

성남금토지구의 자율주행자동차 주행 환경 요구사항 분석 및 운영 방안 연구

연구지원 2022-008호

성남금토지구의 자율주행자동차 주행 환경 요구사항 분석 및 운영 방안 연구

지은이 변완희 · 기호영 · 신도겸 · 박지은

발행인 이상일

발행처 한국토지주택공사 토지주택연구원

편 집 변완희 · 기호영 · 신도겸 · 박지은

주소 (우)305731 대전광역시 유성구 엑스포로 539번길 99

전화/전송 042) 866-8445 / 866-8547

전자우편 whbyun@lh.or.kr

홈페이지 <http://lhi.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.

연구지원 2022-008

성남금토지구의 자율주행자동차 주행 환경 요구사항 분석 및 운영 방안 연구

Requirements of External Driving Environment for Autonomous Vehicles
and Service Plans in Geumto District, Seongnam-si

참여연구진

연구총괄

변완희 LH 토지주택연구원 연구위원

공동연구진

기호영 LH 토지주택연구원 연구위원

신도겸 LH 토지주택연구원 책임연구원

박지은 LH 토지주택연구원 연구원

이연화 LH 공공택지사업처 차장

위탁용역(교통시뮬레이션 수행)

한밭대학교 산학협력단 도명식 교수

연구심의위원(가나다순)

김재환 (주)에이모 이사

김태균 LH 토지주택연구원 연구위원

남궁성 한국도로공사 선임연구위원

박기준 (주)이젠시스 대표이사

배우성 대구도시공사 처장

신희철 한국교통연구원 선임연구위원

안용준 대전세종연구원 연구위원

유재황 LH 공공택지사업처 부장

윤여환 한국건설기술연구원 선임연구위원

이영미 LH 대전충남본부 주거복지사업처 처장

이현주 LH 토지주택연구원 선임연구위원(심의위원장)

최석용 (주)래디우스랩 대표



연구 요약

□ 연구 개요

- 성남금토지구는 성남시 수정구 금토동 일원 약 58만㎡의 면적으로 2024년 7월 준공 예정으로 단독주택 94세대, 공동주택 3,577세대에 계획인구는 총 8,776인이며, 인접한 판교제2테크노밸리와는 통합형 가로망 체계로 구성되며, 판교 생활권 연계를 위한 대중교통체계를 계획하고 있음
- 한편, 성남금토지구는 뉴딜 시범도시 조성을 위해 LH는 경기도, 성남시, 경기도시개발공사와 협약을 체결하였고, 여기에는 ‘자율주행셔틀 운행 활성화’ 계획과 관련하여 다음과 같은 다양한 서비스를 계획하고 있음
 - 판교제2테크노밸리와 판교역을 연결하는 자율주행셔틀
 - 성남금토지구와 청계산입구역을 연결하는 자율주행셔틀
 - 판교신도시에 위치한 4개 중학교를 연결하는 수요응답형 자율주행 대중교통(이하, 자율주행 DRT(Demand Responsive Transport))¹⁾
- 이에 본 연구는 성남금토지구의 뉴딜 시범도시 조성 계획의 일환으로 계획 중인 자율주행셔틀 및 DRT 서비스를 위한 안전한 주행 환경과 운영 방안 제시를 목적으로 수행함
- 주요 연구 내용
 - 자율주행셔틀 및 DRT의 안전한 주행환경을 위한 요구사항을 도출함. 이를 위해 자율주행자동차의 기능적 요구사항을 도출하였고, 도로·교통 계획에 필요한 요구사항, C-ITS 및 정밀지도의 적용 여부 등을 검토함
 - 자율주행셔틀 및 DRT 운영 방안을 수립함. 이를 위해 자율주행셔틀 및 DRT 노선 선정, 정류소 위치, 배차간격, 차량 공급 계획, 서비스 운영체계로서 이해관계자 및 그 역할 등을 제시함

1) 2020년 제7회 공공주택통합심의회 위원회 권고사항

□ 주요 연구 결과

- 자율주행자동차의 안전주행에 필요한 요구사항 분석
 - 자율주행자동차에 대해서는 자율주행자동차의 형태, 정상 주행이 가능한 대기온도 조건, 기후 조건, 자율주행 기능의 작동 및 해제, 운전전환, 최고 속도, 차로 유지, 전방 감지, 차로 변경, 자동감속 및 정지, 앞차와의 간격 유지, 위험최소화 운행, 고장에 대한 대응, 자율주행 주행 기록, 사이버 보안, 도로 교통법 준수 등에 대한 요구사항을 제시함
 - 도로 및 교통 분야에 대한 요구사항으로는 교통안전표지의 확대, 교통신호기 설치 방안, 가로수 설치, 안전속도 5030에 따른 황색신호시간 조정, 차로폭 줄이기, 중앙분리대 설치, 자전거도로 설치 방안, 1차로 주정차 금지, QR코드 활용 방안 등을 제시함
 - C-ITS는 15개의 시스템을 검토하였고, 자율주행자동차의 운영 환경을 고려하여 불필요한 시스템은 제외함. 그 결과로써 교차로 위험경고 시스템, 신호 정보 연계 시스템, 보행자 충돌방지 경고 시스템을 제안함
 - 정밀지도에 대해서는 운전자 혹은 안전요원의 탑승, 자율주행자동차의 운행 노선이 짧고 동일하여 운행에 필요한 각종 정보는 학습으로 대체 가능하다고 판단함. 따라서 현 단계에서 정밀지도는 불필요하다고 판단함

[요약 표 1] 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 요구사항

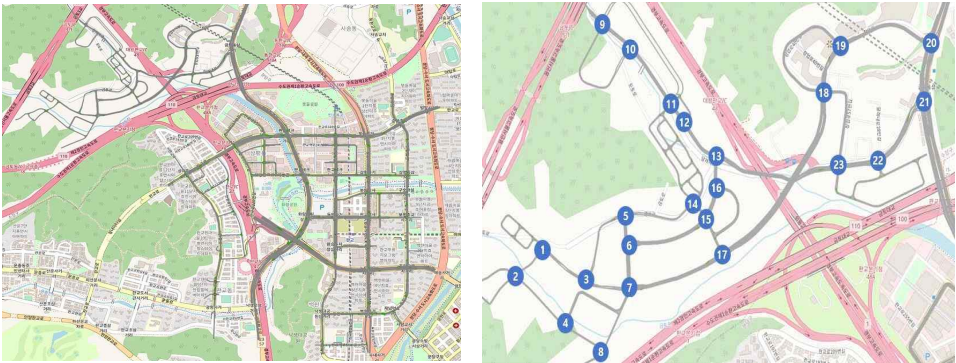
구분		요구사항	비고
자율주행자동차의 기능	자율주행자동차 형태	운전자 혹은 안전요원의 탑승한 A형 또는 B형 타입의 자율주행자동차	
	대기온도 조건	기온 -35도~45도에서 자율주행이 가능하여야 함	기상청 관측 최저 및 최고 기온 자료 * -32.6도(1981.1.5, 양평) * 41.0도(2018.8.1, 홍천)
	기후 조건	눈, 우박, 안개, 비 등의 열악한 기상상태에서도 자율주행이 가능하여야 함	
	자율주행 기능의 작동 및 해제	운전자는 언제든지 자율주행 기능을 작동 및 해제할 수 있어야 함	
	운전전환 요구	자율주행자동차는 자율주행이 어렵다고 판단될 경우, 운전자에게 운전조작을 요청하는 기능을 갖추어야 함	

구분		요구사항	비고
	최고 속도	자율주행으로 최고 (50km/h) 이상을 주행할 수 있어야 함	대상구간 제한속도 기준
	차로 유지	주행 차로 내에서 안정된 횡방향 위치를 유지하여야 함	
	전방 감지	전방 도로의 차량 및 도로시설 등을 정지 시거에 해당하는 거리 이전에 정확하게 감지하여야 함	- '부분 자율주행시스템의 안전기준' 적용 (50km/h → 17.9m, 30km/h → 7.5m) - 급정거 차량, 비보호좌회전 차량, 우회전 합류 차량, 역주행 차량, 신호위반 차량 및 보행자 감지 등 포함
	차로 변경	전방의 차량 및 도로시설을 피하거나, 좌·우 회전을 위해 인접 차로로 이동할 경우 안전하게 이동하여야 함	
	자동 감속 및 정지	전방의 차량 및 도로시설, 보행자와 충돌 위험 시 즉각 정지하여야 함	
	앞차와의 간격 유지	주행 시 앞 차와는 최소 안전거리 이상을 유지하여야 함 - 14km/h 이하 : 2m 이상 - 20km/h : 4m 이상 - 30km/h : 8m 이상 - 40km/h : 13m 이상 - 50km/h : 19m 이상	'부분 자율주행시스템의 안전기준'을 따름 최소 안전거리 산출 시 소수점 이하는 올림 처리함
	위험최소화 운행	운행에 따른 위험 발생 시 주행차로 내에서 감속 및 정차하거나 갓길 등으로 이동하는 등의 기능을 하여야 함	
	고장에 따른 대응	전자제어장치 등의 고장이 발생한 경우에도 안전한 주행이 가능하도록 자율주행시스템을 이중화하여야 함	
	자율주행 기록	자율주행자동차는 자율주행과 관련한 작동과 해제, 운전전환 요구, 교통사고, 위험상황, 고장 등을 자동으로 기록하여야 함	
	사이버 보안 기능	시스템 접근 권한에 대한 제한, 통신·저장 데이터의 암호화, 해킹 방어체계 계층화, 메시지에 대한 보안 인증 등 사이버 보안 기능을 갖추어야 함	
	도로교통법의 준수		도로교통법에서 운전자에게 요구하는 일체의 규정을 엄격하게 준수하여야 함
도로 및 교통 분야	교통 안전 표지	기본 요구사항	교통안전에 영향이 큰 교통안전 표지는 최대한 크기를 확대하여 설치하여야 함
		주의표지	화전교차로 표지, 횡단보도 표지, 어린이보호 표지 등은 반드시 설치하여야 함
		규제표지	앞지르기금지 표지, 주차금지 표지, 정차주차 금지 표지, 최저속도제한 표지 등은 반드시 설치하여야 함
		지시표지	횡단보도 표지는 반드시 설치하여야 함
		노면표지	주의표지, 규제표지, 지시표지 중에서 설치 필요성이 높은 표지들은 노면표시를 통해 강조하여야 함

구분		요구사항	비고
	교통신호기	딜레마존을 없애고, 시야에서 놓치지 않도록 교통신호기를 교차로 전후 지점 모두에 설치하여야 함	
	가로수	1안) 횡단보도 및 차량의 건물진출입로를 기준으로 정지시거 이내에는 가로수를 설치하지 않아야 함 2안) 횡단보도 및 차량의 건물진출입로를 기준으로 전방 감지 범위 이내에는 가로수를 설치하지 않아야 함	1안) '사람중심으로 설계지침 기준' 정지시거 적용 - 제한속도 30km/h : 30m - 제한속도 50km/h : 55m 2안) 전방 감지 범위 이내 - 제한속도 30km/h : 7.5m - 제한속도 50km/h : 17.9m
	안전속도 5030	판교신도시, 판교제1테크노밸리, 판교제2테크노밸리 등의 기존 교차로에 대해 황색신호 시간 내에 안전하고 편하게 통과할 수 있도록 황색신호시간 조정이 필요함	
	차로폭	자율주행자동차와 일반차량 간의 안정적인 교통흐름과 과속 방지를 위해 차로폭은 최소 기준을 적용하여야 함	- '사람중심으로 설계지침 기준' 차로폭 적용 설계속도 30km/h : 2.75m 설계속도 50km/h : 3.0m - 자율주행자동차의 운전 능력 고려할 때 2.75m의 적정 여부에 대해 면밀한 검토 필요
	중앙분리대	자율주행자동차의 주행 구간에는 중앙분리대를 요청하고 있으나, 대상으로 구간은 2차로, 4차로의 저속 구간이므로 무단횡단금지시설로 대체함	전문가 의견 필요
	차로수 변경 구간	차로수가 변경되는 구간에는 자율주행자동차의 이용 차로에 대한 가이드라인을 표시하여야 함	
	자전거도로	자전거도로 상의 자전거 거동 예측이 어렵고, 자전거도로의 연결성이 미흡하므로 차로 상의 자전거도로는 보행자전거검용도로로 대체하여야 함	
	1차로 주정차금지	원활한 교통소통을 위해 1차로 전체를 주정차 금지 구간으로 설정하여야 함	
	QR 코드(Quick Response Code)	이정표나 교통안전표지의 보조표지, 자율주행자동차가 정차하는 정류소의 특정 위치 지정, 공사 및 교통사고 등 실시간 정보 수집 등에 활용 가능	
C-ITS	교차로 위험경고 시스템	비보호좌회전, 신호위반 차량의 교차로 진입을 인지하고 경고하기 위한 안내 시스템 필요	13개의 다른 C-ITS는 본 대상으로 구간 적용에는 비효율적이고 효과가 낮아 제외함
	신호 정보 연계 시스템	자율주행자동차가 대형차량 등으로 신호를 확인하지 못할 경우를 대비한 교차로 신호 정보 안내 시스템 필요	
	보행자 충돌방지 경고 시스템	횡단보도 신호 위반 보행자 등에 대처하기 위해 보행자 인지 및 충돌방지 경고 시스템 필요	
정밀지도		본 대상으로 구간의 정밀지도는 불필요하다고 판단함	운전자 혹은 안전요원의 탑승, 자율주행자동차의 운행 노선이 짧고 동일하여 관련 정보를 학습으로 대체 가능

○ 교통시뮬레이션 구축 및 분석

- 성남금토지구에 입주가 완료된 2024년을 시점으로 자율주행셔틀과 DRT 서비스가 도입 되었을 때 도로 네트워크에 미치는 영향과 서비스 도입의 효과를 분석함
- 장래 예측과 이용자와 차량 등 개별 주체의 특징을 반영하기 위해 미시적 교통 시뮬레이션 활용함. 통행시간, 교통 정체, 신호현시 영향, 차선 변경 등에 따른 지체 등 교통 환경을 반영하였고, 이용자의 이용시간 및 위치 선택 등 이용자 특성을 반영함
- 시뮬레이션은 다양한 시나리오를 기반으로 자율주행셔틀 운영을 위한 최적 노선, 적정 차량 종류(승차인원 기반), 차량 공급 규모(Fleet Size), 배차 간격, 차량 당 재차인원, 1일 수송량, 비교 대상 교통수단 대비 효과(OD 간 통행 시간), 자율주행셔틀 운행 시 통행속도, 통행시간, 지체수준 등을 분석함
- 시뮬레이션 분석결과는 자율주행 서비스 운영 방안에 적용함



[요약 그림 1] 시뮬레이션을 위한 대상 도로 네트워크 및 교차로

○ 서비스 노선의 결정

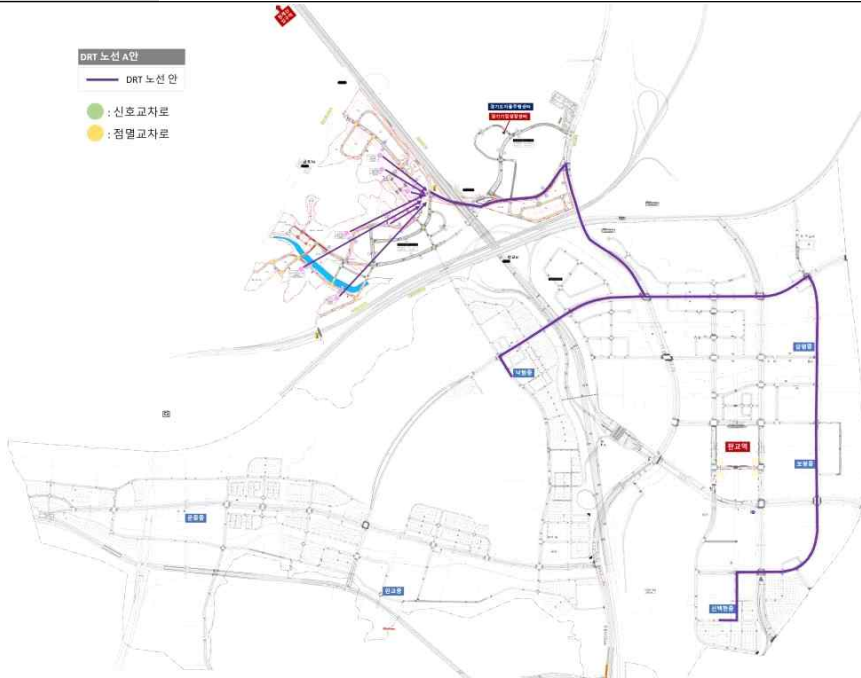
- 자율주행셔틀의 노선 결정은 지역 연결성, 광역교통 연결성, 이용자 통합서비스, 편의성 등을 고려하였고, 아래와 같은 이유로 대안 B안으로 선정함
- 다수의 환승 지점을 제공하여 이동 편리성이 우수함
- 환승거점 제공 및 회차가 가능한 공간 구성으로 운영 효율성 우수
- 성남금토지구 북측에 있는 청계산입구역으로 연결되는 노선이 성남금토지구 내부를 관통하여 판교역으로 연결이 가능함으로써 노선 연결성 우수

[요약 표 2] 자율주행DRT 선정 노선과 특징



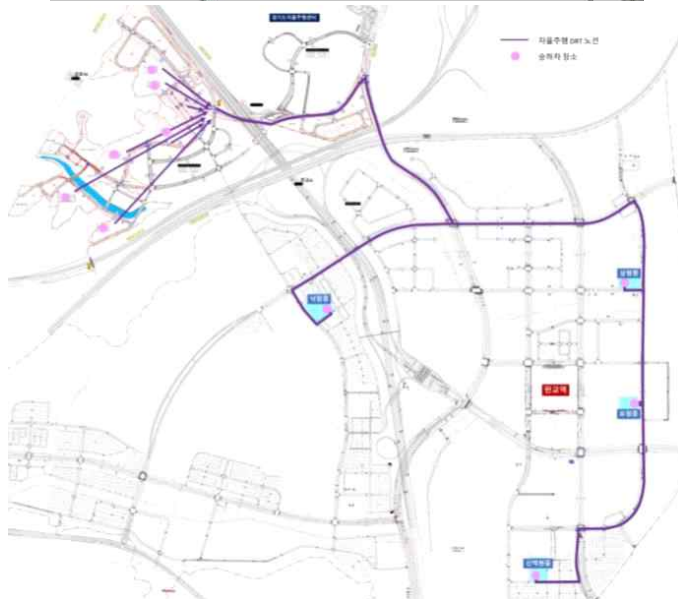
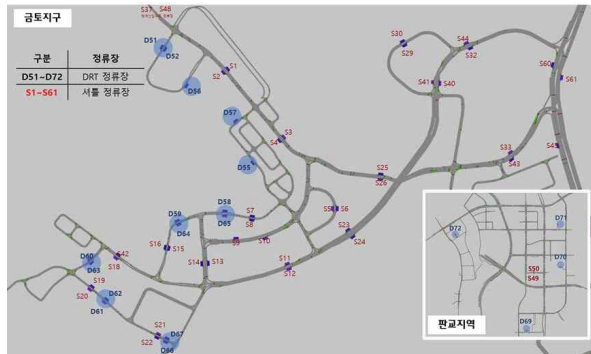
- DRT 서비스 노선은 중학생의 통학 안전, 이동 편의, 일반차량과의 조화 등을 고려하여 선정함. 다만 DRT 서비스는 원칙적으로 고정 노선이 아닌 교통 상황에 따라 운행 단계에서 최적 노선을 선정하는 것이 원칙이므로, 자율주행서비스가 초기 단계인 점과 중학생 대상 서비스임을 고려하여 노선을 결정함

[요약 표 3] DRT 노선 안과 특징

DRT 노선 안	
	
특징	
	• 고속도로에 의해 지리적으로 분리된 중학교를 그룹으로 묶어 서비스를 제공하여 시간 손실 최소화 • 어린이 보호구역 중심의 노선을 통해 안전 확보와 차량 흐름 방해 최소화 • 차선변경 최소화

○ 정류장 위치 선정

- 자율주행셔틀의 정류장 확보 및 이용자의 환승 편의를 위해서는 기존 버스 정류장을 함께 사용하는 것이 바람직하다고 판단함. 다만, 현행 자율주행자동차의 운전 능력을 고려할 때 정류장 내 전용 승하차 공간을 별도로 제공할 필요가 있다고 판단함
- 자율주행DRT의 정류장 위치는 중학생의 안전한 승하차와 승하차 전후의 이동 거리 최소화를 목표로 함. 따라서 승하차 지점을 주거지역 내 안전 구역과 학교 내 구역으로 선정함



[요약 그림 2] 자율주행셔틀 및 DRT 정류장 위치

○ 수단분담율, 배차간격, 공급대수의 결정

- 자율주행셔틀 노선은 3개의 세부 노선으로 구분되는데 세부노선1은 분담률 5%에 25인승 차량 2대, 15분 간격, 노선2는 분담률 10%에 12인승 차량 2대, 30분 간격, 세부노선 3은 분담률 10%에 12인승 차량 2대, 15분 간격이 적정하다고 판단함

[요약 표 4] 자율주행셔틀 운영 분석 종합

분담률	구분	세부노선1 (금토지구 내)		세부노선2 (청계산입구역)		세부노선3 (판교역)	
5%	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	96인		8인		21인	
	운행시간	21	25	32	32	25	25
	배차간격(분)	8	15	60	60	30	60
	차량 필요대수	4	2	1	1	1	1
10%	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	191인		16인		42인	
	운행시간	21	22	33	33	21	27
	배차간격(분)	4	8	30	60	15	30
	차량 필요대수	8	4	2	1	2	1

- 자율주행DRT 서비스 분석 결과 수단분담률 20~60% 까지는 필요차량 대수가 큰 차이가 없는 것으로 분석됨. 5인승 차량 10대를 활용하여 양방향으로 서비스를 하는 것이 적합하고, 전체적인 수단분담률 목표는 60%로 설정하는 것이 적합하다고 판단함. 신백현중 방향은 분담률 60%에 5인승 차량 6대 공급, 낙원중 방향은 분담률 100%에 5인승 차량 4대 공급이 적정하다고 판단함

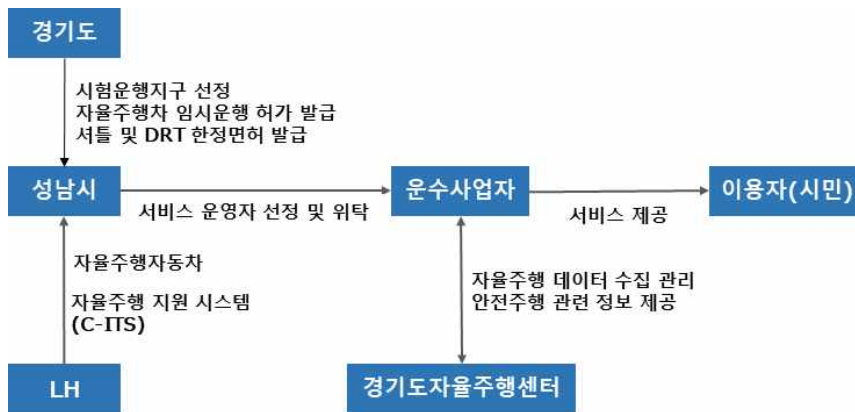
[요약 표 5] 자율주행DRT 운영 분석 종합

분담률	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원
100%	80	13대	3.2	6대	4.7	34	4대	2.3	4대	2.3
80%	64	10대	3.0	6대	3.8	28	4대	2.0	4대	2.0
60%	48	6대	3.2	6대	3.2	20	4대	1.8	4대	1.8
40%	32	6대	2.1	6대	2.1	14	4대	1.3	4대	1.3
20%	16	6대	1.5	6대	1.5	7	4대	1.0	4대	0.9

* 공급차량 분담률에 의해 최종 결정되며, 이는 입주 후 중학생 이용수요의 면밀한 조사 후 결정 필요

○ 운영체제

- 운영체제는 셔틀 및 DRT 모두 수요응답형 운수사업자로 하는 것이 가장 합리적인 방법이라고 판단함
- 서비스 운영체제는 [요약 그림 3]과 같고, 이해관계자들의 역할은 다음과 같음
 - LH는 자율주행자동차 및 C-ITS 시스템을 제공하며, 안전주행에 필요한 도로 교통 환경을 조성
 - 경기도는 시험운행지구로 신청하고 자율주행자동차 임시운행 허가 발급 등의 역할을 수행
 - 성남시는 수요응답형 서비스 사업자를 공모하여 선정하는 역할을 수행
 - 경기도자율주행센터는 자율주행서비스를 모니터링하고 운행 관련 정보를 운수사업자에게 제공
 - 수요응답형 운수사업자는 시민을 위한 셔틀 및 DRT 서비스를 제공



[요약 그림 3] 수요응답형 운수사업 방식의 운영 방안

주제어 뉴딜사범도시, 성남금토지구, 자율주행서비스, 마이크로시뮬레이션

차 례

제1장 서론	3
1. 연구의 배경 및 목적	3
1.1. 연구 배경	3
1.2. 연구 목적	4
2. 연구의 범위 및 연구 수행 방법	4
2.1. 연구의 범위	4
2.2. 주요 연구 내용	6
2.3. 연구 수행 방법	8
제2장 자율주행서비스 대상지구 현황	15
1. 자율주행서비스 대상지구의 공간적 범위	15
2. 성남금토지구	17
2.1. 위치	17
2.2. 토지이용계획	18
2.3. 인구·주택 계획	19
2.4. 도로 계획	20
2.5. 대중교통 운영 계획	22
3. 판교제2테크노밸리	23
3.1. 위치	23
3.2. 도로 계획	24
3.3. 대중교통 운영 계획	25
4. 판교제1테크노밸리	26
4.1. 위치	26
4.2. 도로 현황	27
4.3. 대중교통 운영 현황	28

5. 판교신도시(판교역 주변)	29
5.1. 위치	29
5.2. 도로 현황	30
5.3. 대중교통 운영 현황	31
6. 청계산입구역	32
6.1. 위치	32
6.2. 도로 현황	32
6.3. 대중교통 운영 계획	33

제3장 자율주행자동차 관련 정책 및 실증사례 37

1. 자율주행자동차의 정의 및 기술 단계	37
1.1. 자율주행자동차의 정의	37
1.2. 자율주행자동차의 기술 구성	37
1.3. 자율주행자동차의 기술 단계	38
2. 자율주행자동차 관련 정책 및 제도	42
2.1. 자율주행 관련 정책	42
2.2. 자율주행 시범운행지구 관련 제도	46
3. 자율주행자동차 실증 사례	47
3.1. 자율주행시범운행지구 사례	47
3.2. 자율주행셔틀 실증 사례	56

제4장 자율주행자동차 안전주행을 위한 요구사항 분석 77

1. 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 계획 기본 방향	77
1.1. 요구사항 검토 분야 및 범위	77
1.2. 계획 및 설계의 기본 방향	78
2. 자율주행자동차의 기능적 요구사항 분석	80
2.1. 국내 관련 규정의 검토	80
2.2. 국외 자율주행 안전 규정	90
2.3. 테슬라의 오토파일럿과 FSD	93

2.4. 본 사업의 자율주행 기능 요구사항	95
3. 도로 및 교통 부문의 요구사항	96
3.1. 자율주행자동차의 안전 주행에 영향을 주는 도로 및 교통 요인	96
3.2. 도로 및 교통 부문의 요구사항	97
4. C-ITS	112
4.1. C-ITS란	112
5. 정밀지도(High Definition Driving Map)	118
5.1. 일반적인 정밀지도의 필요성	118
5.2. 본 대상도로 구간에서의 정밀지도의 필요성 검토	119
6. 요구사항 종합	121

제5장 교통시뮬레이션 구축 및 분석 127

1. 분석 개요	127
2. 시뮬레이션 환경 구축	129
2.1. 도로 네트워크 구성	129
2.2. 입력 교통량	130
2.3. 신호 현시	134
2.4. 주요 차량 제어변수(Parameters) 설정	139
2.5. 비교군 설정	140
2.6. 분석지표	143
3. 분석 시나리오 구성	144
3.1. 시나리오 구성 개요	144
3.2. 이용수요 예측	144
3.3. 대안 노선 선정	148
3.4. 정류장 위치	150
3.5. 운행 시나리오	151
3.6. DRT 서비스 호출 시나리오	153
4. 분석 결과	155
4.1. 자율주행서틀	155

4.2. 자율주행DRT	161
제6장 자율주행서비스 운영 방안	171
1. 운영 방안 수립을 위한 주요 검토 사항	171
2. 자율주행 서비스 노선	173
3. 정류장의 위치	180
4. 배차간격 및 차량 공급대수	183
5. 서비스 운영 방안	186
제7장 결 론	195
1. 연구 결과	195
2. 향후 연구 방향	198
참 고 문 헌	203



표 차례

[표 1-1] 자율주행자동차 도입에 따른 도로 설계와 모델링 관련 선행 연구	8
[표 2-1] 성남금토지구 토지이용계획	18
[표 2-2] 성남금토지구 인구 · 주택 계획	19
[표 2-3] 성남금토지구 도로 계획	20
[표 3-1] 시범운행지구별 범위 및 도입 예정 서비스 현황	47
[표 3-2] 여객화물 운송 허가 대수	48
[표 3-3] 광주 무인 저속 특장차 규제자유특구 혁신사업 주요 내용	52
[표 3-4] 경기도 판교제로시티 자율주행자동차 시범운행지구 서비스(안)	55
[표 4-1] 미국의 자율주행 안전 가이드라인	90
[표 4-2] 일본의 자율주행 안전 가이드라인	92
[표 4-3] 교통안전표지의 크기 확대 비율	97
[표 4-4] 사람중심으로 설계지침에서의 설계속도와 최소 정지시거	101
[표 4-5] 제한속도와 교차로폭에 따른 황색신호시간	104
[표 4-6] 설계속도와 최소 차로폭 기준	105
[표 4-7] 설계속도와 최소 차로폭 기준II	106
[표 4-8] 대상도로 구간에 대한 C-ITS의 적용 검토	114
[표 4-9] 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 요구사항 종합	121
[표 5-1] 교통 시뮬레이션 수행 내용 요약	128
[표 5-2] 성남금토지구와 인근의 주요 가로 구간 교통량(양방향)	131
[표 5-3] 판교 지역 주요 가로 구간 교통량(양방향)	133
[표 5-4] 성남금토지구 내 교차로 신호현시	134
[표 5-5] 판교지역 신호현시	136
[표 5-6] 자율주행자동차와 일반차량의 차량 제어변수(파라미터) 값	139
[표 5-7] 비교 노선별 현재 이동시간(비첨두시간 기준)	140

[표 5-8] 중학교별 현재 이동시간	142
[표 5-9] 총 버스 이용수요와 방향 통행 수요 예측	145
[표 5-10] 주거단지별 중학생 수요 예측	147
[표 5-11] 대안 노선 안(A,B,C) 별 세부노선 구성 및 특징	148
[표 5-12] DRT 가이드 노선 안 및 특징	149
[표 5-13] 자율주행셔틀 서비스 분석 시나리오	151
[표 5-14] 중학교 배정 시나리오	152
[표 5-15] 자율주행DRT 서비스 분석 시나리오	153
[표 5-16] DRT 서비스 요청 무작위(랜덤) 발생 예시	154
[표 5-17] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 A)	156
[표 5-18] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 B)	156
[표 5-19] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 C)	157
[표 5-20] 계획 노선과 기존 노선 통행시간 비교	157
[표 5-21] 자율주행셔틀 서비스 도입 전·후의 도로 네트워크 주요 지표 변화 ..	158
[표 5-22] 자율주행셔틀 서비스 도입 전·후의 교차로 평균 지체시간 비교 ..	160
[표 5-23] 자율주행DRT 운영 분석 종합	161
[표 5-24] 분담률 100%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석	162
[표 5-25] 분담률 80%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석	163
[표 5-26] 분담률 60%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석	164
[표 5-27] 분담률 40%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석	165
[표 5-28] 분담률 20%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석	166
[표 5-29] 자율주행DRT와 기존 버스 서비스 비교	167
[표 6-1] 자율주행셔틀 노선 설정 방향과 방안	173
[표 6-2] 자율주행셔틀 노선 설정 방향과 방안	174
[표 6-3] 노선 안 A의 세부노선 구성과 장단점 비교	175
[표 6-4] 노선 안 B의 세부노선 구성과 장단점 비교	176
[표 6-5] 노선 안 C의 세부노선 구성과 장단점 비교	177
[표 6-6] 노선 대안별 특성 비교	178

[표 6-7] DRT 노선 안	179
[표 6-8] 자율주행셔틀 운영 분석 종합 (대안 B)	183
[표 6-9] 자율주행DRT 운영 분석 종합	184
[표 6-10] 자율주행DRT 운영 분석 종합(셔틀형)	185
[표 6-11] 노선 여객자동차와 수요응답형 여객자동차의 차이	186



그림 차례

[그림 1-1] 성남금토자구의 뉴딜 시범도시 추진계획(안)	3
[그림 1-2] 자율주행셔틀 및 DRT 서비스에 대한 공간적 범위	5
[그림 1-3] 연구 흐름도	8
[그림 2-1] 자율주행서비스 대상지구 위치	16
[그림 2-2] 성남금토지구 위치	17
[그림 2-3] 성남금토지구 토지이용계획	18
[그림 2-4] 성남금토지구 주택 계획	19
[그림 2-5] 도로운영 계획	20
[그림 2-6] 성남금토자구의 대표적인 도로 횡단면	21
[그림 2-7] 대중교통계획	22
[그림 2-8] 판교제2테크노밸리 위치	23
[그림 2-9] 판교제2테크노밸리 도로 횡단면도 및 예시	24
[그림 2-10] 대중교통계획	25
[그림 2-11] 판교제1테크노밸리 위치	26
[그림 2-12] 판교제1테크노밸리 도로 현황	27
[그림 2-13] 판교제1테크노밸리 버스 정류장 현황	28
[그림 2-14] 판교역 및 주변 중학교 위치	29
[그림 2-15] 판교신도시 도로 현황	30
[그림 2-16] 판교 신도시 버스 정류장 현황	31
[그림 2-17] 달래내로(성남금토지구↔청계산입구역) 도로 현황	32
[그림 3-1] 자율주행자동차의 기술 구성	38
[그림 3-2] 자율주행자동차 6단계	41
[그림 3-3] 자율주행기반 대중교통시스템 실증	45
[그림 3-4] 상암 자율주행자동차 시범운행지구	48

[그림 3-5] 세종 자율주행자동차 시범운행지구 지형도	49
[그림 3-6] 세종 자율주행자동차 시범운행지구 범위	50
[그림 3-7] 광주광역시 자율주행자동차 시범운행지구	51
[그림 3-8] 대구 자율주행자동차 시범운행지구	52
[그림 3-9] 상암 자율주행자동차 시범운행지구 지형도	54
[그림 3-10] 판교 자율주행자동차 시범운행지구 노선	55
[그림 3-11] 국내 자율주행 실증 지역	56
[그림 3-12] 판교 제로셔틀 및 운행노선	57
[그림 3-13] 서울 상암 자율주행서비스 활용 자율주행자동차	58
[그림 3-14] 대구시 자율주행셔틀	59
[그림 3-15] 대구 수성 알파시티 자율주행 운행구간 및 운영방법	59
[그림 3-16] 세종중앙공원 자율주행셔틀 및 운행노선	60
[그림 3-17] 세종시 자율주행버스	61
[그림 3-18] 세종시 자율주행택시 및 정류장	61
[그림 3-19] 제주 쏘카-라이드플러스 자율주행 셔틀	62
[그림 3-20] 오이도역-배곧동 수요응답형 자율주행 심야셔틀 노선 계획안	63
[그림 3-21] 자율주행자동차 실험도시 화성 K-City	64
[그림 3-22] 군산 해양관광형 자율주행셔틀	65
[그림 3-23] May Mobility의 자율주행셔틀	66
[그림 3-24] 웨이모 원 택시 차량(왼쪽) 및 앱서비스(오른쪽)	67
[그림 3-25] 독일 바트 비른바흐 자율주행 미니버스	67
[그림 3-26] 스위스 시온(Sion) Postbus Smartshuttle	68
[그림 3-27] 스웨덴 스톡홀름 자율주행 버스 차량 및 버스 정류장 표지판	69
[그림 3-28] 네덜란드 자율주행 버스 정류장 및 자율주행 차량	70
[그림 3-29] 일본 군마현 마에바시 자율주행버스	70
[그림 3-30] 일본 하네다 공항에서 시연한 '하노 판조 차량(좌) 및 시연 인프라 구축(우) ·	71
[그림 3-31] SB드라이브 자율주행셔틀	71
[그림 3-32] 닛산과 DeNA의 이지 라이드(Easy Ride) 차량	72

[그림 3-33] 중국 하이톈구 인공지능 공원의 자율주행 미니버스 아폴론	73
[그림 4-1] 횡단보도 표지의 확대 예시	98
[그림 4-2] 주의표지	98
[그림 4-3] 규제표지	99
[그림 4-4] 교통신호기 교차로 진입 전 후 지점 설치 예시	100
[그림 4-5] 횡단보도 주변의 시야 개방	102
[그림 4-6] 대상 지역 도로 계획	104
[그림 4-7] 대상 도로 구간의 횡단면도	105
[그림 4-8] 무단횡단 금지시설 예시	107
[그림 4-9] 자전거도로로 구간 예시	108
[그림 4-10] 차로 수 변경 구간	108
[그림 4-11] 대상도로 편도 1차로 구간 예시	109
[그림 4-12] 차로 수 변경 구간시야 개방된 교차로	110
[그림 4-13] 도로 이정표의 보조표지로서 QR 코드 사용 예시	111
[그림 4-14] C-ITS 필요성	112
[그림 4-15] C-ITS 15개 안전서비스	113
[그림 4-16] 교차로 신호위반 위험 경고 시스템	115
[그림 4-17] 보행자 충돌방지 경고 시스템	116
[그림 4-18] 신호정보 연계 시스템	117
[그림 4-19] 정밀지도 개념도	119
[그림 5-1] 대상지 도로 네트워크	129
[그림 5-2] 버스 네트워크 구축 예시	130
[그림 5-3] 금토지구와 제2테크노밸리 내 네트워크와 교차로 위치	131
[그림 5-4] 판교지역 네트워크와 교차로 위치	132
[그림 5-5] 누리2 버스 노선도	141
[그림 5-6] 서울 4432 지선버스 노선도	141
[그림 5-7] 자율주행DRT 서비스 비교 노선	142
[그림 5-8] 목적통행의 지역별 통행분포 비율	146

[그림 5-9] 자율주행셔틀과 DRT 정류장 위치	150
[그림 5-10] 버스 이용 중학생의 등교 분포	153
[그림 5-11] 지체수준 분석을 위한 교차로 위치	159
[그림 6-1] 자율주행셔틀 정류장 예시	180
[그림 6-2] 자율주행셔틀 정류장 위치도	180
[그림 6-3] 아파트 단지 앞 승하차 Zone 예시	181
[그림 6-4] 중학교 내 승하차 Zone 예시	181
[그림 6-5] 자율주행DRT 정류장 위치도	182
[그림 6-6] 대안1 : 경기도 자율주행센터에서 운영하는 방안	189
[그림 6-7] 대안2 : 성남시가 운수사업자를 선정하여 운영하는 방안	192

제1장 서론

LAND
INSTITUTIONS
AND
LAND
INSTITUTIONS
LAND
INSTITUTIONS
LAND
INSTITUTIONS

&

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1.1. 연구 배경

- 성남금토지구는 성남시 수정구 금토동 일원 약 58만㎡의 면적으로 2024년 7월 준공 예정임
 - 단독주택 94세대, 공동주택 3,577세대에 계획인구는 총 8,776인
 - 인접한 판교제2테크노밸리와는 통합형 가로망 체계로 구성되며, 판교 생활권 연계를 위한 대중교통체계를 계획하고 있음
- 2020년 12월 8일, 성남금토지구의 뉴딜 시범도시 조성을 위해 LH는 경기도, 성남시, 경기도시개발공사와 협약을 체결하였음
 - 협약 이후, 다음과 같은 뉴딜 시범도시 추진계획(안)을 수립함

디지털 뉴딜 똑똑한 도시	그린 뉴딜 그린 도시	휴먼 뉴딜 포용의 도시	일자리 창출 활력의 도시
- 자율주행서를 운행 활성화 - DNA 및 바편산업 육성 - 디지털 트윈 구축 - C-ITS, 공공 Wi-Fi 구축	- 퍼스널모빌리티 활성화 - 제로에너지 도시 - 그린커튼 - 그린 스마트 스쿨	- 시민참여 혁신 플랫폼 - 공유오피스, 공유교통 - 캠퍼스형 오픈 공간 - 문화 쇼케이스	- 지속가능한 기업 생태계 - 스타트업 지원 - 청년 창업공간 제공 - 일자리 연계주택

[그림 1-1] 성남금토지구의 뉴딜 시범도시 추진계획(안)

- 뉴딜 시범도시 추진계획의 하나인 ‘자율주행서를 운행 활성화’ 계획과 관련하여 다음과 같은 다양한 서비스를 계획함
 - 판교제2테크노밸리와 판교역을 연결하는 자율주행서를
 - 성남금토지구와 청계산입구역을 연결하는 자율주행서를
 - 판교신도시에 위치한 4개 중학교를 연결하는 수요응답형 자율주행 대중교통(이하, 자율주행 DRT(Demand Responsive Transport))²⁾

- 자율주행서비스를 위해서는 자율주행자동차의 성능은 물론, 도로·교통, C-ITS, 정밀지도 등에 대한 요구사항 분석이 필요함
 - 자율주행자동차에 대한 사회적 수용성이 높지 않고, 기술적·법제도적 환경이 완전하지 않은 점을 고려한 시대적 상황 반영이 필요함
 - 자율주행자동차와 일반차량의 갈등을 최소화하고, 상호 안전 운전이 가능한 도로·교통 계획, C-ITS, 정밀지도에 대한 검토가 필요함
- 한편, 자율주행 서비스 운영을 위해서는 노선 선정, 자율주행 서비스의 교통수단분담률 목표, 배차간격 및 자율주행자동차 공급대수, 정류장의 위치, 서비스 이용 방법 등에 대한 운영 방안 마련이 필요함

1.2. 연구 목적

- 자율주행셔틀 및 DRT 서비스를 위한 안전한 주행 환경과 운영 모델을 제시함으로써 성남금토지구의 뉴딜 시범도시 성공과 시민 이동 편의 증진
- 대중교통 지위를 갖는 국내 최초의 자율주행 서비스 실현

2. 연구의 범위 및 연구 수행 방법

2.1. 연구의 범위

1) 시간적 범위

- 성남금토지구의 자율주행자동차 서비스 개시는 2024년을 목표로 함
- 자율주행자동차의 주행 능력 및 성능은 2024년 이후를 기준으로 적용함
- 도로 체계 및 대중교통 체계는 교통영향평가보고서의 분석년도를 기준으로 적용함

2) 2020년 제7회 공공주택통합심의회 위원회 권고사항

- 판교제1테크노밸리와 판교역이 포함되어 있는 판교신도시는 준공이후 오랜 시간이 경과하여 인터넷 지도 및 항공사진, 현장조사로 대체함

2) 공간적 범위

- 자율주행셔틀 서비스는 성남금토지구, 판교제2테크노밸리, 판교제1테크노밸리, 판교역, 청계산입구역을 연결하는 지역을 대상으로 함
- 자율주행DRT 서비스는 판교에 위치한 4개 중학교를 연결하는 지역을 대상으로 함
- 서비스 대상 지역에 대해 도로·교통조사 및 시뮬레이션 분석을 수행함
 - 자율주행셔틀 및 DRT의 서비스 시종점은 성남금토지구이며, 이용수요는 성남금토지구를 중심으로 발생한다고 가정함
 - 이용수요 추정을 위해 성남금토지구에 대한 인구, 주택, 토지이용 등 분석을 수행함



