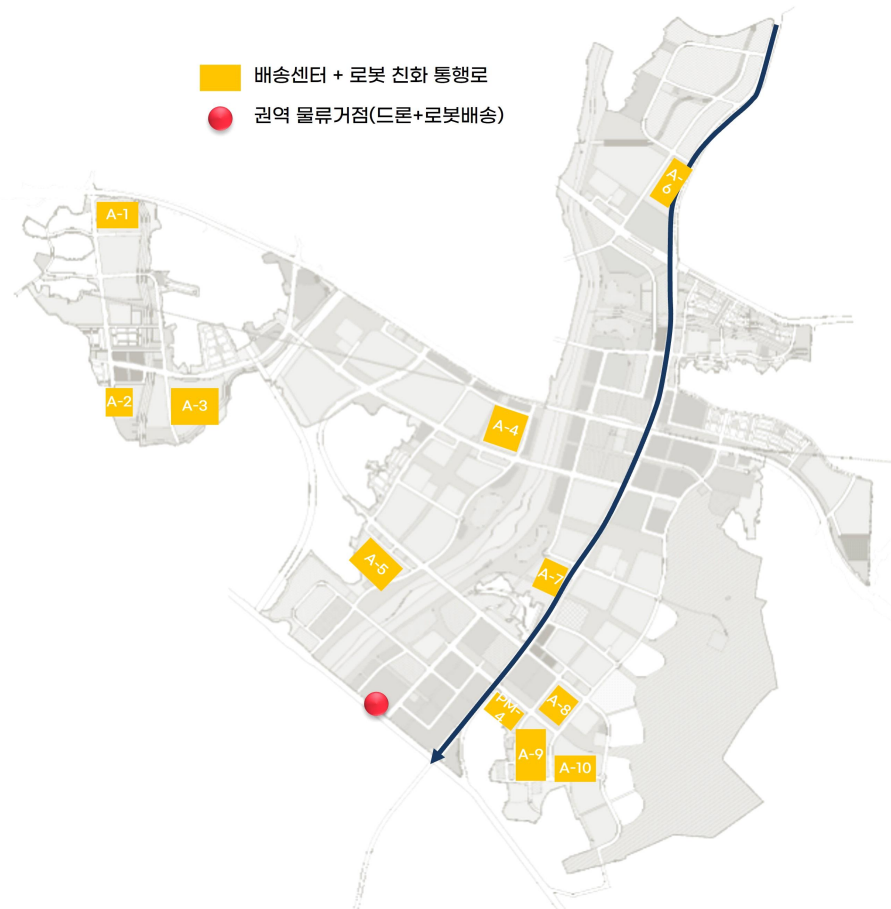
- 택지지역의 주차장 부지에 스마트 주차장을 설치
 - 스마트주차장은 자율주행차와 일반차를 모두 고려
- 동선 분리와 자율주행차를 위한 진입로 설치
- 전기차 충전시설 설치
- 스마트주차장을 주차장 단독 개발하기보다는 MFC 기능을 보유한 복합개발을 통해 로봇 배송과 드론배송 거점으로 활용



[그림 5-38] 복합충전소 및 스마트주차장, MFC 도입(안)

■ 단지내 로봇배송 및 드론배송 시설

- 지구의 남측에 고양창릉지구와 인근지역을 서비스권역으로 하는 권역 물류거점 점을 설치하여 운영
- 드론배송과 로봇배송을 위한 배송센터를 단지 내에 설치
- 지구 내 도로와 주택단지에 로봇 친화 이동로 설치
- 배송로봇과 드론이 인식 가능한(Machine readable) 주소표시



