16RDPP-C119653-01

Land Infrastructure and Transport R&D

기후 변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술개발 기획연구 최종보고서[자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구 기획]

2017

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부

발간등록번호

11-1613000-002024-01

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 16RDPP-C119653-01

기후 변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술개발 기획연구 최종보고서

[자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구 기획]

2017. 09. 22.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 한국교통대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “기후 변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술개발 기획연구” 에 관한 연구 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 09월 22일

주관연구기관명: 한국철도기술연구원 (인)

주관연구책임자: 정 락 교 책임연구원 (인)

연구원: 최 강 윤 수석연구원

연구원: 변 윤 섭 책임연구원

연구원: 엄 주 환 책임연구원

연구원: 이 강 원 책임연구원

연구원: 김 백 현 책임연구원

연구원: 강 석 원 선임연구원

연구원: 이 준 책임연구원

연구원: 유 소 영 선임연구원

연구원: 김 수 호 연구원

연구원: 김 현 중 연구원

공동연구기관명: 한국교통대학교

공동연구책임자: 정 광 우 교수

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>16RDPP-C119653-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2016.08.22.~
2017.07.29</td><td>단 계 구 분</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부 사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">기후 변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한
PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술개발 기획연구</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">자율주행 기반 대중교통시스템 실증 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">정 락 교</td><td>해당단계
참 여
연구원 수</td><td>총: 22명
내부: 11명
외부: 11명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부:120,000천원
민간: 천원
계:120,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참 여
연구원 수</td><td>총: 22명
내부: 11명
외부: 11명</td><td>총 연구비</td><td>정부:120,000천원
민간: 천원
계:120,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">한국철도기술연구원/광역도시교통연구본부</td><td colspan="2">참여기업명
한국교통대학교</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약
· 자율주행 기술과 통신 기술의 발전에 따라, 대중교통의 운영 한계를 극복하고 시민체감형 편의를 증진시키고 국가 사회적인 차원에서 온실가스 배출 및 도시에너지 절감 등 지속가능한 공공복지 차원의 효율적인 교통 체계 구현을 위한 미래형 자율주행 대중교통 통합 운영 시스템 (차량, 인프라, 운영, 평가 등) 개발과 실용화를 대비한 스마트 대중교통 실증 기술 개발 기획
- 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 개발을 위한 시스템 엔지니어링/하부시스템 등 세부 구성요소 기술 분석
- 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 무인주행 연계기술 분석
- 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 실용화 및 종합시험평가 기술개발 기획
- 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 실용화 검증을 위한 시범사업 구축방안 기획
- 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 및 스마트 대중교통 관제센터 구축을 위한 세부 구성요소 기술 분석
- 스마트 대중교통 도입 및 운영에 따른 효과 분석 및 평가 시뮬레이터 기술 개발 기획
- 스마트 대중교통의 효율적인 운영을 위한 사용자 편의 기술 및 핵심 알고리즘 개발 기획
- 스마트 대중교통 실용화 대비를 위한 법·제도적 개선 및 시범사업 구축 방안 기획</td><td colspan="2">보고서 면수: 240 페이지</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td>수요응답교통, 개인교통수단, 네트워크 운행, 최적경로 검색, 무정차 운행, 자율주행 대중교통</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td>On-demand Transit, PRT(Personal Rapid Transit), Network Operation, Optimal Path Search, Non-stop, Autonomous Transportation</td></tr>
</table>

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 1

1절 기술의 정의 및 분류체계 1

2절 기술개발의 필요성 6

제2장 국내외 동향 및 환경분석 10

1절 국내외 정책동향 10

2절 국내외 시장현황 및 전망 25

3절 기술(특허, 논문 등)동향 37

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 134

1절 비전 및 목표 134

2절 기술개발에 따른 미래상 136

3절 연구개발 과제 구성 138

4절 총괄 및 세부과제별 R&D 과제카드 152

5절 총괄 및 세부과제별 주요내용 및 추진전략 171

6절 연구추진체계 185

7절 기술/성과 로드맵 186

제4장 사전 타당성 검토 191

1절 분석의 틀 191

2절 기술적 타당성 192

3절 정책적 타당성 200

4절 경제적 타당성 201

제5장 자원투입 계획 209

1절 인력투입계획 209

2절 소요예산 투입계획 214

제6장 과제공모 방안 221

1절 과제제안 요구서 221

2절 공모조건 246

3절 선정평가 248

제1장. 기술의 정의 및 필요성

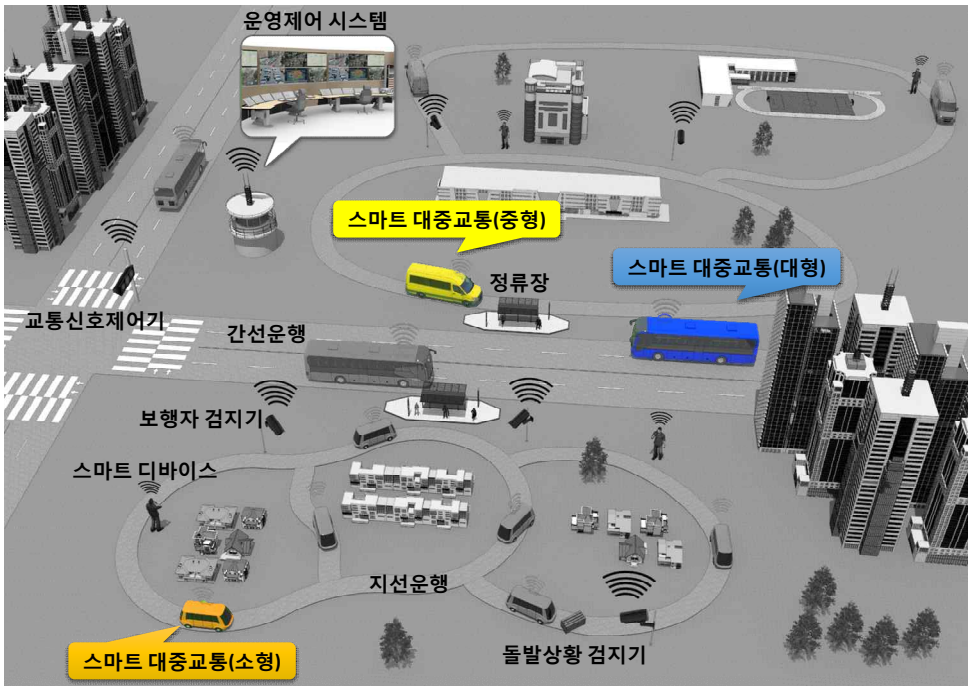
제1절. 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

□ 본 기획과제에서 정의하는 과제목표는 아래와 같음:

차세대 대중교통 및 공유형 자동차 서비스 기반의 새로운 미래 스마트도시 교통체계 수립에 대한 기술 및 정책이 이슈화 되고 있는 자율주행자동차 및 미래 교통기술 개발을 통해 도심 교통 문제를 해결하기 위해 고정/스케줄모드와 P2P/수요응답 모드가 가능한 자율주행차량 기반의 공유형 대중교통 시스템 및 운영 모델 개발

○ 스마트 대중교통(소형/ 중·대형) 시스템이란 네트워크 형태로 구성된 특정 구역 내의 공공도로를 일반차량과 공유하며 운영제어 시스템을 기반으로 운영서비스의 범위에 따라 일정 운행스케쥴에 의해 정해진 노선을 최적으로 자동주행하는 간선운행 서비스를 제공하는 스마트 대중교통(중·대형) 차량과 고객의 실시간 서비스요청에 의해 임의의 노선을 최적으로 자동주행하는 1st/last mile 지선운행 서비스를 제공하는 스마트 대중교통(소형) 차량을 수단으로 하여 무인자동 운영되는 대중교통 시스템임



<그림 1-1> 스마트 대중교통 시스템

○ 스마트 대중교통의 시스템 정의에 따른 운영 시나리오

- 정류장의 키오스크(Kiosk) 또는 고객의 스마트 디바이스 등을 통해 운행 서비스 요청이 접수되면, 운영제어 시스템은 출발 정류장으로부터 목적 정류장까지 가능한 경로 조합들을 연산하여 적정의 노선을 선택할 수 있도록 후보 노선(비용, 이동시간, 환승횟수, 합승여부 등 서비스 지표 반영)들을 제시함
- **스마트 대중교통(소형)** : 고객의 노선 선택에 따라 지선운행이 포함된 경로가 선택되어 스마트 대중교통(소형)의 이용이 필요한 경우, 요청된 지점에 신속하게 서비스를 제공할 수 있도록 인근의 서비스 가능(빈차 또는 합승가능) 스마트 대중교통(소형) 차량을 배차하고 승객의 탑승을 확인한 후 차량을 목적지까지 이동시키도록 제어함

- **스마트 대중교통(중·대형)**: 고객이 간선운행 서비스가 포함된 경로를 선택한 경우, 해당 경로를 운행하는 스마트 대중교통(중·대형)은 서비스 가능 여부(좌석)에 따라 정류장 정차 여부를 제어하며, 운영제어 시스템은 탑승하고 있는 모든 승객의 목적지 정보 및 간선운행 서비스를 요청한 고객의 출발지 정보에 따라 정류장 정차를 제어함
- 차량과 인프라 및 운영제어 시스템과는 무선통신기술을 사용하여 정보 교환이 이루어지며, 일반차량과 보행자 등의 주변 사물을 인식하여 주행안전을 확보하고 연산된 경로로 차량을 자동으로 주행할 수 있도록 제어함
- 스마트 대중교통(소형/중·대형) 차량에 탑재되는 센서 및 프로세서의 복잡도를 낮추기 위해 원격지 정보를 인지하기 위한 기능은 지상에 구축된 인프라에서 지원된 정보를 활용하며, 차량의 유지보수 및 전기차량 충전 등과 관련한 설비를 지정된 장소(검수고)에 구축하여 수행함

□ 스마트 대중교통 개발에 요구되는 요소기술 정의

○ '차량 기술'이란 사용자의 요구사항에 따라 스마트 대중교통의 하드웨어적 구현을 위한 차량플랫폼을 구성하는 여러 주요기능을 의미하며 다음과 같은 주요기술들을 포함함
- 초경량/안전차체설계 기술
- 구조/충돌/주행 안전성 기반 차량설계/제작 기술
- 주행, 조향, 추진, 제동 및 HVAC 등 핵심부품의 국산화 및 고도화 기술

○ '주행제어 기술'이란 도로를 주행하는 차량이 운전자 없이 자동으로 목적지까지 안전하고 신속하게 이동하기 위해 요구되는 제어기술을 의미하며 다음과 같은 주요기술들을 포함함
- 무인 자동운전 주행기술(S/W)
- 주행제어시스템의 최적화설계 기술(H/W)
- 실내/외 주행환경을 고려한 센서융합 신호처리 제어기술(주변환경 연계)

○ '운행제어(관제) 기술'이란 차량의 호출 요청이 가능한 출발지로부터 원하는 임의의 목적지까지 도달할 수 있는 다수의 경로가 존재하는 네트워크 형태 노선에 있어서, 차량운행을 담당하는 운전자를 탑승시키지 않고 무선통신기술에 의해 원격으로 정보를 교환하는 중앙관제시스템에 의해 최적의 경로로 승객이 탑승한 차량을 안전하게 이동시키는 서비스를 제공하기 위한 기술을 의미함
- 네트워크 운행제어기술(인지, 통신, 판단)의 최적화 기술
- 커넥티드카 관련기술
- 원격인지정보 적용기술

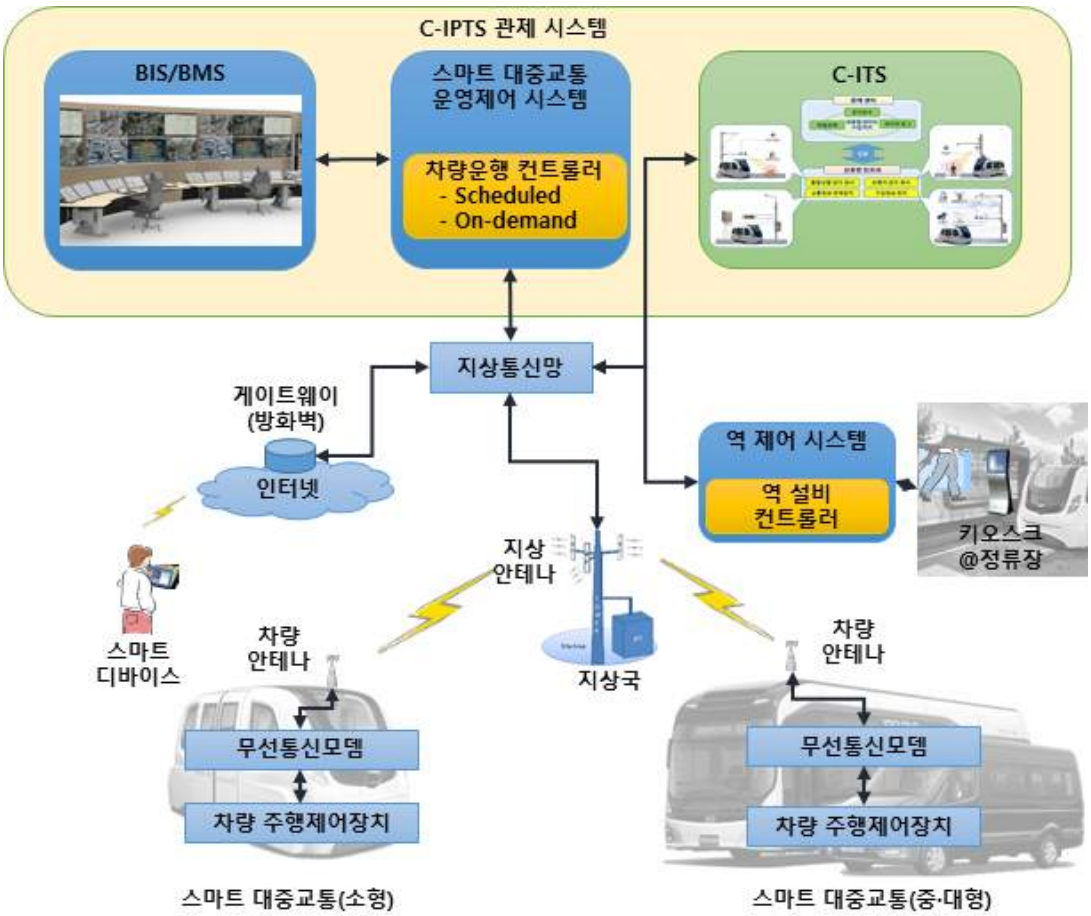
○ '운영관리 기술'이란 방대하고 다양한 데이터를 활용하여 스마트 대중교통을 보다 효율적으로 운영하기 위해 요구되는 기술을 의미함
- 최신 IoT 및 빅데이터 기술기반 사용자 편의성 향상 기술
- C-IPTS*(Cooperative-Intelligent Public Transportation System)인프라 획득 정보를 통한 운영 효율성 향상 기술
- 이용자 수요예측, 운행제어(관제), 인프라 등 운용 환경을 고려한 운영 효율, 최적화 등 시스템 성능 평가 및 진단 기술