[그림 1-2] 자율주행셔틀 및 DRT 서비스에 대한 공간적 범위

2.2. 주요 연구 내용

□ 자율주행서틀 및 DRT의 안전한 주행환경을 위한 요구사항 도출

- 일반차량과의 충돌, 추돌, 보행자 사고 방지 등에 필요한 자율주행자동차의 요구사항을 도출
 - 본 사업에 적용할 자율주행자동차의 기능과 관련하여 「자율주행자동차의 안전운행 요건 및 시험 운행 등에 관한 규정」³⁾, 「자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙」, 「자율주행자동차 제작 안전 가이드라인」⁴⁾, 미국, 독일, 일본 등 국내외 규정을 살펴 적정 기능을 도출
- 도로·교통 계획에 필요한 요구사항 도출
 - 자율주행자동차의 안전 주행에 필요한 도로·교통 시설의 요구사항 도출
 - 주요 검토 사항은 교통안전표지, 교통신호기, 가로수, 차로폭, 레인밸런스(Lane balance), 야간시인성, 자전거도로, 주정차금지 요건, 교차로 시야개방 등이며, 관련 자료 및 전문가 자문을 통해 요구사항 도출
- C-ITS 중에서 도입이 필요한 서비스를 검토
 - C-ITS를 구성하는 15개 기본 시스템 중에서 도입이 필요한 서비스 도출
 - 다만, 초기에는 자율주행자동차 운행대수가 미미하고, 운전자 혹은 안전요원이 탑승하므로 안전을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 서비스 적용을 원칙으로 함
- 정밀지도의 적용 여부를 검토
 - 정밀지도는 자율주행자동차의 위치, 도로 시설에 대한 상세 정보, 교통 정보 등을 통해 안전한 주행환경을 지원
 - 다만, 자율주행자동차가 운행할 본 사업 구간의 대상으로 구간이 짧고, 동일 노선을 반복 운행하는 셔틀과 DRT이며, 운전자 혹은 안전요원이 탑승하므로 필요성 및 구축/유지관리 등 다양한 요건을 검토하여 결정

3) 자율주행자동차의 안전운행 요건 및 시험 운행 등에 관한 규정(국토교통부고시, 2018.4.9 시행)

4) 레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인, 국토교통부, 2020.12

□ 자율주행셔틀 및 DRT 운영 방안 수립

- 자율주행셔틀 및 DRT 노선 선정
 - 자율주행셔틀은 성남금토지구를 중심으로 판교제2테크노밸리, 청계산 입구역, 판교역을 연결하는 노선 제시
 - 자율주행 DRT는 성남금토지구로부터 판교신도시에 위치한 4개 중학교를 연결하는 노선 제시
 - 노선 선정은 도로 요건, 이용자 접근성 및 통행시간 등을 고려
 - 자율주행셔틀 및 DRT의 정류소는 최대한 대중교통 정류소를 이용하되, 불가피한 경우 별도의 전용 정류장 위치 고려
- 자율주행셔틀 및 DRT의 배차간격, 차량 공급 계획 수립
 - 이용수요와 통행분담률 등을 고려하여 배차간격과 공급대수를 결정
 - ◆ 자율주행DRT는 배차간격이 아닌 수요에 대응하는 방식으로 통행 분담률에 따른 공급대수 안을 제시
 - 다양한 시나리오를 통해 교통 시뮬레이션을 수행하고, 합리적인 배차 간격과 공급대수를 결정
- 서비스 운영 방식
 - 자율주행셔틀 및 DRT는 성남금토지구 및 그 일대의 통합적인 대중교통 체계 내에서 운영되도록 검토
 - 본 연구에서는 서비스와 관련한 이해관계자 및 그 역할을 검토하고, 최적의 서비스 운영 방식을 제시

□ 연구 내용에 포함되지 않는 사항

- 본 사업 서비스는 2024년 이후 시행될 예정으로 시기적으로 불필요하다고 판단되는 자율주행자동차 차종(제조사, 비용 포함), 법제도 개정, 경제성 분석(재무 분석 포함) 등에 대한 사항은 연구 범위에서 제외함

2.3. 연구 수행 방법

대상지구 현황	- 성남금토지구 및 주변지역현황 검토 ✓ 토지이용계획, 주택 및 인구계획, 도로 계획, 신호체계, 대중교통 및 정류장 현황 등	교통영향평가서 검토 현장조사/항공지도
자율주행 실증 사례 및 관련 제도 검토	- 자율주행자동차실증 사례 조사 ✓ 국토부 지정 시범운영지구, 지자체 수행 실증 사례 검토 - 자율주행자동차 관련 국내/외 관련 규정 검토	관련 선행연구 검토 국내/외 규정 검토 실증사례 검토 전문가 자문
안전한 주행환경 요구사항 분석	- 자율주행자동차의 안전한 주행환경을 위한 요구사항 도출 ✓ 자율주행자동차 기능, 도로교통 부문, C-ITS, 정밀지도 등	실증사례 검토 관련 규정 검토 C-ITS 시스템 검토 기술동향 조사 전문가 자문
교통시뮬레이션	- 자율주행셔틀 및 DRT 서비스 운영 시뮬레이션 ✓ 도로 및 주변 도로 네트워크의 교통류 영향 분석 ✓ 이용수요 및 통행분담율에 따른 배차간격, 공급대수 산출	교통영향평가서 검토 현장조사/항공지도 검토 입주민 특성조사 VISSIM 분석
운영 방안 수립	- 자율주행셔틀 및 DRT 운영 방안 수립 ✓ 노선 선정, 배차간격, 공급대수, 운영방식, 정류장 위치 등 ✓ 서비스 운영방안 제시	정부, 지자체 협의 실무자 협의 전문가 자문

[그림 1-3] 연구 흐름도

1) 선행 연구 검토

- 자율주행자동차 관련 선행 연구 검토를 통해 자율주행셔틀 및 DRT 서비스에 대한 요구사항 분석 수행
- 자율주행자동차를 위한 도로 설계 환경 및 모델링과 관련하여 [표 1-1]과 같이 선행연구 검토

[표 1-1] 자율주행자동차 도입에 따른 도로 설계와 모델링 관련 선행 연구(예시)

구분	선행 연구	주요 연구 방법	연구 대상	주요 연구 내용
자율주행 자동차를 위한	김광호 외 (2018)	문헌 조사	국내 도로	자율주행에 대비한 도로 설계·계획분야 요구 사항 도출

구분	선행 연구	주요 연구 방법	연구 대상	주요 연구 내용
도로환경	김형수 외 (2019)	문헌연구, 센서 데이터 수집 및 분석	국내 도로	자율주행자동차 운행 시 핸드캡 상황을 정의하고, ODD 환경 정의
	탁세현 외 (2019)	실차 주행 자료 및 시뮬레이션 모델링	국내 고속도로	고속도로의 자율주행자동차 운행 적합도 산출
	Carreras et al. (2018)	현장 실험	스페인 Girona 인근 고속도로	프로젝트 실험 결과 제시
	Aryal (2020)	문헌조사 및 Case study	스웨덴 도로	도로선형, 구배, 시야각, 도로폭 등에 자율주행자동차 운행시 고려해야하는 도로설계 기준 검토
	Wanng & Yu(2019)	시뮬레이션 모델링	중국 고속도로	설계 속도의 증가 및 정지거리 감소 확인
수요응답형 서비스	Martinez & Viegas (2017)	Agent-Based Model	포르투갈 리스본 도시	SAV에 의한 수단 분담 변화율 분석 - S-Taxi(3인승)와 택시버스(8~16인승)의 수단 분담률이 최대 58%
	Fagnant and Kockelman (2014)	Agent-Based Model	미국 가상도시	SAV 차량 1대가 시간당 2~2.7명 서비스 가능

2) 자율주행자동차 관련 정책 및 실증사례 검토

- 국내 관련 규정으로는 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정», 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙», 「레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인」 등을 검토하였으며, 이외에도 「도로교통법», 「사람중심으로 설계지침」 등을 중점적으로 검토함
- 국외 관련 규정으로는 미국 NHTSA의 「Automated Driving Systems 2.0: A vision for Safety」와 USDOT and White House Office of Science and Technology Policy의 「Ensuring American

Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0], 독일의 「Road Traffic Act Amendment for AV」, 일본 국토교통성의 「자율주행안전가이드라인」, 테슬라의 오토파일럿과 FSD 기능을 검토함

- 국내 실증 사례로 경기도 성남시 제로 셔틀, 서울 상암 자율주행자동차 실증, 세종 자율주행 실증 사업, 대구 자율주행 실증 사업, 국토부가 지정한 시범운행지구 등 국내 지자체에서 수행하고 있는 대부분의 실증사례를 광범위하게 조사함

3) 교통 시뮬레이션 수행

- 자율주행셔틀 및 DRT 서비스 운행에 따른 도로 및 주변 도로 네트워크의 교통류 영향을 분석하고, 통행 분담률에 따른 배차간격과 자율주행자동차 공급대수 등을 산출하기 위해 교통 시뮬레이션을 수행함
- 시뮬레이션 분석을 위해 성남금토지구 유출입 교통량 및 내부 통행 교통량, 도로 계획(차로수, 전용차로 유무 등), 교차로 및 신호 운영계획, 대중교통 시설 설치 및 운영계획, 성남금토지구 토지이용계획, 인구 및 주택 계획 등을 조사함
 - 자율주행DRT 운영 계획을 위해서 성남금토지구의 중학생 인구, 인근 중학교 위치 및 배분 비율 등을 추가적으로 조사함
- 시뮬레이션 분석 지표로는 통행속도, 통행시간, 지체도, 단위시간 당 교차로 유형별 통과 교통량 적용함
- 시뮬레이션 도구는 미시적(Microscopic) 교통시뮬레이션인 VISSIM을 활용함

4) 교통영향평가보고서, 도면, 현장조사를 통한 자료수집

- 대상지역의 교통영향평가보고서, 도면, 위성지도, 현장조사 등을 통해 자율주행서틀 및 DRT 노선(안)을 선정함
- 대상지역 중 현재 개발 진행 중인 성남금토지구와 판교제2테크노밸리는 교통영향평가보고서 검토를 통해 토지이용계획, 주택 및 인구계획, 도로 계획, 교차로 계획, 신호체계, 대중교통계획 등을 검토함
- 판교제1테크노밸리와 판교신도시의 일부지역은 이미 준공 완료 후 오랜 시간이 지나 위성지도와 현장조사를 통해 도로 현황, 교차로 현황, 대중교통 및 정류장 현황 등을 검토함
- 검토한 결과를 통해 자율주행서틀 승하차 지점 및 DRT 주요 수요층인 중학생 이용을 위한 승하차 지점을 결정함

제2장

자율주행서비스 대상지구 현황

LANDS
HON
LANDS
HON
LANDS
HON

제2장 자율주행서비스 대상지구 현황

1. 자율주행서비스 대상지구의 공간적 범위

- 자율주행서비스 대상지구는 사업대상지인 성남금토지구⁵⁾와 그 주변의 판교제2테크노밸리, 판교제1테크노밸리, 판교 신도시 일부를 포함하고 있으며, 성남시청으로부터 반경 약 3km 지점에 위치하고 있음
- 성남금토지구, 판교제2테크노밸리는 행정구역상 경기도 성남시 수정구 금토동, 시흥동 일대이며, 판교제1테크노밸리와 판교역이 포함되어 있는 판교신도시는 경기도 성남시 분당구 판교동, 백현동, 삼평동, 운중동, 하산운동 일대를 포함하여 조성됨
- 대상지구 중 자율주행서비스와 DRT의 수요 발생 지역인 성남금토지구 중심 토지이용계획, 인구·주택 계획, 도로계획, 대중교통운영계획 현황 정리
- 판교제1,2테크노밸리, 청계산입구역, 판교신도시(판교역 주변)는 자율주행서비스 대상지역으로 노선을 계획하고 있는 지역의 도로현황, 대중교통 및 정류장 등 정리함

5) 성남금토지구는 판교제3테크노밸리로 명칭 변경 예정이나 본 보고서에서는 기존대로 성남금토지구로 표현

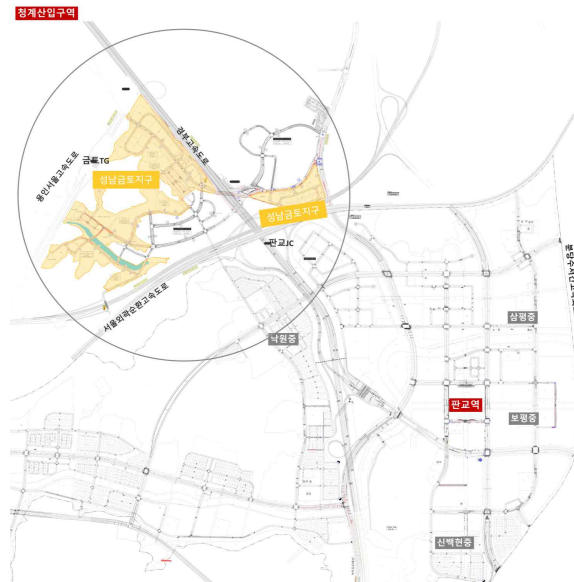


[그림 2-1] 자율주행서비스 대상지구 위치

2. 성남금토지구⁶⁾

2.1. 위치

- 성남금토지구는 성남시 수정구 금토동 일원으로 면적은 약 58만 m^2 으로 2024년 준공을 목표로 하고 있음
- 성남금토지구는 경부고속도로, 수도권제1순환고속도로, 제2경인고속도로, 용인서울고속도로, 대왕판교로(국지도23호선)와 인접해 있어 광역교통 접근성이 매우 우수
- 주변에 판교신도시, 판교 제1테크노밸리, 제2테크노밸리가 인접하고 있으며, 성남금토지구와 판교 제2테크노밸리는 경부고속도로와 달래내로가 “X”자 형태로 동서방향을 교차하여 위치



[그림 2-2] 성남금토지구 위치

6) LH 내부자료(성남금토지구계획설명서, 2021)

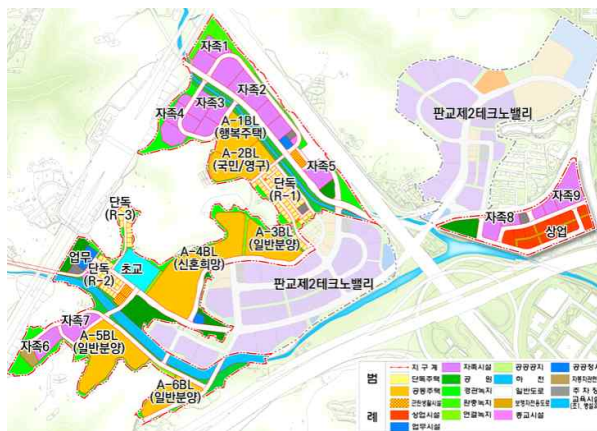
2.2. 토지이용계획

- 성남금토지구는 주택건설용지, 상업·업무시설용지, 자족시설용지, 공공시설용지, 교통체계, 공원·녹지를 중심으로 토지이용을 계획하고 있음
- 생활권 계획은 커뮤니티 중심 생활권, 도시기능의 활동형 생활권, 직주근접형 생활권으로 구분하고 있음
- 내부 생활권 연계를 위한 커뮤니티 가로망, 판교 제2테크노밸리와의 통합형 가로망, 판교생활권 연계를 위해서 대중교통체계 연계를 계획하고 있음

[표 2-1] 성남금토지구 토지이용계획

구분	면적(㎡)	구성비(%)
전체 합계	582,961.6	100
주택건설용지	163,559.0	28.1
상업시설용지	17,116.0	2.9
업무시설용지	3,417.0	0.6
자족시설용지	96,869.0	16.6
공공시설용지	302,000.6	51.8
도로	일반도로	120,326.6
	보행자전용도로	3,790.0
	소계	124,116.6
		21.3

자료 : 한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」



자료 : 한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

[그림 2-3] 성남금토지구 토지이용계획

2.3. 인구 · 주택 계획

- 성남금토지구의 세대수는 「성남시 도시기본계획 2035」에 따라 계획인구는 총 8,776인으로 하여 주택건설계획을 수립하였음
- 주택건설계획은 총 3,671호이며, 사업지 토지이용별, 주택종류별, 면적별 세부 인구 및 주택 배분계획은 단독주택 94세대, 236인, 공동주택 3,577세대, 8,540인으로 계획하고 있음
- 주택건설용지는 총 159,528㎡이며, 이 중 단독주택용지는 24,741㎡, 공동주택용지는 134,787㎡ 임. 공동주택단지는 총 6개 단지 계획되어 있음
- 판교 제2테크노밸리 및 제1테크노밸리 등 산업단지 내 종사자(청년, 사회 초년생)를 위한 저렴한 주거공급의 시급성 등을 고려하여 공공주택 규모 및 입지 계획을 수립함

[표 2-2] 성남금토지구 인구 · 주택 계획

	구분	면적(㎡)	세대수(호)	인구(인)
단독주택	소계	24,741	94	236
	R-1	13,782	53	133
	R-2	7,317	28	70
	R-3	3,642	13	33
공동주택	소계	134,787	3,577	8,540
	60㎡이하	86,162	2,609	6,120
	60 ~ 85㎡	48,625	968	2,420
합계		159,528	3,671	8,776

자료 : 한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」



자료 : 한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

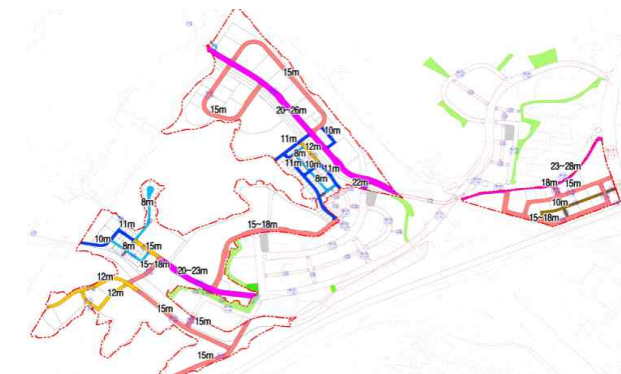
[그림 2-4] 성남금토지구 주택 계획

2.4. 도로 계획

- 성남금토지구의 도로계획은 원활한 교통처리를 위한 기능별, 위계별 도로 계획 수립을 기본 방향으로 하고 있음
 - 간선도로와의 연결을 최소화하여 교통류의 원활한 흐름 유도, 대중교통 접근성 강화, 지구 내 각 시설별 효율적 이용을 위한 잠분산도로 계획
- 성남금토지구 내부 도로의 주요축은 달래내로를 활용하고, EX-Hub(광역 버스 환승정류장) 및 횡단교량 환승 정류소를 연계하여 판교역을 중심으로 한 대상지 연결성 확대 예정임
- 또한, 단절된 지구 간 연계 및 판교제2테크노밸리와 공간적·기능적 연계성 강화를 위해 하부 교량을 개선하여 하천변 보행 공간, 커뮤니티 가로, 상업지역 특화계획 등을 통한 보행 동선 계획하고 있음

[표 2-3] 성남금토지구 도로 계획

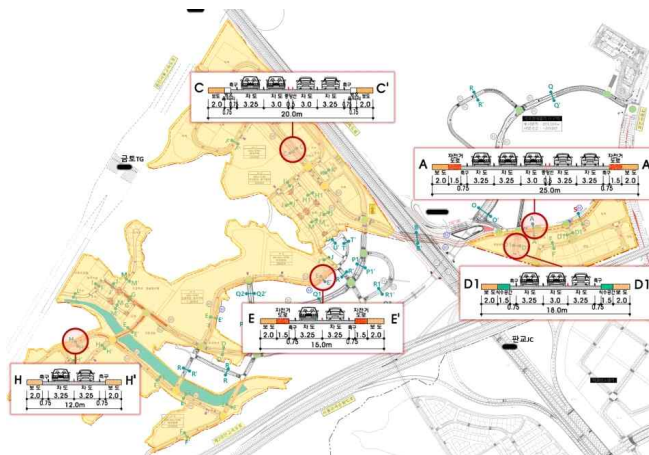
구분	내용
간선도로	경부고속도로에서 대왕판교IC로 진출하여 대상지로 진입하는 주 진입로 계획
보조간선도로	대왕판교로와 금토동삼거리와 연결되는 달래내로를 주진출입도로 교차로로 계획 기존 금토동삼거리 교차로 구조개선을 통해 원활한 교통처리 도모
집산도로	사업지구와 인접한 판교제2테크노밸리 동선계획과 연계하여 횡단고가도로 활용한 동서간연결도로와 신촌희망타운 생활가로 연계 부진출입동선 계획
국지도로	판교 제2테크노밸리 동선계획과 연계하여 내부 순환형 가로망 계획 수립, 이주자택지 골목 상권 활성화 및 공원 연계를 위한 보행자도로 계획



자료 : LH(2020), 성남금토 공공주택지구 지구지정 변경(1차) 및 지구계획 승인

[그림 2-5] 도로운영 계획

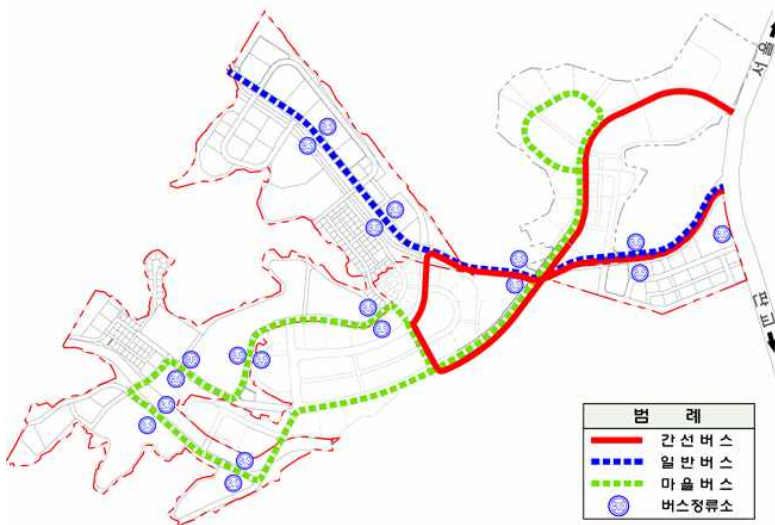
- 성남금토지구는 주요 교차로가 15개가 있으며 이중 4개는 신호교차로, 나머지 11개는 점멸신호로 운영될 계획임
- 차로 유형은 왕복 2, 3, 4, 5 차로, 도로 단면은 총 15개의 유형으로 구성 되어 있으며, 도로폭은 최소 8m부터 최대 25m로 계획되어 있음
- 토지이용계획 상 주거지역이 주로 위치한 곳은 왕복 2차로 또는 4차로 유형으로 구성되어 있음. 일부 도로들은 한 방향은 2차로 반대방향은 1차로 형태인 한쪽 방향의 차로수가 더 많은 홀수형태의 차로로 구성되어 있음
 - 동측에 위치한 성남금토지구와 판교제2테크노밸리의 경계를 연결해주는 도로는 A-A'와 같은 형태로 왕복 5차로로 구성되어 있으며 도로와 보도 사이에 자전거도로 설계를 계획하고 있음
 - E-E'는 서측에 위치한 성남금토지구와 판교제2테크노밸리의 경계를 연결 해주는 구간으로 왕복 2차로로 구성되어 있음
 - C-C'와 같이 보도 옆에 방호 울타리가 별도로 설치되는 구간도 있으며, D1-D1'와 같이 왕복 3차로이고, 도로와 보도 사이에 식수공간이 별도로 계획되어 있는 구간도 있음
- 공동주택단지가 6개가 계획되어 있고, 초등학교 등을 중심으로 어린이보호 구역으로 계획된 구간이 있음



[그림 2-6] 성남금토지구의 대표적인 도로 횡단면

2.5. 대중교통 운영 계획

- 거주민의 출퇴근과 이동편의를 위하여 서울 등 주변지역과 연계되는 광역 버스 노선을 사업지 내부에 도입하는 방안을 검토하고, 성남시 기존 대중교통계획과 연계 가능하도록 대중교통 운영계획 수립
- 또한, 장래 경부고속도로 상에 계획 중인 EX-Hub(광역버스 환승정류장)와 판교제2테크노밸리 조성사업에서 계획하고 있는 버스정류장을 연결하는 보행로 및 버스정류장 계획 수립
- 경부고속도로에 설치 예정인 EX-hub(광역버스 환승정류장)이 현재로는 유일한 광역교통수단으로 계획되어 있음
- 성남금토지구에서 동측으로 2.1km 위치에 지하철 판교역이 있으며, 신분당선과 경강선이 위치하고 있음. 비교적 짧은 거리이나 대중교통 이용 시 환승이 불가피 하고, 약 20분 이상 소요 됨
- 계획된 대중교통 노선 유형은 간선, 일반, 마을버스 3가지로 계획하고 있으며, 버스정류장은 총 19개소가 계획되어 있음



[그림 2-7] 대중교통계획

3. 판교제2테크노밸리

3.1. 위치

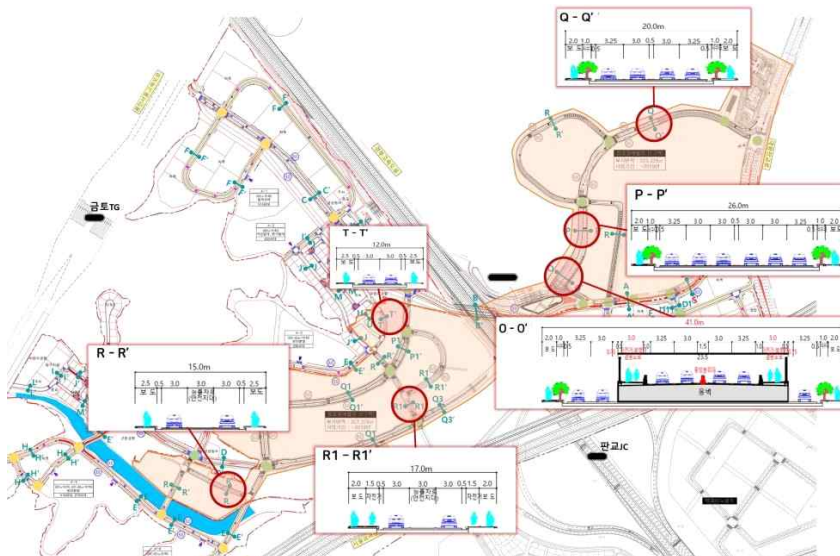
- 판교제2테크노밸리는 경기도 성남시 수정구 금토동, 시흥동 일원에 위치하고 있으며, 면적은 약 42만㎡으로 2021년 12월에 사업 준공 예정임
- 성남금토지구와 경부고속도로를 사이에 두고 동서방향으로 교차하여 위치
 - 경부고속도로를 기준으로 서측은 성남금토지구 하단에, 동측은 성남금토지구 상단에 위치하고 있음
 - 서측으로 대왕판교IC(경부고속도로)가 동측으로 국지도 23호선이 있음
- 판교제2테크노밸리는 산업단지 조성사업으로 계획 되었으며, 약 1,850개의 기업 입주할 예정으로 약 4만 명의 근로자 수용 예정



[그림 2-8] 판교제2테크노밸리 위치

3.2. 도로 계획

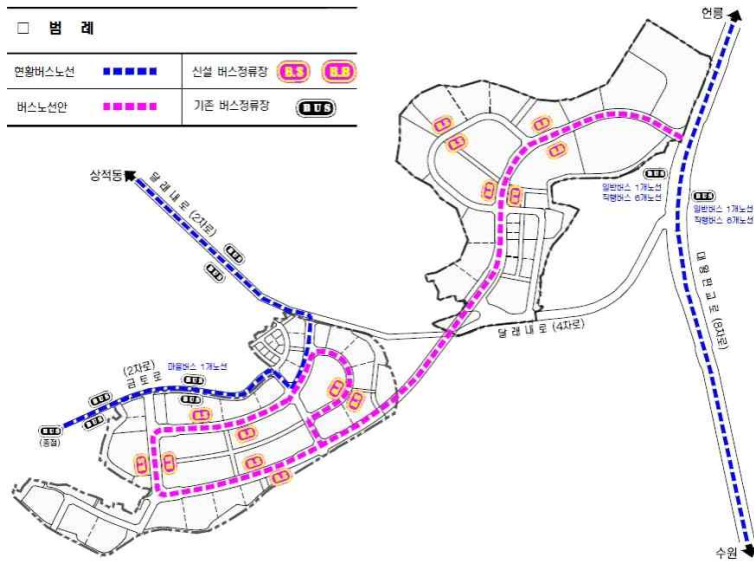
- 판교제2테크노밸리는 16개의 신호교차로가 계획되어 있고, 차로 유형은 왕복 2, 4, 5, 6, 12차로, 도로 단면은 총 13개의 유형으로 구성되어 있음
- 경부고속도로와 대왕판교로가 연결되는 도로는 N-N' 형태로 왕복 12차로이며, 경기기업성장센터 등 기업지원허브와 상업시설들이 밀집되어 있는 곳 주변은 왕복 4차로로 설계되어 있음
- 판교제2테크노밸리 특성 상 산업용지와 복합용지가 대부분으로 주변 도로는 대부분 왕복 4, 6차로이며, O-O', P-P', Q-Q'와 같은 형태로 도로 횡단면이 구성되어 있음. P-P'는 총 6개 차로이나 경부고속도로와 교차되는 지점 근처로 판교제2테크노밸리 동서측이 연결되도록 가운데 4개 차로는 옹벽 위에 설계되어 있음
- 서측 판교제2테크노밸리는 일부에 도로 단면이 E-E', E1-E1'와 같이 왕복 3차로 형태를 갖고 있으나 가운데 차로를 능률차로로 활용계획인 구간이 있음



[그림 2-9] 판교제2테크노밸리 도로 횡단면도 및 예시

3.3. 대중교통 운영 계획

- 판교제2테크노밸리내에는 현재 버스정류장 7개소, 일반버스 1개 노선, 직행버스 6개 노선이 판교제2테크노밸리와 연결된 대왕판교로에 위치한 정류장에 정차함
- 계획상 판교제2테크노밸리에는 14개소의 버스정류장이 신설 예정이며, 동·서측을 연결할 노선과 마을버스 노선 신설이 계획되어 있음
- 또한, 판교제2테크노밸리는 자율주행실증단지로 경기도자율주행센터가 위치한 경기기업성장센터를 시작으로 하여 판교역까지 왕복 운행 하는 노선을 시범운영하고 있음



자료 : 한국토지주택공사, 창조경제밸리 조성사업 교통영향평가, 2017

[그림 2-10] 대중교통계획

4. 판교제1테크노밸리

4.1. 위치

- 성남금토지구와 판교제2테크노밸리 남동쪽에 위치한 판교제1테크노밸리는 반경 1km 내에 판교역이 있음. 또한, 수도권제1순환고속도로, 경부고속도로와 인접하여 있고, 대왕판교로를 통해 제2테크노밸리와 성남금토지구로 연결하고 있음
- 판교제1테크노밸리는 초청연구용지, 일반연구용지, 연구지원용지, 주차장용지, 기타용지로 구성되어 있음
- 현재 약 1,000여개의 기업이 판교제1테크노밸리에 입주해 있으며, 입주기업의 약 92%가 첨단업종에 해당됨. 주요 입주기업으로는 카카오, NHN, 넥슨, 네오위즈, 엔씨소프트, 안랩 등이 있음



[그림 2-11] 판교제1테크노밸리 위치

4.2. 도로 현황

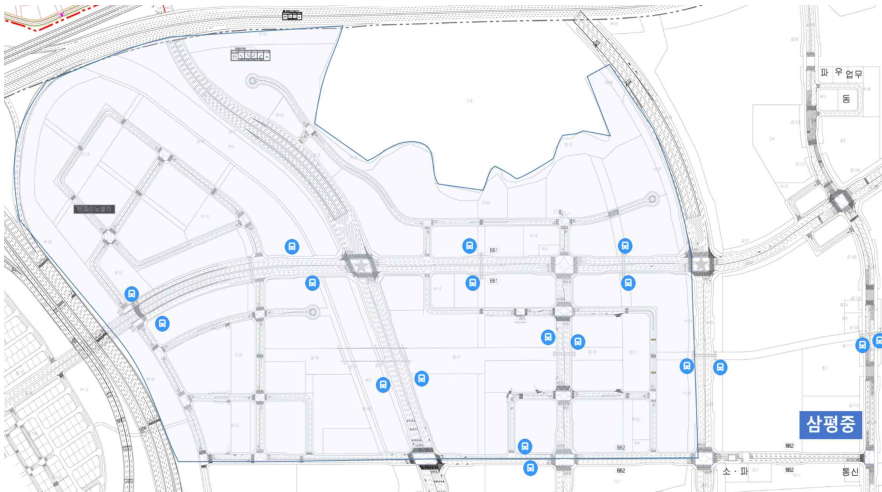
- 판교제1테크노밸리는 이면 도로를 제외하고 대부분이 왕복 6차로 이상의 도로로 구성되어 있으며, 이 도로들은 총 8개의 교차로를 연결 하고 있음
- 판교제1테크노밸리의 주요 도로인 판교로와 판교역로 구간은 모두 왕복 8차로로 설계되어 있음
- 판교신도시와 판교제1테크노밸리의 경계가 되는 대왕판교로 644번길은 왕복 6차로로 설계되어 있음
- 판교제1테크노밸리의 주요 상업시설들이 입지하고 있으며, 내부를 연결 하고 있는 판교역로 241번길, 판교역로 242번길은 왕복 4차로 도로로 설계되어 있음



[그림 2-12] 판교제1테크노밸리 도로 현황

4.3. 대중교통 운영 현황

- 판교제1테크노밸리 내에는 26개소의 정류장이 있으며, 버스 노선은 직행버스 14개, 일반버스 14개, 마을버스 11개 노선이 운행하고 있음
- 이 노선들 중 판교제2테크노밸리 방향으로 환승 없이 이동할 수 있는 일반버스 노선은 5개로 조사되었음
- 판교역 방향으로 이동할 수 있는 노선은 일반버스 6개 노선, 직행버스 3개 노선, 마을버스 5개 노선으로 판교역을 중심으로 동, 서, 남, 북편에 위치한 정류장으로 이동이 가능함



[그림 2-13] 판교제1테크노밸리 버스 정류장 현황

5. 판교신도시(판교역 주변)

5.1. 위치

- 판교신도시는 판교IC를 중심으로 2011년 조성된 신도시로 면적은 약 92만 m^2 이며, 경부고속도로를 기준으로 동쪽은 동판교, 서쪽은 서판교로 구분
 - 동판교 지역은 삼평동, 백현동, 판교동이 일부 포함되어 있으며, 판교역 중심으로 상업지구, 판교테크노밸리 등이 조성되었음. 분당내곡도시고속화도로와 분당수서도시고속화도로도 인접해 있음
 - 서판교 지역은 판교동, 운중동 지역이 포함되어 있으며, 판교원마을, 산운마을 등 기존 원주민들의 거주율 높음. 용인서울고속도로 진출입 가능
- 판교신도시 내에는 총 6개의 중학교가 위치해 있음. 동판교 지역에는 삼평, 보평, 신백현 중학교, 서판교 지역에는 낙원, 운중, 판교 중학교가 있음



[그림 2-14] 판교역 및 주변 중학교 위치

5.2. 도로 현황

- 판교신도시는 지역이 광범위하여 향후 자율주행서비스 대상 구간에 포함되는 판교역, 낙원, 삼평, 보평, 신백현 중학교가 위치한 도로를 중심으로 도로 현황을 검토하였음
- 서쪽에 위치한 서판교의 낙원중학교와 연결된 서판교로는 왕복 4차로 도로이며, 동판교와 연결되는 판교로는 왕복 6차로로 설계되어 있음
- 서판교에서 동판교에 위치한 판교역까지 연결된 주요 도로인 대왕판교로와 판교역로는 왕복 8차로, 삼평, 보평, 신백현 중학교까지 연결되는 동판교로는 왕복 4차로 도로로 설계되어 있음. 신백현 중학교로 진입할 수 있는 도로인 판교역로 50번길은 왕복 2차로로 설계되어 있음



[그림 2-15] 판교신도시 도로 현황

5.3. 대중교통 운영 현황

- 신분당선인 판교역을 중심으로 반경 500m 내에 24개의 버스 정류장이 있음. 해당 구간 통과 버스노선은 직행버스 19개, 일반버스 15개, 마을버스 11개로 조사되었음
- 현재 판교역에서 판교제2테크노밸리 초입에 위치해 있는 기업성장지원센터까지 일반버스 4개 노선이 운행하고 있음



자료 : 카카오맵

[그림 2-16] 판교 신도시 버스 정류장 현황

6. 청계산입구역

6.1. 위치

- 성남금토지구 북측으로 약 4.8km 지점에 분당선인 청계산입구역이 위치하고 있으며, 대중교통을 이용하여 이동 시 약 30분 이상 소요됨

6.2. 도로 현황

- 성남금토지구와 청계산입구역까지를 달래내로와 청계산로가 연결되어 있으며, 달래내로는 왕복 2차로 도로임
- 달래내로는 제한속도 50km/h 구간으로 대상구간 내 위치한 3지 교차로들이 비신호로 운영되고 있음. 향후 청계산입구역으로 이동하는 교통수요가 증가를 대비하여 용인서울고속도로 교각, 청계산 등산로 입구, 경부고속도로 등의 선형을 고려할 필요가 있음



자료 : 한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」 재구성

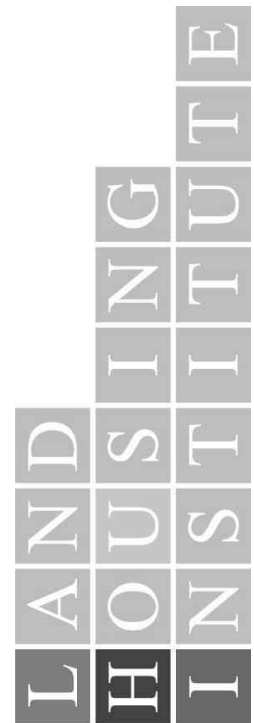
[그림 2-17] 달래내로(성남금토지구↔청계산입구역) 도로 현황

6.3. 대중교통 운영 계획

- 현재는 마을버스(누리2번)를 1회 탑승하고, 지선버스로 환승하여 청계산 입구역까지 이동해야 함. 향후 성남금토지구에서 청계산입구역까지의 대중교통 연계를 위하여 성남시 주체 하에 초기운영비를 지원하여 셔틀 버스 운영방안을 계획하고 있음

제3장

자율주행자동차 관련 정책 및 실증 사례



&

제3장 자율주행자동차 관련 정책 및 실증사례

1. 자율주행자동차의 정의 및 기술 단계

1.1. 자율주행자동차의 정의

- 자율주행자동차는 「자동차 관리법」 제2조의 제1의 3호에서 다음과 같이 정의하고 있음
 - “자율주행자동차란 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차”
- 쉽게 설명하면, 자율주행자동차는 운전자나 동승자의 운전 행위 없이 자동차가 주행 환경에 따라 자율적으로 운전할 수 있는 자동차를 말함
 - 자동차 스스로 주변 교통 상황에 맞게 감속하거나 가속하고, 조향이나 차로 변경 등 운전에 필요한 모든 조작을 맡아서 할 수 있음
 - 완전 자율주행자동차의 경우 사람은 운전에서 완전히 배제되며 어떤 교통 상황이건 간에 자동차가 스스로 인지, 판단하면서 주행하게 됨

1.2. 자율주행자동차의 기술 구성

- 자율주행자동차는 일반적으로 센서, 통신 기술, 정밀지도, 위성항법 기술, 인공지능 등 첨단 기술이 접목되어 작동함
 - 카메라, 레이더(RADAR), 라이다(LiDAR)와 같은 센서로부터는 다른 차량들과 도로 시설물 등을 인식할 수 있는 정보를 받는데, 라이다는 360도 회전하여 주변 이미지를 구축하고, 주변 사물과의 거리를 인식하는 역할을 함
 - 위성항법 기술과 정밀지도를 통해 자신의 위치를 정확하게 추적하며,

인공지능은 이 모든 정보를 통해 자율운전에 필요한 인지, 판단, 운전 조작을 수행함

- V2X(Vehicle to Everything) 연결 기술은 차량과 차량(V2V; Vehicle to Vehicle), 차량과 도로변 시설(V2I; Vehicle to Infrastructure)과의 통신을 통해 주행 안전에 필요한 정보를 교환하고, 도로 교통 네트워크를 효율적으로 관리함
- 자율주행자동차의 기술 구성을 그림으로 표현하면 [그림 3-1]과 같음



[그림 3-1] 자율주행자동차의 기술 구성

1.3. 자율주행자동차의 기술 단계)

- 자율주행자동차는 자율주행 기술 수준에 따라 개발 단계를 구분하고 있고, 미국 자동차공학회(SAE; Society of Automotive Engineering)가 폭 넓게 사용되고 있음
- SAE 기준은 국제 표준 J3016으로 제정되어 있으며, 0단계에서 5단계 까지 총 여섯 단계로 자율주행 기술을 구분함

7) 변완희, 퓨처라마-미래모빌리티 혁명의 미래, 크레파스북, 2021.01

- 자동화가 시작되는 2단계까지는 운전자가 주도권을 가지며, 운전자가 여전히 주행을 책임져야 하며, 3단계부터는 자율주행시스템이 주도권을 갖게 됨
- 0단계는 비자동화(No Automation) 단계로, 자동차의 모든 제어가 전적으로 운전자에게 달려 있음.
 - 차선 이탈 경고나 이동 사물 감지처럼 시·청각 경고 시스템이 장착된 차량도 여기에 해당함. 이 시스템들은 경고음과 경고등을 제공할 뿐 여전히 자동차의 모든 제어는 운전자의 몫이기 때문임
 - 이 단계는 운전자가 운전 조작의 100%를 책임지므로 드라이브 온(Drive On) 상태라고 할 수 있음
- 1단계는 운전자 보조(Driver Assistance) 단계로 가속·감속 기능 제공
 - 가령 앞차와 간격을 스스로 유지하면서 일정 속도로 주행하는 기능을 하거나 차선의 중앙을 따라 주행하도록 유지하는 레인 센터링 등의 기능 중 어느 하나를 수행함
 - 단, 이 단계는 자동화 기능의 도움을 일부 받지만 여전히 운전자가 운전대를 잡고 있어야 한다는 뜻으로 핸드스 온(Hands On)상태라고 할 수 있음
- 2단계는 부분 자동화(Partial Automation) 단계로, 자동화 기능의 도움을 받으며 자동으로 주행하지만 운전자는 비상사태를 대비해 교통 상황을 주시해야 하며, 안전에 대해서도 책임을 짐
 - 가감속이나 조향 가운데 하나만을 제어할 수 있는 1단계와는 달리, 2단계는 동시에 두 가지 기능을 수행할 수 있음. 가령 앞차와의 간격을 유지하는 크루즈 컨트롤과 차선의 중앙을 따라 주행하도록 유지하는 레인 센터링 등의 기능을 동시에 수행할 경우 2단계에 해당함
 - 이 단계는 운전자가 정해진 조건에서 운전대를 잡고 있지 않아도 된다는 뜻에서 핸드스 오프(Hands off) 상태라고 할 수 있음
- 3단계는 조건부 자동화(Conditional Automation) 단계로, 사람의 개입