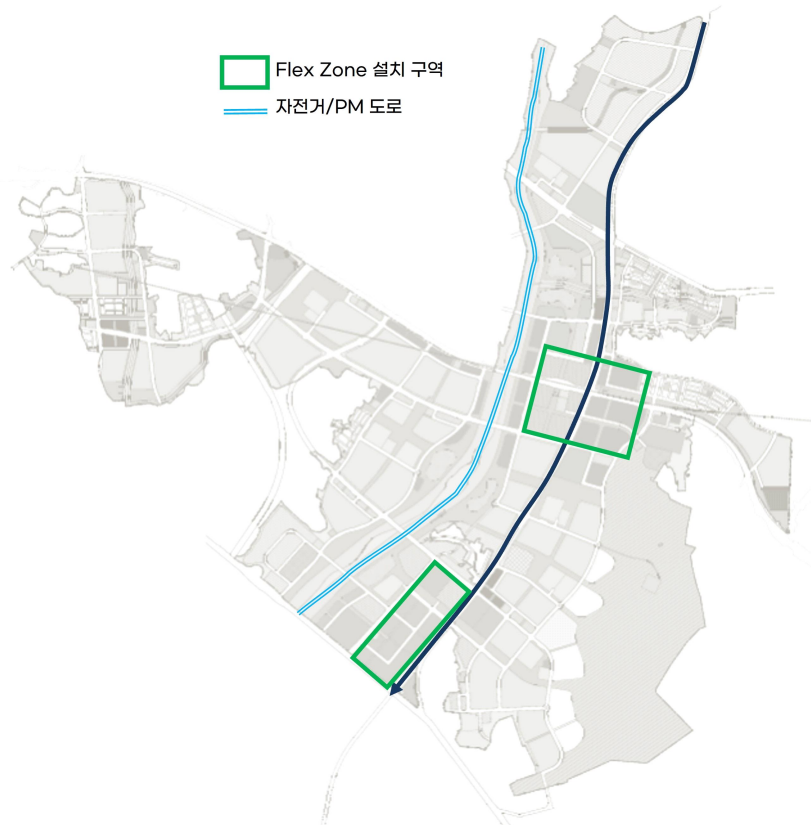
[그림 5-39] 드론 및 로봇 배송을 위한 인프라 도입(안)

■ Flex Zone 도입

- 중심복합지구(Central Multi-functional District : CMD)에 Flex Zone을 도입하여 다양한 모빌리티 수단의 이용에 대응할 수 있는 가로 도입
 - GTX 창릉역과 한국항공대역 지역의 2개소

■ 자전거/PM 도로 조성

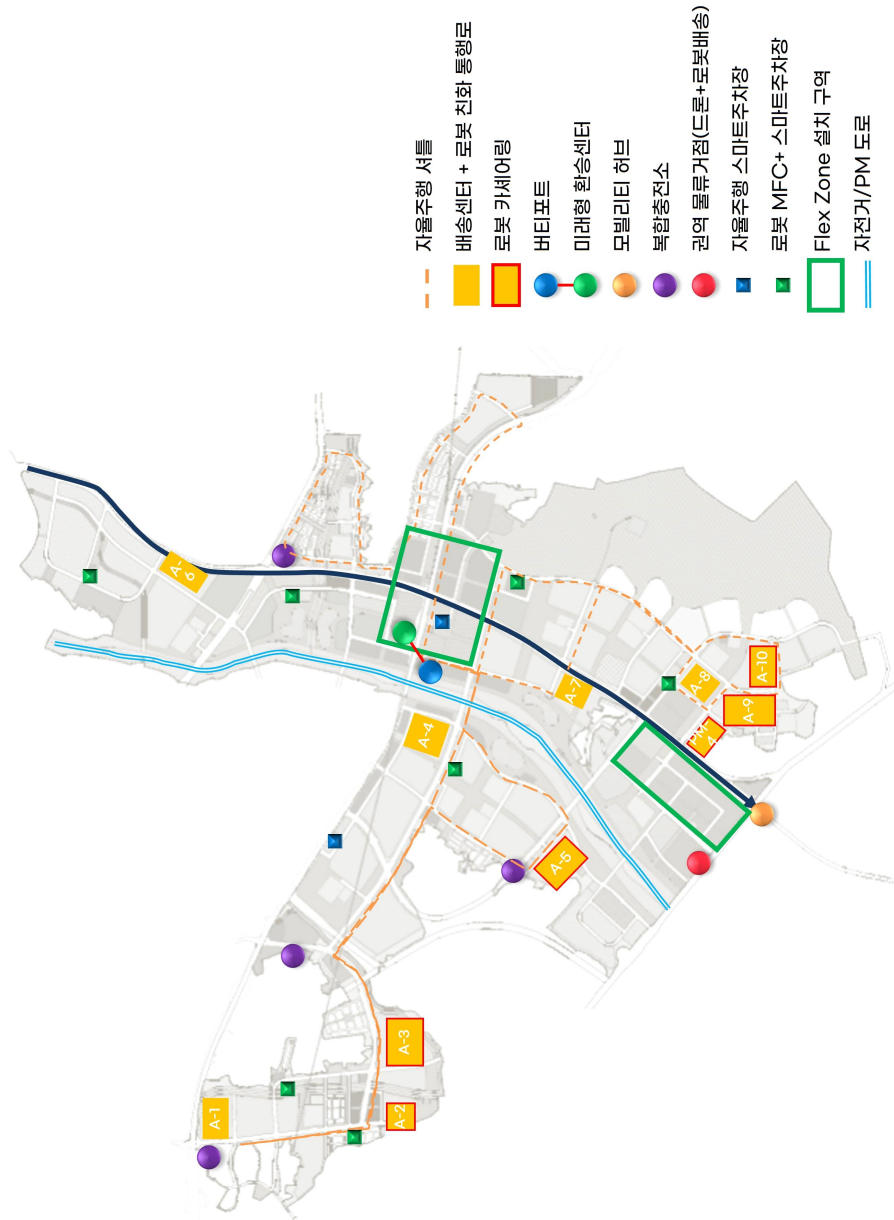
- 부가적으로 창릉천의 수변공원을 활용하여 자전거/PM 노선을 조성
 - 수변은 자전거와 PM을 위한 최상의 공간⁴²⁾
 - 창릉천은 택지지구를 남북방향으로 관통하고 있어 자전거와 PM 등 개인 이동 수단을 위한 최적의 간선노선 역할을 수행할 수 있음
 - 여건이 된다면 이 구간을 로봇배송과 드론배송을 위한 이동로로 활용 가능