*C-IPTS는 C-ITS 및 BMS, BIS 정보 등을 포함하는 통합교통정보시스템

○ '인프라 기술'이란 스마트 대중교통을 안전하고 효율적으로 운영하기 위한 노선의 설계/제작 기술을 의미함
- 정거장, 역 제어 장치 등 인프라 구조물의 경제성 확보 기술
- 인프라의 지능화 및 관제 연계를 통한 운영 효율향상 기술

○ ‘전력 기술’이란 전기로 구동되는 친환경 시스템인 스마트 차량의 고효율/고성능 에너지 공급기술을 의미하며 다음과 같은 주요기술들을 포함함

- 신개념 고출력/고밀도 에너지 저장매체 기술
- 고효율 급속(Flash) 충전기술
- 매체잔존수명 연동 가용에너지 예측 기술



<그림 1-2> 스마트 대중교통 시스템의 구성도

2. 기술의 분류체계

○ 차량기술관련 요구기술

- 구조/주행 안전성 기반 차량설계-제작 기술 고도화
  - 구조/주행안전/소음 기준 확립 및 평가 기술
  - 정적(구조)/동적(피로) 강도 개선을 위한 차량 내·외장 소재 및 제작 기술
  - 주행 안전성/승차감 개선을 위한 현가/섀시(Chassis) 모듈 설계/제작 기술
- 수송용량을 고려한 주행, 조향, 추진, 제동 및 HVAC 등 핵심부품의 국산화 및 고도화 기술
  - 차량장치(주행, 조향, 추진, 제동 및 HVAC 등) 개발 및 적용(집적화) 기술
  - 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향 및 제동의 이중화 기술
  - 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술
- 도로환경에 따른 충돌안전성 향상 및 에너지 절감 차량 기술
  - 차량 충돌기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 초경량고강도 내·외장 소재 적용 기술
  - 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계/제작 기술
  - 도로환경에 따른 충돌안전 기준 확립 및 평가 기술
- 운행패턴 다양화에 따른 차량 에너지 자립성 향상 기술
  - 슈퍼커패시터의 출력 특성과 이차전지의 에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지매체기술
  - 전력공급 인프라의 경제성과 충·방전의 효율성을 확보하기 위한 무인급속(Flash) 충전 기술
  - 매체잔존수명(수명 및 상태) 기반 가용에너지 예측 기술

○ 주행제어기술 관련 요구 기술
- 주행위치인식(DGPS/IMU) 병용 기술
- 속도, 안내 제어기술
- 제어컴퓨터, 센서, 전원, 신호망 이중안전설계
- 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호)
- 전방 장애물 인식 및 충돌 방지기능 (레이다, 초음파센서 등)
- 실시간 고장 진단/보정 및 대응기술
- 센서정보융합 정밀위치보정 및 차량제어기술
- 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성(추측항법기반 차량위치이용) 기술
- 최적주행경로 설계기술(회피, 우회, 차선변경)
- 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변 정보인식 기술(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 수신호, 자전거 및 기타 주행로장애물 객체인식) 및 주행로 이동객체 운동방향 예측 및 대응 제어기술

○ 운행제어 기술관련 요구기술
- 차량내부 승객용 모니터링 화면(차량위치, 목적지, 공지사항 등) 현시기술
- 차량 내 각종 전기장치 원격제어(에어컨, 히터, 내/외부 라이트 등) 기술
- 차량 내/외부 동영상 모니터링(CCTV) 및 비상전화(인터폰)
- 일반도로 혼용운영 장비 H/W 인터페이스(차단기)
- 주행경로(평상시/장애물 우회시) 모니터링 및 GUI 인터페이스 기술
- 국소(Local) 최적주행경로 설계기술(회피, 차선변경)
- 일반도로 교통신호연계 H/W 인터페이스(신호등) 기술
- 임의의 주행가능지역에 대해 연결서비스가 가능한 전역 무선통신기술
- 임의의 지점에서 승/하차가 가능한 가상정류장 및 사용자 인터페이스 기술

○ 스마트 대중교통 효과 분석 및 평가 시뮬레이션 기술
- 스마트 대중교통 도입 및 운영에 따른 효과분석을 위한 성능지수 개발
- 성능지수 산정을 위한 파라메타 항목 설정 및 자율주행 행태 분석 알고리즘 기술
- 스마트 대중교통 실용화 및 실증을 위한 평가 신규 시뮬레이션 (오픈소스 방식) 구현 기술
- 중장기 정책 효과 분석을 위한 멀티 상용 S/W와의 시뮬레이션 인터페이스 기술

○ 운영관리 및 이용자 편의 서비스 기술관련 요구기술
- IoT 연계 및 서비스 응용 기술
  • 사용자 맞춤형 스마트 대중교통 이용지원 시스템 구축 기술
  • 승하차 인식 및 차량주변 상황인식 기술
- 차량 고장 이력관리(RAMS기술)
- C-IPTS 인프라를 통한 운영 효율화 향상 기술
  • 인프라의 정보를 통한 차량 원거리 상황 감시 기술
  • 인프라와 차량 간 정보교환을 통한 전역 감시 기술
- 전역(Global) 최적주행경로 설계 및 탐색 기술 (우회, 합승)
- 시스템 운영 시나리오 구성
  • 소형 스마트 대중교통 (Level 4), 중대형 스마트 대중교통 (Level 3) 설정
  • 시스템 운영 시 주-보조 의사결정 기술 및 평가 기준 (threshold) 설정 기술

○ 인프라 기술, 시범사업 구축 및 시행기준 검토
- 안전성 평가를 위한 시범사업 구축 요소와 운영 요구사항 도출
- 시스템 운영방안과 시범사업지역 선정을 위한 수요 분석 및 타당성 검토

• 시뮬레이션 기반 과학적인 평가 체계 구축
• 정책적 시범사업 수행 절차 및 체계 구축

- C-IPTS 인프라를 통한 운영 효율화 향상 기술
  • 인프라의 정보를 통한 차량 원거리 상황 감시 기술
  • 인프라와 차량 간 정보교환을 통한 전역 감시 기술
- 안전성 평가를 위한 시범사업 구축 요소와 운영 요구사항 도출
- 스마트 대중교통 시범사업 시행을 위한 법/제도/기준 검토
  • 실용화 가이드라인 마련을 위한 신교통수단 관련 법(궤도운송법 및 자동차관리법 등)/제도/기준(안) 개선 방향 검토
  • 스마트 대중교통 노선 설계 등 계획을 위한 법/제도/기준 검토
  • 스마트 대중교통 운영 및 유지관리를 위한 법/제도/기준 검토

○ 종합시험평가기술

- 안전성 확보를 위한 인지/판단/제어 단계별 평가요소, 평가시스템의 요구사항 분석 (성능, 안전성 등)
  • 시스템의 특성, 기술수준 정의 및 평가항목 분석
  • 시스템 운영 시나리오 구성에 따른 기능 평가 방법 확립
  • 제3자 안전인증 체계 프로세스 확립

제2절. 기술개발의 필요성

1. 사회문화적 측면

○ 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동 조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO_2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요함

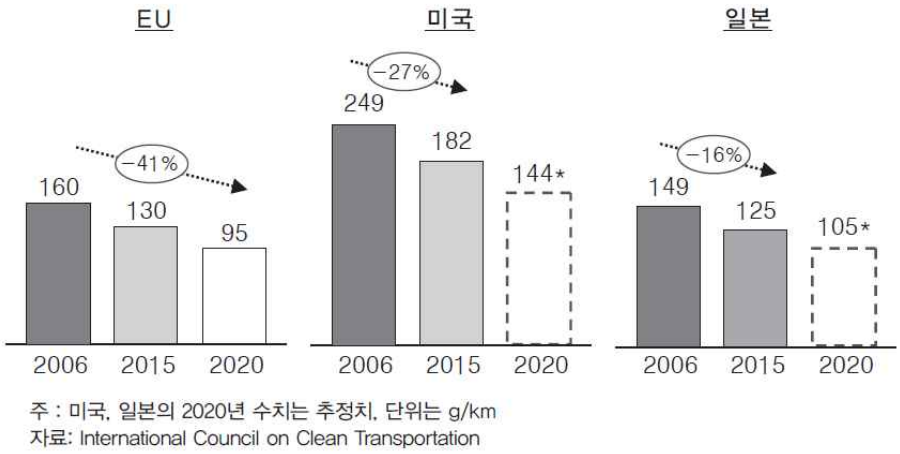
○ 특히, 우리나라의 경우 파리기후변화협정에서 2030년까지 온실가스 배출량 전망치(BAU) 대비 37% 감축정책을 발표('15.12)함에 따라 저탄소 녹색성장을 위한 수송부문 온실가스 저감기술 발굴 필요함

※ 신기후체계 출범으로 2030년까지 12조 3000억달러에 이르는 에너지신시장 창출 전망(IEA)

- 수송부문의 온실가스 배출은 연간 약 1억 톤에 이르며, 전체 에너지 연소에서 차지하는 비중은 약 20%로 추정됨. 이에 플러그인 하이브리드 자동차(PHEVs), 전기자동차(EVs), 연료전지차 등의 선진적인 기술과 친환경 연료 도입으로 CO_2 배출을 2050년까지 2005년 수준보다 30% 감소(Blue Map Scenario) 목표를 설정하여 추진 중임

※ (유럽) 1998년 EU환경이사회에서 CO_2 배출량을 130g/km으로 제한 (2015년 기준)

※ (미국) 2030년까지 온실가스 26% 감축 목표에 따라 전기차 100만대 보급 추진, (EU) 신재생에너지와 전기차 분야에 50억 유로 투자예정, (중국) 2030년까지 온실가스 60% 감축 목표에 따라 2015년 신재생에너지 육성에 830억 달러 투자 예정임



주 : 미국, 일본의 2020년 수치는 추정치, 단위는 g/km
자료: International Council on Clean Transportation

<그림 1-3> EU, 미국, 일본의 CO_2 배출량 감축목표

○ 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO_2 등의 방출이 없는 장점을 지니고 있음

○ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 효과를 지님

- EU의 EDICT(Evaluation and Demonstration of Innovative City Transport) 프로젝트에 따르면, 대체적으로 8% 정도의 교통 혼잡 완화 효과를 지니는 것으로 예상됨

○ 사회적 인식의 개선을 위한 안전성에 관한 법적·제도적 장치 마련과 시스템 인증, 시범운영 및 대중화를 위한 경제성 확보 방안 도출 필요함

2. 기술적 측면

○ 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의

기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 조성이 필요함

○ 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발이 필요함

○ 기 확보된 분야별 핵심기술을 기반으로 시스템 측면에서의 S/W 및 H/W의 통합 및 운영을 전제로 한 시스템 구축을 통한 운영의 신뢰성을 확보하기 위한 체계적인 연구와 연계하여 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 구축·시연을 추진하고자 함

3. 경제/산업적 측면

○ 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함

○ 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 IT·SW 개발관련 중소·중견 기업의 시장경쟁력 확대가 기대됨

○ 최근 들어 아랍에미리트연합의 마스다르시, 영국의 히드로 공항 등에 시범노선이 운행됨에 따라 유럽, 중동을 중심으로 스마트 대중교통 시장이 널리 확산될 것으로 전망되며, 영국의 ULTra PRT社(舊ATS)와 네덜란드의 2getthere社는 스마트 대중교통 개발의 선두주자로서 상용노선 개통을 서두르고 있는 상황에서 전 세계의 잠재적 시장을 선점할 것으로 예상됨

○ 전 세계적인 스마트 대중교통 시스템에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보가 필요함