없이 조향, 가속 및 감속, 추월이 가능하다. 또한 사고나 교통 혼잡을 피해 주행할 수 있음

- 운전자가 운전대와 페달에 손과 발을 올려두지 않아도 되나, 운전자의 개입을 요청받는 경우 운전자는 자동차를 직접 조작해야 함
- 이 단계는 정해진 조건에서 운전대를 잡고 있지 않아도 되는 것은 물론 운전자가 주행환경을 항상 주시할 필요가 없기 때문에 아이즈 오프(Eyes Off) 상태라고 할 수 있음
- 4단계는 고수준 자동화 High Automation 단계로, 특정 조건에서 손과 발, 눈이 완전히 자유롭고, 비상 상황에 대한 대처를 자동차가 직접 수행함
 - 게다가 운전자가 차량 제어에 개입하라는 요청에 적절히 응하지 못하는 상황에도 스스로 안전한 주행이 가능함
 - 이 단계에서는 운전자가 잠을 자거나 운전석을 떠날 수도 있어 마인드 오프(Mind Off) 상태라고 할 수 있음
- 5단계는 완전 자동화(Full Automation) 단계로, 사람이 운전할 수 있는 모든 도로 및 교통 조건에서 자동차가 직접 운전을 수행함
 - 이 단계는 어떠한 경우에도 사람은 운전에서 완전히 자유롭고, 운전자가 필요 없기에 드라이버 오프(Driver Off) 상태라고 할 수 있음

○ 운전자가 수행 ○ 운전자가 조건부 수행 ○ 시스템이 수행

		운전자가 차량 제어를 전부 수행		
운 전 자 주 도	0단계 : 비자동화	  	Drive On	• 운전자 항시 운행 • 긴급상황 시스템 보조
	1단계 : 운전자 보조	  	Hands On	• 시스템이 조향 또는 감속 가속 보조
	2단계 : 부분 자동화	  	Hands Off	• 시스템이 조향 및 감속 가속 보조
자 율 주 행 시 스 템 주 도	3단계 : 조건부 자동화	  	Eyes Off	• 위험 발생 시 운전자 개입
	4단계 : 고수준 자동화	  	Mind Off	• 운전자 개입 불필요
	5단계 : 완전 자동화	  	Driver Off	• 운전자 불필요

자료 : 변완희, 「퓨처라마」

[그림 3-2] 자율주행자동차 6단계

2. 자율주행자동차 관련 정책 및 제도

2.1. 자율주행 관련 정책

□ 자율주행자동차 상용화 지원 방안

- 국토부·미래부·산업부 등 관계부처에서 합동으로 자율주행자동차 상용화 지원방안(2015년 5월 발표)에 따라 2020년까지 자율주행자동차(레벨3) 상용화를 목표로 도로시험운행 규제개선 및 상용화 제도 정비 정책 추진
- 시험도로 구간 지정, 도로관리청 관리방안 마련, 자율주행 사고에 대비한 자율주행 시험운행 보험 상품 개발 등 정부에서는 안정적 자율주행 시험운행 지원을 위한 다양한 방안 추진
- 레벨3 일부 상용화를 위해 선제적 제도 정비와 인프라 확충 등 범정부적 지원으로 자율주행자동차 상용화 기틀 마련 예정

□ 자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정

- 2016년 국토교통부에서 고시한 자율주행자동차와 관련된 규정으로 「자동차관리법 시행규칙」 제26조의2 제3항에 자율주행자동차의 임시 운행에 필요한 세부 요건 및 확인방법 등 안전운행요건 지정 및 자율주행자동차의 제작대상, 방법, 보험가입, 사전 시험주행에 관한 사항 등 시험운행 전에 충족시켜야 할 요건 제시

1) 자율주행 승용차 관련 정책

- 정부는 미래 자동차 산업 경쟁력 강화를 위해 2030년까지 수소차, 전기차, 자율주행자동차 등의 국가 정책 방향을 발표하였으며, 2024년까지 무선통신망, 3차원 정밀지도, 통합관제시스템 등을 전국 주요도로에 구축하는 것을 목표로 하고 있음⁸⁾

- 2027년 자율주행 레벨 4 상용화를 목표로 ICT 융합 신기술, 도로교통융합 신기술, 대중교통 자율주행, 자율주행 서비스 개발, 안전성 평가기술 개발 등 법·제도 개선 등을 지원하고 있음

□ 부처 간 협업을 통한 자율주행 기술 개발

- 과학기술정보통신부는 명확한 신호와 교통법규 체계에 의해 주행·정지·횡단이 제어되지 않은 도로에서도 안정적인 자율주행이 가능하게 하는 소프트웨어 솔루션 및 자율주행 기능 검증 시뮬레이션 SW 개발을 진행하고 있음
- 또한 자율주행 서비스 모델 발굴 및 교통사고율 감소 실현을 위해 5G-V2X 네트워크 기반 차량-네트워크 및 차량-차량간 통신기술 및 융합 서비스 실증사업 (기가코리아 사업)을 추진하고 있음
- 산업부는 자율주행자동차의 인공지능(AI)기반 컴퓨팅 기술, 차량제어 솔루션 개발 등 국내외 표준을 도출할 예정임

□ 자율주행자동차 기반 교통서비스 제공 및 자율주행 3대 안전·3대 인프라 지원

- 자율주행자동차의 센서 성능 한계극복으로 안전성 향상을 지원하기 위해 도로인프라 요소기술⁹⁾ 개발 진행 중
- LDM(Local Dynamic Map)을 차량에 적용하는 최초의 과제로, 센터차량 LDM 모듈, 인터페이스 및 V2X 메시지 등을 최초 개발하며, 연속류에서 적용 가능함. LDM layer3까지의 기술 개발
- 차량에 탑재된 정밀도로지도(또는 LDM 모듈)에 통신을 활용하여 도로변 화정보를 신속하게 제공함으로써 자율주행자동차 상용화를 촉진, 인프라 제공정보의 신뢰성 향상을 목표로 도로 변화정보와 인프라 제공정보의 정합성을 실시간 유지시키는 것을 도모하고 있음

8) 미래차산업 국가비전 선포식 2019.10.15

9) 정밀전자지도 기반의 동적정보시스템, 하이브리드 V2X 통신시스템, GPS반송파 복합 기반 측위 시스템 등

2) 자율주행 상용차(셔틀 등) 관련 정책

□ 미래형 산업생태계 구축과 상용차산업 혁신성장 도모

- 자율주행 상용차 산업의 경쟁력 강화, 국가적 육성을 통한 지속가능한 성장·창출 기반 마련, 기업의 혁신성장 견인과 산업생태계 구축을 위해 기술 개발과 연계한 시험·평가 기반 구축 및 기업육성사업을 진행하고 있음
- 상용차 (고도)자율주행기술의 상용화 추진을 위한 시험 및 검증 인프라 구축, 가상환경 기반 시험 환경 구축을 통해 다양한 주행환경에서 상용차 단위 부품/시스템에 대한 자율주행 및 평가기술의 개발을 도모하고 있음
- 국내외 상용차 자율주행 산업의 시장 점유율 증대와 선순환 산업생태계 구축을 위한 글로벌 경쟁력 기반을 마련하고 있음
- 정부가 차량과 연계되는 도로인프라-ICT를 주도하고, 민간부분은 상용차 자율주행 협력주행의 부품·시스템 사업화를 주도하여 기술혁신 및 신사업 융합 생태계 조성하고 있음

□ 자율주행기반 자율주행 셔틀 운행¹⁰⁾

- 자율주행 실증을 원하는 기관·기업의 테스트를 위한 자율주행 단말기 대여, 관제모니터링, 빅데이터 및 클라우드 서비스 제공하고, 판교제로시티 내 IoT 시설물, V2X 등의 인프라를 관리·운영하고 있음
 - 제로셔틀은 소형 승합차 크기로 제공되며 라이드 셰어링이 가능한 온디맨드 교통수단으로, 제한된 시·공간 운행범위 내에서만 운행함
- 국토교통부와 서울시가 공동 추진하는 스마트 도로인프라(C-ITS)실증사업, 5G 기반 자율주행이 가능하도록 네트워크, 관제 플랫폼 등 관련 인프라 조성
- 차세대 지능형 교통시스템 실증을 위해 차량 센서로 주변환경을 인식할 수 없는 상황에도 차량 간(V2V: Vehicle to Vehicle), 차량-인프라 간(V2I)통신으로 정보를 받아 안전운행이 가능하도록 기술을 확보하는 사업

10) 자율협력주행 산업발전 위원회, “2019 자율협력주행 기술백서(비즈니스 분과)”

□ 자율주행기반 대중교통시스템 실증사업¹¹⁾

- 2019년 10월 세종시·국토부가 주관하는 “자율주행기반 대중교통시스템 실증연구”를 통해 개발한 자율주행버스(레벨3 수준)가 대중교통 실증사업을 위해 시연 행사를 진행함
- 수요대응형 대형 및 소형 버스 자율주행 연구로, 향후 스마트시티, 대규모 단지 내 승객 운송을 위한 대중교통으로 활용 예정임



자료 : “국토부·세종시, 자율주행 기반 대중교통 서비스 ‘첫 발’” (2019.10.29.)
<http://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=11505>

[그림 3-3] 자율주행기반 대중교통시스템 실증

11) 자율협력주행 산업발전 위원회, “2019 자율협력주행 기술백서(비즈니스 분과)”

2.2. 자율주행 시범운행지구 관련 제도

- 자율주행 시범운행지구는 ‘20.5월부터 시행된 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률(자율주행자동차법)」에 의해 새로 도입된 제도로, 자율주행자동차의 연구·시범운행을 촉진하기 위해 규제특례가 적용되는 구역¹²⁾
 - 일정 지역 내에서 자율주행자동차를 활용한 여객·화물의 유상운송, 자동차 안전기준 등 규제특례를 부여하는 시범운행지구 지정·운영을 위한 근거 마련
- 시범운행기간 지정기준은 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 규정」 별표1에 의해 공통·사업별·지표별로 평가(70점 이상인 경우 지정), 평가항목은 지구범위 및 서비스 적정성, 관리체계 및 안전관리 적정성 등으로 하고 있음
- 자율주행자동차 시범운행지구와 규제자유특구의 운영확대를 통해 민간 기업이 자유롭게 실증할 수 있도록 지원하고, 이를 위해 자율주행자동차 시범운행지구를 본격 운행 함
 - 자율주행 민간 기업은 해당 지구에서 여객·화물 유상운송 허용, 임시 운행허가 시 자동차 안전기준 면제, 비도로관리청의 도로 공사·관리 등의 다양한 규제특례를 부여받아 실제 요금을 받으면서 사업운영 관점에서 실증해보고, 사업화까지 검토해 볼 수 있음¹³⁾

「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」(자율주행자동차법)

제7조(시범운행지구의 지정 등)

- ① 국토교통부장관은 자율주행자동차 시범운행지구를 운영하려는 시·도지사의 신청을 받아 제16조에 따른 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의·의결을 거쳐 자율주행자동차 시범운행지구(이하 “시범운행지구”라 한다)를 지정할 수 있다. 지정을 변경 또는 해제하는 경우에도 또한 같다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의를 거치지 아니할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 제1항에 따라 시범운행지구를 지정·변경 또는 해제한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 관보에 고시하고, 이를 신청한 시·도지사에게 통보하여야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 시범운행지구의 지정·변경 또는 해제에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제8조(시범운행지구의 운영 및 관리 등)

- ① 시범운행지구로 지정·고시된 구역을 관할하는 특별시·광역시·특별자치시·도 또는 특별자치도(이하 “시·도”라 한다)는 제7조제1항에 따라 지정·고시된 시범운행지구의 운영에 필요한 사항을 조례로 정할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 지정된 시범운행지구를 지원·관리하기 위하여 관할 시·도지사와 도로관리청, 지방경찰청장 등으로 구성된 시범운행지구 협의체를 구성하여 운영할 수 있다. 이 경우 협의체의 구성 및 운영 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

12) 국토부 보도자료, “자율주행서비스, 판교에서도 본격 시동”, 2021.04.26

13) 국토부 보도자료, “국토부, 자율주행 시범운행지구 지정·운영 제도 마련”, 2020.02.07

3. 자율주행자동차 실증 사례

3.1. 자율주행시범운행지구 사례

- 「자율주행자동차법」 제7조제1항에 따라 2020년 12월 6개 지구(상암, 충청권, 세종, 광주, 대구, 제주)를 자율주행자동차 시범운행지구로 최초 지정(국토교통부고시 제2020-904호). 2021년 4월 판교제로시티가 추가로 선정되면서 총 7개의 시범운행지구로 지정됨(국토교통부고시 제2021-337호)
- 2020년 7월부터 수시로 지자체별로 시범운행지구를 신청 받고 있음

[표 3-1] 시범운행지구별 범위 및 도입 예정 서비스 현황

연번	지자체	지구범위	대표 서비스	실증착수 계획 (현황)
1	서울	· 서울 상암동 일원 6.2km ² 범위	· DMC역↔상암·주거·공원지역 간 셔틀서비스	'21.3분기
2	충북·세종 (공동신청)	· 오송역↔세종터미널 구간 BRT 약 22.4km 구간	· 오송역↔세종터미널 구간 셔틀(BRT) 서비스	'21.3분기
3	세종	· BRT 순환노선 22.9km · 1~4생활권 약 25km ² 범위	· 수요응답형 정부세종청사 순환셔틀 서비스	'20.12월 (既착수)
4	광주	· 광산구 내 2개 구역 약 3.76km ²	· 노면청소차, 폐기물수거차	'21.2월 (既착수)
5	대구	· 수성알파시티 내 약 2.2km ² 구간 · 테크노폴리스 및 대구국가산단 약 19.7km ² 범위 · 산단연결도로 약 7.8km 구간	· 수성알파시티 내 셔틀 서비스 (삼성라이온즈파크↔대구미술관) · 테크노폴리스, 국가산단 일원 수요응답형 택시 서비스	'21.3분기
6	제주	· 제주국제공항↔중문관광단지 (38.7km) 구간 및 중문관광단지 내 3km ² 구간	· 공항 픽업 셔틀 서비스 (제주공항↔중문관광단지)	'21.3분기
7	경기 (추가)	· 경기기업성장센터↔제1테크노밸리 약 7.0km 구간	· 판교 1테크노밸리내 수요응답형 택시서비스 · 경기기업성장센터↔판교 제1테크노밸리 셔틀 서비스	'21.3분기

자료 : 국토교통부 보도자료, "자율주행서비스, 판교에서도 본격 '시동'", 2021.04.26

1) 상암 자율주행자동차 시범운행지구

- 상암 자율주행자동차 시범운행지구는 서울시 상암동 일원 약 6.2km² 범위를 대상으로 하며, 24개 도로가 포함되어 있으며, 총 연장은 31.3km 임
- 자율주행자동차 여객·화물운송사업 모빌리티 거점 조성, C-ITS와 자율주행 전용 차고지, 자율주행 교통안전시설, 안전한 자율주행 기술개발 지원 등을 목적으로 하고 있음



자료 : 서울시 보도자료(2021.07.20.)

[그림 3-4] 상암 자율주행자동차 시범운행지구

- 자율주행자동차 여객·화물의 유상운송 운행 허가 대수는 2022년까지 단계적으로 확대하는 것으로 계획하고 있으며, 허가조건 및 특례를 받은 자는 「자율주행자동차법」 및 하위법령, 서울특별시 조례를 준수하여야 함

[표 3-2] 여객·화물 운송 허가 대수

구분		허가대수(대)		내용
		'21	'22 이후	
여객	마을버스 운송사업	8	18	- 지하철역-상업, 주거, 공원지역 연계순환 노선 - 하늘공원-한강공원 순환 노선 - 지하철-BRT 연계 노선 등
	기타구역 여객운송사업	7	22	- 교통약자 중심 수요응답형 서비스 - First&Last Mile 수요응답형 서비스 등
	계	15	40	-
화물	화물자동차 운송사업	6	10	- 개인 간 대형화물 유상운송 - 대형마트-주거지역간 신선식품 배달 - 배달로봇 등을 활용한 지역 택배 등
허가대수 합계		21	50	-

자료 : 국토교통부고시 제2020-904호, 2020.12.08.

2) 충청권 광역교통망 자율주행자동차 시범운행지구

- 충청북도와 세종특별자치시가 공동으로 관할하게 될 충청권 광역교통망 자율주행자동차 시범운행지구는 오송역에서 세종고속시외버스터미널까지로 총 연장 22.4km의 BRT 전용노선을 대상으로 하고 있음
- 광역 지자체 간 장거리 여객운송 서비스에 자율주행 기술을 적용하고 단계적으로 확대하여 자율주행 기반 광역교통체계를 선도하고 충청권 미래차 클러스터 조성을 목적으로 하고 있음



자료 : 국토교통부고시 제2020-904호

[그림 3-5] 세종 자율주행자동차 시범운행지구 지형도

- 자율주행자동차 여객 유상운송 허가를 받으려는 자는 자율주행자동차의 시범운행에 대한 지휘·감독 및 안전관리 등의 업무를 수행하는 실증책임자를 지정하여야 함. 시범운행에 활용되는 자율주행자동차 속도의 범위는 60~80km/h에서 운행할 수 있어야 함
- 자율주행자동차 여객 유상운송 운행 허가 대수는 5대를 시작으로 3단계에 걸쳐 10대까지 단계적으로 확대를 계획하고 있음. 유상운행에 따른 요금은 관할 사도의 단계별 추진계획에 따라 1단계는 탑승 희망자 한정 시범적으로 무상운행하며, 2단계에는 버스요금의 50%의 이내, 3단계에서는 버스요금의 100% 이내로 설정함
- 특례를 받은 자는 시범운행에 활용되는 자율주행자동차를 제어할 수 있는 자가 항상 탑승하여야 하며, 지정된 구간에서는 직접 운행해야 함. 또한 교통 흐름에 영향을 주지 않아야 하며, 기존 버스 배차시간을 고려하여 관할 사도의 조정에 따라야 함

3) 세종 자율주행 시범운행지구

- 세종시 1~4 생활권 약 25km², BRT 순환노선(한누리대로) 22.9km를 대상으로 하고 있음
- 세종시는 BRT 전용도로, 자율협력주행인프라(C-ITS, 대전-세종구간)등 자율주행자동차 상용화에 최적화 된 도시로 서비스 실증을 통해 대중 교통 소외지역 및 교통 약자 이동권 확대를 도모함. 또한, 향후 스마트 시티 국가시범도시와 연계하여, 자율주행 모빌리티서비스의 도입 확산을 목적으로 하고 있음



자료 : 국토교통부 보도자료(2020.12.18.)

[그림 3-6] 세종 자율주행자동차 시범운행지구 범위

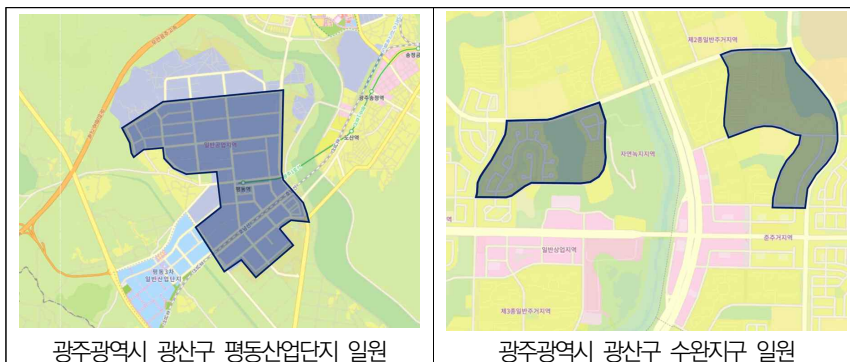
- 주요 서비스는 수요 응답형 로봇 셔틀 서비스, 자율주행 대중교통 서비스, 교통약자 지원 라스트 마일 서비스, 자율주행 통합 모빌리티 서비스, 자율주행 이동우체국 실증, 자율주행 셔틀 실증 등 6개로 구분하여 실증 추진 예정
- 자율주행자동차 여객 유상운송 운행 허가 대수는 27대로 주요 서비스 유형에 따라 PM 연계, 순환 셔틀, 교통약자 지원, BRT 서비스에 각각 9대, 5대, 5대, 8대로 계획하고 있음
- 유상 운행에 따른 요금도 주요 서비스 유형에 따라 PM 연계서비스, 순환 셔틀 서비스, 교통약자 지원서비스는 모두 1,000원/150m, BRT

서비스는 1,400원으로 계획하고 있으며, 운행시간은 세종시와 협의 후 조정 계획

- 2020년 12월 세종정부청사 일원(국토교통부-세종컨벤션센터-산업통상자원부-국토교통부)을 순환하는 수요응답형 자율주행 순환셔틀 서비스 실증을 시작하였음. 실제 규제 특례를 받아 1호로 실증을 착수하는 서비스로 기존 세종시 주요 교통망인 BRT와 연계하여 세종정부청사, 국립세종도서관까지의 라스트마일 서비스 제공할 계획¹⁴⁾

4) 광주광역시 자율주행자동차 시범운행지구

- 광주광역시 자율주행자동차 시범운행지구는 광주광역시 광산구 내 2개 구역으로 평동산업단지 일원 3.43km², 수완지구 일원 0.33km²으로 총 면적 3.76km²
- 자율 노면청소차, 주거·산단지역 폐기물 수거차, 도로 및 대기환경 데이터 수집차 등 다양한 형태의 특수목적 자율주행자동차 실증 및 현장적용을 통한 상용화 촉진을 목적으로 하고 있음



자료 : 국토교통부고시 제2020-904호

[그림 3-7] 광주광역시 자율주행자동차 시범운행지구

14) 국토교통부 보도자료, “18일부터 세종서 자율주행 순환셔틀 달린다”, 2020.12.18.
국토교통부고시 제2020-904호

- 광주 무인 저속 특장차 규제자유특구 혁신사업과 연계하여 실증에 활용되는 자율주행자동차의 운영을 주요 내용으로 하고 있음

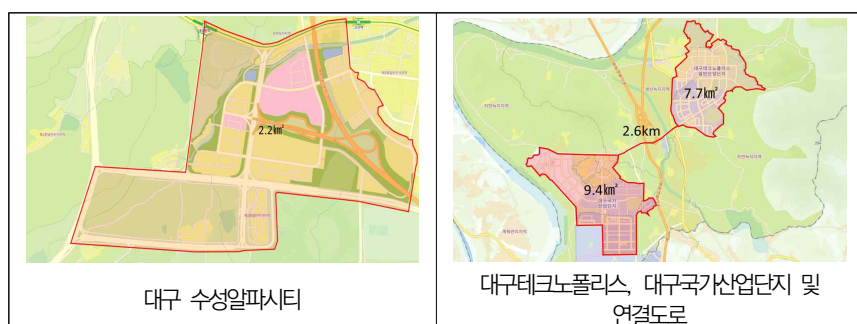
[표 3-3] 광주 무인 저속 특장차 규제자유특구 혁신사업 주요 내용

구분	내용
공공서비스를 위한 무인 특장차 실증	운전자 없는 무인 저속 특장차를 이용한 공공서비스 실증 ※ 공공서비스 : 노면청소, 생활폐기물 수거, 공공정보 수집 등
엠티형 공공정보 데이터 수집공유 실증	무인 특장차에 의해 수집되는 데이터 활용 및 공유할 수 있는 엠티형 데이터 시스템 구축 및 실증

자료 : 국토교통부고시 제2020-904호, 2020.12.08.

5) 대구 자율주행자동차 시범운영지구¹⁵⁾

- 대구 자율주행자동차 시범운영지구는 대구 수성알파시티, 대구테크노폴리스, 대구국가산업단지 및 대구테크노폴리스와 대구국가산업단지 연결도로가 포함되어 있음. 총 면적은 19.3km²이고, 연결도로는 2.6km
- 자율주행 관련 연구개발·실증 사업 결과물의 안정성·경제성을 시범운영지구 내 서비스 구현을 통해 검증하여 조기 상용화 유도, 산업 전반으로 확대 촉진을 목적으로 하고 있음



자료 : 국토교통부고시 제2020-904호

[그림 3-8] 대구 자율주행자동차 시범운영지구

15) 국토교통부고시 제2020-904호

- 시범운행지구 내 도입이 예상되는 자율주행자동차 활용 서비스는 마을버스와 로봇택시로 구분하고 있음
 - 마을버스는 저속 자율주행셔틀을 활용하여 수성알파시티 일원을 순환하며, 요금은 1회 1,500원, 1일 3,000원으로 계획하고 있음
 - 로봇택시는 일정 구역에서 이용자의 수요에 따라 테크노폴리스와 대구 국가산단 미 연결도로에 수요기반 자율주행 모빌리티 서비스를 계획하고 있음. 요금은 일반 택시 요금과 동일하게 계획하고 있음
- 자율주행자동차 여객 유상운송 운행 허가 대수는 8대로 수성알파시티 일원을 운행하게 될 마을버스는 2대, 테크노폴리스 및 국가산단, 연결도로의 수요응답형 로봇택시는 6대로 계획하고 있음
- 대구는 자율주행 관련 정부 기술개발 사업에 참여하고 있는 사업자 및 시범운행지구 운영계획 수립 시 시범운행지구 내 여객 유상운송 특례 활용 수요를 제시한 사업자에게 허가대수의 상한 범위에서 우선권을 줌
 - 마을버스 우선사업자는 (주)스프링클라우드, 로봇택시 우선사업자는 (주)오토노머스에이투지, (주)에스터블유엠 선정

6) 제주국제공항-중문관광단지 자율주행자동차 시범운행지구

- 제주국제공항과 중문관광단지를 연결하는 38.7km 구간과 중문관광단지 내 약 3km² 일대를 자율주행자동차 시범운행지구 지정 구간으로 지정함¹⁶⁾
- 관광객 대상 자율주행 기반 이동서비스 제공 및 지역 교통 문제 해결에 기여하고, 제주의 다양한 도로·기후·교통 환경에서의 자율주행 기술 실증 지원, C-ITS 인프라 활용을 통한 스마트 교통시스템 확산을 위한 테스트 베드 역할 수행을 목적으로 함



자료 : 제주특별자치도 보도자료(2020.11.24)

[그림 3-9] 상암 자율주행자동차 시범운행지구 지형도

- 자율주행자동차 시범운행지구에 수요응답형 스마트 리무진 셔틀을 2021년 5대, 2022년 30대로 유상운송 서비스 운영을 시행할 계획
- 서비스 운영 수요업체의 자율주행자동차 운영 전반에 대한 검증에서 적합 여부를 심사하게 되며, 해당 지구에서 여객 유상운송 허용, 자동차 안전기준 면제 등 규제 특례허가를 받아 '자율주행자동차법'에 따른 유상운송서비스 실증을 실시할 예정임

16) 제주특별자치도 보도자료, “제주도, 국토부 자율주행자동차 시범운행지구 지정”, 2020.11.24
국토교통부고시 제2020-904호

7) 판교 자율주행자동차 시범운행지구

- 경기도 성남시 분당구 및 수정구 일원인 판교제로시티 제1테크노밸리 구간이 자율주행자동차 시범운행지구로 지정되었으며, 총 연장은 7km임
- 자율주행 관련 기업 기술개발 지원 및 자율주행자동차 상용화 촉진, 자율주행자동차 기반 모빌리티 서비스 도입을 통해 교통 문제 해결에 기여하는 것을 목적으로 함



자료 : 국토교통부 보도자료(2021.04.27.)

[그림 3-10] 판교 자율주행자동차 시범운행지구 노선

- 자율주행자동차 시범운행지구에 1, 2차년도 단계적으로 총 35대를 계획하고 있음. 2021년 유상운송과 무상운송 허가대수는 각각 10대로, 2022년 유상운송 허가대수는 25대, 무상운송 허가대수는 10대로 계획하고 있음
- 첨단 산업단지인 판교테크노밸리를 아우르는 자율주행지원 인프라를 활용하여 자율주행 운송 모빌리티 생태계 거점 조기 조성을 목표로 하고 있음
 - 판교제1테크노밸리 내 수요응답형 택시서비스, 경기기업성장센터-판교제1테크노밸리 셔틀 서비스 등이 계획되어 있음

[표 3-4] 경기도 판교제로시티 자율주행자동차 시범운행지구 서비스(안)

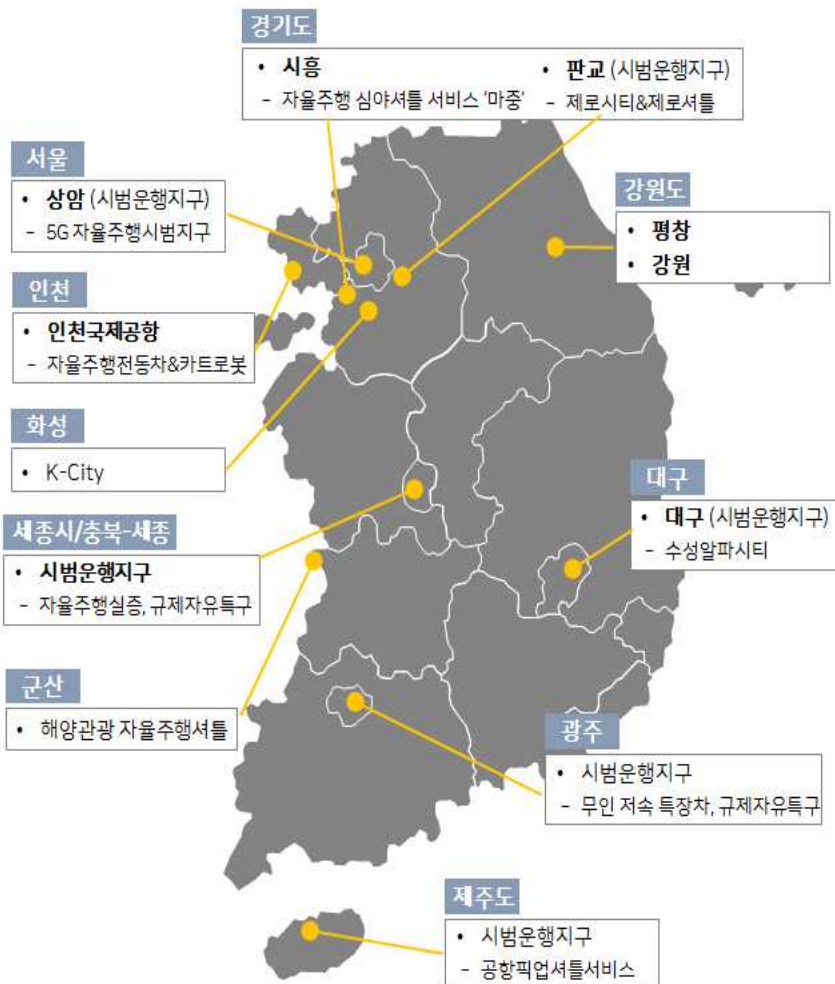
구분	내용
수요 응답형 유상운송	• 판교역~1밸리, 판교역~기업성장센터, 1밸리 내 순환 수요 응답형 서비스 • 제로셔틀-스마트모빌리티 등을 활용한 First&Last Mile 연계 서비스 • 고급 수요 응답형(First Clason Land) 프리미엄 모빌리티 서비스
셔틀 서비스(마을버스)	경기도 자율주행셔틀(제로셔틀) (판교지역에서 현재 실증 중)의 정규 셔틀 노선 운영을 통한 대중 접근성 및 사회적 수용성 확대

자료 : 국토교통부 보도자료, "자율주행 서비스, 판교에서도 본격 시동", 2021.04.27.

3.2. 자율주행셔틀 실증 사례

3.2.1. 국내 사례

- 국내 지자체들은 2018년 판교를 시작으로 서울 상암, 대구 수성알파 시티, 화성k-city, 세종, 판교, 군산 등에서 자율주행 실증을 진행하고 있음



[그림 3-11] 국내 자율주행 실증 지역

1) 판교 제로셔틀17)

- 판교 제로셔틀은 2017년 12월에 경기도와 차세대융합기술연구원이 제작한 공공 모빌리티 서비스를 위한 국내 최초 공공 자율주행자동차 실증 사례임
- 국토교통부 자기인증 및 임시운행허가가 완료된 차량으로 탑승 가능인원은 5인이며, 자율주행 레벨 4(제한속도 25km/h) 기준으로 서비스 실증을 진행 중에 있음
- 판교 제로셔틀 노선은 제2판교(경기기업성장센터)에서 판교역, 아브뉴프랑 까지 총 5.8km를 순환 운행하며, 1회 충전 시 100km 이상 주행 가능
- 운행을 통해 수집된 데이터들을 바탕으로 자율주행 중소기업, 스타트업들에게 기술을 지원하고 있음
- 판교제로시티는 자율주행 테스트베드로, 지도정보와 차량에서 수집된 데이터 등을 취합하여 자율주행 및 이벤트 상황 발생 시 처리 가능한 자율주행 관제 센터를 운영하고 있음



자료 : 경기도자율주행센터(<https://www.ggzerocity.or.kr/>)

김형주, “판교제로시티 자율주행 실증단지 운영사례와 시사점”, 국토 제469호, 2020.11

[그림 3-12] 판교 제로셔틀 및 운행노선

17) 김형주, “판교제로시티 자율주행 실증단지 운영사례와 시사점”, 국토 제469호, 2020.11

2) 서울 상암¹⁸⁾

- 서울시가 자율주행자동차 상용화 촉진을 지원하기 위한 「자율주행자동차 시범운행지구 운영 및 지원 조례」를 제정해 2021년 7월 20일에 시행함
 - 해당 조례를 통해 자율주행자동차를 이용한 유상 운송 면허 발급 절차와 기준 마련
 - 민간사업자 모집을 거쳐 2021년 10월부터 상암 일대를 순환하는 자율주행 버스, 자율주행자동차 이동 서비스 등을 계획 중에 있음
 - 현재 상암 자율주행자동차 시범운행지구에서 자율주행자동차를 이용한 유상운송 면허발급 절차와 기준 마련
- 서울시는 2022년 여객운송 뿐만 아니라 가구 등 무거운 화물과 마트에서 산 물건들을 집까지 배송하는 ‘자율차 화물운송’ 분야까지 서비스 확대 예정



자료 : 서울시 보도자료(2021.07.20.)

[그림 3-13] 서울 상암 자율주행서비스 활용 자율주행자동차

18) 서울시 보도자료, “서울시, 전국 최초 조례 제정, 10월부터 상암에서 영업용 자율주행자동차 운행”, 2021.07.20.

3) 대구 수성알파시티

- 대구시 수성구 대흥동 일대의 약 97만 m^2 으로 대구시와 대구도시공사가 스마트시티 전담 조직을 구성하였음. 수성알파시티의 스마트시티 기반 시설 및 플랫폼은 대구시에서 담당하고 있음
- 수성알파시티 내 도로 일부 구간에 테스트를 위해 자율주행 셔틀버스 3대를 투입할 예정이며, 자율주행 셔틀버스 맞춤형 인프라(정류장 및 종합 정보안내시스템 등) 구축 예정임
- 스프링카(Spring Car)라는 이름으로 프랑스의 나브야 차량을 들여와 운영 중이며, 최고속도는 25km/h, 좌석은 8개, 최대탑승인원은 15명으로 안전 요원 1명이 동승하여 운행함
- 운행 노선은 수성알파시티 내 순환 도로 2.5km 구간에 총 4개의 정류장을 설치하여 정차하도록 운영하고 있으며, 1회 운행 시 18분이 소요됨



자료 : 직접 촬영

[그림 3-14] 대구시 자율주행셔틀

- 대구 수성 지구내 순환 도로를 순차적으로 실증 서비스



구분	운행 모드	주행거리	주행속도	소요 시간
내용	순환	2.5km	15km	18분 (정류장, 인도대거, 건물 등 정차시간 포함)
운영 일정	2019년 8월부터 (스프링카/작신서울 순차적)			
운영 방법	- 하루 2~3회 상시 운영을 기반으로 구축 - 주 2,3회 운영에서 점차 확대 - 탑승 인원 1일 기준 : 50명 이내			



자료 : 대구광역시 보도자료(2019.8.19), '자율주행 셔틀버스 수성알파시티를 달린다!'

[그림 3-15] 대구 수성 알파시티 자율주행 운행구간 및 운영방법

4) 세종 자율주행셔틀

□ 세종중앙공원 자율주행셔틀 운영

- 세종중앙공원 셔틀 시작점인 장남들광장에서 출발하여 주차장까지 회차하여 왕복하는 노선으로 25~30분 정도 소요됨
- 국토교통부 자기인증 및 임시운행허가가 완료된 차량으로 탑승 가능인원은 5인이며, 자율주행 level4(제한속도 25km/h) 기준으로 서비스 실증을 진행 중에 있음



자료 : 세종시청

[그림 3-16] 세종중앙공원 자율주행셔틀 및 운행노선

□ 세종시 BRT 일부구간 대중교통서비스 운영

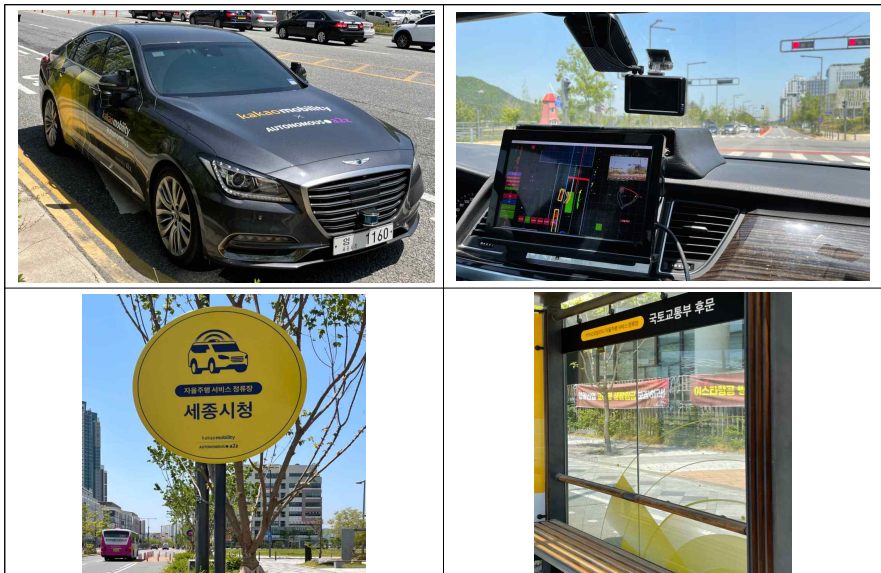
- 세종시 간선급행버스체계(BRT)에서 (주)오토노머스에이투지(Autonomous a2z)가 자율주행셔틀 미니버스를 기반으로 하여 유상 운송 서비스 운영 중
- 운영 노선은 세종테크노밸리에서 세종고속시외버스터미널까지 11km 구간이며, 최고 운행속도는 80km/h까지 인증을 받았으나 BRT 제한속도인 50km/h를 준수하여 운영하고 있음
- 이용요금은 1회 탑승 시 500원이며, 주간 운행은 월~금은 1일 4회, 야간 운행은 수, 금에 각각 4회 운영하고 있음
- 안전을 위하여 긴급상황에 대응할 안전요원이 탑승하고 있으며, 어린이보호 구역에서는 자율주행 모드가 자동 해제되어 운전자에게 권한이 넘겨지게 됨



[그림 3-17] 세종시 자율주행버스

□ 자율주행택시(DRT) 운영

- 카카오모빌리티와 자율주행 솔루션 개발업체인 (주)오토노머스에이투지 (Autonomous a2z)가 운영하고 있음
- 세종시 정부청사 인근 4km 구간 내에 국토교통부 후문, 세종시청, 조세 제정연구원 총 3개 승하차 지점만 이동하며 운행하고 있음
- 오전 10~11시, 오후 2~5시에만 예약 운행하고 있으며, 이용요금은 1회당 1,000원 임
- 총 4인이 탑승 가능하나 안전요원이 탑승해야 하므로 총 3인까지 탑승 가능함



[그림 3-18] 세종시 자율주행택시 및 정류장

5) 제주특별자치도

- 제주특별자치도는 2020년 11월 자율주행자동차 시험운행지구로 선정되었으며, 제주도를 방문하는 국내외 관광객을 대상으로 이동서비스를 제공하여 교통혼잡을 해소하고, 자율협력주행 인프라등을 활용한 서비스 실증을 위한 목적으로 추진함
- 대표 서비스로는 지정된 출발/도착이며 공항 인근, 중문관광단지 일원의 승하차 장소까지 운행하는 자율주행자동차 여객서비스를 추진 중임
- 2020년 5월부터 쏘카와 자율주행 기술 스타트업 라이드플러스가 함께 제주공항-쏘카스테이션 제주구간(왕복 5km)을 운행하는 자율주행 셔틀 서비스를 시범적으로 선보임
 - 매일 오전 8시부터 오후 10시까지 쏘카스테이션 제주 방문객 대상 무료 운영 중임
 - 탑승 인원은 최대 2인, 안전을 위해 운전자 탑승 필수



자료 : 쏘카 블로그

[그림 3-19] 제주 쏘카-라이드플러스 자율주행 셔틀

6) 시흥시

- 시흥시는 2020년 4월 ‘자율주행 모빌리티 서비스 시범사업’의 대상지로 선정됨. 60억 원 규모로 자율주행 심야 셔틀 서비스 ‘마중’이라는 모빌리티 서비스 시행
- 자율주행 심야 셔틀 서비스 사업으로 서울대 컨소시엄은 오이도역-시흥 배곧신도시 구간에서 심야 안전 귀가셔틀 서비스를 무상 제공할 계획임
 - 운행 노선은 4호선 오이도역에서 서울대학교 시흥캠퍼스 주변 일대를 잇는 자율주행자동차 시범운행지구에서 총 5개로 운영될 계획임
 - 자율주행자동차는 총 8대가 운행 될 예정임



자료 : https://img4.yna.co.kr/etc/inner/KR/2020/05/07/AKR20200507041700017_01_i_P2.jpg

[그림 3-20] 오이도역-배곧동 수요응답형 자율주행 심야셔틀 노선 계획안

7) 화성시

- 자율주행자동차 실험도시인 화성 K-City의 경우 자율주행자동차 기술개발 지원 및 안전성 검증을 위한 테스트베드, 반복 재현 평가가 가능한 실제 도로상황과 유사하게 실험환경 조성을 목표로 하고 있음
 - 5대 도로환경(자동차전용도로, 도심부, 커뮤니티부, 교외도로, 자율주차시설)
 - 35종 시설 구비: 톨게이트, 횡단보도, 신호등, 어린이보호구역, 비포장도로, 철도건널목 등
 - 신호체계(신호/비신호/점멸), 버스전용차로(중앙/가변), 스쿨존, 톨게이트, 터널, 회전교차로, 자전거도로/보도, 철도건널목 등



자료 : https://img7.yna.co.kr/etc/inner/KR/2017/08/29/AKR20170829070200003_02_i_P4.jpg

[그림 3-21] 자율주행자동차 실험도시 화성 K-City

8) 군산시

- 전북과 군산시가 해양관광형으로 도입한 자율주행 셔틀 서비스로 국내 최초 자율주행자동차를 이용하여 미래형 해양관광 인프라를 구축하고자 하고 있음
- 군산시는 스프링클라우드사로부터 자율주행버스 4대를 도입하여 2020년 5월부터 고군산군도와 선유도에서 운행 중으로, 시운전 운행 구간은 선유도 수원지 주차장에서 유람선 선착장까지 약 1.5km 구간 왕복 운행
 - 승차인원은 15인, 최대속도는 25km/h로 한번 충전 시 약 200km를 운행 할 수 있음
 - 주간에는 장자도-선유도 연계 노선으로 관광해설을 병행하여 운행할 계획이며, 야간에는 조명을 활용하여 선유도 내부 야경탐방으로 운행 예정
- 선유도 수원지에 자율주행 체험 존을 조성할 계획으로, 자율주행과 관광 서비스를 연계한 미래형 관광벨트로써 지역 경제 활성화와 고용 창출 효과 기대



자료 : https://www.domin.co.kr/news/photo/202004/1291782_409376_318.jpg

[그림 3-22] 군산 해양관광형 자율주행셔틀

3.2.2. 국외 사례

1) 미국

□ May Mobility 자율주행셔틀

- 기존의 자율주행자동차와 유사하게 LIDAR 센서를 이용하여 차량 주변의 상황을 파악하지만, 운행 루트에 설치된 다양한 센서에서 무선 신호를 수신하는 V2I(Vehicle to Infrastructure) 기술을 적용하여 안전성 높이는 특징이 있음
- 부동산 대기업인 Bedrock 직원을 대상으로 자율주행 셔틀 서비스 제공하고 있으며, 차량 및 유지 보수, 운영 인력 등을 패키지로 제공함
- 최대 속도는 40km/h, 탑승 가능 인원은 6인이며, 비상시에 대응하는 운전자가 동승함



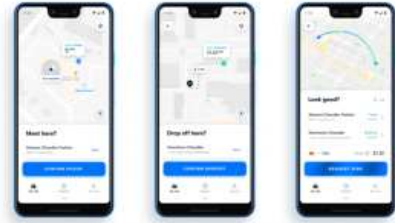
자료 : AXIOS

[그림 3-23] May Mobility의 자율주행셔틀

□ 구글 웨이모(Waymo) 자율주행 택시

- 2018년 12월, 미국 애리조나주 피닉스에서 구글의 지주회사 알파벳의 자율주행 택시 서비스 웨이모 원(Waymo one) 유료 서비스를 시작함
- 앱을 통해 자율주행 택시 서비스를 이용하도록 하고 있으며, 목적지를 입력하면 승차지점과 경로와 예상 비용이 표시됨

- 비상상황을 대비해 운전석에 사람이 탑승하지만 원칙적으로 모든 조작은 시스템이 하고 있음



자료 : EXTREME TECH(2018.12.5.)