[그림 5-40] Flex Zone 및 자전거/PM 도로 도입(안)

42) Shin, D. K.(2016), *Explanation of factors influencing cyclists' route choice using actual route data from cyclists*, Ph.D. Thesis, The University of Leeds: Leeds.

■ 인프라 도입(안) 종합



[그림 5-41] 미래 모빌리티 서비스 및 인프라 도입 계획(안)

제6장 결 론

1. 연구결과

- 본 연구는 미래 모빌리티 서비스의 도입에 따라 향후 어떤 인프라를 준비해야 하는지 파악하기 위해 미래 모빌리티의 현황과 전망을 전반적으로 살펴보고 필요한 인프라의 도입 방향을 제시하는 것을 목적으로 함
- 모빌리티 혁신의 주요 경향성과 변화 그리고 도시의 변화를 살펴봄
 - 기존 교통은 공급자와 수단 중심인 반면, 모빌리티는 이용자의 요구와 편의를 위한 최적 서비스 제공으로 변화
 - 기술의 발전과 가치관 변화에 서비스 중심의 미래 모빌리티로의 변화를 주도하는 핵심 패러다임을 일반적으로 CASE (Connected, Autonomous, Shared, Electric)로 표현
 - 모빌리티 혁신과 발전의 최종 목표는 공유 차량 확대와 On demand 기반 서비스로의 전환
 - 도시분야에서는 사람, 친환경 모빌리티중심의 공간구조, 대중교통 중심의 시스템 설계, 개인 승용차 중심에서 DRT로의 전환, 더 효율적인 물류 및 배송 시스템의 도입 주요 변화
- 미래 모빌리티의 상용화를 전망함
 - 자율주행차 기반 서비스와 UAM, 드론, 로봇배송에 대해서 국내외 연구자료와 컨설팅 업체의 동향 보고서 등을 바탕으로 상용화 시기를 전망
 - 전기차가 가장 활성화되어 있으며, 로봇배송과 드론배송, UAM, 자율주행이 뒤따를 것으로 전망
- 국내의 관련 법과 제도를 살펴봄
 - 우리 정부는 미래 모빌리티 시대를 준비하고, 미래 모빌리티가 구현되는 도시를 만들기 위해 관련 법·제도를 정비 및 신설하고 있음

