

자율주행기반 모빌리티 활성화에 따른
가로 디자인 연구

기본과제 연구관리 2024-103

자율주행기반 모빌리티 활성화에 따른 가로 디자인 연구

지 은 이 신도겸 · 변완희 · 윤병훈 · 신병훈 · 박지은 · 이민재

발 행 인 정창무

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 기초자료로써 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.
- 우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

자율주행기반 모빌리티 활성화에 따른 가로 디자인 연구

Study for the Street Design
by the Widespread of Automated Vehicle-based Mobility Services

신도겸 · 변완희 · 윤병훈 · 신병훈 · 박지은 · 이민재

참여연구진

연구책임

신도겸 LH 토지주택연구원 수석연구원

연구진

변완희 LH 토지주택연구원 연구위원

윤병훈 LH 토지주택연구원 수석연구원

신병훈 LH 토지주택연구원 책임연구원

박지은 LH 토지주택연구원 주임연구원

이민재 LH 토지주택연구원 연구원

위탁연구(공간 디자인 시각화)

Urban Index Lab 건축사무소

연구심의위원(가나다순)

강진구 LH 선교통환경처 팀장

김태균 LH 토지주택연구원 연구위원

장현웅 LH 선교통환경처 팀장

조영태 LH 토지주택연구원 단장

윤덕근 한국건설기술연구원 실장

윤정중 LH 토지주택연구원 선임연구위원(심의위원장)

이미홍 LH 토지주택연구원 실장

이정범 대전세종연구원 책임연구위원

■ 연구의 배경 및 목적

자율주행기술과 접목된 미래 모빌리티는 우리 삶의 방식과 도시 공간구조를 큰 틀에서 변화시킬 것이라는 전망이 쏟아져 나옴

자율주행 기반 모빌리티 서비스는 개인 또는 소규모의 이동이 그 특성이며, 도시 공간 중에서도 가로공간의 이용에 큰 변화를 줄 것으로 예상함

미래 도시의 가로 및 가로변 공간이 어떻게 활용될지, 그리고 이에 대응해서 어떻게 설계해야 할지에 대한 기초 연구를 수행할 필요가 있음

이에 본 연구의 목적은 자율주행기반 모빌리티 서비스의 활성화에 대응하여 도시 가로공간의 변화 방향을 제시하기 위함이며 다음의 4가지 세부 목적을 설정함

- 자율주행기반 모빌리티 서비스 이용 전망
- 가로공간 설계의 주요 사항과 미래 가로공간 설계 전망 조사
- 통신 빅데이터의 활용과 Agent-based 모델을 활용한 가로공간 모델링의 가능성 시험과 이를 통한 모빌리티 수단의 가로변 공간 이용행태 도출
- 가로변 공간의 디자인 방향 제시

■ 연구의 범위

연구는 자율주행자동차 도입 초기이며 일반 차량과 자율주행자동차가 혼입 운행할 2030년~2040년 정도를 연구의 시간적 배경으로 함

가로공간 디자인 방향은 미래 가로 네트워크의 개념과 가로공간 구상에 대한 개념을 중심으로 제시

가로는 신도시의 도시철도 역, 상업·업무지역 등 도시의 중심 지역을 대상으로 함

■ 자율주행기반 모빌리티 이용 전망

기술적으로 Lv4 수준의 자율주행자동차는 이미 완성 단계에 있으며, 2027년 정도면 일반 판매를 할 것으로 전망됨

자율주행 버스 등 대중교통과 DRT, 택시, 셔틀 등의 준 공용 서비스 중심으로 먼저 확산할 것으로 전망되고, 자율주행 개인 승용차는 점진적으로 확산할 것으로 전망



자율주행기술은 비즈니스 측면에서 운전자가 불필요하므로 인건비 절감을 통해 서비스 경쟁력을 높일 수 있음

자율주행기술과 카셰어링, 택시 등 on-demand 서비스가 결합하면 큰 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 전망

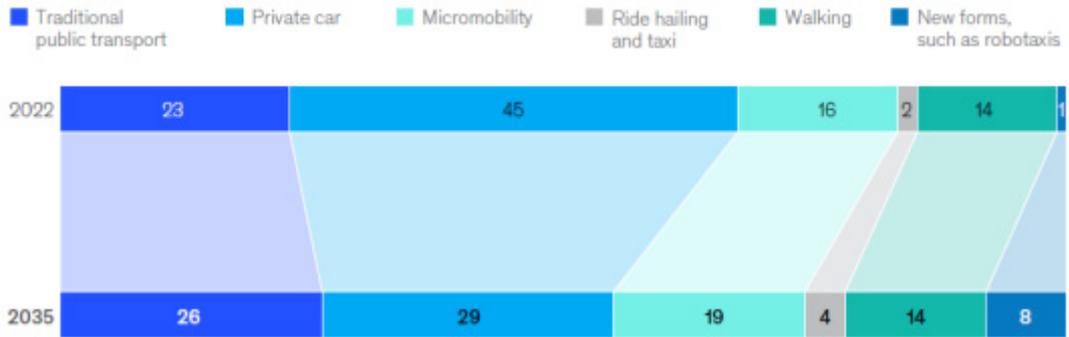
이를 위해서는 MaaS를 통한 통합 교통서비스를 활성화할 필요가 있음

자율주행자동차로 인한 수단분담의 변화는 다음과 같이 전망됨

- 글로벌 기준으로 개인 승용차 이용의 감소와 로보택시를 대표되는 자율주행 기반 서비스의 큰 증가가 두드러짐(2022년 1% 수준에서 2035년 8% 수준으로 증가 전망)
- 국내 역시 일정 수준의 개인 승용차 이용 감소가 있겠으며, 자율주행 기반 모빌리티 서비스 역시 점진적으로 증가할 것으로 전망되지만, 글로벌 추세보다는 천천히 증가할 것으로 전망
- 미국과 중국이 기술과 사업을 주도하는 데 반해, 국내의 자율주행기술과 서비스는

이 두 국가보다는 떨어지고 천천히 진행될 것으로 전망됨

- 2035년에 자율주행 승용차 2%, 자율주행 기반 서비스 2% 수준 예상
- 2040년에 자율주행 승용차 5%, 자율주행 기반 서비스 6% 수준 예상



■ 가로 디자인 요소 및 미래 가로 디자인 방향 전망

기존 가로 설계 디자인에서 공간은 보도, 자전거도로, 도로로 구분하는 것이 보편적임

- 전반적으로 보행자(보도) 중심의 설계를 지향하고 컨셉을 제시함
- 보도 위에 있는 각종 시설물과 횡단보도 등 안전시설물, 차량 속도 저감을 위한 시설물 등에 대한 설계 가이드가 주요 내용을 구성

미래 가로공간 디자인에 대한 문헌에서 제시하는 주요 컨셉은 다음과 같음

- 자율주행자동차로 인한 승용차 이용의 감소와 대중교통 활성화로 인한 도로 축소
- 도로 축소로 생긴 여유 공간을 보행과 자전거 이용을 위한 공간으로 전환
- 보행로를 커뮤니티 친화적이고 활동적인 공간으로 활용
- 자율주행자동차의 확산과 미래 모빌리티의 수요응답형 중심 전환에 기인한 커브사이드(Kerbside)의 활용과 역할 증대 전망과 Flex Zone으로의 재창조 필요

미래 가로 디자인에서 필요한 요소를 다음과 같이 도출함

- ① 대중교통 중심의 이동 환경을 고려하고, DRT 등의 미래 기반 모빌리티 수단의 활성화에 대비
- ② 보도와 자전거도로의 확장 또는 실제 사용성을 고려한 설계가 필요
- ③ 미래 가로 변화 전망의 핵심 요소 중 하나인 도로 축소는 큰 방향에서 필요
- ④ 미래 가로의 핵심 변화 공간인 커브사이드(플렉스존)의 변화 반영 필요

■ 모빌리티의 가로공간 이용 모델링

통신 빅데이터를 마이크로 모델링을 위한 통행량 input 데이터로 활용하기 위한 가능성을 SKT 통신 빅데이터와 KT 수도권 생활인구 데이터를 사용하여 검토함

- 통신 빅데이터의 경우 동 단위나 그 이하의 작은 공간 범위에서 교통 모델링을 위한 입력자료로 활용하기에는 시간당 해당 지역에 존재하는 인구의 양적인 면에서 신뢰도가 낮음
- 판교역을 포함하는 분단구와 백현동을 대상으로 분석한 결과 일 단위에서 SKT의 유동인구(3.01백만명)와 KT 생활인구(2.99백만명) 수의 차이는 1% 수준으로 크지 않음
- 반면 SKT의 유입인구(2.14백만명)와 KT 생활인구(2.99백만명) 수의 차이는 29% 수준
- 인구수가 비슷한 SKT 유동인구와 KT 생활인구를 대상으로 백현동을 대상으로 분석하면 SKT 유동인구가 65% 더 많은 것으로 분석되어 두 자료 간 오차가 큼
- 연구 대상지인 판교역 단위에서 SKT 유동인구를 분석하면 오전 첨두시간(7~9시) 기준 시간당 6,185명으로 이 숫자는 대단히 적은 수준임
 - ※ 판교역에 위치한 버스 정류장의 첨두시간 1시간 동안 승하차하는 승객의 수가 3,100명 수준으로 판교역의 시간당 6,185명은 신뢰하기 어려운 수로 추정됨
- KT 자료의 경우 O/D, 통행 시간, 통행 거리 등의 더 많은 자료를 제공하지만, 신뢰도가 낮은 문제가 있음

모빌리티 수단의 가로공간 이용행태를 분석하기 위해 행위자 기반 모델링을 수행하였으며, 행위자 기반 모델을 마이크로 단위에 적용하는 것은 한계를 노출함

- 행위자 모형이 모든 에이전트와 배경을 같은 셀의 크기를 사용하므로 버스, DRT, 승용차 등 길이의 차이가 발생하고 차지하는 공간 규모가 다른 다수의 에이전트를 사용하는 공간 이용 모델링에서는 한계가 있음
- 반면, 기존의 교통모델링은 차량의 흐름과 공간 점유 측면에서는 이미 완성 수준으로 충분히 잘 반영하고 있음. 그러나 보행자의 이동과 개별 이용자의 수단선택, 승객의 승하차 행태 등에서는 여전히 충분하지 못하여 행태를 모사하는 데 한계가 있음
- 따라서 행위자 기반 모델과 기존 교통 모델을 각 장점을 취하여 융합하여 활용하는 방안에 관해 방법론적 연구가 필요

■ 도시 가로공간 디자인 방향 제시

미래 가로공간 디자인을 위한 요구사항을 다음과 같이 정의함

- ① 자율주행자동차와 자율주행기반 모빌리티 서비스 지원
- ② 모빌리티 수단을 위한 공간의 확보
- ③ 다기능 공간의 필요(Flex zone)
- ④ 안전과 접근성 강화

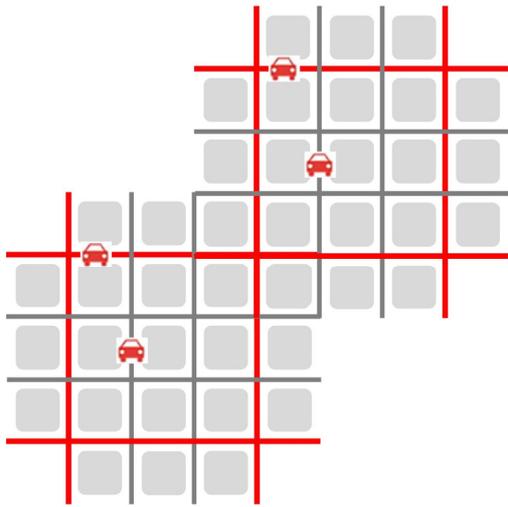
가로공간 디자인의 방향을 다음과 같이 설정함

- 자율주행 친화 가로 네트워크 및 수단별 공간 분리 : 자율주행자동차 전용구간과 겸용(우선)차로의 도입과 일반차로, 보행로, 자전거도로를 명확히 분리
- 모빌리티 허브 조성 : 대중교통 승하차 공간, DRT 승하차 공간, 자전거 스테이션을 통합 배치하여 도시 내의 모빌리티 허브 조성
- 유연한 설계 : 대중교통 정류장과 DRT 정류장, 자전거 스테이션 등을 지역의 여건과 규모에 따라 유연하게 조합하여 설치
- 보행자 친화적 디자인 : 보행로 확대와 보행자의 안전을 위한 교통신호기 위치 조정, 차량 정지선 후퇴 등 안전 중심의 디자인 도입
- 현실적인 자전거도로 : 실제 이용하지 않는 자전거도로보다는 이용할 수 있는 자전거도로를 추구

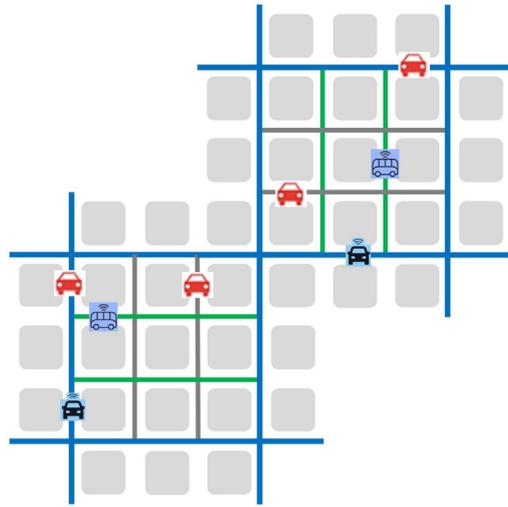
가로공간 디자인 방향을 제시한 주요 항목은 다음과 같음

※ 본 방향은 컨셉 차원의 제안이며 적용을 위해서는 상세한 세부 고려와 설계가 필요

- ① 자율주행 친화 가로 네트워크 구상
 - 대블럭을 둘러싼 간선도로에 자율주행 겸용 또는 우선차로를 설치하여 자율주행자동차 이동을 지원
 - 보조간선 또는 집산도로에는 블록을 남북 또는 동서로 관통하는 구역을 전용구역으로 설정하여 일반 차량과 진출입 동선을 분리하고 공간적 상충을 완화



현재 가로 네트워크

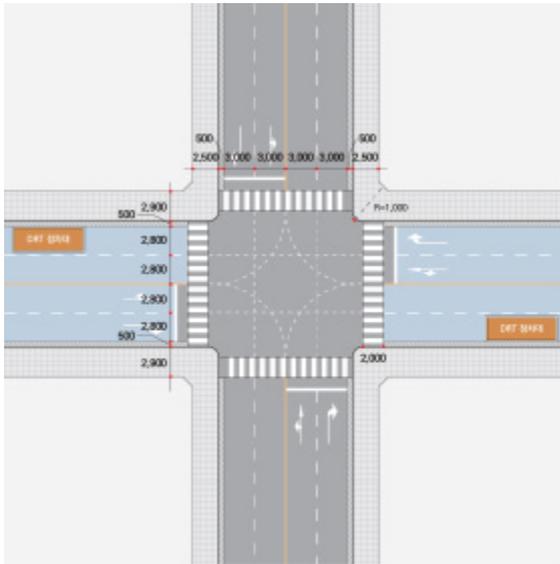


자율주행 친화 가로 네트워크

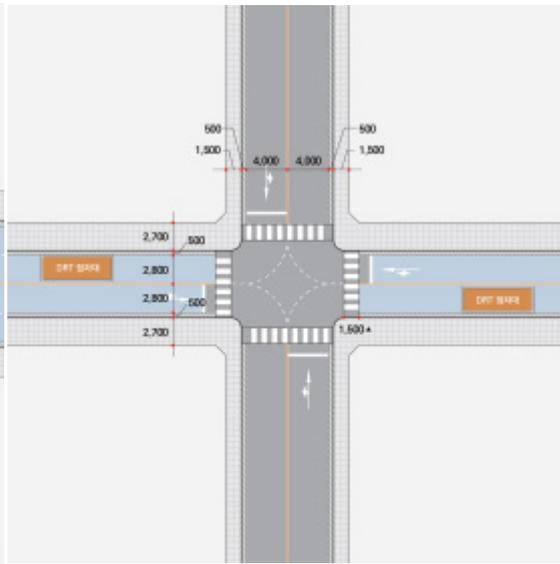
- 간선도로
 - 보조간선/집산도로
 - 자율주행전용구역
 - 자율주행 우선/겸용차로
- 일반차량
 - 자율주행 DRT
 - 자율주행차

② 보조간선도로 디자인 개념

- 가로 12~18m 수준의 보조간선 또는 집산도로를 위한 컨셉으로 충분한 보도폭 확보와 자율주행전용구역을 통한 자율주행기반 모빌리티 승하차 공간 확보



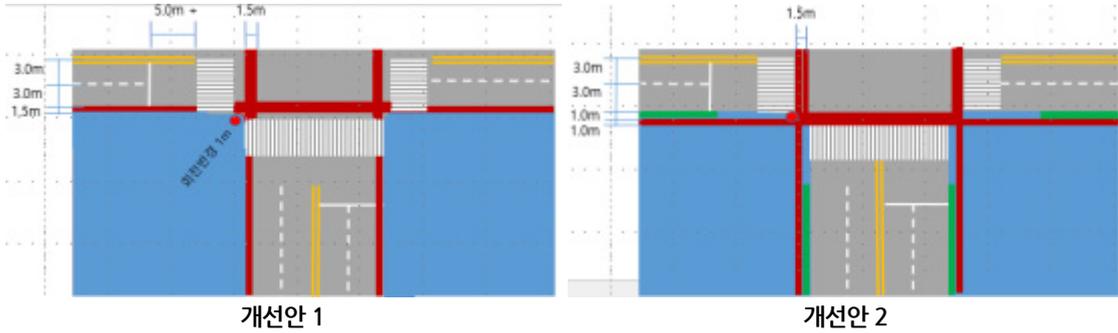
폭 18m 기준



폭 12m 기준

③ 보조간선도로의 교차로

- 우회전 시 차량의 이동 속도를 줄이고, 자전거 이용의 편의 증진
- 차로폭을 3m로 축소하고, 횡단보도 앞 차량 정지선을 후퇴



④ 간선도로기반의 상업/업무지역의 모빌리티 허브

- 대중교통시설, 자율주행 기반 DRT, 자전거도로, 보도를 균형 있게 배치
- 버스정차대와 모빌리티 정차대, 자전거 스테이션을 세트로 배치하여 모빌리티 허브의 역할 수행
- 모빌리티 정차대는 필요할 때 플렉스존의 역할을 수행하며, 시간대에 따라 화물 차량, 푸드트럭 등을 위한 공간으로 활용
- 자율주행 및 버스 겸용 차로로 지정하여 자율주행 기반 차량의 활성화를 촉진



평면도

입체도

차례 Contents

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위	2
3. 연구 수행 방법	3
제2장 자율주행기반 모빌리티 이용 전망	7
1. 자율주행기반 모빌리티	7
1.1. 자율주행 기술의 상용화 및 장점	7
1.2. 자율주행자동차와 서비스 변화	10
2. 교통수단 분담률 변화와 전망	18
제3장 가로 설계 가이드 사례 조사	25
1. 조사개요	25
1.1. 조사대상 및 방향	25
2. 국내 법령 및 지침 검토	27
2.1. 관련 법령	27
2.2. 관련 지침	29
3. 가로공간 디자인 가이드라인 작성 사례	34
4. 자율주행 모빌리티를 고려한 계획 방향 동향	45
4.1. 국내 선행연구	45
4.2. 해외 가이드	48
5. 사례 조사 소결	66

제4장 모빌리티의 가로공간 이용 모델링	69
1. 모델링 개요	69
2. 통신 빅데이터를 활용한 모델링 통행량 추정	72
2.1. 통신 빅데이터 개요	72
2.2. 비교 검증	78
2.3. 연구 대상지 유동인구 분석 상세	83
3. 가로공간 이용행태 모델 시스템 아키텍처	89
4. 모델링 결과	98
제5장 도시 가로공간 디자인 방향	105
1. 가로공간 디자인 방향	105
2. 사례적용(안)	117
2.1. 판교역	117
2.2. 광고 신도시	127
제6장 결론	137
1. 연구 요약	137
2. 연구의 한계 및 향후 연구	140
참고문헌	143

표차례 List of Tables

[표 2-1] 쏘카의 사업 내용	17
[표 2-2] 수도권 수단통행 분담률(2021년)	23
[표 2-3] 수단분담 전망(경기도 기준)	24
[표 3-1] 가로설계 관련 법률 및 가이드라인 사례 검토 대상	25
[표 3-2] 가로공간 설계 관련 법률	28
[표 3-3] 가로공간 영역별 구성요소	32
[표 3-4] 사람중심도로 지침에서 고려하는 주요 설계 요소	33
[표 3-5] 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인 구성 항목	34
[표 3-6] 경기도 공공디자인 가이드라인의 가로시설물 분류	36
[표 3-7] 서울시 유니버설디자인 통합 가이드라인 적용 범위 및 세부항목	37
[표 3-8] 서울시 유니버설디자인 적용지침의 가로공간 설계 요소	38
[표 3-9] 서울시 공공디자인 체크리스트의 도로공간 구분	40
[표 3-10] 서울시 공공디자인 체크리스트의 가로시설물 관련 항목	42
[표 3-11] 자율주행자동차 보급 확산에 따른 도시 가로공간의 변화 방향	59
[표 4-1] SKT 서비스인구 데이터 테이블 정의	73
[표 4-2] SKT 유입인구 데이터 테이블 정의	73
[표 4-3] SKT 유동인구 데이터 테이블 정의	76
[표 4-4] 분당구 월별 서비스인구(단위: 명)	79
[표 4-5] 분당구 월별 유동인구 현황(단위: 명)	79
[표 4-6] 분당구 요일별 유동인구 현황(단위: 명)	80
[표 4-7] 분당구 시간대별 유동인구 현황(단위: 명)	80
[표 4-8] 분당구 시간대별 생활이동 현황(단위: 명)	81
[표 4-9] 분당구 시간대별 생활이동 현황(단위: 명)	82
[표 4-10] 백현동 시간대별 KT와 SKT 자료 현황(단위: 명)	85
[표 4-11] 백현동 기준 출발/도착지 분포(단위: 명)	86

[표 4-12] 성남시 구별 수단통행 분담률(2021년)	87
[표 4-13] 백현동 추정 수단별 이동인구(7~9시 기준)	87
[표 4-14] 모델링 공간의 추정 수단별 이동인구(1시간)	88
[표 4-15] 에이전트 이동 속도 환산표	90
[표 4-16] 1수단과 2수단 매칭표	96
[표 4-17] 수단별 이동인구 시나리오(1시간 기준)	98
[표 4-18] 수단분담 및 환승 비율	99
[표 4-19] 수단별 지표 요약	101
[표 4-20] 추정 및 교통카드 기반 승하차 인구 비교	102
[표 5-1] 판교역 대상지 구간별 특징	117
[표 5-2] 광교 대상지 구간별 특징	127

그림차례 List of Figures

[그림 1-1] 연구의 진행 흐름도	5
[그림 2-1] 자율주행 단계별 구분	8
[그림 2-2] 자율주행의 세계시장 전망	8
[그림 2-3] 로봇택시 요금과 수익 전망	9
[그림 2-4] 우버의 로봇택시 도입시 매출액 추정	9
[그림 2-5] 새로운 모빌리티 서비스 전망	10
[그림 2-6] 차량 공유 시장 전망 : 이용 구분에 따른 분담률	11
[그림 2-7] 국내 신차등록 대수 추이와 서울 나눔카 운영 현황	12
[그림 2-8] 카셰어링 업계 현황 및 전망	12
[그림 2-9] 쏘카 부름 서비스 이용 및 매출 추이	13
[그림 2-10] 자율주행 기반 공유서비스의 경쟁력 추정(2035년 기준)	14
[그림 2-11] 국내 DRT 서비스 경쟁력	15
[그림 2-12] 쏘카가 구상하는 MaaS 플랫폼	17
[그림 2-13] 전 세계 교통수단 수단분담률 전망(2035년)	18
[그림 2-14] 교통수단의 자율화에 따른 수단분담률 변화	20
[그림 2-15] 자율주행자동차의 대중교통 적용 유형	20
[그림 2-16] 도로기반 미래 모빌리티 수단의 보급과 활성화 전망	22
[그림 3-1] 본 연구에서 다루는 가로 유형	26
[그림 3-2] 자율주행 모빌리티 대응 가로공간 설계범위 도출 과정	27
[그림 3-3] 도로 및 가로공간 계획의 관계법령 예시	27
[그림 3-4] 가로공간의 영역 구분 예시	31
[그림 3-5] 내포신도시의 전면공지 조성 방향(가로공간 구분 관련사항)	35
[그림 3-6] 보행자 전용도로의 디자인 가이드라인 예시	40
[그림 3-7] 자전거전용도로, 자동차도로의 디자인 가이드라인 예시	41
[그림 3-8] 차로수 축소 예시(사람중심도로의 설계지침 해설)	43

[그림 3-9] 교통정온화 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)	43
[그림 3-10] 주차공간 확보와 차로폭 좁힘 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)	44
[그림 3-11] 자전거 주정차대 설치 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)	44
[그림 3-12] 고령운전자를 위한 좌회전 도류화 형상(사람중심도로의 설계 지침 해설)	44
[그림 3-13] 자율주행자동차 도입에 따른 차로감소 효과 예시	46
[그림 3-14] 자율주행자동차 도입에 따른 교차로 개선 방안 예시	47
[그림 3-15] 버스정류장 부 설계 예시	48
[그림 3-16] 자율주행기술로 인한 가로 변화 전망(NACTO)	49
[그림 3-17] 자율주행기술로 인한 가로 변화 전망(NACTO)	49
[그림 3-18] 대로의 공간 구성(NACTO)	50
[그림 3-19] 미래 주거지 교차로(NACTO)	51
[그림 3-20] 주거지 교차로의 구성(NACTO)	52
[그림 3-21] 플렉스존 운영 방안 예시(NACTO)	53
[그림 3-22] 자율주행자동차 도입에 따른 도로공간 재배분(도쿄도)	55
[그림 3-23] 커브사이드의 활용(도쿄도)	56
[그림 3-24] 자율주행자동차 차로 이미지(도쿄도)	56
[그림 3-25] 자율주행자동차 확산에 따른 역전광장의 변화 이미지(도쿄도)	57
[그림 3-26] 자율주행서비스 도입을 위한 검토내용	58
[그림 3-27] 도심부 간선도로의 변화 이미지(도쿄도, 2030년)	60
[그림 3-28] 도심부 간선도로의 변화 이미지(도쿄도, 2040년)	61
[그림 3-29] 임해부 간선도로 변화 이미지(도쿄도, 2030년)	62
[그림 3-30] 임해부 간선도로 변화 이미지(도쿄도, 2040년)	63
[그림 3-31] 도심부 지하철 역전 변화 이미지(도쿄도, 2030년)	64
[그림 3-32] 도심부 지하철 역전 변화 이미지(도쿄도, 2040년)	65
[그림 4-1] KT 수도권 생활이동 데이터 생성 프로세스	77
[그림 4-2] KT 수도권 생활이동 데이터의 이동 목적 추정	77
[그림 4-3] 백현동 범위와 격자	84
[그림 4-4] 판교역백현동 범위와 격자	88
[그림 4-5] 모델링 대상지(판교)	89
[그림 4-6] 에이전트 속성	92
[그림 4-7] 수단분담률과 환승비율 지정 프로시저	95

[그림 4-8] 모델 실행 모습	99
[그림 4-9] DRT와 택시 탑승을 위해 대기하는 모습	100
[그림 4-10] 버스 승하차 모습	100
[그림 5-1] 자율주행 친화 가로 네트워크 개념	107
[그림 5-2] 업무/상업지역의 폭 18m 가로 평면도	108
[그림 5-3] 업무/상업지역의 폭 12m 가로 평면도	109
[그림 5-4] 보조간선도로에서의 교차로 개선안	110
[그림 5-5] 모빌리티 정차대의 다양한 활용(안)	111
[그림 5-6] 간선도로 가로공간 디자인 표준1의 평면도	112
[그림 5-7] 간선도로 가로공간 디자인 표준1의 개념도	112
[그림 5-8] 간선도로 가로공간 디자인 표준2의 평면도	113
[그림 5-9] 간선도로 가로공간 디자인 표준3의 평면도	114
[그림 5-10] 업무/상업지역의 도시철도 역 광장 구성 개념	115
[그림 5-11] 자율주행차 중심의 스마트 주차장 디자인(안)	116
[그림 5-12] 판교역 대상 구역 평면도	118
[그림 5-13] 판교역 구역 1 현황	119
[그림 5-14] 판교역 구역 2 현황	120
[그림 5-15] 판교역 구역 3 현황	121
[그림 5-16] 판교역 구역 4 현황	122
[그림 5-17] 판교역 구역 1 변경 후 도면	123
[그림 5-18] 판교역 구역 1 전후 예상도	123
[그림 5-19] 판교역 구역 2 변경 후 도면	124
[그림 5-20] 판교역 구역 2 전후 예상도	124
[그림 5-21] 판교역 구역 3 변경 후 도면	125
[그림 5-22] 판교역 구역 3 전후 예상도	125
[그림 5-23] 판교역 구역 4 변경 후 도면	126
[그림 5-24] 판교역 구역 4 전후 예상도	126
[그림 5-25] 광고 신도시 대상 구역	127
[그림 5-26] 광고 구역 1 현황	128
[그림 5-27] 광고 구역 2 현황	128
[그림 5-28] 광고 구역 3 현황	129

[그림 5-29] 광고 구역 4 현황	129
[그림 5-30] 광고 구역 5 현황	130
[그림 5-31] 광고 구역 1 변경 후 도면	131
[그림 5-32] 광고 구역 1 전후 예상도	131
[그림 5-33] 광고 구역 2 변경 후 도면	132
[그림 5-34] 광고 구역 2 전후 예상도	132
[그림 5-35] 광고 구역 4 변경 후 도면	133
[그림 5-36] 광고 구역 4 전후 예상도	133
[그림 5-37] 광고 구역 5 변경 후 도면	134
[그림 5-38] 광고 구역 5 전후 예상도	135

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

■ 연구의 배경

- 21세기에 들어 4차 산업혁명의 견인 효과로 미래 모빌리티가 점점 부상하고 있으며, 미래 모빌리티가 도입된 환경은 우리의 삶의 방식과 도시 공간구조를 큰 틀에서 변화시킬 것이라는 전망이 쏟아져 나옴
- 국토교통부가 추진하는 모빌리티 특화도시는 미래 모빌리티의 도입에 맞춰 도시의 공간 구조를 재설계하는 수준의 변화를 요구하며, 이를 위해 도시 공간 구조 설계기준의 재정비를 추진 중
 - 모빌리티 혁신 포럼 발족하였으며, 하위 분과위원회에 도시공간구조 분과 운영을 통해 모빌리티 특화도시 조성을 위한 도시공간의 설계기준 변경 등의 의제를 논의함
- 미래 모빌리티 환경에서 핵심 기술은 자율주행이며, 자율주행기술의 확산은 앞으로 자율주행 기반 모빌리티의 이용 패턴과 이동 수요에 변화를 줄 것으로 예상
- 자율주행 기반 모빌리티 서비스는 개인 또는 소규모의 이동이 특성이며, 도시 공간 중에서도 가로공간의 이용에 큰 변화를 줄 것으로 예상됨
 - 자율주행자동차는 이용자가 주차할 곳을 찾지 않아도 됨
 - 개인 중심, 소규모 서비스인 DRT의 활성화는 자율주행 기능과 결합하여 더 자주 서비스되고 도로와 인접한 보도 인근 공간에서의 승하차 패턴에 큰 영향을 줄 것
 - 특히 상업/업무구역에서는 도로에 인접한 보도공간은 자율주행자동차를 위한 승하차뿐만 아니라 화물차의 하역, 정류장, 배송로봇의 모선에 대한 승하차 공간 등 다양하게 활용될 가능성이 높음
- 따라서 미래 도시의 가로 및 가로변 공간이 어떻게 활용될지, 그리고 이에 대응해서 어떻게 설계해야 할지에 대한 이론적 기초의 마련이 필요함

■ 연구의 목적

- 자율주행 기반 모빌리티 서비스의 활성화에 따른 도시 가로공간의 변화에 대응하기 위한 방향을 제시하는 것을 목적으로 하며, 다음의 4가지 세부 목적을 설정함
 - 자율주행 모빌리티 서비스 이용 전망
 - 가로공간 설계의 주요 사항과 미래 가로공간 설계 전망 조사
 - 자율주행 기반 모빌리티 수단의 가로변 공간 이용행태 도출
 - 통신 빅데이터의 활용과 Agent-based 모델을 활용한 가로공간 모델링의 가능성 시험
 - 가로변 공간의 디자인 방향 제시

2. 연구의 범위

■ 시간적 범위

- 자율주행자동차와 서비스가 시작될 것이라 예상되는 2030년에서 일정 수준의 보급이 달성되는 2040년 정도를 기준으로 함

■ 공간적 범위

- 모델링 대상지는 신도시 중 상업 및 업무지역이 잘 발달하여 있으며, 충분한 유동인구가 있는 성남 분당구로 선정함
- 디자인 적용 대상지는 성남 판교역과 광고 신도시의 일정 구간으로 함
- 상업·업무 중심 지역 중 소규모의 한정된 구역을 대상으로 함

■ 내용적 범위

- 가로공간 설계 방향은 가로 네트워크의 전반적인 개념과 가로공간 구상에 대한 개념을 중심으로 제시
 - ※ 가로에 설치되는 다양한 시설물 중 모빌리티 서비스를 위한 시설을 제외하고는 포함하지 않음
 - ※ 예시) 가로등, 가로수, 안전 펜스 등
- 모델링은 가능한 한 단순화하여 대상지에 도착 이후의 상황과 대상지에서의 출발 시 상태만 고려

- 도시 내 교통흐름을 반영하고, 가로공간을 이용하는 수단으로 한정
 - 승용차 / DRT/ 택시 / 버스
 - 광역버스는 가로공간을 이용하므로 반영
 - 도시철도는 수단분담률 측면에서만 고려

3. 연구 수행 방법

1) 주요 연구 내용

- 1장 : 연구개요 : 연구의 목적, 방향 등
- 2장 : 자율주행기반 모빌리티 이용 시나리오
 - 자율주행기반 모빌리티 서비스의 발전 동향
 - 자율주행기반 모빌리티 서비스의 전망
- 3장 : 가로설계 가이드 사례 조사
 - 가로 설계 요소 조사 및 범위 도출
 - 미래 가로설계 방향 전망에 대한 문헌 조사
- 4장 : 모빌리티의 가로공간 이용 모델링
 - 통신빅데이터를 활용한 모빌리티 모델링을 위한 통행량 추정 가능성 검토
 - Agent-based 모델링을 이용한 모빌리티의 가로공간 이용 모델링
- 5장 : 도시 가로공간 디자인 방향
 - 가로변 공간 설계 방향 설정
 - 디자인 방향의 사례적용 및 시각화
- 6장 : 결론
 - 연구의 한계 및 향후 연구

2) 연구의 수행 방법

■ 문헌 자료 및 사례 조사

- 자율주행기반 모빌리티 서비스 시나리오 분석을 위해 문헌자료 및 사례 조사
 - 자율주행기반 수단의 발전 동향 및 시범, 실증, 상용 서비스 현황 조사
- 가로변 공간 설계의 지침과 방향, 자율주행의 영향에 의한 미래 가로공간 설계 전망 문헌 조사
 - 국내외의 가로변 공간 설계의 가이드 조사
 - 자율주행자동차, 배송로봇 등의 이용을 고려할 때 검토해야 하는 가로(변) 시설, 공간 활용 등에 관한 개념 설정 및 관련 연구 조사

■ 전문가 그룹 및 관련 기관 자문

- 빅데이터 분석 및 모델링 관련 전문가 자문
 - 빅데이터 분석과 모델링을 위한 기술 사항에 대한 자문 수행
- 가로변(또는 가로 포함) 공간의 설계 방향에 대한 전문가 의견 수렴
 - 도출된 설계 방향에 대한 전문가 인터뷰 등을 통한 의견 수렴 및 보완
- 자율주행기반 모빌리티 서비스 기술의 발전에 대한 전문가 의견 수렴

■ 통신 빅데이터 분석

- **상업·업무지역의 유동인구 및 분석** : 통신사에서 제공하는 이용 통신 빅데이터를 이용하여 특정 구역(분석 대상지역)의 방문자 분포 분석
 - 방문자 유형 분류 : 거주, 직장, 방문
 - 시간대 : 24시간(1시간 단위)
 - 분석 스케일 : 100m x 100m 격자
- 시군구 단위의 외부 유입 인구수 분석
 - 현재 시각화 수준은 시군구이지만, 원자료는 더 작은 구역으로 구분할 수 있으므로, 데이터 처리를 통해 더욱 세밀하게 분석
- 위의 2가지 자료를 이용하여 분석 대상 지역의 이용자 유형별, 시간대별 가로 이용 패턴 분석 수행

■ 마이크로 레벨 모델링

○ Agent Based Model를 이용한 모빌리티 서비스 및 가로변 공간 이용 행태 모델링

- Agent Model은 교통흐름의 분석을 위한 교통 시뮬레이션에 비해 각 모빌리티 수단(agent)의 행동 특성을 자세하게 규정하여 행동을 수행할 수 있음
- 가로변에서 승객의 승하차, 자율주행자동차의 정차를 위한 대기 등 연구에 필요한 특정 행동 모사 가능



[그림 1-1] 연구의 진행 흐름도

제2장 자율주행기반 모빌리티 이용 전망

1. 자율주행기반 모빌리티

1.1. 자율주행 기술의 상용화 및 장점

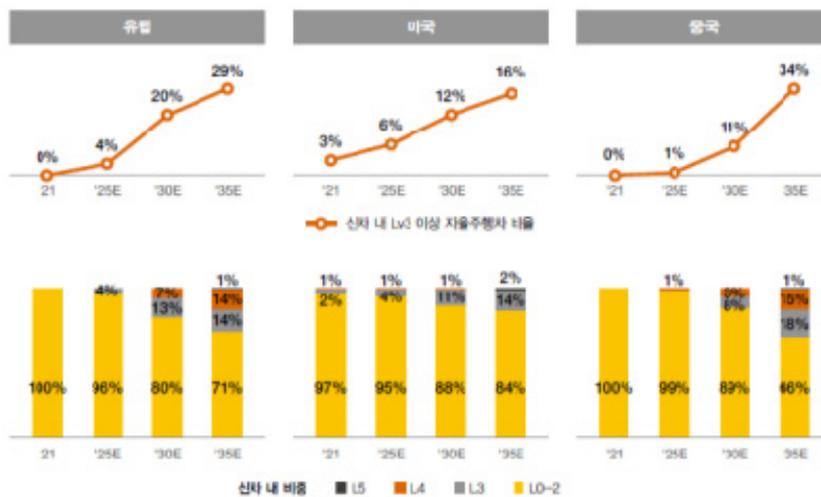
■ 자율주행 기술 상용화 전망

- 자율주행은 운전자 또는 승객의 조작 없이 이동 수단이 자체적으로 인지·판단·제어를 수행하여 운전하는 것을 의미
- 일반적으로 Lv3(필요 구간에만 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 운영을 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 자율주행자동차는 2035년 이후에도 전체 신차 중 1% 미만으로 예상



[그림 2-1] 자율주행 단계별 구분

자료: 변완희(2021)

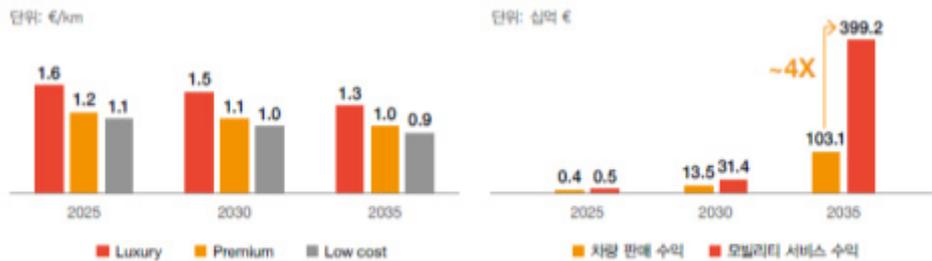


[그림 2-2] 자율주행의 세계시장 전망

자료: PwC (2021)

■ 자율주행기술 적용의 경제적 이익

- 비즈니스 공급자 측면에서 완전자율주행자동차는 운전자가 불필요함으로써 인건비 절감을 통해 서비스 운영 가격 인하가 가능함
 - 서울연구원의 연구에 의하면 완전자율주행으로 인해 운전자의 인건비 부담이 없다면 현재의 버스요금 1,200원에서 200원으로 인하 가능
 - 우버 등 모빌리티 업체에서는 운전자를 대체를 통해 대당 10만 달러(약 1억3천만 원) 수준의 자율주행자동차를 구매하면 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



로보택시 보급에 따라 차량가격 하락 및 택시 이용 요금 하락 가정

로보택시 이용 요금

글로벌 로보택시 수익 전망

[그림 2-3] 로보택시 요금과 수익 전망

자료: PwC (2022)

	2020년	Base case	Bear case	Bull Case
	총 거래액	26,614	17,565	16,101
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

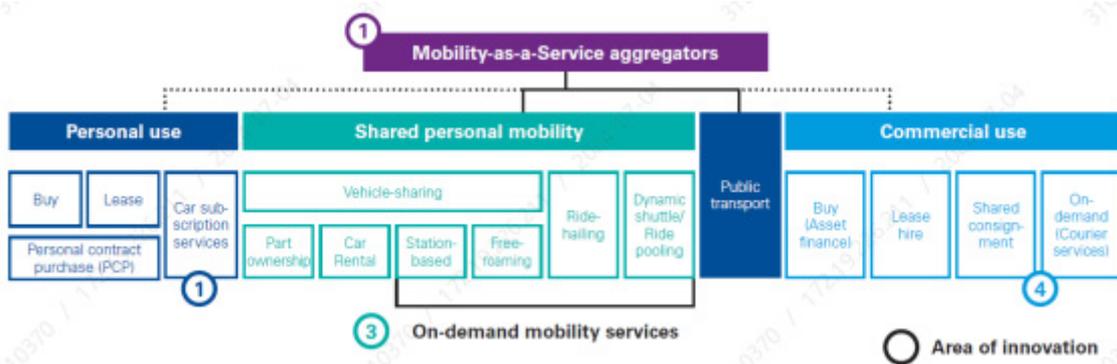
참고: Base case: 1) 운행당 요금, 기존의 60% 2) OEM 분배 50% 수수료
 Bull case: 1) 운행당 요금, 기존의 70% 2) OEM 분배 40% 수수료
 Bear case: 1) 운행당 요금, 기존의 50% 2) OEM 분배 60% 수수료

[그림 2-4] 우버의 로보택시 도입시 매출액 추정

자료: 우버, 삼성증권

1.2. 자율주행자동차와 서비스 변화

- 근 미래에 자율주행자동차의 활성화가 현재의 이동 수단선택의 경향을 바꿀 것으로 전망되고 있음
- 특히 도로교통분야에서 개인 승용차 이용, 기존 대중교통, 새롭게 부상 중인 수요응답형 서비스(On Demand Service), 물류 분야의 변화가 클 것으로 예상
- 특히 완전자율주행자동차와 차량 공유서비스가 융합하면 개인 승용차가 담당하던 통행량의 상당 부분이 자율주행 택시(로보택시) 또는 자율주행 셔틀, DRT 등으로 옮겨갈 것으로 전망
 - 현재 카셰어링, 택시 등 차량 기반 On-demand 서비스들은 모두 완전자율주행 기반의 공유서비스로 전환할 것으로 예상
- 그림에서 보듯이 수요응답형서비스는 차량공유와 택시(Ride-hailing), 셔틀 등의 분야를 모두 포함하고 있으며 큰 변화가 예상됨
 - 장기적으로는 이런 형태의 서비스는 하나의 서비스로 통합될 가능성이 높음
- 향후 이용자 이동 행태와 수단분담률이 변화할 수 있게 하는 것은 자율주행기술과 더불어 MaaS(Mobility as a Service)를 통한 통합 교통서비스의 활성화 수준에 달려 있음



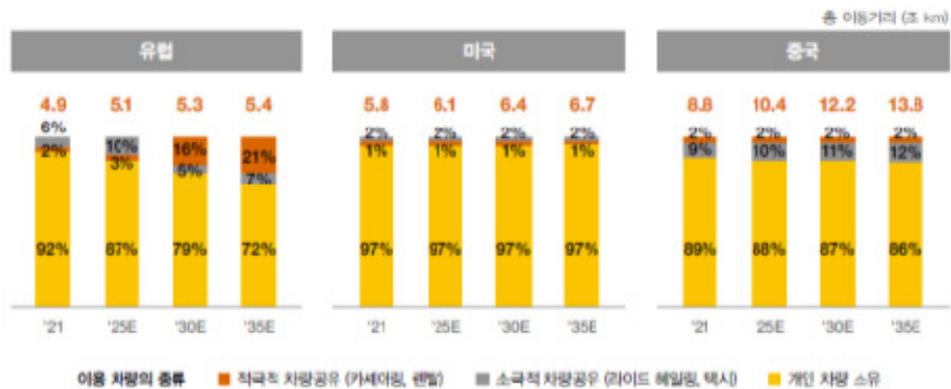
[그림 2-5] 새로운 모빌리티 서비스 전망

자료: Simpson et al.(2019)

1) 차량 공유 및 구독 서비스

■ 전 세계 전망

- 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
- 차량 렌탈 서비스는 기존의 장기 렌탈이나 개인 리스에서 구독 서비스로 그 수요가 이동하고 있음
 - 구독 서비스는 월단위 구독도 있지만, 우리가 잘 알고 있는 카셰어링 형태의 시간 단위 렌탈 등도 있음
 - 국내의 경우 월 단위의 구독 서비스보다는 시간 단위의 카셰어링 서비스가 더 활성화되어 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

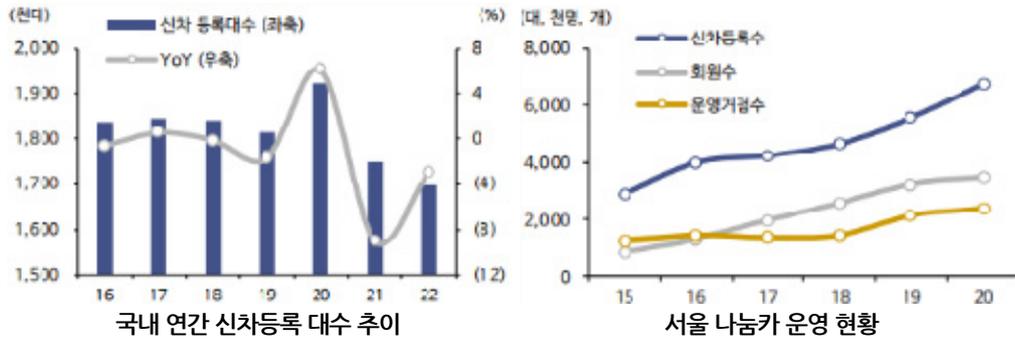


[그림 2-6] 차량 공유 시장 전망 : 이용 구분에 따른 분담률

자료: PwC (2021)

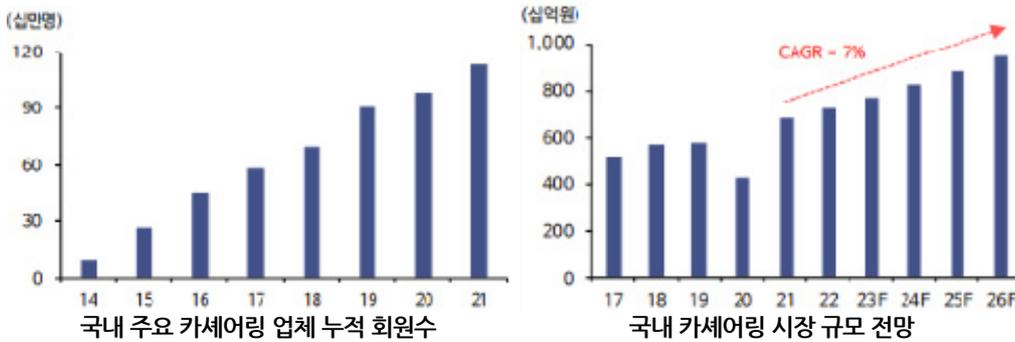
■ 국내 전망

- 국내의 차량 공유 서비스 역시 꾸준히 성장하고 있으며 전망이 밝음
 - 2021년 이후 국내 신차 등록 대수가 꾸준히 감소하고 있으며, 쏘카와 그린카의 누적 회원 수가 1,100만 명 수준
 - 서울 나눔카 역시 신차등록수, 운영거점, 회원수 등 꾸준히 성장
 - 2021년 이후 연 7%의 성장이 예상



[그림 2-7] 국내 신차등록 대수 추이와 서울 나눔카 운영 현황

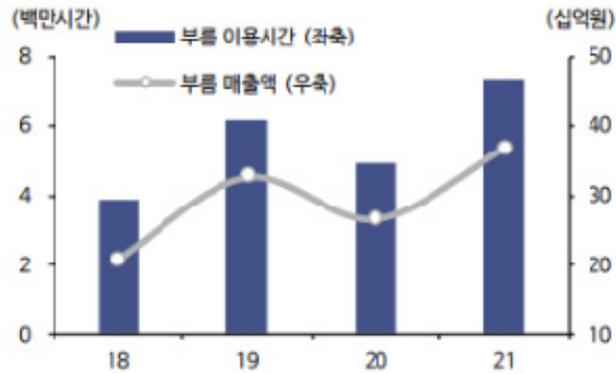
자료: 국토교통부, 서울특별시 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.07.14.읽음).