4. 국가 R&D의 중복투자 방지 및 연속성 측면

○ 차량에서의 정보화기술은 ITS(Intelligent Transportation System)가 도입된 이래 꾸준히 IT기술과의 융합을 꾀하여 왔음. 특히, ITS기술은 이동통신 및 스마트폰의 급격한 발전에 힘입어 유럽, 미국 등을 중심으로 도로, 차량, 사람간의 긴밀한 연관체계인 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)로 진화를 꾀하고 있으며, 우리나라에서는 국토교통부 주관으로 2017년 7월까지 C-ITS시범사업을 진행하였음

○ 스마트 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되는 자율주행 대중교통수단으로서 승객의 안전 및 정시성 등의 철도의 특징뿐만 아니라 운행노선의 자율성 등의 차량의 특징을 복합적으로 지니고 있어 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-ITS와의 연계를 반드시 고려해야 함

○ 대전시, 세종시 등 지자체에서 시범 서비스로 적용중인 “차세대ITS(C-ITS)”와 연계하여 지원 시스템 및 인프라를 공동 활용하고 “대중교통 안전지원” 등 핵심 서비스 개발에 참여하여야 함

○ 또한, 스마트 대중교통은 다인승 대중교통 수단이므로 국가대중교통정보센터(TAGO)에서 제공중인 버스운행정보와 동일 수준의 운행정보를 수집하고 일반인에게 공공데이터로 제공함으로써 네이버 길찾기, T-map 등과 같은 대중교통 서비스 개발에 활용될 수 있어야 함

5. 국민 편의성 증진 (국민체감형) 측면

○ 실시간 이용수요에 효율적으로 대응할 수 있는 스마트 대중교통 시스템 구축을 위해서는 도로 교통상황을 반영 가능한 경로범위에 대한 즉각적인 대응과 이를 기반으로 한 최적 경로의 선정이 매우 중요함

○ 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음

○ 사전에 계획된 혹은 예약한 기종점 수요를 만족시키면서 무작위로 발생하는 멀티 OD에 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 알고리즘이 필요하지만, 최근 우버 POOL 서비스 구현에서도 알 수 있듯이 실시간 합승까지 고려한 수요응답형 서비스는 매우 어려운 최적화 문제임

○ 사회적 시스템 최적화 관점(System Optimum)에서 스마트 대중교통 운영 최적화 전략 수립 및 이를 위한 분석 평가 기술 등에 대한 체계적인 기술 확보가 필요함 (해당 기술 확보시 세계 최초 운영전략 기술 보유)

○ 이용자 편의서비스 증진기술은 스마트 대중교통이 기존 말단 통행을 담당하는 택시, 마을버스 등과 차별화시킬 수 있는 기술이며, 이용자가 언제 어디에서든지 스마트 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 지원해주는 서비스 기술임

○ 현 시점에서 활발히 논의되고 있는 IoT, LBS 등에 대한 최신기술을 연계시켜 줄 수 있는 내용이 포함되어야 하며, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호속성에 대한 정보 수집과 AI기반의 분석을 통한 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용 시스템 첨단화 기술이 필요함

◯ 국토교통부 시범사업으로 시작했던 ‘프리미엄 고속버스’는 최근 지역차별논란으로 이어질 정도로 인기가 높으며, 2017년 6월 30일 현재, 전국적으로 12개 노선이 추가되며 총 14개 노선이 서비스 되고 있음

◯ 이러한 현상은 서비스 고급화를 통한 대중교통 편의성 향상이 대중교통 이용자에게 유인 요소로 작용하고 있으며, 이러한 현상은 장거리 대중교통 뿐만 아니라 연계 교통수단 등 전반적인 교통서비스 향상에 대한 요구와 맞물려 지속적으로 나타날 것으로 예상됨

◯ 국내 여객운송사업 사업체수 및 차량대수 (2005년-2015년) 자료로, 연평균 증가율을 보면, 차종별 차량대수는 크게 변화가 없는 것으로 나타나고 있음

6. 모빌리티 4.0 생태계 구축 측면

○ 기존 교통수단의 정의 하에서는 구분이 모호한 뉴-모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도교통법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비 방안이 마련되어야 함

<표 1-1> 지역별 여객운송 차량대수 (2015년)

구분	고속버스	농어촌버스	마을버스	시내버스	시외버스
전국	**1,935**	**1,830**	**2,932**	**31,821**	**7,675**
서울특별시	1,935	-	1,489	7,494	-
인천광역시		-	-	2,517	-
부산광역시		-	-	2,643	-
대구광역시		-	-	1,658	-
울산광역시		-	40	793	-
광주광역시		-	-	973	-
대전광역시		-	18	965	-
경기도		115	1,257	8,478	1,891
강원도		185	-	568	694
충청남도		217	1	785	859
충청북도		183	-	533	465
경상남도		189	94	1,640	1,392
경상북도		268	-	940	902
전라남도		526	9	821	551
전라북도		147	-	818	629
제주도		-	-	195	292

출처: 국가교통DB구축사업, 여객운송사업 사업체수 및 차량대수 (2015년 기준)

○ 대중교통 인프라 부재로 인해 지역별로 상이한 대중교통 운영 특색 및 교통체계가 고착화되어 이를 해소하기 위한 획일적인 정책 및 계획은 이러한 대중교통의 불편성을 가중 시킬 것으로 판단됨

○ 이를 위해 지역적 커스터마이징이 가능한 스마트 대중교통 적용 가능성이 높고, 특히, 수요응답형 혹은 예약형 대중교통 시스템적 특징이 문제해결을 위한 핵심요소로 판단됨

○ 스마트 대중교통 도입 예상 지역에 대한 광범위한 지구 상세설계(안)과 통합요금체계 도입방안, 다양한 비즈니스 모델에 대한 전략적 검토를 통해 향후 실용화 사업 추진 방안을 다각도로 검토하여야 함

○ 아울러 향후 사업타당성 조사 등에서 통용될 수 있는 스마트 대중교통이 갖는 사회적 편익 항목에 대한 정략적인 분석방법 검토를 통해 최적 입지선정 및 사업성 검토에 기여할 수 있는 스마트 대중교통 사업 연계 비즈니스 모델이 자생할 수 있는 생태계 마련에 대한 연구가 선행되어야 함

제1절. 국내외 정책동향

1. 국외 정책 동향

(1) 미국

○ 2016년 3월말 기준 네바다, 캘리포니아, 플로리다, 미시간, 노스다코다, 테네시, 워싱턴DC, 유타, 애리조나 등 9개 州에서 시험주행이 가능하며, 현재 8개 州에서는 법제도 개정을 통해, 애리조나 州는 주지사의 행정명령을 통해 자율주행자동차 운행을 허가하고 있음

○ 연방정부차원에서는 2013년 5월 NHTSA가 자동화된 운송수단의 안전주행에 관한 지침을 담은 권고안(Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicle)을 배포하였으며, NHTSA의 권고안은 자율주행 자동차가 갖추어야 할 안전기준을 포함하고 있음

<표 2-1> 미국 자율주행자동차 법제화 현황

진행 상황	주(州)
법제화 완료	네바다(2011년6월), 캘리포니아(2012년9월) 및 워싱턴 DC(2013년1월)
심사 중	하와이, 매사추세츠, 미시건, 미네소타, 뉴저지, 워싱턴, 뉴욕, 사우스캐롤라이나, 위스콘신, 뉴햄프셔, 오클라호마, 오레곤 및 텍사스
심사무산 또는 연기	애리조나 및 콜로라도

<그림 2-1> 자율주행 시험주행이 가능한 주 현황(2016년 03월 기준) 및 Google의 자율주행차량 면허 발급

○ 이 중 가장 먼저 법안을 통과시킨 네바다주 법안(Chapter 482A, Autonomous Vehicles)의 특징을 살펴보면, 면허의 주체에 차량도 포함할 수 있도록 하며, 붉은색 번호판에 미래의 차를 의미하는 '◎' 표시와 하단에 'autonomous vehicle'을 표시하도록 하고 있고 두 명의 탑승자를 의무화하고 있음

○ 캘리포니아의 "자동차법(Vehicle Code, VEH)"은 Division 1~18로 구성되어 있으며, 자율주행 자동차 관련 법률 주요내용(차량운행에 관한 법률 38750절, SB1298Division 16.6.38750)에

해당되며, (2012년 제정) 캘리포니아는 2015년 11월에 자율주행자동차 관련 법령 초안을 발표하였으며, 시험주행 요건은 자율주행자동차용 면허를 소지한 운전자의 의무 탑승임

- 운전자책임조항을 두고 있어 자율주행자동차를 조작하는 동안 발생하는 모든 교통규칙 위반에 대한 책임은 운전자에게 귀속시키고 있으며, 운전자의 안전을 보장하기 위한 규정들도 함께 수록하고 있으며, 다만 Subdivision(d) 규정에 따르면, “자율주행자동차의 운행허가는 제조업체에게 주어지며, 시민들은 이를 리스 형태로 이용하도록 규정하고 있음
- 이는 소유권이 제조업체에 있음을 뜻하는 것으로 자율주행 모드 시 발생한 사고, 주행안전과 관련한 결함은 제조업체에 책임이 있음을 규정하고 있으며, 규정에 따라 DMV의 승인을 받은 자율주행자동차는 최초 3년 동안 임시허가를 받게 되며, 이 기간 동안 월 단위로 자율주행자동차 운행성능, 안전성등과 관련한 보고를 반드시 해야 함

<표 2-2> 캘리포니아 州 자율주행자동차 관련법 주요 내용

조항	주요 내용
(a) 용어 정의	자율주행기술, 자율주행자동차, 자동차관리국(DMV), 운전자, 제조자
(b) 일반도로 시험주행 요건	(1) 주체 : 시험주행 운전자 자격 등 (2) 주행방법 : 운전자(Driver)의 배석 의무 (3) 보험구비 : 대물/ 대인 보험 등 약 5백만 달러 상당을 담보할 수 있는 자기 보험서류 제출 의무
(c) DMV 인증에 의한 일반도로 시험주행 요건	(1) 자율주행기술제조자에 의한 인증서 - 인증서 발급요건 • 운전자에 의한 결합/ 분리가 쉬운 자율주행기술 메커니즘 장착 • 자율주행기술 작동 시, 자동차 내부의 시각인지장치 포함 • 위험감지나 결함 발생 시, 운전자에 대한 경고시스템 장착 • 자율주행기술 해제 시 기존과 동일한 방식으로 운전 가능 • 자율주행 작동 시 충돌 발생 전 적어도 30초 동안 자율주행기술센서 데이터 저장(블랙박스 요건) 및 3년간 자율주행 기술센터 내 저장 등 (2) (d)항에 따른 DMV에서 발급한 자율주행 기술의 일반도로 시험 운행 허가를 받은 제조자의 허가증
(d) DMV 세부지침 마련	(1) 세부지침 마련 시한 : 2015년 1월 1일 이내 (2) 자율주행 자동차 내 운전자의 탑승여부와 무관하게 세부지침을 활용한 안전한 주행의무, 타 자동차 관리부서와의 협의 (3) 공공도로에서의 안전한 주행 보장 등의 추가 지침 공표 가능 (4) 무인자율자행자동차의 운행을 위한 공청회 개최 의무

○ 2015년 9월 미국 교통부는 뉴욕시티, 와이오밍주 및 플로리다주 탬파에 차세대 기술인 차량 - 차량 간, 차량 - 노변 간 통신기술 관련 프로젝트를 위해 4,200백만 달러를 지원하기로 하였으며, 이러한 기술은 향후 혼잡완화, 온실가스 배출저감 및 교통사고 감소 등에 효과가 있을 것으로 보임

○ 미국 교통부(DOT)는 2011년부터 ‘Connected Vehicle' 프로젝트를 추진하고 있으며, 2012년 하반기부터 V2X 기술을 적용한 ’Safety Pilot'을 실시 중임. 이미 도로 현장에서 V2V, V2I 통신 테스트 및 기술 검증을 마쳤으며, 향후 모든 차에 안전장치로 모듈설치를 의무화할 방침임

(2) 유럽

○ 유럽에서는 미국과 같이 자율주행 관련 법안을 제정하고 있지는 않으나, ADAS(Advanced Driver Assistance System) 및 자율주행 관련 프로젝트를 진행하면서 비엔나 도로교통 협약(Vienna Convention on Road Traffic)에 개발 내용이 위배되지 않는지를 주로 점검하고 있음

○ 비엔나 도로교통 협약은 1968년 UN에서 협약국간 도로 교통 및 안전과 관련된 교통법규를 표준화하기 위해 제정 및 선포한 협약으로 아일랜드, 스페인, 영국 등을 제외한 대부분의 유럽 연합국가들이 가입한 상태임(현재 우리나라는 비엔나협약이 국제적으로 효력 있는 협약임을 승인하였으나 가입하지는 않음)

○ 독일의 경우, 현행법 상 “사고 시 책임소재 규명이 불분명하다”는 이유로 비엔나협약에 따라 무인차나 로봇차의 도로 주행을 허용하고 있지 않으나 무인 자동차 사용화를 위해 컴퓨터 고장으로 인한 사고 시 책임소재 규명, 무인차와 로봇차의 보험 가입 및 운전면허 발급 등에 관현 새로운 법 규정을 제정할 예정임. 2015년 2월 독일 연방 교통부장관 도브린트는 교통량이 많은 독일 남부 아이에른주 아우토반 A9의 한 구간을 로봇차 시제품 시험주행 구간으로 지정한다고 발표함. 또한, 2008년부터 2013년까지 5년간 V2X 통신망 구축 및 검증 사업을 추진하였음