- 주요 미래 모빌리티 수단과 인프라를 도출하고, 현황과 이슈 사항을 도출함
 - 미래 도시와 시민의 삶에 영향이 클 것으로 판단되는 서비스를 도출하고, 문헌 조사를 바탕으로 개선 및 신규 도입이 필요한 인프라를 도출함
 - 각 서비스(수단)와 인프라의 도입과 관련된 기술적, 사회적 이슈를 정리함
- 미래 모빌리티 서비스별 인프라의 도입 방향을 제시함
 - 인프라와 관련된 이슈 정리를 바탕으로 2030년을 기준으로 도입의 방향을 제시
- 고양창릉지구를 대상으로 미래 모빌리티 서비스와 관련 인프라 도입 안을 제시
 - 고양창릉지구와 관련된 교통 및 모빌리티 관련 계획을 검토하고, 지역 환경에 적합한 미래 모빌리티 서비스와 관련 인프라를 제안함

2. 연구의 한계와 향후 연구

■ 연구의 한계

- 미래 모빌리티 관련 기술은 아직 지속적으로 개발하고 있어 관련 내용의 변화를 예측하는 것이 쉽지 않음
- 특히 경제 여건에 따라 미래 모빌리티 기술은 상용화가 지연될 가능성이 높음
- 관련 인프라의 경우에도 아직 명확하게 확정된 인프라가 아닌 R&D와 실증사업 등을 통해 아직 연구 중인 항목으로 구체적인 표준과 기술 수준을 도출하기 곤란
- 이로 인해 본 연구는 전반적인 경향성을 보여주는 한계가 있음
- 미래 모빌리티 개별 항목 하나하나가 별도의 연구를 수행할 필요가 있을 수준이므로, 단기간에 모든 수단을 검토하기에는 곤란함
- 미래도시의 공간변화에 관한 내용을 검토하려고 하였으나, 본 주제는 세부적으로 살펴보아야 하는 내용이 방대하여 본 연구에서는 충분히 검토하지 못함

■ 향후 연구

- 본 연구는 전반적인 방향을 제시하였으나, 실제 모빌리티 서비스와 관련 인프라를 도입하기 하기 위해서는 다수의 연구가 필요
- 먼저 버티포트와 미래형환승센터 등의 대형 시설물을 도입하는 경우 LH는 기본

적으로 이런 시설물에 의한 토지가치의 변화와 사업성에 대한 검토가 필요

○ 미래 모빌리티를 공급에 따른 수단별 수요 시나리오 예측 연구

- 미래 모빌리티가 도입 되는 것은 사실이지만, 그 파급효과가 실제 어느 정도일 지에 대해서는 불확실성이 높음
- 따라서 대략적인 수요 분석과 수단분담에 대한 시나리오를 검토할 필요가 있음
 - 긍정적 시나리오와 부정적 시나리오를 모두 검토하고 도래 시기에 대해 보다 면밀한 검토 필요

○ 인프라 측면에서는 자율주행차의 도입에 의해 가로공간의 변화에 대한 연구

- 기존 연구에서 도시공간에서 가장 많은 변화가 발생할 것으로 가로변 공간에 지목되고 있음
- 따라서 가로변 공간의 변화에 대해서 모빌리티 수단 측면과 보행자 측면에 대한 연구가 필요

○ 대형 인프라 도입을 위한 사업모델의 상세화 연구

- 현재 UAM 도입계획 등은 기본 컨셉을 제시하는 수준이며, 이를 기반으로 더 상세한 사업화 방안에 관한 연구가 필요
- 사업화 방안의 주요 고려 사항은 새로운 인프라에 의한 토지 가치의 변동에 대한 검토라 할 수 있으므로 모빌리티 서비스의 효과와 장단기적 관점에서의 토지 가치의 변화에 관한 연구가 필요

○ 새로운 모빌리티가 활성화될 때 이동시간의 변화에 따른 중심도시와 신도시 간의 입지 변화에 관한 연구

- 자율주행차, UAM의 가장 큰 가치는 이동시간의 변화와 가치 변화이며, 이는 사람들의 주거지 위치 선택에 변화를 줄 수 있으므로 연구가 필요

○ 배송로봇, 드론 등을 활용한 물류 배송서비스의 공공임대단지에 도입하는 방안
에 관한 연구

○ 더불어 주택단지 적용해야 하는 기준을 도출하고, 민간영역과 상생 협력하는 사업모델을 도출

참고문헌 Reference

[국내문헌]