[그림 3-24] 웨이모 원 택시 차량(왼쪽) 및 앱서비스(오른쪽)

2) 독일

- 2017년, 독일 바트 비른바흐((Bad Birnbach)에서 프랑스의 이지마일 (Easymile) EZ10 전기차를 이용하여 자율주행 미니버스 운영을 시작함
- 일반 시민들을 대상으로 무료로 운행하고 있으며, 매일 오전 10시부터 오후 6시까지 30분 간격으로 평균 9km/h(최대20km/h)로 운행하고 있음
- 독일 도로교통법에 따라 미니버스에는 안전요원(1인)이 상시 배치하여 언제든지 자율주행을 중단하고 수동으로 차량을 제어할 수 있어야 함



자료 : KOTRA(2017.11.06), 「독일, 자율주행 미니버스 근거리 대중교통수단 첫 운행 시작

[그림 3-25] 독일 바트 비른바흐 자율주행 미니버스

3) 프랑스

- 프랑스 자율주행 기업인 나브야는 정해진 경로를 따라 차량 스스로 이동할 수 있는 자율주행 셔틀을 개발하여 운행하고 있음
 - 자율주행 셔틀 사업은 유럽과 미국에서는 나브야가 직접 운영하고 아시아 지역은 국내의 스프링클라우드가 담당하고 있음
 - 자율주행 셔틀은 만드는 공장 자회사는 미국에 있음
- 레벨 4 이상의 자율주행이 가능하며, 운전대, 가속·제동 페달이 따로 없음
- 2017년 CES(Consumer Electronics Show)에서 운전자 없이 소규모 그룹의 관람객들에게 라스베이거스 다운타운에서 셔틀 서비스를 제공하였고, 현재 19개국에서 150대의 자율주행 셔틀을 운행 중에 있음

4) 스위스

- 스위스 스타트업 기업인 베스트마일(Bestmile)에서 나브야 자율주행자동차를 이용하여 자율주행셔틀을 운행하고 있음
- 2016년부터 출퇴근 시간에 무료로 7분 간격으로 2대 버스 정기 운행 중이며, 그 이외 시간에는 수요대응형으로 승객 호출 시 운행
- 차량 속도는 20km/h이며, 최대 11명을 수용할 수 있음



자료 : ETNEWS(2017.9.24), 「스위스에서 자율주행 대중교통 첫 정식 운행」

[그림 3-26] 스위스 시온(Sion) Postbus Smartshuttle

5) 스웨덴

- 스웨덴 시스타(KISTA)시에서 2018년 1월, 자율주행 버스 운영을 시작함
- 자율주행 버스는 가상 트랙을 사전에 기록하여 일반 차량과 동일한 노선에서 운행하며, 평일 오전 7시부터 오후 6시까지 운행함¹⁹⁾
- 최대 탑승 가능 인원은 12인이며, 평균 12km/h(최대 24km/h)의 속도로 주행
- 스웨덴 교통법에 의거 차량 내에 지정된 운전자가 항상 탑승해야 하며, 위급상황에 대처할 수 있도록 하고 있음



자료: Urban ICT Arena(2018.1.24)

[그림 3-27] 스웨덴 스톡홀름 자율주행 버스 차량 및 버스 정류장 표지판

6) 네덜란드

- 나브야 차량을 사용하여 네덜란드 내 병원(Ommelander Ziekenhuis)까지 약 1.5km 구간을 왕복하는 자율주행셔틀 서비스를 운영하고 있음²⁰⁾
 - 환자, 병원 방문객, 병원 직원 등을 대상으로 무료로 운행하고 있으며,

19) Urban ICT Arena(2018.1.24), 「Smart self-driving buses start operating in Kista!」, <http://www.urbanictarena.se/smart-self-driving-buses-start-operating-kista-today>

20) at north(2018.8.2), 「Autonomous shuttle bus at the Ommelander Ziekenhuis」, <https://www.autonoomvervoer noord.nl/en/on-the-road/autonomous-shuttle-bus-at-the-ommelander-ziekenhuis/>

병원 근무 시간에 맞춰 오전 9시부터 오후 5시까지 운행

- 안전에 대비하여 차량에 안전요원이 항시 탑승해야 함
- 자율주행 셔틀 이용자는 1,500명 이상이며, 실증 실험 이후 4.5km 노선 확장 예정



[그림 3-28] 네덜란드 자율주행 버스 정류장 및 자율주행 차량

7) 일본

□ 마에바시 자율주행버스

- 일본 최초의 자율주행 버스 상용화 실증 실험으로 마에바시역에서 조모선 JR 마에바시역 간 약 1km를 주 3~4일 하루 4회 왕복 운행함
- 차량 최대속도는 40km/h이지만 실증 실험은 20km/h 이내로 운행하였고, 요금은 성인 한 사람당 100엔을 지불하도록 함
- 차량 운전석에는 버스 기사가 탑승, 비상시 운전자가 직접 운전하도록 함



[그림 3-29] 일본 군마현 마에바시 자율주행버스

□ 히노판초

- 하네다공항 제2터미널에서 최대 28명까지 탑승 가능한 자율주행 버스 실증 진행
 - 운전자가 운전석 탑승을 전제로 자율주행 레벨 3 수준의 차량을 활용하여 총 600km를 30km/h 속도로 운행



자료 : 로봇신문(2019.9.23), 「일본 하네다공항, 자율주행 버스 실증 테스트 실시」

[그림 3-30] 일본 하네다 공장에서 시연한 ‘히노 판초’차량(좌) 및 시연 인프라 구축(우)

□ SB드라이브(SB Drive)

- 일본 내 초고령사회와 이동 문제 해결 등을 위해 2017년 3월 오키나와에서 자율주행자동차량 프로젝트를 진행함
 - 시험운행은 30km/h로 운행하였으며, 버스 정류장과 인도 사이를 10cm 이내로 정확하게 정차해냄
- 시험운행에 사용된 차량은 일본의 히노자동차 소형 버스인 ‘리엃세’를 개조한 차량으로 라이더, 카메라, 레이더 등을 장착하고 GPS를 활용하여 시험 운행 진행



[그림 3-31] SB드라이브 자율주행셔틀

□ 이지 라이드(Easy Ride)

- 닛산과 모바일게임 플랫폼 업체인 DeNA가 제휴하여 2018년 3월부터 미니토미라이 지구 주변에서 탑승객 300명을 지정하여 실증을 진행함
 - 실증 구간은 요코하마 월드포터스 쇼핑센터에서 닛산 복합단지까지 약 4.5km를 대상으로 함
- 안전에 대비하여 운전석에 관리자가 상시 탑승하며, 응급 상황 발생을 대비하여 관제센터에서 차량 상태 및 이용자 모니터링을 진행함
- 이지 라이드는 이용자 만족도, 운행노선 확대, 혼잡한 교통 상황에서 자율주행 가능 여부 등 충분한 테스트를 진행하고 본격적인 서비스를 제공할 계획



자료 : DeNA(2018.2.23), <https://dena.com/jp/press/003566>

[그림 3-32] 닛산과 DeNA의 이지 라이드(Easy Ride) 차량

8) 중국

- 중국 IT 기업인 바이두(Baidu)와 버스 제조사인 킹롱, 인텔이 협력해 상용 무인 자율주행 버스인 아폴롱(Apolong)을 개발함²¹⁾
 - 자율주행 레벨4 수준으로 운행이 가능하며, 핸들과 페달 없음
 - 차량은 1회 충전으로 100km 이상 주행 가능
 - 차량은 6인 좌석을 보유하고 있으나, 최대 14인 탑승 가능
- 2018년 11월, 아폴롱은 하이톈구 인공지능 공원의 서문과 공원 내에 위치한 놀이 공원까지 약 1km 구간을 15~20분 간격으로 운행함
 - 운행 속도는 10km/h 이며, 요금은 무료로 운영 함
 - ‘AI 미래공원’ 위챗(WeChat)을 통해 예약하여 체험 가능하며, 승객은 차량 내에 설치되어있는 스크린을 통해 운행 상황을 확인할 수 있고 승객이 안전벨트를 착용하면, 자동으로 문을 닫고 출발함
- 베이징, 톈진, 숭안신구 등 중국의 여러 지역에 상용으로 도입 예정임



자료 : Gasgoo(2018.11.23), 「Baidu conducts trial operation of Apolong L4 autonomous bus in Beijing」

[그림 3-33] 중국 하이톈구 인공지능 공원의 자율주행 미니버스 아폴롱

21) Gasgoo(2018.11.23), 「Baidu conducts trial operation of Apolong L4 autonomous bus in Beijing」, <http://autonews.gasgoo.com/70015403.html>(2019.04.01)

제4장

자율주행자동차 안전주행을 위한 요구사항 분석

LANDSLIDE INITIATION

&

제4장 자율주행자동차 안전주행을 위한 요구사항 분석

1. 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 계획 기본 방향

1.1. 요구사항 검토 분야 및 범위

□ 요구사항 검토 분야

- 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 요구사항 분석을 위해 관련 분야의 면밀한 검토가 필요함
 - 자율주행자동차, 도로 및 교통, C-ITS, 정밀지도

□ 자율주행자동차의 검토 범위

- 자율주행자동차는「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」 별표2(자율주행자동차의 종류)에서 정의하고 있는 A, B 유형을 대상으로 하며, 자율주행 3단계 이상에서 요구하는 기능을 검토함
 - 자율주행자동차 A형은 운전석에 운전자가 탑승하는 기존 차량의 형태를 가지며, B형은 별도의 운전석이 없는 형태를 가짐
 - C형의 경우는 B형과 같이 운전석이 없으나 물류 배송에 활용되는 자율주행자동차를 의미하고 있음

□ 도로 및 교통 분야 검토 범위

- 도로 및 교통 분야는 전통적인 도로 및 교통설계를 의미
- 자율주행자동차의 인지와 판단 프로세스와 관련된 안전 요소는 물론, 일반 자동차 운전자 및 보행자와 관련된 안전 요소 검토

□ C-ITS 검토 범위

- C-ITS에는 많은 서비스 분야가 있지만 본 연구는 자율주행자동차의 안전주행에 필요한 정보수집 및 공유, 대응 시스템 등으로 제한하며 그 필요성 검토

□ 정밀지도 검토 범위

- 정밀지도는 서비스 대상지역 내 셔틀과 DRT의 안전 주행을 위한 필요성과 그에 따른 요구사항을 검토함

1.2. 계획 및 설계의 기본 방향

□ 자율주행자동차의 운전 능력

- 2024년경의 자율주행자동차는 도로에서 운전이 가능한 수준으로 기능과 도로교통법의 엄격한 준수, 빠른 기술 발전에도 불구하고 상당 기간 인간의 운전 능력을 넘어서지는 못할 것으로 가정함
- 따라서 자율주행자동차를 초보 운전자 수준으로 가정하여 도로·교통, C-ITS, 정밀지도 등을 검토함

□ 일반 차량과의 도로 혼용

- 본 연구의 자율주행 셔틀 및 DRT 운행 경로는 편도 2차로와 1차로로 구성되어 있어 별도의 전용차로 조성이 어려움. 따라서 자율주행자동차와 일반 차량의 도로 혼용이 불가피함
- 따라서 동일 도로 내에 자율주행자동차와 일반 차량이 혼재된 상황을 고려하여 계획 수립

□ 운전자 또는 안전요원의 탑승

- 자율주행 기술의 빠른 발전과 기술수준 4단계의 기능이 가능할지라도, 긴급 또는 위험 등 특정 상황에서의 운전자의 개입이 현 단계에서는 불가피할 것으로 판단됨. 따라서 초기 자율주행 셔틀 및 DRT는 운전자 또는 안전요원의 탑승을 원칙으로 함
- 다만, 안정성이 충분히 입증되고, 완전 무인 자율주행에 대한 시민의 수용성이 높아진 이후에는 원격에서 자율주행자동차의 주행을 감시하고, 나아가 일반차량과 같이 별도의 감시 없이 사고나 고장 등의 특별한 상황에서만 조치를 취하는 단계로 발전해야 할 것임

□ 안전하고 심플한 도로교통 환경 구축

- 성남금토지구 및 판교제2테크노벨리는 자율주행 셔틀 및 DRT의 운영을 고려하여 조성된 지구가 아니므로 자율주행자동차에 최적의 환경이라고 할 수 없음. 따라서 도로 및 교통시설 등은 자율주행자동차의 운영으로 인한 교통사고를 예방하기 위하여 최대한 안전하고 심플한 환경이 되도록 하여야 함

□ 안전 지원 시스템의 최소 적용

- C-ITS는 안전에 있어서 매우 효율적이고 효용이 높은 시스템으로 한정하는 등 최소한의 적용을 원칙으로 함
 - C-ITS는 기본적으로 도로 현장의 센서와 정보제공 장치, 그리고 센터 관제시스템이 요구되는 등 시스템 구축과 유지에 많은 비용을 수반
 - 반면, 자율주행 셔틀 및 DRT에는 긴급한 상황 또는 위험한 상황에 대응하기 위해 운전자 혹은 안전요원이 탑승하며, 운행구간이 짧고 동일 노선을 반복 운행하기 때문에 불필요한 C-ITS 시스템은 제외하는 것이 바람직하다고 판단됨

- 정밀지도는 안전 주행을 지원하지만, 도로 및 교통시설의 실시간 변화에 대응하지 못하고, 또한 본 자율주행자동차 운행구간과 같은 단순 반복되는 동일 노선에서는 필요성이 낮을 수 있으므로 보다 명확한 검토 필요

2. 자율주행자동차의 기능적 요구사항 분석

2.1. 국내 관련 규정의 검토

1) 자율주행자동차의 안전운행 요건 및 시험 운행 등에 관한 규정²²⁾

□ 도로교통법 및 도로법의 준수

- 자율주행자동차는 운전조작 권한이 자율주행시스템에 부여된 시스템 우선 모드에서 「도로법」, 「도로교통법」을 포함한 모든 공공도로 주행 관련 제반 법령을 준수하도록 제작하여야 함

□ 시험운행 조건

- 임시 허가를 받기 위한 요건으로 실외 대기온도 0~45℃에서 시험 실시
- 눈, 우박, 안개, 연무 등의 악조건의 기상상태에서는 시험을 실시하지 않으며, 일광 및 양호한 기상조건에서 시험 실시
- 시험 도로의 폭은 최소 3.5m 이상 필요
- 시험 도로의 차선은 “도로교통법 시행규칙 제8조제2항 및 교통노면표시 설치·관리매뉴얼”에 적합한 재질로 제작되어야 하고, 시인성이 양호해야 함

□ 자율주행자동차 성능 요건

- 차로유지 모드
 - 직선구간 및 곡선구간에서 대상 자동차를 작동 가능한 최저속도로부터

22) 자율주행자동차의 안전운행 요건 및 시험 운행 등에 관한 규정(국토교통부고시, 2018.4.9 시행)

최고속도에서 20km/h를 뺀 속도까지의 범위에서 최소 2개 이상의 다양한 속도에서 타이어 접지면 외측이 차선 바깥쪽 모서리를 이탈하지 않아야 함

○ 차로변경 모드

- 양쪽 차선을 갖는 시험 도로의 직선구간에서 대상자동차를 70km/h 또는 작동 최고속도에서 20km/h를 뺀 속도 중 낮은 속도에서 임의의 자동차가 옆 차로 사각지대에 있을 때와 없을 때로 나누어 시험
- 사각지대에 그 임의의 자동차가 위치할 때에는 차로변경 모드가 중지되고 원래 차로를 유지하여야 하고, 위치하지 않을 때에는 차로변경을 정상적으로 완료하여야 함

○ 끼어들기(Cut-in) 및 빠져나가기(Cut-out) 모드

- 양쪽 차선을 갖는 시험 도로의 직선구간에서 대상자동차를 70km/h 또는 작동 최고속도에서 20km/h를 뺀 속도 중 낮은 속도로 주행
- 이때 임의의 차량이 대상자동차의 주행차로에 끼어 들 경우, 안전하게 감속시켜 차간거리를 유지하고 전방에 해당 자동차가 빠져나갈 경우 설정속도로 복귀해야 함

○ 정체상황 추종 및 해제 모드

- 양쪽 차선을 갖는 시험 도로의 직선구간 및 곡선구간에서 0km/h에서 약 30km/h까지의 다양한 속도에서 앞 차를 충돌 없이 안전하게 추종 하여야 하며 정체상황 해제 시에는 설정속도로 복귀하여야 함

○ 전방충돌방지 기능

- 양쪽 차선을 갖는 시험 도로의 직선구간에서 전방의 자동차를 70km/h 또는 작동 최고속도에서 20km/h를 뺀 속도 중 낮은 속도로 주행시킨 상태에서 앞 차량과의 거리를 약 60m로 유지
- 이때 앞 자동차의 제동장치를 최대한 빠르게 전개시킬 때 충돌하지 않거나 충돌이 완화되어야 함

2) 부분 자율주행시스템의 안전기준²³⁾

□ 자율주행시스템의 작동 및 해제

- 운전자가 부분 자율주행시스템(이하, 자율주행시스템)을 작동 및 해제하는 장치를 설치해야 함
- 자동차 시동 시의 자율주행시스템의 기본설정은 해제 상태이어야 함
- 부분 자율주행시스템은 운전자의 조향 입력, 제동페달 조작, 가속페달 조작이 있는 경우 자동으로 해제되어야 함

□ 차선 유지 기능

- 자율주행시스템은 주행차로 내에 자동차를 유지시키고 차선을 가로지르지 않아야 함
- 다른 도로 이용자의 혼란을 방지하기 위해 주행차로 내에서 안정된 횡방향 위치를 유지하여야 함

□ 전방 감지 기능

- 작동 중인 자율주행시스템은 다음의 전방 도로의 주행차로 및 인접차로에서 주행 중인 자동차와 차선, 도로 구조 등을 감지하여야 함

$$V_{smax} = -a \times t_{system} + \sqrt{(a \times t_{system})^2 + 2a \times S_{front}}$$

V_{smax} : 시스템의 지정최대속도(m/s)

a : 7.02 m/s² (젖은 노면 조건으로 실현가능한 감속도)

t_{system} : 0.3 초 (감속도 수준 도달 시까지의 시스템 지연)

S_{front} : 제작자가 정한 전방 감지거리

- 가령 50km/h인 도로에서는 전방 17.9m, 30km/h에서는 7.5m 내의 자동차, 차선, 도로 구조 등을 모두 감지하여야 함

23) 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」 별표 27

□ 앞차와의 간격 유지 기능

- 자율주행시스템은 감속하거나 끼어드는 전방의 다른 자동차 등과의 거리를 감지하고 아래의 공식을 이용하여 산출한 전방 최소안전거리를 최소 유지하도록 자율주행자동차 속도를 조절하여야 함. 가령 50km/h의 속도로 주행하는 자율주행자동차는 전방 자동차와의 간격을 최소 28m 유지하면서 주행하여야 함
- 자율주행자동차의 속도가 14.4km/h 이하의 저속에서도 전방 최소 안전 거리는 2미터 이상이어야 함

$$S = \max[\min(\text{VALKS} \times t_{\text{front1}}, \text{VALKS} \times t_{\text{front2}}), 2]$$

S : 전방 최소안전거리(m)

VALKS : 자율주행자동차의 실제속도 (m/s)

tfront1 : 대상자동차와 전방자동차간 시간차 (0.2+2.9×VALKS/36.1)(초)

tfront2 : 대상자동차와 전방자동차간 시간차 (2초)

□ 정지 기능

- 자율주행시스템은 자동차를 주행 중인 차로의 전방에 정지하고 있는 자동차가 있는 경우 그 자동차의 후방에 완전히 정지시킬 수 있어야 함

□ 충돌 회피 기능

- 자율주행시스템은 전방 자동차의 감속, 끼어들기, 전방 자동차의 차로 변경 후 갑자기 나타난 장애물 등 예상하지 못한 갑작스런 상황이 발생하는 경우, 임박한 충돌 위험을 감지하고 비상운행을 실시하여야 함
- 비상운행이란 운전자가 운전전환요구에 대응할 수 있는 시간이 충분하지 않은 경우로써, 제동거리를 고려하며 적절한 감속도로 감속하거나, 차로 내에서 비상조향 기능을 작동하는 것을 말함

□ 운전전환 요구 기능

- 전방 장애물로 인하여 자동차가 정지할 경우, 자율주행시스템은 운전자에게 운전조작을 요청하며, 4초 이내에 운전자의 운전조작이 없으면 비상점멸 표시 등을 점멸하여야 함
- 운전전환 요구를 한 때부터 10초 이내에 운전자의 대응이 없으면, 즉시 자율주행시스템은 위험 최소화 운행을 자동으로 시작하여야 함

□ 자율주행시스템의 위험최소화 운행

- 4m/s^2 를 초과하지 않는 감속도로 차로 내에 감속하고, 차선표시가 분명하지 않은 경우는 주변의 교통 및 도로 환경을 감안한 적절한 경로 내에서 감속하여야 함
- 위험최소화운행 시작 후 4초 이내에 비상점멸표시등을 점멸시켜야 하며, 운전자가 운전조작을 재개하지 않는 경우 자동으로 주행 차로 내에 안전하게 자동차를 정지시켜야 함. 단 차로변경이 가능하도록 설계된 자율주행시스템은 갓길 또는 사고 위험이 적은 차로로 차로를 변경하여 정지하여야 함

□ 자율주행시스템의 고장에 따른 대응

- 자율주행시스템은 전자제어장치 등의 오류나 센서의 단선, 전기신호 차단 등의 고장이 발생한 경우에도 안전에 중대한 위험이 발생하지 않도록 자율주행시스템의 이중화 등을 고려하여 설계하여야 함
- 자율주행시스템의 오류나 고장이 발생한 경우에도 운전자에 의한 운전조작이 가능하여야 함

□ 운전자 모니터링 시스템

- 운전자 모니터링 시스템은 운전자의 착석여부 및 안전띠 착용여부와 운전자의 운전조작 가능 여부를 항상 감지하여야 함

- 운전자 모니터링 시스템은 운전자의 활동이 없는 경우 즉시 운전전환 요구를 시작하여야 함

□ 자율주행정보 기록 기능

- 자율주행자동차의 작동과 해제
- 자율주행시스템의 운전전환 요구
- 비상운행의 시작비상운행의 종료
- 사고기록장치의 작동
- 충돌 인지
- 자율주행시스템에 의한 위험최소화운행의 시작
- 자동차로유지기능의 심각한 고장
- 자동차의 심각한 고장

3) 자율주행자동차 제작 안전 가이드라인²⁴⁾

□ 기능 안전

- 자율주행시스템의 설계 시 잠재적인 위험요인을 최소화하고 의도치 않은 위험 발생을 줄이기 위해 공인된 기준·표준 ISO26262에 따라 아래의 위험 요소를 확인하고 검증하는 방안을 제시하여야 함
 - 위험 요인 : 전기회로 단선, 센서 수신 장애, 소프트웨어 오류 등
 - 고장 유형 : 조향, 제동 등의 작동 이상, 주행위치 확인 오류 등
 - 위험 발생 : 차선이탈로 인한 타차량 충돌, 전방 보행자 인지 불가로 인한 사고 위험, 교통법규 위반 등
 - 대응조치 : 시스템 고장에 대비한 이중 설계, 시스템 고장 발생 시 셧다운, 무인 시스템의 경우 제어 센터의 긴급 제어 가동 등

24) 레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인, 국토교통부, 2020.12

□ 운행가능 영역

- 자율주행시스템 주행 환경 및 시스템의 안전한 작동과 관련된 운행가능 영역을 의미
- 자율주행시스템의 기능이 정상적이고 안전하게 작동될 수 있는 도로 유형, 지리적 범위, 기상환경, 속도범위 등을 명확하게 제시해야 하며 자율주행 시스템은 주행 중 운행가능 영역을 벗어나게 되는 경우 이를 인지하고 필요한 경우 알림과 함께 발생 가능한 위험을 최소화하도록 위험 최소화 운행을 하여야 함

□ 위험최소화운행

- 고장 또는 운행가능영역 이탈 등에 의해 자율주행시스템의 작동 및 제어 관련 기능이 정상적으로 수행되지 않거나, 정해진 목적지까지 운행이 불가능하게 된 경우, 시스템이 스스로 알아서 운행에 따른 위험을 최소화하기 위해 주행차로 내에서 감속 및 정차하거나 갓길 등으로 이동하는 등의 기능을 하여야 함

□ 사이버보안

- 자율주행시스템 사이버보안 관련 기준은 UN Regulation No.155(Cyber Security)와 국제 표준으로는 ISO/SAE 21434(Road vehicles-Cyber security engineering)가 있음
- 자율주행시스템은 아래와 같이 시스템 접근권한에 대한 제한, 통신·저장 데이터의 암호화, 해킹 방어체계 계층화, 메시지에 대한 보안 인증 등을 하여야 함
 - 시스템 데이터/코드를 보호하기 위한 접근 제어
 - 내부자 공격 위험 최소화를 위한 보안 제어
 - 무단 접근 방지 및 탐지 조치

- 수신하는 메시지의 신뢰성 및 무결성 검증
- 차량과 송수신하는 기밀 데이터 보호 조치
- 사이버 공격 탐지 및 복구 조치
- 내장된 바이러스/악성 코드로부터 시스템을 보호하기 위한 조치
- 악의적인 내부 메시지 탐지 조치
- 안전한 소프트웨어 업데이트 절차 사용
- 소프트웨어 보안 평가, 인증 및 무결성 보호 등

□ 통신 안전

- 자율주행자동차에 설치하는 통신장치는 국내·외 V2X 메시지와 기술 표준을 만족해야 하며 다른 전자장치로 인해 간섭받지 않는 강건한 연결성, 통신장치 관련 신규 기술과 기존 기술의 호환성, 송·수신 메시지의 신뢰성이 확보되어야 함
- 관련 국제 표준은 아래와 같음
 - 메시지 표준 : SAE J2735
 - 통신 계층 별 표준 : IEEE 1609 시리즈
 - WAVE 관련 표준 : IEEE 802.11p, SAE J2945 시리즈
 - C-V2X 관련 표준 : 3GPP Release 14~16 (LTE 및 5G V2X)

□ 자율협력주행

- 자율주행시스템의 통신장치를 이용해 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems)와 연계하여, 자율주행자동차의 운행과 관련된 도로 상황, 교통상황 및 기상상황 등을 검지하고, 주변의 도로를 통행하는 자동차, 보행자와 같은 객체에 대한 정보를 수집할 수 있어야 함
- 노변기지국의 통신영역 내에서 주변 자율주행자동차의 안전한 주행을 돕기 위해 도로상의 안전정보, GNSS 보정 정보 등 안전서비스 항목을 지속적으로 개발 및 표준화하여 자율주행 시스템의 안전 운행을 지원하여야 함

□ 무선 소프트웨어 업데이트(OTA: Over-The-Air)

- 자율주행시스템의 무선 소프트웨어 업데이트는 사이버보안을 준수하고, 업데이트 과정에서 오작동이나 시스템 셧다운 등에 의한 위험을 방지하도록 차량의 주행과 전력 상태, 사전 공지 후 운전자 동의 등 안전이 확보된 상황에서만 실행되도록 하여야 함
- 소프트웨어 업데이트의 목적, 기능상 변화, 안전기준 연관성, 업데이트 시행 방법 및 조건 등을 기록하여 문제 발생 시 추적을 통한 개선과 문제 재발을 방지해야 함

□ 주행상황 대응

- 자율주행시스템은 운행가능 영역 내 다양한 도로 교통 환경에서 주변의 객체를 인지하여 제반 법규 위반이나 사고위험이 없도록 판단 및 제어 수행, 이를 위해 객관적이고 충분한 확인 및 검증 절차 수행 필요
- 고장 등에 의해 시스템이 정상적인 성능을 발휘할 수 없거나 운행가능 영역 내에 있음을 명확하게 인지하지 못한 경우에는 작동이 제한되도록 하고 운행가능 영역 내에서 주행 중 발생하는 다양한 상황(보행자, 자전거, 타차량 등 도로상 객체와 끼어들기, 합류·이탈, 차로변경 상황, 좌·우회전 상황, 신호등 도로표식 등)을 감지하고 안전한 방법으로 적절하게 대응하여야 함
- 주행 중 안전사고 가능성을 최소화하는 방향으로 운행되어야 하며, 예기치 못한 상황(사고 위험상황, 역주행, 후방 추돌 등)이 발생한 경우에도 사고에 의한 위험을 최소화하도록 대응하여야 함

□ HMI(Human Machine Interface)

- 운전자, 탑승객 및 외부의 차량, 보행자 등에게 안전과 관련된 정보를 제공하는 장치로서 자율주행 기능의 작동·해제, 정상적인 작동 여부에 관한

정보, 안전과 관련된 성능에 관한 정보를 시각, 청각, 촉각을 통해 자율주행시스템 내·외부에서 충분히 인지할 수 있도록 표출하여야 함

□ 비상 대응(Fall-back)

- 자율주행시스템은 지속적으로 주변 상황을 모니터링하며, 고장이나 운행 가능 영역 이탈과 같이 더 이상 안전한 주행을 담보할 수 없는 상황이 발생하는 경우 이를 감지하고 HMI와 통신장치를 통해 내·외부로 알리거나 감속, 갓길 정차 등 위험최소화운행을 하여야 함

□ 사고 후 시스템 거동

- 자율주행시스템의 사고 발생 시 안전한 사고처리 및 사후대응이 가능하도록 과정을 절차화 하여야 함
- 자율주행자동차를 안전한 상태로 유지하며 심각도에 따라 동력이나 전력을 차단하고 대피시키는 등의 대응조치를 취할 수 있는 방안을 마련하고 무선 통신이 가능한 경우 관제센터, 응급센터, 경찰 등에 사고발생 상황을 전달하는 등 안전하고 조속한 사고처리가 가능한 방안을 마련하여야 함

□ 데이터 기록장치

- 자율주행자동차에는 데이터기록장치 설치를 통해 안전한 운행과 관련된 정보를 기록하고, 사고 발생 시 사고원인을 파악할 수 있도록 하여야 함
- 사고 발생 시 사고원인을 파악하고 책임소재를 명확히 하기 위해 자율주행시스템의 작동여부, 해제 원인, 제어권 전환요구, 비상운행의 시작과 종료, 위험최소화운행 시작, 고장상황 등 시스템 제어정보와 사고 전후 상황을 기록하여야 함
- 데이터의 기록 주기, 범위 및 항목 등에 대한 기술적 사항은 공인된 국내·외의 기술 표준인 자동차안전기준, UNECE/WP29 등을 따라야 함

2.2. 국외 자율주행 안전 규정

1) 미국의 자율주행 안전 가이드라인²⁵⁾

- 2017년 9월에 NHTSA가 발표한 V2.0에서는 자율주행 차량기술의 안전성에 대한 자발적 지침(Voluntary Guidance)과 주정부에 대한 기술지원(Technical Assistant to States)에 대한 내용을 제시
- SAE 기준 레벨 3부터 레벨 5까지 12개의 안전설계요소(12개의 자발적 지침)를 포함하고 있고, 2020년 1월에는 백악관과 US DOT가 공동으로 V4.0을 발표함²⁶⁾
- V4.0에서는 미국 정부 차원의 자율주행자동차 기술에 대한 10가지 원칙을 다음과 같이 제시하고 있음

[표 4-1] 미국의 자율주행 안전 가이드라인

No.	구분	내용	최소준수사항
1	시스템 안정성 (System Safety)	산업표준, ISO, SAE 등의 표준 기준을 준용하여 진행	ISO, SAE 협력 및 문서화
2	운영설계영역 (Operational Design Domain)	ADS 제한된 운행 가능 범위 (도로 유형, 지역, 속도, 범위, 날씨 등)	문서화
3	사물과 사건 감지 및 대응 (Object and Event Detection and Response)	특정 상황에서 ADS와 운전자 대응 방법	문서화
4	최소 위험 상태를 위한 대비책 (Fallback Minimal Risk Condition)	문제 발생시 최소위험상태로 전환 방법	문서화
5	검증방법 (Validation Method)	안전성 검증 방법론 개발과 이에 대한 시뮬레이션, 주행시험장, 실도로 시험 수행 방안	도로교통안전국, SAE 협력 및 문서화
6	기계와 사람 간 인터페이스 (Human-Machine Interface)	ADS의 운전자 정보전달 방법	ISO, SAE, ANSI (미국표준협회) 지침 준수

25) NHTSA, “Automated Driving Systems 2.0: A vision for Safety,” Sep. 2017

26) USDOT and White House Office of Science and Technology Policy, “Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0(AV 4.0)”

7	차량 사이버 보안 (Vehicle Cyber security)	자기진단능력을 보유하고 사이버 공격에 대한 대응 방법	문서화, 차량 정보 공유센터 등록 (Auto-ISAC)
8	충돌 시 피해 최소화 (Crash worthiness)	충돌 사고시 탑승객 보호 및 타 차량과 호환 방법	기업들이 시나리오 베이스로 결정
9	충돌 후 자율주행시스템 대응 방안 (Post-Crash ADS Behavior)	사고 후 ADS 안전한 상태로 전환 방법	사고 통지 센터에 유효한 정보를 전달하는 방법
10	데이터 기록 (Data Recording)	사고원인 평가와 데이터 저장	자체 결정 (best practice 또는 표준 준수)
11	소비자 교육과 훈련 방법 (Consumer Education and Training)	ADS 기능 및 시스템에 대한 한계 운전 훈련방법, 비상시 대처에 대한 훈련 방법	훈련 프로그램 개발 및 문서화
12	연방법, 주법, 지방자치법규 (Federal, State and Local Laws)	연방법, 주법, 지방자치 법규 관련 사항에 대하여 차량에 업데이트 방법	문서화, 향후 개정되는 법률에 대한 ADS 업데이트 프로세스 개발

2) 독일의 자율주행 안전 가이드라인²⁷⁾

- 독일은 「도로교통법(Road Traffic Act Amendment for AV(Automated Vehicle): Straßenverkehrsgesetz(StVG))」을 개정하여 운전자 탑승을 전제로 2017년 6월에 자율주행을 합법화함
- 2021년 5월에는 독일의 무인자율주행자동차 상용화를 위한 도로교통법 및 자동차의 무보험법 개정안(이하, 「독일 자율주행자동차법」이라 함)이 연방 상원의 승인을 받아 자율주행을 합법화함
- 「독일 자율주행자동차법」의 세부적인 내용은 아래와 같음
 - 자율주행자동차 운행 허가 요건: 자율주행자동차는 지정 구역 내에서 인간의 개입 없이 운행 가능해야 하고, 인간 생명 보호를 최우선으로 하는 사고방지시스템 및 유사시 위험을 최소화할 수 있는 기술적 조건을 갖추어야 함

27) www.bmbf.de/de/bundesregierung-bringt-mobilitaet-der-zukunft-voran-9041.html

- 자율주행 관련 당사자들의 의무: 자율주행자동차 관련 당사자 중 ① 보유자는 시스템 관리, 법규 준수, 사고 시 1차적 배상책임 및 보험가입 의무를 부담하고, ② 안전요원은 유사시에 운전해 개입하여 탑승자 및 다른 교통참여자들의 안전을 확보하여야 하며, ③ 제작사는 시스템 안전성 및 보안에 책임을 져야 함
- 자율주행 관련 필수 데이터의 기록 및 제공 의무: 자동차 보유자는 자율주행과 관련된 13가지 필수 데이터를 저장하고, 교통사고 등 자율주행시스템의 한계 상황이 발생한 경우 연방 자동차국에 해당 정보를 제공하여야 함

3) 일본의 자율주행 안전 가이드라인

- 일본 국토교통성은 2017년 12월에 자율주행자동차 안전대책검토 워킹 그룹 설립
- 2018년 4월에 자율주행 가이드라인을 공지할 계획을 세우고 2018년 9월에 ‘자율자동차의 안전기술 가이드라인’을 발표함

[표 4-2] 일본의 자율주행 안전 가이드라인

No.	구분	내용
1	운영설계영역	자율주행기능이 정상작동하는 조건(ODD)을 정의
2	시스템 안정성	설정된 ODD 범위(자율주행이 어려울 경우)를 넘어갔을 경우 시스템 정지 요구
3	보안기준	도로운송차량의 보안기준을 만족시켜야 하며, ISO국제표준을 따르는 것을 권장
4	기계와 사람간 인터페이스	운전자에게 자율주행 상황을 알리기 위한 HMI 기능 요구
5	데이터 기록장치	자율주행자동차 시스템상황과 운전자 상태의 로그데이터 기록장치 탑재 요구
6	차량 사이버 보안	UN(WP29)의 최신 요건을 만족한 설계 개발 방안

No.	구분	내용
7	무인자율차 안정성	무인서비스(레벨 4)는 추가적으로 관제센터에서 차량 내를 확인할 수 있는 카메라 탑재 요구, 비상 시 센터에 자동알림 기능 탑재 요구
8	안정성 평가	시뮬레이션, 테스트코스, 도로주행을 통한 검증으로 안정성 확보 요구
9	사용과정 안전 확보	시스템 점검 및 SW 업데이트 장치 탑재 요구
10	자율주행자동차 사용자에게 정보 제공	시스템 사용법, ODD 범위, 기능제한에 대해 이해 제공 요구

2.3. 테슬라의 오토파일럿과 FSD²⁸⁾

- 미국 테슬라의 자율주행시스템은 보급형이라 할 수 있는 오토파일럿 (Autopilot)과 프리미엄급인 FSD(Full Self Driving)로 나누어 있음
 - 테슬라 자율주행시스템의 하드웨어는 오토파일럿과 FSD 모두 동일하며, 8개의 카메라, 1개의 레이더, 12개의 초음파센서로 구성됨

□ 오토파일럿 기능

- SAE 레벨2 수준의 자율주행 기능을 제공함
- Traffic Aware Cruise Control : 스마트 크루즈 기능
- Autosteer : 차량의 중앙 유지 기능
- Automatic Emergency Braking : 다른 차량이나 장애물 등으로 인한 위험을 감지하고 긴급 정지하는 기능
- Front Collision Warning : 저속 차량 또는 정차된 차량에 충돌 위험을 경고하는 기능
- Side Collision Warning : 측면 차량 혹은 장애물과 충돌 위험을 경고하는 기능

28) <https://www.tesla.com/support/archive> (테슬라 홈페이지)

- Obstacle Aware Acceleration : 저속 주행 시 전방 장애물이 감지 될 경우 가속을 줄이는 기능
- Blind Spot Monitoring : 차로 변경 시 사각지대 내 차량 및 장애물을 감지하고 경고하는 기능
- Lane Departure Avoidance : 차로 이탈 방지 기능
- Emergency Lane Departure Avoidance : 차로 이탈 시 충돌 위험을 인지한 경우 원래 차로 복귀 기능

□ FSD 기능

- SAE 레벨3에 해당하는 자율주행 기능을 제공
- Navigate on Autopilot on the Highway : 목적지까지의 경로 안내 및 차로 변경, 신호에 따른 좌우회전 기능
- Auto lane change : 전방 장애물 회피 등을 위한 자동 차로변경 기능
- Autopark : 자동 주차 기능
- Summon(호출) : 사람이 문을 열고 나올 수 없는 비좁은 공간을 모바일 앱이나 자동차 키를 이용하여 차를 넣거나 빼는 기능
- Smart Summon : 12미터 거리 내에서 차주가 스마트폰으로 호출 시, 차량이 자율주행으로 차주에게 오는 기능
- Reverse Smart Summon : 차량이 스스로 주차 공간을 찾아 주차 하는 기능 (개발 중)
- Traffic and Stop Sign Control : 교통신호기, 정지선, 일시정지 표지 (표시), 좌/우회전 진행표시, 기차건널목, 양보표지 등을 인지하고 정지 혹은 서행하는 기능 제공. 또한 녹색신호 시 출발 또는 통과하는 기능 (단 비보호 좌회전 및 회전교차로 통과 기능은 개발 중에 있음)
- Autosteer on the City Streets : 도시 도로에서의 자동 차로 변경 기능 (개발 중)

2.4. 본 사업의 자율주행 기능 요구사항

□ 요구사항 도출 방향

- 대상도로 구간의 자율주행서틀 및 DRT의 자율주행 기능에 대한 요구사항은 앞서 살펴본 국내외 관련 규정 등을 참고하여 주행 성능을 결정함
- 주행 성능 외에도 안전주행에 필요한 도로교통법의 준수도 자율주행자동차가 가져야 할 기본적인 기능에 포함

□ 자율주행자동차의 기능적 요구사항

- 자율주행자동차의 기능적 요구사항은 [표 4-9]에 제시함

3. 도로 및 교통 부문의 요구사항

3.1. 자율주행자동차의 안전 주행에 영향을 주는 도로 및 교통 요인

□ 자율주행자동차의 상황 인지 능력의 한계

- 자율주행자동차는 주행 중 도로의 차선, 교통안전표지나 노면표시를 통해 도로의 구조를 이해하고, 출발, 감가속, 정지, 회전 등의 운전을 수행함
- 게다가 자율주행자동차는 「도로교통법」 등 법률이 정한 규칙과 기타 안전과 관련한 각종 규정을 정확하고 엄격하게 준수하도록 학습되고 프로그래밍 되어 있음
- 그럼에도 불구하고 자율주행자동차가 사물 혹은 사람을 인지하는 기본 원리는 라이다, 레이저, 카메라 영상 인지 기술에 기초하고 있기 때문에 인지의 실패 혹은 오인지 할 수 있는 환경이 발생할 수 있음