○ 비엔나 협약 중에 자율주행 자동차와 관련된 조항은 <표 2-3>과 같다. 유럽의 프로젝트를 통해 연구한 결과에 따르면 비엔나 협약이 ADAS나 자율주행 시스템에 제한된 영향을 줄 것이라는 의견이 많았으며, 먼저 현재 ADAS의 경우 on/off 스위치를 통해 운전자가 제어를 오버라이드 하는 기능을 제공하고 있고, 제조사들이 마케팅 전략을 통해 모든 주행 상황에서 기능이 동작하는 것은 아니라고 주장함으로써 비엔나 협약에서는 ‘운전자가 항상 제어할 수 있어야 한다’라는 부분을 해결하고 있음

- 자율주행의 경우에도 여러 가지 단계가 존재할 수 있는데, 운전자가 전혀 제어에 관여할 필요가 없는 완전한 자율주행은 비엔나 협약의 범위 밖에 해당하나 그 이외에는 운전자가 언제든지 개입할 수 있으므로, 비엔나 협약에 따른다고 말할 수 있을 것임
- 유럽에서 이루어지는 자율주행 관련 연구들은 종횡방향이 자동으로 이루어지더라도 언제든지 운전자가 개입할 수 있는 자동주행 단계를 대상으로 주로 연구가 이루어지고 있으며, 또한 비엔나협약이 제정될 당시 (1968년)에는 동물이 마차를 끄는 경우도 있었다는 상황을 생각한다면, 조항에 대한 해석 또는 개정의 여지도 고려해볼 수 있을 것임
- 비엔나협약의 Annex 5에는 이미 면제를 허용하는 경우가 있는데, 협약국의 국내에서 기술의 발전 추세를 따라 가기 위해 실험에 사용되는 차량이나 특별한 조건하의 특별한 차량에 대해서는 면제를 허용해 주고 있으므로, 자율주행자동차를 위한 시험의 목적은 허용된다고 생각할 수 있을 것임

<표 2-3> 비엔나 도로교통 협약 중 관련 조항

조항	주요 내용
8조(Article 8) : 운전자(Driver)	1항. 모든 이동하는 차량(Vehicle) 또는 집합적 차량(Combination of Vehicle)에는 운전자가 있어야 함 3항. 모든 운전자는 필요한 신체적, 정신적 능력을 소유하고 있어야 하며, 운전 시에 적합한 신체적 정신적 상태에 있어야 함 5항. 모든 운전자는 항상 차량을 제어하거나 동물을 가이드 할 수 있어야 함
13조(Article 130) : 속도 및 차간거리 (Speed and Distance between Vehicle)	1항. 모든 차량의 운전자는 적절한 주의를 기울이고, 필요한 운전조작을 하기 위해 모든 상황에서 차량을 통제 하에 두어야 한다. 운전자는 지세, 도로 상태, 적재 상태, 날씨 상태, 교통 상태와 같은 환경에 지속적으로 주의를 기울여 속도를 조절해야 하고, 가시성이 좋지 않을 때 속도를 늦추거나 멈추어야 함 5항. 다른 차량의 뒤에서 이동하는 차량의 운전자는 충돌을 회피하기 위해 충분한 거리를 두어야 함

○ 영국의 경우, 2013년 7월 무인자동차 시범 운행을 승인하며 관련 R&D 활동을 본격화하고 있으며 2014년 12월에는 기술전략위원회(Technology Strategy Board)의 주도하에 각종 무인자동차 관련 실증 프로젝트를 개시하고 있음. 또한 2017년부터 자율주행차 고속도로를 시범운행할 예정임

(3) 일본

○ 일본에서는 무인운전에 대한 연구를 지능형 자동차에 대한 3단계 프로젝트(IV(Intelligent Vehicle), PVS(Personal Vehicle System) 및 AHVS(Automated Highway Vehicle System))와 연계하여 추진 중이며, 국토교통성에서 2012년 6월 고속도로 상에서 제한적인 자율주행이 가능한 Auto Pilot System 추진위원회를 신설하였고, 2020년 동경올림픽과 연계하여 실용화를 위한 준비를 추진 중임. 또한 2010년에 경찰청, 총무성 및 경제산업성을 연계한 V2I 통신기반 'ITS Japan' 전략을 수립하였음

○ 일본의 2016년 일본 손해보험 협회에서 발행한 「자동운전의 법적과제」에서 일본 관계법령과 그에 따른 영향을 다음 두 가지 조건에 따라 분석한 결과를 표와 같이 정리하였음

- 무인운전차가 일본의 현재법하에서 주행하기 위하여 법적으로 검토할 조문
- 무인운전차가 일본의 현재법하에서 주행하고 사고를 유발한 경우를 상정하고 법적으로 검토할 조문

<표 2-4> 자율주행 관련 일본 법령 분석

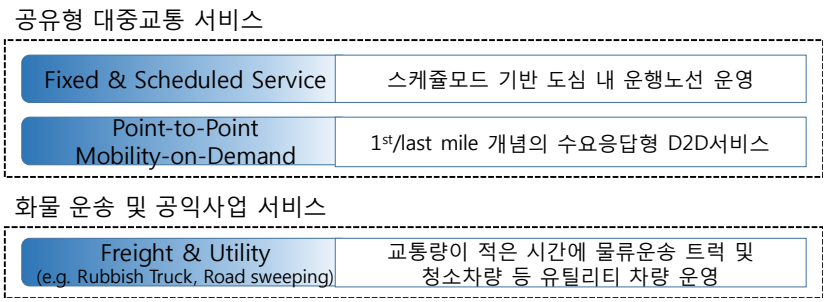
법률명	관련 조문
1. 도로운송차량법 제2조(정의) 2	• 제2조9정의) 2 「자동차」, 5 「운행」
2. 도로교통법	• 제2조(정의) 9 자동차 • 동조 17 운전 • 제64조(무면허운전등의 금지)
3. 민법	• 제709조(불법행위에 의한 손해배상) • 제712조(책임능력) • 제719조(공동불법행위) • 제415조(책무불이행에 의한 손해배상)
4. 제조물책임법	• 제2조(정의) 「제조물」, 2 「결함」 • 제3조(제조물책임) • 제4조(면책사유) • 제5조(기간의 제한)
5. 자동차손해배상보험	• 제1조(법률의 목적) • 제2조(정의) 자동차, 운행 • 제3조(자동차손해배상책임) • 제14조(면책)
6. 도로법	• 제2조(용어의 정의) 자동차 • 제43조의 2(차량의 적재물 낙하 및 예방등의 조치)
7. 형법(자동차의 운전에 의해 타인을 사상시키는 행위등의 처벌에 관한 법률)	• 제1조(정의) 자동차 • 동조2 무면허운전 • 제2조(위험운전 치사상) • 제5조(과실운전 치사상)
8. 국가배상법	• 제1조 • 제2조
9. 쥬네프조약	• 도로교통조약과 도로표식의정서의 2종류(일본은 도로교통조약만 가맹)
10. 빈조약	• 도로교통조약과 도로표식의정서의 2종류(미일은 미가입)

(4) 싱가포르

○ 싱가포르의 자율주행 기술을 발전시키기고 전략적인 로드맵을 구성하기 위해 학계와 산업을 대표하는 다양한 전문가로 구성된 싱가포르 자율도로교통위원회(CARTS·The Committee on Autonomous Road Transport for Singapore) 설립하여, 향후 싱가포르가 무인자동차에 적합한 국가가 될 수 있도록 전략적 방향을 연구하고 제시할 예정임

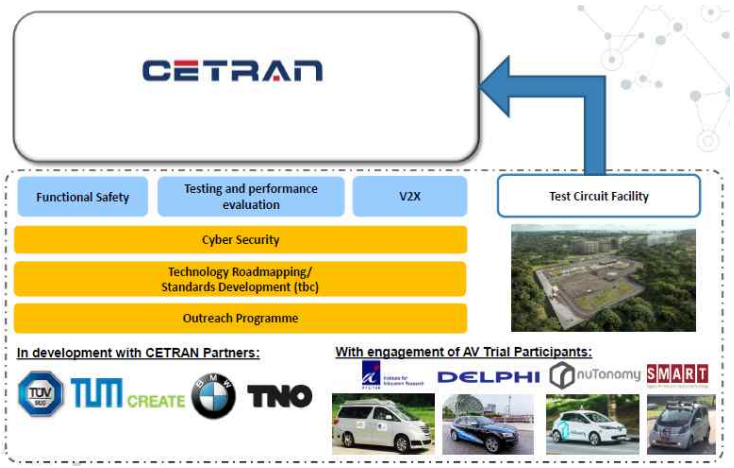
○ 2014년 싱가포르 육상교통청(LTA : Land Transport Authority)에서 무인자동차 개발계획을 가지고 SAVI(Singapore Autonomous Vehicle Initiative) 발표함. SAVI는 R&D, 무인자동차 기술 시범운영, 앱 개발과 교통솔루션 등을 지원하는 플랫폼 제공 예정이며, SAVI가 추구하는 목표는 무인자동차 개발을 통한 대중교통 서비스의 자동화, 자동화시스템 개발로 V2X, V2I 등 차량/인프라/사람 사이의 네트워크 활성화, 마지막으로 자동화 도로 시스템 정비로 교통상황을 효과적으로 정리할 수 있는 신호등 없는 자동화된 도로시스템을 목표로 함

○ 시간표에 따라 자율주행 대중교통으로 시내·외 정해진 구간을 연결해주는 고정 스케줄 서비스(Fixed and scheduled services), 온디맨드와 P2P(Point to Point) 서비스, 교통이 혼잡하지 않은 시간대에 물류 운송, 장거리 운송을 하는 자율주행 물류 서비스, 마찬가지로 청소차량을 교통 체증이 없는 시간에 운행해 도로 효율성을 높이는 자율주행 효율 서비스 등 4가지 자율주행에 관한 서비스 전략을 수립함



<그림 2-2> 싱가포르 무인자동차 운영 계획

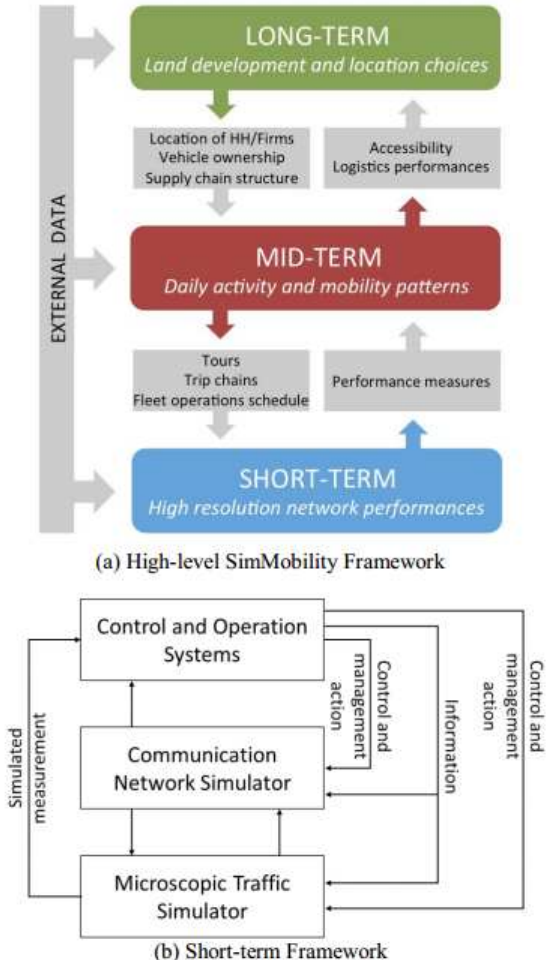
○ 싱가포르 육상교통청(LTA)은 난양기술대학(NTU)과 연구 협정을 체결하여 CETRAN(Centre for Excellence of Testing &Research of AVs-NTU) 설립하였으며, CETRAN은 자율운행차의 국제적인 연구 케이스를 살펴 자율운행기술 시험 및 도로 사정에 맞춘 컴퓨터 시뮬레이션 구축과 자율주행차 규제 기준을 제정할 계획임



<그림 2-3> CETRAN 협력업체 현황

○ Singapore MIT-Alliance Research and Technology는 SimMobility를 개발하여, 싱가포르 자율주행 시스템 도입에 관한 평가 및 분석 툴 마련함. SimMobility는 차세대 도시 교통 시뮬레이션 플랫폼으로, Activity-based, Multi-Modal, Multi-Scale에 대한 다양한 분석이 가능하며, 오픈소스 방식으로 운영되는 시뮬레이터임

- 분석 모듈간 인터페이스를 통하여, 다양한 분석 레벨을 유기적으로 연계하여, 일관성 있는 결과을 도출하는데 장점이 있음. 이에 대한 절차 및 모듈 간 연관성은 <그림 2-5 (a)> 참조



<그림 2-4> SimMobility와 SimMobility ST 분석 체계 (발췌: Azevedo et al. (2017), "SimMobility Short-term: An Integrated Microscopic Mobility Simulator", TRB