- 관계부처합동(2020), 「도시의 하늘을 여는 한국형 도심항공교통 로드맵」
- 관계부처합동(2021). “한국판 뉴딜 2.0 초연결 신산업분야의 핵심”. 『디지털트윈 활성화 전략』 .
- 국토교통부(2015), 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준 국토교통부고시 제 2015-1103호(2015.12.31.)
- 국토교통부 (2016)
- 국토교통부 첨단항공과(2023), 「K-드론배송 상용화 사업 추진계획」 .
- 김기동(2023), “UAM 특별법 제정의 의의와 산업적 의미”, Mobility Insight, 12월호, pp.20~23.
- 김두현·최재호·이승태·박희철(2023), “물류로봇[AMR] Overweight : 왜 지금 물류 로봇에 투자해야 하는가?”, 「Equity Research」, 하나증권.
- 김익희·서기환·허용·임룡혁·성혜정(2022), 「디지털 트윈 기반 스마트시티 고도화 방안」, 국토연구원.
- 김중은·김성화·김성렬(2016), 「계획도시의 특성을 고려한 1기 신도시 관리방안 연구: 공공시설부지의 효율적 이용 방안을 중심으로」, 수시16-20, 국토연구원.
- 박봉철·이동현·강지윤(2022), 「도시계획시설의 중복·입체화제도 활용방안(I)」, BDI Insights, 부산연구원.
- 대한민국 정책브리프(2023.03.28.), “미래형 환승센터 시범사업 4곳 선정”, (2024.03.14. 읽음)
- 변완희(2021), 「퓨처라마 모빌리티 혁명의 미래」, 크레파스북.
- 변완희·기호영·신도겸·박지은(2021), 「자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구」, 연구지원 2022-008호, 대전 : LH 토지주택연구원.
- 변완희·신도겸·양진아·박지은·문정현·조홍래(2023), 「신도시 전기차 충전시설 공급 기준 및 복합충전시설 기본 구상 연구」, 연구기획 2023-076, 대전: 토지주택연구원.

삼일PwC경영연구원(2023), 모빌리티 서비스 시장의 미래: M.I.L.E, Paradigm Shift, vil(4)

삼성KPMG 경제연구원(2020), “하늘 위에 펼쳐지는 모빌리티 혁명, 도심 항공 모빌리티(Urban Air Mobility, UAM)”, 「Samjong INSIGHT」, vol 70.

서기환·오창화·사공호상·김영훈(2019), 「공간정보 융합산업 활성화를 위한 규제환경 개선방안」.국토연구원.

손은경(2019), 「초고층개발과 건물보존이 동시에 가능한 공중권」, KB금융지주 경영연구소.

신도점 (2022), “UAM의 발전 동향과 LH의 역할”, 「CEO Report」, Vol 10, 토지주택연구원.

신도점·김태균·변완화·권오준 (2023), 「자율주행시스템을 고려한 신도시 도로 네트워크 구축방안(I)」, 연구기획 2023-011, 대전: 토지주택연구원.

원재희·김병수·허성규·이병화(2023), “혁신성장(모빌리티)”, 「신한 IntheStory」, 신한은행.

윤덕근(2022), 「자율주행시대 도로인프라 변화 방향」, 세미나 발표자료(2022.12.01.).

이봉주(2023), “디지털트윈 기반의 도시 공간정보 구축 및 관리에 관한 연구”, 「지적과 국토정보」, 53(1), pp.47-63.

이주일·김선웅(2010), 「도시계획시설 중복복합화에 따른 효율적 운용방안 연구」, 서울특별시.

일본 야노경제연구소(2022), IRS Global(2023), 「통합교통서비스(MaaS)와 모빌리티 혁신(자율주행차, UAM, 스마트물류 모빌리티)의 기술개발 전략과 시장 전망」, Market Report 2023-09.에서 재인용.

한국토지주택공사(2021), 「고양 창릉 공공주택 교통영향평가」, (주)한국종합기술.

한국토지주택공사(2023), 「3기 신도시 등 UAM 도입 연구용역 - 가이드라인」 한국토지주택공사

한영준(2022), 「자율주행시대, 도시의 변화와 서울의 대응」, 세미나 발표자료 (2022.12.01.)