□ 자율주행자동차의 상황 인지 및 기타 안전주행에 영향을 주는 주요 요인들

- 교통안전표지 : 정지, 서행, 양보, 차량진행 방향, 제한속도 등을 지시하며, 인지 실패 시 교통안전에 큰 위험이 될 수 있음
- 교통신호기의 위치 : 우리나라는 버스와 같은 대형차량이 많아 전방의 교통 신호기를 볼 수 없는 경우가 있음
- 가로수 : 횡단보도 및 주요 건물 진출입로의 가로수가 보행자 혹은 차량을 가려 인지에 실패할 가능성이 높음
- 안전속도 5030 : 제한속도 감속에 따른 기존 교차로의 황색신호 재조정 필요
- 차로폭 : 차로폭이 지나치게 넓을 경우, 일반차량의 과속으로 교통류가 불안정해지고 교통사고 위험이 높아질 수 있음
- 차로수 변경 및 좌우회전 구간 처리 : 차로수가 변경되거나 좌우회전의 지점에서 자율주행자동차가 오인지 혹은 판단을 내리지 못할 수 있음

- 중앙분리대 처리 : 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」 중 [별표 27]의 ‘부분 자율주행시스템의 안전기준’은 중앙분리대 설치를 요구하고 있으므로, 그 필요성에 대한 검토 필요
- 기타 : 자전거도로, 주정차금지 지역, 교차로 시야 개방 등 안전주행과 관련된 요인들을 검토

3.2. 도로 및 교통 부문의 요구사항

1)交通安全표지

□交通安全표지의 기본 요구사항

- 交通安全표지는 「도로교통법 시행규칙」 제8조 별표 6(안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준)의 원칙에 따라 설치하도록 하고 있음. 특히 자율주행자동차와 일반차량이 공존하는 본 대상구간 도로에는 최대한 표지를 주의 깊게 설치하여야 함
- 交通安全표지 중 교통안전에 영향이 큰 표지에 대해서는 자율주행자동차가 인지하지 못하거나 오인지 하지 않도록 크기를 확대하여 설치 필요
 - 「도로교통법 시행규칙」 제8조 별표 6(안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준)에 표지 크기 확대비율을 제시함
 - 안전표지의 크기는 교통상황에 따라 기본 규격보다 확대할 수 있도록 하고 있으며, 자율주행자동차의 인지 실패 및 오류를 최소화하기 위해 1.3배 이상 확대하여야 할 것임

[표 4-3]交通安全표지의 크기 확대 비율

도로 종별	확대 비율
고속도로(자동차 전용도로 포함)	1.5배, 2배, 2.5배
일반도로	1.3배, 1.6배, 2배



[그림 4-1] 횡단보도 표지의 확대 예시

□ 주의표지에 대한 요구사항

- 주의표지는 도로상태가 위험하거나 도로 또는 그 부근에 위험물이 있는 경우에 필요한 안전조치를 하도록 알리는 표지
- 안전에 미치는 영향이 큰 다음의 표지는 설치 여부를 반드시 검토하고, 시인성을 높이기 위해 최대한 크기를 확대하여 설치하여야 함
 - 회전교차로 표지 : 자율주행자동차로 하여금 회전교차로 인지를 보다 명확히 하기 위해 시인성에 따른 설치 요건에 관계없이 대상도로 구간에 회전교차로가 있을 경우에는 반드시 표지를 설치하여야 함. 회전교차로 통행방법 안내 표지 및 양보 표지 등 관련 표지도 포함할 것
 - 횡단보도 표지 : 포장도로 유무, 교통신호기의 유무와 관계없이 반드시 설치하여야 하며, 특히 비포장도로 혹은 포장도로 중에서 신호기가 없는 경우에 설치하도록 하고 있음. 운전자로 하여금 전방에 횡단보도가 있음을 알리는 표지로 자율주행자동차의 안전 운전에 중요한 정보를 제공하고 있으므로 설치 필요성이 매우 높은 표지임



[그림 4-2] 주의표지

□ 규제표지에 대한 요구사항

- 도로 교통의 안전을 위하여 통행에 있어 각종 제한 및 금지를 알리는 표지
- 규제표지 중에서 다음의 표지는 설치 여부를 반드시 검토하고, 시인성을 높이기 위해 최대한 크기를 확대하여 설치하여야 함
 - 앞지르기금지 표지 : 대상도로의 편도 1차로 도로 구간과 같이 앞지르기로 인해 사고의 위험이 높은 지점 혹은 구간에 설치하여야 함
 - 주차금지 표지 : 대상도로의 편도 1차로 및 2차로 모두 주차금지 구간에는 주차금지 표지를 반드시 설치하여야 함
 - 정차·주차금지 표지 : 대상도로의 1차로 구간은 가급적 전 구간에 걸쳐 정차·주차금지 구간으로 설정하고, 표지를 설치하도록 함
 - 최저 속도제한 표지 : 대상도로에서 일반차량이 제한속도 이상으로 달릴 경우, 자율주행자동차와의 충돌 가능성이 있으므로 제한속도 표지 크기를 확대하여 설치하여야 함



[그림 4-3] 규제표지

□ 노면표지에 대한 요구사항

- 각종 주의, 규제, 지시 등의 내용을 노면에 기호나 문자 등으로 알리는 표지
- 앞서 주의, 규제, 지시표지에서 강조한 표지들은 노면표시를 통해 강조할 것

2) 교통신호기의 요구사항

□ 교통신호기의 설치 원칙

- 일반적으로 도로 통행 차량 중 버스와 같은 대형 차량 뒤에 정차할 경우, 전방의 교통신호기 인지가 어려움. 특히 자율주행자동차의 경우는 인지

실패 시 진행 자체의 판단이 불가능하므로 이러한 경우가 최대한 발생하지 않도록 하여야 함

□ 딜레마존

- 딜레마존(Dilemma Zone)이란, 교차로에 접근하는 차량이 황색신호를 보고 정지하려할 때 최대 감속도로 감속하여도 교차로 내에 정지하게 되고, 가속 페달을 밟아 최대 가속도로로 주행하여도 황색신호시간 동안 교차로를 통과하기 어려운 교차로 진입 이전 상류부의 일정 구간을 의미함
- 딜레마존이 발생하게 되는 것은 교통신호기의 위치가 교차로 진행방향 건너편에 있기 때문

□ 교통신호기 설치에 대한 요구사항

- 자율주행자동차가 어떤 상황에서도 교통신호기를 확인하고, 교차로 통과 중 딜레마존에 놓이지 않도록 교차로 진입 전 후 지점에 모두 설치하도록 함



[그림 4-4] 교통신호기 교차로 진입 전 후 지점 설치 예시

3) 가로수에 대한 요구사항

□ 가로수의 문제

- 가로수는 차도로 들어오는 보행자 혹은 차량에 대한 자율주행자동차의 인지를 방해할 수 있음
- 가로수의 줄기와 잎이 차도로 나올 경우, 자율주행자동차는 이를 도로 시설물로 오인할 수 있음
- 가로수는 교통안전표지를 가려 자율주행자동차의 인지를 방해할 수 있음
- 가로수로 인해 생긴 그림자를 자율주행자동차는 도로 시설물로 오인할 수 있음

□ 가로수 설치 방안

- 가로수는 교통안전에 장애가 되지 않도록 설치 시 최대한 유의하여야 함
- 횡단보도와 차량의 건물 진출입구 주변에는 설치하지 않아야 함
 - 특히 정지시거를 만족할 수 있는 거리만큼 자율주행자동차의 시야가 개방될 수 있도록 그 거리 이내에는 가로수를 가급적 식재하지 않도록 함
 - 운전자 정지시거는 일반적인 인지, 판단, 정지까지의 2.5초를 적용할 때, 제한속도 30km/h에서는 21m, 50km/h에서는 35m임
 - 「사람중심도로 설계지침」 제11조'에서는 30km/h에서 30m, 50km/h에서 55m를 제시하고 있음

[표 4-4] 사람중심도로 설계지침에서의 설계속도와 최소 정지시거

설계속도(km/h)	최소 정지시거(m)
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

- 대상도로는 자율주행자동차가 주거 지역을 중심으로 통행하므로 보행자 안전을 보다 적극적으로 고려할 필요가 있으므로 「사람중심도로 설계 지침」을 따르는 것이 타당하다고 판단함



[그림 4-5] 횡단보도 주변의 시야 개방

4) 안전속도 5030의 전면시행에 따른 교차로 설계에 대한 요구사항

□ 안전속도 5030의 개요²⁹⁾

- ‘안전속도 5030’은 보행자 통행이 잦은 도시부 지역의 차량 제한속도를 일반도로는 시속 50km, 주택가 등 생활도로는 시속 30km 이하로 하향 조정하는 정책³⁰⁾
- 1970년대 이미 유럽 교통 선진국에서 시작하여 OECD(경제협력개발기구) 37개국 중 31개국에서 이미 시행하고 있음
- 2017년 부산 영도구, 2018년 서울 4대문 안의 시범 운영을 통해 도로 교통법 시행규칙을 2019년 4월 17일 개정하였고, 2021년 4월 17일부로 전국적으로 전면 시행에 들어감
- 시범 운영 지역인 부산 영도구의 경우, 보행자 교통사고 사망자수가

29) 경찰청 보도자료(2021.04.16), “전국, 17일부터 ‘안전속도 5030’ 본격 시행”

30) 기존에는 1차로 도로는 60km 이하, 2차로 이상은 80km 이하로 제한속도를 규정할 수 있도록 하였음

37.5%가 감소하였으며, 서울 4대문 안에서는 보행자 교통사고 중상자수가 30%가 감소하는 등 일관된 사망·부상 감소 효과를 확인하였고, 특히, 2019년 11월부터 전면 시행한 부산의 경우 2020년 보행자 교통사고 사망자수가 전년대비 33.8%나 감소한 것으로 나타남

□ 안전속도 5030에 따른 교차로 정비의 필요성 및 요구사항

- 안전속도 5030 시행 이후, 제한속도가 시속 30km 및 50km로 조정된 교차로에서 황색신호시간 내에 교차로 통과가 어려울 것 같은 불안감 증대
 - 자율주행자동차의 경우도 예외가 아닌데, 속도 감소 정책에 따른 교차로 폭을 줄이거나 교통신호 체계에서 황색신호시간을 늘리는 등의 조치가 없었기 때문임
- 수식1에 따르면, 가령 시속 50km이었던 도로가 시속 30km로 조정된 경우의 황색신호 시간은 교차로가 크면 클수록 기존의 값보다 더 커야 함. 다시 말해 교차로 폭이 어느 일정 길이 이상이 되면 기존 황색신호시간으로는 교차로를 통과할 수 없다는 것을 의미함
 - ◆ [표 4-5]를 보면 교차로 폭이 5m~20m일 때의 황색신호시간은 제한 속도가 50km/h로 떨어진 경우는 교차로 폭에 관계없이 같거나 오히려 줄어드는 경향을 보임
 - ◆ 그러나, 30km/h로 떨어지면, 교차로폭이 15m 이상일 때 황색신호시간이 증가되는 경향을 보임

$$Y = t + \frac{v}{2a} + \frac{w + l}{v}$$

여기서, Y = 황색신호시간 (sec)
 t = 지각 반응시간 (보통 1.0sec)
 v = 교차로 진입자동차의 접근속도 (m/sec)
 a = 진입자동차의 임계감속도 (보통 4.5m/sec²)
 w = 교차로 폭 (m)
 l = 자동차길이 (보통 4~5m)

(수식 1)

[표 4-5] 제한속도와 교차로폭에 따른 황색신호시간

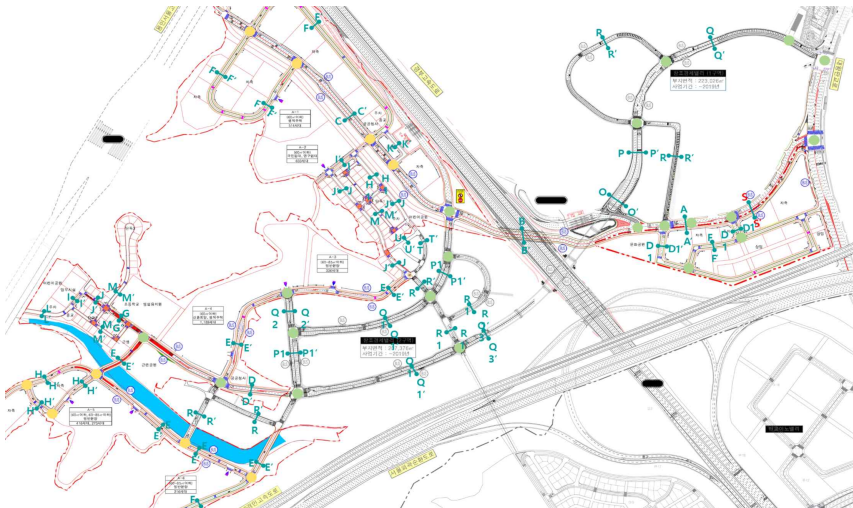
제한속도 변화	교차로 폭			
	5m	10m	15m	20m
70km/h	3.6	3.9	4.1	4.4
60km/h	3.4	3.7	4.0	4.3
50km/h	3.2	3.6	3.9	4.3
30km/h	3.0	3.6	4.2	4.8

- 따라서 대상구간 중 판교신도시, 판교제1테크노밸리, 판교제2테크노밸리 등의 기존 교차로에 대해 황색신호 시간 내에 안전하고 편하게 통과할 수 있도록 황색신호시간의 재조정 필요

5) 차로폭에 대한 요구사항

□ 대상도로의 차로폭 계획

- 대상도로 구간의 차로폭은 3.0m~3.25m로 구성되어 있음



[그림 4-6] 대상 지역 도로 계획

표준 횡단면도			
A - A' (25.0m도로) (탈레내로)		F - F' (15.0m도로) (학교앞)	
B - B' (22.0m도로) (탈레내로)		G - G' (15.0m도로) (학교앞)	
C - C' (20.0m도로) (탈레내로)		H - H' (12.0m도로)	
D - D' (20.0m도로)		H1 - H1' (12.0m도로)	
D1 - D1' (18.0m도로)		I - I' (11.0m도로)	
E - E' (15.0m도로)		J - J' (11.0m도로)	
		K - K' (10.0m도로)	
		L - L' (10.0m도로)	
		M - M' (8.0m도로)	

[그림 4-7] 대상 도로 구간의 횡단면도

□ 차로폭 설정 방향

- 자율주행자동차와 일반 차량이 같은 도로를 통행하고 있으므로 안정적인 교통 흐름이 매우 중요함. 다시말해 자율주행자동차와 일반차량이 제한속도를 유지하면서 동일한 속도로 주행할 수 있는 환경이 필요함
- 대상도로는 주거지역을 통과하는 2차로, 4차로 도로이므로 보행자를 보호할 수 있도록 차로폭을 통해 차량의 속도를 통제할 수 있어야 함

□ 안정적인 교통흐름과 보행자 안전을 위한 적정 차로폭

- 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 제10조(차로)에 따르면 도로의 설계 속도에 따라 차로의 최소 폭을 달리 규정하고 있음

[표 4-6] 설계속도와 최소 차로폭 기준

설계속도(km/h)	차로의 최소 폭(m)		
	지방지역	도시지역	소형차 도로
100 이상	3.50	3.50	3.25
80 이상	3.50	3.25	3.25
70 이상	3.25	3.25	3.00
60 이상	3.25	3.00	3.00
60 미만	3.00	3.00	3.00

[표 4-7] 설계속도와 최소 차로폭 기준

설계속도(km/h)	차로의 최소 폭(m)
60	3.00
50	3.00
40	2.75
30	2.75
20	2.75

- 자율주행자동차와 일반차량이 제한속도를 유지하면서 동일한 속도로 주행할 수 있는 환경과 보행자를 보호할 수 있는 환경을 제공하기 위해서는 ‘사람중심도로 설계지침’에서 정한 최소 차로폭을 적용하는 것이 타당하다고 판단됨

6) 중앙분리대

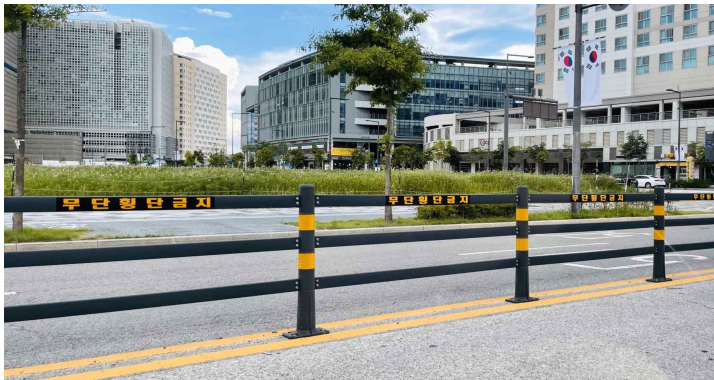
□ 중앙분리대 설치 필요성

- 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」 중 [별표 27]의 ‘부분 자율주행시스템의 안전기준’은 중앙분리대 설치를 요구하고 있음
- 자율주행시스템의 작동 시 중앙분리대 설치를 통해 반대방향으로 이동하는 교통수단을 물리적으로 분리하는 시설을 갖추 것을 요구하고 있음

□ 대상도로의 중앙분리대 설치

- 현재 계획된 대상도로는 2차로, 4차로로 구성되어 있으며 중앙분리대 설치 계획 없음
- 「도로의 구조시설 기준에 관한 규칙」 제11조(차로의 분리)에 중앙분리대의 설치 기준이 제시되어 있음
 - 4차로 이상인 도로에 중앙분리대를 설치할 수 있음
 - 중앙분리대의 폭은 100킬로미터 미만인 경우 도시지역에서는 1.0미터로 하고 있음

- 그러나, 대상도로는 제한속도 50킬로미터, 30킬로미터 등 저속 차로
이므로 상기 규칙에서 정한 1미터 폭의 중앙분리대는 과다한 시설이 될
것으로 판단됨
- 대신 무단횡단금지시설이 자율주행자동차의 반대편 차로로의 횡단이나 충
돌을 예방하는데 차선택이 될 수 있음
 - 보행자의 무단횡단, 차량 및 이륜차의 불법유턴을 방지
 - 야간 및 악천후 시 운전자의 시선을 유도
 - 자율주행자동차의 중앙선 인지를 명확히 할 수 있음



[그림 4-8] 무단횡단 금지시설 예시

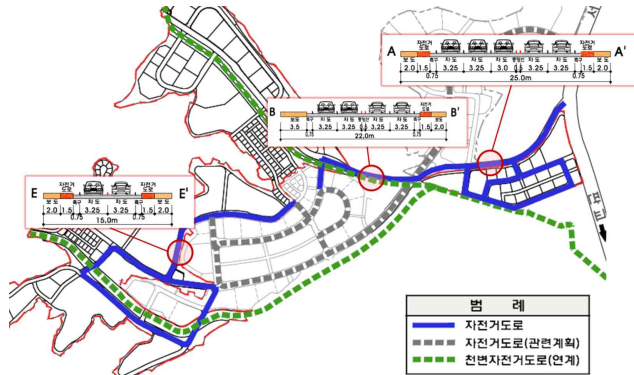
7) 기타 요구사항

□ 차로 상의 자전거도로

- 차로 위를 달리는 자전거(또는 킥보드)는 일반차량은 물론 자율주행자동차의
주행에 장애요인이 될 수 있음
 - 자전거는 자동차와 달리 순발력이 뛰어나 자율주행자동차에 의한 자전거
거동의 예측이 어려워 인지에 실패하거나 설사 인지했다라도 조치에
필요한 시간이 부족 할 수 있기 때문임
- 따라서 자율주행자동차의 안전 주행을 위해 대상도로 차로의 자전거 통행을
가급적 억제시켜야 하며, 이를 위해 차로와 완전 분리된 자전거전용도로나

보행자전거점용도로로 조성하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

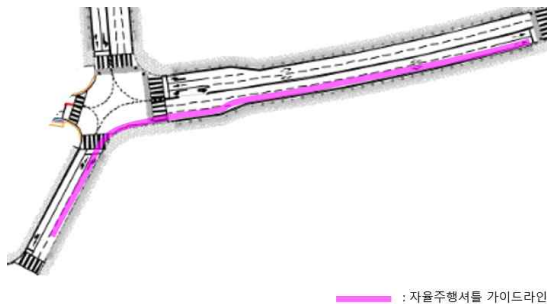
- 또한 자전거도로가 없는 도로 구간은 보도를 보행자자전거점용도로로 지정하여야 할 것임



[그림 4-9] 자전거도로 구간 예시

□ 차로수 변경 및 좌우회전 구간 처리

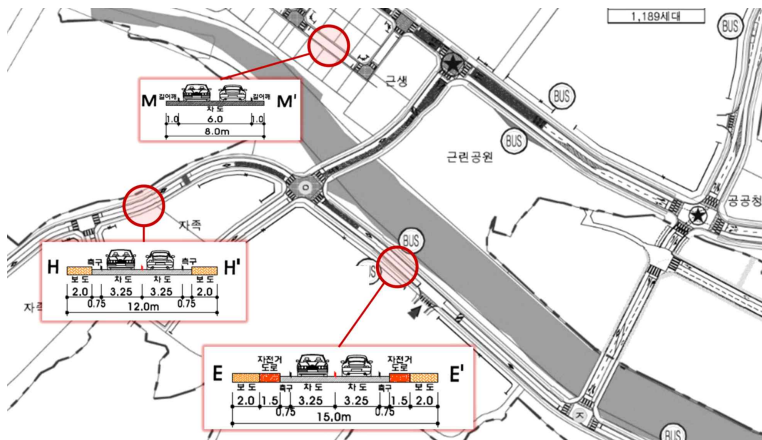
- 대상도로에는 자율주행자동차가 주행차로 선택에 혼란을 일으킬 수 있는 2차로와 4차로 연결 구간이 있으며, 차로를 확장되며 우회전 차로가 생기는 구간도 존재함
- 2차로와 4차로가 연결되는 구간이나 좌우회전 차로가 발생하는 구간에서는 자율주행자동차가 주행 차로 선택에 혼란이 없도록 차선 가이드라인을 표시하여야 할 것임



[그림 4-10] 차로 수 변경 구간

□ 대상도로 1차로의 주정차 금지

- 자율주행자동차는 전방의 차량이 주차 혹은 정차해 있을 경우, 편도 2차로에서는 차량 변경을 통해 이동할 수 있지만, 1차로인 경우에는 운전자와 같이 중앙선을 넘는 등의 융통성 있는 운전이 어려움
- 따라서 원활한 교통소통을 위해 1차로의 경우, 주차는 물론 정차도 금지하도록 설정하는 것이 바람직하다고 판단됨
 - 도로교통법 제32조(정차 및 주차의 금지)에는 횡단보도의 10미터 이내, 교차로의 가장자리나 도로의 모퉁이로부터 5미터 이내, 버스정류장의 기둥 혹은 표지판 등의 10미터 이내, 소방시설 등의 5미터 이내에서는 주정차를 금지하고 있음
 - 대상도로의 1차로는 전체의 주정차 금지가 필요하며, 법적 근거로는 도로교통법 제32조(정차 및 주차의 금지) 7호에서 당해 시 경찰청장이 도로의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 위해 필요할 때 할 수 있도록 하고 있음



[그림 4-11] 대상도로 편도 1차로 구간 예시

□ 교차로 시야 개방

- 교차로는 교통사고 위험이 늘 상존하고 있는 곳으로 측면추돌 및 횡단하는 보행자 사고가 높음
- 따라서 자율주행자동차가 측면에서 접근하는 차량이나 횡단하는 보행자를 교차로 진입 이전에 인지할 수 있도록 교차로의 시야가 완전 개방되도록 하여야 함
 - 가로수는 물론, 시야를 크게 방해하는 어떤 시설도 설치되지 않도록 하여야 할 것임



[그림 4-12] 차로 수 변경 구간시야 개방된 교차로(도쿄)

□ QR 코드(Quick Response Code)

- QR 코드는 7,890개 문자의 정보량 취급이 가능하며, 한글/영문/한자/기호 등 대부분의 문자 코드 처리가 가능함
- 동일한 정보량 기준 바코드의 10% 크기로 제작이 가능하고, 오류 복원력이 강해 코드 일부가 손상되어도 원래의 데이터 복원이 가능함
- 도로 상에 존재하는 중요 안전시설 및 교통안전표지 등을 QR 코드로 처리할 경우, 자율주행자동차의 인식률이 높고 많은 정보를 제공받을 수 있어 도로 안전 주행에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

○ 적용 방안

- 교통안전표지의 보조표지로 QR 코드 활용
- 자율주행자동차가 정차하는 정류장의 특정 위치를 지정하는데 활용
- 자율주행자동차의 시점 혹은 종점 등 특정 위치에 설치하여 해당노선 내의 공사 및 교통사고 등 실시간 정보를 제공



[그림 4-13] 도로 이정표의 보조표지로써 QR 코드 사용 예시

4. C-ITS

4.1. C-ITS란

□ 정의

- C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)는 차량이 주행 중 운전자에게 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등의 사고 위험 정보를 실시간으로 제공하는 시스템을 말함³¹⁾

□ C-ITS와 자율주행자동차의 관계

- 자율주행자동차와 인프라간 통신(V2I)를 통한 실시간 교통상황 및 돌발상황을 제공받고, 정밀 위치정보를 제공받으며, V2V를 통해서도 전방 차량의 급감속 및 정지를 실시간으로 제공받고, 차량의 접근이나 추돌 위험성에 즉각 대응할 수 있음



[그림 4-14] C-ITS 필요성

31) 국토교통부 C-ITS 시범사업 홍보관 (2021.06.28 검색); <https://www.c-its.kr>

□ 적용 검토가 요구되는 시스템

○ C-ITS는 15개의 기본 서비스로 구성됨

- 위치기반 데이터 수집, 위치기반 교통정보 제공, 요금징수, 도로위험구간 정보제공, 노면기상정보 제공, 도로작업구간 정보제공, 교차로 위험 경고, 우회전 안전운행 지원, 버스운행관리, 옐로우버스 운행 안내, 스쿨존 속도 제어, 보행자 충돌방지 경고, 차량추돌 방지 지원, 긴급차량 접근 경고, 차량 긴급상황 경고 시스템 등



[그림 4-15] C-ITS 15개 안전서비스

- 15개의 기본 시스템 중에서 적용성의 검토가 필요한 서비스는 ‘교차로 위험경고 시스템’과 ‘보행자 충돌방지 경고 시스템’이라고 판단됨
- 15개 기본 시스템은 대체로 대상으로 구간이 짧아 시스템 구축 효과가 높지 않음. 게다가 자율주행자동차와 관련이 없거나, 효과 대비 비용이 높은 시스템이 많고, 자율주행자동차 스스로 학습을 통해 대처할 수 있는 시스템이 상당수임
- 이중 교차로 위험경고 시스템이 필요한 것은 신호위반 차량이 교차로에 진입한 경우가 적지 않고, 이 경우 높은 속도로 접근하기 때문에 자율주행자동차가 사전에 인지할 필요가 있음. 또한 자율주행자동차가 전방의 버스나 트럭으로 인해 교통신호기를 놓칠 수 있으므로 신호 정보를 제공받을 수 있어야 함
- 보행자 충돌방지 경고 시스템 역시 필요함. 횡단보도에서 신호를 위반하며 건너는 보행자나 신호가 적색으로 바뀔 때 갑자기 뛰어드는 보행자의 행동을 자율주행자동차가 미리 예측하기 어렵기 때문에 이런 위험 정보를 자율주행자동차에 알리는 시스템이 요구됨
- 15개 C-ITS에는 포함되지 않지만, 대형차, 날씨, 기타 상황 등으로 인해 자율주행자동차가 신호를 인지 및 확인하지 못한 경우를 대비하기 위한 신호정보를 연계하여 제공하는 시스템이 필요

[표 4-8] 대상으로 구간에 대한 C-ITS의 적용 검토

자율주행자동차와 관련이 없는 시스템	자율주행 안전 관련 효과 대비 비용이 높은 시스템	자율주행자동차 스스로 학습 가능한 시스템	적용 필요성이 높은 시스템
요금징수, 버스운행관리	위치기반 교통정보 제공, 도로위험구간 정보제공, 노면기상정보 제공, 도로작업구간 정보제공	우회전 안전운행 지원 옐로우버스 운행 안내 스쿨존 속도 제어 차량추돌 방지 지원, 긴급차량 접근 경고, 차량 긴급상황 경고, 시스템	교차로 신호위반 위험경고 시스템, 보행자 충돌방지 경고 시스템, 신호 정보 연계 시스템

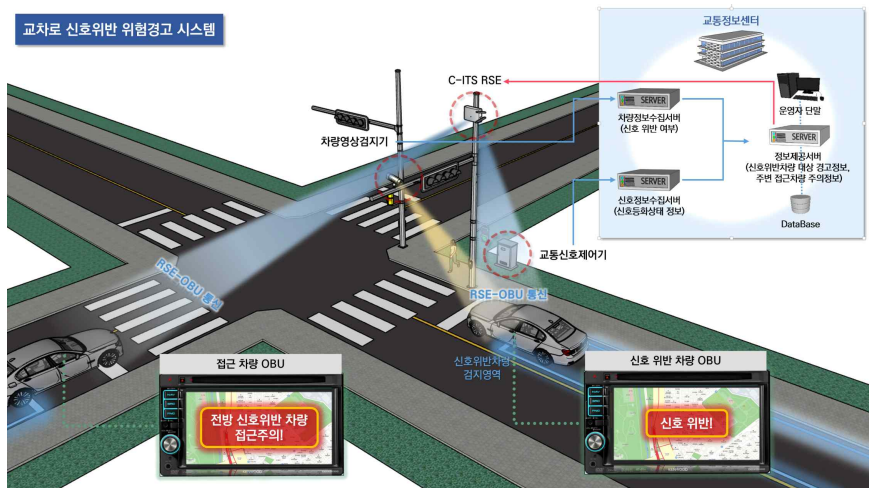
□ 교차로 신호위반 위험경고 시스템

○ 시스템 개요

- 비보호좌회전, 신호위반 차량의 교차로 진입을 인지하고 경고하기 위한 안내 시스템

○ 시스템 구성

- 시스템은 교통신호제어기, 신호위반 차량 정보를 제공하는 C-ITS RSE(Road Side Equipment)와 신호를 위반하고 있음을 신호위반 차량에 알리는 차량 OBU(On Board Unit), 정상적인 신호를 받아 접근하는 자율주행자동차를 감지하는 차량감지기와 신호위반 차량의 교차로 진입을 알리는 자율주행자동차 OBU 등으로 구성
- 신호위반 차량이 자율주행자동차가 아닌 일반차량일 경우에는 보급이 현실적으로 어려워 차량 내 OBU를 제외함
- 이외에 차량 감지 및 신호위반 여부를 판단하고 정보를 C-ITS RSE에 제공하는 정보처리 시스템이 필요



[그림 4-16] 교차로 신호위반 위험 경고 시스템

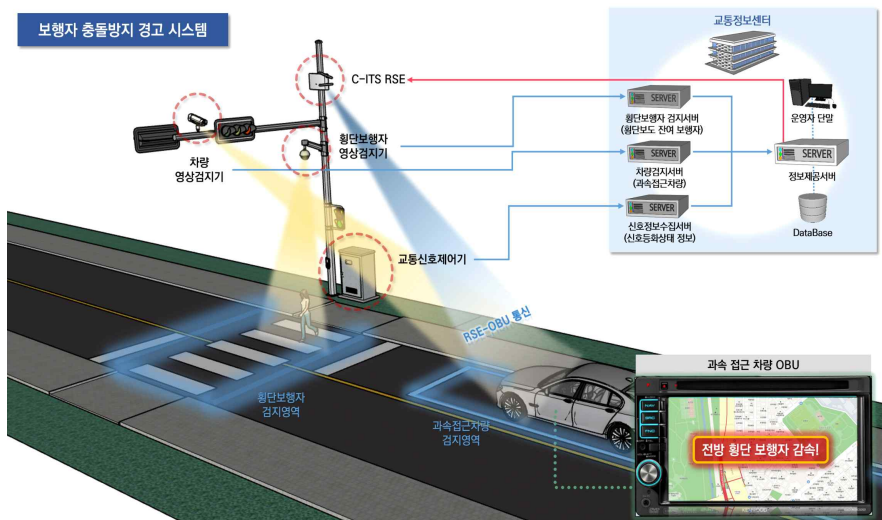
□ 보행자 충돌방지 경고 시스템

○ 시스템 개요

- 횡단보도를 횡단하는 보행자를 인지하고 경고하기 위한 안내 시스템

○ 시스템 구성

- 시스템은 교통신호제어기, 횡단보행자를 인지하는 보행자 검지기, 자율주행자동차의 위치 및 속도를 검지하는 차량 검지기, 보행자와 자율주행자동차를 인지하고 해당 차량 OBU에 관련 정보를 제공하는 C-ITS RSE로 구성
- 보행자와 접근 차량을 인지하고 해당 정보를 RSE에 전달하는 정보처리시스템이 필요



[그림 4-17] 보행자 충돌방지 경고 시스템

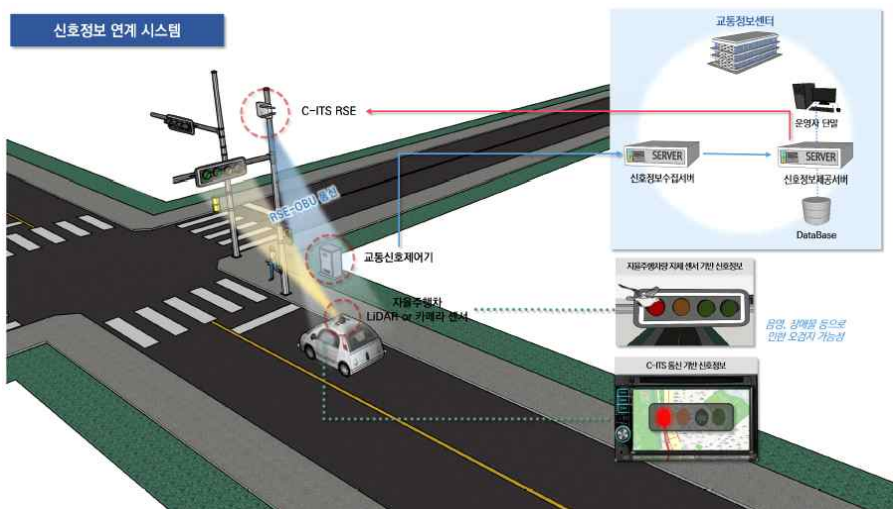
□ 신호 정보 연계 시스템

○ 시스템 개요

- 자율주행자동차가 신호를 확인하지 못한 경우의 교차로 신호정보 안내 시스템

○ 시스템 구성

- 시스템은 교통신호제어기, 교통신호 영상정보를 읽어 처리하는 자율주행 자동차 내 센서, 교통신호제어기의 신호정보를 정보처리 시스템으로부터 받아 자율주행자동차에 전송하는 RSE로 구성
- 교통신호제어기로부터 신호정보를 받거나, 교통신호를 생산하고 그 정보를 교통신호제어기와 RSE에 전달하는 정보처리 시스템이 필요
- 자율주행자동차는 센서로부터 인지한 신호정보에 기반하여 주행하며, 신호기를 정확히 인지하지 못한 경우 RSE로부터 받은 신호정보를 활용



[그림 4-18] 신호정보 연계 시스템

5. 정밀지도(High Definition Map)

5.1. 일반적인 정밀지도의 필요성

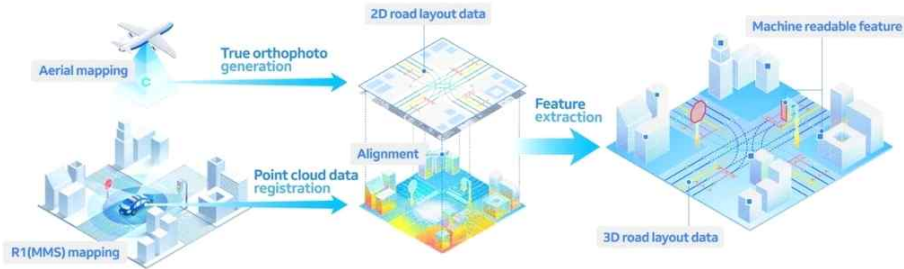
□ 정밀지도의 개념

- 정밀지도는 차선, 연석, 가드레일, 교통신호기 등의 위치, 도로의 선형, 횡경사, 종단경사 정보, 표지판의 위치 및 정보 등을 담고 있는 고정밀 지도를 말함
- 기존 지도보다 10배 이상 정밀하며 실제 도로와 10~20cm이하의 오차를 갖고 있음

□ 자율주행자동차에 있어서 정밀지도의 필요성

- 정밀지도는 자율주행자동차의 단점을 보완할 수 있음
 - 자율주행자동차는 GPS, 카메라, 라이다(LiDAR)로부터 차선, 도로 연석, 교통신호기 등을 감지하여 얻은 데이터를 통해 자기 위치를 측위하나, 이들 물리적인 센서들이 오인지 할 경우 안전에 문제를 일으킬 수 있음
 - 특히, 밤과 낮의 빛 조건, 가로수, 네온사인, 차량 후미등 등의 복잡한 도로 환경이 오인지의 원인이 됨
- 자율주행자동차가 자기 스스로 측위한 데이터와 정밀지도 상의 도로 시설 위치 데이터와 비교함으로써 도로 환경에 관계없이 주행 가능해짐
 - 자율주행자동차의 경로 안내 시 정밀지도는 자율주행자동차가 어느 차로에 있는지를 정확하게 알려주므로 좌우회전에 따른 차로 변경 등을 정확하게 할 수 있음
 - 자율주행에 필요한 도로 시설에 대한 상세 정보가 저장되어 있어, 자율주행 자동차가 익숙하지 않은 지역 내 도로 환경 정보를 쉽게 획득할 수 있음
 - 게다가 정밀지도 위에 교통정보를 얹는다면 가장 최적화된 경로를 안내 받을 수 있음

Hybrid HD Mapping



자료 : 네이버랩스(<https://www.naverlabs.com/storyDetail/113>)

[그림 4-19] 정밀지도 개념도

5.2. 본 대상도로 구간에서의 정밀지도의 필요성 검토

□ 정밀지도의 도입 타당성 검토 방향

- 자율주행자동차가 실제 도로를 주행하는데 있어 예측 불가능한 위험요소가 늘 상존하므로 정밀지도를 통해 안전 주행의 완성도를 높일 수 있음
- 다만 정밀지도가 자율주행의 필요충분조건이 아니므로, 지도 제작에 소요되는 비용, 도로 시설 변경에 따른 즉각적인 유지 관리 환경, 자율주행자동차의 주행 여건 등을 도입 이전에 충분히 검토해야 할 것임

□ 제작 비용 검토

- 정밀지도 제작에 소요되는 비용은 현재로서는 정확히 알 수 없으나, 구축 방법을 통해 가늠할 수 있을 것임
- 정밀지도 제작은 먼저, 고성능의 GPS와 LiDAR를 활용한 도로와 도로 시설물을 스캔하여 데이터를 수집하며, 수집한 데이터로부터 도로의 차로 및 시설의 위치 및 각종 선형정보 등을 추출하게 됨.
- 도로 전체를 고비용의 장치를 이용한 센싱과 데이터 처리 작업 등을 통해 수행해야 하므로 일반지도 제작비용보다는 상당히 높을 것으로 판단됨

□ 유지관리 비용 검토

- 유지관리에 있어서 교통표지판의 이동, 증설, 노면표시의 변화, 도로 선형의 변경, 도로 공사 등 도로 변화에 대한 실시간 반영을 위해서는 별도 조직이 필요할 수 있는 광범위하고 시급성이 높은 일이 될 수 있음
- 시 전체를 대상으로 하는 정밀지도인 경우에는 상시 조직을 통해 효율적으로 유지관리가 가능할 수 있지만, 규모가 작은 일부 도로만을 대상으로 할 경우에는 정밀지도의 유지관리는 비효율적인 업무가 될 것이라고 판단됨

□ 대상도로 구간의 자율주행자동차 주행 여건 및 도입 검토 결과

- 성남금토지구 및 판교제2테크노밸리 등 대상도로 구간을 주행할 자율주행자동차는 적어도 초기에는 운전자 혹은 안전요원이 탑승할 계획이며, 따라서 교통신호기, 안전표지 오인지에 따른 대응이 가능하며, 공사 등으로 인한 도로 선형의 변경에도 유연한 대처가 가능함. 다시 말해 자율주행자동차의 한계를 사람이 대처할 수 있음
- 자율주행자동차가 운행할 대상도로 구간이 짧고, 동일 노선을 반복 운행하는 셔틀과 DRT임. 따라서 정밀지도에 필요한 도로시설 정보를 자율주행자동차에 충분히 입력하고 학습시킬 수 있을 것으로 판단됨
- 대상도로 영역이 작아 정밀지도 제작 이후 관리 비용이 높아 오히려 운행에 부담으로 작용할 수 있음
- 따라서, 본 대상구간에 대한 정밀지도의 제작 및 도입은 현 단계에서는 적절하지 않다고 판단됨

6. 요구사항 종합

- 자율주행자동차의 성능, 도로 및 교통, C-ITS, 정밀지도에 대한 요구사항 검토 결과를 [표 4-9]에 종합하여 제시함

[표 4-9] 자율주행자동차의 안전 주행을 위한 요구사항 종합

구분	요구사항	비고
자율주행 자동차의 기능*	자율주행자동차 형태	운전자 혹은 안전요원의 탑승한 A형 또는 B형 타입의 자율주행자동차
	대기온도 조건	기온 -35도~45도에서 자율주행이 가능하여야 함 기상청 관측 최저 및 최고 기온 자료 참고 (-32.6도(1981.1.5, 양평, 41.0도(2018.8.1, 홍천))
	기후 조건	눈, 우박, 안개, 비 등의 열악한 기상상태에서도 자율주행이 가능하여야 함
	자율주행 기능의 작동 및 해제	운전자는 언제든지 자율주행 기능을 작동 및 해제할 수 있어야 함
	운전전환 요구	자율주행자동차는 자율주행이 어렵다고 판단 될 경우, 운전자에게 운전조작을 요청하는 기능을 갖추어야 함
	최고 속도	자율주행으로 최고 (50km/h) 이상을 주행할 수 있어야 함 대상구간 제한속도 기준
	차로 유지	주행 차로 내에서 안정된 횡방향 위치를 유지하여야 함
	전방 감지	전방 도로의 차량 및 도로시설 등을 정지 시기에 해당하는 거리 이전에 정확하게 감지하여야 함 - '부분 자율주행시스템의 안전기준' 적용 (50km/h → 17.9m, 30km/h → 7.5m) - 급정거 차량, 비보호좌회전 차량, 우회전 합류 차량, 역주행 차량, 신호위반 차량 및 보행자 감지 등 포함
	차로 변경	전방의 차량 및 도로시설을 피하거나, 좌. 우회전을 위해 인접 차로로 이동할 경우 안전하게 이동하여야 함
	자동 감속 및 정지	전방의 차량 및 도로시설, 보행자와 충돌 위험 시 즉각 정지하여야 함
	앞차와의 간격 유지	주행 시 앞 차와는 최소 안전거리 이상을 유지하여야 함 - 14km/h 이하 : 2m 이상 '부분 자율주행시스템의 안전기준'을 따름 최소 안전거리 산출 시 소숫