[그림 2-8] 카셰어링 업계 현황 및 전망

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.07.14.읽음).

- 현재 이미 일정 수준의 활성화가 이루어져 있는 차량공유는 자율주행자동차가 본격적으로 도입 및 활성화되기 시작하는 2028년을 기점으로 폭발적으로 성장할 것으로 전망
 - 쏘카의 부름서비스¹⁾ 이용객 수가 전반적으로 증가 추세



[그림 2-9] 쏘카 부름 서비스 이용 및 매출 추이

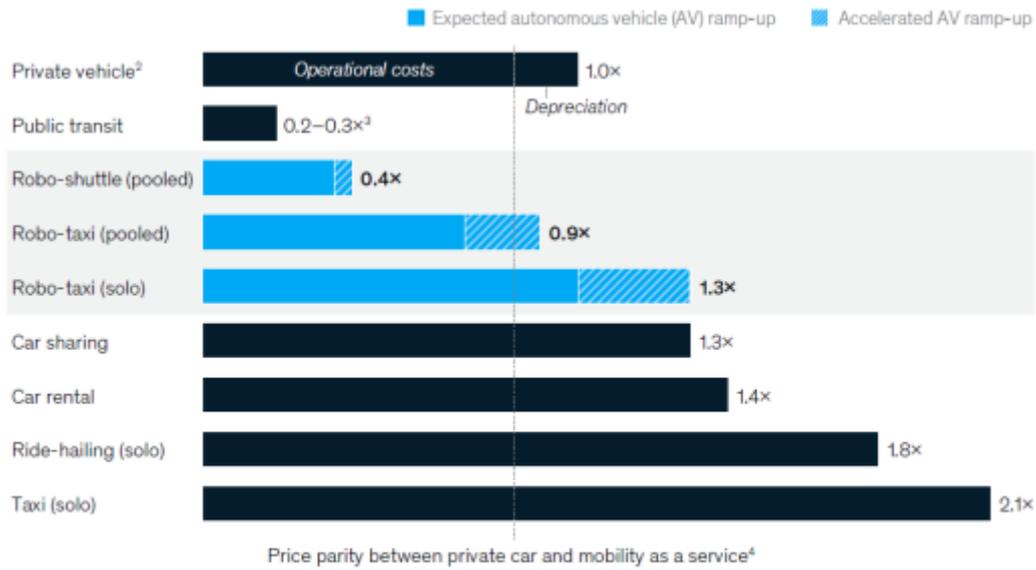
자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.07.14.읽음).

- 부름서비스의 이용 증대가 중요한 이유는 자율주행자동차가 도입되면 모든 카셰어링차에 부름서비스가 실질적으로 적용이 되는 것과 같은 효과가 있음
- 고객 경험 측면에서 큰 영향을 미치고, 카셰어링이 더욱 경쟁력을 가질 것으로 전망

■ 차량 공유 서비스의 경쟁력

- 차량 공유 역시 어떤 유형이냐에 따라 차이가 존재함
- 그러나 자율주행 셔틀의 경우 이용자가 부담하는 비용은 개인승용차의 40% 수준으로 예상됨
- 로보택시(합승 기준) 비용 역시 개인 승용차 대비 90% 수준
- 일반적인 카셰어링, 차량 렌탈, 택시 모두 자율주행 기반 서비스보다는 경쟁력이 약한 것으로 예측됨
- 그러나 여전히 기존의 대중교통은 자율주행기반 셔틀보다도 가격 경쟁력은 여전히 큰 것으로 예측되지만, 서비스의 질 측면에서 차이가 큼
- 따라서 자율주행기반 서비스는 개인 승용차 이용과 택시, 카셰어링 등에서 충분히 이용자가 이동할 것으로 전망
- 그리고 대중교통에서도 서비스의 질 측면에서 일정 수준의 이동이 있을 것으로 전망됨

1) 부름카 서비스는 이용자가 직접 차량이 주차된 장소로 가지 않고 차량이 이용자 근처로 오는 서비스로 별도의 이용 요금을 지불



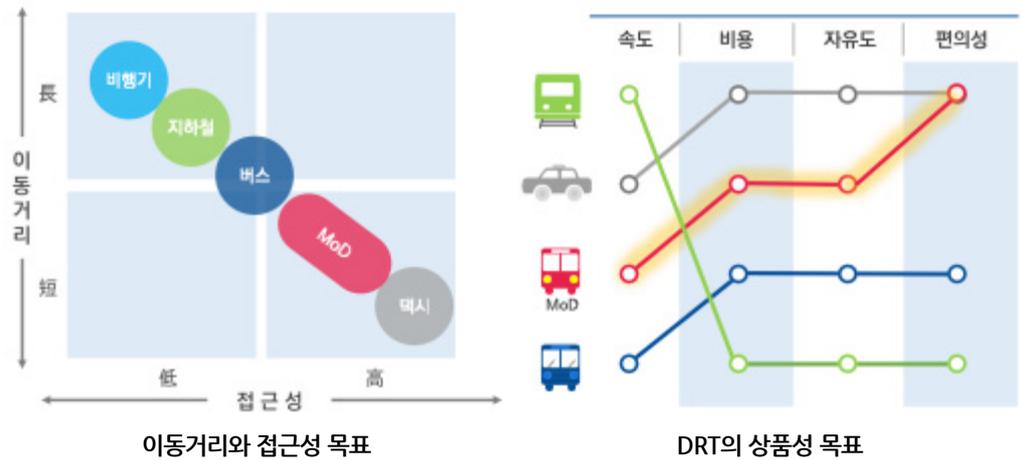
¹For shared modes, end-customer price per PMT; for private vehicle, manufacturer suggested retail price (MSRP) share per year and operational costs (eg. maintenance, insurance, charging, cleaning, parking, tolling, financing, etc).
²Assumed MSRP of \$34,360 and PMT of 197,106 miles.
³Varies by trip length.
⁴Depending on city-specific pricing and trip length.
 Source: McKinsey Center for Future Mobility

[그림 2-10] 자율주행 기반 공유서비스의 경쟁력 추정(2035년 기준)

자료: McKinsey & Company(2023)

2) 수요대응형 모빌리티(DRT)

- 국내의 수요대응형 모빌리티(DRT) 서비스는 아직 시작 단계이며, 시범 사업 수준에 머물고 있음
 - 현대자동차의 셔클, Ciel Mobility의 검단신도시 I-MOD, 스튜디오 G의 과천 바로DRT, 42dot의 포항 스마트시티 챌린지 등 다수의 사업이 진행
- 현재 국내에서 DRT의 위치는 버스와 택시의 중간 수준의 이동성과 접근성 확보를 목표로 사업이 진행되고 있음
 - DRT는 속도, 비용, 자유도 측면에서 택시와 버스의 중간 수준의 서비스를 제공하고, 편의성 측면에서는 택시와 동급의 서비스 제공을 목표로 함



[그림 2-11] 국내 DRT 서비스 경쟁력

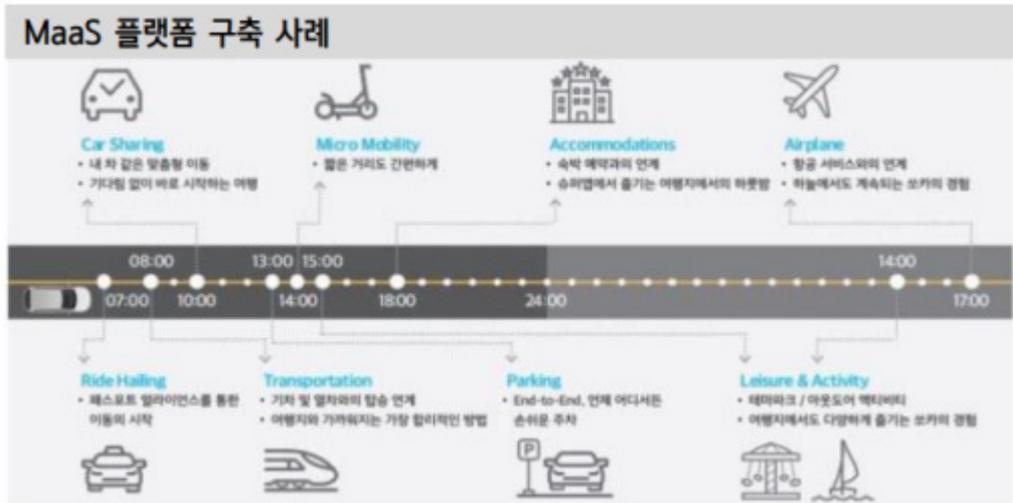
자료: Ciel Mobility(2024) 인터뷰 자료 (2024.07.14).

- Ciel Mobility의 내부 제공 자료에 의하면 김단신도시(I-MOD)의 운영에서 가입자 19,112명이 114,964회 이용하여 1인당 평균 6회 정도 이용함
 - ※ 호출 건수는 1인당 10.5회로 운행 차량 제한(16인승 4대), 이동 시간 제약 등으로 인한 서비스 불가가 1인당 4.5회 정도 발생
 - 최근 일 년간 월평균 5,600인, 하루평균 228명 서비스 수행
- 버스와의 대기시간을 비교하면 인천시 버스 평균 대기시간 18분에 비해 28% 감소한 평균 13분의 대기시간이 소요됨
- 현 단계에서 교통 취약지구에서 충분히 경쟁력을 가지고 있지만, 도시 전체로의 확대에 대해서는 여전히 불확실성이 높음
- 그러나 자율주행 기술과의 융합은 경쟁력을 강화할 것으로 판단함

3) MaaS

- MaaS는 다양한 모빌리티 서비스를 개인의 요구에 맞춰 원스톱 서비스를 제공하는 것이 목적
- 더 중요한 것은 MaaS는 개인과 사업자들이 궁극적으로 개인 또는 회사 소유의 소유를 최소화할 방법을 제공하고, 이를 통해 차량 공유를 확대하는 것

- 현재의 MaaS는 대체로 공공과 민간의 분리된 상태로 서비스를 제공하고 있으며, 장기적으로는 공공과 민간의 통합이 이루어져야 목적을 달성할 수 있음
- 대표적인 MaaS 서비스 업체인 핀란드 MaaS Global은 영국에서 고객들에게 철도, 버스, 택시, 차량 렌탈, 공유 자전거를 하나의 앱(Whim)으로 서비스를 제공했음
- 국내 역시 Kakao 모빌리티에서 유사한 서비스를 제공하고 있으며, 미국 덴버, 로스앤젤레스, 라스베이거스, 싱가포르, 스페인 바르셀로나, 독일 하노버, 오스트리아 빈, 프랑스 파리 등 전 세계 많은 국가의 도시들에서 시범 사업과 상용 서비스가 진행되고 있음
- 그러나 현실적으로 MaaS 서비스가 완전한 비즈니스 모델이 되기 위해서는 여러 가지 문제점이 있음
- 최근 2024년 3월 가장 성공적인 업체였던 MaaS Global이 최종 부도처리 된 것이 주요한 예시
- MaaS는 분명히 차량 공유를 확대하고, 새로운 사업 모델을 제공할 기회지만, 정부 정책과 규제, 운영사의 상업적 이익, 이용객의 요구와 경험 만족도 간의 균형이 이루어져야 함
- 단기적으로 카셰어링 업체는 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



[그림 2-12] 쏘카가 구상하는 MaaS 플랫폼

자료: 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.07.14.읽음).

[표 2-1] 쏘카의 사업 내용

구분	사업내용
카셰어링	<ul style="list-style-type: none"> 비대면 초단기 및 월단위 차량 대여 서비스 렌터카 업체와 쏘카 회원을 중개하여 렌터카 업체로부터 차량을 대여하는 서비스 카셰어링 영업에 사용한 차량을 매각
플랫폼 주차서비스	<ul style="list-style-type: none"> 주차장 정보 검색 및 결제 플랫폼 (모두의 주차장)
마이크로 모빌리티	<ul style="list-style-type: none"> 전기자전거 공유서비스 (일레클)
기타	<ul style="list-style-type: none"> 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

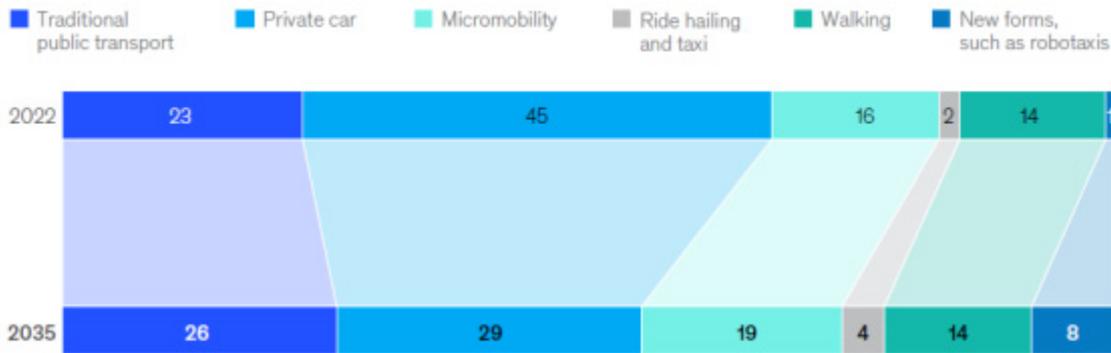
자료 : 신한은행, 신한투자증권 in 원재희 외(2023), 혁신성장(모빌리티), 신한 IntheStory, 신한은행 (2024.03.14.읽음).

2. 교통수단 분담률 변화와 전망

1) 글로벌기준 수단분담률 변화 전망

■ 자율주행자동차에 의한 장래 수단분담률 변화

- 2022년 기준 전세계의 교통수단은 여전히 개인 승용차가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 기존의 도시철도와 버스 중심의 대중교통, PM/자전거 등의 마이크로모빌리티, 보행 순으로 비중이 높음²⁾
- 자율주행 기술의 활성화는 개인 승용차 이용을 줄이고, 로봇택시와 같은 새로운 형태의 모빌리티 수단의 비율이 증가할 것으로 전망됨
 - 2035년에 현재 1% 수준에서 8% 수준으로 증가 전망
 - 기존 대중교통 수단도 3% 정도, 택시와 차량 공유도 2%, 마이크로 모빌리티 역시 3% 정도의 증가가 예상
 - 개인 승용차는 16% 정도 감소 예상



[그림 2-13] 전 세계 교통수단 수단분담률 전망(2035년)

자료: Heineke et al.(2023)

- 세계적인 추세와 국내 추세가 완전히 일치하기는 쉽지 않으므로 국내 교통수단 분담률에 대한 검토와 고려가 필요함

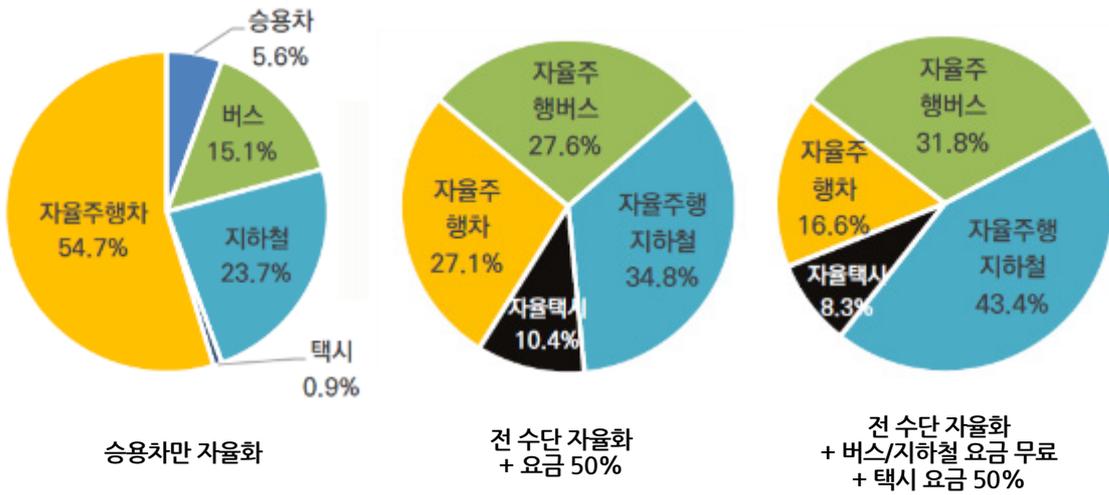
2) K. Heineke, N. Laverty, T. Möller, and F. Ziegler(2023), "The future of mobility", *McKinsey Quarterly*, Vol59(2), pp.76~89.

2) 국내 통행 변화 전망

■ 국내의 자율주행자동차에 대한 선호

- 자율주행 기반 교통수단들의 요금 정책에 따라 선호와 선택의 수준이 크게 달라질 것으로 나타남
- 한영준(2022)의 연구에 의하면 서울과 경기도 주민의 자율주행자동차에 대한 선호도는 높게 나타남³⁾
 - 시외·시내 통행과 관계없이 자율주행자동차에 대한 선호가 높게 나타남
 - 승용차만 자율주행을 도입한 경우
 - 서울 시내 통행에서는 응답자의 54.7%가 자율주행자동차로 전환 의향을 나타냄. 지하철(23.7%), 버스(15.1%), 승용차(5.6%), 택시(0.4%)
 - 서울-경기 간 통행에서 58.7%의 응답자가 자율주행자동차를 선택, 지하철(18.1%), 버스(13.4%), 승용차(8.6%), 택시(1.1%)
 - 전 교통수단을 자율주행화하고, 버스, 지하철, 택시의 요금을 50% 선으로 책정했을 경우
 - 자율주행지하철 34.8%, 자율주행버스 27.6%, 자율택시 10.4% 자율주행자동차 27.1%로 조사
 - 전 교통수단을 자율주행화하고, 버스와 지하철의 요금을 무료로 하고 택시의 요금을 50%선으로 책정했을 경우
 - 자율주행지하철 43.4%, 자율주행버스 31.8%, 자율택시 8.3% 자율주행자동차 16.6%로 조사
 - 위의 연구 결과를 종합하면 가격 책정에 따라 자율주행 기반 교통수단 선택에 큰 차이가 있으며, 가격 경쟁력을 확보한다면 택시나 자율주행기반 DRT 등에 대한 수요가 충분히 증가할 것이라 예상

3) 자율주행의 장점인 인건비 절감으로 인한 요금 인하 가능성을 주목하여 연구를 수행



[그림 2-14] 교통수단의 자율화에 따른 수단분담률 변화

자료: 한영준(2022)

3) 자율주행자동차와 서비스 확산의 장애 요인

- 자율주행기반 모빌리티 서비스의 활성화를 위해서는 영향력이 큰 대중교통 수준의 적용 사례가 필요
 - 현재의 자율주행 기반 서비스는 안전과 적용이 쉬운 단계에서 운영되어 실제 교통수단으로서의 영향력은 적음. 따라서 실질적인 교통수단으로 작동할 수 있도록 서비스의 수준과 난이도 높일 필요가 있음

적용의 쉬움		영향력	
1. 도심/캠퍼스 셔틀	2. 도시 외곽 지선 서비스	3. BRT 서비스	4. 도심 고정 노선 서비스
			
복잡하지 않은 교통 환경에서 제한된 속도의 서비스 제공	도시 외곽에서 대중교통 허브와 주거 등 연결	전용차로와 적은 정류장 수를 가진 고정 노선 서비스	복잡한 교통 환경에서 복잡한 이동과 승하차 필요

[그림 2-15] 자율주행자동차의 대중교통 적용 유형

자료: Arthur D. Little and Polis(2024)의 그림을 저자 재작성

- 자율주행기반 모빌리티 서비스의 활성화를 위해서는 성공한 비즈니스 모델이 필요
 - 자율주행기술, MaaS 등 관련 기술과 서비스는 많은 장래 성공 전망에도 불구하고 아직은 성공적인 비즈니스 모델을 만들어 내지 못하고 있음

- 최근의 GM 산하 크루즈의 철수와 MaaS의 대표주자인 Whim의 파산 등 비즈니스 환경이 좋지 않음
 - 초기 투자 비용이 과도한 것에 비해 수익모델이 불확실함
 - 경쟁이 치열하고, 고객의 니즈와 제공할 수 있는 서비스가 불일치
 - 기존 교통 시스템과의 연계가 어려움
- 모든 신산업이 마찬가지지만 산업의 확산과 정착을 위해서는 성공적인 비즈니스 모델이나 강력한 전환 요인이 필요
 - 대표적으로 전기차의 경우 전 세계적인 친환경 정책의 호응, 폭스바겐의 디젤게이트, 그리고 테슬라의 등장과 합리적인 전기차 가격이 성공과 확산에 큰 역할 함
- 자율주행 기술의 안전에 대한 확신이 필요
 - Lv 4 이상 수준의 자율주행 기술에 대한 이용자의 신뢰도 개선 필요
 - Lv2 수준의 자율주행기술은 이미 광범위하게 채용 및 활용되고 있음(Ruosch et al., 2024)
 - 반면 현재 기준 64%의 운전자가 Lv5 수준의 자율주행 기술에 대해서 안전하지 못하다고 생각하며, 향후 미래에도 여전히 47%는 안전하지 않으리라고 생각함 (Ruosch et al., 2024)

4) 장래 전망

■ 자율주행자동차 보급

- 기술과 차량 생산의 측면에서 자율주행자동차의 보급은 이미 거의 완성 단계임. 다만, 가격과 보험, 사고 시 책임 소재 등의 문제가 남아 있음
- 그러나 여전히 라이다 등 다수의 센서 장비와 정밀지도 기반의 자율주행과 카메라와 Mapless 기반의 자율주행 기술의 경쟁은 남아 있음
 - 과거와 달리 현재는 테슬라와 중국 기업을 중심으로 mapless 방식의 자율주행기술이 확산하고 있음
 - 정밀지도 구축이 큰 비용을 요구하기 때문에 가격 경쟁력을 약화하는 데 반해 mapless는 이런 비용을 요구하지 않아 경쟁력이 높음
- ※ 저자의 판단으로는 중장기적으로는 인공지능의 발전이 가속화되므로 mapless 자율주행기술이 대세가 될 것으로 전망함

- 차량 보급 측면에서 장래 국내 자율주행자동차 비율은 2030년에는 약 2%, 2035년에는 5%, 2039년 정도에 10%를 달성할 것으로 전망함(신도겸 외, 2023)
 - 2030년에는 자율주행 기반 서비스는 자율주행 버스, 셔틀, 택시, DRT가 다수를 차지할 것으로 전망(신도겸 외, 2024a)
 - 2035년부터 자율주행 승용차와 자율주행 모빌리티 서비스가 그 비율을 양분하기 시작할 것으로 전망(신도겸 외, 2024a)



[그림 2-16] 도로기반 미래 모빌리티 수단의 보급과 활성화 전망

자료: 신도겸 외(2024a)의 그림을 저자 재작성

■ 국내의 자율주행 기반 모빌리티 서비스 전망

- 국내의 통행 현황과 사람들이 행동 특성을 보면 자율주행자동차가 본격화되어도 승용차 이용의 급격한 감소는 없을 것으로 예상됨
- 승용차 이용자들이 미래에 얼마나 개인 승용차 이용을 포기할 것인가에 대한 의견은 전망마다 큰 차이를 보임
 - Arthur D. Little and Polis(2024)의 조사에서는 장래에 승용차 이용을 포기할 의지가 있는 개인은 30% 수준에 불과
 - 반면, Deloitte(2024)의 설문조사에서는 향후 10년 이내에 승용차 소유자가 80%에서 40%로 감소할 것으로 전망(50% 감소 효과)
- 선호도 조사에서는 자율주행자동차에 대한 선호가 높게 나타나지만, 실제 선택

은 조사결과 수준에 미치지 못할 것으로 판단됨

- 설문조사 시 응답자 입장에서는 상당히 제한된 정보만을 가지고 판단함
- 자율주행 승용차의 경우 사람들의 체감하는 장점과 기술에 대한 우려, 가격 등 다양한 조건이 맞아 선택을 할 수 있으므로 급격한 증가는 기대하기 어려움
- 따라서 성공적인 공유 모빌리티로의 전환을 위해서는 개인 승용차를 포기하지 않는 50~70%가 개인승용차에서 자율주행기반 모빌리티 서비스로 전환할 수 있도록 정책과 모빌리티 수요관리가 필요
- 다양한 전망을 참조하면 자율주행 택시로 대변되는 새로운 자율주행기반 모빌리티 서비스가 전반적으로 8~10% 정도까지는 점유할 수 있을 것으로 예상함
 - 자율주행으로 인한 운전자 비용의 절감 등 이익이 크므로, 기업은 빠르게 자율주행기반 서비스로 전환할 것으로 전망됨
 - 고객 입장에서는 요금이 중요하며, 적절한 요금 정책이 필요

■ 국내 수단분담률 전망

- 국내 수단분담률을 살펴보면 서울시와 비 서울시의 차이가 큼
- 서울시는 도시철도가 촘촘하게 서비스되고 있어 상대적으로 승용차 이용이 낮는데 반해 다른 지역은 승용차 이용 비율이 높음
- [표 2-2]에서 보듯이 서울시는 버스와 철도/지하철 이용 비율이 승용차보다 높지만, 경기도/인천시의 경우 승용차 이용 비율이 더 높음.
 - 경기도와 인천시를 비교하여도 철도/지하철과 도보 이용 비율이 인천시가 더 높음. 이는 도시철도의 서비스 수준과 도시지역일수록 승용차 이용 비율이 상대적으로 낮아지는 것을 의미함

[표 2-2] 수도권 수단통행 분담률(2021년)

구분	승용차	버스	철도/지하철	택시	도보	기타
서울시	23.0	17.0	18.0	2.5	34.0	5.5
경기도	47.5	13.8	4.8	1.9	26.8	5.3
인천시	40.8	12.9	7.3	2.7	29.9	6.4
글로벌 평균 (2022년)	45.0	23.0		2.0	14.0	17.0

주) 버스(시내버스, 고속, 시외, 기타버스), 기타(화물차, 자전거, 오토바이, 전동킥보드, 전동휠체어, 항공, 선박, 기타)

출처: 경기연구원 외(2022), 「2022년 수도권 여객 O/D 전수화 공동사업」

- 글로벌 평균은 서울보다는 경기도와 인천시와 비슷함. 다만, 가장 큰 차이점은 마이크로 모빌리티와 도보에 있음
 - 우리나라의 경우 PM/자전거, 오토바이 등의 이용 비율이 대단히 낮음
 - 인천의 경우 승용차와 대중교통 이용률은 세계 평균과 비슷한 경향이 있음
 - 경기도는 승용차 이용 비율은 세계 자료와 비슷하지만, 대중교통 이용 비율은 상당히 낮음
 - ※ 다만 전 세계 평균은 개도국을 포함하고 있으므로 단순 비교하기는 어려움
- 이상의 조사 결과를 정리하여 경기도를 기준으로 수단분담률 전망하면 다음과 같음
 - 기존 대중교통은 소폭 증가(안용준 및 McKinsey 자료 참고)
 - 단계별(5년마다) 버스는 0.5% 증가, 도시철도는 1% 증가
 - 택시 수요의 절반은 로보택시 등 자율주행 기반 서비스로 전환
 - 단계별(5년마다) 0.5% 감소
 - 승용차 수요의 감소분이 자율주행 승용차와 자율주행기반 서비스로 전환
 - ※ 단 전체 자율주행 기반 도로 교통수단의 비율은 연도별 예상 비율(신도겸 외, 2023)을 넘지 않음
 - 도시지역 한정으로 도보의 비율이 이미 높고, 기타에 해당하는 오토바이 등의 이용이 국내에서는 저조하므로 도보와 기타는 변화 없을 것으로 전망

[표 2-3] 수단분담 전망(경기도 기준)

시기	승용차	자율주행 승용차	버스	도시철도	택시	자율주행 기반 서비스 (로보 택시, DRT, 셔틀)	도보	기타
현재	47.5	-	13.8	4.8	1.9	-	26.8	5.3
2030	44.5	-	14.3	5.8	1.4	2.0	26.8	5.3
2035	40.5	2.0	14.8	6.8	0.9	3.0	26.8	5.3
2040	33.5	5.0	15.3	7.8	0.4	6.0	26.8	5.3

제3장 가로 설계 가이드 사례 조사

1. 조사 개요

1.1. 조사 대상 및 방향

1) 조사대상

- 본 절에서는 가로(도로)공간 설계와 관련한 설계 영역 및 범위 도출 등 가로 설계를 위해 중점적으로 고려해야하는 요소를 파악함
- 이를 위해 가로공간(보도, 도로, 자전거도로 등)과 관련한 법령 및 지침, 가로공간 설계 가이드라인 작성 사례 등을 검토

[표 3-1] 가로설계 관련 법률 및 가이드라인 사례 검토 대상

구분	검토대상
관련법령 및 지침	<ul style="list-style-type: none"> • 도로법_도로의 구조 시설기준에 관한 규칙 • 도로교통법 • 교통약자의 이동편의 증진법 • 보행안전 및 편의 증진에 관한 법률 • 자전거 이용 활성화에 관한 법률 등 • 보행자 중심의 가로경관 가이드라인(국토부, 2014) • 도로설계기준 (국토부, 2016) • 고령자를 위한 도로설계 가이드라인 (국토부, 2020) • 사람중심도로 설계지침(국토부, 2021)_국토부훈령 제1373호 • 보도 설치 및 관리지침(국토부, 2021) • 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침 (행안부·국토부, 2022) • 보행자우선도로 매뉴얼(행안부, 2022) 등
가로공간 디자인 가이드라인 등	<ul style="list-style-type: none"> • 서울시 가로설계·관리 매뉴얼(서울시, 2017) • 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인(충청남도, 2017) • 김해시 가로환경시설물 디자인 가이드라인(김해시, 2018) • 경기도 공공디자인 디자인 가이드라인(경기도, 2019) • 서울시 유니버설디자인 적용지침(서울시, 2021) • 가로시설 디자인 가이드라인 및 설치기준 (새만금개발청, 2021) 등
기타 문헌	<ul style="list-style-type: none"> • 신도시의 자율주행 전용차로 도입 효과와 설치 가능성 분석 연구(LHRI, 2024) • 자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구(LHRI, 2021) • 日)자율운전사회를 대비한 도시정비 방향 (동경도, 2022) • 日)자율운전사회의 도로의 방향성_(일본 국토교통성, 2022) • 미) Blueprint for Autonomous Urbanism (NACTO, 2019) 등

2) 검토방향

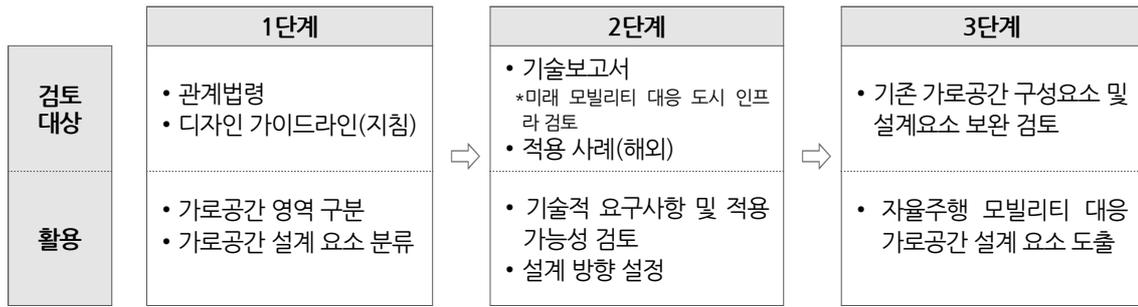
- 관련법령 및 지침, 설계 가이드라인 작성 사례 내용에 대해 ①가로공간(영역)의 구분, ②가로공간 구성요소(시설)에 착안한 검토를 통해 본 연구에서 다루야 하는 가로설계의 범위 및 대상 설정에 활용
 - ❶가로공간 구분(영역) : 가로공간의 정의, 설계 영역의 구분 기준 등 어떤 기준으로 구분하는 것이 적정한지에 대한 검토로 현행 관련 법규에서 규정하고 있는 내용 중심으로 검토
 - ⇒ 본 연구에서의 가로공간 설계 영역의 주요 범위(우선순위 등) 설정에 활용
 - ❷가로공간 구성요소(시설) : 가로공간을 구성하는 시설에 대한 검토로 주 사용자(보행자, 차량)의 이용 목적에 맞는 시설물 등의 공간구성 요소를 어떻게 구성, 적용하고 있는지에 대한 검토
 - ⇒ 가로공간 구성 공통 요소 또는 본 연구의 차별화 요소 도출에 활용
- 특히, 본 연구에서는 신도시 등 계획적으로 조성된 곳의 상업·업무지역의 적용을 연구의 대상으로 하고 있으므로, 신도시 및 상업용 가로공간에 적용된 디자인 가이드라인 사례 등에 대해서는 구체적으로 검토
 - 가로 유형은 가로의 기능과 가로 주변 토지이용 특성에 따라 가로 유형의 구분 가능, 가로 유형 및 사용 목적에 따른 가로공간 구성의 공통 또는 차별화 요소에 대한 검토를 시행

- **도심상업가로** : 상업시설과 유흥시설이 밀집하여, 보행밀도가 높은 도심의 가로
- 복합용도가로 : 상업, 업무, 주거 등 다양한 용도의 건축물이 복합되어 있는 도심의 가로
- 근린상업가로 : 주거지역 중심부에 위치하여 거주민의 일상행활을 지원하는 근린생활시설이 입지한 가로
- 아파트단지 주변가로 : 중고층의 아파트단지가 연속적으로 입지한 가로
- 저층주거지가로 : 다세대, 다가구, 단독주택 등 저층주거가 밀집한 가로

자료 : 보행자 중심의 가로경관 가이드라인(국토부, 2014) 일부 발췌

[그림 3-1] 본 연구에서 다루는 가로 유형

- 자율주행 모빌리티의 도입에 관한 선행연구 및 검토 사례(일본) 등에서 다루고 있는 가로공간 구성요소 및 적용 방법에 대한 검토를 시행
- 최종 실제 상업가로의 사례적용을 위한 가로공간 현황 파악을 통해, 향후 자율주행 모빌리티 도입을 고려한 가로 설계의 개선 사항을 제안



[그림 3-2] 자율주행 모빌리티 대응 가로공간 설계범위 도출 과정

2. 국내 법령 및 지침 검토

2.1. 관련 법령

- 가로공간을 포함한 도로 등의 설치, 계획 시 고려해야 할 주요 법, 령, 규칙 및 기타 기준 등은 다음과 같음
 - 관련 법령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 사용자(보행자, 자전거, 차량 등)의 목적에 따라 개별 가이드라인 등이 있는 경우 따르도록 권장하고 있음

<ul style="list-style-type: none"> • 교통약자의 이동편의 증진법 • 장애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률 • 보행안전 및 편의증진에 관한 법률 • 자전거 이용활성화에 관한 법률 • 자전거 이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙 • 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 • 도로교통법 • 도로안전시설 설치 및 관리지침 • 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 	<ul style="list-style-type: none"> • 도로용량편람 • 도로공사표준시방서 • 아스팔트 콘크리트 포장 시공 지침 • 교통안전표지 설치·관리 매뉴얼 • 교통노면표지 설치·관리 매뉴얼 • 교통신호기 설치·관리 매뉴얼 • 보도 설치 및 관리지침 • 기타 관련된 관계법규령·규칙·고시·명령·조례·지침 등과 언급한 관계법과 관련된 제반 법령
--	---

[그림 3-3] 도로 및 가로공간 계획의 관계법령 예시

- 가로(도로)공간 설계와 관련하여 기준을 정하고 있는 현행 법률은 다음과 같으며, 해당 법률에 따라 가로공간은 크게 보도, 차도, 자전거도로로 구분 가능

[표 3-2] 가로공간 설계 관련 법률

구분	법률(기본법-시행령-시행규칙)			주요내용
보도	도로법	시행령	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 유효 보도폭 최소기준 • 보도 설치 연석 높이 기준
	교통약자의 이동편의 증진법	시행령	시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 교통약자 이동 편의시설 세부기준 • 보행안전시설물 구조 및 시설기준
	보행안전 및 편의증진에 관한 법률	시행령	시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 보행환경개선사업 계획에 포함될 내용 • 보행안전 및 편의증진시설 설치 구조 및 기준
차도	도로법	시행령	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 설계기준 • 도로포장, 배수시설, 교차로 등 도로 주변 시설물 설계기준
	도로교통법	시행령	시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자 및 차량의 통행방법 등 규정 • 운전면허에 관한 사항
자전거 도로	자전거 이용 활성화에 관한 법률	시행령	시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 자전거 이용 활성화 계획 공고에 관한 사항 • 자전거도로의 노선지정 고시에 관한 사항

자료 : 이창·유경상 외 (2014, 서울연구원) 자료 활용 연구진 재작성

■ 보도의 설치에 관한 사항

- 도로법에 따른 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 보행자 안전과 자동차 등의 원활한 통행을 위해 필요하다고 인정되는 경우 도로에 보도를 설치해야 함
 - 차도에 접하여 연석을 설치하는 경우 높이 25cm 이하로 할 것으로 규정
 - 보도 유효폭은 통행량 및 주변 토지이용 상황을 고려하여 결정하되 최소 2m 이상
- 교통약자의 이동편의 증진법에 따른 ‘교통약자의 이동편의 증진법 시행규칙’에서는 보도 유효폭을 2m 이상으로 규정
 - 단, 지형상 불가능하거나 기존 도로의 증·개축 시 불가피한 경우, 1.2m 이상으로 완화 가능
 - 구체적인 기준은 ‘보도설치 및 관리지침(2021.7)’ ‘자전거이용시설 설치 및 관리 지침(2022.12)’

■ 차도의 설치에 관한 사항

- 도로법에 따른 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 차도부분을 대상으로 도로 위계, 설치지역, 설계속도 등에 따른 설계기준을 제시하고 있음
 - 차로 폭은 차선 중심선에서 인접한 차선의 중심선까지로 정하고, 도로 구분, 설계속도 및 지역에 따라 차로폭을 3.0~3.5m 이상으로 규정

■ 자전거도로 설치에 관한 사항

- 자전거 이용 활성화에 관한 법률에 따른 ‘자전거이용시설 설치 및 관리지침’에서는 자전거 이용시설의 설치 기준 및 관리에 관한 일반적인 기준을 제시
- 자전거도로를 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 인공구조물로 경계를 표시하여 자전거 및 개인형 이동장치가 통행할 수 있도록 설치된 도로로 정의
 - 자전거도로의 기본 설계속도와 시설한계(폭, 높이)를 정하고 있으며, 지역 여건 따른 자전거도로 폭의 특례를 정하고 있음
 - 기본 설계속도는 20~30킬로미터, 도로 폭 1.5m 높이 2.5m로 규정하고 있으며 이 범위 내에는 조명시설, 난간, 신호기, 도로표지, 가로수 등의 통행에 장애가 되는 시설물을 설치할 수 없도록 규정

2.2. 관련 지침

■ 보도 설치 및 관리지침(국토부, 2021)

- ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’ 제16조에 따라 설치되는 보도 등 보행자 통행 시설의 설치 및 관리에 적용
 - 해당 규칙에서 보도는 보행자의 통행을 위해 설치하는 도로의 일부분으로 정의
- (가로공간의 구분) 보행자 통행시설을 보행자 전용의 보도와 자전거·보행자 겸용도로, 횡단시설로 구분
 - 보도는 보행자 전용 시설로, 자전거·보행자 겸용도로는 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대, 경계석, 그 밖에 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치한 자전거도로로 구분
 - 자전거·보행자 겸용도로는 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」 제3조에 따라 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분류

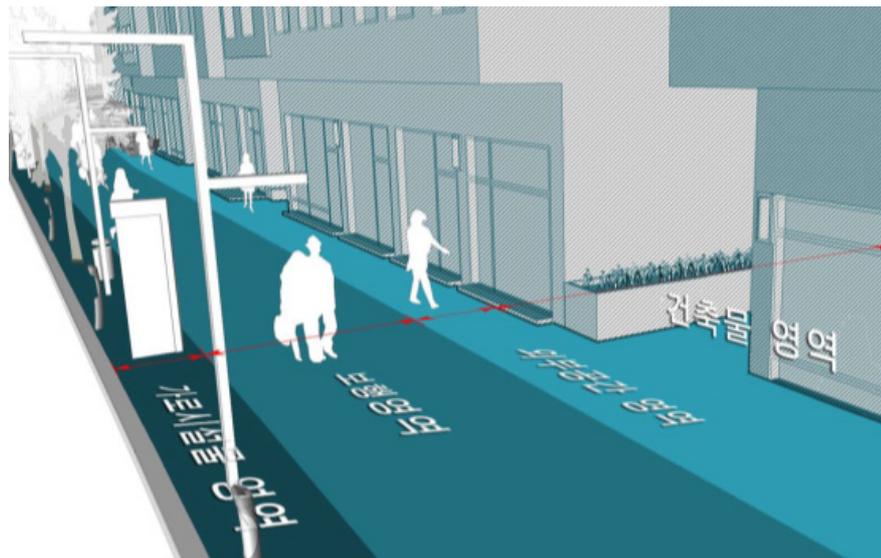
- 횡단시설은 보행자가 도로를 횡단할 때 이용하는 횡단보도, 횡단보도육교 등으로 구분
- 자전거·보행자 겸용도로의 설치유형은 자전거와 보행자 통행 공간을 분리하는‘분리형’과 자전거와 보행자가 도로를 공유하는‘비분리형’으로 구분(자전거 이용시설 설치 및 관리 지침)
- 보도와 자전거도로를 노면표시, 포장 색상 등으로 구분하는 자전거·보행자 겸용도로 ‘비분리형’은 보행자의 통행권과 안전성 확보를 위해 보행자와 자전거의 교통량이 적은 구간에 제한적으로 설치하도록 규정
- 도로의 구조 중 보도에 한정하여 설치 기준·계획, 시공 및 포장 방안, 유지관리 기준을 제시하고 있으며, 디자인 측면의 기준제시에는 한계
 - 보도의 설치 원칙, 유효폭, 횡단경사 및 종단경사, 보도면 및 경계석 설치, 포장, 품질관리 등 공사 등과 관련한 내용 중심으로 기준을 제시

■ 자전거 이용시설 설치 및 관리지침(국토부, 행안부, 2022)

- 자전거 및 개인형 이동장치의 통행 안정성 및 편리성 확보를 위한 자전거도로 등 자전거 이용시설의 설치 기준 및 관리에 관한 일반적 기준을 제시
 - 2014년 자전거 이용 활성화에 관련 법률 개정에 따라 자전거도로의 유형이 추가(자전거 우선도로), 2020년 6월 동법 및 도로교통법 개정에 따라 개인형 이동장치기 자전거도로를 이용할 수 있는 기준을 추가 반영(2022년)
- (가로공간의 구분) 자전거도로를 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 자전거 전용차로, 자전거 우선도로로 구분
 - 자전거 전용 도로 : 자전거 등만이 통행할 수 있도록 분리대·경계석, 그 밖에 이와 유사한 시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치된 자전거도로
 - 자전거·보행자 겸용도로 : 자전거등 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대·경계석, 그 밖에 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
 - 자전거 전용차로 : 차도의 일정 부분을 자전거 등만 통행하도록 차선, 안전표지, 노면표시로 다른 차가 통행하는 차로와 구분한 차로
 - 자전거 우선도로 : 자동차의 통행량이 대통령령으로 정하는 기준보다 적은 도로의 일부 구간 및 차로를 정하여 자전거 등과 다른 차가 상호 안전하게 통행할 수 있도록 도로에 노면표시로 설치한 자전거도로

■ 보행자 중심의 가로경관 가이드라인(국토교통부, 2014)

- 보행자 시각에서 보이는 가로경관을 대상으로 쾌적하고 편안한 보행환경 제공 및 도시경관 창출을 위해 필요한 사항을 제시
 - 중앙행정기관 또는 지방자치단체에서 가로경관 조성을 포함하는 계획을 수립하거나 사업을 시행할 때 적용, 지역별 특성과 여건에 맞게 적용할 수 있도록 명시
- (가로 유형 구분) 가로의 기능과 가로 주변 토지이용 특성에 따라 구분한 가로의 종류로서, 본 가이드라인에서는 다음과 같이 대표적인 다섯 가지 유형으로 구분
 - 도심상업가로 : 상업시설과 유흥시설이 밀집하여, 보행밀도가 높은 도심의 가로
 - 복합용도가로 : 상업, 업무, 주거 등 다양한 용도의 건축물이 복합된 도심의 가로
 - 근린상업가로 : 주거지역 중심부에 위치하여 거주민의 일상 생활을 지원하는 근린 생활시설이 자리 잡은 가로
 - 아파트단지 주변가로 : 중고층의 아파트단지가 연속적으로 자리 잡은 가로
 - 저층주거지가로 : 다세대, 다가구, 단독주택 등 저층 주거가 밀집한 가로
- (가로공간 구분) 본 가이드라인에서는 '가로경관'에 대해 보행자가 이용하고 시각적으로 경험하는 공간환경으로 정의, 가로공간을 '가로시설물 영역', '보행영역', '외부공간영역', '건축물 영역'으로 구분



자료 : 보행자 중심의 가로경관 가이드라인(국토부, 2014)

[그림 3-4] 가로공간의 영역 구분 예시

- 가로시설물영역 : 가로조경, 가로조명 및 기타 가로시설물 등이 설치되는 영역으로, 차도와 보행영역의 완충공간 역할
 - 보행영역 : 보행에 방해가 되는 물리적인 장애물 없이 자유로운 보행자의 이동을 보장하는 공간
 - 외부공간영역 : 보행 공간에 접한 건축물의 전명 또는 측면공지, 공개공지와 광장·공원 등 공공공간 등
 - 건축물 영역 : 보행공간의 가로벽 역할을 하는 가로에 접한 건축물 부분
- (가로공간 설계 범위) 가이드라인은 공통 가이드라인, 가로유형별 가이드라인, 통합시설물 가이드라인으로 구성
- 공통 가이드라인은 가로경관 영역별 구성요소에 대하여 가로 유형과 관계없이 모든 가로에 보편적으로 적용되어야 할 사항을 제시, 가로경관 영역별 구성요소를 다음과 같이 정의

[표 3-3] 가로공간 영역별 구성요소

구분	구성요소
가로시설물영역	• 가로조경 가로 특성을 반영한 가로수 및 녹지구성, 가로수 배열 기준 등
	• 가로조명 독창적인 가로경관을 고려한 가로등 선택, 배치, 유지관리 등
	• 기타 가로시설물 편리한 보행환경을 위한 유계시설, 각종 공공시설 배치 및 시설물 통합
보행영역	• 보행유효공간 보행의 안정성 및 쾌적성 확보를 위한 보행공간
	• 보도 포장 편안한 보행을 위한 품질 및 유지관리가 용이한 실용적 디자인 무장애 설계 등 연속적 보행을 위한 고려
외부공간영역	• 건축물 외부공지 건축물 전면 및 측면 공지, 공개공지 및 차량 진출입 및 주차공간
	• 공공공간 광장, 공원 등 가로변 오픈스페이스
건축물영역	• 배치 및 형태 건축성, 대지 내 조경, 동선계획, 건축물 높이, 형태 및 재료
	• 저층부계획 보행의 연속적 흐름과 연계를 통해 보행 활성화를 유도하는 저층부 높이, 용도, 재료(투시율), 진입부 계획 등
	• 옥외광고물 조화로운 가로경관 조성을 위한 광고물의 유형, 설치개소, 위치 및 면적

자료 : 보행자 중심의 가로경관 가이드라인(국토부, 2014)참고 연구진 작성

- 특화 가이드라인은 가로 특성에 따라 구분한 특정 가로 유형에 대해 가로경관 영역별 구성요소에 따라 선택적으로 적용할 수 있는 사항을 제시
- 통합시설물 가이드라인은 시설물 통합의 기본방향과 통합시설물의 대상, 형태 및 유지관리에 대한 지침을 제시

■ 사람중심도로 설계지침(국토교통부, 2021)

- 2021에 제정된 사람중심도로 설계지침은 자동차의 주행속도를 낮추고, 보행자의 안전을 향상하기 위한 목적으로 제정함
 - 보행자와 더불어 자전거 통행 역시 중요하게 고려
- 도시지역도로, 보행자우선도로, 고령자를 고려한 도로를 위한 설계 방향을 제시
 - 20~50 km/h의 차량 운행 속도를 기준으로 설계지침 제시
 - 인지 능력이 상대적으로 떨어지는 고령자를 고려한 횡단시설, 교통정온화 시설, 통행 안내시설과 부대 시설을 설치할 것을 정함
- 2024년에 본 지침을 상세하게 설명하기 위한 해설서 발간

[표 3-4] 사람중심도로 지침에서 고려하는 주요 설계 요소

구분		주요 내용
도로	설계속도	20~60km/h의 범위에서 고려
	차로폭	시속 40km 이하에서 최소폭 2.75m 적용
	자전거도로	기준 1.5m이지만, 여건에 따라 1.2m 허용
	보도	유효 보도폭 2m, 최소 1.5m
설치시설	교통정온화 시설	지그재그 형태의 도로, 차도 폭 좁힘, 교차로 폭 좁힘, 고원식 교차로, 고원식 횡단보도, 과속방지턱, 포장면 표면처리, 진입 억제시설, 소형 회전교차로 등
	안전시설	시선유도시설, 보도용 방호울타리, 자동차 진입 억제용 말뚝, 조명시설, 보행안전시설 등
도시지역도로 고려 사항		BRT 등 대중교통 주행 공간, 승하차, 환승 등을 고려 필요 차량속도와 구간별 적합한 교통정온화시설 설치
보행자를 위한 도로 고려 사항		보행자 우선도로의 설계시 자동차 속도는 30km/h 이하 보행자 휴식 공간을 고려한 설계 장애인 등 교통약자를 위한 안전시설 설치
고령자를 위한 도로 고려 사항		고령운전자의 시야 확보와 안전을 고려한 교차로 설계 (차로폭 0.25m 넓게, 좌회전 대기선 1~2m 후퇴설치 등) 전동휠체어 등을 이용하는 고령자를 고려하여 보도공간 확보

자료: 국토교통부(2021), 사람중심도로 설계지침, 국토교통부 훈령 제1373호

3. 가로공간 디자인 가이드라인 작성 사례

1) 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인(2017)

- ‘내포신도시 경관계획’에서 정한 경관 요소별 가이드라인의 상세 내용을 정하는 것으로 지구단위계획과 경관계획을 보완(권장)하는 성격
 - 건축물 경관심의 시 심의기준으로 활용, 특화가로 조성 등 공공부문 경관사업 및 주민참여형 경관협정 시 기본방향 및 원칙으로 활용
- (기본방향) 실제 도시 가로를 걷고 활동하는 사람 관점에서 ①보행자 중심의 가로환경 조성 ②연속적이고 특화된 가로경관 조성 ③가로활동을 유발하는 외부 공간 조성 ④상징적인 건축경관 구성
- 중심상업용지, 근린상업용지, 업무시설용지, 공공주택용지 등에 대한 경관형성을 위한 전반적인 계획 방향을 제시
 - 신도시의 토지이용에 따른 구역별 특성을 반영한 경관 형성 유도가 목적

[표 3-5] 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인 구성 항목

항목구분	가이드라인의 세부 항목과 계획 방향		
공통	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 1층 바닥의 높이 • 공공건축물 및 주차전용 건축물 • 전면공지 	<ul style="list-style-type: none"> • 차량진출입부 • 옥외주차장 • 쌈지공원 	<ul style="list-style-type: none"> • 쓰레기자동집하시설 • 옥외광고물
중심상업용지	<ul style="list-style-type: none"> • 연속적인 가로경관형성 • 아케이드가로 테마경관조성 	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자가로 테마경관조성 • 시민공원 테마경관조성 	
업무시설용지	<ul style="list-style-type: none"> • 연속적인 가로경관형성 • 수변공간 경관특화 	<ul style="list-style-type: none"> • 보행통로 확보 • 보행자가로 테마경관조성 	
근린상업용지	<ul style="list-style-type: none"> • 연속적인 가로경관형성 • 보행통로 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자가로 테마경관조성 	
공동주택용지·주상복합용지	<ul style="list-style-type: none"> • 스카이라인의 형성 • 통경축 확보 • 공공보행통로 	<ul style="list-style-type: none"> • 단지경계조성 • 차량진출입부 • 도청대로(609호) 경관조성 	<ul style="list-style-type: none"> • 부대복리시설 배치구간 • 생체계획 • 야간조명계획

자료 : 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인(2017) 참고 연구진 작성

- (가로공간 구분) 가이드라인 항목 중 가로공간 디자인 관련해서는 ‘전면공지’ 항목에 가로공간을 ‘차도-녹지-보도-전면공지-건축물’의 위계로 구분, 특히 보도 확장 유형에 따른 전면공지의 활용 방안에 대한 방향을 가이드라인으로 제시

- 개별 필지, 상가의 사적공간(주차, 판매대 설치, 불법광고물 설치 등)으로 활용할 수 없으며 보행자의 보행, 휴식, 커뮤니티 등의 다양한 활동이 이루어지는 공적공간으로 조성
- 건축물 신축 시 인접 필지에 기 조성된 전면공지가 있는 경우, 인접 필지 전면공지의 보행로 및 시설, 식재 등과 통합·연계되도록 계획
- 전면공지와 인접보도 간 레벨을 동일하게 조성하여 단차 및 횡단경사가 발생하지 않도록 하며 부득이 단차가 발생할 경우 교통약자를 배려한 진출입 경사로를 조성

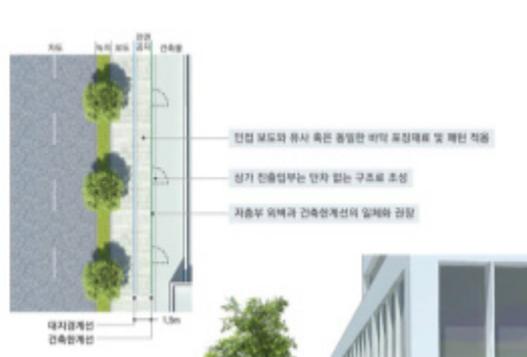
■ 보도확장형(1.5m이하 전면공지) 조성 가이드 라인

- 보도확장형 전면공지 내 보행지장물 설치를 금지하며, 인접 보도와의 포장과 동일 또는 유사한 포장을 적용하여 통합되고 연속적인 가로경관을 조성

■ 가로활성화형(3.0m 이상 전면공지) 조성 가이드라인

- 가로활성화형 전면공지 내 개별 상가 및 인접 보도와 연결되는 진출입 통로를 확보
- 가로활성화형 전면공지의 쾌적한 보행환경을 위한 식수대 및 조경식재, 커뮤니티 및 휴게활동을 지원하는 데크, 가로 시설 등을 설치
- 가로활성화형 전면공지는 가로 및 상가 특성을 반영하여 필지별 개성 있는 공간으로 조성

【보도 확장형(1.5m이하 전면공지) 조성】



【가로 활성화형(3.0m 이상 전면공지) 조성】



자료 : 내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인(2017)

[그림 3-5] 내포신도시의 전면공지 조성 방향(가로공간 구분 관련사항)

- (가로시설물 분류) 별도로 제시하고 있지 않음

2) 경기도 공공디자인 가이드라인(2019)

- '경기도 공공디자인 진흥조례'에서 규정한 공공디자인 검토 사항에 따라 경기도 공공디자인 진흥계획(2020-2024)을 수립, 공공디자인 대상의 통합적 세부지침을 제시
 - (공공디자인 검토영역) 공공공간, 공공건축물, 도시기반시설물, 가로시설물, 공공매체 및 용품의 5개 영역을 기본으로 구상
- 공공디자인 검토 영역 중 가로공간은 '공공공간' 영역과 '가로시설물' 영역에 해당 관련 항목을 분류
- (가로공간의 구분) 공공공간 영역에서는 가로공간에 대한 설계 범위를 ①차도,보도, 자전거도로, 교차로 등 ② 어린이(노인)보호구역, 속도저감시설, 횡단보도, 교통섬 ③ 공개·전면공지 ④ 걷고싶은거리, 문화예술거리의 4개 영역으로 구분
- (가로시설물 분류) 대중교통시설물, 보행안전시설물, 편의시설물, 공급시설물, 녹지시설물, 안내시설물로 분류 ([표 3-6])

[표 3-6] 경기도 공공디자인 가이드라인의 가로시설물 분류

구분	세부시설		
대중교통시설물	• 버스, 택시승차대 • 주차관련 시설물	• 자전거보관대 • 교통량 검지기 등	• 교통차단 억제물
보행안전시설물	• 차량진입 방지용 말뚝 • 보행유도등 • 공원등	• 펜스(교량용, 자전거도로용 포함) • 가로등(보안등 포함)	• 가드레일 • 배수구덮개 등
편의시설물	• 벤치 • 음수대 • 공중전화	• 파고라(쉼터포함) • 가로판매대 • 인포메이션부스	• 휴지통 • 무인키오스크 • 관광안내소 등
공급시설물	• 맨홀 • 방재시설(제설함 포함)	• 배전함 • 방범용 감시카메라 등	• 가로등제어함
녹지시설물	• 가로수보호대 • 운전면허에 관한 사항	• 가로화분대 등	
안내시설물	• 안내표지판	• 현수막게시대	• 지정벽보판 등

자료 : 경기도 공공디자인 가이드라인(2019) 참고 연구진 작성

■ 서울시 유니버설디자인 적용 지침(2021)

- ‘서울시 유니버설디자인 통합 가이드라인(2017)’ 의 고도화된 버전
 - 공공공간과 건축물에 요구되는 사항에 대한 전반적으로 가이드라인 제시
 - 서울시 유니버설디자인 가이드라인 적용 범위는 가로, 공원·광장, 공공건축물의 3개 부문 7개 영역, 29개 세부항목으로 제시
- (가로공간부분) 가로부문 디자인 가이드라인에서는 보도와 차도 영역으로 구분하고, 세부 설계 내용을 다음의 8개 항목에 대해서 제시
 - 보행안전구역, 차량진입구역, 대지안의 공지, 자전거도로, 시설물구역, 국지도로, 횡단보도, 속도저감방안의 세부항목으로 구분

[표 3-7] 서울시 유니버설디자인 통합 가이드라인 적용 범위 및 세부항목(가로부문)

부문	영역	세부항목	주요내용
가로	보도	보행안전구역	보행공간
		차량진입구역	대지 내 주차장 진입구역
		대지 안의 공지	건축물 전면부 영역, 공개공지
		자전거도로	자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 상충구간, 안전시설, 이용편의시설
		시설물구역	보도 폭에 따른 설치기준, 보도폭에 따른 포장기준, 시설물, 안내시설, 정류장
	차도	국지도로	보행자 우선도로 설치
		횡단보도	횡단보도 설치, 진입부, 고원식 교차로, 교통섬
		속도저감 방안	차도 폭 좁힘, 도로포장 변화, 과속방지턱

자료 : 서울시 유니버설디자인 통합 가이드라인(2017) 참고 연구진 작성

[표 3-8] 서울시 유니버설디자인 적용지침의 가로공간 설계 요소

〈보도〉	설계항목	세부 요소
보행 안전공간	보행안전공간의 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 유효폭과 기울기 : 유효폭, 수직안전높이, 기울기 • 단차 및 바닥마감 : 단차, 바닥재질, 맨홀·배수구 덮개 등, 바닥재 색상 및 패턴 • 보차구분 : 보행안전공간과 차도 경계 구분 : 보행안전공간-시설물구역-연석-차도 로 구분 시설물구역, 안전난간, 연석과 같은 물리적 구분
	보행 유도 및 경고시설	<ul style="list-style-type: none"> • 시각장애인 등의 보행 유도 : 보행유도존 설치, 선형점자블록 설치 • 경고시설
	보행안전공간과 연결된 공지	<ul style="list-style-type: none"> • 보행안전공간과 공지의 경계 : 경계처리, 공지연결구간
	보행 공간의 조도	<ul style="list-style-type: none"> • 가로 용도별 보행공간의 조도 ※ 상업지역, 주택지역의 적정 조도 제시
	자전거도로 접점 구간	<ul style="list-style-type: none"> • 자전거 도오의 구조와 주의·경고 안내 • 보행안전공간과 자전거도로의 교행 구간 • 자전거 우선도로 설치
보차 교행구간	차량 진출입구	<ul style="list-style-type: none"> • 보행공간과 차로 교차부분, 경계구간 처리
	횡단보도	<ul style="list-style-type: none"> • 턱낮춤 방식:턱낮춤 적용기준, 고원식 횡단보도 설치기준, 교통섬식 횡단보도 설치 기준 • 차도 횡단구간 • 설치위치 • 경고 및 안전시설:시각장애인용 경고 및 안내시설, 인지 강화용 경고 및 안내시설, 차량 진입 억제용 말뚝
보행자 우선도로, 생활도로 등	보행자 우선도로	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자 우선도로의 구조 : 차량 진입구간의 구조, 보행 안전성 확보를 위한 구조, 주의·경고 및 안내시설
	생활도로(이면도로)	<ul style="list-style-type: none"> • 보차운용 도로 설치 기준 ※ 차도 측면등을 활용 1.2m 이상 폭으로 보행공간을 표시
	보행 안정성 확보	<ul style="list-style-type: none"> • 차량 속도 저감방안 : 차도폭 좁힘, 과속방지턱, • 차량 속도저감 계획 수립
보도상의 시설물	시설물 구역	<ul style="list-style-type: none"> • 시설물 구역 조성 기준
	보도 시설물	<ul style="list-style-type: none"> • 보도 시설물 설치 및 조성기준 : 보도시설물 설치기준, 보도폭에 따른 시설물 구역 조성기준, 시설물 지주의 통합 • 교통시설물 등의 설치 방법
	보행 편의시설	<ul style="list-style-type: none"> • 휴게공간 및 휴게의자 설치 기준:휴게공간 설치기준, 휴게의자 설치기준
	가로수 등	<ul style="list-style-type: none"> • 가로수 설치 및 관리기준 : 가로수 식재, 가로수 관리 • 띠녹지 설치 및 활용방안
	교통 관련 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 정류소(정류장)설치 방법 : 승강장 내 활동공간, 승차대 구조, 승강장의 경계구간, 안전시설 • 승강장 동선 및 안내시설 : 승강장 동선 유도, 승차대 안내시설 • 도시철도 출입구 설치 기준
	차량 진입 억제용 말뚝	<ul style="list-style-type: none"> • 차량진입 억제용 말뚝 ※ 설치간격 1.5m이상, 높이 0.8~1m, 지름 0.1~0.15m
	기타시설	<ul style="list-style-type: none"> • 공중전화, 우체통 설치 기준
안내시설	안내시설	<ul style="list-style-type: none"> • 구역안내 • 방향안내 • 우회동선 안내

자료 : 서울시유니버설디자인(2021) 내용 연구진 정리

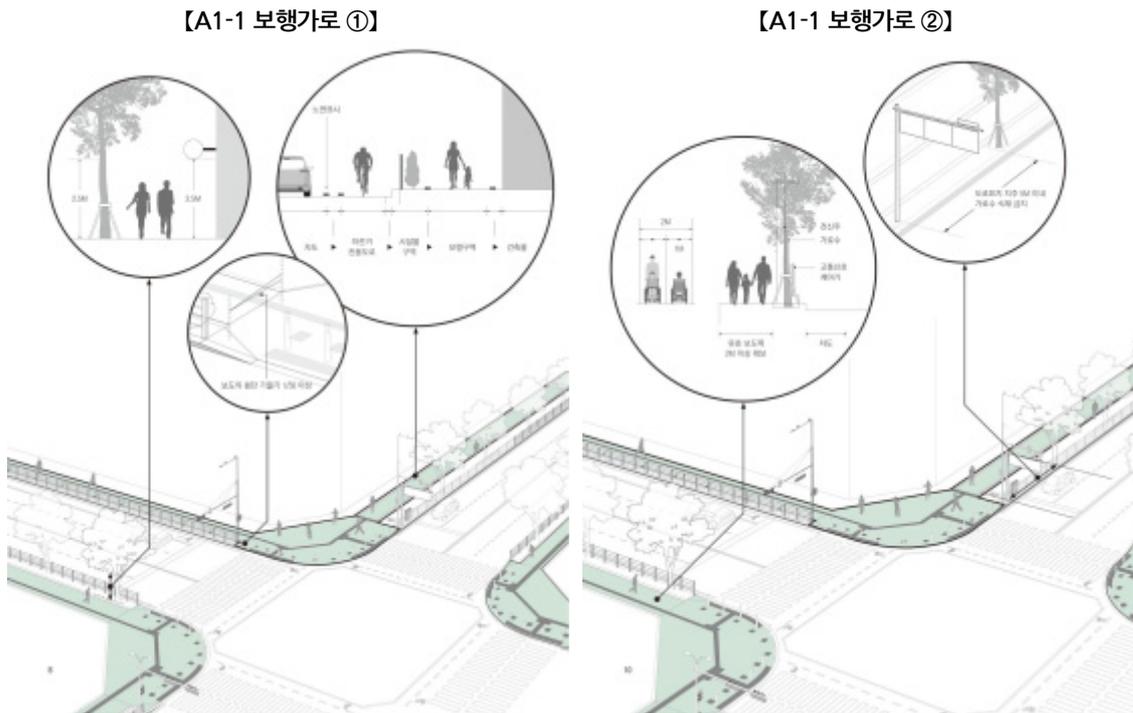
■ 서울시 공공디자인 가이드라인 체크리스트(2021)

- 서울시 공공디자인 진흥 조례에 따라 2009년 법정 가이드라인 ‘서울공공디자인 가이드라인’을 제정·수립
- 도로, 공원, 버스정류장, 시설안내표지판 등 공공디자인 각각에 대한 설치 가이드라인을 그림 형태로 설명한 ‘공공디자인 일러스트 가이드라인’을 개발
 - 텍스트로 이해하기 어려운 내용을 도식화하여 공공시설 디자인에 대한 해석의 혼란을 줄이고 디자인 적용의 효율성 및 일관성을 높여 공공시설물 품질향상을 도모
- 공공공간, 공공시설물, 공공시각매체, 공공디자인사업의 4개분야 97개 항목에 대해 디자인의 기본방향, 지형, 배치(설치), 형태, 재료, 색채, 그래픽 요소 등 감라·검토에 필수적인 사항을 반영했는지를 확인할 수 있도록 체크리스트 형식으로 제시
 - 공공공간 : 도로공간, 광장, 친수공간, 소공원, 공공건축물 관련 사항
 - 공공시설물 : 도로시설(도로, 교통, 보행안전, 관리, 도시철도 시설물), 하천시설물, 지원시설(이동형 부스, 도로점용 허가 시설, 휴게, 조명·보안, 위생 시설물), 녹지·수경시설 관련 사항
 - 공공시각매체 : 공공공간 공공시각매체(교통, 보행, 안전, 영상), 공공건축물 공공시각매체(실내사인, 실외사인) 관련 사항
 - 공공디자인사업 : 사회문제해결디자인, 범죄예방환경디자인, 유니버설디자인 관련
- 디자인 항목 중 가로공간 설계와 관련한 항목으로는 ‘공공공간’의 도로 공간, ‘공공시설물’의 도로시설영역 등으로 세부항목은 다음과 같음
- (가로공간의 구분) 공공공간 체크영역에서는 도로공간을 ① 보행자 전용도로, ② 자전거 전용도로, ③ 자동차 도로, ④ 지하보도, ⑤ 고가도로하부로 구분, 가로공간 설계와 관련한 구분은 크게 ‘차도-자전거도로-보행가로’로 구분가능

[표 3-9] 서울시 공공디자인 체크리스트의 도로공간 구분

구분		체크항목		
공공공간	A1	도로	01 보행자 전용도로	A1-1 보행가로 ①
				A1-1 보행가로 ②
			02 자전거 전용도로	A1-2 자전거 전용도로
			03 자동차도로	A1-3 자동차도로
			04 지하보도	A1-4 지하보도
	05 고가도로하부	A1-5 고가도로하부		

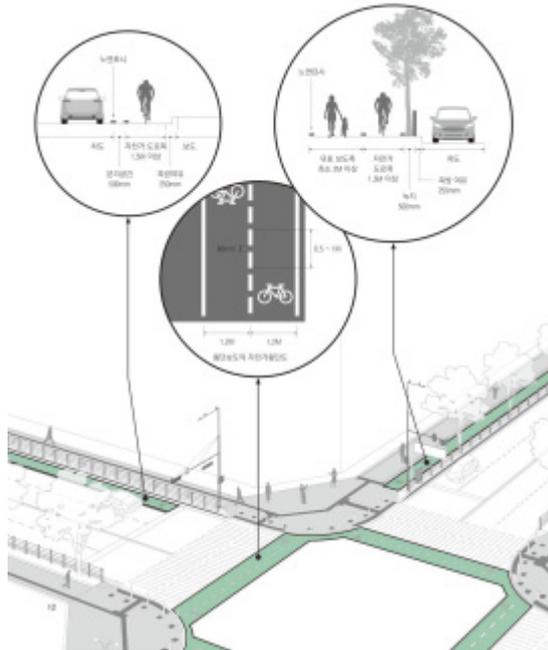
자료 : 서울시 공공디자인 체크리스트(2021)내용 바탕으로 본 연구의 목적에 맞게 재구성



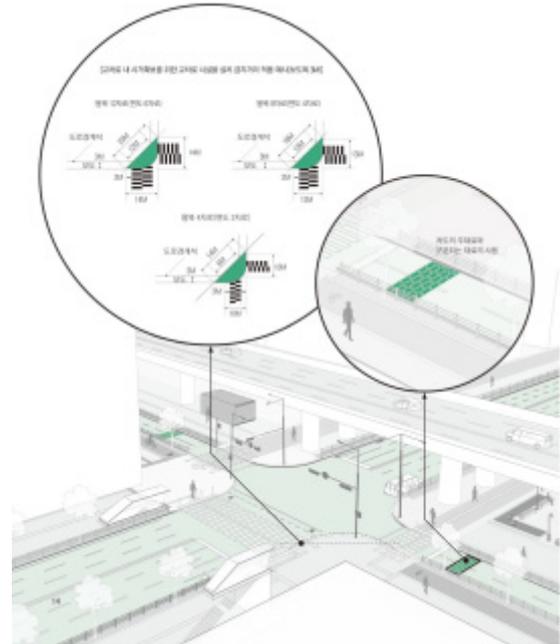
자료 : 서울시 공공디자인 체크리스트(2021)

[그림 3-6] 보행자 전용도로의 디자인 가이드라인 예시

【A1-2 자전거 전용도로】



【A1-3 자동차도로】



자료 : 서울시 공공디자인 체크리스트(2021)

[그림 3-7] 자전거전용도로, 자동차도로의 디자인 가이드라인 예시

- (가로시설물 분류) 도로시설, 하천시설, 지원시설, 녹지·수경시설로 분류하고 있으며, 가로공간설계와 직접 관련 있는 시설물로 도로시설, 지원시설, 녹지·수경시설 항목의 세부시설은 다음과 같음([표 3-10])

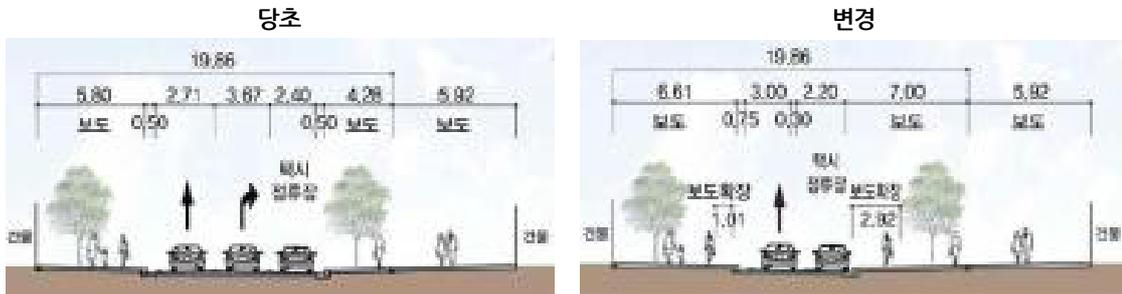
[표 3-10] 서울시 공공디자인 체크리스트의 가로시설물 관련 항목

구분	세부시설			
공공시설물	B1		01 도로(부속)시설물	B1-10 가로등
				B1-11 맨홀
				B1-12 트렌치
				B1-13 제설시설
	B2	도로시설	02 교통관련 시설물	B2-1 대중교통 승차대
				B2-2 자전거 보관대
				B2-3 횡단보도 쉼터
				B2-4 신호등(주)
	B3	도로시설	03 보행안전 시설물	B3-1 보도블록
				B3-2 점자블록
				B3-3 볼라드
				B3-4 보호펜스
	B4		04 관리 시설물	B4-1 지상변압기
				B4-2 교통신호제어기
				B4-3 전기차 충전소
	B5		05 도시철도 시설물	B5-1 지하철 출입구, 캐노피
				B5-2 지하철 환기구
				B5-3 지상노출엘리베이터
	B7		01 이동형 버스	B7-1 관광안내소(부스형)
				B7-2 공중전화부스
B7-3 가로판매대				
B8	지원시설	02 도로점용 허가 시설물	B8 소화전, 그 밖에 이와 유사한 시설	
B9		03 휴게 시설물	B9-1 벤치	
			B9-2 그늘막(파고라)	
B10		04 조명·보안 시설물	B10-1 보안등	
			B10-3 CCTV(CCTV지주)	
B11	녹지·수경시설	05 위생 시설물	B11-1 휴지통	
			B11-3 음수대	
B12		01 녹지시설물	B12-1 가로수 화분대	
			B12-2 가로수 보호덮개	

자료 : 서울시 공공디자인 체크리스트(2021)내용 바탕으로 본 연구의 목적에 맞게 재구성

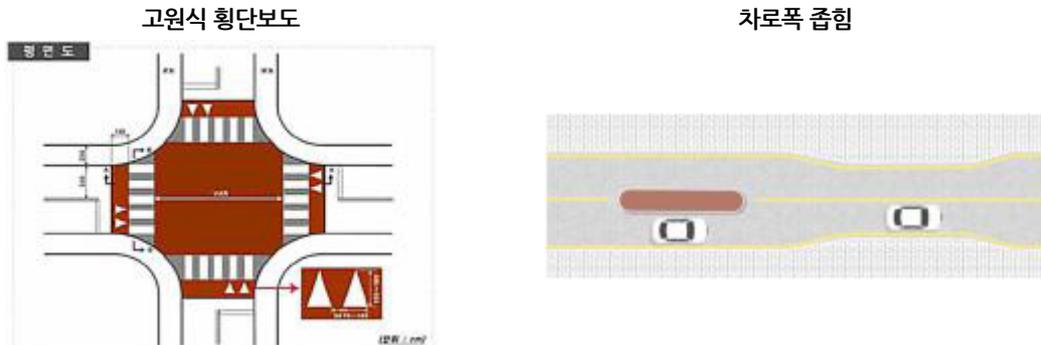
■ 사람중심도로의 설계지침 해설(국토교통부, 2024)

- 2021년에 제정한 국토교통부의 사람중심도로 설계지침을 더 상세하게 설명
- 다른 가이드라인에 비해 가로에 국한하여 가이드라인을 제시
- (가로공간의 구분) 본 지침에서 구분하는 가로공간은 도로와 보도, 자전거도로로 구분되며, 개인형 이동장치를 일부 고려하고 있음
 - 개인형 이동장치를 고려한 도로는 자전거도로의 설치 방식을 준용하고 있으며, 폭 등 일부에서 차이가 있음
 - PM 등이 요구하는 노면 상태 등 일부 요소가 다르므로 필요한 기준을 제시
- (가로시설물 분류) 가로시설물의 경우 교통정온화 시설물의 설치에 초점을 맞춰 제시함. 이에 횡단시설, 교통정온화시설, 안전시설, 배수시설을 제시함
 - 횡단시설과 교통정온화시설에 대한 설명이 다수를 차지함



자료 : 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」

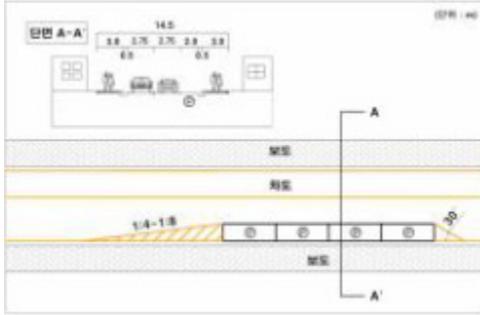
[그림 3-8] 차로수 축소 예시(사람중심도로의 설계지침 해설)



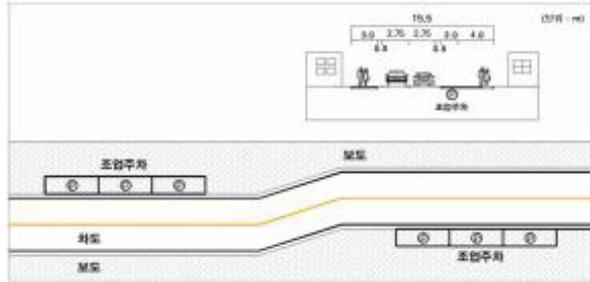
자료 : 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」

[그림 3-9] 교통정온화 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)

차로폭 좁힘(평행주차)



지그재그 형태의 도로(조업주차)



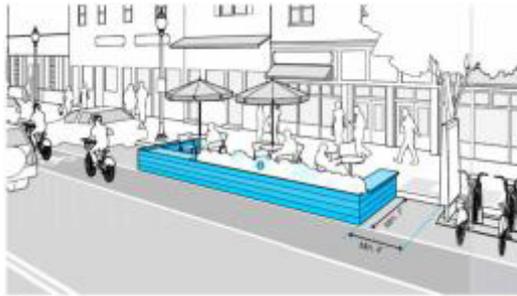
자료 : 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」

[그림 3-10] 주차공간 확보와 차로폭 좁힘 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)

노상 주차장 옆

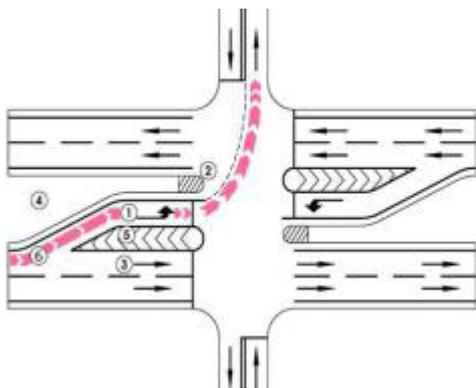


도로변 소형공원(파크렛) 인근



자료 : 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」

[그림 3-11] 자전거 주정차대 설치 예시(사람중심도로의 설계 지침 해설)



- ① 좌회전 노면표시
- ②, ④ 중앙분리대
- ③ 직진노면표시
- ⑤ 분리형 좌회전 차로
- ⑥ 노면색갈유도선

자료 : 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」

[그림 3-12] 고령운전자들을 위한 좌회전 도류화 형상(사람중심도로의 설계 지침 해설)

4. 자율주행 모빌리티를 고려한 계획 방향 동향

4.1. 국내 선행연구

- 현 단계에서는 자율주행자동차 또는 자율주행 모빌리티를 고려하여 도로 또는 가로가 어떻게 변화할 것인지 또는 변해야 하는지에 대한 연구는 많지 않음
- 이에 따라 관련 방향이나 방침, 가이드 역시 많지 않으며, 자율주행자동차 연구라는 큰 틀에서 부분적으로 고려되고 있음

■ 자율주행자동차 시대의 도로 변화⁴⁾

- 자율주행자동차 보급 및 일상화에 따른 2030년 이후의 도시공간 구조 변화를 이해하기 위해 주차장 및 도로감소 효과에 대한 계량적 검증실시
 - 자율주행 자동차 개발 전망, 시뮬레이션을 통한 도로용량 및 차로 감소 분석, 사례지역의 부설주차장 및 도로면적 감소 효과 예측 등 실시
- 사례지역(성남시 분당구) 대상으로 주차장 및 도로감소 효과를 검증, 이에 따른 도시공간에 대해 ①도시 공간구조, ②도로교통, ③건축물, ④도시경관의 변화를 전망
 - ①도시공간구조 : 주차장과 도로의 감소로 녹지로 채워진 친환경 도시계획이 가능, 동일 계획 인구에 대해 이전 신도시보다 필요 면적이 줄어 밀도 있는 개발로 도시면적이 감소
 - ②도로교통 : 주차장을 찾기 위해 배회할 필요가 없어 도로의 불법주차는 해소되고 보도와 차도는 제 기능을 수행하여 쾌적한 가로환경이 조성됨
 - 특히, 교차로 처리 용량을 높여 도시 내 도로용량을 높여 차로수를 줄일 수 있음
 - 6차로 이상의 도로에서 차로 감소가 등장, 불필요한 차로는 보도, 자전거, PM을 위한 도로로 활용되거나 도로를 따라 녹지대로 활용([그림 4-11])
 - ③건축물 : 공동주택은 승하차 공간과 장애인을 위한 최소한의 주차 공간을 제외하고 사라져 사라진 주차공간을 활용 커뮤니티 시설을 확충할 수 있음.
 - 상업 업무 빌딩 내 주차장은 불필요해져 신축의 경우 자율주행자동차의 승하차를 위해 건물을 관통하는 구조나 빌딩 밖으로 승하차 공간을 설치하는 구조로 설계될 것임
 - ④도시경관 : 도시 통행 수요를 충분히 처리할 수 있을 만큼 도로용량을 증가시키므로 도시 내 고가도로 등을 건설할 이유가 사라져 도시경관에 큰 변화가 전망

4) 변완희 외(2021), 「자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구」

현재 도로

차로 감소에 따른 가로환경 개선



자료 : 변완희 외(2021)

[그림 3-13] 자율주행자동차 도입에 따른 차로감소 효과 예시

■ 성남금토지구의 자율주행자동차 주행 환경 요구사항 분석 및 운영 방안 연구⁵⁾

- 성남금토지구에 자율주행 DRT 서비스를 도입의 가능성을 검토한 연구
- 대상지에서 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 요구사항을 분석함

• 도로 및 교통 부문에서의 주요 개선 항목은 다음과 같음

- 교통안전표지판/주의표지/규제표지/노면표지
- 교통신호기 설치 위치 : 딜레마존 문제 보완
- 가로수 설치 개선
- 차로폭 조정
- 중앙분리대 설치
- 좌우회전 처리
- 1차로 주정차 금지
- 교차로 시야 개방
- QR 코드를 적용한 보조 표시판 도입

○ 주요 내용을 요약하면 다음과 같음

- 자율주행자동차의 센서 방해 최소화하기 위해 가로수 등 방해 요인 최소화

5) 변완희 외(2022), 「성남금토지구의 자율주행자동차 주행 환경 요구사항 분석 및 운영 방안 연구」

를 시야 개방 필요

- 딜레마존 문제를 해결하기 위해 교통신호기의 교차로 진입 전후 지점에 모두 설치
- 차로폭은 사람중심도로 설계지침에서 제시하는 차량 속도당 최소기준을 적용하여 가능한 차량 속도 억제
- 자율주행자동차는 자전거의 행동을 예측하기 어려우므로 자율주행자동차가 이용하는 도로에서는 자전거 통행 억제가 필요하며, 차로와 완전히 분리된 전용도로나 보행자전거겸용도로 조성 필요
- 자율주행자동차는 차로 침범과 같은 융통성을 발휘하기 어려우므로, 단차로 도로에서는 차량의 주정차 금지 필요

교차로 진입 전후에 설치된 교통신호기



시야가 개방된 교차로



자료 : 변완희 외(2021)

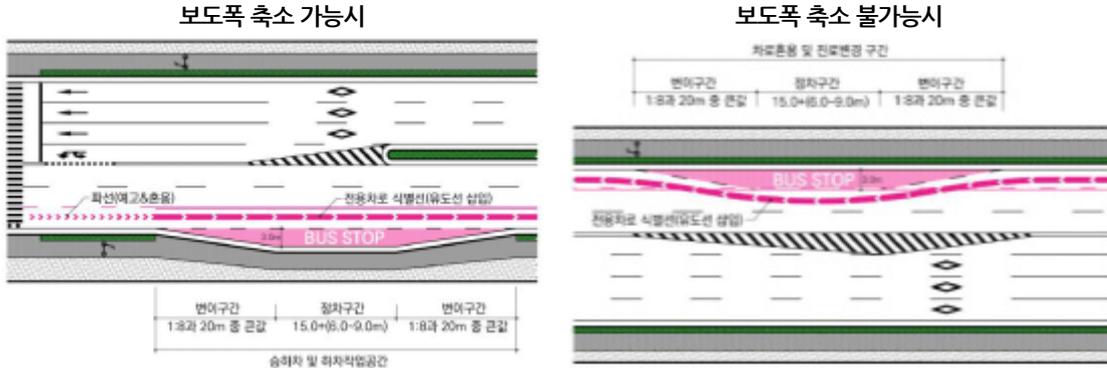
[그림 3-14] 자율주행자동차 도입에 교차로 개선 방안 예시

■ 신도시 자율주행 전용차로 도입 가능성⁶⁾

- 자율주행자동차 도입을 대비하여 신도시에서의 자율주행자동차 전용차로의 도입 가능성을 진단함
- 전용차로 설치 및 운영을 위해서는 자율주행자동차 성능의 한계, 교차로에서의 통행방법 결정, 가로변 이용시설에 따른 가로공간 설계와 일반차 처리 방안에 대한 고려가 필요하다고 제언
- 한국건설기술연구원에서 현재 수행 중인 자율주행자동차 전용도로 버스정류장 부 설계 안을 예로 제시함

6) 신도겸 외(2024b), 「신도시의 자율주행 전용차로 도입 효과와 설치 가능성 분석 연구」

- 가로변 이용시설 중 버스정류장의 경우 보도폭을 줄일 공간이 있는 경우 베이형으로 설치 버스만 전용차로에 잠시 출입하는 것을 허용
- 보도폭을 줄이기 어려운 경우 자율주행자동차량이 버스정류장 앞에서 일반차량과 잠시 혼입 운영하는 구간 필요



자료 : 윤덕근(2023)자료, 신도겸 외(2024b)통해 재인용

[그림 3-15] 버스정류장 부 설계 예시

4.2. 해외 가이드

1) 미국 Blueprint for Autonomous Urbanism 2nd ed(2019)⁷⁾

- NACTO(National Association of City Transportation Officials)에서 2019년에 작성된 가이드라인으로 자율주행시대에 도시의 공간이 어떻게 변할지에 대한 전망 겸 방향을 제시
- 세부적으로 다음의 항목에 대해서 큰 방향성을 제시
 - 보다 안전이 강화된 가로(차로, 보도, 자전거도로)
 - 커브사이드(Curbside)⁸⁾의 역할 변화

■ 자율주행시대 전망

- NACTO에서는 자율주행 기반의 이동 수단이 활성화되면 기존의 도로는 더 많은 공간을 보행자와 자전거를 위해 활용할 수 있을 것으로 전망
- 최종적으로는 Mass Transit 중심으로 사람들의 이동이 이루어지고, 완전자율주행

7) NACTO(2019), 「Blueprint for Autonomous Urbanism」, 2nd ed.