KPMG Global(2019), Getting mobility off the ground, 삼성 KPMG 경제연구원 LH 내부자료

RealPacking (2024.02.06.), “택배 사업자가 드론과 로봇으로 배송하는 방법”, 물류&이커머스 트렌드.

UAM Team Korea(2022), 「한국형 버티포트 구축 및 운영을 위한 안내서」

[국외문헌]

AbdelGawad, H. and Othman, K.(2020), “Multifaceted Synthesis of Autonomous Vehicles’ Emerging Landscape”, In *Connected and Autonomous Vehicles in Smart Cities*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 67–113.

Alverhed, E., Simon, H., Hanna, I., Lisa, O., Hanna, P. and Jonas, F.(2024), “Autonomous last-mile delivery robots: a literature review, *European Transport Research Review*, 16(4), <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00629-7>.

Almlof, E., Nybacka, M and Pernestål, A.(2020), “Will public transport be relevant in a self-driving future? A demand model simulation of four scenarios for Stockholm, Sweden”, *Transportation Research Procedia*, 49, pp. 60–69.

Arup & Go-Ahead(2021), *Future Mobility Hubs: Supporting the transition towards sustainable journeys*.

Aryal, P. (2020), Optimization of Geometric road design for autonomous vehicles, Master thesis, KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

Aono, S.(2019), *Identifying Best Practice for Mobility Hubs*, TransLink.

Banerjee, I., Jittrapirom, P. and Dangschat, J.S.(2023), “Data-driven urbanism, digital platforms and the planning of MaaS in times of deep uncertainty: What does it mean for CAVs?”, In *Avenue21. Planning and Policy Considerations for an Age of Automated Mobility*, (ed) Mitteregger et al., 75~105, Springer, Berlin, Germany.

Pernestål Brenden, A., Kristoffersson, I., and Mattsson, L-G.(2019), “Where will self-driving vehicles take us? Scenarios for the development of automated vehicles with Sweden as a case study”, *Autonomous Vehicles and Future Mobility*, pp.17–32.

Bruck, E.M., Scheuven, R. and Berger, M.(2021), “Control and design of spatial mobility interfaces”, In *Avenue21. Planning and Policy Considerations for an Age of Automated Mobility*, (ed) Mitteregger et al., 75~105, Springer, Berlin, Germany.

- Bruck and Soteropoulos(2022), “Traffic-and use compatibility and street design impacts of automated driving in Vienna, Austria”, *The Journal of Transport and Land Use*, 15(1), pp. 137–163.
- Butterworth-Hayes, P.(2023.11.06), “The global timetable for AAM and UAM launch and development”, The Global AAM/UAM Market Map.
- Clamann, M. and Bryson, M.(2021), *Sharing Spaces with Robots: The Basics of Personal Delivery Devices*, Pedestrian and Bicycle Information Center, Chapel Hill, NC..
- DHL(2014), *UNMANNED AERIAL VEHICLES IN LOGISTICS*, DHL Trend Research: Troisdorf.
- FAA(2023), *Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan: Near-term (Innovate28) Focus with an Eye on the Future of AAM Version 1.0*.
- Gehrke, S.R., Phair, C.D., Russo, B.J. and Smaglik, E.J.(2023), “Observed sidewalk autonomous delivery robot interactions with pedestrians and bicyclists”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18, 100789.
- Gohari(2021), *Car ownership: modelling the psychological aspects of ownership*, PhD thesis, The University of Queensland, Brisbane, Qld.
- Grush, B.(2021a), *The Last Block : Towards an international standard to regulate & manage sidewalk robots*, White Paper, Harmonize Mobility.
- Grush, B.(2021b), *Making room for robots*, White Paper. Harmonize Mobility.
- Grush and Niles(2019), *The End of Driving : Transportation Systems and Public Policy Planning for Autonomous Vehicles*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Hafiz, D. and Zohdy, I.(2021), “The City Adaptation to the Autonomous Vehicles Implementation: Reimagining the Dubai City of Tomorrow”, *In Advanced Controllers for Smart Cities*, pp. 27–41, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Heinrichs, D.(2016), *Autonomous Driving and Urban Land Use. In Autonomous Driving*, pp. 213–231, Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Machiani, S. Jahangiri, A. Melendez, B. Katthe, A. Hasani, M. Ahmadi, A.