2. 국내 정책 동향

(1) 자율주행자동차 관련 법제도 현안

○ 자율주행자동차 관련법은 기본적으로 자동차 관련 안전규제와 제도의 국제적 조화가 요구됨
- 국내 도로교통법 및 상위 규범인 제네바 국제협약에 따르면 무인 상태로 운행하거나 손을 떼고 운전하는 등의 자율주행은 현행법상 운전에 해당되지 않음

○ 「도로교통법」 제48조는 "모든 차의 운전자는 차의 조향장치와 제동장치, 그 밖의 장치를 정확하게 조작하여야 하며, 도로의 교통상황과 차의 구조 및 성능에 따라 다른 사람에게 위험과 장해를 주는 속도와 방법으로 운전하여서는 아니 된다"고 규정하고 있어, 핸들과 브레이크의 조작 없이 스스로 움직이는 자율주행자동차는 불법임

○ 우리나라가 1971년 가입한 제네바 도로교통협약 제8조 제5항도 운전자의 핸들 등 조작의무를 전제로 하고 있어, 자율주행이 허용되지 않는 것으로 해석 됨
- 우리나라는 자동차관련 국제기준(Regulation)을 제정하는 UN/ECE/WP29와 자동차의 도로운행 규약을 제정하는 UN/ECE/WP1에 회원국으로 참가해 관련 기준 제·개정 논의에 참여 중임

○ 국토교통부는 2015년 5월 자율주행자동차 상용화 지원 방안을 발표했으며, 오는 2020년 Level3에 해당하는 부분자율주행자동차를 상용화할 계획임
- 국토부의 상용화 지원 방안 발표에 따라, 국내 완성차 업체들의 기술 수준 및 연구개발에 관심이 집중되고 있으며, 자율주행 차량에 대한 기술개발 촉진과 상용화를 위한 인프라를

구축해 2018년 평창 동계올림픽 시험 운행을 거쳐 2020년 상용화시키겠다고 발표하였음

- 정부가 자율주행기술 개발을 지원하는 방안은 규제개선 및 제도정비, 자율주행 기술개발 지원, 자율주행 지원 인프라 확충의 3가지 정책방향을 제시하고 있으며, 세부 내용은 다음과 같음
  - 규제개선 및 제도 정비: 자율주행차 시험 목적의 임시운행은 지자체장이 허가하나(자동차관리법) 자율주행차 정의와 임시운행 허가요건(허가거부 가능성)이 부재한 실정임. 따라서 국내 실정에 맞는 자율주행자동차의 도로 시험 운행을 위한 허가 요건을 마련하고, 시험운행 시 자율주행시스템 장착을 허용하는 등 규제를 과감히 개선하기로 하였으며, 2020년 상용화를 대비하여 자율주행차 관련 기준을 마련하고, 관련 보험 상품과 리콜 및 검사 제도를 마련하는 등 정비해 나갈 계획임
  - 자율주행 기술개발 지원: 자율주행 핵심 부품기술 고도화를 위해 국내 부품업체 제작 부품의 상용화를 지원하여 기술력을 확보하고, 통신망 교란 등을 방지할 수 있는 보안 기술 개발 지원 및 인력양성을 위한 대학 연구역량을 강화 할 계획임
  - 자율주행 지원 인프라 확충: 관련 지원인프라 확충 및 기술개발 지원을 위해 레이다 등 센서의 신뢰성과 인지 범위의 한계를 극복하기 위해 정밀 수치지형도를 제작하여 차선정보를 제공하고, 정밀 위성항법 기술 개발을 통해 GPS 위치 정확도를 개선하며, 도로면 레이다를 통해 수km 전방 교통 정보를 차량에 제공(V2I) 할 수 있는 전용 주파수를 배분하는 등 높은 수준의 자율주행기술 구현을 위한 인프라 등을 지속적으로 구축해 나갈 예정임. 또한 다양한 교통 변수의 경험이 가능한 한국형 자율주행 실험도시를 구축하며, 일반도로 시범운행을 위한 실증기구를 지정하는 등 시스템 및 차량의 성능을 검증해 나갈 예정임

○ 국토교통부는 2016년 자율주행자동차와 관련하여 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」을 고시함

- 「자동차관리법 시행규칙」 제26조의2 제3항에 따른 자율주행차의 임시운행에 필요한 세부 요건 및 확인방법 등 안전운행요건 지정 및 자율주행차의 제작대상, 방법, 보험가입, 사전 시험주행에 관한 사항 등 시험운행 전에 충족시켜야 할 요건들이 제시되어 있음
- 제시된 모든 조건에 부합하는 신청자를 대상으로 임시운행허가가 승인되며, 국내에서 최초로 2016년 3월 현대자동차 제네시스 기반의 자율주행자동차가 허가증을 교부받음

○ 2016년 3월 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙'을 일부 개정해 자율주행자동차 임시운행에 대해서는 자동명령기능이 작동하는 차에 적용되는 시속 10km의 최고속도 제한을 받지 않게 함

(2) 보험관련 이슈

○ 자율주행차는 운행모드(수동주행 및 자동주행)에 따라 사고의 책임이 전환(운전자 혹은 차량 제조사)되고 이에 따라 적용되는 보험 및 보험 가입자 역시 달라짐

- 수동주행 모드와 달리 자율주행 모드에서는 사고 책임을 운전자가 아닌 차량 제조사가 지게 되고 이 경우 적용되는 보험은 제조물 배상책임보험(Product Liability Insurance)이 될 가능성이 높으며, 운전자가 아닌 차량제조사가 보험을 구매함
- 결국 자율주행차의 운전자 보험은 수동주행 거리를 기반으로 요율이 책정될 가능성이 있으며, 자율주행 빈도가 증가할수록 개인 운전자를 대상으로 한 자동차 보험 시장은 축소될 전망임

○ 자율주행차의 복잡한 기술 및 운행모드 전환 특성 등은 교통사고 발생 시 책임소재 규명 및 보상처리와 관련한 새로운 이슈가 야기됨

- 자율주행차 사고 발생 시 자율주행차량 결함 또는 운전사 과실 여부에 대한 보험사와 차량 제조사 간의 분쟁 및 소송이 증가할 가능성이 있음
  - 특히 자율주행과 수동주행 간 운영모드 전환(Hand-Over) 시점에 발생한 사고의 경우 분쟁

가능성이 확대 → 자율주행 중 주행환경이 자율주행에 부적합하거나 자율주행 시스템 오류 발생으로 인해 수동주행으로 전환된 시점에 발생한 사고의 경우 사고원인 규명이 더욱 복잡함

- 수동주행모드에서 발생한 운전자 과실 사고를 자율주행 사고로 주장하는 모럴 헤저드 발생 가능성이 있음
- 제조사가 상이한 자율주행차가 자율주행 상황에서 사고발생 시에는 사고원인에 대해 차량 제조사간 분쟁도 발생가능 → 경우에 따라서는 최대 6개 회사(차량제조사 2개사, 차량제조사가 제조물 배상책임보험에 가입한 2개 보험사, 운전자가 자동차 보험에 가입한 2개 보험사) 간의 다툼으로 확대될 가능성이 있음

- 관련 분쟁/소송은 자율주행차의 기술 복잡성과 다양한 이해관계자 등을 감안 시 상당한 기간과 비용이 소요될 것으로 전망함
  - 소송 장기화에 따른 보험금 지급 지연은 고객 민원 발생 원인으로도 작용할 것으로 판단됨
- 자율주행차 사고 관련 분쟁을 최소화하기 위해서는 과실규명을 객관적으로 측정할 수 있는 기술 인프라를 구축하고 실시간 운행 데이터를 집적할 필요가 있음
  - 차량블랙박스, 텔레매틱스 기술 등을 이용해 실시간 차량 운행 상태(운행 모드, 차량 시스템 결함 여부, 운전자 개입여부, 외부 주행 환경 등)를 기록함
- 운전자 프라이버시 보호 및 차량가격 상승 이슈로 인해 도입과정에서 많은 논란이 예상됨
  - 또한 차량제조사를 통해 집적될 가능성이 높은 차량 운행정보가 보험사에 공유되기 위해서는 정보 집적 주체 및 활용범위에 대한 합의와 제도적 보완이 필요함

(3) 정부 산하기관의 정책 동향

○ 산업통상자원부의 경우, 13대 산업엔진 프로젝트 내에 자율주행자동차 개발을 포함시켰으며, 국내 중소/중견 기업 육성 방안으로 자율주행 핵심부품 및 시스템 개발에 대한 지원을 함

○ 미래창조과학부는 국가중점과학기술로 스마트자동차를 선정하였으며, 국내에서 최초로 자율주행자동차에 대한 실도로 시연을 함

○ 국토교통부의 경우, 자율주행자동차를 7대 신성장동력으로 선정하였으며, 자율주행자동차 관련 법/ 제도 개선, 인프라 확충 및 개술 개발에 대한 지원을 함

(4) 자율주행자동차 실증단지 및 시험운행구간 확충

○ 자율주행 실증단지는 자율주행자동차의 시험을 위해 실제 주행환경과 유사·동일하게 구축한 테스트베드로, 국내에서는 현재 정부 및 기업에서 자율주행자동차 실증단지를 구축하고 있음

- 정부에서는 2018년까지 미국의 M-city를 벤치마킹한 자율주행자동차 실험도시(K-city)를 국축하여 고속화도로와 일반 시가지 도로에서의 자율주행자동차를 시험할 수 있는 환경을 구축을 위한 연구를 지원하고 있음
- 현대모비스는 돌발 상황 재현을 통해 첨단 센서 성능 및 자율주행 기술, V2X 기술 등을 검증할 수 있는 서산주행시험장을 2017년 상반기에 준공하고, 2018년 12월까지 자율주행 시험로와 무인주행 시스템 등의 신기술을 연구하고 검증할 시설을 추가로 조성할 계획임

○ 국내에서는 2015년 10월 자율주행자동차 운행을 위한 시험운행구간으로 총 42.5km의 고속도로 1개 구간(경부고속도로 서울TG-신갈JC, 영동고속도로 신갈JC-호법JC), 총 320km의 일반국도 5개 구간을 지정함

○ 경기도와 국토교통부 등은 2015년 11월부터 판교 창조경제혁신센터에 도시형 자율주행자동차 테스트베드 실증단지인 판교제로시티 조성을 추진하고 있음

- 판교제로시티 자율주행자동차 테스트 환경은 실제 도로상황을 그대로 반영한 오픈 테스트베드로

터널, 스쿨존, 교차로, 고속국도 합류 등의 도로시설물을 설치하고, 도로변 데이터 수집 장치와 기지국을 통해 자율주행 관련 데이터를 수집하도록 계획하고 있음

- 또한, 2017년 12월까지 판교제로시티 내에 일반인이 탑승할 수 있는 자율주행 셔틀 서비스 도입 계획을 추진 중임
  - 최근 국토교통부는 2016년 9월, 자율주행 시험운행구간 지정방식을 네거티브 방식으로 전환하여 시가지를 포함한 전국 모든 도로에서 자율주행자동차 시험운행을 할 수 있도록 제도를 개선한다고 발표함

3. 저속 전기자동차 안전기준에 대한 국내외 정책

(1) 국외 동향

○ 스마트 대중교통 차량과 같은 신교통수단의 경우 국외에서도 구조강도 및 충돌안정성을 평가하는 명확한 법규가 없기에 기존 법규를 이용하여 평가하거나 기존 법규를 해당 차량에 맞게 수정하는 연구가 이루어지고 있음

- 전용도로를 주행하는 교통수단의 새로운 형태이긴 하지만 전체적인 구조는 자동차 및 철도차량과 비슷하기 때문에 기존의 자동차 관련 구조 및 내구성 평가가 이루어지고 있는 실정임
- 차량의 안전기준에 활용하고 있는 국외 자동차 충돌 규정으로는 대표적으로 RCAR와 IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) 법규가 있고, 유럽에서 활용하는 ECE (United Nations Economic Commission for Europe)의 법규가 있음

<그림 2-5> RCAR 저속 충돌 시험, IIHS 충돌 시험, ECE-R29 충돌 시험

○ 철도차량 구조체에 대한 구조강도 및 충돌 평가기준으로는 유럽의 대표적인 EN 규정이 있지만, 스마트 대중교통 수단은 EN 규정에서 분류하는 어떠한 카테고리에도 속하지 않으며, EN 규정에서 제시하는 압축시험하중 및 인장시험하중은 스마트 대중교통 차량에 적용하기에는 하중의 크기가 너무 과도하고 차량 구조에 맞지 않는 문제가 있음

○ 스마트 대중교통 차량의 운행 안정성의 경우 유럽의 차세대 무인운전 대중교통수단 개발을 진행하고 있는 Citymobil2 프로젝트에서는 IEC 61508, ISO/DIS 13482, ANSI/ITSDF B56.5-2012 등의 신호제어 및 통신기반 관련 안전 규제를 표준화 하여 차체 내구성 평가를 위한 독립적인 기준이 없는 실정임

- 이러한 이유로 Citymobil2 프로젝트에서는 미국의 ASCE-APM (American Society of Civil Engineers - Automated People Mover Standards)와 NFPA (National Fire Protection Association) - 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems의 안전 기준을 활용하여 영국 히드로공항의 ULTraPRT과 아랍에미리트연합 마스다르시(Masdar City)의 2getthere 등 총 11개 EU 국가(이탈리아, 프랑스, 영국, 독일, 스위스, 벨기에, 포르투갈, 스페인, 핀란드, 그리스, 네덜란드)에서 상용화 되는 차량의 구조 안전성을 평가하였음
- ASCE-APM standards에서는 따르면 차량의 구조 및 충돌 안전평가를 위해 사용되는 설계하중 및 하중조건은 다음과 같음