8) 보도의 연석과 접하고 있는 차도 가장자리 공간을 의미. 본 연구에서는 편의를 위해 커브사이드로 기술함

기술로 인해 승용차 등 개인을 위한 이동 수단의 사용은 많이 줄어들 것으로 전망

- 과도기적 단계에서는 버스 중심의 대중교통과 이를 위한 전용차로, 자율주행 기반 승용차와 모빌리티 서비스의 활성화와 이를 위한 도로가 만들어지고, 더욱 넓은 보행 공간과 자전거도로가 제공됨
- 전반적으로 자율주행기술의 발달로 인해 효율이 올라가는 효과를 대중교통과 보행자, 자전거 이용자를 위한 공간 확대에 활용할 것을 제시



자료 : NACTO(2019)

[그림 3-16] 자율주행기술로 인한 가로 변화 전망(NACTO)

- 자율주행 기술의 발달로 인해 기존의 화물 운송 체계가 자율주행기반 배송 및 운송 체계로 전환 예상
 - 현재는 대형 화물차가 도시로 직접 들어오는 체계
 - 미래에는 드론이나 자율배송 로봇이 활성화되어 대형 화물차의 접근은 다소 외곽이나 덜 복잡한 공간에서 이루어지고, 미래 물류 운송수단이 도심에서 활약

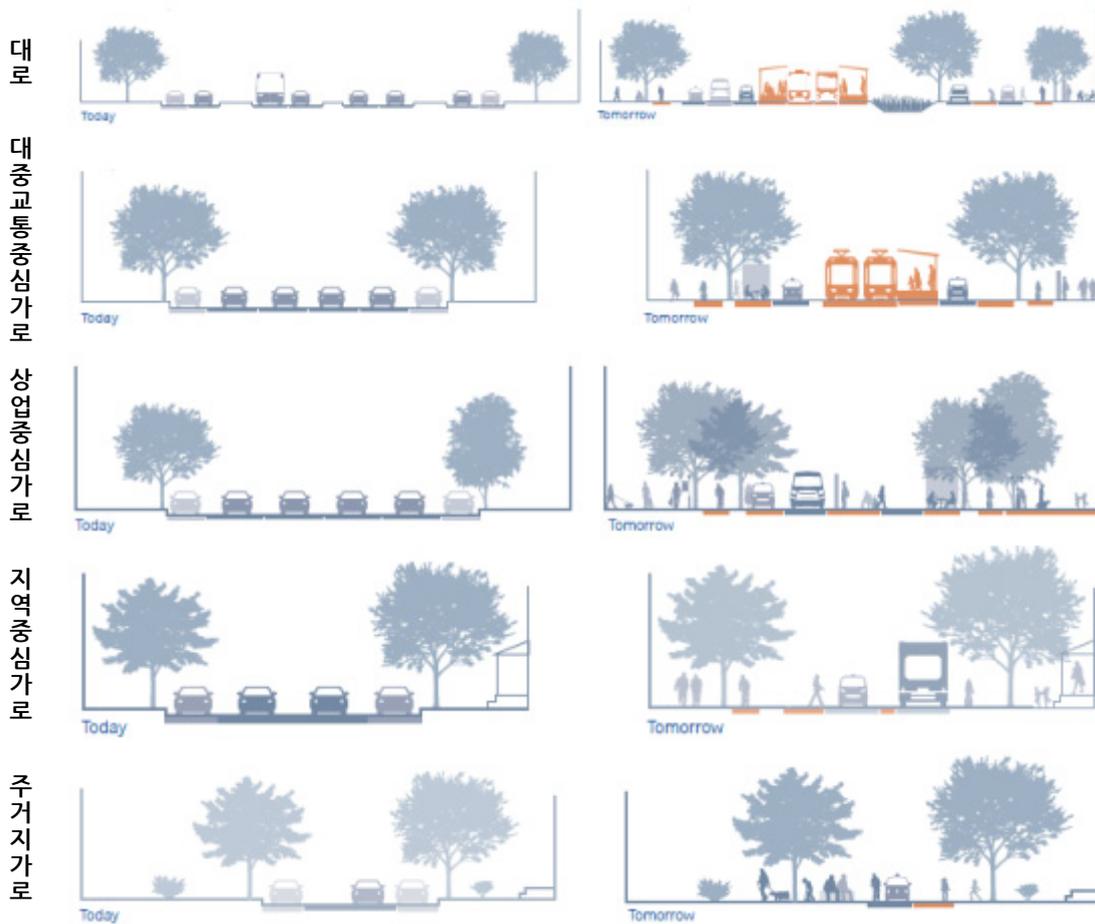


자료 : NACTO(2019)

[그림 3-17] 자율주행기술로 인한 가로 변화 전망(NACTO)

■ 가로의 변화

- 가로를 ①대로(Multiway Boulevard), ②대중교통 중심가로(Major Transit Street), ③상업 중심가로(Downtown Street), ④지역 중심가로(Neighborhood Main Street), ⑤주거지 가로(Residential Street), ⑥주거지 교차로(Minor Intersection)로 구분
- 대중교통이 제공되는 도로에서는 중앙에 전용차로를 설치
- 승용차용 도로는 대체로 각 방향 1차로만 제공
- 상업 중심가로 이하는 차로를 양방향 2차로만 제공
- 주거지 가로는 편도 1차로의 차로만 제공하여 모빌리티 수단이 이용



자료 : NACTO(2019)

[그림 3-18] 대로의 공간 구성(NACTO)

- 주거지에 위치한 교차로의 회전교차로의 설치와 접근로의 도로 축소가 적용
- 회전교차로 인근에는 DRT 등 자율주행 기반 모빌리티 서비스를 위한 승하차 공간과 연결하는 Last-mile 수단을 제공



Mobility Hubs

Mobility hubs provide clearly marked zones for pick-up and drop-off, necessary for the corner-to-corner transportation services in the new mobility network.

Mini-Roundabouts

Pedestrian delay is significantly decreased thanks to shorter crossing distances. Mini-roundabouts allow vehicles to travel at consistent, slow speeds.

Last Mile Connections

Local transit and shared micromobility options are abundant in residential neighborhoods, allowing multiple options to connect to core transit close by.

자료 : NACTO(2019)

[그림 3-19] 미래 주거지 교차로(NACTO)

- 미래의 가로공간은 크게 보도, 대중교통 전용차로, 일반차로, 플렉스존(Flex Zone), 자전거(PM)도로로 구분하고 각각의 역할을 수행

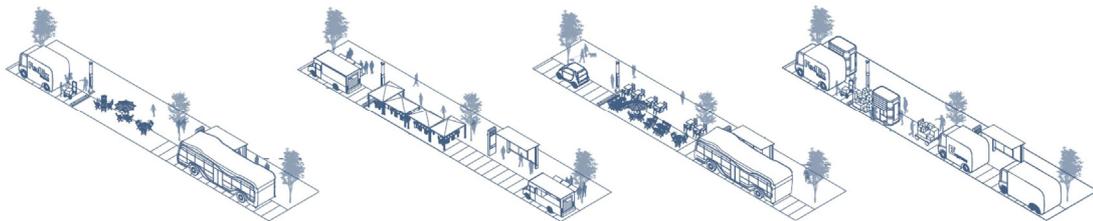


자료 : NACTO(2019)

[그림 3-20] 주거지 교차로의 구성(NACTO)

■ 커브사이드의 기능 확장

- 커브사이드는 장래 그 이용 수요가 증가할 것으로 전망하고 있으며, 이용의 우선 순위는 다음과 같음
 - 버스, BRT, DRT, 자전거 등 공공 및 친환경적 성격이 강한 모빌리티 수단
 - 물류 및 배송 서비스 수요, 지역 상점을 위한 공간으로 활용
 - 개인 승용차, 공유차, 택시 등 보다 1인 이용 모빌리티 수단
- 커브사이드는 다양한 활동을 지원하기 위해 Flex Zone으로 변화하며 기본적으로 다음의 역할을 수행
 - 다양한 모빌리티 수단의 승하차 공간
 - 자전거, 공유 마이크로 모빌리티 등 친환경 이동수단을 위한 스테이션 등의 공간
 - 공공을 위한 휴식 공간
- 도시민의 다양한 활동 행태에 따라 Flex zone의 역할을 충실히 수행할 수 있도록 관리 필요
 - 아침 : 출퇴근 시간전에는 물류 차량, 출퇴근 시간에는 대중교통수단, 늦은 오전시간에는 상업시설에 이용 권한을 부여
 - 낮 : 점심 식사 수요를 위한 이동형 상업시설의 이용권
 - 저녁 : 대중교통수단과 자율주행기반 배송 수단, 상업시설에 이용 권한 부여
 - 야간 : 늦은 밤에서 이른 아침까지는 물류 수송차량에 이용 권한 부여



아침
자료 : NACTO(2019)

낮

저녁

야간

[그림 3-21] 플렉스존 운영 방안 예시(NACTO)

2) 일본 자율주행을 고려한 도쿄도 도시계획 방향(2022)

(1) 계획 수립 배경 및 목적

■ 수립 배경

- 도쿄도는 2040년 도쿄의 도시 모습을 상정하고, 실현을 위한 계획 체계의 일환으로 ‘도시계획 그랜드디자인(2017.9)’ 및 ‘미래도쿄전략(2022.2)’을 책정, 컴팩트하고 스마트한 도시계획의 추진을 목표로 설정
- 해당 계획을 근거로 하여 최근 급속한 기술혁명이 진행되고 있는 자율주행기능을 도시계획에서도 적극 활용하기 위해 ‘자율운전사회를 대비한 도시계획의 방향(自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方)’을 수립(2022.3)
 - 자율운전 기술개발 및 보급 동향 파악, 도로 공간 등의 계획 방향 및 지역 특성에 맞는 자율운전 서비스의 바람직한 방향에 관한 기본구상을 책정

■ 기본목표

- 도쿄도 전역을 대상으로 상위계획인 ‘도시계획 그랜드디자인’의 목표연도인 2040년을 목표 시기로 설정, 다음의 4가지를 도시 내 교통 관련 목표로 설정
 - ① 다양한 교통모드 실현에 따른 컴팩트하고 스마트한 도시 실현
 - 버스 등의 기존 서비스와 새로운 교통수단을 연계한 지역 대중교통 재편에 따른 편리성 향상 등
 - 자율주행기술 및 IoT를 활용한 지역내 물류의 효율화
 - ② 철도 인프라를 토대로 새로운 모빌리티 및 MaaS등 선진기술을 활용한 사람 중심의 모빌리티 네트워크 구축에 따른 원활한 이동 실현
 - 새로운 모빌리티의 보급·확대를 예상한 역세권 공간 재구축 등
 - ③ 도로 공간 재배분에 따른, 사람과 자동차의 적절한 분담 및 중심부의 활력 공간⁹⁾ 창출 실현
 - 도로 네트워크의 정비와 자율주행자동차 보급에 따라 감소하는 차도부분을 활용한 도로 공간의 리모델링
 - 중심부 및 역 주변의 주차장 배치 등의 도로 공간 재분배를 통한 활기가 넘치는 공간 창출 및 자전거 이용 촉진 등을 도모하기 위한 통행 공간 정비 등

9) 일본식 표현으로 시민들의 푸트트럭 등 상업활동과 휴식 등이 이루어지는 공간을 의미

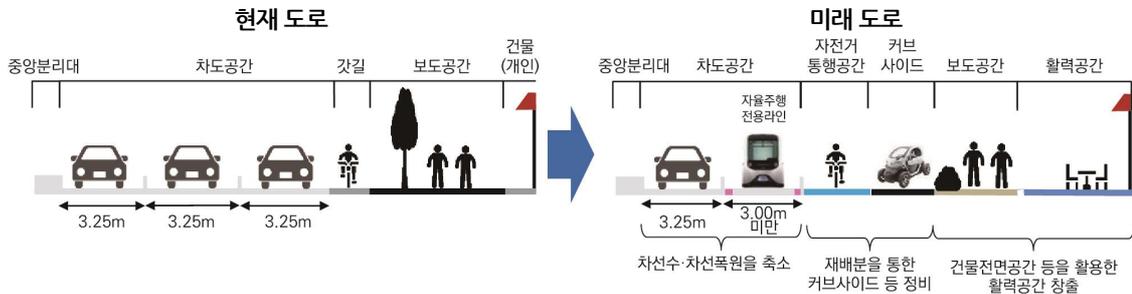
- ④ 포스트코로나를 대비한 새로운 일상이 정착한 도시계획 실현
 - 자전거 이용 및 보행자 증가를 예측한 자전거 이용 환경 및 보행자 공간 정비 등

(2) 가로공간 설계 관련 사항

- 자율주행자동차 보급 확대에 따른 영향을 고려한 계획 내용 중 가로공간 설계와 관련한 사항으로 ① 도로공간, ② 역전공간, ③ 주차장, ④ 자율주행자동차를 활용한 교통서비스에 대한 기본구상을 제시

■ 도로공간

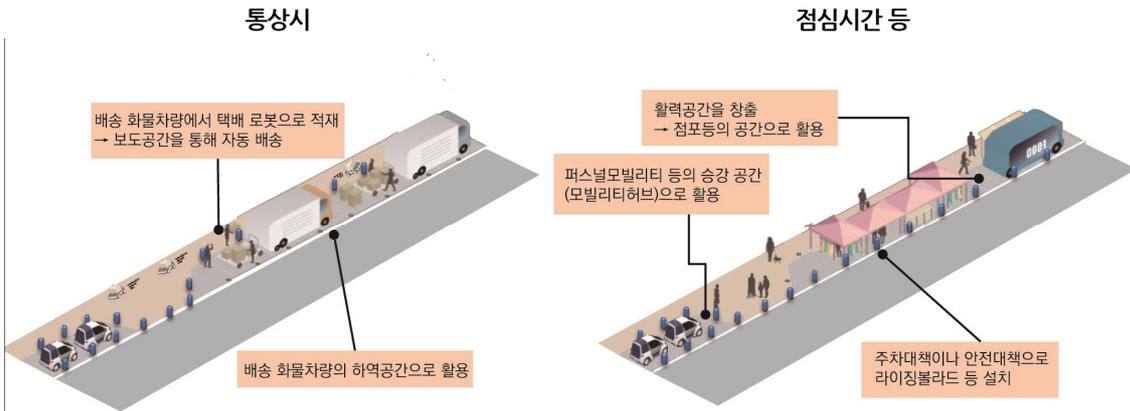
- 자율주행자동차가 보급됨으로써 자율주행자동차 자체의 차로 내 주행을 유지(레인 유지), 자율주행자동차 상호 간 차간거리가 단축되어 고밀도의 주행 실현됨에 따라 차로당 교통량이 증가
- 자율주행자동차 보급에 따라 차도 공간의 축소가 가능하게 되어 도로 공간을 재분배할 수 있고, 도로 양측으로 커브사이드, 자전거 통행 공간 및 보행자 공간이 창출됨



자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-22] 자율주행자동차 도입에 따른 도로공간 재배분(도쿄도)

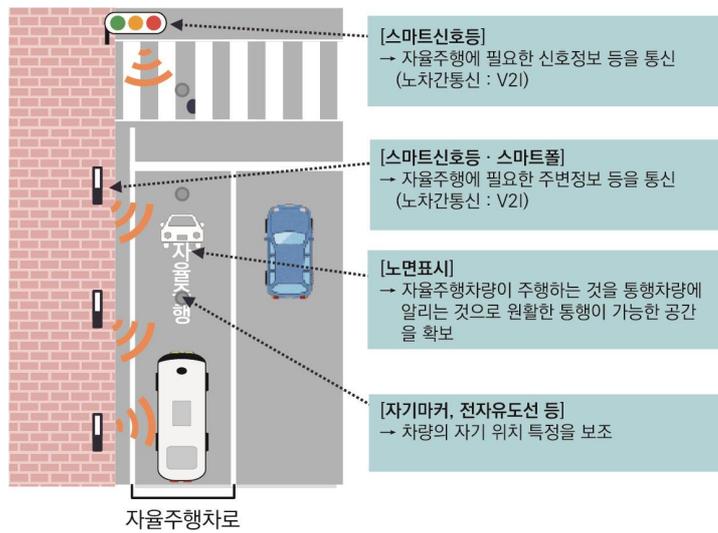
- 커브사이드에는 지역의 요구 및 시간대에 따라, 하차 차량이나 마이크로 모빌리티 등의 쉐어링 서비스 승강 공간, 보행자의 체류 공간이나 다양한 활동공간 등 다목적 이용이 가능한 공간을 창출



자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-23] 커브사이드의 활용(도쿄도)

- 스마트폴 설치 등을 통해 안전하고 원활한 자율주행자동차 주행 지원
 - 원격모니터링 및 자율주행에 필요한 외부 환경 정보를 차량에 송신하는 설비 등을 설치
- 자율주행자동차의 주행을 위한 인프라 등을 장비한 자율주행 전용차로의 선행적 설치 검토

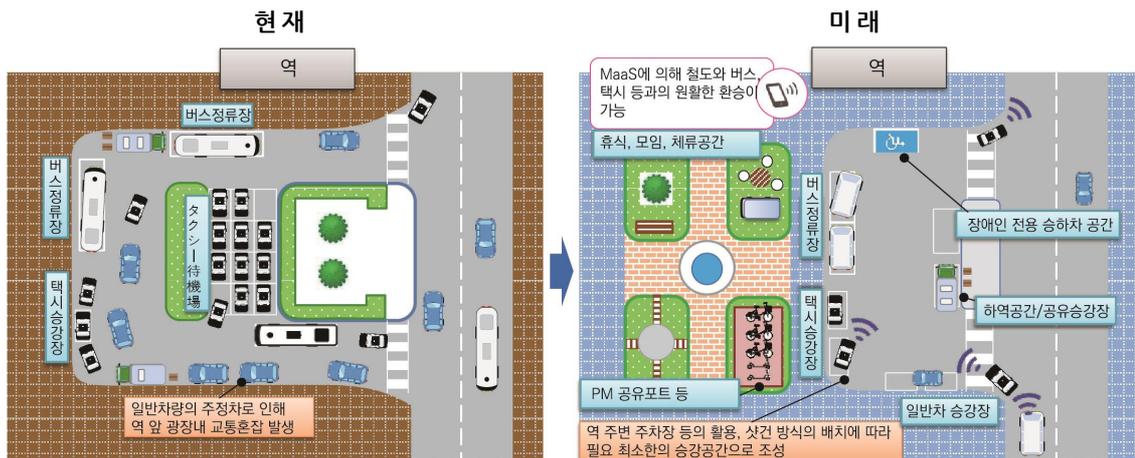


자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-24] 자율주행자동차 차로 이미지(도쿄도)

■ 역전 공간

- 자율주행자동차 기술이 활성화되면 주정차보다 승하차 공간의 기능이 확대되어 기존의 차량을 위한 공간을 축소하는 방향으로 도시철도 등 주변 공간을 재구축 검토 필요
- IoT기술 등을 활용한 차량 진입 제어를 통해 주정차 및 대기 공간을 합리적으로 배분하고, 활력 공간 창출 및 원활한 이동을 실현
 - 지하철역 등 역전광장이 없는 역에서는 원활한 환승과 활력있는 공간 창출을 실현하기 위해, 선진기술 및 연도 공간 또는 주변의 공개공지 등을 활용



자료 : 도쿄도시정비국(2022)

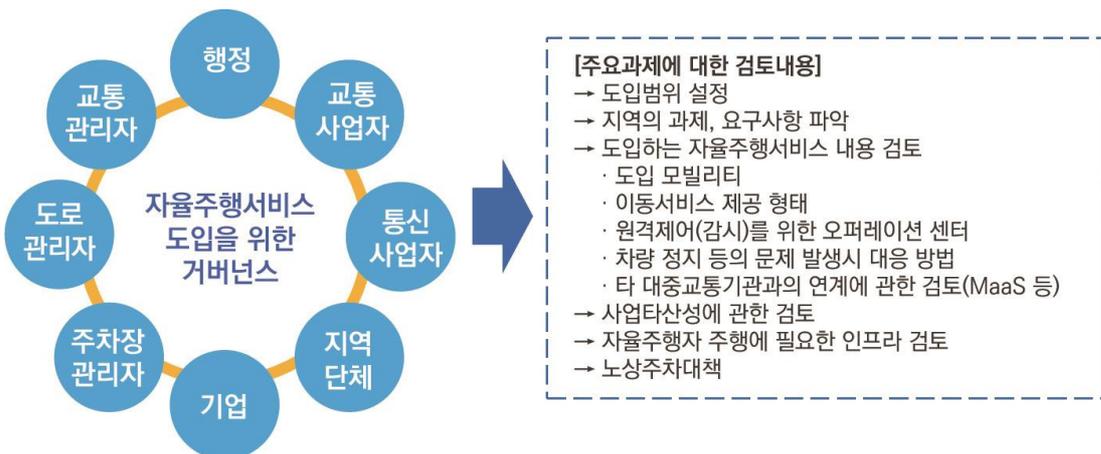
[그림 3-25] 자율주행자동차 확산에 따른 역전광장의 변화 이미지(도쿄도)

■ 주차장

- 역전 공간의 대기공간 합리화를 위해, 자율주행 기술과 차량과 도로 간 통신 등을 활용하여 여러 주차장에서 차량이 출발하는 사전 방식을 검토
 - 주차장 안에서 자율주행을 통해 주차구획에 자동 주차하는 자동 발렛파킹 방식 등 선진적인 주차방식 보급에 따라 주차 가능 대수 등이 증가

■ 자율주행자동차 활용 교통서비스

- 자율주행 서비스 도입 시 필요에 따라 도로 인프라에서의 대응이나 노상주차 대책 등 제도나 지역 내에서의 규칙 운용 등의 활용이 필요
- 이를 위해서는 지역 요구에 맞춘 이해관계자들의 거버넌스 구축을 통한 다양한 교통서비스 등에 대한 검토가 필요
- 역전 공간의 대기 공간 합리화를 위해, 자율주행 기술과 차량 간 통신 등을 활용하여 여러 주차장에서 차량이 출발하는 샷건 방식을 검토
 - 서비스 예시 1 : 도심부에서는 역 주변 보도권 범위의 자율주행 서비스 도입
 - 서비스 예시 2 : 교외 지역 등에서는 도로 폭에 따라 크기가 작고 저속차량을 활용한 자율주행 서비스 도입
 - 서비스 예시 3 : 타마뉴타운 등 신도시에서는 1인의 원격제어를 통한 복수의 자율주행운행이 가능한 자율주행 버스 도입
 - 서비스 예시 4 : 자연환경 등의 취약지역 등에서는 거주지에서 버스 정류장까지 이동을 지원하는 새로운 교통서비스 등 도입
- 이러한 서비스 도입을 위해서는 스마트신호등, 가로등에 통신시설의 설치, 도로 위의 자기 마커, 운행 노선의 노상주차 대책 등의 검토가 필요



자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-26] 자율주행서비스 도입을 위한 검토내용

(3) 미래 가로공간 변화 예측

- 해당 계획에서 제시한 기본구상에 따른 자율주행자동차와 관련된 도시계획 시책의 추진 방향을 2040년 계획 목표연도 기준으로 제시
 - 자율주행자동차 보급이 확대되기 시작하는 2030년의 이미지와 본 계획의 목표연도로 하는 2040년대의 변화된 도로 공간 이미지를 제시¹⁰⁾
 - 도로 유형별로 관련 시책 전개에 따른 공간변화에 대한 시나리오를 작성하여 그 결과물을 시각화
- 본 연구에서 대상으로 하는 상업지역 가로공간 적용에 참고하기 위한 도심부간선도로, 임해부간선도로, 도심부 지하철역전 공간의 변화 예시는 다음과 같음(표 4-10)

[표 3-11] 자율주행자동차 보급 확산에 따른 도시 가로공간의 변화 방향(도쿄도)

CASE	도로유형	관련시책 전개 예시
1	도심부 간선도로 (다차선 도로의 예시)	<ul style="list-style-type: none"> • 도로공간의 재배분(자율주행자동차로 등) • 보도공간 확장에 따른 활력공간 창출
2	임해부 간선도로 (다차선 도로의 예시)	<ul style="list-style-type: none"> • 도로공간의 재배분(자율주행자동차로 등) • 버스정류소의 모빌리티허브 정비
3	도심부 지하철역전	<ul style="list-style-type: none"> • 보행자중심의 활력공간 창출 • 지하철역전의 모빌리티허브 정비
4	교외부 간선도로와 지구내도로	<ul style="list-style-type: none"> • 버스정류소 주변의 모빌리티허브 정비
5	교외부 지구내도로	<ul style="list-style-type: none"> • 대시공간 정비
6	도서지역 주요 도로	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 모빌리티 및 자전거 통행공간의 정비
7	교외부 역전광장	<ul style="list-style-type: none"> • 버스, 택시등의 정차공간 합리화, 역에서 떨어진 주차공간의 정비

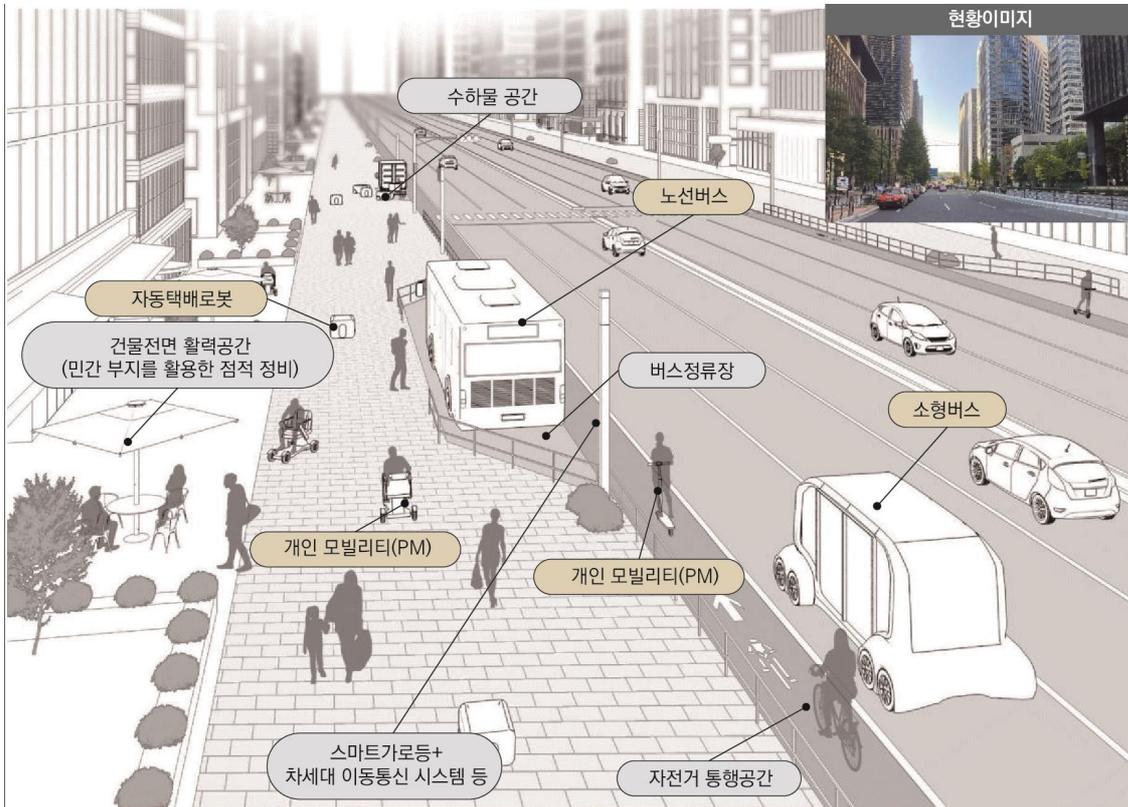
자료 : 도쿄도시정비국(2022)

10) 2030년은 노선버스 자율주행 레벨2, 소형버스 자율주행 레벨3를 상정하였으며, 2040년에는 자율주행 레벨4를 상정, 차선수·폭이 감소하는 경우를 상정하여 각각의 이미지를 작성, 본 연구에서는 2040년 기준으로 세부내용을 검토.

① 도심부 간선도로- 다차선 도로의 예시

■ 2030년

- 지구내 도로를 순환하는 자율주행 소형버스가 시범적 도입이 시작, 보도에는 노인 등의 보행을 보조하는 전동휠체어 등 PM, 원격 감시·조정을 통한 자동 택배 로봇, 자전거 통행 공간을 통행하는 전동 킥보드 등의 PM이 보급
- 도로 공간에는 자전거 통행 공간이 정비되고 건물 전면공간과 연계된 보행자 공간이 부분적으로 확장되고 그 공간을 활용하여 주정차 차량의 교통 정체 대책을 위한 하차 공간 또는 버스베이로 정비
- 도로상에는 자율주행자동차나 택배로봇이 주행하는데 필요한 외부환경정보 등의 통신이 가능한 통신설비가 설치된 스마트가로등 등 자율주행자동차의 운영을 지원하기 위한 도로 인프라가 정비

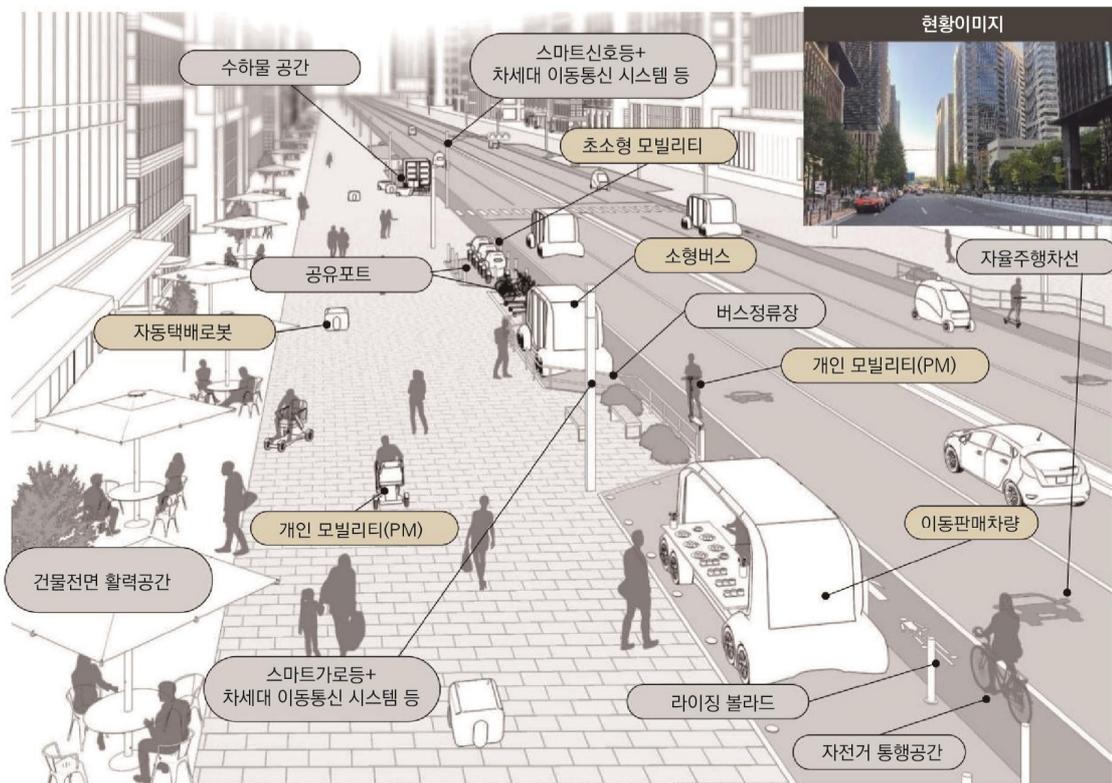


자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-27] 도심부 간선도로의 변화 이미지(도쿄도, 2030년)

■ 2040년

- 지구내 도로 순환 자율주행버스가 실제 운영되는 등 대중교통에 자율주행자동차 보급이 확대되고 초소형 모빌리티의 보급도 확대, 택배로봇은 원격 조정 없이 운용
- 도로 공간에는 자율주행자동차의 보급과 교통수요 변화에 따라 차선수 및 차도폭이 축소되어 차도 공간의 커브사이드나 보행자 공간이 재분배됨
- 커브사이드에서는 초소형모빌리티 등의 공유 포트가 버스 정류장 부근에 정비되어 모빌리티 허브로 기능하고, 보행자 공간에서는 부분적으로 조성된 건물 전면공간이 연속적으로 창출
- 자율주행자동차를 지원하기 위한 도로 인프라는 이동통신 시스템 등의 기술개발에 의해 고도화가 진행, 자율주행자동차가 원활한 운행이 가능



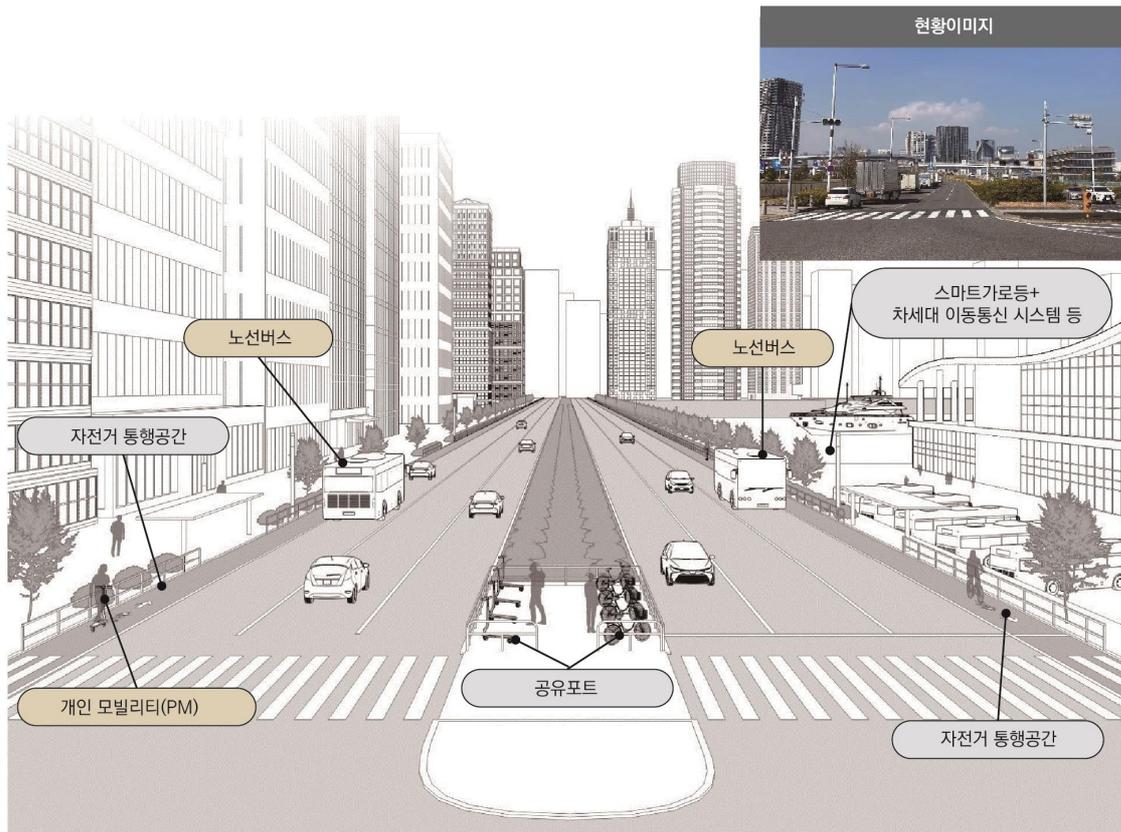
자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-28] 도심부 간선도로의 변화 이미지(도쿄도, 2040년)

② 임해부 간선도로

■ 2030년

- 재개발 등 인구 증가 및 인바분드 증가에 따른 국지적 교통수요 증가에 대응한 새로운 대중교통 운행 및 PM 등이 보급
- 도로 공간은 갓길 부분에 자전거 통행 공간이 정비됨과 동시에 버스정류장 부근의 중앙분리대안에는 자전거 등의 공유포트가 정비되어 환승이 쉽게 됨
- 그 외 자율주행자동차 등의 주행에 필요한 외부환경 정보의 통신이 가능한 통신설비가 설치된 스마트가로등 등 자율주행 지원 도로 인프라가 정비

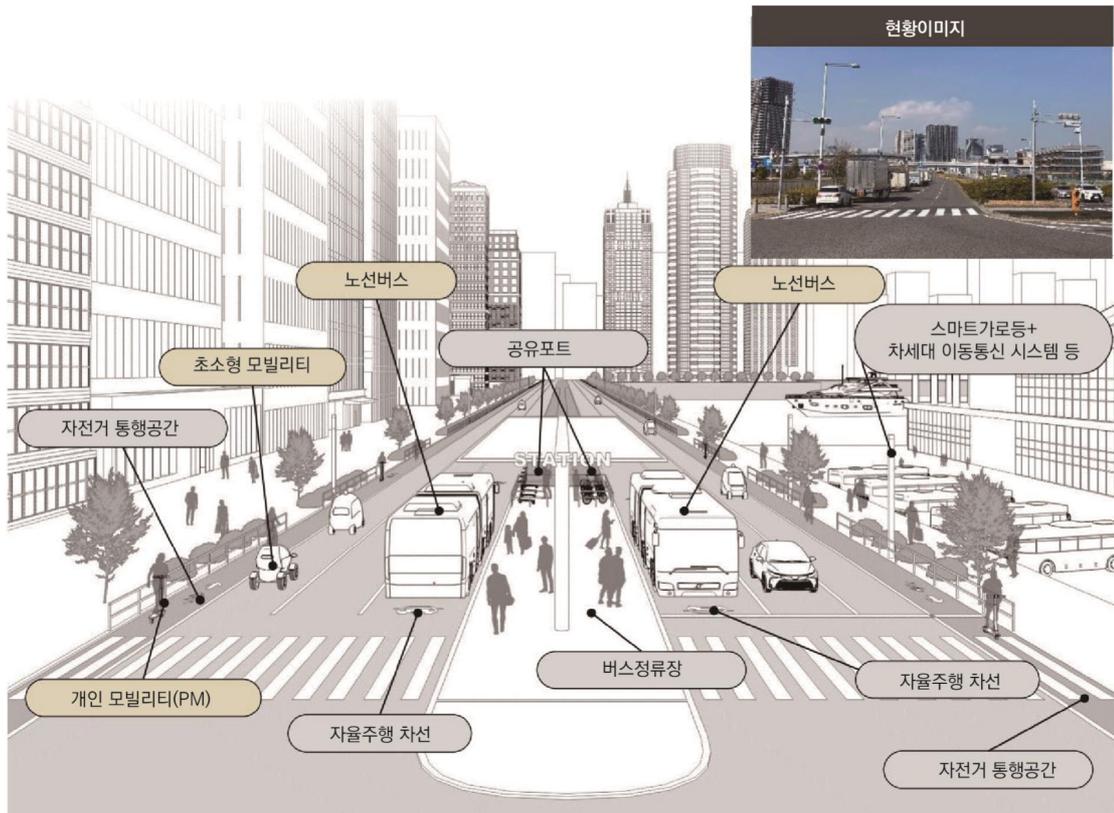


자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-29] 임해부 간선도로 변화 이미지(도쿄도, 2030년)

■ 2040년

- 신규수요에 대응한 노선버스는, 좌회전 차량 및 자전거 등의 영향을 받기 어려운 중앙차선 주행을 통해 정시성·신속성이 확보되어 편리성이 향상, 주로 지구 내 도로를 주행하는 자율주행 초소형 모빌리티가 보급
- 도로 공간에는 자율주행자동차 보급에 따라 차도의 폭이 줄어들면서 보행자 공간이 확충되어 노선버스의 중앙차선 주행과 동시에 중앙분리대의 공간을 활용한 버스정류장을 정비, 버스정류장과 PM의 공유포트 편리한 환승이 가능
- 자율주행자동차를 지원 도로 인프라는 이동통신 시스템의 기술개발에 따라 고도화가 진행되어 자율주행자동차의 원활한 운행이 가능