- Musial, W.(2021), *Safety Impact Evaluation of a Narrow Automated Vehicle-Exclusive Reversible Lane on an Existing Smart Freeway*, Safe-D Project 04-Safe-, National UTC; San Diego State University: San Diego, CA, USA,
- Malysheva(2020), “Impact of Automated Vehicles on Urban Form”, *International Science and Technology Conference Series : Materials Science and Engineering* 753.
- McCarville, I.(2019), *How Autonomous Vehicles Will Reshape the Urban Landscape; City and Regional Planning Department*, California
- NACTO(2019), *Blueprint for Autonomous Urbanism 2nd*, National Association of City Transportation Officials.
- National Parking Association(2018), *Smart Solutions for Shared Mobility*.
- Othman(2021), “Impacts of Autonomous Vehicles on the Physical Infrastructure: Changes and Challenges”, *designs*, 50(40).
- Schlossberg, M.(2018), *Rethinking the Street in an Era of Driverless Cars. Urbanism Next Research*, University of Oregon: Eugene, OR, USA,
- Seattle (2020), *Seattle 2035 Comprehensive Plan: Managing Growth to Become an Equitable and Sustainable City 2015-2035*.
- Shin, D. K.(2016), *Explanation of factors influencing cyclists' route choice using actual route data from cyclists*, Ph.D. Thesis, The University of Leeds: Leeds.
- Snyder, R.(2018), *Street Design Implications of Autonomous Vehicles; Public Square*“, A CNU Journal: Washington, DC, USA. Available at <https://www.cnu.org/publicsquare/2018/03/12/street-design-implications-autonomous-vehicles>
- PwC(2021), “Accelerating towards the “new normal””, *Strategy&: Digital Auto Report*, vol(1).
- PwC(2022), “Accelerating towards the “new normal””, *Strategy&: Digital Auto Report*, vol(2).

[언론 자료]

- 곽노필(2023.08.23.), “‘무인 자율주행버스’ 빗장 푼 샌프란시스코…로보택시는 감축”, 미래 & 과학.
- 김대영(2023.11.23.), “추측만 난무하는 서빙로봇 시장…산업 현황 실태조사 착수”, 매일경제.
- 김윤주(2022.11.28.), “주유소를 ‘물류 거점’으로…로봇이 물건 정리, 드론이 배달”, 조선일보.
- 김준호(2023.11.12.), “대전역 미래형 환승센터' 기본계획수립 용역 착수”, 연합뉴스
- 도다솔(2021.11.23.), “롯데글로벌로지스, 자율주행 배송로봇 실증 사업 진행, 뉴데일리경제.
- 박한용(2024.02.28.), “‘연료비 vs 충전불편’ EV 트렌드코리아, 설문결과 전기차 장단점 뚜렷했다”, 지피코리아.
- 손지혜(2022.09.21.), “[테크코리아 우리가 이끈다] 우아한형제들”, 전자신문.
- 윤정희(2023.08.03.), “안전 규정 없이 2년 후 비행? UAM의 설익은 꿈”, 더스쿠프.
- 이주영(2021.08.26.), “드론, 배달시장 판도 바꾸나…구글 드론배달 10만건 돌파 눈앞”, 연합뉴스.
- 이재구(2021.08.27.), “아마존 vs 월, 드론 비즈니스 '희비 쌍곡선’”, tech42, (2024.03.14.읽음)
- 조상록(2024.02.08.), “로봇이 서빙하고 배달하는 시대… 248조 시장 열린다”, Chosun Biz.
- Frangoul, A. (2023.05.15.), “UK launches first full-sized autonomous bus service with top speed of 50 miles per hour”, CNBC.

[법률, 고시, 지침]

- 산업통상자원부(2022.1.28.), 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.
- 산업통상자원부(2023.2.28.), 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

환경부(2024.1.), 「전기자동차 급속충전시설 보조사업 및 설치운영지침」, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2023.5.16.), 「건축법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2023.9.12.), 「건축법 시행령」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

소방청(2023.7.4.), 「위험물안전관리법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

소방청(2023.6.29.), 「위험물안전관리법 시행규칙」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2024.4.25.), 「생활물류서비스산업발전법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

산업통상자원부(2023.11.17.), 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

산업통상자원부(2023.11.17.), 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 시행규칙」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

경찰청(2024.1.1.), 「도로교통법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2024.5.14.), 「여객자동차 운수사업법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2024.5.14.), 「여객자동차 운수사업법 시행령」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

국토교통부(2024.1.9.), 「국가통합교통체계효율화법」, 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

환경부(2024.7.4.), 「환경정책기본법 시행령」 제2조 및 [별표 1], 국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

[온라인 자료 국내]

국가지표체계 홈페이지, 대중교통수송분담률(2020년 기준), 2023.10.05. 읽음.