구분		요구사항	비고
		- 20km/h: 4m 이상 - 30km/h : 8m 이상 - 40km/h : 13m 이상 - 50km/h : 19m 이상	점 이하는 올림 처리함
	위험최소화 운행	운행에 따른 위험 발생 시 주행차로 내에서 감속 및 정차하거나 갓길 등으로 이동하는 등의 기능을 하여야 함	
	고장에 따른 대응	전자제어장치 등의 고장이 발생한 경우에도 안전한 주행이 가능하도록 자율주행시스템을 이중화하여야 함	
	자율주행 기록	자율주행자동차는 자율주행과 관련한 작동과 해제, 운전전환 요구, 교통사고, 위험 상황, 고장 등을 자동으로 기록하여야 함	
	사이버 보안 기능	시스템 접근 권한에 대한 제한, 통신·저장 데이터의 암호화, 해킹 방어체계 계층화, 메시지에 대한 보안 인증 등 사이버 보안 기능을 갖추어야 함	
	도로교통법의 준수	도로교통법에서 운전자에게 요구하는 일체의 규정을 엄격하게 준수하여야 함	
도로 및 교통 분야**	교통안전표지	기본 요구사항	도로교통법 시행규칙 제8조 별표6에 근거, 1.3배, 1.6배, 2배 까지 확대 가능
		주의표지	화전교차로 표지, 횡단보도 표지, 어린이보호 표지 등은 반드시 설치하여야 함
		규제표지	앞지르기금지 표지, 주차금지 표지, 정차주차금지 표지, 최저속도제한 표지 등은 반드시 설치하여야 함
		지시표지	횡단보도 표지는 반드시 설치하여야 함
		노면표지	주의표지, 규제표지, 지시표지 중에서 설치 필요성이 높은 표지들은 노면표시를 통해 강조하여야 함
	교통신호기	딜레마존을 없애고, 시야에서 놓치지 않도록 교통신호기를 교차로 전후 지점 모두에 설치하여야 함	
	가로수	1안) 횡단보도 및 차량의 건물진출입로를 기준으로 정지시거 이내에는 가로수를 설치하지 않아야 함 2안) 횡단보도 및 차량의 건물진출입로를 기준으로 전방 감지 범위 이내에는 가로수를 설치하지 않아야 함	1안) '사람중심으로 설계지침 기준' 정지시거 적용 - 제한속도 30km/h : 30m - 제한속도 50km/h : 55m 2안) 전방 감지 범위 이내 - 제한속도 30km/h : 7.5m - 제한속도 50km/h : 17.9m

구분		요구사항	비고
	안전속도 5030	판교신도시, 판교제1테크노밸리, 판교제2테크노밸리 등의 기존 교차로에 대해 황색신호 시간 내에 안전하고 편하게 통과할 수 있도록 황색신호시간 조정이 필요함	
	차로폭	자율주행자동차와 일반차량 간의 안정적인 교통흐름과 과속 방지를 위해 차로 폭은 최소 기준을 적용하여야 함	- '사람중심으로 설계자침 기준' 차로폭 적용 설계속도 30km/h : 2.75m 설계속도 50km/h : 3.0m - 다만, 자율주행자동차의 운전 능력을 고려할 때 2.75m의 적정 여부에 대해 면밀한 검토 필요
	중앙분리대	자율주행자동차의 주행 구간에는 중앙분리대를 요청하고 있으나, 대상도로 구간은 2차로, 4차로의 저속 구간이므로 무단횡단 금지시설로 대체함	전문가 의견 필요
	차로수 변경 구간	차로수가 변경되는 구간에는 자율주행자동차의 이용 차로에 대한 가이드라인을 표시하여야 함	
	자전거도로	자전거도로 상의 자전거 거동 예측이 어렵고, 자전거도로의 연결성이 미흡하므로 차로 상의 자전거도로는 보행자전거겸용도로로 대체하여야 함	
	1차로 주정차금지	원활한 교통소통을 위해 1차로 전체를 주정차 금지 구간으로 설정하여야 함	
	QR 코드(Quick Response Code)	이정표나 교통안전표지의 보조표지, 자율주행자동차가 정차하는 정류소의 특정 위치 지정, 공사 및 교통사고 등 실시간 정보 수집 등에 활용 가능	
C-ITS**	교차로 위험경고 시스템	비보호좌회전, 신호위반 차량의 교차로 진입을 인지하고 경고하기 위한 안내 시스템 필요	13개의 다른 C-ITS는 본 대상으로 구간 적용에는 비효율적이고 효과가 낮아 제외함
	신호 정보 연계 시스템	자율주행자동차가 대형차량 등으로 신호를 확인하지 못할 경우를 대비한 교차로 신호 정보 안내 시스템 필요	
	보행자 충돌방지 경고 시스템	횡단보도 신호 위반 보행자 등에 대처하기 위해 보행자 인지 및 충돌방지 경고 시스템 필요	
정밀지도		본 대상으로 구간의 정밀지도는 불필요하다고 판단함	운전자 혹은 안전요원의 탑승, 자율주행자동차의 운행 노선이 짧고 동일하여 관련 정보를 학습으로 대체 가능

* 민간 부문의 역할

** 정부 및 지자체 협의사항

제5장

교통시뮬레이션 구축 및 분석

LANDSLIDE INITIATION

&

제5장 교통시뮬레이션 구축 및 분석

1. 분석 개요

- 성남금토지구에 입주가 완료된 2024년을 시점으로 자율주행셔틀과 DRT 서비스가 도입 되었을 때 도로 네트워크에 미치는 영향과 서비스 도입 효과를 분석함
 - 서비스 별 목표 수단분담률을 설정하고(시나리오), 원활한 서비스 운영에 필요한 운영 규모를 도출함
 - 시나리오별 서비스 효과를 도출하기 위해 비교 군을 설정하여 비교 분석함
 - 자율주행셔틀 서비스는 성남금토지구의 도로네트워크에 미치는 영향 분석
- 장래 예측과 이용자와 차량 등 개별 주체의 특징을 반영하기 위해 미시적 교통 시뮬레이션을 활용함
 - 통행시간, 교통 정체, 신호현시 영향, 차선 변경 등에 따른 지체 등 교통 환경 반영
 - 이용자의 이용시간 및 위치 선택 등 이용자 특성 반영함
 - 이상의 미시적인 특성을 반영하기 위해 미시 교통 모델링 프로그램 VISSIM 활용
 - DRT 서비스는 VISSIM 네트워크에 기반하여 중학생의 학교 등교 패턴을 고려한 시나리오 기반의 DRT 운행 시뮬레이션을 수행함
- 각 서비스 도입을 위해 다음의 주요 항목을 분석
 - 자율주행셔틀 운영을 위한 최적 노선 및 정류장 위치
 - DRT 서비스는 가이드 노선을 선정
 - 적정 차량 종류(승차인원 기반)
 - 차량 공급 규모(Fleet Size)

- 배차 간격
- 차량 당 재차인원
- 1일 수송량
- 비교 대상 교통수단 대비 효과(OD 간 통행 시간)
- 자율주행셔틀 운행 시 통행속도, 통행시간, 지체수준 등 도로 네트워크 성능

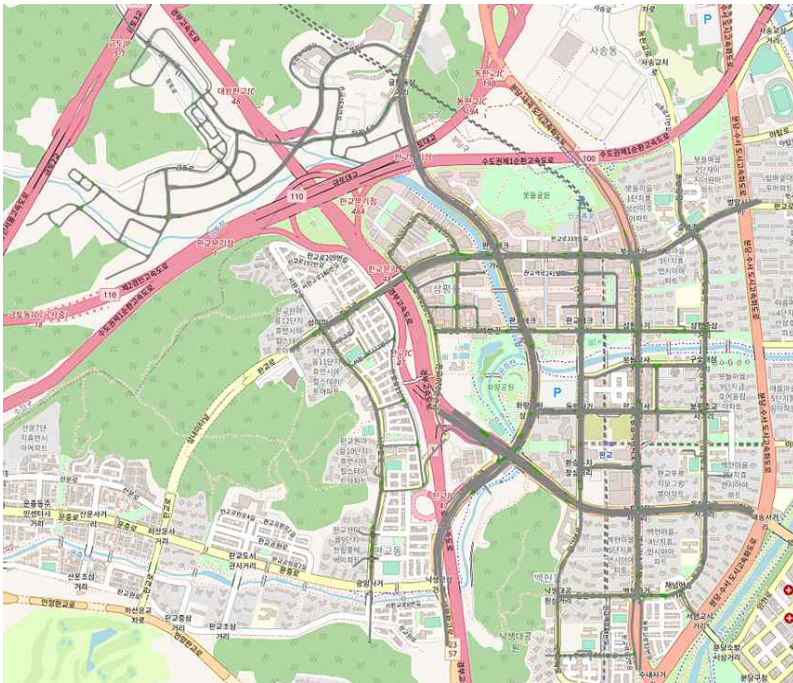
[표 5-1] 교통 시뮬레이션 수행 내용 요약

구분	자율주행셔틀 서비스	수요응답형 자율주행셔틀 서비스
목적	- 자율주행셔틀 서비스 운영 시나리오 검증 - 시나리오별 운행 효과 검증 - 성남금토지구 도로 네트워크의 교통흐름에 미치는 영향 분석	- 수요응답형 자율주행셔틀 서비스(DRT) 운행 시나리오 검증 - 시나리오별 운행 효과 검증
방법	미시적(Microscopic) 교통시뮬레이션	시나리오 기반 DRT 운행 시뮬레이션
주요 도출 항목	- 자율주행셔틀을 위한 노선 - 정류장 위치 및 환승지점 - 서비스 차량의 종류와 공급 규모 - 적정 수단분담률 - 비교 교통수단 대비 효과 - 자율주행셔틀 운행 시와 비운행 시 교통 지표 차이	- 서비스 차량의 종류와 공급 규모 (안전 통행노선) - 대중교통과의 적정 수단분담률 - 비교 교통수단 대비 효과
평가척도	- 수단분담 비율에 따른 OD 간(노선) 통행 시간 - 배차간격 - 차량 공급대수 - 평균 차량 당 재차인원 - 수단분담률 - 비교 교통수단 대비 단축 이동시간 - 통행속도, 통행시간, 지체도(자율주행자동차 운행 빈도에 의한 차이 등 고려) - 교차로에서의 단위시간당 통과 교통량 등	- 수단분담 비율에 따른 OD 간(노선) 통행 시간 - 배차간격 - 차량 공급대수 - 평균 차량 당 재차인원 - 수단분담률

2. 시뮬레이션 환경 구축

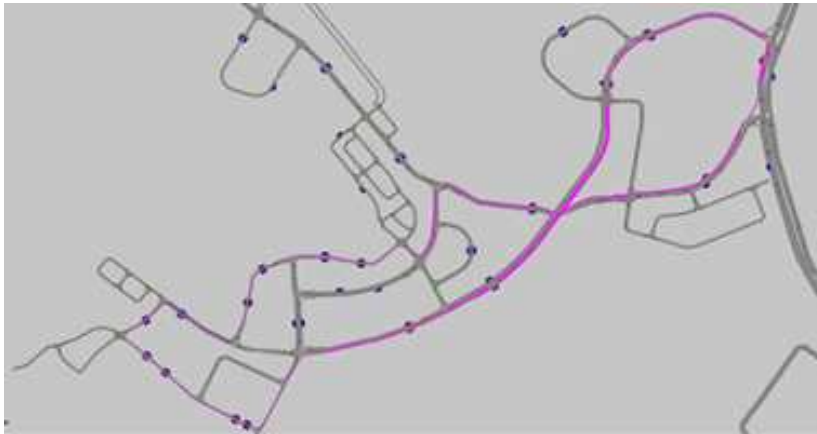
2.1. 도로 네트워크 구성

- 성남금토지구, 판교 제2테크노밸리, 판교역, 청계산입구역을 포함하는 지역의 도로 네트워크를 구축함
- 단, 시뮬레이션 수행에 지장을 주지 않는 범위에서 도로 네트워크는 최대한 단순하게 구현함
 - 성남금토지구와 판교제2테크노밸리 지역은 건설 예정 도로 네트워크를 성남시 금조지구의 토지이용계획을 참고하여 도로 기하구조 구축
 - 청계산입구역과 성남금토지구 구간은 셔틀 노선이 운행되는 도로만 구현함
 - 성남금토지구와 판교역, DRT 서비스를 위한 중학교 구간은 주요 도로 중심으로 구현(집산도로 및 이면도로 제외)



[그림 5-1] 대상지 도로 네트워크(VISSIM)

- 버스 교통을 위한 네트워크를 구성
 - 본 연구에서는 모델링 구역에서 운행하는 모든 버스가 아닌 자율주행 셔틀과 DRT 서비스와 서비스 영역이 겹치는 대표적인 버스 노선만을 반영함
 - ◆ 버스 노선은 자율주행셔틀과 DRT 서비스의 상대적 이익을 예측하기 위한 비교 서비스로 활용하기 위함

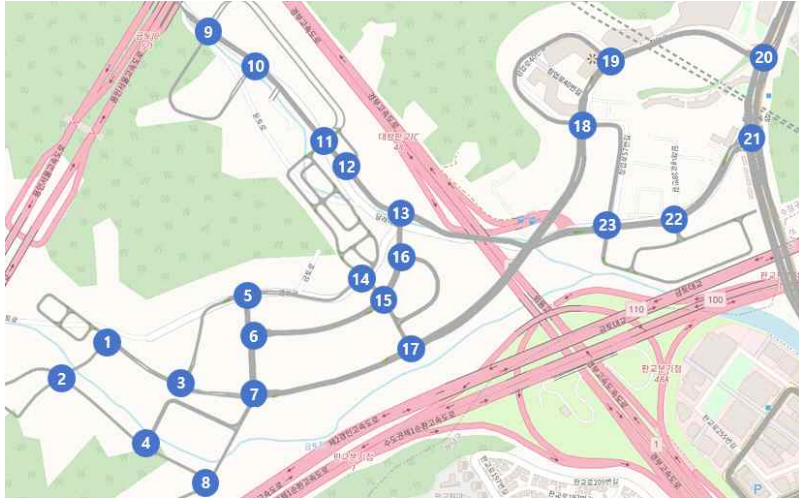


[그림 5-2] 버스 네트워크 구축 예시(금토지구 내부 순환노선)(VISSIM)

2.2. 입력 교통량

□ 성남금토지구 교통량

- 모델링 대상지의 교통량은 ‘성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가’ (2020)(이하 교통영향평가 보고서)의 자료를 활용함
 - 2025년 장래 예측 자료 중 첨두시인 7~9시와 14~16시 교통량 자료를 이용함
 - ◆ 교차로 번호는 모델링을 위해 임의 번호 부여함
- 금토지구의 교통량은 13-23-22-21-20 교차로를 연결하는 도로를 중심으로 형성([표5-2] 참고)



[그림 5-3] 금토지구와 제2테크노밸리 내 네트워크와 교차로 위치

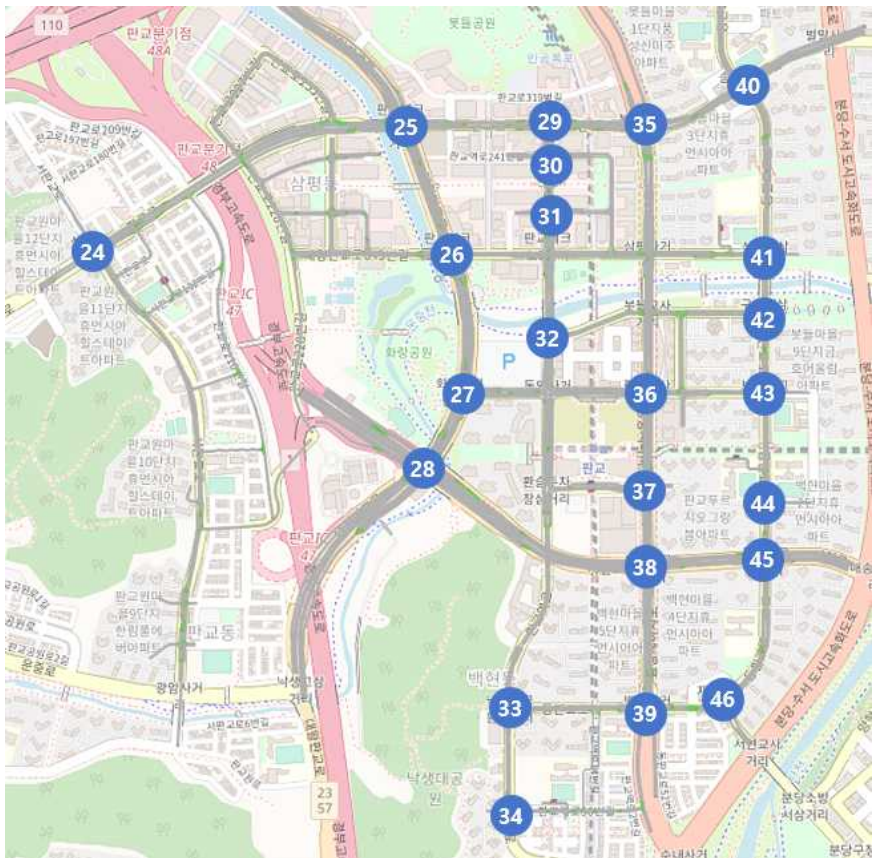
[표 5-2] 성남금토지구와 인근의 주요 가로 구간 교통량(양방향)

구분	구간	교통량(대/시)
1	① 신설교차로 ↔ ② 신설교차로	206
2	① 신설교차로 ↔ ③ 신설교차로	355
3	② 신설교차로 ↔ ④ 신설교차로	191
4	④ 신설교차로 ↔ ⑧ 신설교차로	132
5	③ 신설교차로 ↔ ⑦ 신설교차로	120
6	⑤ 신설교차로 ↔ ⑭ 신설교차로	320
7	⑨ 신설교차로 ↔ ⑩ 신설교차로	794
8	⑩ 신설교차로 ↔ ⑪ 신설교차로	444
9	⑫ 신설교차로 ↔ ⑬ 신설교차로	879
10	⑬ 신설교차로 ↔ ㉓ 신설교차로	2,610
11	㉒ 신설교차로 ↔ ㉓ 신설교차로	2,825
12	㉒ 교차로 ↔ ㉓ 교차로	2,526

자료 : 한국토지주택공사 (2020).「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

□ 판교지역 교통량

- ‘성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가’ (2020)의 자료를 활용함
- 판교신도시에서는 24-25번과 28-38-45번 교차로를 연결하는 도로를 중심으로 교통량이 다수
- 남북방향보다는 동서방향으로 교통량이 많음
- 자율주행서를 운행 예상 노선인 25-29-36축의 교통량이 전체 네트워크의 교통량 기준으로 중간 정도로 분석됨
- DRT 가이드 노선인 40-46번 교차로를 연결하는 도로는 교통량이 적은 것으로 분석됨



[그림 5-4] 판교지역 네트워크와 교차로 위치

[표 5-3] 판교 지역 주요 가로 구간 교통량(양방향)

구분	구간	교통량(대/시)
1	㉔ 교차로 ↔ ㉕ 교차로	9,372
2	㉕ 교차로 ↔ ㉖ 교차로	2,783
3	㉖ 교차로 ↔ ㉗ 교차로	4,342
4	㉕ 교차로 ↔ ㉙ 교차로	2,887
5	㉙ 교차로 ↔ ㉛ 교차로	6,423
6	㉙ 교차로 ↔ ㉛ 교차로	1,693
7	㉛ 교차로 ↔ ㉜ 교차로	1,128
8	㉜ 교차로 ↔ ㉝ 교차로	3,068
9	㉝ 교차로 ↔ ㉞ 교차로	5,950
10	㉞ 교차로 ↔ ㉟ 교차로	743
11	㉟ 교차로 ↔ ㊱ 교차로	333
12	㊱ 교차로 ↔ ㊲ 교차로	222
13	㊲ 교차로 ↔ ㊳ 교차로	247
14	㊳ 교차로 ↔ ㊴ 교차로	693
15	㉘ 교차로 ↔ ㉚ 교차로	8,490
16	㉚ 교차로 ↔ ㉜ 교차로	7,995
17	㉝ 교차로 ↔ ㉞ 교차로	4,575
18	㉞ 교차로 ↔ ㉟ 교차로	1,823
19	㉟ 교차로 ↔ ㊱ 교차로	2,312
20	㊱ 교차로 ↔ ㊲ 교차로	996

자료 : 한국토지주택공사 (2020).「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

2.3. 신호 현시

□ 성남금토지구

- 성남금토지구의 신호 현시 자료는 교통영향평가 보고서와 ‘판교창조밸리 교통영향평가서’의 데이터를 활용함
- 성남금토지구는 총 23개의 교차로가 있으며 8개의 점멸 교차로와 70~160초 주기를 갖는 신호 교차로로 구성됨

[표 5-4] 성남금토지구 내 교차로 신호현시

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
1				-	-	70
	20 (3)	16 (3)	25 (3)	-	-	
2	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
3				-	-	70
	25 (3)	12 (3)	24 (3)	-	-	
4	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
5					-	80
	22 (3)	22 (3)	12 (3)	12(3)	-	
6				-	-	100
	49 (3)	21 (3)	21 (3)	-	-	
7					-	100
	19 (3)	25 (3)	22 (3)	22 (3)	-	
8	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
9	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
13				-	-	100
	21 (3)	21 (3)	49 (3)	-	-	
14	-	-	-	-	-	점멸
	-	-	-	-	-	
15					-	100
	19 (3)	21 (3)	21 (3)	27 (3)	-	
16						100
	49 (3)	21 (3)	21 (3)	-	-	
17					-	100
	20 (3)	20 (3)	21 (3)	27 (3)	-	
18					-	100
	19 (3)	25 (3)	22 (3)	22 (3)	-	
19						100
	23 (3)	23 (3)	18 (3)	24 (3)	-	
20				-	-	160
	43 (3)	31 (3)	77 (3)	-	-	

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
21						160
	77 (3)	29(3)	25 (3)	-	-	
22					-	160
	67 (3)	46 (3)	20(3)	15 (3)	-	
23					-	160
	78 (3)	36 (3)	20 (3)	14 (3)	-	

자료 : 한국토지주택공사 (2020).「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

□ 판교 및 청계산입구역 지역 신호현시

- 판교 지역의 신호현시는 성남시 제공 자료를 활용함
- 24번에서 46번까지 23개의 교차로가 있으며, 신호 주기는 90~180초로 다양하게 구성됨
- 판교 톨게이트, 분당·내곡간 도시고속화도로 등이 도심지 내에 위치하고 있어서 많은 교통량을 처리하기 위해서 긴 신호 주기를 가짐
- 판교 지역은 지하철과 상가 등 변화가 지역으로 점멸 교차로는 없음
- 청계산입구역까지는 별도의 신호 교차로가 없음

[표 5-5] 판교지역 신호현시

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
24						150
	34 (4)	29 (4)	33 (4)	33 (4)	31 (4)	
25						180
	34 (4)	29 (4)	33 (4)	33(4)	31 (4)	

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
26					-	150
	53 (3)	24 (3)	37 (3)	24 (3)	-	
27				-	-	180
	90 (4)	39 (4)	39 (4)	-	-	
28					-	180
	51 (4)	26 (4)	52 (4)	35 (4)	-	
29						180
	67 (3)	22(3)	27 (3)	27 (3)	22 (3)	
30					-	180
	35 (3)	46 (3)	38 (3)	49 (3)	-	
31					-	180
	35 (3)	46 (3)	38 (3)	49 (3)	-	
32				-	-	150
	57 (3)	49 (3)	35 (3)	-	-	
33				-	-	90
	21 (3)	21 (3)	39 (3)	-	-	
34					-	90
	18 (3)	18 (3)	19 (3)	23 (3)	-	
35						180
	46 (4)	21 (4)	31 (4)	36 (4)	26 (4)	
36					-	150
	57 (4)	21 (4)	29 (3)	29 (3)	-	

교차로 번호	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	주기(초)
37					-	120
	26 (3)	26 (3)	25 (3)	31 (3)	-	
38					-	180
	79 (4)	21 (4)	41 (4)	23 (4)	-	
39						180
	56 (4)	34 (4)	16 (4)	28 (4)	26 (4)	
40					-	180
	79 (4)	21 (4)	41 (4)	23 (4)	-	
41				-	-	120
	59 (3)	26 (3)	26 (3)	-	-	
42				-	-	120
	31 (3)	31 (3)	49 (3)	-	-	
43					-	120
	42 (3)	12 (3)	27 (3)	27 (3)	-	
44				-	-	120
	31 (3)	31 (3)	49 (3)	-	-	
45					-	180
	79 (4)	21 (4)	41 (4)	23 (4)	-	
46				-	-	120
	31 (3)	31(3)	49 (3)	-	-	

자료 : 한국토지주택공사 (2020).「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

2.4. 주요 차량 제어변수(Parameters) 설정

- VISSIM 시뮬레이션 시스템에 적용되는 주요 변수를 정의함
- VISSIM에서는 차량의 운행 특성을 모델링하기 위해 차량추종모델(car-following model), 차로변경모델(Lane Change model), 운전자 특성(Driver Characteristics)을 정의할 필요가 있음
 - 특히, 도심 차량의 흐름(단속류)을 반영하기 위해 차량추종모델의 경우 Wiedeman 74모형을 선택함
- 자율주행자동차의 운행 특성을 반영하는 변수를 설정함
 - 성남금토지구에 도입하는 서비스는 모두 자율주행 기반이므로 시뮬레이션에서 자율주행자동차의 운행 특성을 반영할 수 있는 변수를 설정함
 - 자율주행 수준은 미국 자동차공학회(Society of Automotive Engineers ; SAE)에서 제시한 자율주행자동차 단계 레벨 3을 적용하였으며, 관련 변수는 선행연구를 참고하여 설정함³²⁾
- 세부적인 제어변수 값은 [표 5-6]과 같음
- 본 연구에서는 사업 시작 목표연도인 2024년에는 자율주행자동차의 운행이 보편적이지 않은 점을 고려하여 차량 간 통신과 군집주행(Platoon)은 적용하지 않음

[표 5-6] 자율주행자동차와 일반차량의 차량 제어변수(파라미터) 값

제어 변수			차량 유형	
			일반	자율주행
Car-following model (Wiedemann 74)	Standstill distance (m)		1.5	0.5
	Headway time (s)		0.9±0.2	0.5
Lane change	Min. headway (m)		0.5	0.2
	Safety distance reduction factor(%)		90	30
Driver Characteristics	Look ahead distance (m)	Min.	0	0
		Max.	250	500
	Desired Speed (km/h)	Lower bound	48	50
		Upper bound	58	50

32) 강민희 외, 2019; 육동형 외, 2018; ATKINS, 2016

2.5. 비교군 설정

- 자율주행서틀과 DRT 서비스의 효과를 파악하기 위해 비교군(비교 교통 수단)을 설정하여 비교 분석함
- 시뮬레이션 상에 비교 수단을 이용하는 이용자를 설정하고, 자율주행서틀 및 DRT 이용자와 동일한 기준으로 지표 도출 후 비교함

□ 자율주행서틀

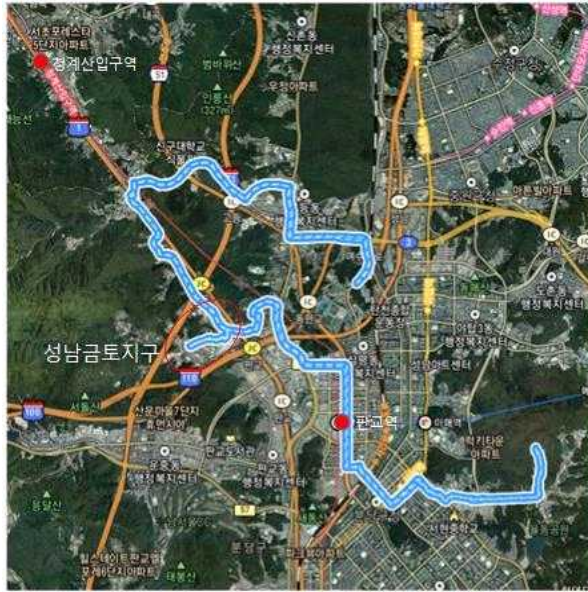
- 자율주행서틀의 비교군은 기존의 성남금토지구와 성남금토지구-청계산 입구역, 성남금토지구-판교역을 현재 운행하고 있는 버스로 설정함
- 성남금토지구-청계산입구역 방향의 비교 노선은 성남시 누리2 마을버스와 서울 4422번 지선버스로 설정함
 - 성남시 누리2 버스가 성남시 울동(국군수도병원)에서 서울 경계-성남 금토지구-판교역-성남시 사송동 지역으로 운행 중임
 - 청계산입구역방향으로는 직결 노선이 없어 1회 환승이 필수이며, 서울 4432번 지선버스가 성남시 경계-청계산입구역-서울 개포중학교 구간을 운행 중임
- 성남시 직행 3100번은 판교제2테크노밸리 경기기업성장센터-판교역-경기도 광주시 오포읍 구간을 운영하는 노선으로 본 연구의 노선 대안의 판교방향 세부 노선의 비교군으로 설정함
- 성남금토지구 내부 순환의 경우 현재 동일한 순환노선이 없으므로 비교는 생략함

[표 5-7] 비교 노선별 현재 이동시간(비첨두시간 기준)

구분		거리 (km)	구간별 이동시간(분)				총 이동시간 (분)
			버스1	도보(환승)	버스2	도보	
청계산입구역 방향 ¹⁾		11.9	20	4	6	3	33
판교역 방향 ²⁾	3100번	3.6	13	-	-	3	16
	누리2	3.5	13	-	-	4	17

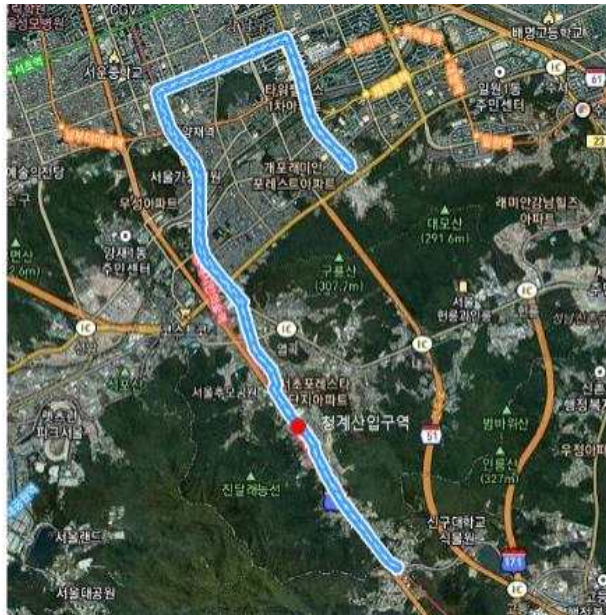
주 1) 기업성장센터정류장~청계산입구역 구간

2) 기업성장센터정류장~판교역동편 구간



자료: 카카오맵(2021)

[그림 5-5] 누리2 버스 노선도



자료: 카카오맵(2021)

[그림 5-6] 서울 4432 자선버스 노선도

□ 자율주행DRT

- DRT서비스의 비교군은 성남금토지구에서 목적지 중학교까지 운행하는 마을버스와 간선버스로 설정하고, 이용자의 목적지까지 이동시간을 비교함
- 낙원중은 현재 누리2번-누리4번-도보로 이동 가능하며 1회 환승이 필요함
- 삼평중, 보평중, 신백현중은 모두 누리2번 노선으로 이동 후 도보로 이동할 수 있음



출처: 네이버지도(2021)

[그림 5-7] 자율주행DRT 서비스 비교 노선

[표 5-8] 중학교별 현재 이동시간(비첨두시간 기준)

중학교	거리(km)	구간별 이동시간(분)				총 이동시간 (분)
		누리2	도보(환승)	누리4	도보	
낙원중	5.6	16	3	5	4	28
삼평중	4.8	18	-	-	7	25
보평중	5.7	21	-	-	11	32
신백현중	6.7	25	-	-	10	35

2.6. 분석지표

□ 자율주행셔틀

- 자율주행셔틀의 분석지표는 ① 셔틀 운영 관련 지표와 ② 자율주행셔틀의 운영에 의해 일반 차량의 흐름에 미치는 영향 관련 지표로 구분함
- 셔틀 운영 관련 지표는 각 목표 수단분담율, 차량유형(승차인원 기준)에 따라 다음과 같은 지표 값을 도출함
 - 차량 이동시간(서비스 시간)
 - 목표수송 (인원)
 - 배차간격
 - 소요대수
- 자율주행셔틀의 운영 효과를 파악하기 위한 지표는 다음과 같이 설정함
 - 비교군(비교노선) 대비 평균 이동시간 증감(분)
- 자율주행셔틀 운영이 일반 차량 흐름에 미치는 영향 관련 지표는 다음과 같음
 - 차량 평균 속도(km/h)
 - 차량당 평균 지체시간(sec/대)
 - 주요 교차로 평균지체시간(sec/대)

□ 자율주행DRT

- 자율주행DRT 서비스의 운영관련 지표는 다음과 같이 설정함
 - 차량 이동시간(서비스 시간)
 - 차량 당 재차인원(Occupancy rate)
 - 목표수송 (인원)
 - 배차간격
 - 소요대수
- 자율주행DRT 서비스 운영 효과 파악을 위해 비교노선 대비 평균 이동시간 증감(분)을 지표로 설정함

3. 분석 시나리오 구성

3.1. 시나리오 구성 개요

- 자율주행셔틀과 DRT 운행 시뮬레이션을 수행하기 위해 각 수단별 이용 수요를 예측, 노선 대안과 정류장 위치 선정, 서비스 시나리오 구성의 단계를 수행함
- 자율주행셔틀의 이용수요는 성남금토 공공택지지구 조성사업 교통영향평가 보고서를 기반으로 버스 총수요를 도출하고, 판교역과 청계산입구역 방향으로 이동하는 수요 고려함
- DRT 이용수요는 주거지역 가구수, 단지별 특징을 고려하여 중학생 수를 예측함
- 운행 시나리오에서는 목표 분담률, 노선대안, 차량유형, 배차간격 등을 조합하여 시나리오를 설정함
- DRT의 경우 중학생의 차량 이용 요청을 배분하는 가상 시나리오를 설정하여 수요응답형 서비스의 특징을 구현함

3.2. 이용수요 예측

1) 자율주행셔틀 이용수요 예측

- 교통영향평가 보고서의 2025년도 기준 해당 지구의 계획인구 약 8,776인 (3,671세대)를 기준 인구로 설정함
- 2025년도의 통근 시 수단통행 분담율은 승용차 40.7%, 택시 6.3%, 버스 39.7%, 기타 13.4%로 분석됨
- 따라서 교통영향평가 보고서에서 제시하는 2025년도의 버스 수단통행 분담율인 39.7%를 적용하여 자율주행셔틀의 총이용 가능 수요로 추정함
- 판교역과 청계산입구역 방향으로의 환승 수요는 각각 판교방향과 서울

방향으로의 이동 수요라 정의하고, 교통영향평가의 자료를 활용함³³⁾

- 사업지 주변지역에서 외부로의 현장 조사된 가로 이용 통행패턴과 접근 편의성을 검토하여 방향별 접근 비율을 일부 조정함
- 총 자율주행서틀 이용인구 1,903명, 판교방향 이용인구 161명, 청계산 입구역 방향 이용인구는 421명으로 예측됨([표 5-9])

[표 5-9] 총 버스 이용수요와 방향 통행 수요 예측

거주지역	거주 인구수 (인)	거주지 내 통근자수 ¹⁾ (인)	버스 통근자수 ²⁾ (인)	방향별 통행량(인)	
				청계산 입구역 (서울 방향) ³⁾	판교역 (판교 방향) ⁴⁾
A1	822	449	178	15	39
A2	1,583	864	343	29	76
A3	840	458	182	15	40
A4	3,032	1,654	657	56	145
A5	1,723	939	373	32	82
A6	540	294	117	10	26
R1	133	72	29	2	6
R2	70	38	16	1	4
R3	33	17	8	1	2
계	8,776	4,785	1,903	161	421

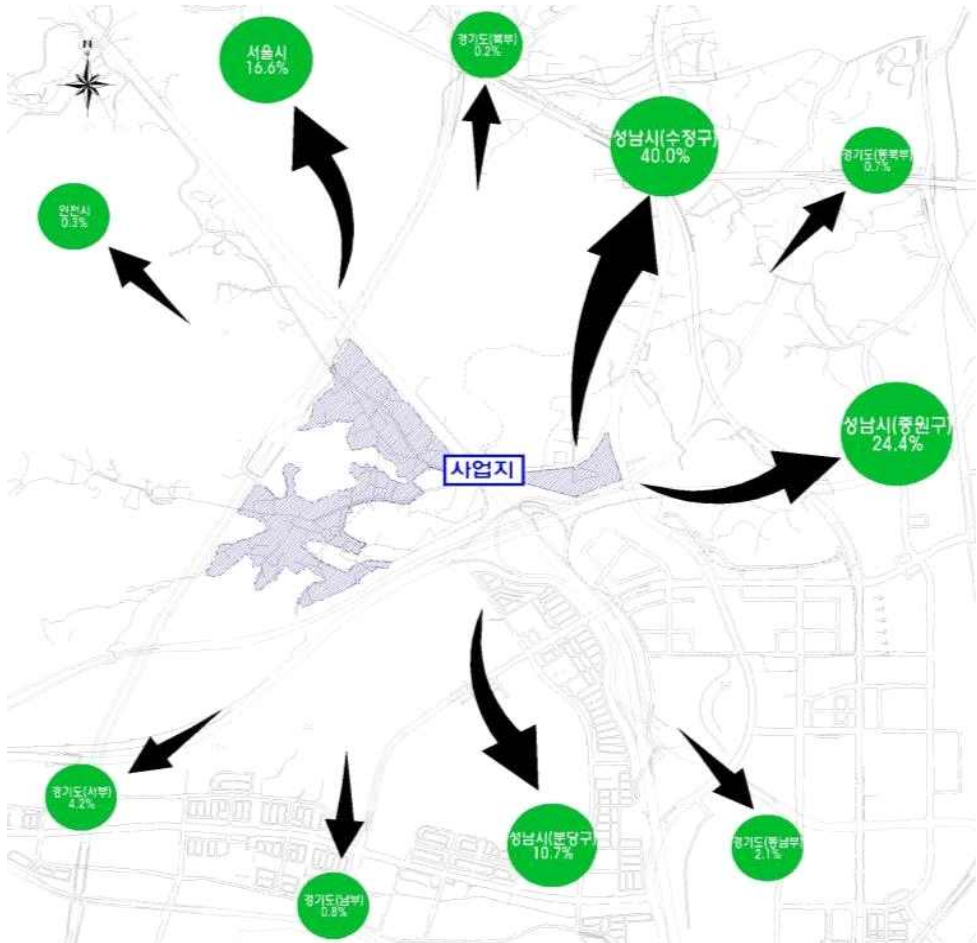
1) 총 통근자 통행량 4,785명을 단지별 인구 비율에 맞게 재분배

2) 거주지 내 통근자 수 x 버스 수단선택비율 (39.7%)

3) 버스 통근자 수 x 서울방향 버스이용비율 (8.5%)

4) 버스 통근자 수 x 판교방향 버스이용비율 (22.1%)

33) 국가교통DB 수도권 2018년 자료의 목적통행 O/D의 각 방향 별 비율을 기반으로 산정 함



자료 : 한국토지주택공사 (2020).「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」

[그림 5-8] 목적통행의 지역별 통행분포 비율

2) DRT 서비스 이용수요 예측

- 임대주택이 많은 성남금토지구의 주택 유형을 고려하여 DRT 서비스 이용수요를 예측함
- 수도권에 임대주택 거주 인구수 중 중학생이 있을 수 있는 3인 가구에 속하는 가구수 비율은 국민임대주택 53%, 영구 임대주택 28%, 행복주택 17%(2019년 기준)³⁴⁾임
- 신혼희망/부부 임대주택은 제외함(전체 거주인구의 34.5%)
- 마지막으로 일반분양 및 단독주택 가구에서의 중학생 인원을 산출하기 위해 성남지역의 장래 전체 인구 대비 중학생 인구의 비율 2.63% 적용³⁵⁾
- 성남금토지구의 중학생 인원을 추정한 결과 DRT 서비스를 이용할 수 있는 최대 이용수요는 114명

[표 5-10] 주거단지별 중학생 수요 예측

주거단지	주택유형1)	전체 인구 수	중학생 추정 인원
A1	행복주택	822	4
A2	국민/영구 임대	1,583	19
A3	일반분양	840	23
A4	신혼희망/부부	3,032	-
A5	일반분양	1,723	46
A6	일반분양	540	15
R1	단독	133	4
R2	단독	70	2
R3	단독	33	1
계		8,776	114

1) 주택유형별 3인 가구 이상 인구수비율 : 행복주택(17%), 국민임대주택(53%), 영구임대주택(28%), 일반분양 및 단독 (100%), 신혼희망/부부 (0%)

2) 중학생 수 = 전체 인구 수 x 주택유형별 3인 가구 이상 비율 x 2.63%(중학생 비율)

34) 최은희 외(2020)

35) 경기통계 홈페이지(2021)

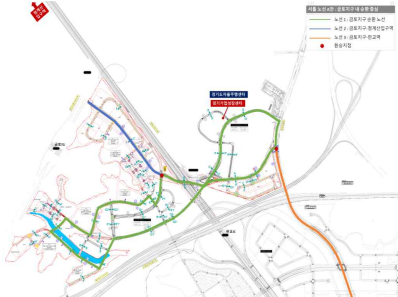
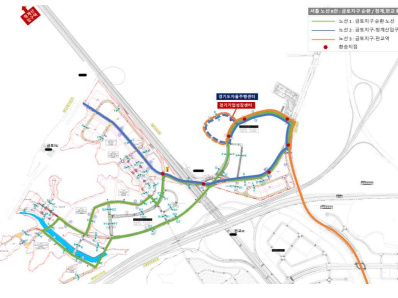
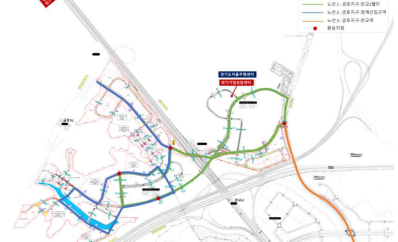
3.3. 대안 노선 선정

1) 자율주행셔틀 노선

□ 대안 노선 비교

- 대안 노선은 지구내 서비스, 청계산입구역 연결, 판교역 연결의 목적을 달성하는 것을 주목적으로 함
- 노선은 교통영향평가 보고서의 대중교통 개선대책 버스 노선을 참고함

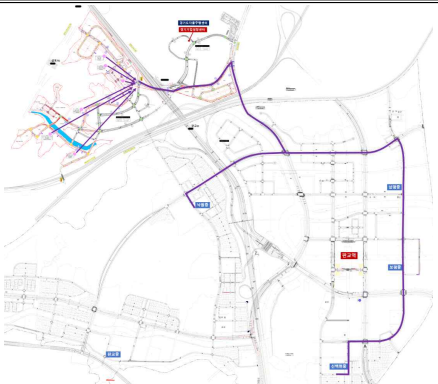
[표 5-11] 대안 노선 안(A,B,C) 별 세부노선 구성 및 특징

구분	세부노선 안	특징
노선 안 A		• 성남금토지구의 주거지역과 상업지역을 지구 내 노선으로 연결 • 청계산입구역과 판교역을 연결하는 노선 제공(환승)
노선 안 B		• 세부노선 1~3 간 다수의 환승 지점 제공 (모든 노선 간 1회 환승으로 이용 가능) • 성남금토지구 동측 상업지역에서 광역버스와 연결되는 환승거점 구축 가능 • 도시철도역 연결 노선의 경기기업 성장센터까지 연장으로 제2테크노밸리 종사자 이용 편의
노선 안 C		• 청계산입구역 노선의 주거지역(서측)과 제2테크노밸리 서측 구역에 대한 서비스 강화

2) DRT 서비스 노선

- DRT 서비스는 원칙적으로 고정 노선이 아닌 교통 상황에 따라 운행 단계에서 최적 노선을 선정하는 것이 원칙이나, 자율주행서비스 초기 단계와 중학생 대상 서비스임을 고려하여 가이드 노선을 설정

[표 5-12] DRT 가이드 노선 안 및 특징

구분	가이드 노선 안	특징
DRT		• 고속도로에 의해 지리적으로 분리된 중학교를 그룹으로 묶어 서비스를 제공하여 시간 손실 최소화 • 어린이 보호구역을 중심의 노선으로 안전 확보와 차량 흐름 방해 최소화 • 차선변경 최소화