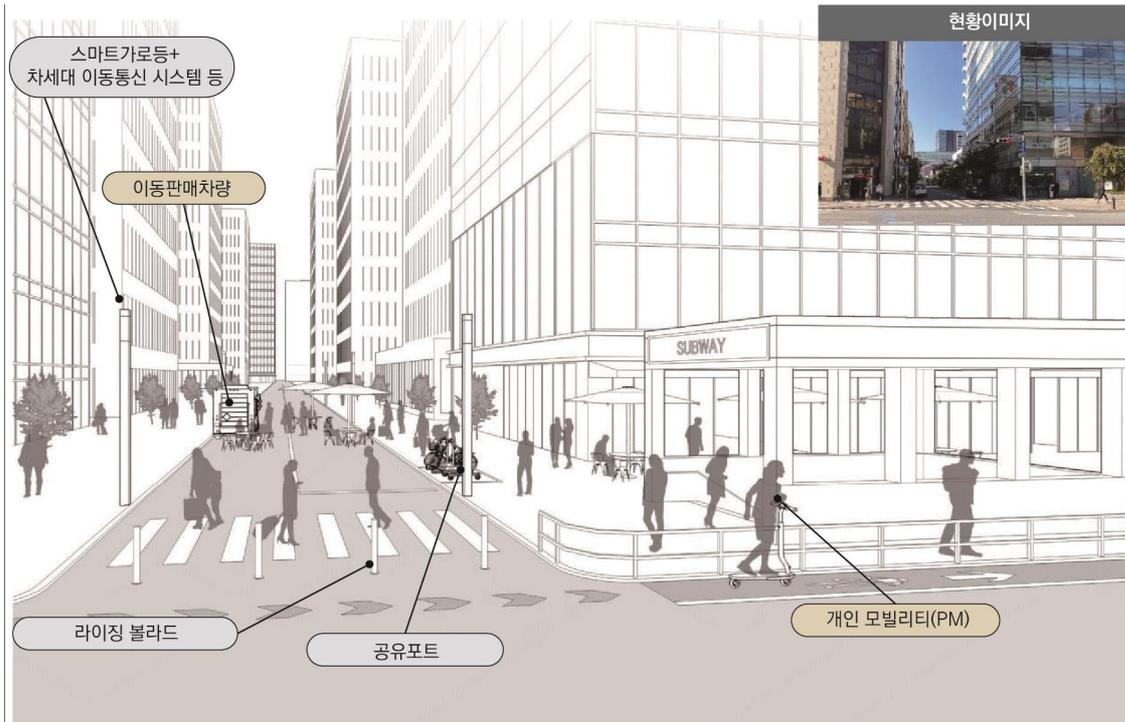
자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-30] 임해부 간선도로 변화 이미지(도쿄도, 2040년)

③ 도심부 지하철 역전

■ 2030년

- 도로 공간에는 자전거 통행 공간이 정비되어 지하철 출입구 부근 도로 공간을 활용한 PM 공유포트 등이 정비되어 모빌리티 허브로 기능
- 지구 내 도로 출입구에는 자동 승강형 라이징 볼라드를 설치하고, 요일이나 시간대에 따른 진입차량의 제어를 통해 역 앞 광장이 없는 지하철역 앞에서도 보행자의 안정성이 확보되고 활력있는 공간이 창출

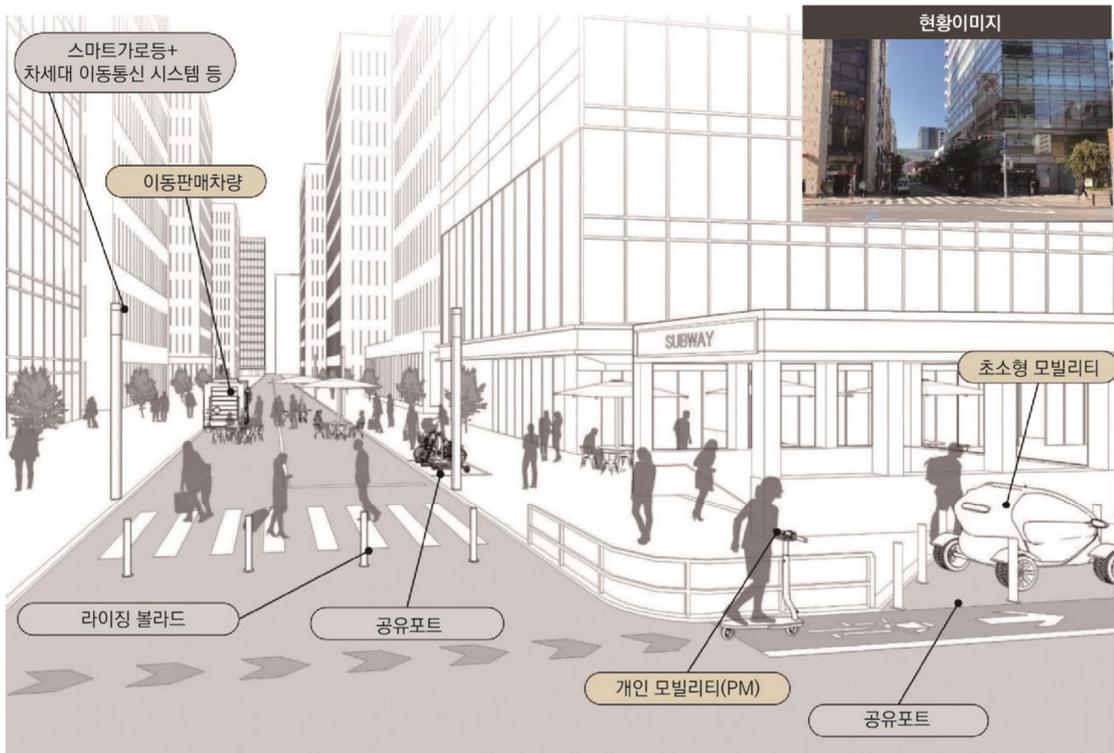


자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-31] 도심부 지하철 역전 변화 이미지(도쿄도, 2030년)

■ 2040년

- 도로 공간에는 자율주행자동차 보급과 교통수요 변화에 따라 간선도로의 차로수 감소 및 차로폭 축소에 따라 도로 공간을 재분배하여 간선도로의 커브사이드가 확보
- 커브사이드를 활용하여 지하철 출입구 부근에도 소형모빌리티 등의 공유포트를 설치하여 모빌리티 허브 기능을 향상시켜 원활한 이동을 실현



자료 : 도쿄도시정비국(2022)

[그림 3-32] 도심부 지하철 역전 변화 이미지(도쿄도, 2040년)

5. 사례 조사 소결

■ 기존 가로 설계지침

- 가로공간 디자인 가이드는 모두 보도와 도로, 자전거(PM 포함)도로를 기본으로 포함
- 일부 가이드는 보다 보행환경에 중점을 두고 있어, 보도와 직접 연결된 전면공지나 건축물을 포함하기도 함
- 모든 디자인 가이드는 보행자와 자전거 이용자 중심으로 가로를 설계하는 것을 주목적으로 함
- 따라서 도로보다는 보도 중심의 가로 설계가 이루어짐
- 도로의 경우 주요 항목은 교통정온화 등의 차량 속도 저감을 위한 시설이나 방향
- 자전거도로에 대한 기준이 들어가 있으나 기준(1.5m폭, 부득이 할 경우 1.2m 허용)은 대동소이함
- 필요에 따라 특화거리나 특수목적(어린이보호나 노인보호)을 위한 가이드를 별도 도로 제시

■ 자율주행 시대의 주요 변화 방향 및 항목

- 자율주행시대에 대한 전망은 전반적으로 승용차 이용의 감소로 인한 전체적인 차량 수 감소와 반대급부로 대중교통 수단의 활성화를 예상함
- 차량의 감소는 도로의 감소를 촉발하고, 현재 도로 중심의 가로 구성은 보다 친환경적인 보행과 자전거를 위한 공간의 확대라는 미래 방향을 제시
- 이에 따라 줄어드는 차로와 확대되는 보행로/자전거도로가 가장 큰 변화
- 이와 더불어 확대되는 보행로를 보다 커뮤니티 친화적이고 활동적인 공간으로 활용하는 것을 목표로 제시
- 주목해야 하는 것은 가로의 커브사이드 활용 수요의 증가와 이로 인한 커브사이드의 플렉스존(Flex Zone)으로의 변화임
- 즉, 가로의 커브사이드를 미래 모빌리티 환경에 맞도록 재창조할 필요가 있음

■ 시사점

- 본 연구는 기존 가로 설계 지침과 미래 가로 변화 전망을 기반으로 다음의 시사점을 도출함
- ① 대중교통 중심의 이동 환경을 고려하고, DRT 등의 미래 기반 모빌리티 수단의 활성화에 대비
 - 모든 차량은 자율주행으로 전환이 이루어질 수 있지만, 승용차의 자율주행 전환과 확대는 미래 비전으로는 적합하지 않음
 - 대중교통과 DRT 등 미래 교통수단 중심으로 방향을 제시할 필요가 있음
 - 따라서 가로 역시 기존 대중교통과 DRT 등 미래 교통수단이 자율주행으로 전환된다는 전제하에 상호간의 가로공간 사용의 조화를 달성할 필요가 있음
- ② 보도와 자전거도로의 확장 또는 실제 사용성을 고려한 설계가 필요
 - 이를 위해 차량의 속도를 줄일 수 있는 교통정온화 기법을 적극적인 활용이 필요
 - 사람중심으로 설계 지침에서 제시하듯이 도시 내 차량 속도를 50km/h 이하로 억제할 때 구간에 따라서는 40km/h 이하로 설정할 수 있으며, 도로 폭 역시 2.75m를 적용 가능
- ③ 미래 가로 변화 전망의 핵심 요소 중 하나인 도로 축소는 큰 방향에서 필요함
 - 도로 축소는 자율주행자동차의 비율에 따라 단계적으로 이루어질 것으로 전망
 - 과도기적 단계에서는 도로 축소는 제한적일 것이라 판단
 - 자율주행자동차가 증가함에 따라 도로 폭의 축소가 도로 축소보다 실현 가능성이 높음
 - 그리고 도로 폭을 축소하면 상대적으로 속도 감소의 효과도 있음
- ④ 미래 가로의 핵심 변화 공간인 커브사이드(플렉스존)의 변화 반영 필요
 - 커브사이드의 공간을 대중교통, DRT, 소형 화물차 등 다양한 용도로 활용할 수 있도록 구상할 필요가 있음
- 해외에서 제시한 미래 도로의 변화 전망은 자율주행자동차의 보급이 많이 이루어진 상황을 가정하고 있으므로, 초기 단계에서는 적용이 어려울 것이라 판단하며, 본 연구에서 고려하는 자율주행자동차 보급 수준을 고려하여 방향을 제시할 필요가 있음

제4장 모빌리티의 가로공간 이용 모델링

1. 모델링 개요

1) 모델링 목적

- 본 시뮬레이션 모델은 판교역 주변 가로공간의 점유(이용) 행태를 파악하고자 다음의 항목에 중점을 두어 개발함
 - 다양한 모빌리티 수단의 이동과 정차
 - 승객의 승하차와 대기, 승하차 지점 또는 최종 목적지까지의 이동(환승 포함)
- 실제 도시 환경을 구현하기 위해 다음의 교통환경을 일정 수준에서 현실적으로 구현
 - 더미 차량의 이동
 - 교차로에서의 신호 운영
- 본 모델링은 행위자 기반 모델(Agent-based Model)을 활용하여 구현함
 - 미시적(micro) 행태를 구현할 수 있는 오픈소스 프로그램인 Netlogo를 활용

2) Agent-based Model

- 에이전트 기반 모델(Agent-Based Model, ABM)은 개별 에이전트(agents)의 행동과 상호작용을 시뮬레이션하여 전체 시스템의 동작을 이해하고 예측하는 모델링 접근 방식
- 에이전트는 자율적으로 행동하며, 환경과 다른 에이전트와의 상호작용을 통해 시스템의 복잡한 동작을 나타냄
 - 에이전트: 모델 내의 기본 단위로, 고유한 속성(예: 위치, 속도, 상태 등)과 행동 규칙(예: 이동, 의사결정, 상호작용 등)을 가지고 있음
 - 환경: 에이전트가 활동하는 공간으로, 물리적 공간(예: 도로, 건물)이나 추상적 공간(예: 네트워크, 사회적 관계)이 될 수 있음
 - 상호작용: 에이전트 간 또는 에이전트와 환경 간의 상호작용을 통해 시스템의

복잡한 동작

- 교통 분야에서도 차량 흐름 분석, 교통 혼잡 해소, 사고 예측 등 다양한 문제를 해결하는 데 활용
 - 특히 재난이나 긴급 상황 시 보행 행태를 시뮬레이션하는 데 활용
 - 새로운 교통수단의 선택에 대한 수요 예측 모델에 폭 넓게 활용

■ Agent-based Model의 장점

- 개별 수준의 모델링
 - 개별 에이전트의 행동과 상호작용을 자세히 모델링할 수 있어, 미시적인 수준 (Micro level)에서 시스템을 이해할 수 있음
- 복잡한 시스템의 이해
 - 에이전트 간의 상호작용을 통해 시스템의 복잡한 동작을 설명하고 예측
 - 예를 들어, 단순한 행동 규칙들이 상호작용하여 예기치 않은 집단적 행동을 초래
- 유연성
 - 다양한 유형의 에이전트와 환경을 모델링할 수 있어, 다양한 분야(경제, 사회, 생태, 교통 등)에 적용
 - 모델의 수정과 확장이 쉬우며, 새로운 가정이나 시나리오를 쉽게 테스트 가능
- 비선형성
 - 비선형적인 상호작용을 자연스럽게 처리할 수 있어, 전통적인 수학적 모델로 다루기 어려운 문제를 다룰 수 있음
- 현실성
 - 개별 에이전트의 행동을 실제 데이터에 기반하여 설정할 수 있어, 현실적인 시뮬레이션이 가능
 - 복잡한 정책이나 전략의 효과를 실험적으로 평가
- 시각화 및 해석 용이성
 - 에이전트의 행동과 상호작용을 시각적으로 나타내기 쉬워, 결과를 해석하고 의사결정에 활용하기 쉬움

■ Agent-based Model 구현을 위한 일반적인 흐름

○ 교통 분야에서 에이전트 기반 모델링을 구현하기 위해 일반적으로 다음의 단계를 따름

- 모델의 목적 정의
 - 모델링하고자 하는 특정 교통 문제를 정의
 - 예를 들어, 도시의 DRT 수요, 도시 이동 특성과 도로 네트워크의 효율, 대중교통 개선과 수익의 변화 등을 분석
- 에이전트 정의
 - 교통 모델에서 에이전트는 일반적으로 차량, 운전자, 보행자 등
 - 에이전트의 속성(위치, 속도, 방향 등)과 행동 규칙(신호 준수, 차선 변경, 가속 및 감속 등)을 정의
- 환경 정의
 - 도로 네트워크, 교차로, 신호등, 보도, 정류장 등 의 요소
 - 환경의 속성(도로 길이, 차선 수, 신호등 주기 등)과 변화 규칙을 정의
- 상호작용 규칙 정의
 - 에이전트 간의 상호작용 규칙을 정의
 - 예를 들어, 차량 간의 거리 유지, 교차로에서의 우선순위, 보행자와 차량 간의 상호작용 등
- 시뮬레이션 및 검증
 - 모델을 구현하고 시뮬레이션을 실행
 - 결과를 분석하고 실제 데이터와 비교하여 모델을 검증
 - 필요한 경우 모델을 수정하고 반복 수행

2. 통신 빅데이터를 활용한 모델링 통행량 추정

2.1. 통신 빅데이터 개요

- 상업·업무 지역의 유동 인구 현황을 분석하기 위해 “SKT 통신 빅데이터”와 “KT 통신데이터 기반의 수도권 생활이동” 자료를 상호 비교함

1) SKT 통신 빅데이터

- SKT 통신 빅데이터는 서비스인구, 유동인구, 유입인구 자료를 제공
- 제공되는 데이터는 모두 일 평균값을 기본적으로 제공
- 각 데이터의 분석 목적은 다음과 같음
 - 서비스인구는 정주인구와 방문인구의 총량을 파악하기 위해 분석
 - 통신데이터와 실제 주민등록상 인구 등 통계지표간의 차이를 파악
 - 유입인구는 방문지가 어디인지 파악하기 위해 분석
 - 유동인구는 실제 모델링을 위해 특정시간과 특정공간에서의 인구 밀집 정도를 파악하고, 유의미한 모델링 입력자료로 도출
 - 시간과 공간에 따른 인구 분포와 변화

■ 서비스인구

- 서비스인구는 주거인구, 직장인구, 방문인구로 구성
- 주거지 및 주거인구에 대한 정의
 - 주거지는 00시부터 06시까지 가장 많이 체류한 행정동을 야간체류지역(주거지)로 정의
 - 현위치가 야간체류지역과 동일한 행정동에 존재하면 주거인구로 산정
 - 현위치가 야간체류지역과 주간체류지역이 같을 경우 보통 가정주부가 많을 것으로 판단되어 주거인구로 산정
- 직장지 및 직장인구에 대한 정의
 - 직장지는 09시부터 18시까지 30%이상 체류한 행정동 중 가장 많이 체류한 행정동을 주간체류지역(직장지)으로 정의
 - 현위치가 주간체류지역과 동일한 행정동에 존재하면 직장인구로 산정

- 방문인구에 대한 정의
 - 방문인구는 현위치가 야간체류지역과 주간체류지역 이외 행정동에 존재하면 방문인구로 산정
- 시간(1시간단위, 24시간), 성별(남녀), 연령(5세 단위)로 제공
- 50m×50m의 공간 격자 단위로 제공

[표 4-1] SKT 서비스인구 데이터 테이블 정의

No.	컬럼ID	컬럼명	타입	길이	NULL
1	hh	시간	VARCHAR2	2	N
2	gender	성별	VARCHAR2	2	N
3	age	연령	VARCHAR2	4	N
4	block_code	소지역코드	VARCHAR2	20	N
5	centroidx	X좌표	NUMBER	(38, 8)	N
6	centroidy	Y좌표	NUMBER	(38, 8)	N
7	h_pop	주거인구	NUMBER	(18, 2)	
8	w_pop	직장인구	NUMBER	(18, 2)	
9	v_pop	방문인구	NUMBER	(18, 2)	

출처: SKT 통신데이터 테이블 정의서

■ 유입인구

- 특정지역으로 방문한 유입인구(관내/관외 유입인구)의 총합으로 해당 시군에 유입된 인구
- 유입지, 성별(남녀), 연령별(5세 단위)로 구성
- 시군구 단위로 제공

[표 4-2] SKT 유입인구 데이터 테이블 정의

No.	컬럼ID	컬럼명	타입	길이	NULL
1	STD_YM	년월	VARCHAR2	6	N
2	DAY_TYPE	주중/주말	VARCHAR2	2	N
3	BLOCK_CD	소지역코드	VARCHAR2	20	N
4	X_COORD	X좌표	NUMBER	(38, 8)	N
5	Y_COORD	Y좌표	NUMBER	(38, 8)	N
6	INFLOW_CD	유입지코드	VARCHAR2	5	N

7	MAN_FLOW_POP_CNT_0004	남자 유입인구_0004	NUMBER	(18, 2)	
8	MAN_FLOW_POP_CNT_0509	남자 유입인구_0509	NUMBER	(18, 2)	
9	MAN_FLOW_POP_CNT_1014	남자 유입인구_1014	NUMBER	(18, 2)	
10	MAN_FLOW_POP_CNT_1519	남자 유입인구_1519	NUMBER	(18, 2)	
11	MAN_FLOW_POP_CNT_2024	남자 유입인구_2024	NUMBER	(18, 2)	
12	MAN_FLOW_POP_CNT_2529	남자 유입인구_2529	NUMBER	(18, 2)	
13	MAN_FLOW_POP_CNT_3034	남자 유입인구_3034	NUMBER	(18, 2)	
14	MAN_FLOW_POP_CNT_3539	남자 유입인구_3539	NUMBER	(18, 2)	
15	MAN_FLOW_POP_CNT_4044	남자 유입인구_4044	NUMBER	(18, 2)	
16	MAN_FLOW_POP_CNT_4549	남자 유입인구_4549	NUMBER	(18, 2)	
17	MAN_FLOW_POP_CNT_5054	남자 유입인구_5054	NUMBER	(18, 2)	
18	MAN_FLOW_POP_CNT_5559	남자 유입인구_5559	NUMBER	(18, 2)	
19	MAN_FLOW_POP_CNT_6064	남자 유입인구_6064	NUMBER	(18, 2)	
20	MAN_FLOW_POP_CNT_6569	남자 유입인구_6569	NUMBER	(18, 2)	
21	MAN_FLOW_POP_CNT_7074	남자 유입인구_7074	NUMBER	(18, 2)	
22	MAN_FLOW_POP_CNT_7579	남자 유입인구_7579	NUMBER	(18, 2)	
23	MAN_FLOW_POP_CNT_80U	남자 유입인구_80 이상	NUMBER	(18, 2)	
24	WMAN_FLOW_POP_CNT_0004	여자 유입인구_0004	NUMBER	(18, 2)	
25	WMAN_FLOW_POP_CNT_0509	여자 유입인구_0509	NUMBER	(18, 2)	
26	WMAN_FLOW_POP_CNT_1014	여자 유입인구_1014	NUMBER	(18, 2)	
27	WMAN_FLOW_POP_CNT_1519	여자 유입인구_1519	NUMBER	(18, 2)	
28	WMAN_FLOW_POP_CNT_2024	여자 유입인구_2024	NUMBER	(18, 2)	
29	WMAN_FLOW_POP_CNT_2529	여자 유입인구_2529	NUMBER	(18, 2)	
30	WMAN_FLOW_POP_CNT_3034	여자 유입인구_3034	NUMBER	(18, 2)	
31	WMAN_FLOW_POP_CNT_3539	여자 유입인구_3539	NUMBER	(18, 2)	
32	WMAN_FLOW_POP_CNT_4044	여자 유입인구_4044	NUMBER	(18, 2)	
33	WMAN_FLOW_POP_CNT_4549	여자 유입인구_4549	NUMBER	(18, 2)	
34	WMAN_FLOW_POP_CNT_5054	여자 유입인구_5054	NUMBER	(18, 2)	
35	WMAN_FLOW_POP_CNT_5559	여자 유입인구_5559	NUMBER	(18, 2)	
36	WMAN_FLOW_POP_CNT_6064	여자 유입인구_6064	NUMBER	(18, 2)	
37	WMAN_FLOW_POP_CNT_6569	여자 유입인구_6569	NUMBER	(18, 2)	
38	WMAN_FLOW_POP_CNT_7074	여자 유입인구_7074	NUMBER	(18, 2)	
39	WMAN_FLOW_POP_CNT_7579	여자 유입인구_7579	NUMBER	(18, 2)	
40	WMAN_FLOW_POP_CNT_80U	여자 유입인구_80 이상	NUMBER	(18, 2)	

출처: SKT 통신데이터 테이블 정의서

■ 유동인구

- 유동인구는 서비스인구가 그 지역에서 일정 시간 이상 머무르는 인구의 총합을 의미
- 체류시간은 시군구는 2시간, 읍면동은 30분을 기준으로 하며, 본 연구에서는 2시간 이상 머문 사람을 대상으로 함
- 유동인구 자료는 성별(남녀), 연령별(10대이하, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대 이상)로 구분하여 제공
- 100m×100m의 공간 격자 단위로 제공
 - ※ 원래 50m × 50m의 자료를 제공할 수 있으나, 본 연구에서 활용가능한 컴퓨터의 한계와 처리 능력에 의해 100m × 100m으로 도출함
- 단, 유동인구는 SKT 고객수를 이용하여 전체 유동인구로 전수화한 추정 데이터로 산출 방법은 다음과 같음(이삼수 외, 2021)¹¹⁾
 - 1단계로 SKT 고객의 위치를 기지국 단위로 성/연령별 유동인구수를 집계하고, SKT pCell 정보(기지국별 통신 커버리지)를 이용, pCell별 고객수를 산정
 - 2단계는 SKT 시장 점유율에 따라 보정을 진행하며, SKT 고객의 거주 지역별 시장점유율을 계산
 - 3단계는 시장점유율 가중치를 이용하여 pCell 단위로 전수화를 실시

11) 이삼수 외(2021)

[표 4-3] SKT 유동인구 데이터 테이블 정의

No.	컬럼ID	컬럼명	타입	길이	NULL
1	STD_YM	기준년월	VARCHAR2	6	N
2	BLOCK_CD	소지역코드	VARCHAR2	20	N
3	X_COORD	X좌표	NUMBER	(38, 8)	N
4	Y_COORD	Y좌표	NUMBER	(38, 8)	N
5	MAN_FLOW_POP_CNT_10G	남자유동인구수_10대	NUMBER	(18, 2)	
6	MAN_FLOW_POP_CNT_20G	남자유동인구수_20대	NUMBER	(18, 2)	
7	MAN_FLOW_POP_CNT_30G	남자유동인구수_30대	NUMBER	(18, 2)	
8	MAN_FLOW_POP_CNT_40G	남자유동인구수_40대	NUMBER	(18, 2)	
9	MAN_FLOW_POP_CNT_50G	남자유동인구수_50대	NUMBER	(18, 2)	
10	MAN_FLOW_POP_CNT_60GU	남자유동인구수_60대이상	NUMBER	(18, 2)	
11	WMAN_FLOW_POP_CNT_10G	여자유동인구수_10대	NUMBER	(18, 2)	
12	WMAN_FLOW_POP_CNT_20G	여자유동인구수_20대	NUMBER	(18, 2)	
13	WMAN_FLOW_POP_CNT_30G	여자유동인구수_30대	NUMBER	(18, 2)	
14	WMAN_FLOW_POP_CNT_40G	여자유동인구수_40대	NUMBER	(18, 2)	
15	WMAN_FLOW_POP_CNT_50G	여자유동인구수_50대	NUMBER	(18, 2)	
16	WMAN_FLOW_POP_CNT_60GU	여자유동인구수_60대이상	NUMBER	(18, 2)	

출처: SKT 통신데이터 테이블 정의서

2) 수도권 생활 이동 데이터

- KT 휴대폰 고객의 신호를 바탕으로 사람들의 출발지와 목적지별 이동 인원수를 가공한 데이터
- 출발/도착지, 시간대, 이동인원, 이동시간과 거리, 이동목적, 이동수단을 제공
 - ※ 현재 매뉴얼에는 이동수단을 제공한다고 되어 있지만, 실제 제공 데이터에는 이동수단은 없음
- KT 기지국에서 수집한 LTE/5G 시그널을 기반으로 휴대폰 소지자의 위치와 이동 동선을 파악하고 자료화
 - 시그널 기반 자료는 기본적으로 휴대폰 사용 여부에 관계없이 자료를 수집

■ 생활이동 데이터 생성 프로세스

- 생활이동 데이터는 ①통행사슬 DB 구축, ②상주지 추정 및 전수화, ③이동목적 알고리즘 구현의 단계를 거쳐 생성됨



[그림 4-1] KT 수도권 생활이동 데이터 생성 프로세스

○ 통행사슬 DB구축

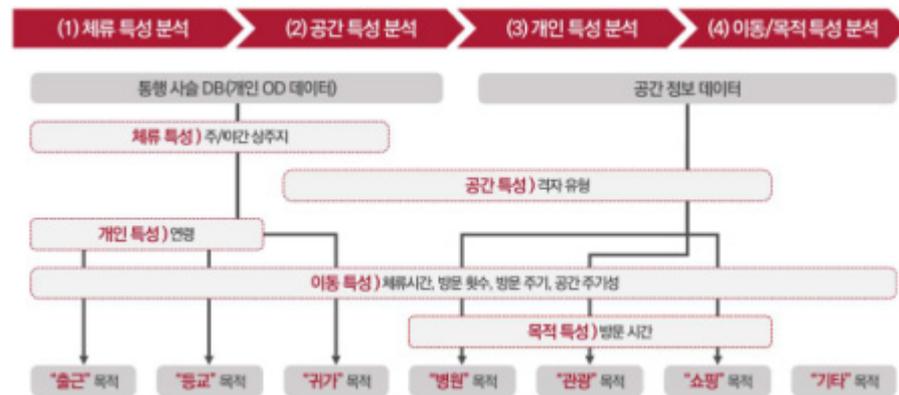
- 비합리적 이동을 보이는 로그의 제거 등 전처리
- 30분을 기준으로 체류와 이동으로 구분
- 50m 격자 단위로 자료 생성

○ 주간/야간 상주지 추정 및 전수화

- 고객의 한달간 체류 패턴을 기반으로 주간 및 야간 상주지를 추정
- 전수화 진행
 - KT의 시장점유율, LTE/5G 가입자 비중, 휴대폰 On 비율, 주민등록인구의 성별, 연령별 보정

○ 이동 목적 추정 알고리즘 구현

- 개인의 특성과 공간, 체류 특성을 기반으로 이동 목적 추정



[그림 4-2] KT 수도권 생활이동 데이터의 이동 목적 추정

3) 데이터의 활용성

- SKT 통신 빅데이터는 서비스인구, 유입인구, 유동인구로 구분된 자료를 제공.
- 그러나 유입인구의 경우 구단위로 제공되고 있어, 마이크로 레벨에서의 모델링에 활용은 어려움
- 반면 서비스인구와 유동인구는 100m격자단위로 제공하고 있어, 조건이 충족되면 마이크로 레벨에서 활용이 가능
- KT 생활이동 데이터는 교통분에서 필요한 보다 세밀한 정보를 제공하고 있음
- 그러나 50m 격자단위로 DB를 구축하지만, 제공되는 자료는 최소단위가 동단위이므로 마이크로 레벨에서의 활용성이 다소 떨어짐

2.2. 비교 검증

- 교통 모델링의 활용 측면에서 보다 유의미한 데이터를 활용 또는 상호 간 참조하여 자료를 활용하기 위해 두 자료를 비교 검증함
- SKT 데이터 중에서는 서비스인구와 유동인구 자료만 비교 분석에 사용함
- 성남시 분당구 자료를 기반으로 수행함

1) SKT 서비스인구 현황

- 성남시 분당구의 서비스인구 전체 평균은 495,682명으로 2022년 기준 주민등록인구 470,942명에 거의 근접함
- 서비스인구의 항목별 현황을 살펴보면 주거인구 29만 명, 직장인구 7만 명, 방문인구 12.9만 명 수준
- 일반적으로 주거인구가 주민등록인구에 근접할 것으로 생각되는 것과 달리 통신 데이터의 주거인구는 주민등록인구과는 큰 차이가 있음(성남시 분당구 주민등록인구의 약 62.8% 수준¹²⁾)

12) 2022년 기준 SKT의 시장 점유율 42.9%

[표 4-4] 분당구 월별 서비스인구(단위: 명)

구분	주거	직장	방문	합	구분	주거	직장	방문	합
1월	300,569	70,020	134,588	505,177	7월	294,482	73,274	122,785	490,541
2월	314,031	67,895	110,528	492,454	8월	295,581	71,174	123,707	490,462
3월	311,378	68,375	115,942	495,695	9월	297,837	74,523	124,130	496,490
4월	294,482	73,274	122,785	490,541	10월	274,733	63,413	163,541	501,687
5월	295,581	71,174	123,707	490,462	11월	297,837	74,523	124,130	496,490
6월	297,837	74,523	124,130	496,490	12월	274,733	63,413	163,541	501,687
전체평균	295,757	70,465	129,460	495,682					
분당구 인구	470,942								

출처: ooo

2) SKT 유동인구 분석

■ 월별 유동인구 현황

- 유동인구는 기본적으로 동일한 사람이 다른 시간과 공간에서 중복으로 조사될 수 있으며 인구 대비 4~8배 정도 많음(이삼수 외, 2024, p.37)¹³⁾
- 분당구의 일 평균 유동인구가 3,014,356으로 인구 대비 약 6.4배 수준
- 5월이 가장 많았으며, 3월이 가장 적음

[표 4-5] 분당구 월별 유동인구 현황(단위: 명)

구분	유동인구	구분	유동인구
1월	2,948,418	7월	3,125,749
2월	2,872,039	8월	2,995,417
3월	2,754,514	9월	3,082,158
4월	3,196,963	10월	2,842,252
5월	3,301,608	11월	2,962,675
6월	3,191,462	12월	2,899,022
평균	3,014,356		

출처: ooo

13) 이삼수 외(2024)

■ 요일별 유동인구 현황

- 요일별 유동인구는 금요일이 가장 많고, 일요일이 가장 낮음

[표 4-6] 분당구 요일별 유동인구 현황(단위: 명)

구분	유동인구	구분	유동인구
월	3,021,059	금	3,258,016
화	3,129,555	토	2,893,851
수	3,099,159	일	2,529,429
목	3,152,467	평균	3,011,934

출처: ooo

■ 시간별 유동인구 현황

- 시간대별 유동인구의 변화를 살펴보면 17시~19시 퇴근 시간대와 08시~09시 출근 시간대의 유동인구가 많음
- 반면에 03시~05시의 새벽 시간대의 가장 적음

[표 4-7] 분당구 시간대별 유동인구 현황(단위: 명)

구분	유동인구	구분	유동인구
00시~01시	55,219	12시~13시	159,358
01시~02시	41,703	13시~14시	162,766
02시~03시	38,237	14시~15시	162,190
03시~04시	29,720	15시~16시	167,627
04시~05시	30,371	16시~17시	177,222
05시~06시	49,224	17시~18시	195,595
06시~07시	79,688	18시~19시	206,802
07시~08시	147,041	19시~20시	172,951
08시~09시	188,846	20시~21시	138,026
09시~10시	175,919	21시~22시	125,211
10시~11시	159,889	22시~23시	110,474
11시~12시	157,060	23시~24시	83,489
24시간 합	3,014,629		

출처: ooo

3) KT 생활이동 데이터

- 생활이동 데이터는 2023년부터 일 단위로 제공하고 있음. SKT 자료와의 시기적 근접성으로 고려하여 2023년 5월12일, 금요일 자료로 분석함

■ 시간별 유동인구 현황

- KT 데이터는 SKT 데이터에 비해 총 유동인구 수에서 15,769명이 적음
- 세부적으로 두 데이터는 서로 다른 행태를 보임
 - 비첨두시간에는 SKT 데이터의 유동인구가 전반적으로 많으며, 첨두시간에는 KT 데이터의 유동인구가 많음

[표 4-8] 분당구 시간대별 생활이동 현황(단위: 명)

구분	KT			SKT	차이	차이 비율
	출발기준	도착기준	합			
00시~01시	6,725	2,530	9,255	55,219	-45,964	-497%
01시~02시	10,769	9,790	20,559	41,703	-21,144	-103%
02시~03시	6,881	6,621	13,502	38,237	-24,735	-183%
03시~04시	5,530	4,967	10,497	29,720	-19,223	-183%
04시~05시	9,113	5,439	14,552	30,371	-15,819	-109%
05시~06시	20,370	12,523	32,893	49,224	-16,331	-50%
06시~07시	49,506	32,438	81,944	79,688	2,256	3%
07시~08시	90,327	81,443	171,770	147,041	24,729	14%
08시~09시	100,266	138,867	239,133	188,846	50,287	21%
09시~10시	73,909	107,667	181,576	175,919	5,657	3%
10시~11시	68,221	79,738	147,959	159,889	-11,930	-8%
11시~12시	79,165	76,313	155,478	157,060	-1,582	-1%
12시~13시	87,793	83,849	171,642	159,358	12,284	7%
13시~14시	85,400	84,863	170,263	162,766	7,497	4%
14시~15시	81,796	79,676	161,472	162,190	-718	0%
15시~16시	93,734	81,537	175,271	167,627	7,644	4%
16시~17시	103,984	87,525	191,509	177,222	14,287	7%
17시~18시	122,395	99,248	221,643	195,595	26,048	12%
18시~19시	121,800	115,520	237,320	206,802	30,518	13%
19시~20시	90,087	101,976	192,063	172,951	19,112	10%
20시~21시	77,945	76,172	154,117	138,026	16,091	10%
21시~22시	66,308	61,894	128,202	125,211	2,991	2%
22시~23시	40,833	54,726	95,559	110,474	-14,915	-16%
23시~24시	5,453	15,252	20,705	83,489	-62,784	-303%
24시간 합	1,498,298	1,500,562	2,998,860	3,014,629	-15,769	-1%

출처: ooo

■ 출발 및 도착지 기준 지역 분포

- KT 데이터를 살펴보면 전체 유동인구의 51%는 분당구 내 이동이었으며, 경기도와의 이동이 24%, 서울과의 이동이 14% 정도임
- 반면 SKT 데이터의 유입인구에서는 성남관 내 이동과 서울 이동이 더 적고, 경기도 다른 지역과의 이동이 더 많음
- 그리고 총 이동량도 SKT 데이터가 29% 정도 더 적음

[표 4-9] 분당구 시간대별 생활이동 현황(단위: 명)

구분	KT			SKT 유입인구
	출발기준	도착기준	합	
분당구	778,532	778,532	1,557,064	-
수정구	52,939	54,478	107,417	-
중원구	58,223	59,631	117,854	-
성남시소계	889,694	892,640	1,782,334	1,117,283
서울특별시	212,475	204,973	417,448	253,859
경기도	359,444	368,589	728,033	671,673
인천광역시	12,547	11,298	23,845	24,962
부산광역시	705	625	1,330	3,660
대구광역시	508	576	1,084	3,417
광주광역시	415	430	845	2,540
대전광역시	1,708	1,872	3,580	5,010
울산광역시	202	191	393	1,206
세종특별자치시	824	863	1,687	2,198
강원도	6,561	5,546	12,107	8,733
충청북도	3,920	3,797	7,717	7,920
충청남도	5,075	5,100	10,175	12,784
전라북도	1,270	1,069	2,339	4,767
전라남도	727	616	1,343	4,233
경상북도	1,524	1,485	3,009	5,112
경상남도	632	658	1,290	4,872
제주도	66	231	297	2,490
합	1,498,297	1,500,562	2,998,859	2,136,718

출처: 000

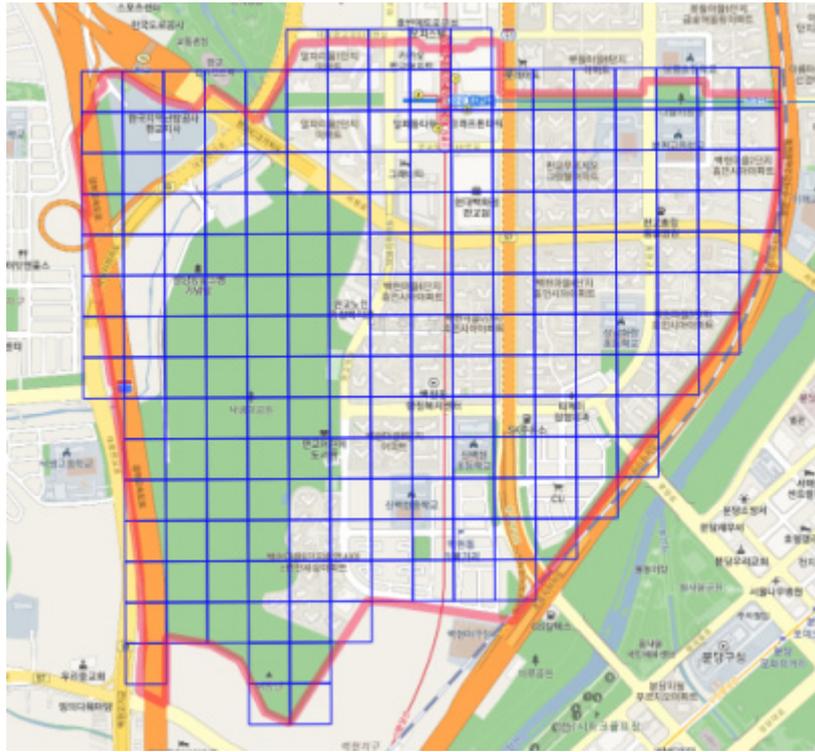
4) 비교의 결론

- KT 생활이동 데이터와 SKT 유동인구 데이터를 직접 비교하는 것은 어려움
- 반면, KT 생활이동 데이터는 SKT 유동인구 데이터와는 유사한 인구수를 보임
- 따라서 KT 생활이동 데이터는 SKT 유동인구 데이터가 상호간에 유사성이 더 큼
- 그러나 시간대별 인구수에서는 큰 차이가 있어 상호간에 보완이 필요할 것으로 판단됨
- KT 데이터는 동 단위까지 자료를 제공하고 있으나, 이동시간과 거리, 목적을 제공하고 있어 매크로나 메조단위에서의 분석에 유용함
- 반면 SKT 데이터는 100m 격자 단위까지 자료를 제공하여 더 마이크로 레벨의 분석에 쓸모가 크지만, 이동의 특성을 제공하지 않는 단점이 있음
- 따라서 두 자료를 적절하게 장점을 취하는 것이 필요함
- 즉, KT 데이터에서 동 단위에서의 이동시간, 거리, 목적을 도출하고, 이를 SKT 데이터에 반영하여 분석을 시도하는 것도 의미 있는 실험일 것으로 판단함

2.3. 연구 대상지 유동인구 분석 상세

■ SKT와 KT 자료 분석

- SKT 자료는 100m 격자로 제공되고, KT자료는 동 단위로 제공되므로 판교역이 위치한 백현동의 자료를 대상으로 상호 비교함
- SKT 격자의 범위가 실제 백현동의 공간적 범위보다 조금 더 넓은
- 그러나 SKT 유동인구 수가 KT 생활이동 수보다 65% 더 많아 차이가 분당구 전체보다 더 큰 것으로 분석됨
- 이점을 고려하고 판교역이 위치한 공간의 격자와 유동인구를 KT 생활이동 자료 수준으로 보정할 필요가 있음



[그림 4-3] 백현동 범위와 격자

[표 4-10] 백현동 시간대별 KT와 SKT 자료 현황(단위: 명)

구분	KT			SKT	차이	SKT 대비 KT 비율
	출발기준	도착기준	합			
00시~01시	323	139	462	5,170	-4,708	9%
01시~02시	493	458	951	3,724	-2,773	26%
02시~03시	309	408	717	3,906	-3,189	18%
03시~04시	312	287	599	1,865	-1,266	32%
04시~05시	474	339	813	1,804	-991	45%
05시~06시	1,097	663	1,760	4,754	-2,994	37%
06시~07시	2,529	1,248	3,777	7,518	-3,741	50%
07시~08시	4,965	3,129	8,094	13,895	-5,801	58%
08시~09시	5,267	4,105	9,372	17,450	-8,078	54%
09시~10시	3,573	4,504	8,077	16,169	-8,092	50%
10시~11시	3,054	4,845	7,899	14,090	-6,191	56%
11시~12시	3,488	5,208	8,696	13,957	-5,261	62%
12시~13시	4,619	5,391	10,010	13,811	-3,801	72%
13시~14시	5,291	5,314	10,605	13,596	-2,991	78%
14시~15시	5,483	5,251	10,734	13,326	-2,592	81%
15시~16시	6,001	4,716	10,717	13,806	-3,089	78%
16시~17시	5,970	5,458	11,428	14,903	-3,475	77%
17시~18시	5,911	6,226	12,137	17,482	-5,345	69%
18시~19시	5,659	7,453	13,112	20,582	-7,470	64%
19시~20시	5,443	5,856	11,299	16,093	-4,794	70%
20시~21시	6,338	3,639	9,977	12,274	-2,297	81%
21시~22시	3,339	3,311	6,650	11,169	-4,519	60%
22시~23시	1,844	3,248	5,092	10,460	-5,368	49%
23시~24시	247	779	1,026	8,056	-7,030	13%
합	82,028	81,975	164,003	269,859	-105,856	61%

출처: ooo

■ KT 생활이동 자료를 통한 이동 수단 추정

○ KT 자료는 이동속도와 거리 정보를 제공하므로 이를 활용하여 이동 수단을 추정함

- 추정 시간대는 7~9시를 기준으로 함
- 수도권 이외 지역에서 출발, 도착하는 통행은 제외
- 이동시간이 3시간 이상 걸리는 통행 제외
 - 성남시 관내 중 1 km 이내의 통행은 보행으로 가정 추정
- 서울 출발/도착은 도시철도 또는 광역버스로 하며, 인천 출발/도착은 도시철도로 추정