<표 2-5> ASCE-APM standard 하중조건 계산 방법

하중 조건	하중 계산 방법
AW0 (Weight of an empty vehicle)	Weight of an empty vehicle
AW1 (Design load)	AW0 +712[N] per passenger, multiplied by the design capacity
AW2 (Maximum operating load)	AW0 +712[N] per Max. number of passenger
AW3 (Crush load)	AW0 +5120[N/m^2] per standee floor area +712[N] per seat +5120[N/m2] If luggage racks are provided

○ ASCE-APM standard 규정에서 사용되는 하중조건은 위 <표 2-5>와 같이 AW0, AW1, AW2 및 AW3의 4종류이고, 여기서 AW0 하중은 차량의 공차하중을 적용함

- AW1, AW2 하중은 차량이 운행하면서 일반적으로 받는 하중으로 APM Standard에서 제시한 성인 1명의 무게를 712 [N] 으로 하여 공차하중에 탑승 승객 하중을 적용하여 하중 조건을 규정하였음
- AW3 하중 조건은 충돌시의 하중 조건으로 차량의 공차하중에 바닥 면적, 좌석 및 차내 선반을 적용하여 산출하였음

<표 2-6> ASCE-APM standard 일반 하중조건 (g=중력가속도)

하중 조건	하중 계산 방법
① Lateral load	AW1*0.24[g]
② Vertical load	AW2*1.2[g]
③ Longitudinal load	AW1*0.25[g]

<표 2-7> ASCE-APM standard 최대 하중조건 (g=중력가속도)

하중 조건	하중 계산 방법	
① Lateral load	AW2*0.24[g]	
② Vertical load	AW2*1.2[g]	
③ Longitudinal load	AW2*0.34[g]	
④ Vertical & Compressive load	Vertical load	AW2*1.2[g]
	Compressive load	AW0

○ ASCE-APM standard에서는 각각의 하중조건을 바탕으로 차량의 구조 요소에 작용하는 일반 하중 및 최대 하중 조건을 횡하중, 수직하중, 종하중 및 수직&압축 하중 조건으로 규정하였으며, 충돌 내구성 (Crash-worthiness)의 안전기준으로는 AW2의 하중 조건에서 브레이크가 풀린 상태로 궤도에 멈춰진 차량에 5 km/h 이상으로 움직이는 차량이 충돌 하였을 경우 양쪽 차량 모두 손상이 발생하지 않는 조건으로 내구성 기준이 명시되어 있음. 이때, 움직이는 차량의 하중

조건은 AW0에서 AW2 까지 모든 조건을 만족해야 함

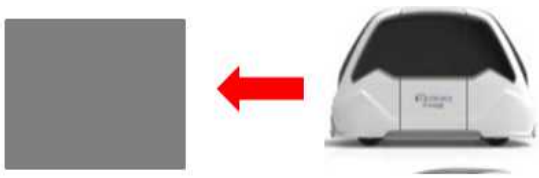
○ 이와 같이 국외의 저속 전기차량에 대한 구조 안전성 평가는 RCAR, IIHS 및 ECE 자동차 관련 법규를 따르거나 ASCE-APM standard 기준에 맞춰 부분적으로 구조 강도 및 충돌 평가를 진행하고 있는 실정임

(2) 국내 동향

○ 국내에서 운행되는 승용자동차, 승합자동차, 소형화물자동차 등 모든 자동차는 국토교통부에서 지정한 자동차안전도평가시험 등에 관한 규정 제 2014-672호에 의거하여 고정벽정면충돌(56km/h), 40%부분정면충돌(64km/h), 90도측면충돌(55km/h)등 총 9가지의 평가를 통해 자동차의 안전성을 평가함

○ 여기서 승합자동차는 마을버스와 같이 11인 이상을 운송하기에 적합하게 제작된 자동차를 의미하는데 스마트 대중교통의 경우 탑승 인원 및 무게 관점에서 승용자동차와 승합자동차의 중간 범위에 포함 되므로 위에서 언급한 자동차 안전도평가를 적용할 수 있다고 볼 수 있지만 스마트 대중교통의 평균운행속도(25km/h)는 일반 승합자동차와 달리 저속의 운행속도를 가지므로 자동차안전도평가시험의 중고속 시험은 스마트 대중교통에 적용하기에 과도한 안전도 평가기법임.

<표 2-8> 국내 주행차의 저속 충돌 시험 기준

시나리오 1	시나리오 2
운행최고속도에서의 차대차 충돌 (공차상태)	10km/h의 속도로 고정벽 충돌 (공차상태) 
- 정지 차량은 제동은 푼 상태, 충돌차량은 운행 최대속도(40km/h)로 충돌 - 충돌차량 차체 무게중심에서 최대 감가속도 7.5g, 평균5g이하 - 승객의 탑승공간의 변형 최소화 및 출입문 기능 정상 작동	- 차량의 범퍼와 에너지흡수부재를 제외한 부분의 영구변형이 발생하지 않을 것 - 충돌 차량의 범퍼 후방 에너지흡수부재 및 범퍼를 교체하면 외관 및 기능이 정상 작동

※ 한국철도기술연구원 시험기준 제안

○ 일반 자동차의 저속 충돌 안전기준으로는 국내 자동차 안전기준 93조(범퍼)을 활용하여 저속 충돌 시험을 진행하고 있는 실정임

- 이때, 시험대상자동차의 차량중량과 동일한 중량의 진자(Pendulum)를 이용하여 4.1km/h의 속도로 자동차의 앞면 및 뒷면 범퍼에 2회의 충격과 시속 2.5km/h의 속도로 자동차의 앞면과 뒷면 범퍼의 각 모서리에 1회의 충격을 가한 후 4.1km/h의 속도로 고정벽에 정면충돌 및 뒷면충돌시험을 수행하도록 함
- 충돌 시험에서 시험 주행차는 (국내 자동차 안전기준 93조)에 따라 다음 <표 2-9>와 같은 평가기준을 만족해야 함

<그림 2-6> 진자(Pendulum)을 이용한 자동차의 저속 충돌 시험

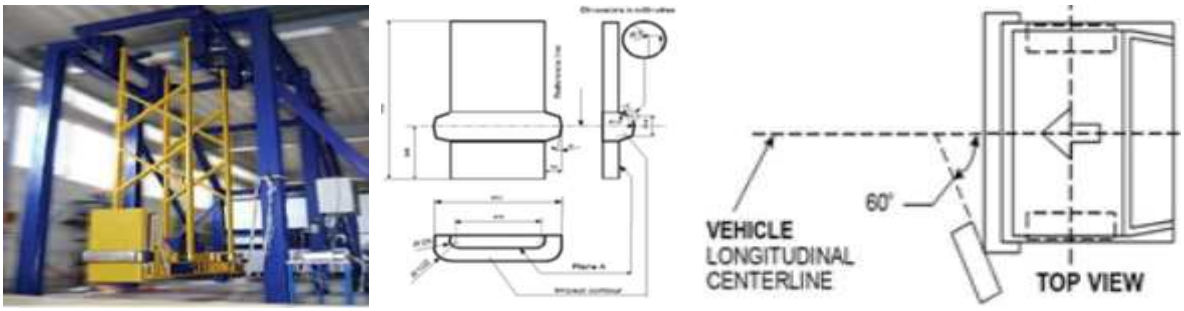
<표 2-9> 국내 주행차의 저속 충돌 시험 기준

항목	사양
1	번호 등을 제외한 등화장치가 갈라지거나 금이 가지 않아야 한다.
2	승강구/후드 및 트렁크가 정상적으로 개폐되어야 한다.
3	연료 및 냉각장치의 누출현상과 배관계통의 수축이 없어야 하며, 밀봉상태가 양호하고 뚜껑이 정상적으로 작동되어야 한다.
4	배기장치의 가스누출현상이나 배관계통의 수축이 없어야 한다.
5	동력전달장치/완충장치 및 제동장치가 정상적으로 작동 되어야 한다.
6	충돌에너지를 가스 또는 유압을 사용하여 흡수하는 외부 보호 장치가 설치된 경우 압축용기의 파손에 의한 가스 또는 기름의 누출이 없어야 한다.
7	진자 충격 시험시 시험장치의 충격 부위외의 부분에 작용하는 하중이 905kg을 초과하면 안 된다.
8	범퍼의 충돌 및 충격부분과 범퍼를 차체에 장착하는데 사용되는 조임쇠 등의 부품 외의 자동차의 표면 및 부품에는 영구변형이 없어야 하며, 그 표면의 페인트 또는 보호 재질 등이 표면에서 분리되면 안 된다.

○ 국내에서는 순천에코트랜스사가 스웨덴 웁살라시에 Test Track을 건설하여 스웨덴 철도청(SRA)로부터 상용화를 위한 초경량철도의 철도 안전승인을 받았음
- 개발된 초경량 철도는 Track위에서 운행된다는 점에서 본 연구에서 개발 될 예정인 스마트 대중교통에 적용하기에는 어려움이 있음
- 서울과학기술대학교 철도전문대학원에서는 스마트 대중교통 차량의 개발 시 충돌안전성 평가 측면에서 보았을 때 스마트 대중교통이 철도차량보다 자동차에 가까운 구조를 가지고 있기 때문에 자동차의 충돌안정성 평가에 사용되는 규정을 적용하여 안전성 평가를 진행하였음

○ 자동차의 충돌안정성 평가에 사용되는 규정은 크게 최저속충돌시험(Dead slow collision test), 저속충돌시험(Slow speed collision test), 고속충돌시험(High speed collision test), 인체기준시험(Injury criterion)이 있는데, 저속충돌시험과 고속충돌시험의 경우에는 평가 기준이 정확하게 명시되어 있지 않아 타사 차량과 비교를 하거나 자사 차량과 비교평가를 통해 시험을 진행하여야 함
- 하지만 스마트 대중교통 차량의 경우 선행개발차량이 충분하지 않기 때문에 저속 및 고속충돌 시험에 대한 충돌안정성을 평가하는 것이 힘들고, 스마트 대중교통은 자동차와 다르게 안전벨트가 없고, 승객의 절반은 차량 진행 반대 방향을 바라보면서 운행되는 구조이기 때문에 자동차에 사용되는 인체기준에 의한 충돌안정성 평가를 적용하기에 어려움이 있음

- 이러한 이유로 국내에서는 스마트 대중교통 차량의 충돌안전성을 평가하기 위해 최저속충돌시험에 관한 여러 규정 중 유럽의 ECE 규정을 이용하여 충돌안전성 평가를 진행하였고 유럽의 ECE R42 규정은 국내 자동차 안전기준 93조<표 2-9>와 유사한 평가 조건임



<그림 2-7> 저속충돌 안정성 평가 (Pendulum test, corner test)

○ ECE R42의 충돌시험에서는 <그림 2-7>의 왼쪽 사진과 같이 고정벽이 아닌 진자 시험(Pendulum Test Device, PTD)을 수행함
- 정면충돌시험은 차량의 바퀴가 일렬로 정렬하고 브레이크는 풀려 있는 상태에서 차량의 중심선과 PTD의 중심선을 일치시켜 정면 혹은 후면에 충격을 가하며, 이때 PTD의 충격직전의 속도는 4±0.25[km/h] 이어야 함
- 코너충돌시험에서는 정면충돌시험과 동일한 상태에서 차량의 중심선에서 60±5[°] 기울어진 곳에서 차량의 코너부에 PTD로 충격을 가하며, 이때 충격 직전의 속도는 2.5±0.1[km/h] 이어야 함
- 정면충돌과 코너충돌시험은 각각 공차하중, 만차하중 2개의 하중조건으로 나누어 시험을 수행하여야 함

○ 자동차 관리법에 따른 소규모 제작자 자기인증제도를 통하여 안전검사시설을 갖춘 제작자 등은 직접 안전검사를 통하여 스스로 인증이 가능함
- 제작자는 자동차를 제작·조립 또는 수입하여 자기인증을 하고자 하는 자를 제작자 등이라 하며 국토교통부에 등록하여 제작 및 수입을 할 수 있는 절차임
- 소규모제작자는 생산규모, 안전검사시설 및 성능시험시설 등 국토교통부령으로 정하는 자기인증 능력요건을 충족하지 못한 자동차제작자 등(자기인증능력 미확보 조립자 및 수입자)을 의미함