국가법령정보센터, 2024.03.14. 읽음.

다음 테크플러스(2023.03.16), “구글의 Wing 드론 배송, 충전 위해 출발지로 돌아오지 않아도 된다”, 2024.03.14. 읽음.

모라이 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

브이월드 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

삼성증권 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

서울시 S맵 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

서울특별시 홈페이지, 주요교통통계(2021년 기준), 2023.10.05. 읽음.

서울특별시 홈페이지(2022), “서울특별시 알기 쉬운 도시계획”, 2024.03.14. 읽음.

성남시청 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

엔클라우드 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

택지정보시스템(<https://www.jigu.go.kr/index.do>), 2024.03.14. 읽음.

테크트리이노베이션 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

파블로항공 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

한국무역협회, 2024.03.14. 읽음.

현대자동차 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

3기 신도시 홈페이지, <https://www.3기신도시.kr/>, 2023.02.10. 읽음.

HL Mando 홈페이지, “주차로봇”, 2024.05.20. 읽음.

Kakao Mobility(2023), “디지털 트윈, 로봇과 AI가 움직이는 미래 모빌리티를 위한 인프라”, Report, 2024.03.14. 읽음.

KT Enterprise, “상품서비스, AI Robot”, 2024.03.14. 읽음.

RealPacking (2024.02.06.), “택배 사업자가 드론과 로봇으로 배송하는 방법”, 물류&이커머스 트렌드, 2024.03.14. 읽음.

[온라인 자료 해외]

Arup(2021), 2024.03.14. 읽음.

de Brabandt, C.(2024.01.22.), “Automated Vehicle and Drone Delivery Are on the Horizon”, Institute for Supply Management, (2024.03.14.읽음)

DHL 홈페이지(2019.05.16.), “DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service”, Media : Press Releases, 2024.03.14. 읽음.

Duvall, T., Hannon, E., Katseff, J., Safran, B. and Wallace, T.(2019.05.22.), “A ne look at autonomous-vehicle infrastructure”, McKinsey & Company, 2024.03.14. 읽음.

Electric VTOL News 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

Jovy Aviation 홈페이지, 2023.03.14. 읽음.

Kroger 보도자료, 2024.03.14. 읽음.

Morgan Stanley('19), 2024.03.14. 읽음.

Metrolink홈페이지(2023), 2024.03.14. 읽음.

NASA, 2024.03.14. 읽음.

SAE International(미국 자동차공학회) website, Accessed on June 06, 2022.
<http://sae.org>.

Seattle DOT(Department of Transportation) website, “Flex Zone/Curb Use
 Priorities in Seattle”, Accessed on December 01, 2022.
<https://www.seattle.gov/transportation/projects-and-programs/programs/parking-program/parking-regulations/flex-zone/curb-use-priorities-in-seattle>.

SOM홈페이지(2023), 2024.03.14. 읽음.

Starship Technologies 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

System X blog, “The future of urban deliveries with robots”, 2024.03.14. 읽음.

Thulkar, A. 디자인 in Beall, A.(2016.08.17.), 2024.03.14. 읽음.

Urban-Air Port 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

Volocopter 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

Yalimart(2024.02.10.), “Public Infrastructure Investment for E-commerce Drone
 Delivery”, Linked In, 2024.03.14. 읽음.

구글어스(Google Earth), 2024.03.14. 읽음.

미국 도미노피자 보도자료, 2024.03.14. 읽음.

우버, 2024.03.14. 읽음.

우버, “Uber Elevate Summit 2019”, 2024.03.14. 읽음.

페덱스 코리아 블로그, “배송로봇 전성시대! 미래 유통 패러다임의 변화”,
 2024.03.14. 읽음.