- 성남시 관내는 도시철도/버스/승용차로 추정함
- 경기북부 시군의 통행은 모두 도시철도로 추정함
- 백현동 인근에 있는 시군 중 도시철도가 연결되는 경우에는 도시철도/버스/승용차로 추정
 - 단, 교통량이 적으면 도시철도/버스로 추정
- 인접하고 도시철도가 연결되지 않은 지역은 버스/승용차로 추정
- 성남시와 인접하거나 경기남부에 위치한 시군은 모두 버스로 추정
- 백현동 내 이동은 버스/승용차/택시/보행으로 분류

[표 4-11] 백현동 기준 출발/도착지 분포(단위: 명)

이동수단	시군	이동인구	이동수단	시군	이동인구
도시철도/ 버스/ 승용차	성남시 분당구	9,323	도시철도/광역버스	서울시 전역	2,894
	성남시 수정구	668	버스/ 승용차	수원시 장안구	121
	성남시 중원구	712		안양시 동안구	183
	용인시 기흥구	473		용인시 처인구	159
	용인시 수지구	533	소계		463
	수원시 권선구	99	버스	과천시	43
	수원시 영통구	253		광명시	47
	화성시	293		구리시	24
	광주시	524		군포시	32
소계	12,878	남양주시		35	
도시철도/ 버스	수원시 팔달구	97		부천시	39
	여주시	34		시흥시	47
	이천시	85		안산시 단원구	41
소계	216	안산시 상록구		26	
도시철도	인천시 전역	116	안성시	30	
	가평군	3	안양시 만안구	52	
	고양시 덕양구	27	오산시	51	
	고양시 일산동구	14	의왕시	55	
	고양시 일산서구	17	평택시	31	
	양주시	6	하남시	77	
	양평군	7	소계		630
	의정부시	12	분석 제외	수도권 외	164
	파주시	14			
	포천시	9			
소계	225				

출처: ooo

- 기존 문헌의 수단분담률을 반영하여 전체적인 비율을 조정함
- 성남시 각 구와 경기도의 수단분담률은 아래 표와 같으며, 이를 성남시 내부 통행과 경기도 기종점 통행에 적용

[표 4-12] 성남시 구별 수단통행 분담률(2021년)

구분	승용차	버스	철도/지하철	택시	도보	기타	
성남시	수정구	35.1	15.6	8.7	1.8	31.2	7.6
	중원구	36.7	20.0	5.8	2.3	29.8	5.5
	분당구	37.0	18.0	11.1	1.7	29.8	2.4
경기도	47.5	13.8	4.8	1.9	26.8	5.3	

주) 버스(시내버스, 고속, 시외, 기타버스), 기타(화물차, 자전거, 오토바이, 전동킥보드, 전동휠체어, 항공, 선박, 기타)

출처: 2022년 수도권 여객 O/D 전수화 공동사업

- 최종적으로 추정된 백현동의 이동인구 수와 비율은 다음과 같음

[표 4-13] 백현동 추정 수단별 이동인구(7~9시 기준)

구분	승용차	광역버스	일반버스	도시철도	택시	도보	합
수	6,436	1,447	1,725	2,246	296	5,157	17,306
비율(%)	37.2	8.4	10.0	13.0	1.7	29.8	1

■ 모델링 공간(판교역)의 이동인구 추정

- 판교역을 포함하는 모델링 구역의 SKT 데이터를 추출하면 일정 정도 추정될 것으로 판단됨
 - SKT 데이터가 KT데이터에 비해 이동인구 수가 60~80% 더 많음
 - 격자의 전체 크기 역시 모델링 범위보다 더 넓음



[그림 4-4] 판교역백현동 범위와 격자

- 모델링 공간의 7~9시 사이의 유동인구는 총 12,372명으로 집계됨
 - 시간 당 평균 6,185명
 - 백현동의 KT 자료는 SKT 자료의 56% 수준
- 이 인구를 대상으로 백현동에서 추정된 수단 비율을 적용하여 주수단을 도출함

[표 4-14] 모델링 공간의 추정 수단별 이동인구(1시간)

구분	승용차	광역버스	일반버스	도시철도	택시	도보	합
비율(%)	37.2	8.4	10.0	13.0	1.7	29.8	100
SKT 자료 기준	2,300	517	616	803	106	1,843	6,185
KT 자료 환산	1,288	290	345	450	59	1,032	3,463

3. 가로공간 이용행태 모델 시스템 아키텍처

1) World 구현

- 모델링되는 공간을 World라 말하며, 정사각형의 패치(셀)로 구성됨
- 본 연구의 world는 성남 판교역 주변의 가로공간을 의미([그림 4-2])
- 패치의 크기는 가로, 세로 123 × 123 cells로 총 15,129개의 패치로 구성
 - 하나의 패치는 실세계의 3m x 3m¹⁴⁾의 공간을 의미



판교역 부근 지도

구현된 world

[그림 4-5] 모델링 대상지(판교)

○ 패치의 유형

- 차도와 교차로 : 차량이 다니는 패치로 차량 한 대만 체류 가능(짙은 회색)
- 차량 정지선과 교통신호기 : 차량 정지선과 교통신호기의 역할을 동시에 수행 (초록색+붉은색)
- 일반보도 : 보행자가 이용하는 일반보도이며, 보도 당 보행자 최대 7명이 동시 체류 가능(밝은 갈색/옅은 회색)
- 횡단보도 : 보행자가 도로를 건너는 공간(붉은색+흰색)

14) 에이전트 모형에서는 행위자의 실질적인 크기를 조정하지 못하고, 패치의 크기에 의해 지정되는 특성으로 인해, 도로의 폭은 3m~3.5m, 차량의 폭 2~2.5m, 차량의 길이 5~7m, 버스의 길이 12m 등 모델에서 구현되는 사물의 전반적인 크기를 고려하여 정의됨

- 모빌리티용 시설
 - 버스정류장/ DRT 정류장/ 택시 정류장 : 각 수단의 이용자(승객)가 대기하거나 승하차하는 공간(각 파란색/노란색/녹색)
 - 버스정차대/ DRT 정차대/ 택시 정차대와 하차 공간 : 각 수단이 정차 또는 대기하는 공간(흰색/택시 하차 공간은 녹색)
 - 도시철도 출입구와 공영주차장 출입구 : 도시철도 이용자와 공영주차장 이용자가 발생 또는 사라지는 공간(와인색/밝은 파란색)
- 판교역 내 건물 : 판교역 내 또는 인근의 업무/상업시설이 최종 통행 목적인 에이전트를 위한 가상의 도착지(모델링에서는 보이지는 않음)
- 모델링 내에서의 시간 흐름
 - 모델에서는 기본적으로 tick이라는 단위로 시간이 흘러감
 - tick은 행위 변화가 이루어지고 저장하고 업데이트하는 최소 단위
 - 모델링의 목적과 행위자의 행위 행태에 따라 1 tick에 부여하는 시간 단위를 가정하고 모델링을 수행하여야 함
 - 본 모델링에서는 1 tick = 0.25초로 정의하고 모델링을 구상함¹⁵⁾

[표 4-15] 에이전트 이동 속도 환산표

에이전트	현실 속도	모델링 속도(tick 당 이동패치)
차량	43.2km/h	1
	30.0km/h	0.7
	21.6km/h	0.5
	10km/h	0.23
승객	3.5km/h	0.08

15)도심의 속도 제한 50km/h를 기준으로 하면 3m 이동을 위해 0.21초가 걸리므로 tick으로 환산이 어려움. 모델링의 편의를 위해 차량 이동속도를 43.2km/h로 가정. 이를 환산하면 1패치(3m)/ 1 tick 당 1패치(3m) 이동

2) 에이전트 정의

- 모델링에서 행위를 수행하는 에이전트 모빌리티 수단 4종과 승객으로 구성됨
- 광역버스(Gbus)
 - 최대 승차 인원 50명
 - 승객 승하차 5 tick(2.5초) 적용¹⁶⁾
 - 총 5개 노선 운행
- 일반버스(Bus)
 - 최대 승차 인원 60명
 - 승객 승하차 5 tick(2.5초) 적용
 - 총 10개 노선 운행
- DRT
 - 최대 승차 인원 5명
 - 승객 승하차 4 tick(2.0초) 적용
 - 판교역 남측과 북측 각 1개 지점 정차로 인해 2개 노선처럼 운행
 - ※ 정차대에 접근하고 빠져나가는 것을 구현하기 위해 부분적으로 노선을 설정
- 택시
 - 최대 승차 인원 1명
 - 승객 승하차 4 tick(2.0초) 적용
 - 판교역 남측과 북측 각 1개 지점 정차로 인해 2개 노선처럼 운행
 - ※ 정차대에 접근하고 빠져나가는 것을 구현하기 위해 부분적으로 노선을 설정
- 승객(passengers)
 - 승객의 유형은 도시철도 승객, 광역버스 승객, 일반버스 승객, 택시 승객, DRT 승객, 개인 승용차 이용객으로 구분
 - 승객의 이용 수단과 환승 관련 배분 알고리즘은 승객 생성과 행동에서 설명함

16)성명언 외(2024), “버스 승하차시간 추정 모형 개발”, 「대한교통학회지」, 32(2):152~161.

```

breed [ gbus gbus ] ; 광역버스 품종 정의
gbuses-own [
  bus-location ; 버스 위치 (road 또는 bus-stop)
  unloading? ; 승객 하차 확인지 여부
  loading? ; 승객 승차 확인지 여부
  gbus-id ; 광역버스의 고유 ID
  gbus-route-number ; 광역버스 노선 번호
  gbus-sequence-number ; 광역버스 순서 번호
  gb-route ; 광역버스의 경로 (patch들의 리스트)
]

```

광역버스의 속성

```

breed [ buses bus ] ; 버스 품종 정의
buses-own [
  bus-location ; 버스 위치 (road 또는 bus-stop)
  unloading? ; 승객 하차 확인지 여부
  loading? ; 승객 승차 확인지 여부
  bus-id ; 버스의 고유 ID
  bus-route-number ; 버스 노선 번호
  bus-sequence-number ; 버스 순서 번호
  b-route ; 버스의 경로 (patch들의 리스트)
]

```

일반버스의 속성

```

breed [ taxis taxi ] ; 택시 품종 정의
taxis-own [
  taxi-location ; 버스 위치 (road 또는 bus-stop)
  unloading? ; 승객 하차 확인지 여부
  loading? ; 승객 승차 확인지 여부
  taxi-id ; 택시의 고유 ID
  taxi-route-number ; 택시 노선 번호
  taxi-sequence-number ; 택시 순서 번호
  waiting-for-passenger? ; 택시가 승객 기다리는지 여부 확인
]

```

택시의 속성

```

breed [ drts drt ] ; drt 품종 정의
drts-own [
  drt-location ; drt 위치 (road 또는 drt-stop)
  unloading? ; 승객 하차 확인지 여부
  loading? ; 승객 승차 확인지 여부
  drt-id ; drt의 고유 ID
  drt-route-number ; drt 노선 번호
  drt-sequence-number ; drt 순서 번호
]

```

DRT의 속성

```

breed [ passengers passenger ] ; 버스 승객 품종 정의
passengers-own [
  first-mode ; 첫 번째 이동 수단 ["metro", "gbus", "bus", "taxi", "drt", "pcar"]
  second-mode ; 두 번째 이동 수단 ["bus", "taxi", "drt", "walk", "metro"]
  passenger-state ; 승객의 상태 (waiting, walking-to-stop, exiting, crossing)
  is-on-gbus? ; 광역버스에 탑승 확인지 여부
  is-on-bus? ; 일반버스에 탑승 확인지 여부
  is-on-taxi? ; 택시에 탑승 확인지 여부
  is-on-drt? ; drt에 탑승 확인지 여부
  boarding-stop ; 승차 정차대
  alighting-stop ; 하차 정차대
  boarded-bus-route-number ; 탑승한 버스의 노선 번호
  boarded-bus-sequence-number ; 탑승한 버스의 순서 번호
  boarded-gbus-route-number ; 탑승한 광역버스의 노선 번호
  boarded-gbus-sequence-number ; 탑승한 광역버스의 순서 번호
  boarded-taxi-route-number ; 탑승한 택시의 노선 번호
  boarded-taxi-sequence-number ; 탑승한 택시의 순서 번호
  boarded-drt-route-number ; 탑승한 drt의 노선 번호
  boarded-drt-sequence-number ; 탑승한 drt의 순서 번호
  passenger-route-number ; 승객이 탑승할 노선 번호 임시
]

```

승객의 속성

[그림 4-6] 에이전트 속성

- 모빌리티 수단 에이전트는 다음과 같은 속성을 가짐
 - 각 수단이 있는 위치를 파악하는 속성(OO-location)
 - 승객 승하차 여부를 판단하는 속성(unloading? / loading?)
 - 고유 ID와 발생 순서, 노선 경로 정보
 - OO-id, OO-sequence-number, OO-route-number
 - 택시의 경우 택시가 승객을 기다리는지 여부를 판단하는 속성이 추가됨(waiting-for-passenger?)
- 승객 에이전트는 다음의 속성을 가짐
 - 이용 모빌리티 수단 : 1차 및 환승 후 수단(first-mode, second-mode)
 - 승객의 현 상태 : 대기, 정류장을 이동, 하차, 보도 통행(passenger-state)
 - 모빌리티 수단 탑승 여부 : 광역버스, 일반버스, 택시, DRT(is-on-gbus? / is-on-bus? / is-on-taxi? / is-on-drt?)
 - 승하차 정차대 (boarding-stop/alighting-stop)
 - 수단별 탑승한 차량 ID와 발생 번호

- boarded-bus-route-number / boarded-bus-sequence-number
- boarded-gbus-route-number / boarded-gbus-sequence-number
- boarded-taxi-route-number / boarded-taxi-sequence-number
boarded-drt-route-number / boarded-drt-sequence-number
- 환승을 위한 임시 노선 번호 : 환승하는 수단의 이동 노선과 승객의 최종 목적지가 동일한 노선 번호를 파악하기 위한 속성(passenger-route-number)
- 그 외 모든 에이전트는 기본적으로 최종 이동목적지를 위한 속성이 있음(target)

3) 모빌리티 수단 에이전트의 생성과 이동

■ 버스 생성과 이동

- 버스의 생성은 world의 네 모서리에 위치한 도로에서 생성함
- 생성 빈도는 노선별 배차간격을 기준으로 2시간 기준 광역버스와 일반버스 각각 총 운행하는 대수를 산정하여 랜덤으로 발생함
- 생성된 버스는 노선번호와 발생번호, 운행 노선, 정차해야 하는 버스 정류장 위치 배정받고 이동함
- 동시에 초기 탑승 승객 역시 동시에 생성함
 - 초기 탑승 버스 승객은 아침 첨두시간임을 고려하여 20~40명 사이에서 랜덤으로 발생
 - 생성된 버스 기 탑승 승객은 제1 수단이 버스로 지정되고, 2 수단과 최종 목적지를 지정받음

■ DRT 생성과 이동

- DRT의 생성은 world의 네 모서리에 있는 도로에서 생성함
- 생성 빈도는 초기에 설정된 DRT 수단분담 비율에 따라 2시간 기준으로 총생산량이 계산되며, 무작위로 발생함
- 생성된 DRT는 DRT id와 발생번호, 정차해야 하는 DRT 정차대와 정차대를 통과하는 노선을 배정받고 이동함

- 동시에 초기 탑승 승객 역시 동시에 생성함
 - 초기 탑승객 수는 0~5명에서 랜덤으로 생성
 - 생성된 DRT 기 탑승 승객은 제1 수단이 DRT로 지정되고, 2 수단과 최종 목적지를 지정받음
- DRT의 운행 특성을 반영
 - 정차대에서 탑승객이 도착할 때까지 최대 5분(600 ticks)동안 대기 가능
 - 승객 5명이 탑승하지 않더라도 5분이 지나면 출발

■ 택시 생성과 이동

- 택시의 생성은 world의 4 모서리에 위치한 도로에서 생성함
- 생성 빈도는 초기에 설정된 택시 수단 분담 비율에 따라 2시간 기준으로 총 생산량이 계산되며, 랜덤으로 발생함
- 생성된 택시는 택시 id와 발생번호, 정차해야하는 택시 정차대와 정차대를 통과하는 노선을 배정받고 이동함
- 동시에 초기 탑승 승객 역시 동시에 생성함
 - 택시의 경우 탑승객 수는 1인이며, 랜덤으로 생성될 수 있고 아닐 수도 있음
 - 생성된 택시 초기 탑승 승객은 제1 수단이 택시로 지정되고, 2 수단과 최종 목적지를 지정받음
- 택시의 운행 특성을 반영
 - 택시는 승객이 없어서 정차대에서 대기 함
 - 택시는 정류장이 아니라도 정류장 인근에서 승객을 하차시키고 정류장으로 이동하여 승객을 승차시킴

■ 일반 승용차(더미) 생성과 이동

- 도로를 다니는 일반 승용차를 구현하기 위해 도로의 끝 지점에서 랜덤으로 차량을 발생시켜 운행 시킴

4) 승객 생성과 행동

- 생성되는 승객의 총수는 앞에서 정한 판교역 이동 인구를 기준으로 정함

```
set max-passengers 6185 ; 최대 승객 수는 6185으로 설정
; 수단별 분담율 설정 (메시 - 실제 값으로 조정 필요)
set mode-proportions table:from-list [
  ["metro" 0.18]
  ["gbus" 0.12]
  ["bus" 0.14]
  ["taxi" 0.02]
  ["drt" 0.01]
  ["pcar" 0.52]
]

; 환승 매트릭스 설정 - 각 수단별 두 번째 수단 선택 확률
set transfer-matrix table:make

; metro에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "metro" table:from-list [
  ["bus" 0.3]
  ["taxi" 0.1]
  ["drt" 0.1]
  ["walk" 0.5]
]

; gbus에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "gbus" table:from-list [
  ["drt" 0.1]
  ["taxi" 0.1]
  ["walk" 0.8]
]

; bus에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "bus" table:from-list [
  ["metro" 0.6]
  ["walk" 0.4]
]

; pcar에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "pcar" table:from-list [
  ["metro" 0.5]
  ["walk" 0.4]
]

; taxi에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "taxi" table:from-list [
  ["metro" 0.7]
  ["walk" 0.3]
]

; drt에서의 환승 확률
table:put transfer-matrix "drt" table:from-list [
  ["metro" 0.6]
  ["walk" 0.4]
]
```

[그림 4-7] 수단분담률과 환승비율 지정 프로시저

- 각 수단에 탑승해서 판교로 이동하는 승객(초기 탑승객)은 각 수단의 생성과 함께 동시에 생성하고 이동함
- 반면 도시철도를 이용하여 판교로 와서 다른 수단으로 환승하는 승객의 경우에는 to generate-passengers 라는 별도의 프로시저를 실행시켜 생성함
- 승객 에이전트가 하는 행동은 다음의 4가지로 정의됨
 - 교통수단 배정 : 1 수단과 2 수단을 배정받음
 - 1 수단별 선택할 수 있는 2 수단은 고정함

[표 4-16] 1수단과 2수단 매칭표

1수단	2수단
도시철도	일반버스, 택시, DRT, 보행
광역버스	택시, DRT, 보행
일반버스	도시철도, 보행
DRT	도시철도, 보행
택시	도시철도, 보행
개인승용차	도시철도, 보행

- 도시철도와 광역버스의 경우 장거리 이동임을 고려하여 2 수단은 지역 내 이동을 위한 수단으로 정함
- 광역버스 이용자가 일반버스로 환승할 가능성은 크지 않다고 가정함
- 반면 일반버스, DRT, 택시, 개인 승용차는 지역 내 이동일 경우 목적지까지 연결되는 대안을 찾을 수 있을 것이라 가정함
- 역시 일반버스, DRT, 택시, 개인승용차의 경우 출퇴근 시간에는 도시철도를 이용하는 수요가 클 것이라 가정함
- 2수단의 보행은 최종 목적지가 판교역 내외의 건물일 경우를 상정한 경우임
- 승하차 : 탑승해야 하는 수단에 대한 승하차 행위
 - 목표 승하차 위치에 이동수단이 도착한 경우 1명씩 차례대로 승차함
 - 1인당 승차 간격은 2.0~2.5초로 설정함
 - 반면 하차의 경우 한 번에 하차하는 것으로 설정함
 - ※ 버스의 경우 하차와 승차가 동시에 이루어지므로 각각 시행하기보다는 모델링의 편의를 위해 하차는 일괄처리함
- 대기 : 원하는 수단이 도착하기 전에 정류장 인근에서 대기하는 행위
 - 정류장에서 수단을 대기하는 경우이며, 패치 당 최대 7명으로 동시 체류 승객 수에 제한을 둠
 - 정류장에 위치하지 못하는 승객은 인근에 있는 보도로 정의된 패치에 위치할 수 있으며, 정류장 패치에 여유 공간이 생기면 이동함
- 이동 : 목적지를 향해 걸어서 이동하는 행위
 - 하차 또는 도시철도 역에서 생성된 이후 정류장으로 이동하거나, 인근의 지정된 건물 지점으로 이동
 - 본 모델링에서는 최단거리로 이동

- 승객의 다수는 최종 목적지가 판교역 인근이므로 판교역 광장의 임의 지점으로 이동
- 최종 목적지가 모델링의 공간 범위를 벗어나는 경우는 수단과 함께하므로 별도의 최종 목적지가 지정되지 않음
- 최종 목적지에 도착한 에이전트는 사라짐(die)

5) 교통신호 운영

- 교차로의 신호 체계는 가상의 신호를 구현함
 - 실제 현시를 반영하기에는 코딩이 복잡하고, 차량 발생지점에서 교차로까지의 거리가 짧아 신호 주기가 길면 차량 발생과 이동이 곤란하므로 모델내에서 단순화함
 - 황색신호는 없음
 - 직진과 좌회전 동시 신호
 - 우회전 항상 허용
- 신호 주기는 120초(240 ticks)로 설정
 - 남북 방향: 각 38초
 - 동서 방향: 각 22초

6) 모델 실행

- 모델링 시간은 실제 시간 2시간 (28,800 ticks)으로 설정

4. 모델링 결과

1) 테스트 시나리오 설정

■ 이동인구

- 현 단계에서 신뢰할 수 있는 이동인구 데이터를 획득하기 어려우므로 본 연구에서는 만든 모델을 시험하는 수준에서 모델링을 수행함
- 모델링을 위한 수단별 이동인구 자료는 [표 4-17]의 SKT 데이터를 이용함
- DRT는 원칙적으로 현재는 없으나 임의로 144명을 추가함
- SKT 데이터에서 보행자는 제외함

[표 4-17] 수단별 이동인구 시나리오(1시간 기준)

구분		승용차	광역버스	일반버스	도시철도	택시	DRT	합
Base	인	2,300	517	616	803	106	144	4,486
	%	51	12	14	18	2	3	100

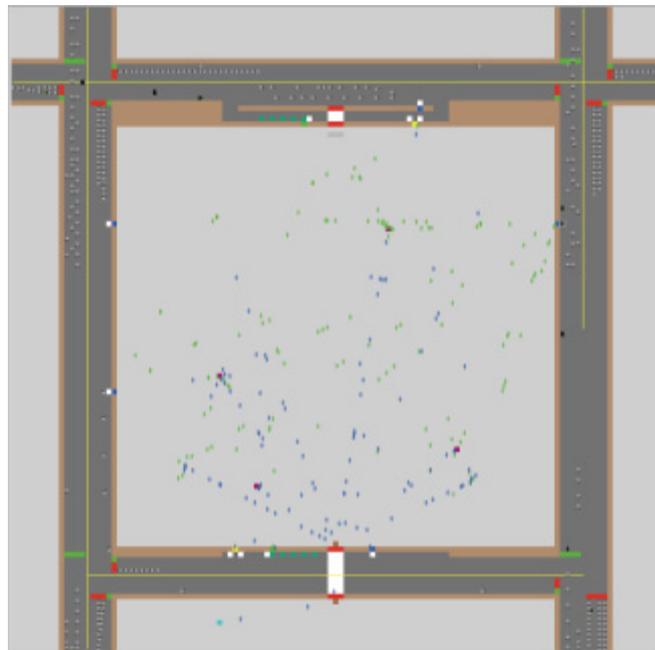
■ 수단 별 입력값

- 2시간 기준으로 작성함
- 수단별 생산 대수
 - 광역버스 : 50대
 - 일반버스 : 350대
 - 택시 : 96대
 - DRT : 48대

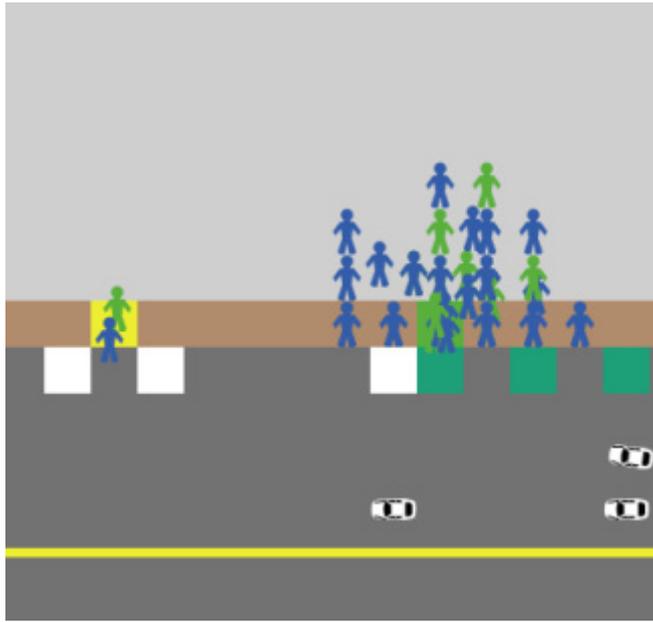
○ 수단분담비율과 환승 비율

[표 4-18] 수단분담 및 환승 비율

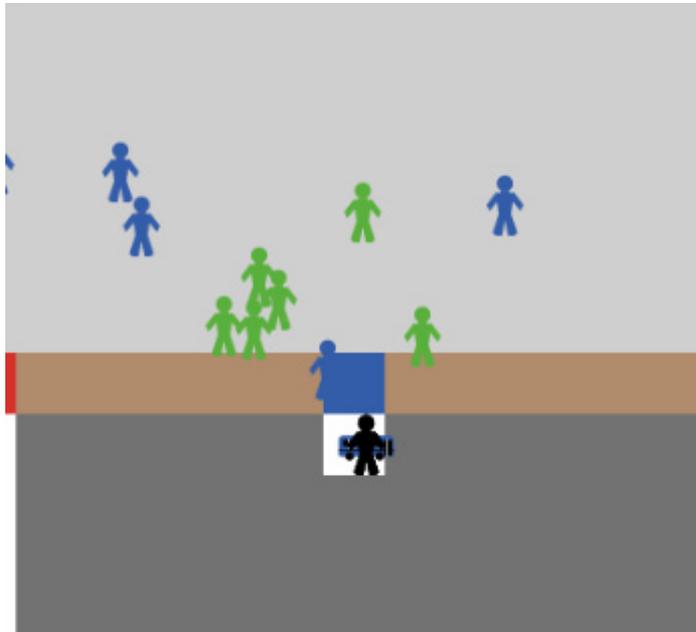
1수단	분담비율	2수단	환승비율
도시철도	0.18	일반버스,	0.3
		택시	0.1
		DRT	0.1
		보행	0.5
광역버스	0.12	택시	0.1
		DRT	0.1
		보행	0.8
일반버스	0.14	도시철도	0.6
		보행	0.4
DRT	0.03	도시철도	06
		보행	0.4
택시	0.02	도시철도	0.7
		보행	0.3
개인승용차	0.51	도시철도	0.5
		보행	0.4



[그림 4-8] 모델 실행 모습



[그림 4-9] DRT와 택시 탑승을 위해 대기하는 모습



[그림 4-10] 버스 승하차 모습

2) 분석결과

- 분석결과 DRT의 이동속도가 타 수단에 비해 조금 더 빠른 것으로 나타남
- 수단별 정류장에서의 평균 대기시간은 택시가 가장 긴 16.2분이었으며, 승하차 시간이 긴 일반버스, 광역버스 순이며, DRT가 가장 짧음
- 평균 승차인원을 보면 DRT는 정원 5명에 2.9명 수준임
- 반면 버스의 승차인원은 대단히 낮게 나오는데 다음과 같은 문제일 것으로 추정
 - SKT 자료를 기반으로 추정했을 때 버스 이용객의 수는 약 1,133명 수준으로 많지 않으며 과소추정되어 있음
 - 반면 버스 배차간격을 기반으로 침투시간 서비스 빈도를 산정하면 버스는 총 401대가 운영되어 과공급 되어 있음
- 승객당 평균 대기시간은 DRT가 가장 긴 3.7분, 택시 3분 수준

[표 4-19] 수단별 지표 요약

수단	평균 이동속도 (km/h)	평균 정류장 대기시간 (분)	평균 승차인원	승객 당 평균 대기시간(분)
DRT	21.5	3.4	2.9	3.7분
일반버스	19.9	8.4	2.5	1.7분
광역버스	18.3	6.9	3.2	1.7분
택시	20.7	16.2	1.5	3분

- 본 테스트 결과는 모델이 작동한 것을 보여주기 위한 것으로 실제 활용에는 적합한 결과를 제공하지 않음

3) 모델링의 문제점

■ 이동인구 자료의 문제

- 앞에서 모델링의 공간 범위 내의 이동인구 추정값을 SKT 데이터 기준 첨두시간 한 시간 동안 6,185명으로 추정함
- 그러나 이 추정치를 버스카드 데이터에 기반한 판교역에 접해 있는 5개 버스정류장의 승하차 인원과 비교하면 큰 오류가 있는 것으로 판단됨
 - 버스 승하차 평균 인원은 3,151명
 - 통신사 데이터에 비해 적게는 3배, 많게는 5배의 차이가 발생
- 통신사 데이터를 사용한 판교역의 추정인구가 부정확함을 의미
- 따라서 신뢰할 만한 이동인구 또는 수단별 통행량 자료를 획득하고, 시나리오 구성이 필요

[표 4-20] 추정 및 교통카드 기반 승하차 인구 비교

구분	SKT 자료 기준	KT 자료 환산	교통카드
버스 승하차 승객	1,133	635	3,151

■ 모델링 구현의 문제

- 본 연구의 당초 목적과 달리 모빌리티 수단의 공간 이용에 대한 모델링은 완전하지 못하고 테스트 수준에서 종료함
- 기본적으로 수단별 통행자료가 신뢰할 수 없어 기본 시나리오 차원에서 수행하였으나, 모델을 테스트한 결과 다음과 같은 문제점을 발견함
 - 행위자 기반 모델은 에이전트의 상대적 크기를 표현하지 못함
 - 모델의 공간(패치)는 항상 동일한 크기로 구성되어 있음
 - 위의 두 가지 특성으로 인해 행위자 기반 모델을 사용하여 공간 점유 또는 이용을 분석하기 위한 모델링을 수행하는 것은 부적절함
 - 예를 들어 차량의 경우에도 승용차, 버스, DRT는 각각 그 길이가 5m, 12m, 7m로 차이가 큼
 - 모델에서 공간(패치)의 크기는 3m x 3m로 고정되어 있으며, 각 에이전트는 다수의 패치에 걸쳐서 위치하지 못함. 예를 들어 버스는 12m 길이이며, 산술적으로 패치

- 4개에 동시에 위치해야 하지만, 모델에서는 1대의 버스는 하나의 패치에 정착함
 - 따라서 정확한 공간의 점유 정도를 도출할 수 없음
- 따라서 행위자 기반 모델과 기존의 벡터 기반의 교통모델을 융합하여 활용할 필요 있음

제5장 도시 가로공간 디자인 방향

1. 가로공간 디자인 방향

1) 가로공간의 범위

- 본 연구에서는 가로공간의 범위를 상업업무지역의 간선도로와 보조간선도로로 한정하며, 주 대상은 보도와 보도에 인접한 차도, 자전거도로로 한정함
- 가로수, 신호등 등의 가로시설물에 대해서는 별도의 기준을 제시하지 않음

2) 적용 시기와 가로공간에 대한 미래 요구사항

- 자율주행 기반 이동수단이 운행되는 초기 시기인 2030년에서 204년으로 함
- 다음 4가지의 미래 요구사항에 맞춰 디자인 방향을 설정함
- ① 자율주행자동차와 자율주행기반 모빌리티 서비스 지원
 - 도로 네트워크를 자율주행자동차와 관련 모빌리티 서비스를 지원할 수 있도록 전용차로(구간)과 겸용 구간 등을 고려하여 구상
- ② 모빌리티 수단을 위한 공간 확보
 - 자율주행기반 이동 서비스의 발전은 주차 대신 지정된 공간에서 승하차 수행이 중요
 - 보도와 인접한 도로 공간을 모빌리티 공간으로 활용하고자 하는 새로운 요구가 발생
- ③ 다기능 공간의 필요(Flex zone)
 - 같은 공간을 시간대와 필요에 따라 화물하역, 배송 로봇의 승하차 공간, 푸드 트럭 등을 위한 위락 공간 등 다양하게 활용할 필요가 있음
- ④ 안전과 접근성 강화
 - 미래 가로공간은 지금보다 더 사람 중심의 공간으로 탈바꿈할 필요가 있음.
 - 자율주행기반 수송수단과 보행자 간 항시 상충이 발생할 수 있으며, 보행자와 자전거 이용자의 우선권과 접근성을 보장하고 안전한 상호 작용을 보장

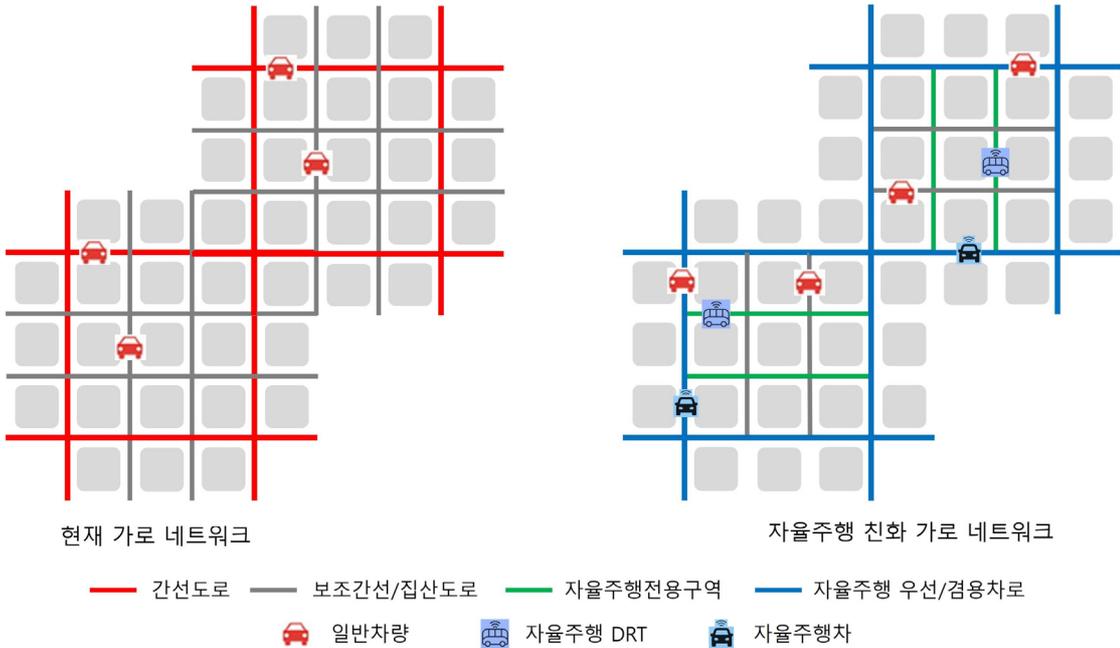
3) 디자인 방향

- 자율주행 친화 가로 네트워크 및 수단별 공간 분리 : 자율주행자동차 전용구간과 겸용(우선)차로의 도입과 일반차로, 보행로, 자전거도로를 명확히 분리
 - 자율주행 우선 또는 겸용차로를 주간선 또는 보조간선도로 등 교통량이 많은 간선도로급 도로에 도입
 - 자율주행자동차 전용구간(또는 전용차로)을 집산도로 급에 도입하여 일반차량과 자율주행자동차 간의 상충을 완화하고 원활한 서비스가 제공되도록 유도
 - 더 넓은 보행로를 확보하고, 자전거도로 역시 전용도로를 원칙으로 함
- 모빌리티 허브 조성 : 대중교통 승하차 공간, DRT 승하차 공간, 자전거 스테이션을 통합 배치하여 하여 도시 내의 모빌리티 허브 조성
 - 수단 간 상호 연결성을 강화하여 환승과 이용편의를 극대화 함
- 유연한 설계 : 대중교통 정류장과 DRT 정류장, 자전거 스테이션 등을 지역의 여건과 규모에 따라 유연하게 도입
 - 폭이 좁은 도로의 경우 필요한 시설만 도입하고, 최소의 공간을 활용하여 모빌리티 서비스가 가능하도록 함
- 보행자 친화적 디자인 : 보행로 확대와 보행자의 안전을 위한 교통신호기 위치 조정, 차량 정지선 후퇴 등 안전 중심의 디자인 도입
- 현실적인 자전거도로 : 실제 이용하지 않는 자전거도로보다는 이용할 수 있는 자전거도로를 추구
 - 교차로를 따라 비현실적으로 그려진 자전거도로 등을 실제 이용이 가능하도록 재배치

4) 항목별 방향

(1) 자율주행 친화 가로 네트워크 구성

- 대 블록을 둘러싼 간선도로에는 자율주행/일반 겸용차로 또는 자율주행 우선차로를 설치하여 자율주행자동차의 원활한 이동을 지원
- 집산도로 급의 도로는 자율주행 전용구역을 설정하여 자율주행자동차의 통행과 서비스를 지원
 - 전용구역은 동서 방향 또는 남북방향 한 방향으로 일관성을 유지할 필요가 있음
 - 일반차량과는 블록으로의 진출입 동선을 분리하여 상호간에 공간적 상충을 완화



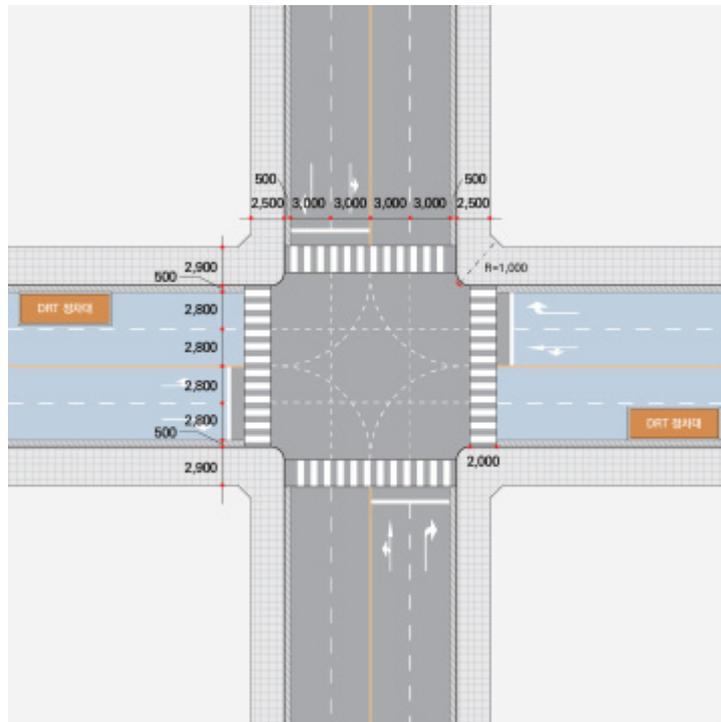
[그림 5-1] 자율주행 친화 가로 네트워크 개념

(2) 보조간선도로/집산도로

- 일반적으로 가로폭 12~18m, 왕복 2~4차로 수준의 가로를 대상
- 블록을 가로지르는 도로의 남북방향은 일반차도로, 동서방향은 자율주행자동차로 지정하여 자율주행기반 모빌리티의 이동을 지원

■ 폭 18m 가로

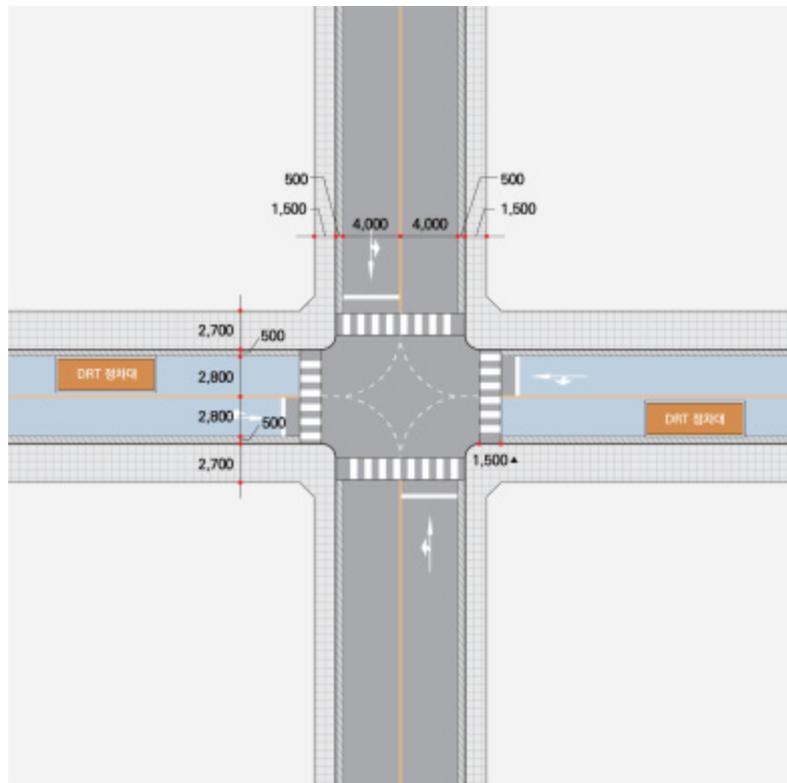
- 왕복 4차로 도로를 기본으로 함
- 일반 차로 구역
 - 차로 폭 3.0m, 보도폭 2.5m
 - 자전거도로는 겸용도로로 설치
- 자율주행자동차 전용구역
 - 차로 폭 2.8m, 보도폭 2.9m
 - 자전거도로는 겸용도로로 설치
 - 자율주행(또는 일반) DRT를 위한 승하차 공간 설치
 - 일반 차로보다 도로의 높이를 15cm 높여서 자연스럽게 일반 차로와 차별이 되도록 함
 - 일반 차로와 자율주행 전용차로가 교차하는 교차로는 일반 차량에 대해서는 자연스럽게 스피드 힌프 역할을 하도록 함
 - 자율주행 차로에는 DRT 승하차 공간을 설치



[그림 5-2] 업무/상업지역의 폭 18m 가로 평면도

■ 폭 12m 가로

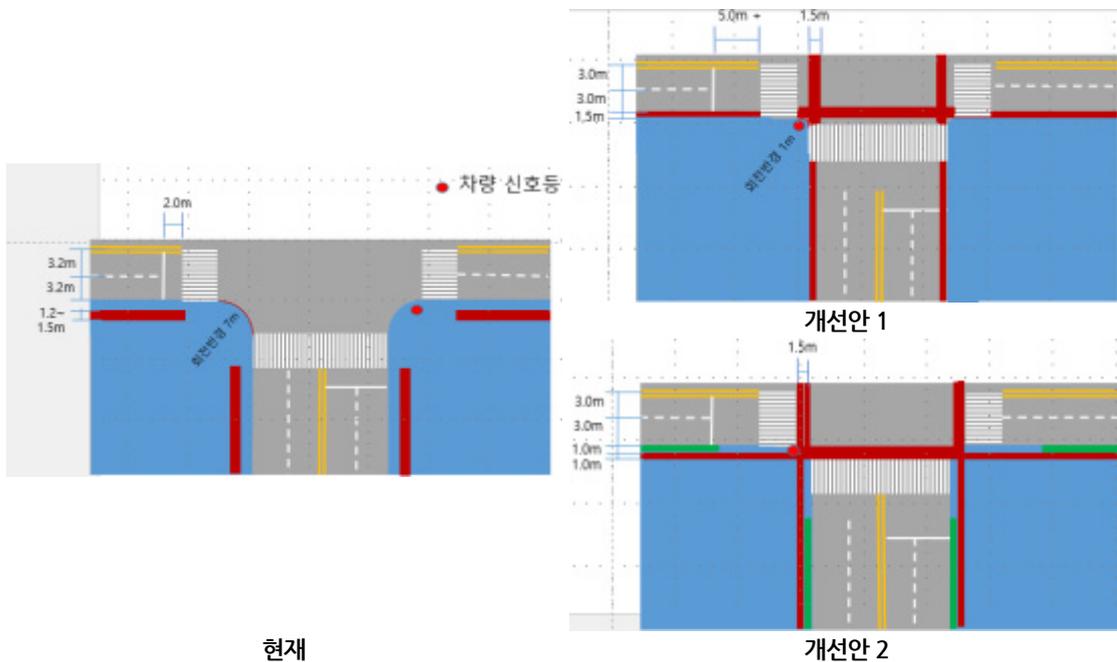
- 왕복 2차로 도로를 기본으로 함
- 일반 차로 구역
 - 차로 폭 4.0m, 보도폭 1.5m
 - 필요시 짧은 시간 정차를 허용
 - 자전거도로는 겸용도로로 설치
- 자율주행자동차 전용구역
 - 차로 폭 2.8m, 보도 폭 2.7m
 - 자율주행(또는 일반) DRT를 위한 승하차 공간 설치
 - 일반 차로보다 도로의 높이를 15cm 높여서 자연스럽게 일반 차로와 차별이 되도록 함
 - 일반 차로와 자율주행 전용차로가 교차하는 교차로는 일반 차량에 대해서는 자연스럽게 스피드 험프 역할을 하도록 함