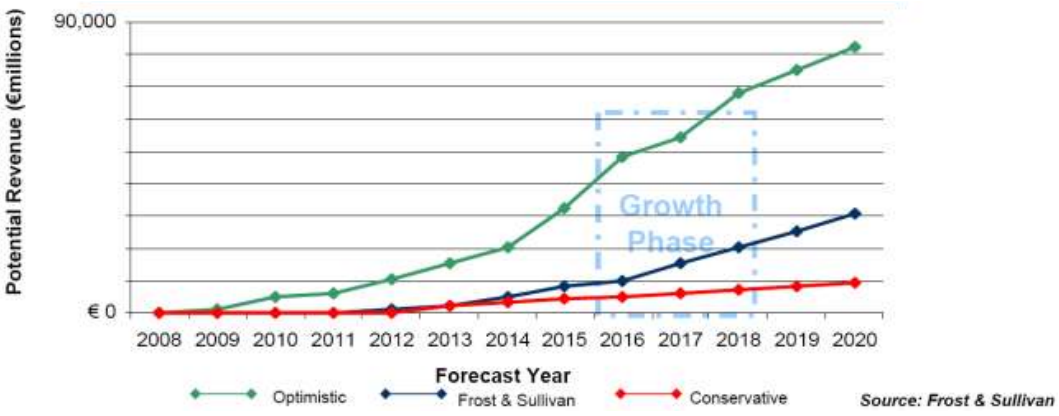
<그림 2-8> 자기인증제도 절차

제2절. 국내·외 시장현황 및 전망

1. 국외 동향

○ (2020년 해외시장 규모는 37조원까지 확대 예상) 글로벌 컨설팅/시장조사기관인 프로스트 앤 설리번(FROST & SULLIVAN)은 유럽, 북미, 아시아의 주요 스마트 대중교통 제작·공급사 및 정부담당자와의 인터뷰 조사와 내부 시장 DB자료를 바탕으로 스마트 대중교통 글로벌 시장조사(2008~2020년)를 수행하였음. 낙관적으로는 공항지역도입을 위주로 684개 노선이 설치되어 약 810억 유로(104조 원)의 시장으로 성장하고 도시교통수단으로 확대될 것으로 예측하였으며, 보수적으로는 52개 노선 정도에만 설치되어 약 80억 유로(10조 원)의 시장을 형성할 것으로 예측하였음. 이런 예측 결과를 토대로 민간부문의 투자 등을 포함하여 278개 노선에 스마트 대중교통 시스템이 설치될 것으로 예측하였으며, 약 300억 유로(38조 원)의 시장으로 성장할 것으로 예상하고 있음

- 영국 : 히드로공항(시범운영 및 확장계획), 다벤트리(시범사업)
- 아랍에미리트연합 : 마스다르(시범운영), 두바이(계획단계)
- 이스라엘 : 텔아비브(설계/건설단계)
- 인도 : 암리차르(계획단계)
- 미국 : 산호세 공항(예타단계)



<그림 2-9> 스마트 대중교통 시장 성장(2008년~2020년) 예측

○ (2035년 자율주행 차량의 시장점유율이 75%까지 확대 예상) 자율주행 관련 산업은 2020년에서 2035년까지의 연평균 성장률은 85%를 기록할 것으로 기대되며, 2035년경 판매량의 75%가 자율주행 기능 기반의 차량이 될 것으로 예상됨

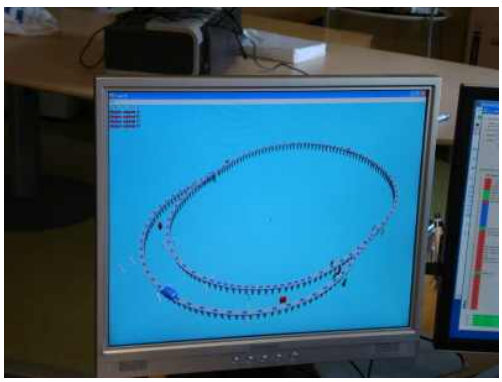
- 관련 세계 시장 규모는 2015년 5.8조원에서 2035년 743조원으로 연평균 성장률 56%로 기대됨

○ 네덜란드 ParkShuttle의 운영 방식은 On-demand(평상시)와 On-schedule(출퇴근시)이 혼합되어 적용됨

- 최대 수송용량은 500 p/ph/pd으로 1일 평균 승객 수송용량은 1500명이며, 피크 시간에는 2.5분 간격으로 On-schedule 모드로 운영됨.
- ParkShuttle 시스템은 7가지 운영시나리오(Morning, Morning Rush, Day Time, Lunch Time Rush, Evening Rush, Evening, Night)를 가지며, 그중에서 현재는 5가지 운영시나리오로 운영되어지고 있음.
- 운영시나리오에는 포함되어 있지 않지만, 시스템 운영에 영향을 미치는 예외상황을 처리하기 위하여 유지보수를 위한 재경로 설정 및 내/외부 비상상황 처리 등의 동작을 수행함.
- 시스템 운영자는 운영실에 설치된 모니터로 차량의 주행상태를 CCTV 및 FROG 시스템으로부터 전송된 차량위치 정보로부터 확인 가능함.

<그림 2-10> ParkShuttle 관제센터 및 차량정보 모니터 시스템

○ 스웨덴에 구축되어 운영되었던 Vectus PRT 시험선은 중앙제어센터에서 궤도에 설치된 각각의 LIM 모듈을 제어(중앙집중식의 동기식 제어방식)



<중앙제어센터의 차량위치 표출장치>

<궤도 LIM 제어 콘솔>

<그림 2-11> 스웨덴 Vectus PRT 관제센터

○ UAE Masdar에 구축된 PRT 시범노선 1단계 구간에서는 10대의 승객차량 및 3대의 화물차량만이 운행하므로, 운영센터가 간소하며, CCTV를 통해 차량내부를 확인하고 이례상황 발생시 방송으로 안내

<그림 2-12 > 마스다르 PRT 관제센터 및 운행제어 모니터

○ (자율주행 대중교통 도입) 유럽과 미국, 일본을 중심으로 상용차산업 기반을 갖춘 지역에서 자율주행 기술을 선도하고, 국가와 지자체간 협력 속에서 대규모 실증사업 추진 및 사회적 기술수용성 제고를 위하여 상용차 중심의 자율주행 공공서비스가 도입되고 있음

- 미국 콜럼버스 자율주행 스마트시티 조성(교통부-콜럼버스시), EU 시티모빌2 프로젝트(EU-11개

참여 지자체), 중국 자율주행 스마트시티 시범도시(정부-우후시) 등 자율주행 실증사업에 국가와 지자체 협력이 필수적으로 이루어짐
- 시티모빌2 프로젝트를 통해 유럽 11개 지역에 자율주행 셔틀버스를 운영하여 4년간 6만명이상 탑승하였고, 이 중 4곳 지역은 영구적 운영을 결정함
- 시티모빌2 프로젝트의 자율주행 셔틀버스, 영국 런던근교의 10인승 셔틀버스, 일본 도쿄 올림픽에서의 자율주행 택시, 미국 콜럼버스 자율주행 스마트시티에 대중교통으로써의 자율주행 셔틀 도입 및 운영을 추진하고 있음

○ (자율주행 대중교통 운행) 최근 세계 각국에서 자율주행 대중교통 시범운행을 수행중이며, 실제 정규 노선에 도입하여 정식 대중교통으로써의 운영을 위한 출발선에 있음
- 스위스에서는 자율주행 셔틀버스 2대를 2017년 9월부터 운행하기 시작하였으며, 프리부르 대중교통사업소에서 1.3km 떨어진 공장 자동화 설비 회사 사이의 4개 정류장을 운행하는 노선으로, 출퇴근시간에는 7분 간격으로, 그 외 시간에는 승객 호출이 있을 경우에 운행하도록 운영 중임
- 독일 철도청(Deutsche Bahn)은 2017년 10월 바이에른 남부 온천 휴양도시 바트 비른바흐(Bad Birnbach)에서 독일 국내 최초로 자율주행 미니버스 근거리 대중교통 운행을 시작함
- 미니버스는 프랑스 이지스마일(Easysmile)사의 전기자동차 EZ10으로, 약 660m 구간을 매일 오전 10시부터 오후 6시까지 30분 간격으로 시속 9km로 운행함

2. 국내 동향

○ (국내시장 규모는 4천억원으로 추산) 국내시장 규모 4,000억원(5km노선, 17개노선, 80억원/km)으로 추산
- 대중교통 연계형(인천/제주공항, 판교IT밸리, 천안아산역 인근 상업지구, 광교신도시 등)
- 자급도시 및 개발지 교통수단(제주중문 관광단지, 경주보문 관광단지, 파주시 등)
- 도시 재생(서울역 주변, 포항 구시가지 등)
- 기타(의왕시 철도특구, 세종시, 청주시 등)

○ (1차 수요처 검토 현황) 앞서 언급한 바와 같이, 전용 노선 중심의 現 스마트 대중교통에 대한 관심 수요처는 다음과 같은 범주로 구분하였으며, 범주별 대상지역의 1차 현황을 아래와 같이 검토함

<표 2-10> 스마트 대중교통 적용노선 도출(안)

적용대상노선	비고
○ 정부청사내 교통수단 - 정부세종청사 부처간 연결 - 세종시 상징광장-공원 연계 수단	4.2km
○ 대중교통연계형 교통수단 - 공항연계 : 인천공항, 제주공항 - 철도연계 : 판교 IT벨리, 천안아산, 광교신도시	15.47km
○ 자급도시 교통수단 - 관광지 : 제주중문, 경주보문단지, 세종시 상광장 - 계획도시 : 파주시(미군이전공유지)	18.8km
○ 재생도시 교통수단 - 포항시 : 포항KTX역과 구 포항역 연결 - 군산시 : 군산시 구도심 재생사업	7.0km
○ 혁신도시(이전, 충북) - 충북혁신도시	10km
○ 대학 - 서울대, 성균관대, 한국교통대	-
○ 기타 교통수단 - 의왕시 철도특구	0.9km
- 17개 노선	56.37km

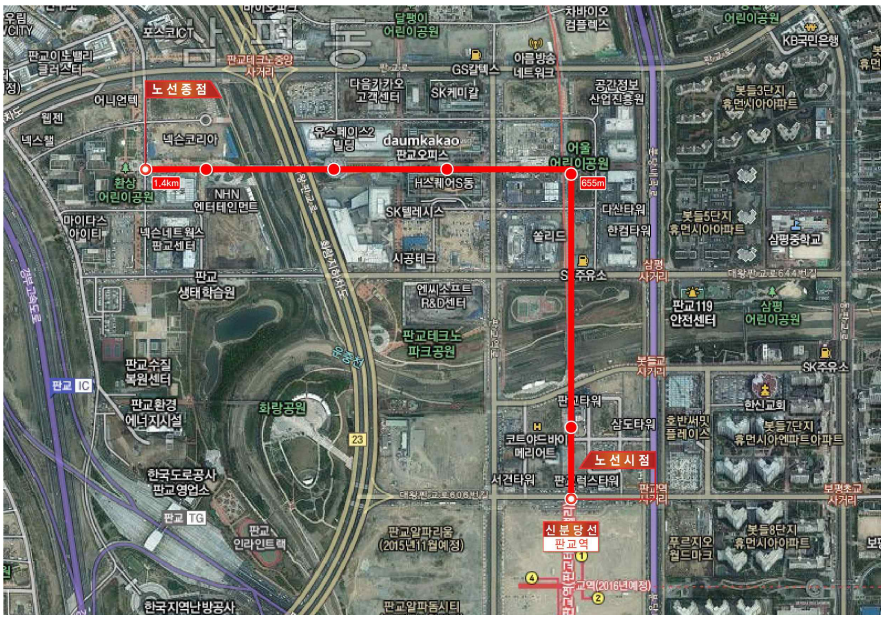
- 주요 대상지역별 노선(안) 중 정부세종청사는 세계 최대 규모의 옥상정원으로 연결된 청사 건물을 하나로 이어주는 스마트 대중교통 운영 컨셉으로, 4.2km 노선연장을 23개소 정거장에서 접근 가능한 단선 구간(안)을 제안함

<그림 2-13> 정부세종청사 하늘공원 연결노선

- 제주공항은 특성상 이용객의 렌트카 사용 비중이 높으며, 공항 주차장 내부의 렌트카 하우스를 외부로 이전함에 따른 단거리 연계 교통수단이 절실히 필요한 상황이며, 노선(안)은 아래와 같이 1차 검토함. 최근 O2O 서비스를 기반으로 한 택시를 주 관광 교통수단으로 이용하는 경우가 늘고 있어, 택시-렌트카 시장 간의 면밀한 사전 전망 및 동향 검토가 필요함

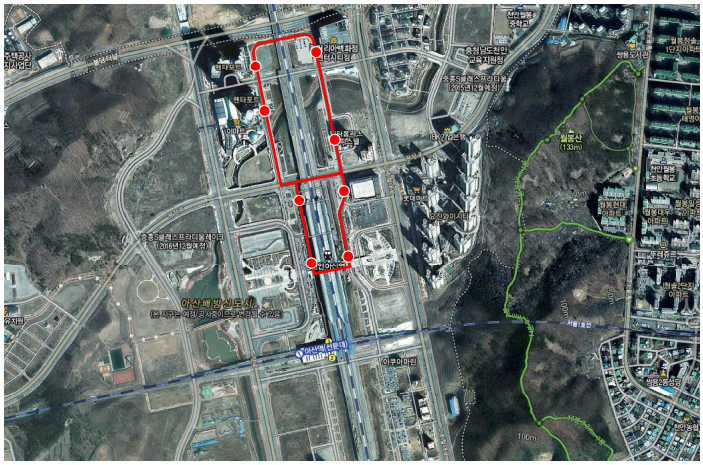
<그림 2-14> 제주공항 렌트카 이용객을 위한 연계 교통수단

- 성남시에서 기업유치를 위해 조성한 판교IT벨리의 경우 신분당선 판교역과 주변 IT 기업 밀집 지역의 연결을 통하여 근무자 및 방문자를 위한 교통서비스에 대한 검토가 이루어짐. 향후 성남여주선이 연결되면 유동인구가 증가할 것으로 예상되어 수요에 따른 대응으로 유입유동인구의 원활한 이동수단 역할을 할 것으로 판단함