3.4. 정류장 위치

- 자율주행셔틀은 버스 서비스이므로 기존 및 계획 버스 정류장을 공동 사용하는 것을 원칙으로 함
- DRT 서비스를 위한 승차 지점은 학생의 안전을 고려하여 각 주택단지 내와 학교 내에 설정함
 - ◆ 현재 금토지구 단지내 승차 지점은 단지 설계가 완료되지 않았으므로, 단지 내에서 중학생을 탑승시킨다는 원칙을 수립함



[그림 5-9] 자율주행셔틀과 DRT 정류장 위치(VISSIM)

3.5. 운행 시나리오

1) 자율주행셔틀

- 자율주행셔틀의 차량 유형은 12인승과 25인승으로 설정함
 - 세종시 등에서 운행 중인 셔틀형 DRT 서비스와 자율주행 시범지구에서 시험 운행 차량인 12인승, 소형 마을버스 형인 25인승 차량을 고려함
- 운행시간대는 출근시간인 07시~09시 2시간으로 정함
 - 일반적으로 출근시간대에 가장 이용 수요가 집중되므로 최대 수요 도출을 위해 아침 2시간으로 정함
- 자율주행셔틀의 수단 분담율은 5%, 10%, 20%로 구분함
 - 성남금토지구(제2테크노밸리 포함)의 모든 버스 이용 수요를 자율주행 셔틀로 서비스하는 것은 실현 가능성이 낮으므로 적절한 상한을 30%로 설정함
 - ◆ 수단분담율의 의미는 버스 서비스 이용수요 중 셔틀의 분담율을 의미함

[표 5-13] 자율주행셔틀 서비스 분석 시나리오

구분	내용
대안 노선	노선안 A, 노선안 B, 노선안 C
차량 유형	12인승, 25인승
운행 시간대	07시 ~ 09시
자율주행셔틀 수단분담율 (%)	5,10,20

2) DRT 서비스

□ 중학교 배정 시나리오

- 사업대상지에 통학이 가능한 중학교 후보 학군은 총 4개(낙원중, 삼평중, 보평중, 신백현중)임

- 성남(광명)교육지원청의 관련 규정에 근거하여 중학생 학교 배분은 거리를 기준으로 배분함³⁶⁾
 - 배정 비율은 낙원 0.3, 삼평중 0.3, 보평중 0.23, 신백현중 0.17

[표 5-14] 중학교 배정 시나리오

중학교	배분인원	주거 지역별 배분 인원								
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	R1	R2	R3
삼평중	34	1	6	7	-	14	5	1	1	-
보평중	26	1	4	5	-	11	3	1	-	-
신백현중	20	1	3	4	-	8	3	1	-	-
낙원중	34	1	6	7	-	14	5	1	1	1
계	114	4	19	23	-	46	15	4	2	1

□ 서비스 운행 시나리오

- 자율주행DRT의 차량 유형은 5인승과 12인승으로 정함
 - DRT 서비스 이용 수요가 소규모인 것을 고려하여 국내 자율주행 시범지구에서 테스트 중인 최소 인원인 5인승 차량과 중형 차량인 12인승을 고려함
- 운행 시간대 출발시간 기준으로 아침 07시~08시 20분으로 정함
 - 중학생이 8시50분에는 등교해야 한다는 전제를 기준으로 마지막 탑승 시간을 8시20분으로 정함
- 자율주행DRT의 수단 분담율은 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 구분함
 - DRT 서비스는 금토지구 거주 중학생의 학교 등교 불편을 개선하기 위한 복지 서비스이므로 최소 20%, 최대 100% 서비스 제공을 가정하여 분석함
- 자율주행DRT 서비스는 차량의 이동동선을 고려하여 삼평중-보평중-

36) 경기도성남교육지원청 홈페이지, 「2021년 중학교 신입생 배정업무 지침」, 「2021년 성남시 중학교 신입생 배정업무를 위한 근거리표」

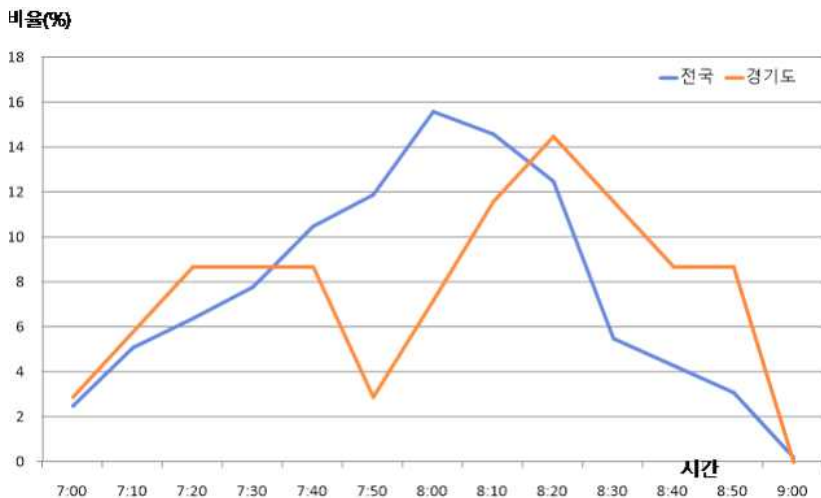
신백현중 방향 서비스(DA 방향)와 낙원중 방향 서비스(DB 방향)의 2개 서비스 구역으로 구분함

[표 5-15] 자율주행DRT 서비스 분석 시나리오

구분	내용
서비스 구역	삼평중-보평중-신백현중 서비스(DA) 낙원중 서비스(DB)
차량 유형	5인승, 12인승
운영 시간대 (출발시간 기준)	07시 ~ 08시 20분
자율주행셔틀 수단분담율 (%)	20, 40, 60, 80, 100

3.6. DRT 서비스 호출 시나리오

- DRT 서비스는 이용자의 요청에 기반한 공유서비스이므로 이용자의 랜덤한 호출을 구현함
- 이용자 서비스 호출은 버스 이용 중학생의 등교시간 분포를 활용함(전국 기준)



[그림 5-10] 버스 이용 중학생의 등교 분포(비율)

- 중학생 등교 분포를 활용하여 7시~8시20분까지 5분 단위로 시간 간격을
나눈 후 난수 발생 프로그램을 사용하여 무작위로 서비스 요청을 발생시킴

[표 5-16] DRT 서비스 요청 무작위(랜덤) 발생 예시(수단분담률 100% 기준)

구분	A1		A2		R1		A3		R2/R3		A5		A6	
	DA	DB	DA	DB	DA	DB	DA	DB	DA	DB	DA	DB	DA	DB
7시 00분	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7시 05분	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7시 10분	.	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.
7시 15분	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.
7시 20분	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	1	.	.
7시 25분	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
7시 30분	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	2	1	.
7시 35분	.	.	1	1	.	.	.	1	.	.	2	.	.	.
7시 40분	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	3	2	.	.
7시 45분	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	1
7시 50분	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	2	2	1	.
7시 55분	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	3	.	1	1
8시 00분	.	.	.	.	.	.	3	.	.	1	4	1	1	2
8시 05분	.	.	3	.	.	1	.	.	.	.	4	2	1	1
8시 10분	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	2	1	1	.
8시 15분	.	.	2	3	.	.	.	.	.	.	4	1	1	.
8시 20분	.	.	1	.	.	1	2	1	.	.	3	.	1	.
합계	2	2	13	6	2	2	16	7	2	1	32	14	10	5

주) DA는 삼평중-보평중-신백현중 방향; DB는 낙원중 방향

4. 분석 결과

4.1. 자율주행셔틀

- 수단분담비율에 따른 노선 안 A, B, C의 운행 시나리오 분석결과
 - 셔틀의 목표 버스통행대비 분담률 5%, 10%, 20%를 기준으로 서비스 노선 안 A, B, C의 운행 시나리오를 분석한 결과는 [표 5-17]~[표 5-19]과 같음
 - 배차간격
 - 세부노선2(청계산입구역)은 12인승과 25인승 모두 30분 정도의 배차간격이면 목표 수송인원을 충족함
 - 세부노선3(판교역)의 경우 12인승은 분담률 5~10%선에서는 15분 정도면 목표를 달성하지만, 20%가 되면 최대 9분의 배차간격 단축이 필요함
 - 25인승의 경우 15분 수준의 배차간격으로 충분히 목표 수송량을 달성함
 - 세부노선1(금토지구내)의 경우 대안에 관계없이 분담률이 5%를 초과하면 25인승이라도 10분 이내의 배차간격이 필요함
 - 필요 차량 대수
 - 세부노선2과 세부노선3은 대안 노선과 분담률에 따라 최대 3대~4대 정도가 필요. 그러나 차량 유형과 분담률을 적절히 선택하면 1~2대만으로 대부분의 수요를 충족함
 - 세부노선1의 경우 12인승 차량의 경우 최대 16대 정도가 필요한 것으로 분석됨. 따라서 적정 분담률의 설정과 25인승 차량이 현실성이 높은 것으로 분석됨
 - 셔틀의 평균 운행시간
 - 세부노선2는 대안 A와 B의 경우 22분~25분 정도지만 대안 C의 경우 55분 정도로 추정됨
 - 반면 세부노선1과 세부노선3은 대안에 관계없이 19분~29분 정도로 30분 이내의 운행시간이 걸림

[표 5-17] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 A)

분담률 (%)	구분	세부노선1 (금토지구 내)		세부노선2 (청계산입구역)		세부노선3 (판교역)	
5	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	96인		8인		21인	
	운행시간(분)	20	26	22	22	19	19
	배차간격(분)	8	15	60	60	30	60
	차량 필요대수	3	2	1	1	1	1
10	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	191인		16인		42인	
	운행시간	24	20	24	21	21	24
	배차간격(분)	4	8	30	60	15	30
	차량 필요대수	8	4	1	1	2	1
20	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	381인		32인		84인	
	운행시간	27	28	25	25	26	23
	배차간격(분)	3	5	30	60	10	20
	차량 필요대수	12	6	1	1	3	2

[표 5-18] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 B)

분담률 (%)	구분	세부노선1 (금토지구 내)		세부노선2 (청계산입구역)		세부노선3 (판교역)	
5	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	96인		8인		21인	
	운행시간	21	25	32	32	25	25
	배차간격(분)	8	15	60	60	30	60
	차량 필요대수	4	2	1	1	1	1
10	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	191인		16인		42인	
	운행시간	21	22	33	33	21	27
	배차간격(분)	4	8	30	60	15	30
	차량 필요대수	8	4	2	1	2	1
20	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	381인		32인		84인	
	운행시간	22	19	34	34	26	29
	배차간격(분)	2	4	20	30	9	15
	차량 필요대수	16	8	3	2	4	2

[표 5-19] 수단분담률별 운행 시나리오 분석 (대안 C)

분담률 (%)	구분	세부노선1 (금토지구 내)		세부노선2 (청계산입구역)		세부노선3 (판교역)	
5	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	96인		8인		21인	
	운행시간	19	19	48	48	22	19
	배차간격(분)	8	15	60	60	30	60
	차량 필요대수	3	2	1	1	1	1
10	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	191인		16인		42인	
	운행시간	19	19	53	50	21	24
	배차간격(분)	4	8	30	60	15	30
	차량 필요대수	6	3	2	1	2	1
20	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	381인		32인		84인	
	운행시간	20	21	55	52	25	23
	배차간격(분)	2	4	20	30	9	15
	차량 필요대수	11	6	3	2	4	2

□ 기존 비교 노선과의 서비스 개선 수준

- 계획 노선을 기존 노선과 동일 구간으로 비교하면 청계산입구역과 판교 방향 모두 기존 노선보다 평균 통행시간 측면에서 이익으로 분석됨
 - 청계산입구역은 약 6분, 판교역은 약 9분 정도 통행시간 단축이 가능
 - 환승과 도보 이동시간에서 큰 시간 절감이 있음
 - 결과적으로 총 이동시간에서는 청계산입구역 방향은 약 6분 정도의 단축되었으며, 판교역 방향은 8분 정도의 개선이 예상됨

[표 5-20] 계획 노선과 기존 노선 통행시간 비교

구분		평균 통행시간 (분)	도보/환승 대기시간 (분)	총 이동시간 (분)	평균 지체시간 (분)	평균 통행속도 (km/h)
청계산입구역 방향 ¹⁾	기존 버스 노선	22	10	32	9	17.5
	서틀노선(B안 기준)	16	-	16	3	24.4
판교역 방향 ²⁾	기존 버스 노선	23	3	26	12	10.3
	서틀노선(B안 기준)	14	-	14	7	13.2

주 1) 기업성장센터정류장~청계산입구역 구간
 2) 기업성장센터정류장~판교역동편 구간

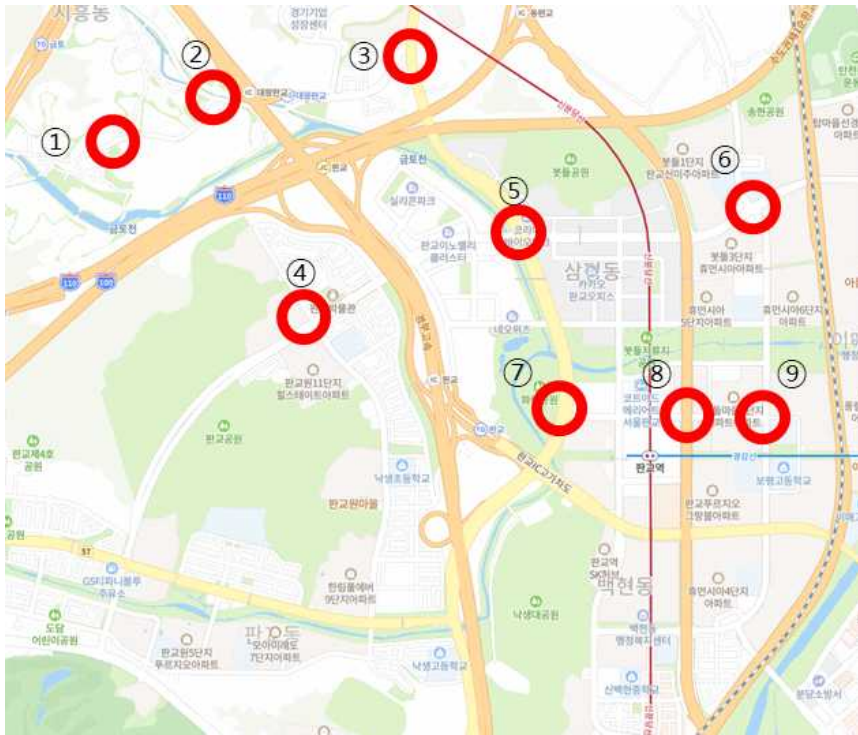
□ 일반 차량 흐름의 영향

- 시뮬레이션 결과를 바탕으로 대상 지역의 도로 네트워크 전체 통행속도와 지체시간을 비교한 결과 일반차량에 대한 영향은 거의 없는 것으로 분석됨
 - 지체와 통행속도 모두 노선 안에 관계없이 큰 차이가 없지만, 노선 B안 이 조금 더 영향이 없는 것으로 분석됨

[표 5-21] 자율주행셔틀 서비스 도입 전·후의 도로 네트워크 주요 지표 변화

구분				평균 지체시간 (분)	평균 통행속도 (km/h)
서비스 도입 전				8.8	11.0
노선안 A	12인승	수단 분담율	20%	8.8	10.9
			10%	9.0	10.8
			5%	9.1	10.6
	25인승		20%	8.8	10.9
			10%	8.9	10.9
			5%	9.0	10.7
	노선 평균			9.0	10.8
노선안 B	12인승	수단 분담율	20%	8.7	11.2
			10%	8.9	10.9
			5%	8.7	11.1
	25인승		20%	8.7	11.2
			10%	8.7	11.1
			5%	8.8	11.0
	노선 평균			8.7	11.1
노선안 C	12인승	수단 분담율	20%	9.0	10.8
			10%	9.0	10.7
			5%	9.0	10.8
	25인승		20%	9.0	10.8
			10%	9.1	10.7
			5%	9.0	10.8
	노선 평균			9.0	10.8

- 교차로에서의 지체 발생 가능성 역시 문제가 없는 것으로 분석됨
 - 금토지구와 판교지역의 주요 교차로를 선별하여 교차로에서는 지체 정도를 분석한 결과 자율주행서를 서비스의 도입으로 인한 지체는 없는 것으로 분석됨
 - 차량 흐름 분석결과와 동일하게 노선 안 B가 상대적으로 조금 더 영향이 없는 것으로 분석됨



[그림 5-11] 지체수준 분석을 위한 교차로 위치

[표 5-22] 자율주행셔틀 서비스 도입 전·후의 교차로 평균 지체시간 비교

노선안	교차로 번호	도입전	12인승 차량 (분당량)			25인승 차량 (분당량)		
			5%	10%	20%	5%	10%	20%
노선 A	①	17.2	18.9	17.3	16.7	19.8	18.9	17.3
	②	50.7	54.1	39.5	39.5	68.5	54.1	39.5
	③	84.2	91.0	85.2	90.3	85.7	91.0	85.2
	④	91.1	93.2	93.4	93.3	91.8	93.2	93.4
	⑤	91.3	96.6	98.0	97.6	96.8	96.6	98.0
	⑥	112.3	117.7	115.3	114.6	115.3	117.7	115.3
	⑦	181.4	175.3	186.0	175.3	182.3	175.3	186.0
	⑧	198.9	199.6	199.1	198.7	200.9	199.6	199.1
	⑨	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
	평균	92.0	94.1	92.7	91.8	95.7	94.1	92.7
노선 B	①	17.2	18.3	17.7	16.6	20.5	18.3	17.7
	②	50.7	58.4	48.8	39.6	56.7	58.4	48.8
	③	84.2	81.3	76.8	88.3	83.5	81.3	76.8
	④	91.1	86.9	90.2	89.5	88.4	86.9	90.2
	⑤	91.3	96.8	94.0	93.5	94.7	96.8	94.0
	⑥	112.3	112.1	111.7	115.5	112.2	112.1	111.7
	⑦	181.4	188.6	193.2	184.5	192.3	188.6	193.2
	⑧	198.9	197.8	192.3	202.8	194.4	197.8	192.3
	⑨	0.6	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7	0.9
	평균	92.0	93.4	91.7	92.3	93.7	93.4	91.7
노선 C	①	17.2	23.8	20.5	17.2	18.7	23.8	20.5
	②	50.7	64.4	64.9	44.5	54.6	64.4	64.9
	③	84.2	88.2	81.3	87.0	83.7	88.2	81.3
	④	91.1	95.0	91.9	90.8	89.2	95.0	91.9
	⑤	91.3	96.8	94.8	93.7	91.5	96.8	94.8
	⑥	112.3	112.2	112.3	115.5	111.4	112.2	112.3
	⑦	181.4	192.4	180.3	197.6	185.5	192.4	180.3
	⑧	198.9	197.4	200.1	204.2	202.9	197.4	200.1
	⑨	0.6	1.2	0.7	0.7	0.9	1.2	0.7
	평균	92.0	96.8	94.1	94.6	93.2	96.8	94.1

4.2. 자율주행DRT

□ 수단분담비율에 따른 차량 운행 시나리오

- 중학생의 요청(Call)에 맞춰 운행을 한다고 가정했을 때 필요한 차량 소요 대수와 차량당 재차인원을 비교하면 [표 5 -25]와 같음
- 분담률 20%~60%까지 필요 차량의 수가 동일하게 나타났으며, 이는 이용 요청이 분산되기 때문임
- 신백현중(삼평중-보평중-신백현중)과 낙원중 방향 이용수요의 불균형으로 인해 다수의 차량이 필요
 - 낙원중 방향은 왕복 통행시간이 짧아 이용 효율이 상대적으로 높음
 - 신백현중 방향은 3개 학교에 서비스를 제공하여 통행시간, 지체 등이 높음
- 이용 요청 분산으로 인해 중형 차량의 이용 효율은 낮은 것으로 분석됨
 - 5인승 차량 기준으로 60%의 학생수요를 처리할 가장 효율이 높은 것으로 분석됨
 - 낙원중의 경우 차량 승차인원에 상관없이 최소 4대가 필요함
 - 신백현중 방향은 12인승 차량을 이용하면 차량 대수를 6대 정도 필요하지만, 운행당 재차인원이 낮아 효율이 낮음
- ◆ 수단분담률 별 상세 내용은 [표 5-23]~[표 5-28]에 정리함

[표 5-23] 자율주행DRT 운영 분석 종합

분담률 (%)	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원
100	80	13대	3.2	6대	4.7	34	4대	2.3	4대	2.3
80	64	10대	3.0	6대	3.8	28	4대	2.0	4대	2.0
60	48	6대	3.2	6대	3.2	20	4대	1.8	4대	1.8
40	32	6대	2.1	6대	2.1	14	4대	1.3	4대	1.3
20	16	6대	1.5	6대	1.5	7	4대	1.0	4대	0.9

[표 5-24] 분담률 100%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석

출발 시간	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원
7시00분	1	DA1	1	da1	1					
7시05분	1	DA2	1	Da2	1					
7시10분	2	DA3	2	Da3	2	1	DB1	1	DB1	1
7시15분	2	DA4	2	Da4	2	1	DB2	1	DB2	1
7시20분	3	DA5	3	Da5	3	1	DB3	1	DB3	1
7시25분	3	DA6	3	Da6	3	1	DB4	1	DB4	1
7시30분	3	DA1	3	Da1	3	2	DB1	2	DB1	2
7시35분	3	DA2	3	Da2	3	2	DB2	2	DB2	2
7시40분	5	DA3	5	Da3	5	2	DB3	2	DB3	2
7시45분	5	DA4	5	Da4	5	2	DB4	2	DB4	2
7시50분	6	DA5, DA7	3	Da5	6	3	DB1	3	DB1	3
7시55분	7	DA6, DA8	3.5	Da6	7	3	DB2	3	DB2	3
8시00분	9	DA1, DA9	4.5	Da1	9	3	DB3	3	DB3	3
8시05분	9	DA2, DA10	4.5	Da2	9	4	DB4	4	DB4	4
8시10분	7	DA3, DA11	3.5	Da3	7	4	DB1	4	DB1	4
8시15분	7	DA4, DA12	3.5	Da4	7	3	DB2	3	DB2	3
8시20분	7	DA5, DA13	3.5	Da5	7	2	DB3	2	DB3	2
합	80	13대	3.2	6대	4.7	34	4대	2.3	4대	2.3

[표 5-25] 분담률 80%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석

출발 시간	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원
7시00분	1	DA1	1	DA1	1					
7시05분	1	DA2	1	DA2	1					
7시10분	2	DA3	2	DA3	2					
7시15분	2	DA4	2	DA4	2	1	DB1	1	DB1	1
7시20분	2	DA5	2	DA5	2	1	DB2	1	DB2	1
7시25분	2	DA6	2	DA6	2	1	DB3	1	DB3	1
7시30분	3	DA1	3	DA1	3	1	DB4	1	DB4	1
7시35분	3	DA2	3	DA2	3	1	DB1	1	DB1	1
7시40분	4	DA3	4	DA3	4	2	DB2	2	DB2	2
7시45분	4	DA4	4	DA4	4	2	DB3	2	DB3	2
7시50분	4	DA5	4	DA5	4	3	DB4	3	DB4	3
7시55분	5	DA6	5	DA6	5	2	DB1	2	DB1	2
8시00분	6	DA1, DA7	3	DA1	6	3	DB2	3	DB2	3
8시05분	7	DA2, DA8	3.5	DA2	7	3	DB3	3	DB3	3
8시10분	7	DA3, DA9	3.5	DA3	7	3	DB4	3	DB4	3
8시15분	6	DA4, DA10	3	DA4	6	3	DB1	3	DB1	3
8시20분	5	DA5	5	DA5	5	2	DB2	2	DB2	2
합	64	10대	3.0	6대	3.8	28	4대	2.0	4대	2.0

[표 5-26] 분담률 60%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석

출발 시간	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원
7시00분										
7시05분										
7시10분	1	DA1	1	DA1	1					
7시15분	1	DA2	1	DA2	1					
7시20분	2	DA3	2	DA3	2					
7시25분	2	DA4	2	DA4	2					
7시30분	2	DA5	2	DA5	2	1	DB1	1	DB1	1
7시35분	2	DA6	2	DA6	2	1	DB2	1	DB2	1
7시40분	3	DA1	3	DA1	3	1	DB3	1	DB3	1
7시45분	4	DA2	4	DA2	4	1	DB4	1	DB4	1
7시50분	4	DA3	4	DA3	4	2	DB1	2	DB1	2
7시55분	3	DA4	3	DA4	3	3	DB2	3	DB2	3
8시00분	5	DA5	5	DA5	5	2	DB3	2	DB3	2
8시05분	6	DA6	6	DA6	6	2	DB4	2	DB4	2
8시10분	4	DA1	4	DA1	4	3	DB1	3	DB1	3
8시15분	6	DA2	6	DA2	6	2	DB2	2	DB2	2
8시20분	3	DA3	3	DA3	3	2	DB3	2	DB3	2
합	48	6대	3.2	6대	3.2	20	4대	1.8	4대	1.8

[표 5-27] 분담률 40%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석

출발 시간	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원
7시00분										
7시05분										
7시10분	1	DA1	1	DA1	1					
7시15분	1	DA2	1	DA2	1					
7시20분	1	DA3	1	DA3	1					
7시25분	1	DA4	1	DA4	1					
7시30분	1	DA5	1	DA5	1	1	DB1	1	DB1	1
7시35분	1	DA6	1	DA6	1	1	DB2	1	DB2	1
7시40분	2	DA1	2	DA1	2	1	DB3	1	DB3	1
7시45분	2	DA2	2	DA2	2	1	DB4	1	DB4	1
7시50분	2	DA3	2	DA3	2	1	DB1	1	DB1	1
7시55분	3	DA4	3	DA4	3	1	DB2	1	DB2	1
8시00분	3	DA5	3	DA5	3	1	DB3	1	DB3	1
8시05분	4	DA6	4	DA6	4	2	DB4	2	DB4	2
8시10분	3	DA1	3	DA1	3	3	DB1	3	DB1	3
8시15분	4	DA2	4	DA2	4	1	DB2	1	DB2	1
8시20분	3	DA3	3	DA3	3	1	DB3	1	DB3	1
합	32	6대	2.1	6대	2.1	14	4대	1.3	4대	1.3

[표 5-28] 분담률 20%일 때 자율주행DRT 배차표와 운영효율 분석

출발 시간	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원		차량 배차	재차 인원	차량 배차	재차 인원
7시00분										
7시05분										
7시10분										
7시15분										
7시20분										
7시25분										
7시30분	1	DA1	1	DA1	1					
7시35분	1	DA2	1	DA2	1					
7시40분	1	DA3	1	DA3	1					
7시45분	1	DA4	1	DA4	1	1	DB1	1	DB1	1
7시50분	1	DA5	1	DA5	1	1	DB2	1	DB2	1
7시55분	1	DA6	1	DA6	1	1	DB3	1	DB3	1
8시00분	2	DA1	2	DA1	2	1	DB4	1	DB4	1
8시05분	3	DA2	3	DA2	3	1	DB1	1	DB1	1
8시10분	2	DA3	2	DA3	2	1	DB2	1	DB2	1
8시15분	2	DA4	2	DA4	2	1	DB3	1	DB3	1
8시20분	1	DA5	1	DA5	1		DB4		DB4	
합	16	6대	1.5	6대	1.5	7	4대	1.0	4대	0.9

□ 기존 비교 노선과의 서비스 개선 수준

- 각 중학교별로 기존 대중교통(버스)를 이용하는 것보다 자율주행DRT를 이용할 경우 29%~40%정도의 시간 단축 효과 있음
 - 삼평중은 약 10분 정도 단축되고, 신백현중의 경우 19분 정도 단축 되는 것으로 분석됨
 - 자율주행DRT 서비스를 이용함으로써 불필요한 환승과 도보시간을 단축할 수 있음

[표 5-29] 자율주행DRT와 기존 버스 서비스 비교

구분		평균 통행속도 (km/h)	통행시간 (분)				통행시간 감소율 (%)
			차량 통행시간	도보 시간	환승 시간	총 통행시간	
삼평중학교	DRT	21.7	23.7	-	-	23.7	29.2
	대중교통	15.9	26.5	7	-	33.5	
보평중학교	DRT	18.9	24.8	-	-	24.8	40.2
	대중교통	16.8	35.5	6	-	41.5	
신백현중학교	DRT	25.6	32.3	-	-	32.3	36.7
	대중교통	14.7	41.0	10	-	51.0	
낙원중학교	DRT	20.9	17.6	-	-	17.6	36.0
	대중교통	16.7	20.5	4	3	27.5	

제6장

자율주행서비스 운영 방안

LANDS
HON
LANDS
HON
LANDS
HON

제6장 자율주행서비스 운영 방안

1. 운영 방안 수립을 위한 주요 검토 사항

1) 자율주행셔틀 및 DRT 노선

- 자율주행셔틀 노선
 - 다양한 노선(안)에 대해 시민의 이용 편리성, 운영 효율성 등을 고려하여 선정
 - 이용 편리성은 환승과 이동거리가 적고 목적지까지의 우수한 접근성을 의미하며, 이용 효율성은 성남금토지구의 많은 시민이 이용할 수 있어야 함을 의미
- 자율주행DRT 노선의 결정
 - 중학교까지 이동거리와 좌우회전 횟수가 적은 효율성이 높은 노선을 선정
 - 자율주행자동차의 안전 운행에 적합한 도로 조건을 고려한 노선을 선정

2) 정류장의 위치

- 자율주행셔틀의 정류장 위치 결정
 - 기존 버스 정류장과 다른 별도의 정류장은 환승 시 시민의 불편을 초래하며, 구간 내 적당한 장소를 확보하는 것이 현실적으로 용이하지 않음
 - 따라서 자율주행셔틀의 정류장은 노선 내 버스정류장을 최대한 활용하는 것을 우선적으로 검토
- 자율주행DRT의 정류장 위치 결정
 - 승하차 공간은 학생들의 안전과 직결되기 때문에 최대한 안전이 확보되는 지점 선정 필요
 - 자율주행DRT의 승차 지점은 주거 단지 입구, 하차 지점은 중학교 출입구에서 자율주행자동차의 회차가 가능한 공간을 검토

3) 자율주행자동차의 배차간격 및 공급대수

- 자율주행셔틀
 - 통행 분담률에 따른 배차간격과 차량 공급대수를 제시
 - 통행 분담률은 5~10% 수준에서 성남금토지구 거주민의 이용 편리를 고려하여 결정
- 자율주행DRT
 - 통행 분담률에 따른 배차간격과 차량 공급대수를 제시
 - 성남금토지구 내 중학생의 이용 편리를 고려하여 최대한 많은 통행을 분담
 - 다만, 중학교 통학 시간 이외의 비첨두 시간 동안의 운영방안을 고려할 필요가 있음

4) 서비스 운영 방식

- 자율주행셔틀 및 DRT는 경기도 및 경기도자율주행센터가 운영하는 방안과 성남시가 운수면허를 보유한 업체를 통해 대중교통서비스로 운영하는 방안을 함께 고려함
 - 경기도자율주행센터가 운영하는 경우, 대중교통 서비스라기보다는 자율주행 실증사업으로 추진되고, 성남시가 운영하게 될 경우는 대중교통 서비스로서 운영될 것임
- 경기도와 성남시, 운수업체 등의 역할과 인허가 사항, 대중교통체계 등을 종합하여 합리적인 운영 방식을 제시

2. 자율주행 서비스 노선

1) 노선 선정 방향과 방안

(1) 자율주행셔틀

- 자율주행셔틀 노선 선정을 위해 다음의 네가지 사항을 검토
 - [지역 연결] 성남금토지구의 주거지역과 판교 제1,2 상업 업무지역의 연결 교통서비스 제공
 - [광역교통 연결] 광역교통 서비스를 위해 성남금토지구와 교통 거점인 판교역 및 청계산입구역의 연결
 - [통합서비스] 성남금토지구와 판교 제2테크노밸리의 거주민과 직장인을 위한 이동 서비스 제공
 - [편의성] 최적 운행시간이 가능한 노선 제공
- 상기 네가지 사항에 부합하는 노선은 다음과 같음
 - 성남금토지구 내 연결성 강화를 위해 지구 내부를 순환하는 노선
 - 지구 내 순환 노선에 판교제2테크노밸리 포함
 - 성남금토지구 입주민의 광역교통 연결을 위해 판교역과 청계산입구역을 연결하는 노선
 - 이용자 편의 측면에서 차량의 서비스 시간을 최소화하기 위한 운행 노선

[표 6-1] 자율주행셔틀 노선 설정 방향과 방안

구분	노선 설정 방향	노선 계획
연결	금토지구의 주거지역과 상업업무지역의 연결 교통서비스 제공	금토지구 내부 운행노선 제공
통합	판교 제2테크노밸리를 아우르는 서비스 제공	내부 운행노선의 제2테크노밸리 구간 운행
광역	광역교통서비스 제공	판교역 연결 노선과 청계산입구역 연결 노선 제공
편의	노선 운행시간 단축을 통한 이용편의 제공	3개의 단거리 운행노선 제공

(2) DRT 서비스

- 중학생 통학을 위한 DRT 노선 선정 방향은 다음과 같음
 - [안전] 중학생을 대상으로 하는 서비스이므로 안전을 최우선 고려
 - [편의] 학교별 예상 수요에 따른 최적 서비스 제공 목표
 - [조화] 일반 차량 주행에 대한 방해 최소화
- 노선 선정 방향에 부합하는 노선은 다음과 같음
 - 중학생의 안전을 최우선 사항으로 고려하여 비교적 교통량이 적은 도로를 중심으로 한 노선
 - 학교의 지리적 위치를 고려하여 2개 노선 선정
 - 제한속도가 30km/h인 어린이 보호구역 중심으로 노선을 선정함으로써, 안전 확보와 더불어 일반차량에 대한 차량흐름 방해를 최소화

[표 6-2] 자율주행셔틀 노선 설정 방향과 방안

구분	노선 설정 방향	노선 계획
안전	중학생의 안전 확보 최우선	비교적 교통량이 적은 도로 중심 노선 선정
편의	학교별 최적 서비스 제공	지리적 위치를 고려하여 2개의 서비스 노선 선정
조화	일반 차량의 흐름 방해 최소화	제한 속도 30km/h인 어린이 보호구역 중심 노선 선정

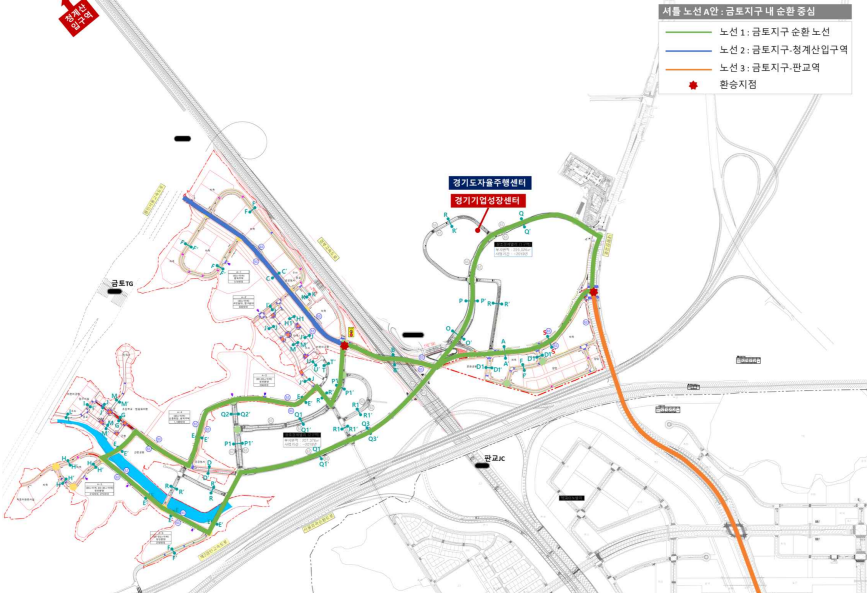
2) 대안 노선 비교

(1) 자율주행셔틀 노선(안)

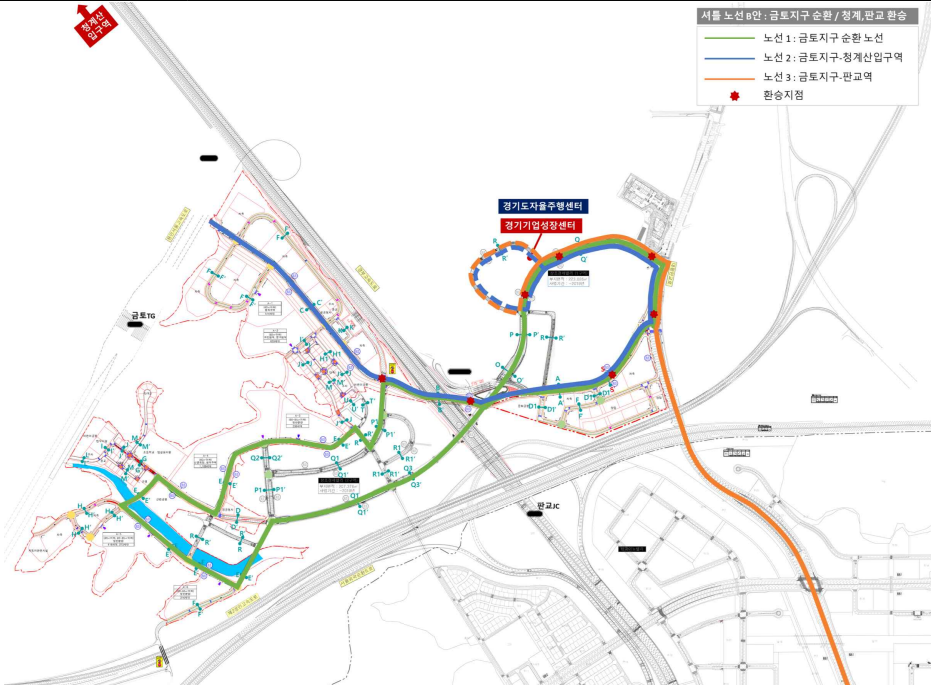
□ 대안 노선 A, B, C의 장단점

- A, B, C의 3개 노선 안을 설정하고 각 안의 노선 구성과 장단점을 정리
- 대안 노선들은 기본적으로 지구 내 서비스와 청계산입구역 방향 서비스, 판교역 방향 서비스를 제공하는 세부노선으로 구성
 - 3개의 세부노선은 성남금토지구의 주거지역 또는 상업지역에 서비스를 제공하고, 특히 지구 내 노선은 주거지역과 상업지역을 연결하고, 제2테크노밸리에 대한 서비스를 제공

[표 6-3] 노선 안 A의 세부노선 구성과 장단점 비교

노선 안 A	
	
장점	단점
3개 세부노선(지구 내 노선, 청계산입구역 노선, 판교역 노선)으로 나누어 운행구간 중복 배제	- 도시철도 역을 연결하는 노선과 지구내 노선의 환승 지점이 각 1곳만 있어 환승 제한 - 청계산입구역 노선과 판교역 노선의 직접 연결 불가(2회 환승 필요)

[표 6-4] 노선 안 B의 세부노선 구성과 장단점 비교

노선 안 B	
	
장점	단점
• 3개 세부노선간 다수의 환승 지점 제공 (모든 노선간 1회 환승으로 이용 가능) • 금토지구 동측 상업지역에서 광역버스와 연결되는 환승거점 구축 가능 • 도시철도역 연결 노선의 경기기업성장센터까지 연장으로 제2테크노밸리 종사자의 이용 편의	• 도시철도역 연결 노선의 연장으로 운행시간 증가

□ 노선 선정 : B안

- 노선 안 A, B, C의 세부노선 1~3은 대체적으로 평균 통행시간(30분 수준)은 큰 차이가 없으나, 대안 C의 경우 세부노선2의 통행시간이 타 안에 비해 길어 동일 배차간격 대비 약 2배의 차량 공급 필요
 - 대안 C의 세부노선2는 시간당 1회 수준의 서비스이나, 다른 노선은 시간당 2회 수준의 서비스가 가능
- B안은 세부노선 3개에 대해 다수의 환승 지점을 제공하여 이동 편리성이 우수함
 - B안은 모든 노선 간 환승이 가능하지만, 대안 A와 C는 세부노선2와 세부노선3 간 환승이 불가능
 - B안은 성남금토지구 북측에 있는 청계산입구역으로 연결되는 노선이 성남금토지구 내부를 관통하여 판교역으로 쉽게 연결되는 등 노선 연결성이 뛰어남
- B안은 다른 노선에 비하여 환승거점 제공 및 회차가 가능한 공간을 통해 운영 효율성 우수

[표 6-6] 노선 대안별 특성 비교

구분	노선 별 평균 통행시간(분)			노선 간 환승 지점수		
	세부노선1	세부노선2	세부노선3	세부노선1- 세부노선2	세부노선1- 세부노선3	세부노선2- 세부노선3
대안 A	24.3	22.9	21.1	1	1	0
대안 B	22.5	32.9	25.4	7	4	4
대안 C	19.2	49.9	25.5	3	1	0

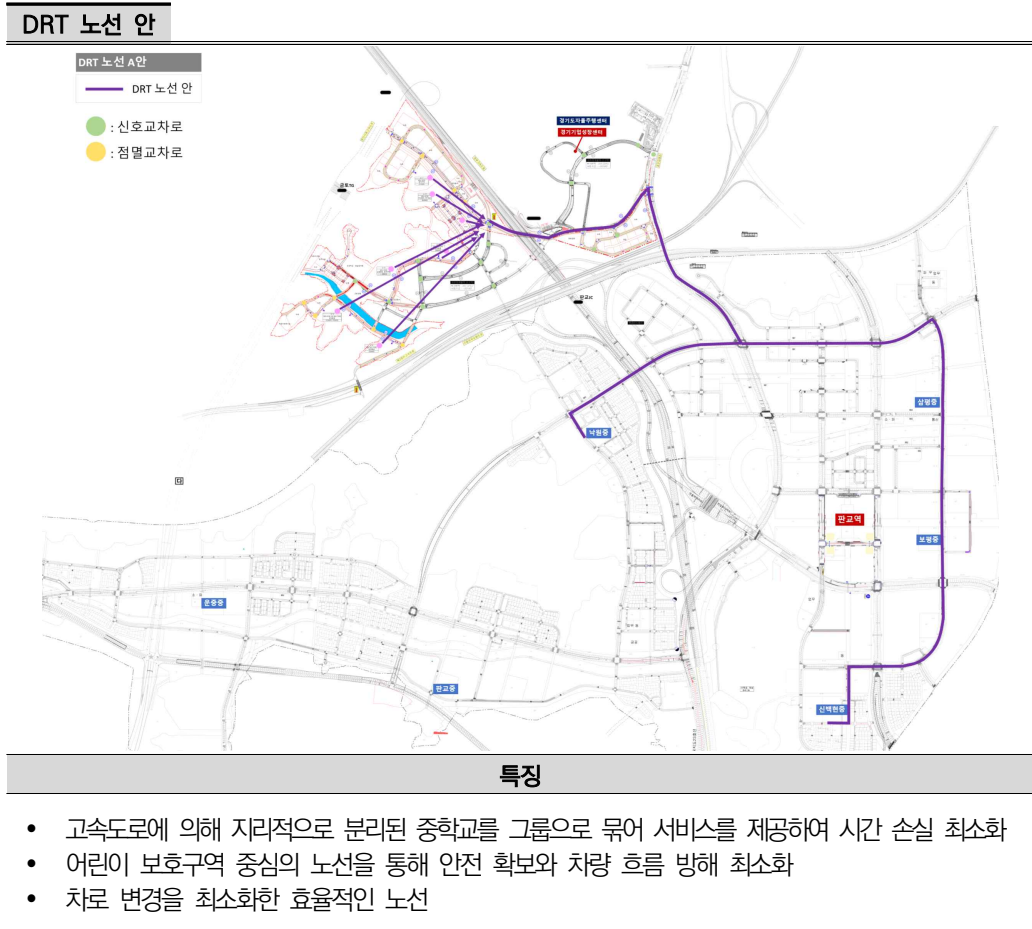
(2) DRT 서비스 노선(안)