[그림 5-3] 업무/상업지역의 폭 12m 가로 평면도

(3) 보조간선도로에서의 교차로 설계

- 차량의 이동 속도를 줄이고, 자전거 이용의 편의를 증진하는 방향으로 교차로 설계를 부분적으로 변경함
- 현재 교차로의 모서리는 운전자의 편의를 위한 설계임
- 모서리의 회전반경을 줄이면 차량은 회전하기 위해 속도를 필수적으로 줄여야 하며, 이는 보행자와 자전거 이용자 관점에서 유리함
- 또한, 차로 폭 역시 3.2m에서 3.0m 줄일 필요가 있음
- 차량을 위한 교통신호기를 교차로 진입부 쪽에 설치하고, 정지선을 뒤로 배치하여 보행자의 안전을 확보함
- 횡단보도 역시 보다 연속 부근으로 더욱 가깝게 위치함으로써 자전거도로를 보다 직선에 가깝게 설치할 수 있음
 - 기존의 모서리를 따라 휘어지는 자전거도로는 자전거 이용자 관점에서 비현실적임



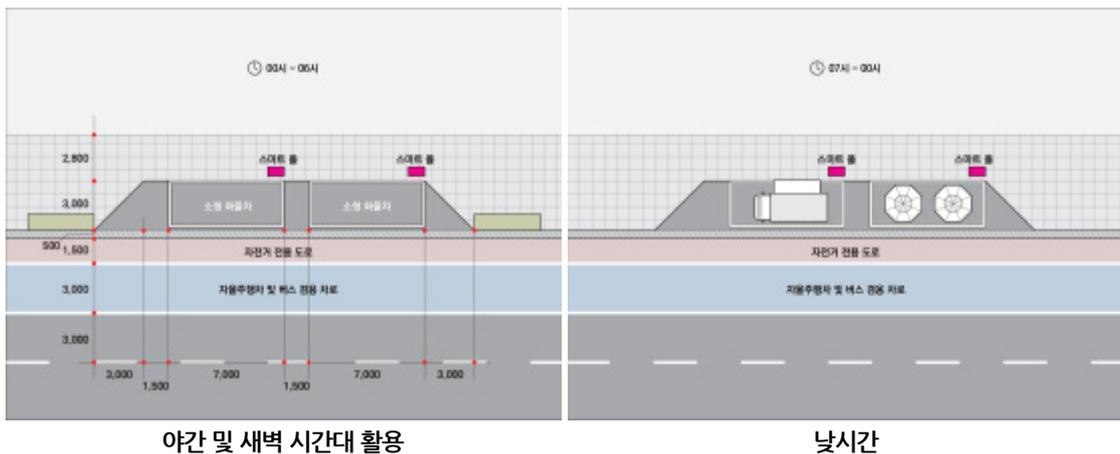
[그림 5-4] 보조간선도로에서의 교차로 개선안

(4) 간선도로 기반의 상업/업무지역 모빌리티 허브 디자인

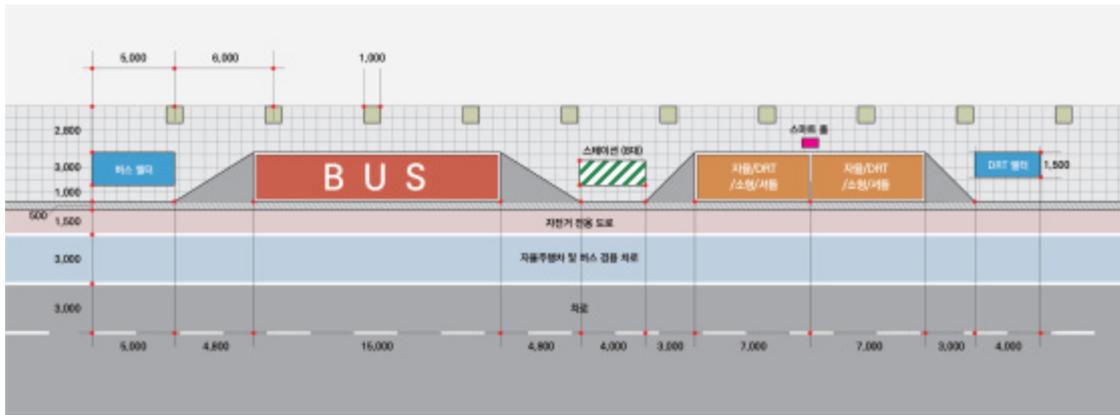
- 일반적으로 왕복 6차로 이상의 도로를 대상으로 하며, 기본적으로 버스 정류장 등 대중교통시설이 위치함
- 간선도로에는 대중교통시설, 자율주행 기반 DRT, 자전거도로, 보도를 균형 있게 배치하도록 함

■ 디자인 표준 1

- 버스정차대와 모빌리티 정차대, 자전거 스테이션을 배치
- 자율주행 DRT 또는 셔틀 등 공용 모빌리티 정차대를 버스정차대 인근에 배치
 - 2개 정차대를 기본적으로 설치하고 그 가운데 스마트폴을 설치하여 불법 주차 등을 감시
 - 공용 모빌리티 정차대는 필요할 때 플렉스존의 구실을 하며, 시간대에 따라 화물차량, 푸드트럭 등을 위한 공간으로 활용
- 자전거 스테이션과 렉을 버스정차대와 모빌리티 정차대 사이 설치하여 접근성을 높임
- 전체 보도로 인식되는 공간의 폭은 5.8m 수준이며, 유효 보도폭은 2.8m
- 자전거 전용도로를 차로에 접하여 설치하고, 폭은 1.5m로 함
- 보도변에 위치한 차로는 자율주행 및 버스 겸용 차로로 지정하여 자율주행 기반 차량의 활성화를 촉진



[그림 5-5] 모빌리티 정차대의 다양한 활용(안)



1. 자판거 도로 차로 위 설치형

명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)
1) 스파라이트		4.0 × 1.5 m	4) 택시 정차대		6.0 × 2.8 m	7) 스파라이트 돌		1.0 × 0.5 m	10) 측구		0.5 m 내외
2) 버스 정차대		15 × 2.8 m	5) 버스 벨라		5.0 × 2 m	8) 조광		1.0 × 1.0 m	11) 자전거 도로		1.5m 이상
3) DRT 정차대		7.0 × 2.5 m	6) DRT 벨라		4.0 × 1.5 m	9) 보도		표준에 따른	12) 자율주행차 및 버스 전용 도로		3.0 m 내외

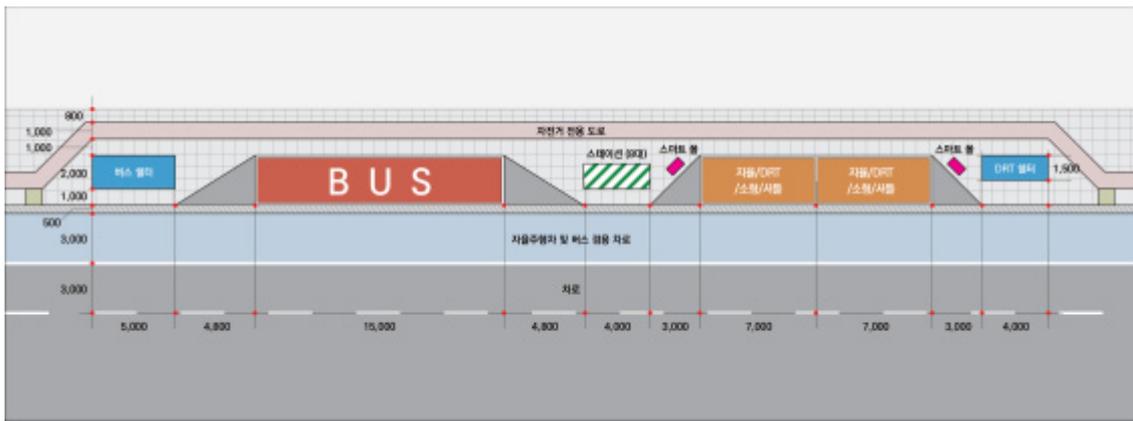
[그림 5-6] 간선도로 가로공간 디자인 표준1의 평면도



[그림 5-7] 간선도로 가로공간 디자인 표준1의 개념도

■ 디자인 표준 2

- 표준2는 표준1과 기본적으로 같으며, 자전거도로의 설치 위치에 차이가 있음
- 표준 2는 자전거통행이 적은 곳에 설치할 수 있음
- 자전거 전용도로는 보도에 설치하며, 자전거도로 폭은 1.0m로 함
 - 실제 자전거 이용자의 최소 필요 폭은 0.8m이므로 통행에는 문제가 없음
 - 다만 자전거통행이 빈번한 지역에서는 설치가 어려움
- 부분적으로 보행자의 불편이 야기됨



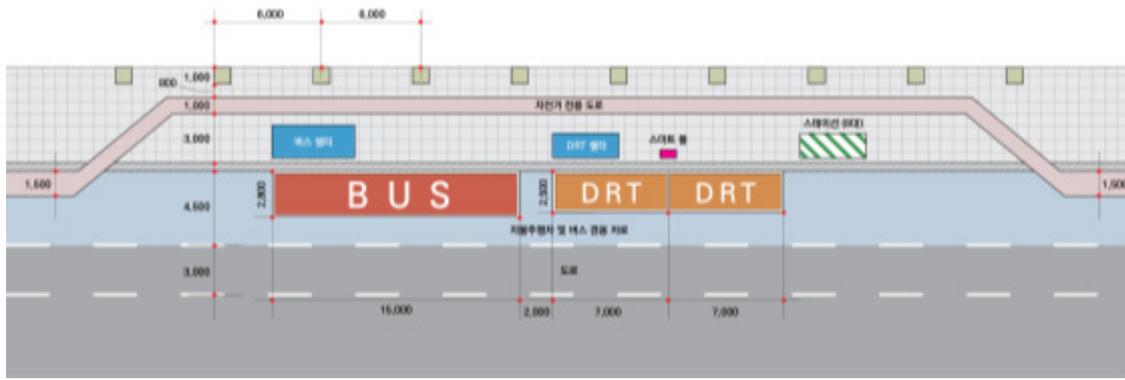
2. 자전거 도로 보도 위 설치형

명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)
1) 스테이션		4.0 × 1.5 m	4) 버스 정차대		6.0 × 2.8 m	7) 스테이션 볼		1.0 × 0.5 m	10) 측구		0.5 m 내외
2) 버스 정차대		15 × 2.8 m	5) 버스 열차		5.0 × 2 m	8) 조광		1.0 × 1.0 m	11) 자전거도로		1.5m 이상
3) DRT 정차대		7.0 × 2.5 m	6) DRT 열차		4.0 × 1.5 m	9) 보도		표준에 따름	12) 자율주행차 및 버스 전용 도로		3.0m 내외

[그림 5-8] 간선도로 가로공간 디자인 표준2의 평면도

■ 디자인 표준 3

- 표준3은 버스와 DRT 등을 위한 전용 베이가 보도 측으로 들어간 형태가 아닌 도로 위에 정차 위치가 표시된 형태
- 자전거 전용도로는 차로에 설치하는 것이 원칙이지만, 버스정차대가 있는 구간에서는 보도 위에 설치하며 자전거도로 폭은 1.0m로 함
 - 실제 자전거 이용자의 최소 필요 폭은 0.8m이므로 통행에는 문제가 없음
 - 다만 자전거통행이 빈번한 지역에서는 설치가 어려움
- 보행자에게는 더 넓은 공간을 제공할 수 있음



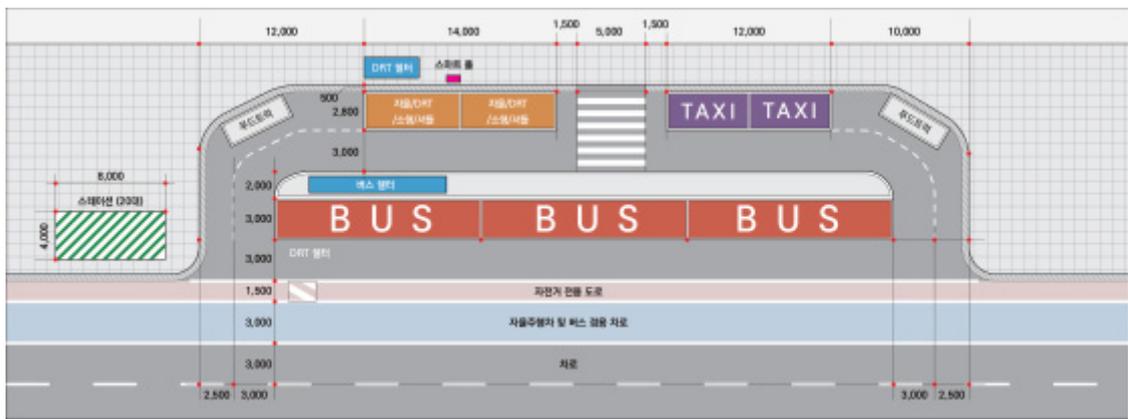
3. 자전거 도로 보도 위 설치 및 통행방

명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)	명칭	표시	기준 (w×L)
1) 스태피드 볼		4.0 × 1.5 m	4) 택시 정차대		6.0 × 2.8 m	가 스태피드 볼		1.0 × 0.5 m	10) 측구		0.5 m 내외
2) 버스 정차대		15 × 2.8 m	5) 버스 정차대		5.0 × 2 m	6) 조경		1.0 × 1.0 m	11) 자전거 도로		1.5m 이상
3) DRT 정차대		7.0 × 2.5 m	6) DRT 정차대		4.0 × 1.5 m	9) 보도		표준에 따른	12) 자율주행차량 및 버스 전용 도로		3.0 m 내외

[그림 5-9] 간선도로 가로공간 디자인 표준3의 평면도

(5) 도시철도 등 역 광장

- 도시철도의 역 광장 등 유동인구가 많고, 모빌리티 허브의 구실을 하는 지역을 대상으로 함
- 일반 차량과의 상충을 최소화하고 이동 수단의 이용을 편리하게 할 수 있는 디자인이 필요
- 이를 위해 대중교통, DRT, 택시 등 이동 수단들이 정차할 수 있는 공간을 셋백하여 설치 필요
- DRT 등 멀티 공간을 버스와 분리하여 설치하여, 버스보다 정차시간이 상대적으로 긴 DRT 등의 특성을 고려
- 코너의 잉여공간은 푸드트럭 등을 위한 공간으로 활용



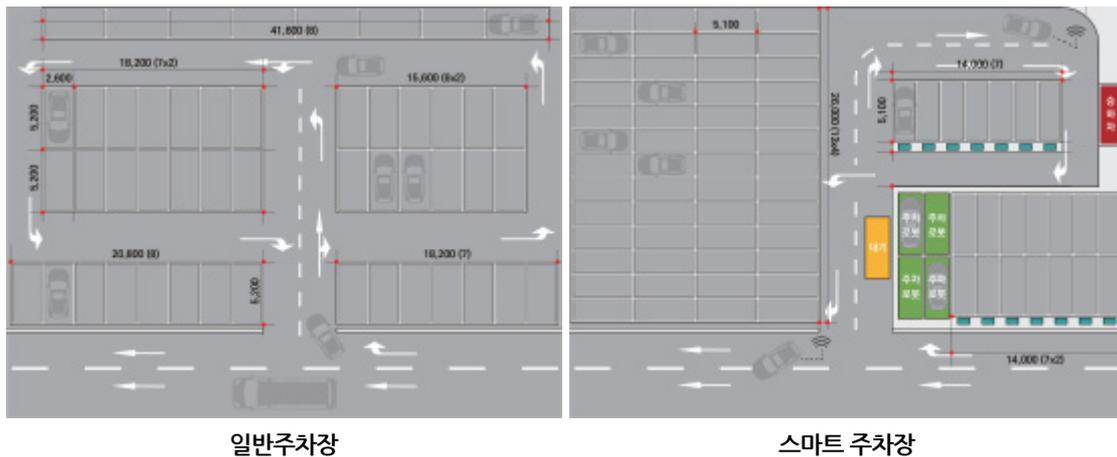
4. 도시철도 등 역 광장 표준 1형

명칭	표시	기준 (m×L)	명칭	표시	기준 (m×L)	명칭	표시	기준 (m×L)	명칭	표시	기준 (m×L)
1) 스카프션		4.0 × 1.5 m	4) 택시 정차대		6.0 × 2.8 m	7) 스카프 풀		1.0 × 0.5 m	10) 속구		0.5 m 내외
2) 버스 정차대		15 × 2.8 m	5) 버스 벨리		5.0 × 2 m	8) 조광		1.0 × 1.0 m	11) 자전거 도로		1.5m 이상
3) DRT 정차대		7.0 × 2.5 m	6) DRT 벨리		4.0 × 1.5 m	9) 보도		표준에 따름	12) 자율주행차 및 버스 전용 도로		3.0 m 내외

[그림 5-10] 업무/상업지역의 도시철도 역 광장 구성 개념

(6) 중심지 공영주차장

- 도시철도 및 광역철도 역 지하 또는 인근에 있는 공영주차장을 자율주행자동차 중심의 스마트 주차장으로 전환
- 일반 차량과의 혼용 주차를 위해 주차장 내에서의 이동은 주차 로봇을 이용하여 이동함
 - 자율주행자동차는 승하차 공간으로 바로 이동하여 승하차가 이루어지며, 주차 공간으로 이동
 - 일반 차량은 출입구 대기 공간에서 주차 로봇에 의해 이동이 제어됨
- 일정 주차공간은 전기차 충전시설을 설치하여 충전을 수행하고 완료되면 주차 로봇에 의해 이동
- 일반주차장의 주차면 규격(2.6m x 5.2m) 에 비해 스마트 주차장의 주차면 규격(2.0m x 5.1m)은 약간 감소하며, 차량의 이동을 위한 공간을 최소화하는 설계로 더 많은 차량을 주차할 수 있음
- 다만 이 경우에도 이동공간 등을 고려하면 약 50% 더 주차를 시킬 수 있는 수준으로 예상됨
 - [그림 5-11]의 가상의 주차장 설계 예시를 보면 같은 공간에서 일반주차장에서는 49대를 주차할 수 있지만, 자율주행 기반 스마트 주차장에서는 73대를 주차할 수 있음



[그림 5-11] 자율주행차 중심의 스마트 주차장 디자인(안)

2. 사례 적용(안)

- 본 연구에서 제안하는 디자인의 방향을 적용해 봄
- 성남시 판교역과 수원시 광고고사거리 인근의 상업/업무지역을 대상으로 함

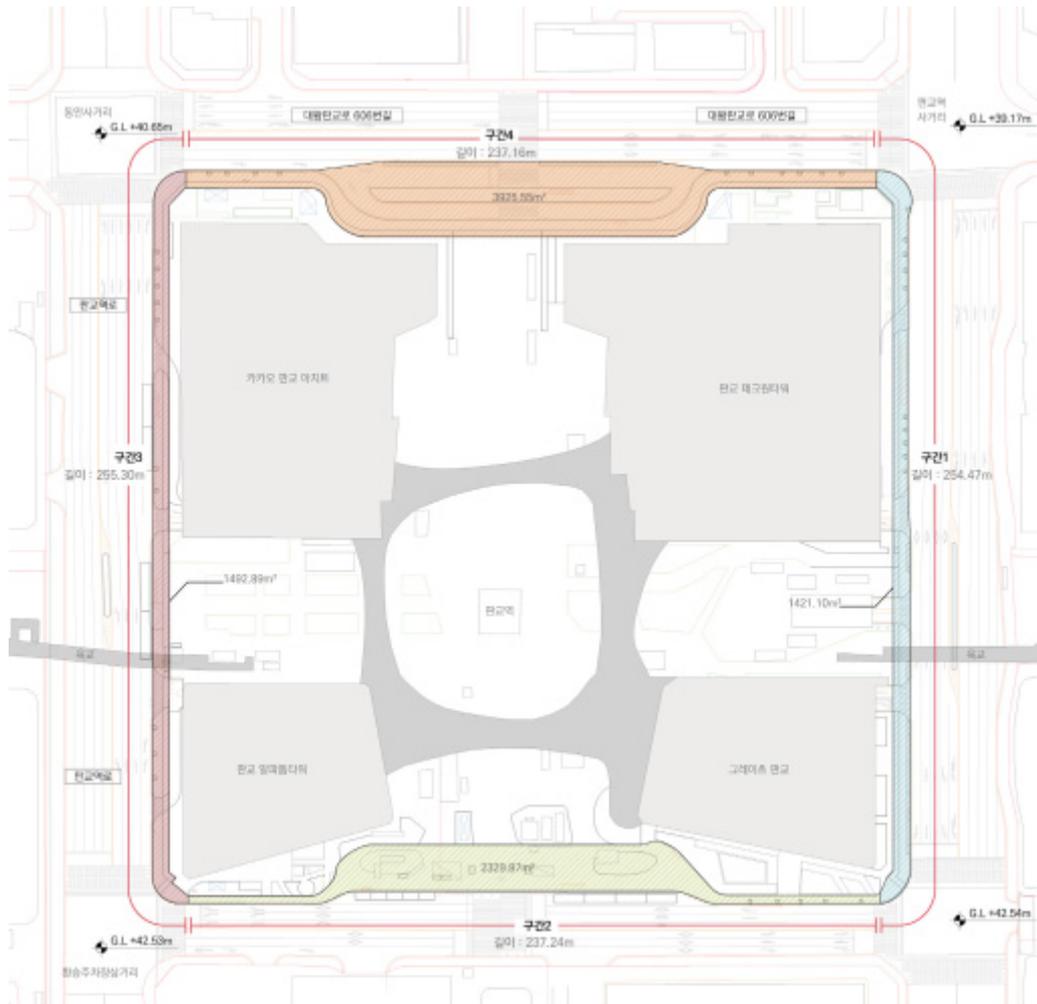
2.1. 판교역

1) 가로공간 현황

- 경기 성남시 분당구 판교역로 일대의 인근 업무시설로 접근하기 위한 도시철도 및 환승 이용과 다양한 상업 시설이 집중된 지역
- 정사각형의 공간을 간선도로가 둘러싸고 있는 형태
- 동쪽에는 광역 및 직행버스 이용이 집중되어 있음
- 남측에는 일반 및 마을버스, 택시 이용이 집중
- 북측에는 일반 버스와 더불어 기업체의 전세버스(셔틀), 택시가 정차
- 서쪽은 일반 및 마을버스 중심의 서비스가 이루어짐
- 보도공간은 전반적으로 넓지만, 동쪽의 일부 구간이 매우 좁음
- 자전거도로는 보도 위에 설치되어 있지만 잘 정비되어 있음

[표 5-1] 판교역 대상지 구간별 특징

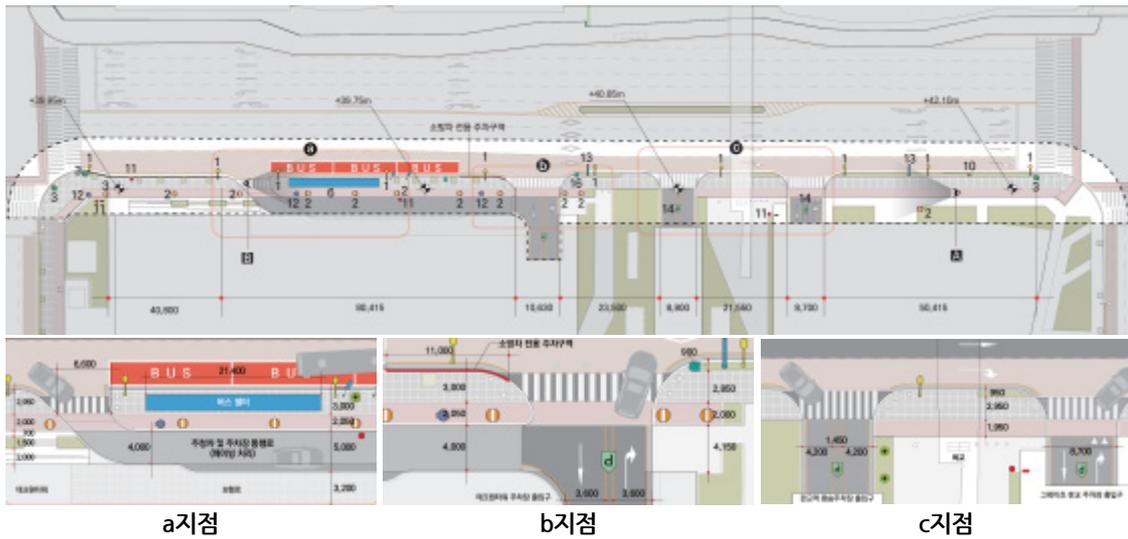
구분	특징
구간 1	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 구간 중 주차장 출입구가 가장 많이 분포함(3개) • 사유지 내 공개 공지(녹지) 분포도가 높음 • 구간 내 아일랜드 형태의 정류장이 있음(1개)
구간 2	<ul style="list-style-type: none"> • 판교역 방면 넓은 공지가 분포함 • 구간 내 포켓 형태의 정류장이 있음(1개)
구간 3	<ul style="list-style-type: none"> • 구간 내 아일랜드 형태의 정류장이 가장 많이 분포함(2개) • 사유지 내 인도 확보율이 높음
구간 4	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 구간 중 가장 넓은 폭의 포켓 및 아일랜드 형태의 정류장이 있음 • 전체 구간 중 구간 내 인도 평균 폭이 가장 넓음



[그림 5-12] 판교역 대상 구역 평면도

■ 구간 1

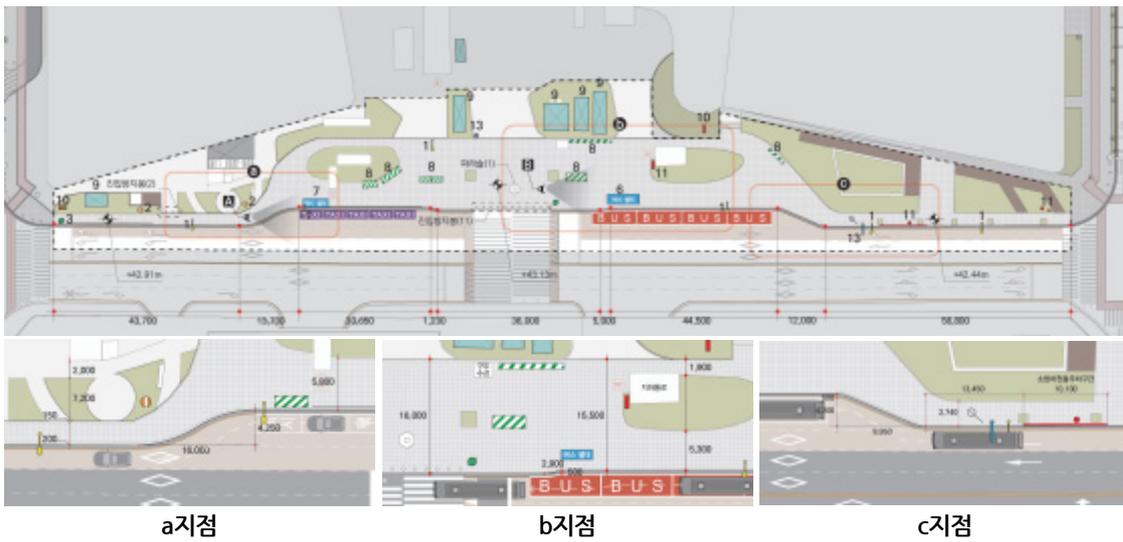
- 광역버스와 직행버스 등을 위한 버스베이가 있으며, 다수의 차량 진출입구가 있어 보행 동선의 단절이 심함
- 보도 위 자전거도로가 있으나, 보도와의 상충이 심해 이용여건은 보행자, 자전거 이용자 모두에 안 좋음
- a 지점에는 보행공간을 거치는 차량 진입로가 있음. 화물차량이 이 구역에 정차하여 화물 배송을 수행



[그림 5-13] 판교역 구역 1 현황

■ 구간 2

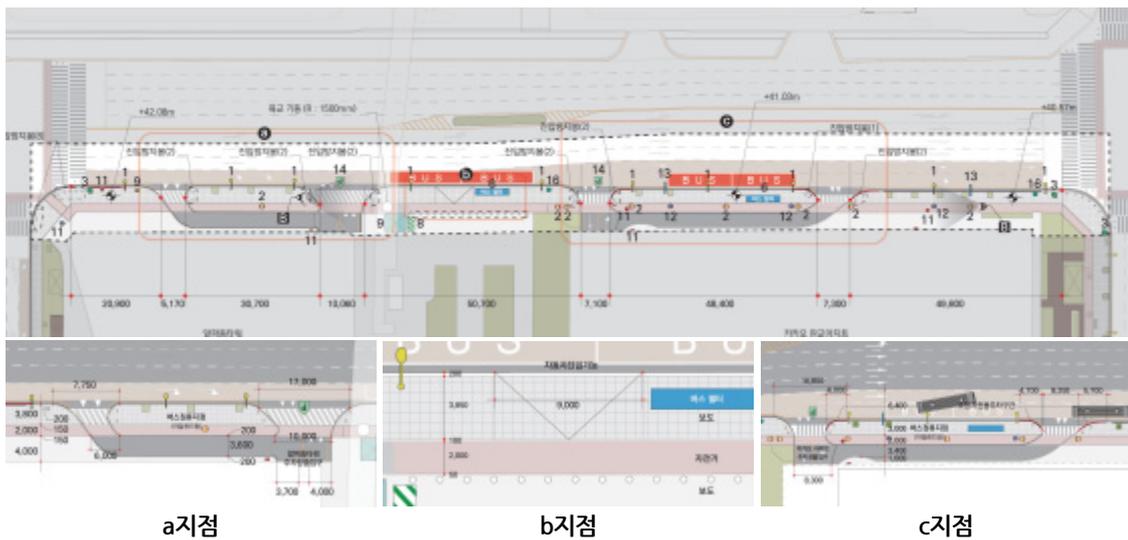
- 남측 광장 구역으로 버스베이와 택시 베이가 위치
- 택시 베이에는 화물차가 정차하여 배송업무를 수행
- 버스베이측에는 일부 승용차가 정차하고 승하차가 이루어짐
- 보행환경은 전반적으로 양호하지만, 좌우측 끝단은 화단이 넓어 구간에 따라 보행공간이 좁은 문제가 있음
- 자전거 거치대가 설치되어 있음



[그림 5-14] 판교역 구역 2 현황

■ 구간 3

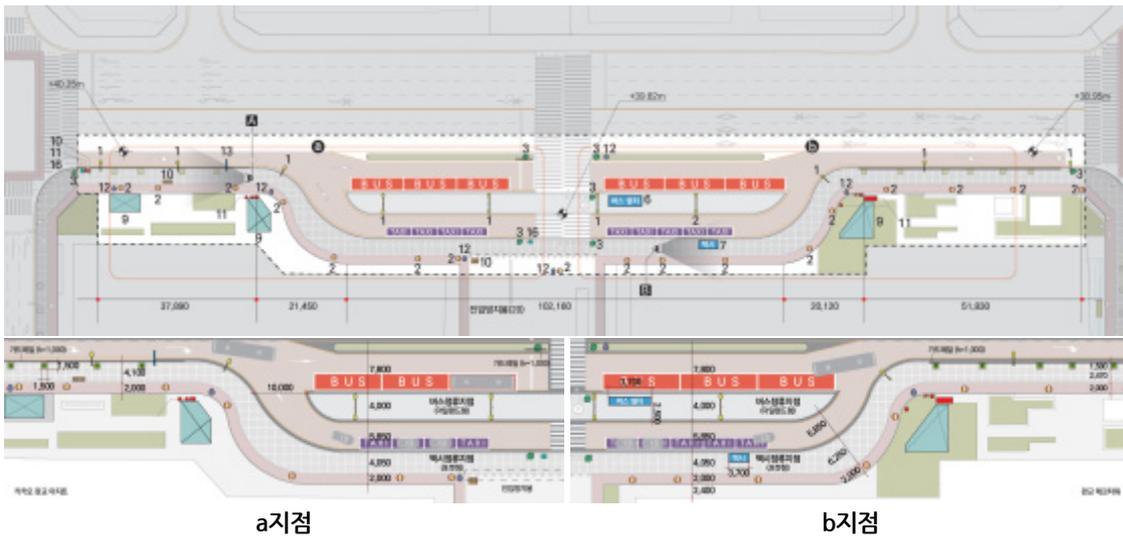
- 서쪽에는 북단(그림의 오른쪽)과 남단(그림의 왼쪽)에 각각 버스 베이가 설치되어 있음
- 판교역 동쪽과 비슷하게 다수의 주차장 출입구가 있어 보행 동선을 단절시킴
- 자전거도로가 있으나, 그림의 왼쪽의 자전거도로 위에 고가교를 지지하는 기둥이 설치되어 있어 사실상 자전거를 타고는 통과가 불가능함(a 지점)
- 역시 일부 보도를 침범하여 차량이 진입하고 정차할 수 있게 되어 있음(b 지점)
- 그러나 보행자가 이용할 수 있는 공간은 넓어 전반적으로는 보행환경이 양호



[그림 5-15] 판교역 구역 3 현황

■ 구간 4

- 거점 모빌리티 허브로 구성되어 있음
 - 북측 광장은 버스베이와 택시 베이가 구분되어 설치되어 있음
 - 인근에 자전거 거치대로 설치되어 있음
- 보도 위 자전거도로가 잘 설치되어 있으나, 보도의 선형을 따르므로 자전거 친화적이지는 않음
- 넓은 보행공간을 제공

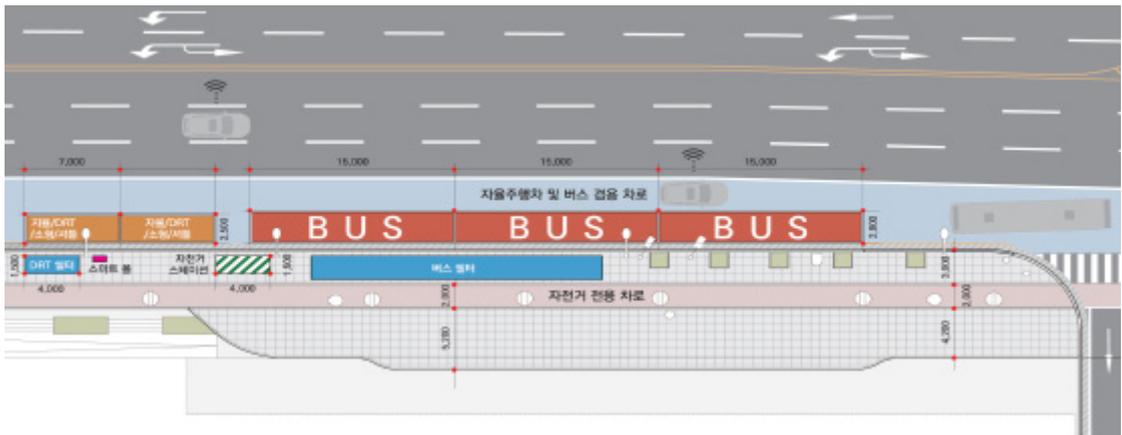


[그림 5-16] 판교역 구역 4 현황

2) 가로공간 변경(안)

■ 구간 1

- 차량 접근로를 폐쇄하고 보행로로 환원하여 보행자 편의 향상
- 버스 베이 옆으로 모빌리티 정차대와 쉼터, 그 사이에 자전거 스테이션을 설치
- 모빌리티 정차대는 화물차의 정차를 겸하므로 기존의 배송용 차량 정차대의 역할을 수행
- 버스베이 앞 차로를 자율주행자동차 및 버스 겸용 차로로 설정



[그림 5-17] 판교역 구역 1 변경 후 도면



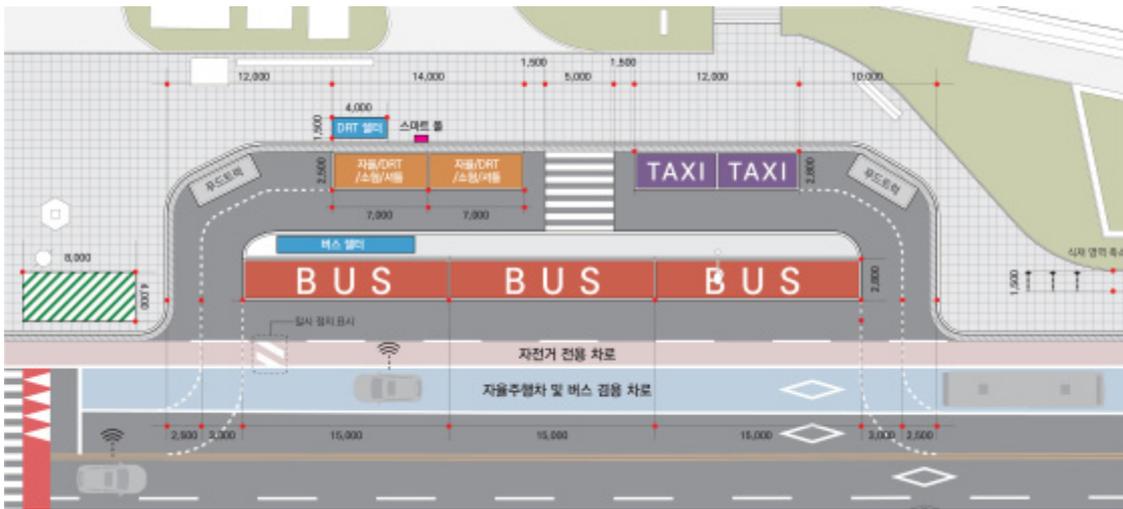
변경 전

변경 후

[그림 5-18] 판교역 구역 1 전후 예상도

■ 구간 2

- 좌측에 있던 택시 베이를 폐쇄하고, 우측에 모빌리티 허브를 설치
- 광장 안쪽으로 모빌리티 베이와 택시베이를 배치
- 모빌리티 정차대는 화물차의 물건 하차를 위한 공간으로 활용
- 자전거 스테이션은 좌측에 설치
- 남측에는 자전거도로가 없으나 설치하고, 자전거도로와 인접한 차로를 자율주행 자동차 및 버스 겸용 차로로 지정 운영



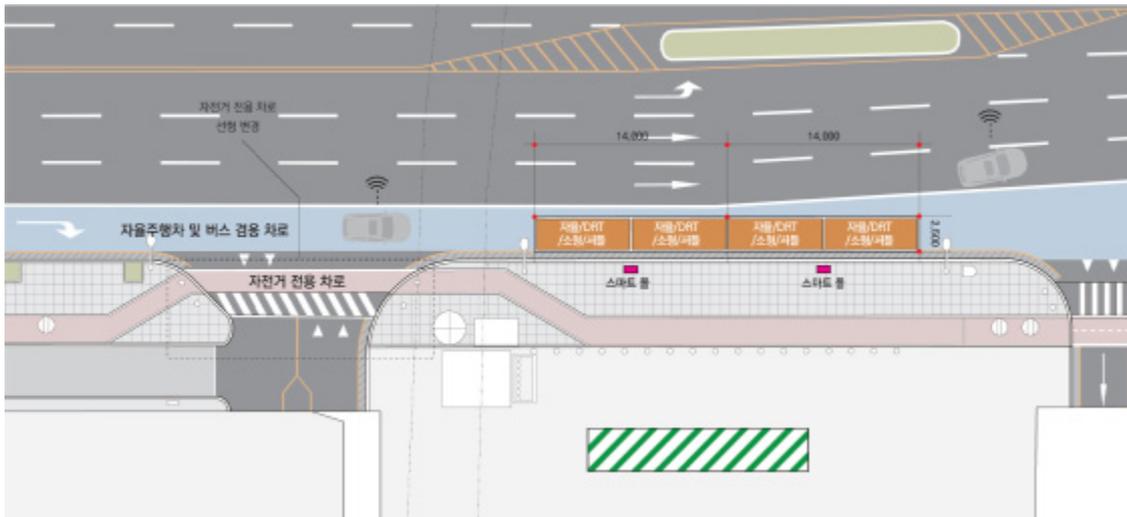
[그림 5-19] 판교역 구역 2 변경 후 도면



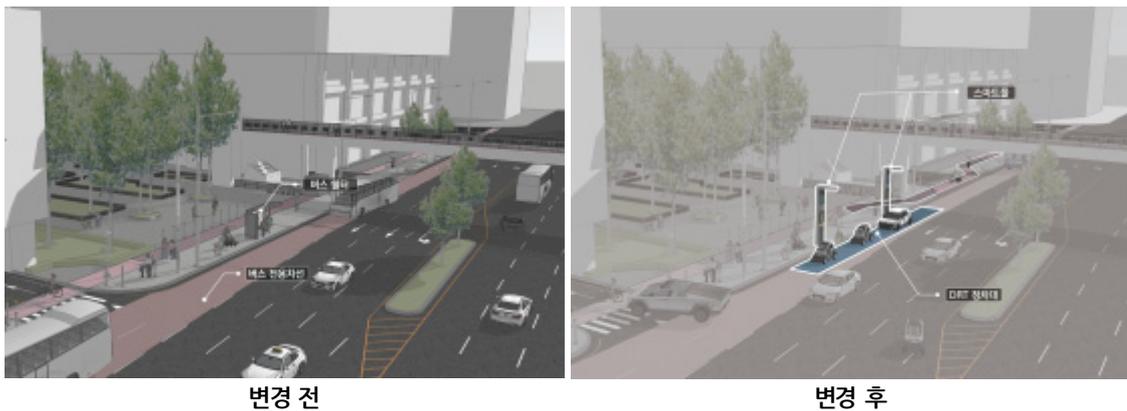
[그림 5-20] 판교역 구역 2 전후 예상도

■ 구간 3

- 서쪽 구간 3에서는 남단에 있는 버스베이를 모빌리티 베이 4면으로 변경 설치
 - 모빌리티 서비스의 접근성을 높이고, 화물차 하역공간으로 활용
 - 차량의 진입을 허용하던 공간도 차량 진입 불허
- 보도 인접 차로를 자율주행자동차와 버스 겸용차로로 지정
- 자전거 스테이션을 모빌리티 베이와 인접한 광장 공간에 설치하여 자전거 접근성을 높임



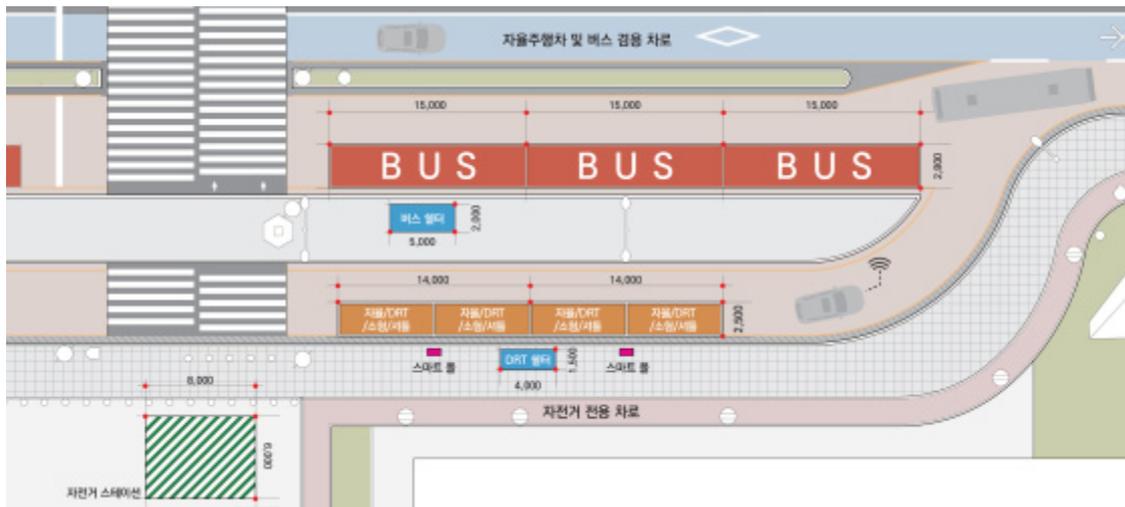
[그림 5-21] 판교역 구역 3 변경 후 도면



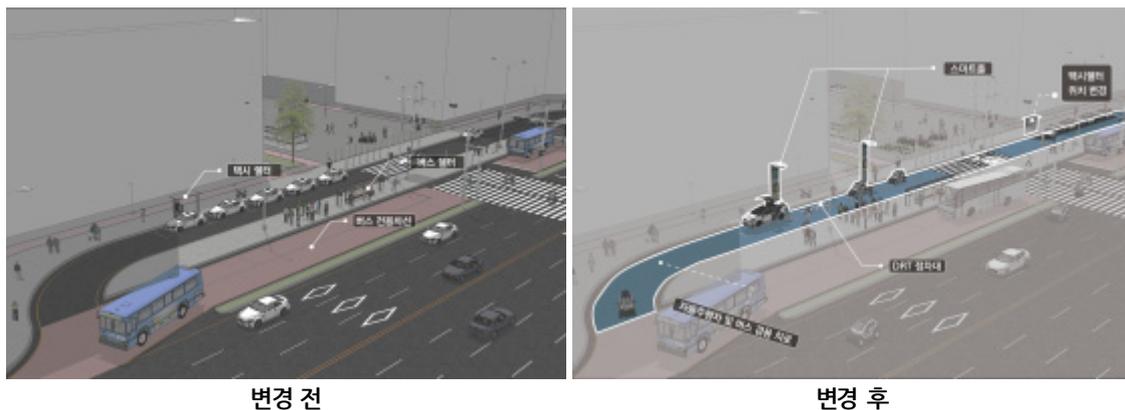
[그림 5-22] 판교역 구역 3 전후 예상도

■ 구간 4

- 판교역 북측 구역은 기본적으로 잘 설계되고, 운영되고 있음
- 택시 베이 중 동쪽에 있는 것은 모빌리티 베이로 변경하고, 4면 설치
 - 다만 현재 한정적으로 운영되고 있는 DRT가 정차공간이 불분명하여 이곳저곳에 정차하는 문제를 해결
 - 자전거 스테이션은 정비하여 모빌리티 베이와 더욱 가까운 위치에 설치
 - 버스베이 인근 도로는 자율주행자동차 및 버스 겸용 차로로 지정



[그림 5-23] 판교역 구역 4 변경 후 도면



[그림 5-24] 판교역 구역 4 전후 예상도

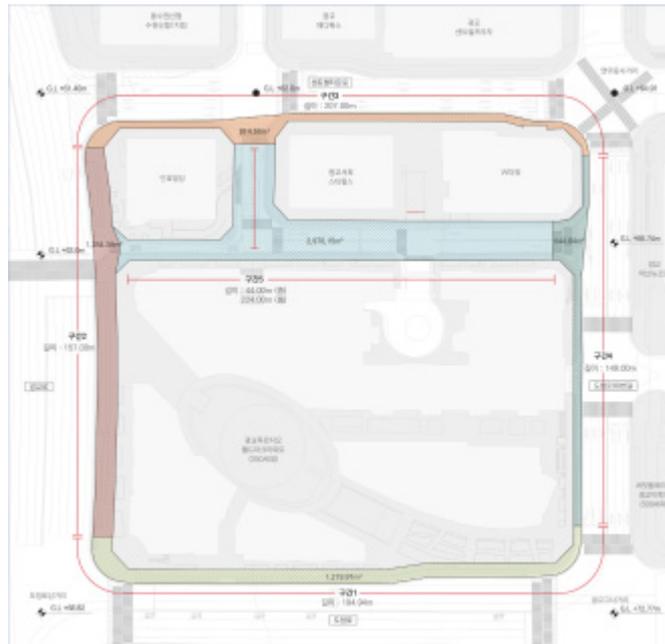
2.2. 광고 신도시

1) 가로공간 현황

- 경기 수원시 영통구 센트럴타운로 107일대의 다양한 상업시설이 집중된 지역
- 서북 방향에 위치한 광고로(10차로 이상)와 서남쪽에 도청로(왕복 6차로)가 중심 간선도로의 역할을 수행
- 동북 방향과 동남 방향으로 위치한 도로(왕복 4차로)가 보조간선 및 집산도로의 역할을 수행

[표 5-2] 광고 대상지 구간별 특징

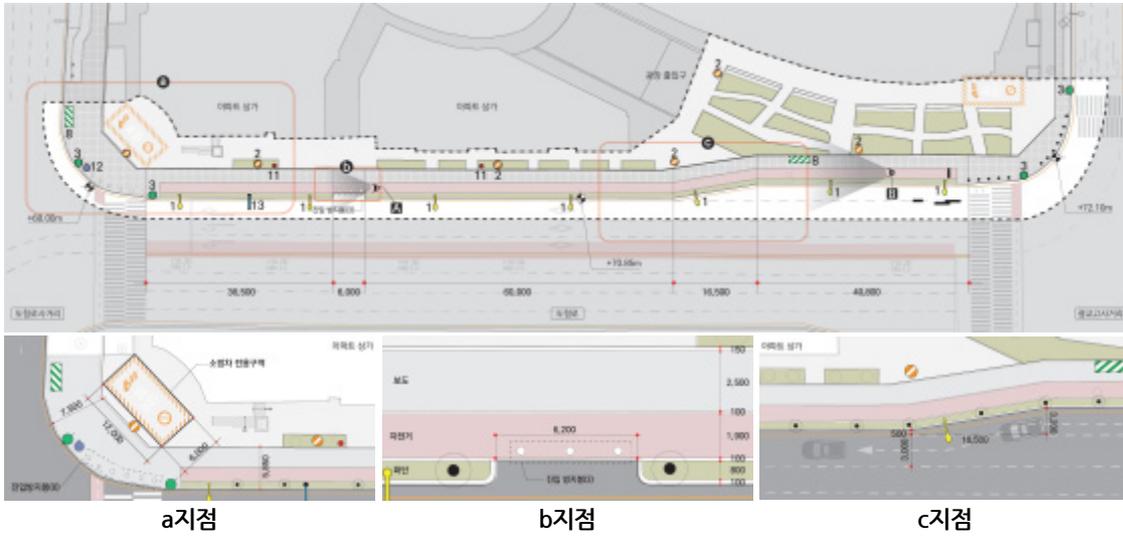
구분	특징
구간 1	<ul style="list-style-type: none"> • 구간 양측 횡단보도를 사이에 두고 직선로가 이어짐 • 광고고사거리 - 도청로 사이 도로 통합 지점이 있음
구간 2	<ul style="list-style-type: none"> • 차량 통행량이 가장 많으며, 버스 정류장이 있어 버스 정차량이 많음 • 구간 내 횡단보도 수가 가장 적으며, 가로변 폭이 가장 넓게 형성되어 있음
구간 3	<ul style="list-style-type: none"> • 구간 양측으로 차선 변화가 복잡하며, 가로변 폭이 구간 중 가장 좁게 형성되어 있음
구간 4	<ul style="list-style-type: none"> • 구간에 면한 단지 간의 유동인구가 가장 많음 • 구간들 중 경사(표고 차이)가 가장 높음
구간 5	<ul style="list-style-type: none"> • 일방통행차로를 포함 • 이면도로에 접하며, 차폭이 넓어지는 구간이 있음 • 다수의 주차장 출입구가 있음



[그림 5-25] 광고 신도시 대상 구역

■ 구간 1

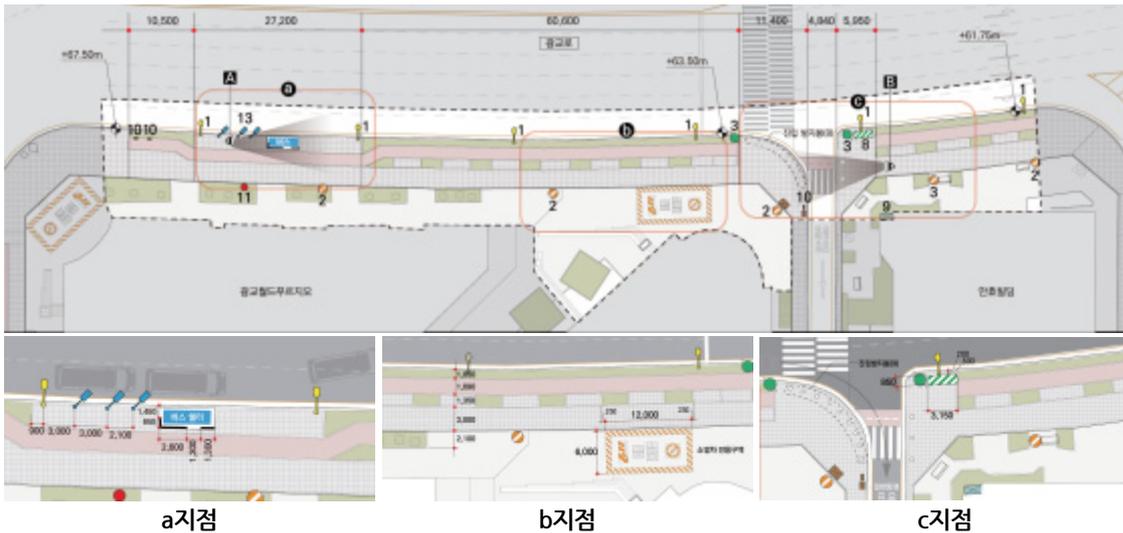
- 모빌리티 정류소, 자전거 정류소, 소방차 전용구역 등의 시설이 있음
- 넓은 보도와 보도 위 자전거도로로 설치



[그림 5-26] 광고 구역 1 현황

■ 구간 2

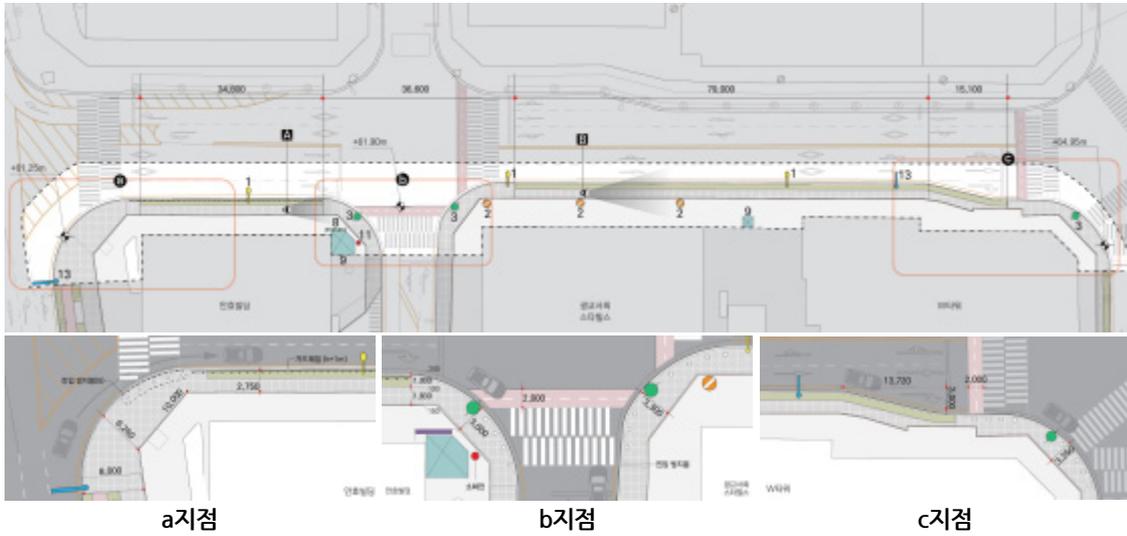
- 버스 정류장이 설치되어 있으며, 보도 위에 자전거 전용도로가 있음
- 구간의 우측에 일방통행의 단차로 도로 존재



[그림 5-27] 광고 구역 2 현황

■ 구간 3

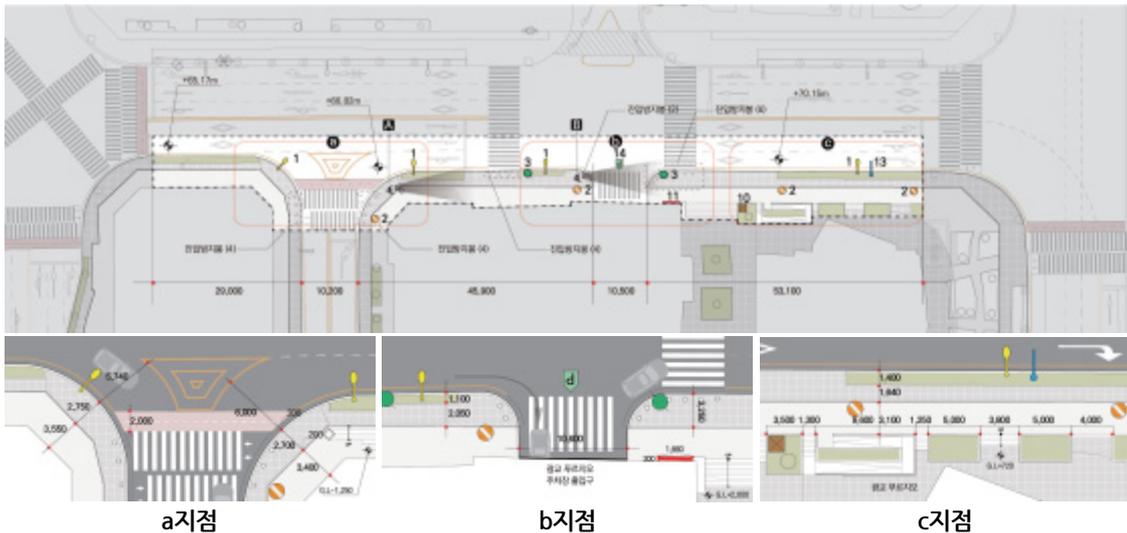
- 2차로 도로이며 상업지역 중심으로 진입하는 도로가 있으며, 버스 정류장은 없음
- 적치물로 인해 보도가 좁으며, 도로변으로 가로수가 놓여 있어 펜스 역할 수행



[그림 5-28] 광고 구역 3 현황

■ 구간 4

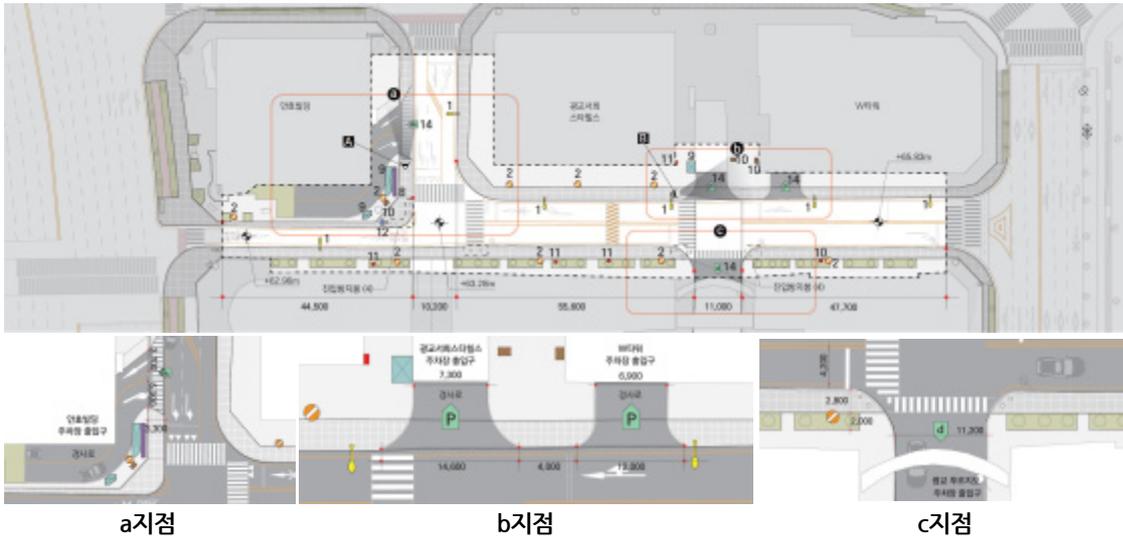
- 보도는 넓지만, 단절이 자주 발생
- 주상복합 아파트 주차장 출입구 위치



[그림 5-29] 광고 구역 4 현황

■ 구간 5

- 전체 구역의 안쪽에 위치
- 넓은 왕복 1차로 도로로 불법 주정차의 우려가 있음
- 상업 시설에 물품을 배송하는 화물 수요 있음
- 상업 건물을 위한 주차장 입구가 존재하여 보행 이동 동선의 단절이 발생

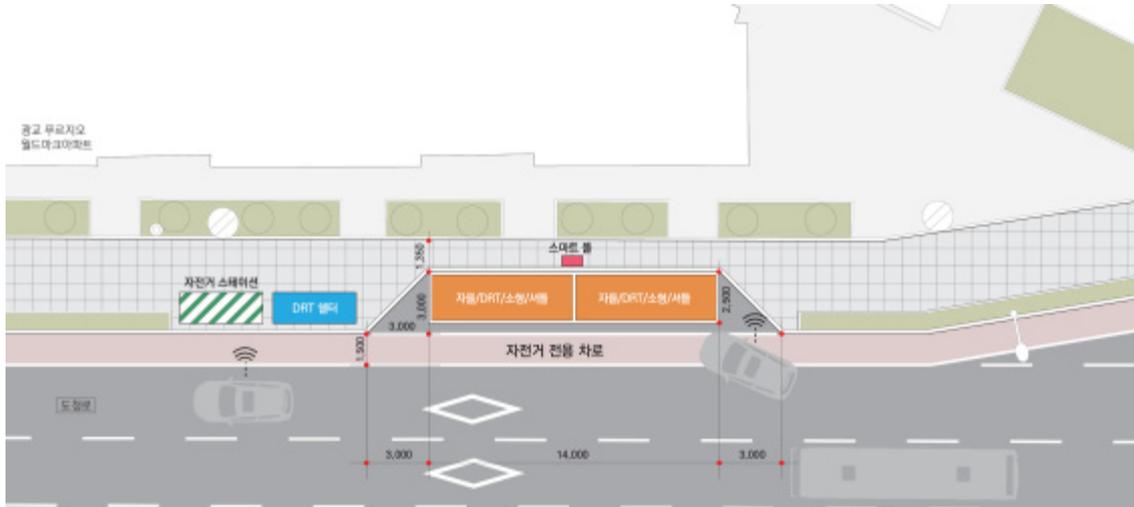


[그림 5-30] 광고 구역 5 현황

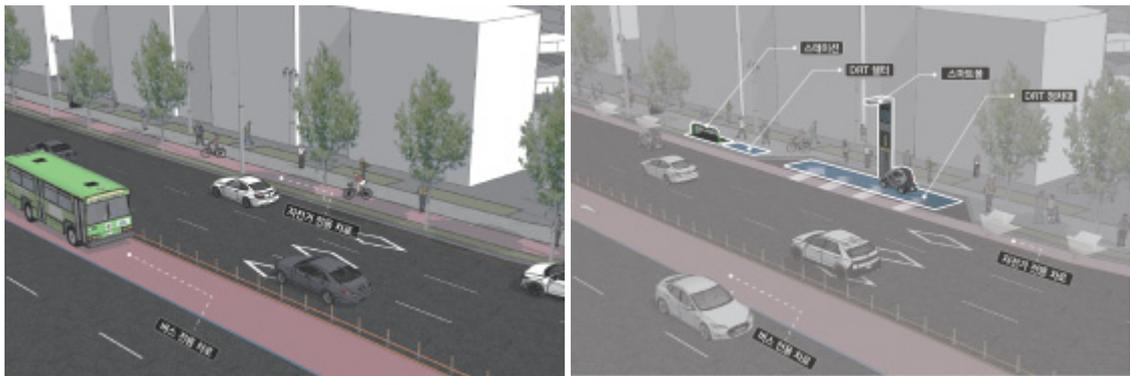
2) 가로공간 변경(안)

■ 구간 1

- DRT 2대가 동시에 정차할 수 있는 모빌리티 정차대를 설치
- 좌측으로 DRT 셸터와 자전거 스테이션을 설치
- 자전거 전용도로를 설치하여 보행과 분리



[그림 5-31] 광고 구역 1 변경 후 도면



변경 전

변경 후

[그림 5-32] 광고 구역 1 전후 예상도

■ 구간 2

- 기존의 버스베이를 확장하여 모빌리티 허브로 제공
- DRT 2대가 동시에 정차할 수 있는 모빌리티 정차대를 설치
- 버스 쉼터와 모빌리티 쉼터 사이에 자전거 스테이션 설치
- 자전거 전용도로를 설치하여 보행과 분리
- 자율주행자동차 및 버스겸용 차로를 설치하여 자율주행자동차의 이동 활성화



[그림 5-33] 광고 구역 2 변경 후 도면



변경 전

변경 후

[그림 5-34] 광고 구역 2 전후 예상도

■ 구간 4

- 모빌리티 정차대를 1면 설치하여 DRT 이용 편의 제공
- 소규모 자전거 스테이션을 설치



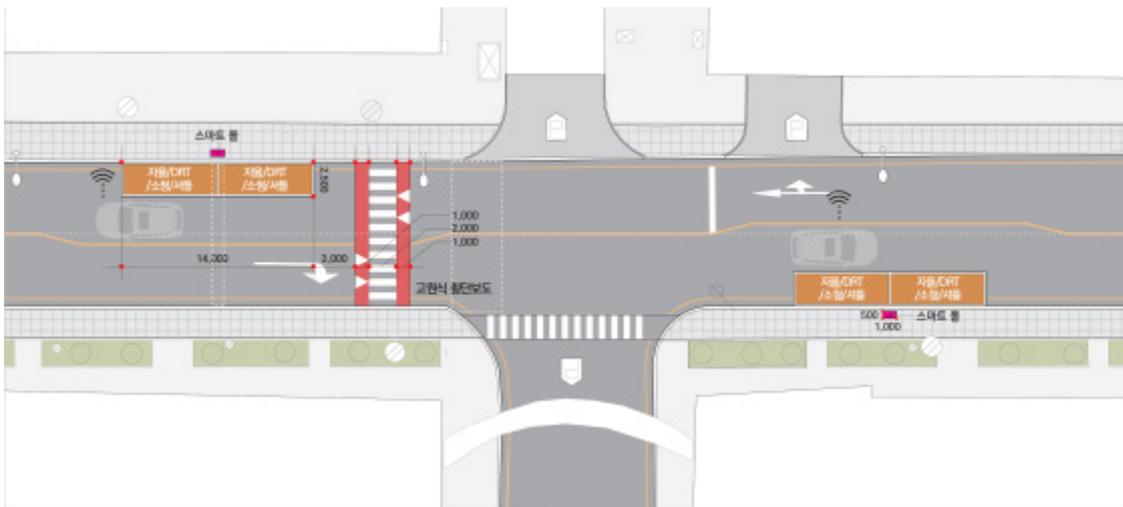
[그림 5-35] 광고 구역 4 변경 후 도면



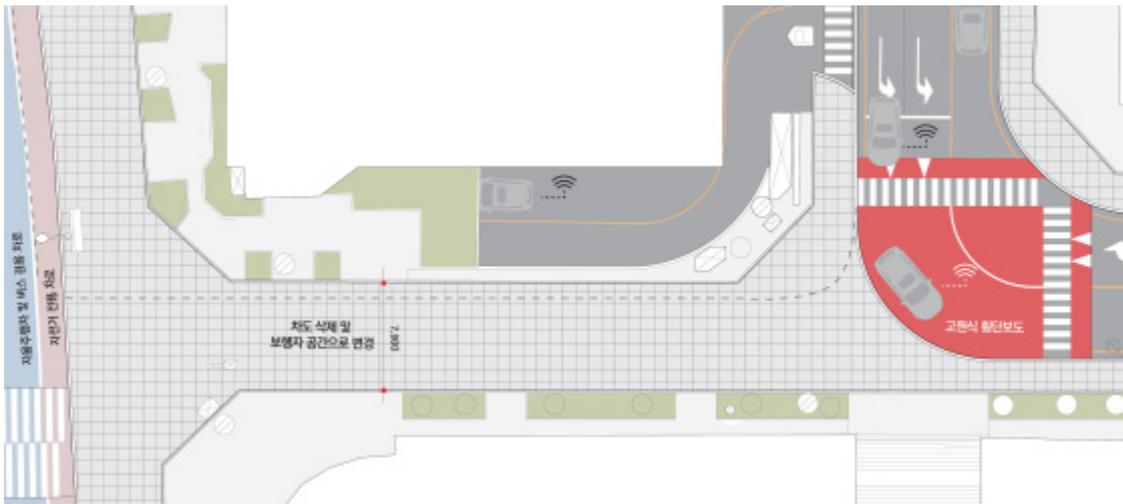
[그림 5-36] 광고 구역 4 전후 예상도

■ 구간 5

- 일반 차로보다 상대적으로 넓은 차로를 활용하여 도로 양측에 각 모빌리티 정차 대 2면을 설치하고, 부분적으로 도로 중앙선 조정
- 구역 2의 기존의 일방통행로는 폐쇄하여 보행자 공간으로 활용하고, 자전거 스테이션 설치
- 주차장 출입구 인근에 설치된 횡단보도와 교차로는 고원석으로 설치하여 보행자 안전확보와 차량 속도 저감 유도

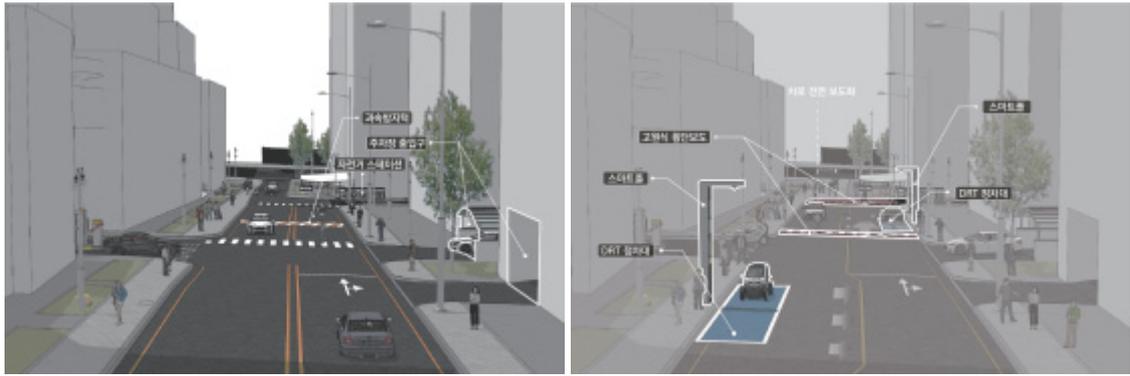


구역 1



구역 2

[그림 5-37] 광고 구역 5 변경 후 도면



변경 전

변경 후

[그림 5-38] 광고 구역 5 전후 예상도

제6장 결론

1. 연구 요약

■ 연구 개요

- 본 연구는 미래 도시의 가로 및 가로변 공간이 어떻게 활용될지, 그리고 이에 대응해서 어떻게 설계해야 할지에 대한 이론적 기초의 마련하고자 함
- 연구의 목적은 자율주행 기반 모빌리티 서비스의 활성화에 따른 도시 가로공간의 변화 방향을 제시하기 위함이며 다음의 4가지 세부 목적을 설정함
 - 자율주행기반 모빌리티 서비스 이용 전망
 - 가로공간 설계의 주요 사항과 미래 가로공간 설계 전망 조사
 - 자율주행 기반 모빌리티 수단의 가로변 공간 이용행태 도출
 - 통신 빅데이터의 활용과 Agent-based 모델을 활용한 가로공간 모델링의 가능성 시험
 - 가로변 공간의 디자인 방향 제시
- 연구는 자율주행자동차 도입 초기이며 일반 차량과 자율주행자동차가 혼입 운행하고 있는 2030년~2040년 정도를 연구의 시간적 배경으로 함

■ 연구 결과

- 자율주행기반 모빌리티 이용 전망
 - 기술적으로 자율주행자동차는 이미 완성단계에 있으며, 2027년 정도면 일반 판매가 될 것으로 전망됨
 - 버스, 셔틀, 택시 등 대중교통과 서비스 중심으로 먼저 확산될 것으로 전망되고, 자율주행 개인 승용차는 점진적으로 확산될 것으로 전망
 - 자율주행기술은 비즈니스 측면에서 운전자가 불필요하므로 인건비 절감을 통해 서비스 경쟁력을 높일 수 있음
 - 자율주행기술과 카셰어링, 택시 등 on-demand 서비스가 결합하면 큰 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 전망

- 이를 위해서는 MaaS를 통한 통합 교통서비스가 활성화 되어야 함
- 자율주행자동차로 인한 수단분담의 변화가 예상됨
 - 글로벌 기준으로는 개인 승용차 이용의 감소와 로보택시를 대표되는 자율주행기반 서비스의 큰 증가가 두드러짐(2022년 1% 수준에서 2035년 8% 수준으로 증가 전망)
 - 국내 역시 일정 수준의 개인 승용차 이용 감소가 있겠으며, 자율주행기반 모빌리티 서비스 역시 점진적으로 증가할 것으로 전망되지만, 글로벌 트렌드 보다는 다소 천천히 증가할 것으로 전망
 - 이는 글로벌 트렌드를 주도하는 세력이 미국과 중국인데 반해, 국내의 자율주행 기술과 서비스는 이 두 국가보다는 떨어지고 천천히 진행될 것으로 전망됨
 - 2035년에 자율주행 승용차 2%, 자율주행 기반 서비스 2% 수준
 - 2040년에 자율주행 승용차 5%, 자율주행 기반 서비스 6% 수준
- 가로 설계 요소 조사 및 미래 가로 설계 방향 전망
 - 기존 가로 설계 디자인에서 공간은 보도, 자전거도로, 도로로 구분하는 것이 보편적임
 - 전반적으로 보행자(보도) 중심의 설계를 지향하고 컨셉을 제시함
 - 보도 상에 있는 각종 시설물과 횡단보도 등 안전시설물, 차량 속도 저감을 위한 시설물 등에 대한 설계 가이드가 주요 내용을 구성
 - 자율주행자동차를 고려한 가로공간 디자인 방향에 대한 컨셉을 제시하는 수준이며 주요 컨셉은 다음과 같음
 - 승용차 이용의 감소와 대중교통 활성화로 인한 도로 축소 전제
 - 도로 축소로 인한 여유 공간을 보행과 자전거 이용을 위한 공간으로 전환
 - 보행로를 커뮤니티 친화적이고 활동적인 공간으로 활용
 - 자율주행자동차의 확산과 미래 모빌리티의 수요응답형 중심 전환에 기인한 커브사이드의 활용과 역할 증대 전망과 재창조 필요
 - 미래 가로 디자인에서 필요한 요소를 다음과 같이 도출함
 - ① 대중교통 중심의 이동 환경을 고려하고, DRT 등의 미래 기반 모빌리티 수단의 활성화에 대비
 - ② 보도와 자전거도로의 확장 또는 실제 사용성을 고려한 설계가 필요
 - ③ 미래 가로 변화 전망의 핵심 요소 중 하나인 도로 축소는 큰 방향에서 필요
 - ④ 미래 가로의 핵심 변화 공간인 커브사이드(플렉스존)의 변화 반영 필요

- 모빌리티의 가로공간 이용 모델링
 - 모빌리티 수단의 가로공간 이용행태를 분석하기 위해 행위자 기반 모델링을 수행함
 - 더불어 통신 빅데이터를 모델링의 input 데이터로 활용하기 위한 가능성을 검토함
- 도시 가로공간 디자인 방향 제시
 - 미래 가로공간 디자인을 위한 요구사항을 다음과 같이 정의함
 - ① 자율주행자동차와 자율주행기반 모빌리티 서비스 지원
 - ② 모빌리티 공간의 확보
 - ③ 다기능 공간의 필요(Flex zone)
 - ④ 안전과 접근성 강화
 - 가로공간 디자인의 방향을 다음과 같이 설정함
 - 자율주행 친화 가로 네트워크 및 수단별 공간 분리 : 자율주행자동차 전용구간과 겸용(우선)차로의 도입과 일반차로, 보행로, 자전거도로를 명확히 분리
 - 모빌리티 허브 조성 : 대중교통 승하차 공간, DRT 승하차 공간, 자전거 스테이션을 통합 배치하여 도시 내의 모빌리티 허브 조성
 - 유연한 설계 : 대중교통 정류장과 DRT 정류장, 자전거 스테이션 등을 지역의 여건과 규모에 따라 유연하게 도입
 - 보행자 친화적 디자인 : 보행로 확대와 보행자의 안전을 위한 교통신호기 위치 조정, 차량 정지선 후퇴 등 안전 중심의 디자인 도입
 - 현실적인 자전거도로 : 실제 이용하지 않는 자전거도로보다는 이용할 수 있는 자전거도로를 추구
 - 방향을 제시한 주요 항목
 - 보조간선도로 디자인 개념
 - 보조간선도로의 교차로
 - 간선도로 기반의 상업/업무지역의 모빌리티 허브
 - 도시철도 등 역 광장
 - 역 인근 공영주차장

2. 연구의 한계 및 향후 연구

1) 연구의 한계

■ 통신 빅데이터의 활용

- SKT 통신 빅데이터는 현 단계에서 특정 지역과 시간에 존재하는 인구만을 제공하고 있어 그 유동인구를 교통 측면에서 활용하기에는 어려움
- KT 생활이동 데이터는 O/D를 동 단위까지 제공한다는 장점은 있으나, 제공 자료를 살펴본 결과 이동시간, 이동거리 등에서 신뢰성이 낮음
- SKT 자료와 KT 자료가 다소 성격이 다르기는 하지만, 비슷한 형태를 보여주는 SKT 유입인구 데이터와 KT 데이터를 비교하여도 차이가 큰 문제가 있음
- 통신데이터의 원자료를 활용하여 신뢰도를 높이고, 트립체인을 구성하는 단계가 되어야 실제 교통 모델링에 활용할 수 있을 것으로 판단함
- 현 단계에서는 데이터를 통해 트립체인과 수단을 추정할 수 있는 방법론이 개발되기 전에는 활용을 보류할 필요가 있음

■ Agent-based 모델을 활용한 공간 이동 모델링

- 시작 의도는 공간 이동 모델에 널리 사용되는 행위자 기반 모델링을 교통의 마이크로 레벨에서 구현하는 것이었음
 - 기존 교통모델은 차량의 흐름에 집중하기 때문에 승하차 행태와 보행자 이동을 동시에 구현하는 데 약점이 존재함
- 그러나 행위자 기반 모델은 일반 교통 모델에서 제공하는 기본적인 차량 흐름이나 링크, 노드 연결 등의 기능을 제공하지 않으며, 모든 것을 코드로 작성해야 하는 문제로 인해 많은 에러와 시행착오, 시간을 요구함
- 그리고 모델링을 위한 수단통행량 자료로 활용하려고 한 통신 빅데이터의 신뢰성 문제로 모델링 대상지의 실질적인 통행량 자료를 확보하여 적용하지 못함
- 이러한 문제로 모델링은 가능성 검증 수단의 제한된 범위에서 수행하였으며, 현재와 제안된 디자인 방향의 적용 효과를 정량적으로 비교하지 못하는 한계가 있음
- 따라서 모델링을 통한 공간 활용/ 이동보다는 가로 설계 디자인과 미래 가로 전망에

대한 기존 문헌에 의존하여 미래 가로 디자인 방향을 제시하는 한계가 있음

■ 미래 가로공간 디자인 방향의 설정

- 제시한 가로 디자인 방향은 기존 가로 디자인 가이드라인과 미래 가로 방향을 바탕으로 하고 있어 유사점이 많음
- 새로운 컨셉이나 아이디어가 부족함
- 디자인 방향을 적용했을 때 실질적으로 유용한지에 대한 검증이 여전히 부족하여, 실제 적용에는 한계가 명확함
- 연구에서 제시한 항목에 대해 검토가 필요하다는 개념 차원에서만 활용이 가능

2) 향후 연구

- 본 연구의 수행과정과 결과를 기반으로 다음 3가지 항목에서 추가적인 연구가 필요

■ 모빌리티 환경 변화에 따른 가로 및 가로공간 설계 로드맵 연구

- 자율주행자동차의 도입과 확산이 어떻게 진행될지는 현재 불확실성이 커지고 있으며, 정확히 예측하는 것이 현실적으로 어려움
- 따라서 연도를 기준으로 계획을 전망하는 것은 의미가 없음
- 이에 자율주행의 도입과 활성화 수준, 즉 차량 비율에 따라 필요한 인프라 요소를 검토하고, 자율주행에 대비할 필요가 있음
- 다만, 자율주행자동차가 확산한다고 하더라도 현재 단계에서 예상하는 효과가 실제 이뤄진다는 보장은 없으므로, 다양한 시나리오를 검토 및 설정하고 단계별로 필요한 연구와 실무에서의 도입해야 하는 요소와 내용을 제시할 필요가 있음

■ 행위자 기반 모델과 기존 교통모델의 융합활용

- 본 연구에서 시도한 행위자 기반 모델은 마이크로 단위에서 적용하는 것에 한계가 분명하게 있음
- 에이전트가 상대적인 크기와 점유하는 공간의 크기에 구애를 받지 않을 때에는 유용함
- 그러나 본 연구와 같이 버스, DRT, 승용차와 같이 길에서 차이가 크고 이로 인해 차지하는 공간 규모가 다른 경우 공간 이용 모델링에서는 한계가 있음

- 반면 기존의 교통모델링은 차량의 흐름과 공간 점유 측면에서는 이미 완성 수준으로 충분히 잘 반영하고 있음. 그러나 보행자의 이동과 개별 이용자의 수단선택, 승객의 승하차 행태 등에서는 여전히 충분하지 못함
- 따라서 행위자 기반 모델과 기존 교통 모델을 각 장점을 취하여 융합하여 활용하는 방안에 관해 방법론적 연구가 필요함

■ 교통분야에서의 통신 빅데이터 활용을 위한 연구

- 본 연구에서의 검토 결과 통신 빅데이터는 동 단위 이하의 작은 공간 범위에서는 데이터의 신뢰도가 높지 않은 것으로 분석됨
- 이는 다양한 이유가 있겠지만, 제공되는 데이터 자체가 교통분야의 활용을 위해 제공된 것이 아니며 일반적인 유동인구 총량을 확인 차원에서 자료가 가공되었기 때문일 수 있음
- KT 데이터의 경우에는 통행의 출발지와 도착지, 이동거리, 이동시간 등의 자료가 크게 신뢰하기 어려운 문제가 있음
- 이는 원 자료의 보정이 충분히 이루어지지 않아서 발생한 문제일 수 있음
 - ※ 비슷한 문제가 GPS 데이터를 가공할 때 동일하게 발생하며, GPS 데이터의 원자료는 다양한 오류(노이즈) 자료로 인해 세밀한 정제 작업이 필요함
- 통신데이터를 로우 데이터 단위에서 트립체인을 생성할 수 있다면 현재보다 더욱 신뢰할 수 있는 자료로 가공이 가능할 것이며, 교통분야에서 활용 가능성이 더 높아질 것으로 전망함
- 통신데이터는 점점 더 활용의 필요성이 높아지고 있는 자료이며, 향후 디지털 트윈에 연계된 교통 모델링 모듈에서 충분히 활용될 가능성이 큰 자료임
- 따라서 관련 연구는 교통분야의 데이터 활용 측면에서는 필요한 연구임

참고문헌 Reference

[국내문헌]

- 경기도(2019), 「경기도 공공디자인 가이드라인」
- 경기연구원·서울연구원·인천연구원(2022), 「2022년 수도권 여객 O/D 전수화 공동사업」.
- 국토교통부(2014), 「보행자 중심의 가로경관 가이드라인」
- 국토교통부(2021), 「보도 설치 및 관리지침」
- 국토교통부(2021), 「사람중심도로 설계지침」, 국토교통부 훈령 제1373호
- 국토교통부·행정안전부(2022), 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」
- 국토교통부(2024), 「사람중심도로 설계지침 해설」
- 변완희(2021), 「퓨처라마 모빌리티 혁명의 미래」, 서울: 크레파스북.
- 변완희·기호영·신도겸·박지은(2021), 「자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구」, 연구지원 2022-008호, 대전 : LH 토지주택연구원.
- 서울특별시(2017), 서울시 유니버설디자인 통합 가이드라인
- 서울특별시(2021), 서울시 공공디자인 체크리스트
- 서울특별시(2021), 공공디자인 체크리스트
- 신도겸·김태균·변완희·권오준(2023), 「자율주행시스템을 고려한 신도시 도로 네트워크 구축방안(I)」, 연구기획 2023-011호, 대전 : LH 토지주택연구원.
- 신도겸·김태균·신병훈·박지은·김영인·이민재(2024a), 「미래 모빌리티 혁신 대응을 위한 도시 인프라 도입 방향 연구」, 연구관리 2024-045호, 대전: 토지주택연구원.
- 신도겸·변완희·신병훈·박지은(2024b), 「신도시의 자율주행 전용차로 도입 효과와 설치 가능성 분석 연구」, 연구관리 2024-013호, 대전 : LH 토지주택연구원.
- 원재희·김병수·허성규·이병화(2023), 「혁신성장(모빌리티)」, 「신한 IntheStory」, 신한은행
- 윤덕근 (2023), 「자율주행시대 도로 인프라 변화 방향」, 자율주행 공청회 발표자료, 2023.11.07.
- 이삼수·문준경·윤병훈(2021), 「포스트 코로나19 시대의 도시재생 정책방향 연구」, 연구관리 2021-86, 대전: 토지주택연구원.

이삼수·이미홍·윤병훈·권영환(2024), 「도시 및 지역계획의 실현성 제고를 위한 생활 인구 개념의 적용방안 연구」, 연구관리 2024-06호, 대전: 토지주택연구원.

이창·유경상·김영란·민현석·박찬운·정상미·정윤주(2014), 「보행친화도시 만들기 가로 설계관리 매뉴얼의 기본방향」, 서울연구원.

충청남도(2017), 「내포신도시 가로경관 디자인 가이드라인」

한영준(2022), “자율주행시대, 도시의 변화와 서울의 대응”, 세미나 발표자료, (2022.12.01.)

Ciel Mobility(2024), “검단신도시 I-MOD/ MOU 운영현황”, 인터뷰 자료, (2024.07.14.).

SKT(), “SKT 통신데이터 테이블 정의서”

[국외문헌]

Arthur D. Little and Polis (2024), 「The Future of Mobility 5.0 : Changing gear in the journey toward sustainable mobility」, Report.

Ruosch, M., Vandrey, P.-F. and Maddalozzo, D.(2024), 「Mobility of the Future : Exploring Mobility Trends and Their Impact on the Insurance Business」, Deloitte.

McKinsey & Company(2023), Where does shared autonomous mobility go next?, NACTO(2019), 「Blueprint for Autonomous Urbanism」, 2nd ed.

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).

Simpson, C., Ataii, E., Kemp, E. and Zhang, Y.(2019), Mobility 2030 Transforming the mobility landscape, KPMG.

Heineke, K., Laverty, N., Möller, T. and Ziegler, F.(2023), “The future of mobility”, McKinsey Quarterly, Vol59(2), pp.76~89.

도쿄도시정비국(東京都都市整備局)(2022), 「自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方」

[온라인 자료 국내]

삼성증권 홈페이지, 2024.03.14. 읽음.

[온라인 자료 해외]

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