- DRT 서비스 노선은 1개 안 설정
 - ◆ DRT 서비스는 원칙적으로 고정 노선이 아닌 교통 상황에 따라 운행 단계에서 최적 노선을 선정하는 것이 원칙이나, 자율주행서비스 초기

단계와 중학생 대상 서비스를 고려하여 가이드 노선을 제공

- ◆ 성남금토지구 단지 내 승차 지점은 현재 단지 설계가 완료되지 않았으므로, 단지 내에서 중학생을 탑승시킨다는 원칙만 수립

[표 6-7] DRT 노선 안



3. 정류장의 위치

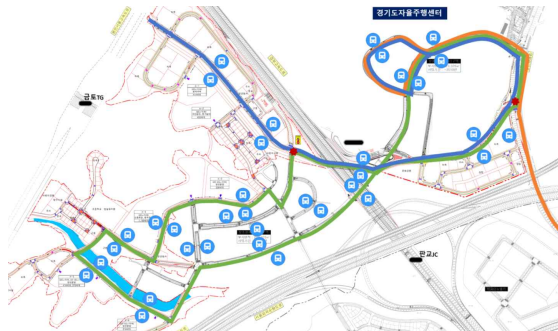
1) 자율주행서틀의 정류장 위치 선정

- 정류장 확보 및 이용자의 환승 편의를 위해서는 기존 버스 정류장을 함께 사용하는 것이 바람직하다고 판단됨
- 다만, 현행 자율주행자동차의 운전 능력을 고려하여 정류장 내 전용 승하차 공간을 제공할 필요가 있음
 - 가령, 정류장 내 일반차량 사이에 자율주행자동차가 정차해 있을 경우, 자율주행자동차는 앞 차가 정류장을 빠져 나가야 운행 재개가 가능함



[그림 6-1] 자율주행서틀 정류장 예시

- 자율주행서틀 정류장 위치도



[그림 6-2] 자율주행서틀 정류장 위치도

2) 자율주행DRT의 정류장 위치 선정

- 자율주행DRT 정류장 선정에는 중학생의 안전한 승하차와 승하차 전후의 이동 거리를 최소화할 목표로 함
- 따라서 승하차 지점을 주거지역 내 안전구역과 학교 내 구역으로 선정함

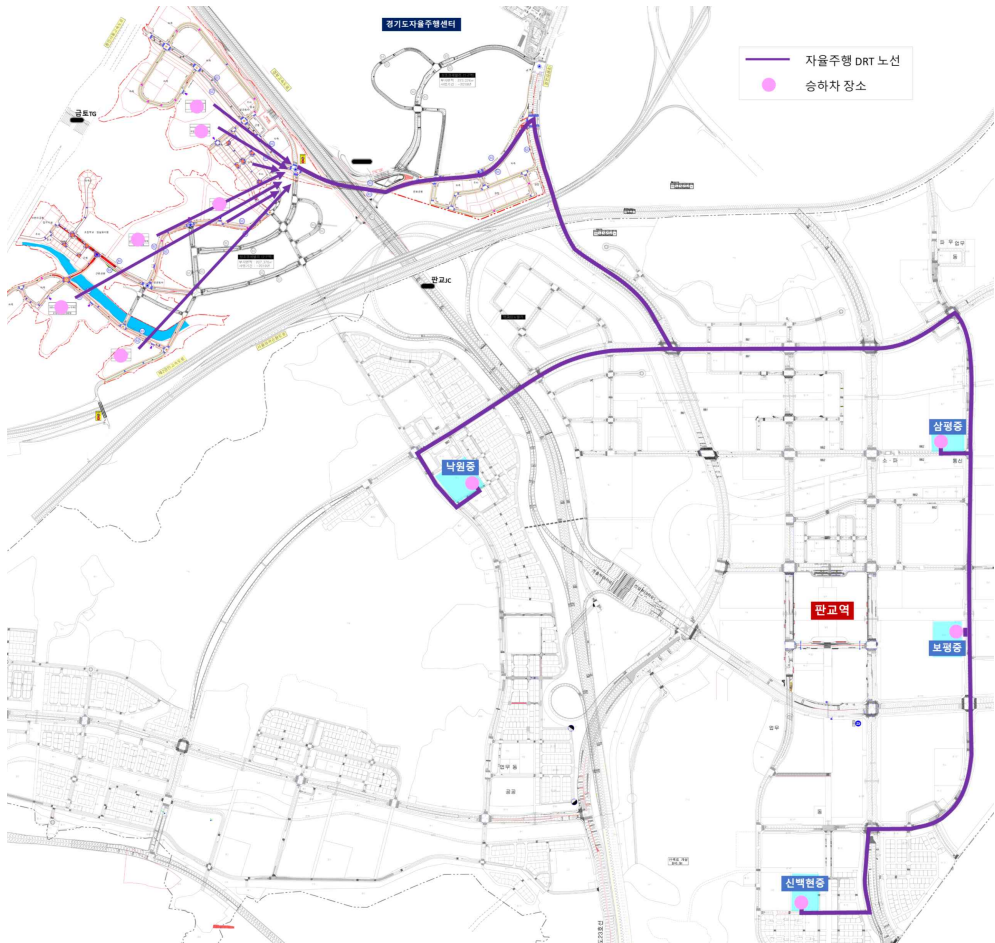


[그림 6-3] 아파트 단지 앞 승하차 Zone 예시



[그림 6-4] 중학교 내 승하차 Zone 예시

○ 자율주행DRT 정류장 위치도



[그림 6-5] 자율주행DRT 정류장 위치도

4. 배차간격 및 차량 공급대수

□ 자율주행셔틀

- 셔틀의 공급대수와 배차간격을 결정하기 위한 원칙은 다음과 같음
 - 자율주행셔틀은 대중교통의 일부로 고려하여 향후 성남금토지구에서 운영할 것으로 예상되는 마을버스(사업자)의 이해상황을 고려해야 함. 따라서 셔틀의 수단분담률이 10%를 넘지 않도록 함
 - 배차간격은 10~30분 수준에서 이용자의 편의를 최대한 고려함
- 노선별 배차간격과 차량공급 대수의 최적안은 다음과 같이 제시함
 - 세부노선 1은 25인승 차량 2대를 활용하여 15분 간격으로 서비스
 - 세부노선 2는 12인승 차량 2대를 활용하여 30분 간격으로 서비스
 - 세부노선 3은 12인승 차량 2대를 활용하여 15분 간격으로 서비스

[표 6-8] 자율주행셔틀 운영 분석 종합 (대안 B)

분담률 (%)	구분	세부노선1 (금토지구 내)		세부노선2 (청계산입구역)		세부노선3 (판교역)	
5	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	96인		8인		21인	
	운행시간	21	25	32	32	25	25
	배차간격(분)	8	15	60	60	30	60
	차량 필요대수	4	2	1	1	1	1
10	차량	12인승	25인승	12인승	25인승	12인승	25인승
	목표 수송인원	191인		16인		42인	
	운행시간	21	22	33	33	21	27
	배차간격(분)	4	8	30	60	15	30
	차량 필요대수	8	4	2	1	2	1

□ 자율주행DRT

- 자율주행DRT 서비스 분석 결과 수단분담률 60% 까지는 차량유형에 상관없이 총 10대의 차량이 필요
 - 낙원중 방향 서비스를 위해 최소 4대 필요
 - 신백현중 방향 서비스를 위해 수단분담률 60%까지는 차량유형에 상관없이 최소 6대 필요. 수단분담률 80~100%에서는 12인승은 6대, 5인승은 최대 13대 필요
- DRT서비스의 특성상 다수의 인원이 동일 시간대에 집중하지 않으므로 12인승 차량은 재차인원 측면에서 비효율적으로 분석됨
 - 12인승 차량의 운행 당 평균 재차인원이 최대 4.7명 정도에 불과함
- 수단분담률 60%까지는 서비스 방향에 관계없이 5인승 차량으로 충분히 서비스 가능하므로, 5인승 차량 10대를 활용하여 양방향으로 서비스를 하는 것이 적함
- 노선별 배차간격과 차량공급 대수의 최적안은 다음과 같이 제시함
 - 신백현중 방향은 5인승 차량 6대 공급
 - 낙원중 방향은 5인승 차량 4대 공급

[표 6-9] 자율주행DRT 운영 분석 종합

분담률 (%)	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원		소요 차량	재차 인원	소요 차량	재차 인원
100	80	13대	3.2	6대	4.7	34	4대	2.3	4대	2.3
80	64	10대	3.0	6대	3.8	28	4대	2.0	4대	2.0
60	48	6대	3.2	6대	3.2	20	4대	1.8	4대	1.8
40	32	6대	2.1	6대	2.1	14	4대	1.3	4대	1.3
20	16	6대	1.5	6대	1.5	7	4대	1.0	4대	0.9

- 자율주행DRT 서비스를 셔틀로 운영하는 것을 가정하고 소요차량과 배차 간격을 모델링함
 - 낙원중 방향 서비스는 5인승 차량 2대, 11분 간격으로 운행하면 이용 수요 100%에 대해 서비스 가능
 - 신백현중 방향 서비스는 5인승 차량 5대, 8분 간격으로 운행하면 이용 수요의 60%에 대해 서비스 가능
 - 양방향 서비스 모두에 이용수요 100%를 만족시킨다고 가정해도 총 필요 차량 대수는 5인승 기준 9대로 DRT 운영 시의 제안 대수 10대보다 적은 차량 대수로 보다 좋은 서비스 제공 가능

[표 6-10] 자율주행DRT 운영 분석 종합(셔틀형)

분담률 (%)	신백현중 방향 (DA)					낙원중 방향 (DB)				
	서비스 요청	5인승		12인승		서비스 요청	5인승		12인승	
		소요 차량	배차 간격	소요 차량	배차 간격		소요 차량	배차 간격	소요 차량	배차 간격
100	80	7대	5	4대	12	34	2대	11	1대	35
80	64	6대	6	3대	15	28	2대	13	1대	35
60	48	5대	8	2대	20	20	2대	16	1대	40
40	32	4대	13	2대	30	14	1대	30	1대	80
20	16	2대	20	1대	40	7	1대	60	1대	80

- 통학시간 이외 시간의 자율주행DRT 차량 활용 방안
 - 통학서비스 이후 활용은 성남금토지구 공동주택단지 입주민 대상 DRT 서비스로 활용
 - 성남금토지구의 공동주택/단독주택단지에 차량을 배치하여 운행
 - 주택단지의 기타통행(통근 및 통학 제외 통행)이 일 8,424통행(2025년 기준)이며, 대부분의 통행이 오전 9시 이후에 발생하므로 입주민 이동 서비스로 활용 가능
 - ◆ 기타통행의 택시 수단분담률이 약 5% 수준이므로, 추정 이용수요는 약 420명 수준 예상

5. 서비스 운영 방안

1) 셔틀 및 DRT의 개념 정립

□ 셔틀과 DRT의 정의

- 본 연구에서 말하는 셔틀과 DRT는 운행 방식에 따른 차이를 말하는 것으로 법적으로는 다르지 않음
 - 본 연구에서 셔틀은 이미 정해져 있는 노선, 정류장을 일정한 시간간격을 두고 운행하는 모빌리티 서비스를 의미하며, DRT는 운행시간이 결정되지 않고 예약을 통해 이용자를 모집하여 운행하는 모빌리티 서비스를 말함
- 법적으로는 셔틀과 DRT 모두 「여객자동차 운수사업법」 제3조(여객자동차 운송사업의 종류) 1항의 3호인 수요응답형 여객자동차운송사업에 해당함
 - 수요응답형 여객자동차운송사업이란 운행노선, 운행시간, 운행횟수를 여객의 요청에 따라 탄력적으로 운영하여 여객을 운송하는 사업을 말함
 - 셔틀의 경우, 동법 제3조 1항의 1호인 노선 여객자동차 운송사업으로 정의하여 사업을 추진할 수 있는데, 이 경우에는 운행노선, 운행시간, 운행횟수, 고정 정류장이 필수 요건이 됨. 반면 수요응답형 여객자동차 운송사업으로 정의하여 추진할 수도 있는데, 이 경우에는 노선 여객자동차의 필수 요건을 지키지 않아도 됨

[표 6-11] 노선 여객자동차와 수요응답형 여객자동차의 차이

구분	필수 요건			
	노선	운행시간 (배차간격)	운행횟수	정류장
노선 여객자동차	○	○	○	○
수요응답형 여객자동차	△	△	△	△

□ 본 사업의 셔틀 및 DRT에 대한 사업 종류의 선택

- 성남금토지구의 자율주행셔틀은 노선 여객자동차 운송사업보다는 수요응답형 여객자동차 운송사업으로 추진하는 것이 바람직하다고 판단됨
 - 노선 여객자동차보다 필수 요건을 반드시 만족하지 않아도 되며, 도시형 교통모델 사업을 통해 국비사업으로 추진할 수도 있기 때문임
 - 노선 여객자동차 운송사업보다 수요응답형 여객자동차 운송사업의 사업자 면허 취득이 상대적으로 용이하기 때문임
- 자율주행DRT는 현재의 운행방식에 있어서는 수요응답형 여객자동차 운송사업에 속하며, 필요에 따라 운행방식을 셔틀처럼 바꿀 수 있음
 - 성남금토지구 중학생의 자율주행자동차 이용 방식을 현재의 예약신청 방식에서 일정한 배차간격을 두고 정해진 정류장에서 출발하고 도착하는 셔틀 방식으로 변경할 수 있음

□ 본 사업의 자율주행 서비스의 특징

- 높은 이용의 편리성
 - 기존 대중교통의 지원 및 동일한 대중교통으로서의 지위 확보
 - 자율주행 DRT 노선의 변동성이 적어 이용자의 높은 편리성 확보
 - 청계산입구역 및 판교역으로의 접근이 용이한 환승 체계 구축
- 운영의 지속가능성 확보
 - 기존 대중교통체계와의 편입을 통해 지속가능한 서비스 실현 가능
 - 수요응답형 여객자동차 운송사업으로 추진할 경우 도시형 교통모델 사업을 통해 국비사업으로 지원 받을 수 있음
- 기존 교통수단과의 미미한 갈등
 - 성남금토지구 및 판교제2테크노밸리 등은 신규 사업지로서 버스 사업자나 택시사업자와의 상충 문제가 크지 않을 것으로 판단됨
 - 사업지구 내부 통행은 마을버스, 셔틀, DRT가 담당하고, 판교역을 연결하는 대중교통이 지구 내로 들어올 필요 없이 환승이 가능하므로 버스 사업자의 불편 노선에 대한 부담 해소

2) 대안1 : 경기도 자율주행센터에서 운영하는 방안

□ 서비스 운영 체계 및 역할

- LH는 자율주행서틀 및 DRT 서비스에 소요되는 자율주행자동차와 C-ITS를 경기도에 제공
- 경기도는 서비스 운영을 경기도 자율주행센터에 위탁하고, 자율주행자동차 임시운행 허가와 시험운행지구 지정 등의 사항을 처리
 - 자율주행자동차의 운행 허가는 「자동차관리법 시행규칙」 제26조 1항~4항에서 요건을 제시하고 있으며, 기능적 요건은 ‘자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정(국토교통부고시)(제2021-258호)’에서 제시하고 있음

[자동차관리법 시행규칙]

제26조(임시운행허가신청등)

- ① 법 제27조제1항에 따른 임시운행허가(이하 “임시운행허가”라 한다)를 받으려는 자는 별지 제16호 서식의 임시운행허가신청서를 국토교통부장관(법 제27조제1항 단서에 따른 자율주행자동차의 임시운행허가만 해당한다. 이하 이 조 및 제29조에서 같다) 또는 시·도지사에게 제출하여야 한다. 이 경우 법 제27조제1항 단서 또는 「자동차관리법 시행령」(이하 “영”이라 한다) 제7조제1항제11호에 따른 임시운행허가를 받으려는 자는 다음 각 호의 구분에 따른 서류를 함께 제출하여야 한다.
 1. 법 제27조제1항 단서에 따른 임시운행허가의 경우에는 다음 각 목의 서류
 - 가. 시험·연구 계획서
 - 나. 자율주행자동차의 구조 및 기능에 대한 설명서
 - 다. 제26조의2에 따른 안전운행요건 적합 여부 확인에 필요한 서류로서 국토교통부장관이 정하여 고시하는 서류
 2. 영 제7조제1항제11호에 따른 임시운행허가의 경우에는 다음 각 목의 서류
 - 가. 영 제7조제1항제11호 각 목의 어느 하나에 해당함을 증명하는 서류
 - 나. 시험·연구 계획서
- ② 제1항제1호에 따라 임시운행허가를 신청한 자는 국토교통부장관이 정하는 날짜 및 장소에 임시운행하려는 자율주행자동차를 제시하여 제26조의2제1항에 따른 안전운행요건 적합 여부의 확인을 받아야 한다.
- ③ 국토교통부장관 또는 시·도지사는 임시운행허가를 하였을 때에는 별지 제17호서식의 임시운행허가증과 법 제27조제2항에 따른 임시운행허가번호판(이하 “임시운행허가번호판”이라 한다)을 신청인에게 발급하여야 한다.
- ④ 임시운행허가를 받은 자는 당해자동차를 운행하려는 때에는 임시운행허가증을 자동차의 앞면유리창에, 임시운행허가번호판을 제3조에 따른 등록번호판의 부착위치에 붙여야 한다.
- ⑤ 임시운행허가번호판의 재질·규격·색깔 및 표기방법등은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

- 성남금토지구의 셔틀 및 DRT 운영을 위해서는 「자율주행자동차법」 제7조에 따른 시범운행지구로 지정을 받아야 함
- 「자율주행자동차법」 제7조는 자율주행자동차의 상용화를 촉진하기 위한 시범운행지구의 지정을 담고 있음. 이를 위해 국토교통부장관은 자율주행자동차 시범운행지구를 운영하려는 시·도지사의 신청을 받아 동법 제16조에 따라 위원회의 심의·의결을 거쳐 자율주행자동차 시범운행지구를 지정할 수 있음

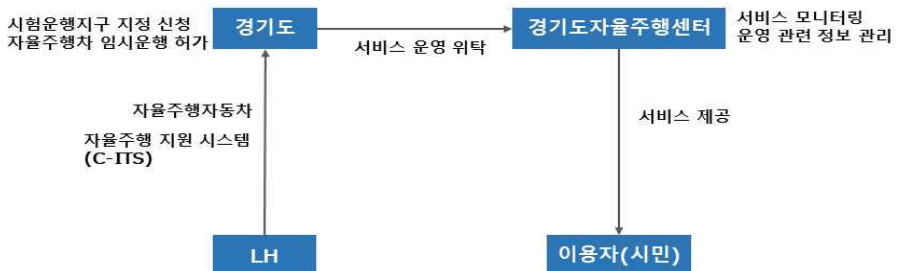
[자율주행자동차법 제7조(시범운행지구의 지정 등)]

- ① 국토교통부장관은 자율주행자동차 시범운행지구를 운영하려는 시·도지사의 신청을 받아 제16조에 따른 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의·의결을 거쳐 자율주행자동차 시범운행지구(이하 "시범운행지구"라 한다)를 지정할 수 있다. 지정을 변경 또는 해제하는 경우에도 또한 같다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의를 거치지 아니할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 제1항에 따라 시범운행지구를 지정·변경 또는 해제한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 관보에 고시하고, 이를 신청한 시·도지사에게 통보하여야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 시범운행지구의 지정·변경 또는 해제에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[자율주행자동차법 시행령 제5조(시범운행지구의 지정 등)]

1. 시·도지사는 법 7조제1항에 전단에 따라 시범운행지구의 지정을 신청하려는 경우에는 시범운행지구 운영계획서를 국토교통부장관에게 제출해야 한다.
2. 국토교통부장관은 제1항에 따른 신청을 받은 날로부터 90일 이내에 지정 여부를 결정하고, 그 결과를 해당 시·도지사에게 통지해야 한다. 부득이 한 경우에는 45일의 범위에서 연장할 수 있다.
3. 국토교통부장관은 시·도지사에게 시범운행지구 운영계획서의 수정·보완 요청을 할 수 있다.

- 경기자율주행센터는 자율주행자동차를 운영하고 서비스를 모니터링하며 관련 정보를 수집·관리함



[그림 6-6] 대안1 : 경기도 자율주행센터에서 운영하는 방안

□ 이슈 및 쟁점

- 대중교통으로서의 지위를 갖지 못하며 서비스의 지속성과 품질에 한계
- 경기도자율주행센터의 운영 시스템 및 운영 인력 등 확충 필요

3) 대안2 : 성남시가 운수사업자를 선정하여 운영하는 방안

□ 서비스 운영 체계 및 역할

- LH는 자율주행셔틀 및 DRT 서비스에 필요한 자율주행자동차와 C-ITS를 경기도에 제공
 - LH는 경기도에 자율주행자동차를 공급하며 적정 공급대수는 성남시와 협의 하에 결정함
 - C-ITS에 대해서는 교차로 신호위반 위험경고 시스템, 보행자 충돌방지 경고 시스템, 신호 정보 연계 시스템 등을 구축하여 제공
 - 자율주행자동차와 C-ITS의 관제는 별도로 구축하는 것이 아니라 운수사업자가 보유한 관제 시스템을 활용하는 것이 타당하다고 판단됨
- 경기도는 시험운행지구 지정과 자율주행자동차 임시운행 허가 등의 허가 사항을 처리하며, 수요응답형 여객자동차운송사업자에게 한정 면허를 부여
 - 본 연구에서 제시하고 있는 셔틀 및 DRT 모두 여객자동차 운수사업법 제3조 1항 3호에서 정하고 있는 수요응답형 여객자동차운송사업에 해당
 - DRT 운수사업자의 선정은 「여객자동차 운수사업법」 제3조 1항 3호에서 운행 요건을 제시하고 있고, 동법 4조 1항 및 시행령 4조 1항에 의거하여 시·도시사의 면허를 받도록 하고 있음
- 성남시는 수요응답형 여객자동차운송사업자를 선정하고, 그 사업자에게 서비스 운영을 위탁

[여객자동차 운수사업법]

제3조(여객자동차운송사업의 종류)

① 여객자동차운송사업의 종류는 다음 각 호와 같다.

1. **노선(路線) 여객자동차운송사업**: 자동차를 정기적으로 운행하려는 구간(이하 “노선”이라 한다)을 정하여 여객을 운송하는 사업

2. 구역(區域) 여객자동차운송사업: 사업구역을 정하여 그 사업 구역 안에서 여객을 운송하는 사업
3. **수요응답형 여객자동차운송사업**: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우로서 운행계통·운행시간·운행횟수를 여객의 요청에 따라 탄력적으로 운영하여 여객을 운송하는 사업가. 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제5호에 따른 농촌과 「수산업·어촌 발전 기본법」 제3조제6호에 따른 어촌을 기점 또는 종점으로 하는 경우
나. 「대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률」 제16조에 따라 실시하는 대중교통현황조사에서 대중교통이 부족하다고 인정되는 지역을 운행하는 경우

제4조(면허 등)

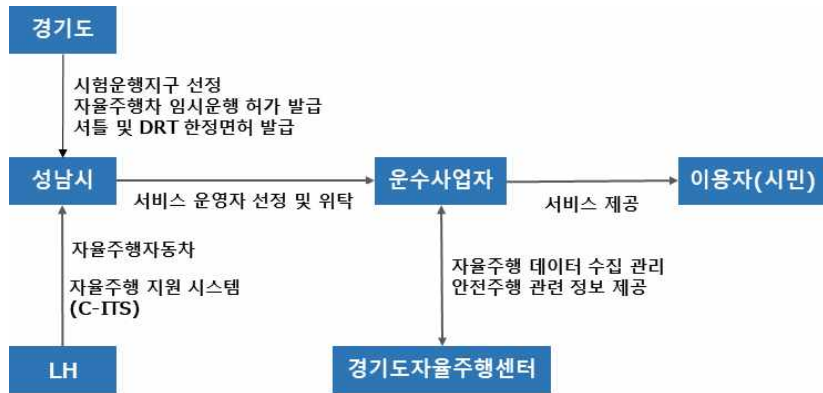
- ① 여객자동차운송사업을 경영하려는 자는 사업계획을 작성하여 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관의 면허를 받아야 한다. 다만, **대통령령으로 정하는 여객자동차운송사업**을 경영하려는 자는 사업계획을 작성하여 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)의 면허를 받거나 시·도지사에게 등록하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 면허나 등록을 하는 경우에는 제3조에 따른 여객자동차운송사업의 종류별로 노선이나 사업구역을 정하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관 또는 시·도지사는 제1항에 따라 면허나 대통령령으로 정하는 여객자동차운송사업을 등록하는 경우에 필요하다고 인정하면 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 운송할 여객 등에 관한 업무의 범위나 기간을 한정하여 면허(이하 “**한정면허**”라 한다)를 하거나 여객자동차운송사업의 질서를 확립하기 위하여 필요한 조건을 붙일 수 있다.

[여객자동차 운수사업법 시행령]

제4조(시·도지사의 면허 또는 등록 대상인 여객자동차운송사업)

- ① **법 제4조제1항 단서에 따라 시·도지사의 면허를 받아야 하는 면허 대상 여객자동차운송사업은 법 제3조제1항제3호에 따른 수요응답형 여객자동차운송사업**(이하 “수요응답형 여객자동차운송사업”이라 한다)으로 한다.
- ② 법 제4조제1항 단서에 따라 시·도지사에게 등록하여야 하는 등록대상 여객자동차운송사업은 마을버스운송사업·전세버스 운송사업 및 특수여객자동차운송사업으로 한다.
- ③ 법 제4조제3항에서 “대통령령으로 정하는 여객자동차운송사업”이란 마을버스운송사업을 말한다.

- 운수사업자는 셔틀 및 DRT의 운행 상황을 실시간으로 모니터링 하고, DRT의 경우, 이용예약을 접수하고 차량을 배치하는 등의 서비스 및 관제센터 운영
- 경기자율주행센터는 자율주행 관련 데이터 및 안전주행과 관련한 정보를 운수사업자와 서로 공유



[그림 6-7] 대안2 : 성남시가 운수사업자를 선정하여 운영하는 방안

□ 이슈 및 쟁점

- 대중교통으로서의 지위를 갖게 되며, 서비스의 지속성 가능
- 재무적인 측면의 서비스 지속성을 위해서는 보조금 지급이 불가피 함
- 일반버스(또는 마을버스)와 동일한 서비스, 즉 배차시간, 주행속도 등 자율주행자동차의 성능 등에 대한 불안 요소 존재
- 신규택지 조성으로 성남시 버스 노선 없이 새롭게 노선을 수립하기 때문에 버스사업자의 반발이나 갈등은 크지 않을 것으로 판단됨

제7장 결론

LAND
HOUSING
INSTITUTIONS

제7장 결 론

1. 연구 결과

□ 연구 개요

- 본 연구는 성남금토지구의 뉴딜 시범도시 조성 계획의 일환으로 계획 중인 자율주행셔틀 및 DRT 서비스를 위한 안전한 주행 환경과 운영 모델을 제시를 목적으로 수행함
- 자율주행셔틀은 성남금토지구를 중심으로 판교제2테크노밸리, 판교역, 청계산 입구역을 연결하며, 수요응답형 자율주행 대중교통 서비스는 판교신도시에 위치한 4개 중학교를 연결하도록 계획하고 있음
- 주요 연구 내용
 - 자율주행셔틀 및 DRT의 안전한 주행환경을 위한 요구사항을 도출함. 이를 위해 자율주행자동차의 기능적 요구사항을 도출하였고, 도로·교통 계획에 필요한 요구사항, 도입이 요구되는 C-ITS, 정밀지도의 적용 여부 등을 검토함
 - 자율주행셔틀 및 DRT 운영 방안을 수립함. 이를 위해 자율주행셔틀 및 DRT 노선 선정, 정류소 위치, 배차간격, 차량 공급 계획, 서비스 운영체계로서 이해관계자 및 그 역할을 제시함

□ 주요 연구 결과

- 안전주행에 필요한 요구사항 분석
 - 자율주행자동차에 대해서는 자율주행자동차의 형태, 정상 주행이 가능한 대기온도 조건, 기후 조건, 자율주행 기능의 작동 및 해제, 운전전환,

최고 속도, 차로 유지, 전방 감지, 차로 변경, 자동감속 및 정지, 앞차와의 간격 유지, 위험최소화 운행, 고장에 대한 대응, 자율주행 주행 기록, 사이버 보안, 도로교통법 준수 등에 대한 요구사항을 제시함

- 도로 및 교통 분야에 대한 요구사항으로는 교통안전표지의 확대, 교통 신호기 설치 방안, 가로수 설치, 안전속도 5030에 따른 황색신호시간 조정, 차로폭 줄이기, 중앙분리대 설치, 자전거도로 설치 방안, 1차로 주정차 금지, QR코드 활용 방안 등을 제시함
- C-ITS는 15개의 시스템을 검토하였고, 이중 교차로 위험경고 시스템, 신호 정보 연계 시스템, 보행자 충돌방지 경고 시스템을 제안함
- 정밀지도에 대해서는 운전자 혹은 안전요원의 탑승, 자율주행자동차의 운행 노선이 짧고 동일하여 관련 정보를 학습으로 대체 가능함으로 불 필요하다고 판단함
- 교통시뮬레이션 구축 및 분석
 - 성남금토지구에 입주가 완료된 2024년을 시점으로 자율주행서들과 DRT 서비스가 도입 되었을 때 도로 네트워크에 미치는 영향과 서비스 도입의 효과를 분석함
 - 장래 예측과 이용자와 차량 등 개별 주체의 특징을 반영하기 위해 미시적 교통 시뮬레이션 활용함. 통행시간, 교통 정체, 신호현시 영향, 차선 변경 등에 따른 지체 등 교통 환경을 반영하였고, 이용자의 이용시간 및 위치 선택 등 이용자 특성을 반영함
 - 시뮬레이션은 다양한 시나리오를 기반으로 자율주행서들 운행을 위한 최적 노선, 적정 차량 종류(승차인원 기반), 차량 공급 규모(Fleet Size), 배차 간격, 차량 당 재차인원, 1일 수송량, 비교 대상 교통수단 대비 효과(OD 간 통행 시간), 자율주행서들 운행 시 통행속도, 통행시간, 지체수준 등을 분석함
- 서비스 노선의 결정
 - 자율주행서들의 노선 결정은 지역 연결성, 광역교통 연결성, 이용자 통합 서비스, 편의성 등을 고려하여 아래와 같은 이유로 B안으로 선정함

- ◆ 다수의 환승 지점을 제공하여 이동 편리성 우수
- ◆ 환승거점 제공 및 회차가 가능한 공간 구성으로 운영 효율성 우수
- ◆ 성남금토지구 북측에 있는 청계산입구역으로 연결되는 노선이 성남금토지구 내부를 관통하여 판교역으로 연결이 가능함으로써 노선 연결성 우수
- DRT 서비스는 중학생의 통학 안전, 이동 편의, 일반차량과의 조화 등을 고려하여 선정함
- 정류장 위치 선정
 - 자율주행셔틀의 정류장 확보 및 이용자의 환승 편의를 위해서는 기존 버스 정류장을 함께 사용하는 것이 바람직하다고 판단함. 다만, 현행 자율주행자동차의 운전 능력을 고려하여 정류장 내 전용 승하차 공간을 제공할 필요가 있음
 - 자율주행DRT의 정류장 위치는 중학생의 안전한 승하차와 승하차 전후의 이동 거리를 최소화할 목표로 함. 따라서 승하차 지점을 주거지역 내 안전구역과 학교 내 구역으로 선정함
- 수단분담율, 배차간격, 공급대수의 결정
 - 자율주행셔틀의 수단분담률은 대중교통체계의 편입을 고려할 때 5~10%가 적정할 것으로 판단함. 노선은 3개의 세부노선으로 구분되는데 세부노선1은 12인승 차량 3대, 20분 간격, 세부노선2는 25인승 차량 2대, 15분 간격, 세부노선 3은 25인승 차량 2대, 15분 간격이 적정하다고 판단함
 - 자율주행DRT 서비스 분석 결과 수단분담률 20~60% 까지는 필요차량의 대수가 큰 차이가 없는 것으로 분석됨. 5인승 차량 10대를 활용하여 양방향으로 서비스를 하는 것이 적합하고, 전체적인 수단분담률 목표는 60%로 설정하는 것이 적합하다고 판단함
- 운영체계
 - 운영체계는 셔틀 및 DRT 모두 수요응답형 운수사업자로 하는 것이 가장 합리적인 방법이라고 판단함

- 이해관계자들의 역할을 다음과 같이 설정함
 - ◆ LH는 자율주행자동차 및 C-ITS 시스템을 제공하며, 안전주행에 필요한 도로 교통 환경 조성
 - ◆ 경기도는 시험운행지구로 신청하고 자율주행자동차 임시운행 허가 발급 등의 역할 수행
 - ◆ 성남시는 수요응답형 서비스 사업자를 공모하여 선정하는 역할을 수행
 - ◆ 경기도자율주행센터는 자율주행서비스를 모니터링하고 운행 관련 정보를 운수사업자에게 제공
 - ◆ 수요응답형 운수사업자는 시민을 위한 셔틀 및 DRT 서비스 제공

2. 향후 연구 방향

- 자율주행자동차의 차종 선정
 - 본 사업의 시행 시기인 2024년을 고려할 때, 본 연구를 통해 자율주행셔틀이나 DRT의 차종까지 선택하는 것은 시기적으로 적합하지 않다고 판단함
 - 그러나 2022년~2023년에는 자율주행자동차 제작사, 차종, 제원 및 가격 등의 조사 및 결정이 필요할 것임
- 시스템 설계 및 경제성 분석(재무분석 포함)
 - 경제성 분석을 위해서는 자율주행자동차의 공급대수, 가격이 어느 정도 예상되고, 운행 방식 및 C-ITS 등이 확정된 후에는 차량 및 시스템 구매, 운영, 유지관리 비용을 포함한 매출, 수익, 사회적 편익의 경제성 분석이 필요
 - C-ITS 구축을 위한 시스템, 자율주행 모니터링 시스템, 이용 예약 등을 위한 이용자 앱 등의 설계 방향 필요

- 요금체계 및 이용 방법
 - 대중교통 서비스로서 운행될 경우, 기존 마을버스 이상의 요금을 받기 어려운 반면, 높은 차량 가격, 관제 및 서비스 예약시스템 등 높은 초기 비용이 예상됨
 - 그럼에도, 요금체계에 대한 상세한 기준 마련이 필요하며 특히 중학생 통학을 위한 DRT의 경우에는 예약시스템 등 이용 방법에 대한 구체적인 시스템 계획이 제시되어야 할 것임
- 단계별 적용 방안
 - 자율주행서비스는 자율주행 성능에 크게 의존할 수밖에 없음
 - 2024년 성남금토지구의 준공 시 자율주행 성능이 어떤 수준일지 정확히 예측할 수 없는 실정임
 - 따라서, 자율주행 성능 단계에 따른 자율주행서틀과 DRT 서비스 제공 방안을 상세하게 마련할 필요가 있음

참 고 문 헌

L
A
N
D
I
N
G
I
N
S
T
I
T
U
T
E
H
O
N
S
T
I
T
U
T
E

&

참고문헌

[국내문헌]

- 강민희, 임이정, 송재인, 황기연(2019), 「AV 도입에 따른 고속도로 진출입구간 교통류 효과분석 -서울 신갈 상행 진출입구간을 중심으로-」, 교통연구, vol.26, no.4, pp.33-47.
- 교통안전공단(2015), 「수요응답형교통(DRT)시스템 구축 및 운영방안 마련 연구」, 교통안전공단.
- 교통안전공단(2016), 자율주행자동차 안전성 평가기술개발 및 실도로 평가환경 구축 상세기획 2단계 보고서
- 경기도성남교육지원청(2021), 「2021년 중학교 신입생 배정업무 지침」.
- 경기도성남교육지원청(2021), 「2021년 성남시 중학교 신입생 배정업무를 위한 근거리표」.
- 국가균형발전위원회(2020), 충청권 자율주행 모빌리티 상용화지구 조성
- 국토교통부(2018), 도심도로 자율협력주행 안전인프라 연구사업
- 국토교통부고시 제2020-904호(2020.12.08)
- 국토교통부(2020), “레벨 4 자율주행자동차 제작·안전 가이드라인”.
- 국토교통부 보도자료(2020.02.07), “국토부, 자율주행 시범운행지구 지정·운영 제도 마련”.
- 국토교통부 보도자료(2020.12.18.), “18일부터 세종시 자율주행 순환셔틀 달린다”.
- 국토교통부 보도자료(2021.04.27), “자율주행 서비스, 판교에서도 본격 시동”.
- 김원철·김운식(2016), 「충남 수요응답형교통 운영 및 관리 개선방안」, 충남연구원.
- 대구광역시 보도자료(2019.8.19), “자율주행 셔틀버스 수성알파시티를 달린다”
- 대전세종연구원 (2020), 「세종시 친환경 자율주행 버스 운영을 위한 인프라 활용 및 연계전략 수립 용역」
- 미래교통전략연구소 (2017), 국가교통미래전략 2050
- 변완희(2021), 「퓨처라마 모빌리티 혁명의 미래」, 크레파스북.

서울시 보도자료(2021.07.20), “서울시, 전국 최초 조례 제정, 10월부터 상암에서 영업
용 자율주행자동차 운행”.

육동형, 이백진, 박준태(2018),「자율주행차량 도입에 따른 교통 네트워크의 효율성 변화
분석연구」, 한국ITS학회 논문집, Vol 17, No.5, pp.14-28.

이정범(2020), 「대전시 공공형 택시 도입 연구」, 대전세종연구원

이상인(2015), 「대구광역시 수요응답형 대중교통체계 (DRT) 도입 연구」, 대구경북연구원
제주특별자치도 보도자료(2020.11.24), “제주도, 국토부 자율주행자동차 시범운행지구 지정”.

최은희, 진미윤, 정기성, 이슬해 (2020),「가구특성을 고려한 통합공공임대주택 공급제도
연구 : 면적별 공급기준을 중심으로」, 한국토지주택공사 토지주택연구원

한국교통연구원(2017), 경제·사회·기술 변화 대응 10대 교통·물류 정책 발표 자료

한국토지주택공사(2017), 「창조경제밸리 조성사업 교통영향평가」.

한국토지주택공사(2020), 「성남금토 공공주택지구 조성사업 교통영향평가」.

[국외문헌]

ATKINS(2016), “Research on the Impacts of Connected and Autonomous
Vehicles (CAVs) on Traffic Flow:Stage 2 Traffic Modelling and Analysis
Technical Report”.

NHTSA(2017), “Automated Driving Systems 2.0: A vision for Safety”

Technology Policy, “Ensuring American Leadership in Automated Vehicle
Technologies: Automated Vehicles 4.0”

USDOT and White House Office of Science and Technology Policy, “Ensuring
American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated
Vehicles 4.0(AV 4.0)”

[기타]

경기도성남교육지원청 홈페이지,

경기통계 홈페이지 (2021), <https://stat.gg.go.kr/statgg/main.html>, 접속일 2021.11.1.

과학기술정보통신부, <https://www.msit.go.kr/index.do>

국도교통부, <http://www.molit.go.kr/portal.do>

국도교통부 C-ITS 시범사업 홍보관 <https://www.c-its.kr>

국가법령정보센터, “도로의 구조시설 기준에 관한 규칙”, <http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “도로교통법”, <http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 규정”,
<http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정”,
<http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “자동차 관리법”, <http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “자동차 관리법 시행규칙”, <http://www.law.go.kr>.

국가법령정보센터, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙”,
<http://www.law.go.kr>.

경기도자율주행센터, <https://www.ggzerocity.or.kr/>

네이버지도 (2021), <https://m.map.naver.com/>

네이버랩스(<https://www.naverlabs.com/storyDetail/113>)

네이버 포스트 (2019.07.10.) “사람의 지능을 대신할 수 있을까? ‘자율주행 자동차’”,
<https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=22163877&memberNo=41407589&v>

뉴스토마토 (2016.08.25.) “‘생각하는 자동차 만들자’... 커넥티드카 개발 가속도”,
<http://www.newstomato.com/readNews.aspx?no=683918>)

뉴스토리 (2019.08.19.), 자율주행차량 19일부터 대구 수성알파시티서 시험운행

대구광역시 보도자료 (2019.8.19.), ‘자율주행 셔틀버스 수성알파시티를 달린다!’

동아닷컴 (2020.9.9.), “성남, 사람 중심의 스마트도시 육성”

대통령직속 4차산업혁명위원회, <https://www.4th-ir.go.kr/>

대한무역투자진흥공사(KOTRA), <https://www.kotra.or.kr/biz/>

로봇신문 (2019.9.23.), 「일본 하네다공항, 자율주행 버스 실증 테스트 실시」,

산업통상자원부, <http://www.motie.go.kr/www/main.do>

카카오맵 (2021), <https://map.kakao.com/>

At north (2018.8.2), 「Autonomous shuttle bus at the Ommelander Ziekenhuis」,

<https://www.autonoomvervoernoord.nl/en/on-the-road/autonomous-shuttle-bus-at-the-ommelander-ziekenhuis/>

AXIOS (2019.12.6.), 「Self-driving shuttle company May Mobility gets a \$50 million lift from Toyota」

<https://www.axios.com/may-mobility-toyota-investment-f9bce1af-7887-45bd-a03b-3c5df51f6636.html>

DeNA (2018.2.23), 「日産自動車とDeNA、無人運転車両を活用した交通サービス「Easy Ride」の実証実験を開始」, <https://dena.com/jp/press/003566>

Dezeen (2019.3.15.), 「Muji's driverless Gacha bus takes to the roads in Helsinki」,

https://www.dezeen.com/2019/03/15/gacha-self-driving-bus-muji-sensible-4/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1(2019.3.7)

ETNEWS (2017.9.24), 「스위스에서 자율주행 대중교통 첫 정식 운행」

EXTREME TECH (2018.12.5.), 「Waymo Launches Consumer Self-Driving Car Service in Arizona」,

<http://www.extremetech.com/extreme/281776-waymo-launches-consumer-self-driving-car-service-in-arizona>

<https://m.blog.naver.com/nong-up/221017744671>

<https://go.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20200214012016>

<https://www-trucknbus.hyundai.com/kr/news/Releases/trucknbus-imod-191209?sn=BL00000539>

<https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=autocrypt&logNo=222154109384>

<https://www.donga.com/news/Society/article/all/20191219/98867795/1>

<https://m.etnews.com/20200727000188>

<https://www.hankyung.com/car/article/2020060812372>

<https://www.hankyung.com/car/article/202006080963g>

Gasgoo (2018), 「Baidu conducts trial operation of Apolong L4 autonomous bus in Beijing」, <http://autonews.gasgoo.com/70015403.html>

MotorNature (2013), 「The Induct Navia, a French EV in Singapore」
<https://www.motornature.com/2013/08/the-induct-navia-a-french-ev-in-singapore/>

NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration),
<https://www.nhtsa.gov/>

NCSL(National Conference of State Legislatures), <https://www.ncsl.org/>

Teslar, <https://www.tesla.com/support/archive>

Urban ICT Arena (2018.1.24.), 「Smart self-driving buses start operating in Kista」.