<그림 2-15> 판교 IT 벨리 근무자 및 방문객을 위한 교통수단

- KTX 천안아산역과 아산 배방신도시 내 펜타포트(주상복합)을 연결하는 노선으로 향후 아산 배방신도시 계발계획에 따른 확충이 가능함. 개발지역 내 주상복합건물인 펜타포트는 식당가, 극장, 마트 등 다양한 상업시설로 유동인구가 많으며, 인근 대규모 삼성전자사업장이 위치하여 KTX를 이용하는 이동객이 많음. 주로 측면의 녹지를 활용한 노선에 대한 검토가 이루어졌으며, 주변 교통에 영향이 적을 것으로 판단함



<그림 2-16> 아산역과 주상복합을 연결하는 노선

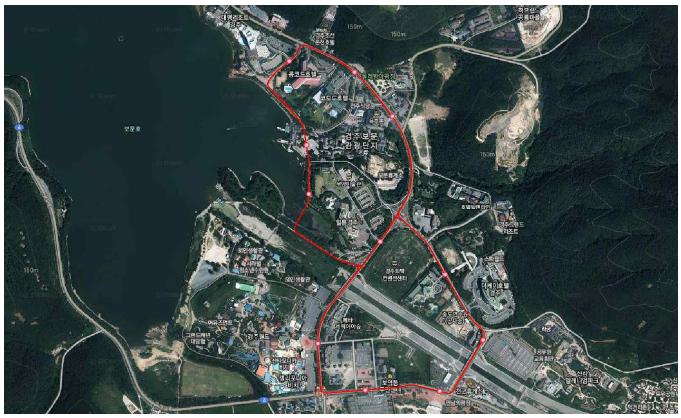
- 신분당선 연장구간의 광교역과 주변 광교신도시 주요시설을 경유하는 노선으로 경기도청신청사 예정지이고, 주변에 대규모 아파트단지들과 대형마트 등 편의시설 밀집지역임. 상주인구 및 유동인구가 많음에 따라 근무자 출퇴근 및 일상통행 유동인구 수요에 대한 대응 안으로 검토

<그림 2-14> 광교신도시 주요시설을 연결하는 교통수단

- 제주 중문관광단지 내 호텔, 콘도 등 숙박지와 컨벤션센터 및 주요관광지 순환노선을 검토한 것으로, 서귀포시의 대단위 숙박시설이 밀집되어 있는 중문의 경우 주변에 관광명소들이 산재하여 있고 각종 전시회나 행사가 개최되어 관광객이 많음. ICC국제컨벤션센터까지의 구간은 중문관광로의 중분대 녹지를 이용하여 노면계획이 가능할 것으로 판단

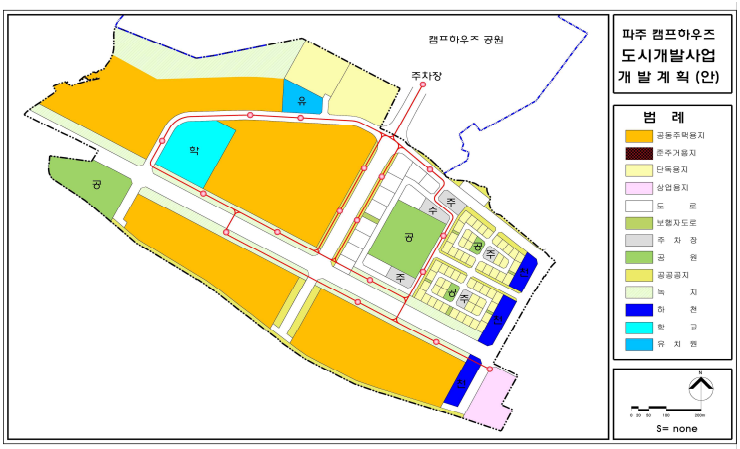
<그림 2-17> 제주 중문관광단지 내 교통수단

- 경주 보문관광단지 내 시설들은 '보는 관광'에서 '즐기는 관광'으로 유도하는 체험형 관광단지임. 보문호 주변 산책로의 일부 공간을 활용하여 적용 시 경관이 뛰어난 노선으로 예상됨. 또한, 숙박시설, 산책로, 놀이공원, 엑스포 공원 등을 연결하는 노선으로서 관광객 등 수요에 대해 검토함



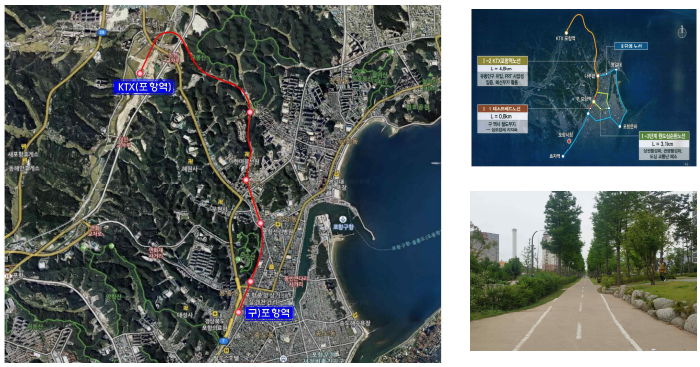
<그림 2-18> 경주 보문관광단지 내부 노선

- 파주시 소재 미국부대 철수 및 반환 완료로 공여지를 활용한 근린공원 및 주거복합도시 개발 계획이 진행 중에 있으며, 주거단지 배후지역으로 학교, 상업시설, 주거 및 근린공원을 연결하여 일상 통행을 처리하는 단거리 연계 교통수단으로 역할에 대한 수요 대응 가능성을 제시함



<그림 2-19> 주거단지, 상업시설 등 단지 내부 교통수단

- 구)포항역과 KTX 포항역을 연결하는 노선으로 폐선부지 활용안에 대한 검토가 이루어 졌으며, 구)포항역의 상권 침체를 해소 및 도시 재생전략 추진을 통한 KTX 포항역의 유입 유동인구의 원활한 이동 수단 제공함



<그림 2-20> 포항 KTX 연결 노선

- ‘2015년 국토부로부터 “도시재생선도지역”으로 선정된 군산시의 원도심 재생사업 대상지에 스마트 대중교통 노선을 추가하여 시너지를 낼 수 있는 노선 검토로 개항기 때의 내항기능 상실과 상권의 이동으로 쇠퇴화된 원도심의 근대역사 경관지구로 개발하는 계획 중 주요 역사관광지역 및 일부 상업시설을 연결하는 안을 검토

<그림 2-21> 군산시 재생선도지역 내 노선 검토

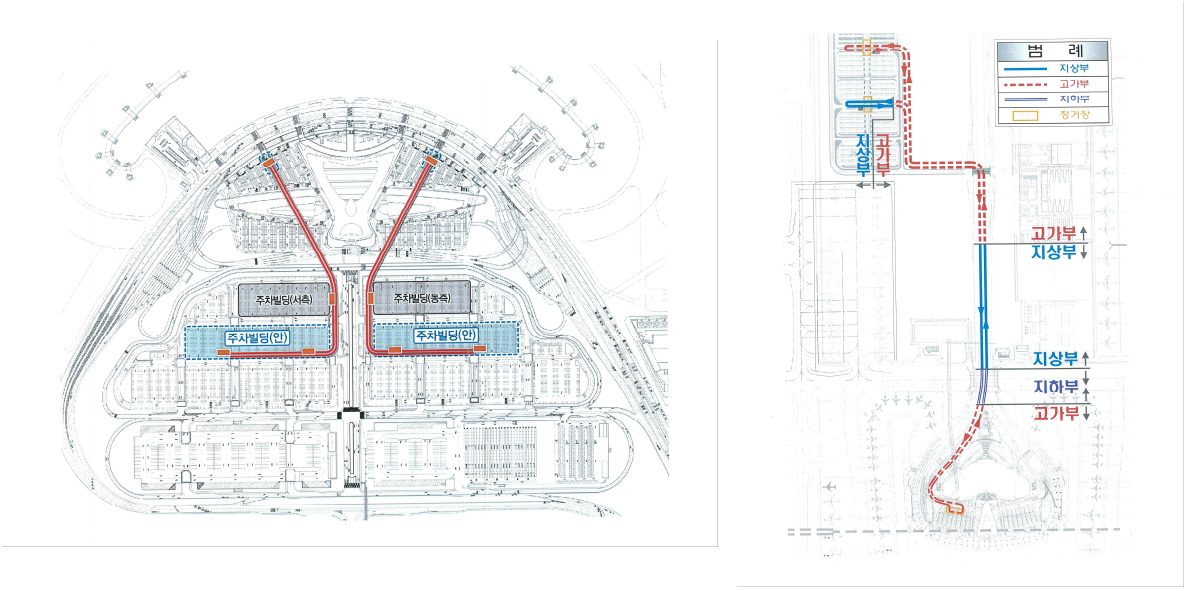
- 지하철 1호선 의왕역과 철도박물관, 왕송 호수공원 (레일바이크 등)을 잇는 시범노선으로 철도를 배후로 하는 지역 사회에 상징성 및 편리성을 부여하는 연계 교통수단으로 역할을 할 것으로 판단함

<그림 2-22> 의왕역~철도박물관역

- 대학교 캠퍼스(서울대, 성균관대, 한국교통대) 구내 운영 방안에 대하여 도출 중이며, 각 학과별 건물과 공동이용시설(도서관, 식당 등)을 연결하는 노선에 대하여 검토 중

○ (실 관심 수요처 현황) 인천공항, 충북 혁신도시, 세종시 상징광장/공원 등이 있으며, 수요처 중심의 현황 및 노선 검토 등 보다 면밀한 논의가 진행 중에 있음

- 장단기 주차장 이용객을 주요 이용객으로 하는 인천국제공항 연계 교통수단으로 하는 대상사업은 2015년 기준, 일일 차량 입차 대수 (장단기 주차장 포함)는 평균 11,574대/일 (최대 15,746대/일, 최소 7,380대/일)로 나타났으며, 소요대수 산정, 주요 정거장 위치 선정, 정거장별 차량 정차가능 대수 등 주요 운영 요구사항을 결정하기 위한 객관적이고 과학적인 절차 수립 등 필요함. 인천국제공항의 경우, 이용자 및 보행자의 안전성 확보를 위해 전용 노선 설계를 원칙으로 하며, 일부 전용 노선으로 설계가 용이하지 않은 구간에 대해서는 지하 노선 및 고가부 노선에 대한 검토를 추가로 실시함



<그림 2-23> 인천공항 노선 검토 (안)

- 충북 혁신도시는 IT·BIT 산업을 중심으로 구성된 벤처이노폴리스의 컨셉을 추구하고 있으며, 1단계 태동기 (이전공공기관 정착단계, 2007~2012)를 거쳐 2단계 확장기 (산학연 정착단계, 2013~2020)에 속해 있음. 또한, 대중교통 중심의 친환경 도시조성을 위해, 도시 내부의 네트워크를 아래와 같이 구축하고자 함. 해당 사업지는 단순 순환 혹은 직선형 노선이 아닌 네트워크 형태의 노선으로, 소요대수 산정, 주요 정거장 위치 선정, 정거장별 차량 정차가능 대수 등 운영요구사항에 대한 문제 해결이 다소 복잡할 것으로 예상되나, 3단계에 걸친 도시발전 계획으로 인해 도시성장에 따른 추후 개선이 가능하다는 장점이 있음

<그림 2-24> 충북혁신도시

- 세종시 상징광장과 연계하여 주변 공원과 생활권을 연계를 위한 일상 교통, 관광, 여가 등의 다양한 목적 통행을 충족시키기 위한 대상 지역으로, 수요분석을 통한 설계, 계획 수립, 운영 요구사항 분석에 대한 복잡성이 가장 높게 나타날 것으로 보이며, 스마트 대중교통 특성을 고려한 수요예측 기법을 활용이 요구됨

<그림 2-25> 세종시 상징광장 주변 지역 연계도

○ (잠재시장 분석 1) 전국 산업단지 현황 통계 분석을 통한 스마트 대중교통 잠재수요 현황 분석

- 충북 혁신도시 사례를 바탕으로, 전국적으로 개발되는 산업단지와 국토교통부에서 지향하는 첨단물류단지(e-Logis Town) 등은 스마트 대중교통 도입을 위한 최적지로 판단됨. 특히, 종사자 개인 차량의 종일 주차로 인한 토지의 비효율적 사용 및 택지개발 규모, 예산을 줄일 수 있으며, 이를 연계 교통 수단 운영비용으로 대체가 가능할 것으로 예상됨
- 이에, 한국산업단지공단에서 제공하는 전국산업단지를 국가산업단지, 일반산업단지, 도시첨단산업단지, 농공단지 현황을 아래 표와 같이 높은 분양율을 보이고 있어, 스마트 대중교통을 도입 할 수 있는 잠재 수요는 충분하였으며, 2016년 2분기 통계 기준, 산업단지는 총 1,137개, 지정면적은 1,392km^2, 입주업체는 88,932개사, 고용은 2,131천명임
- (유형별 산업단지 현황) 유형별 산업단지 현황에 따르면, 국가산업단지의 분양율이 98.1%로 가장 높게 나타났으며, 도시첨단산업단지의 분양율은 71.8%로 가장 낮지만 전체할 것으로 판단됨

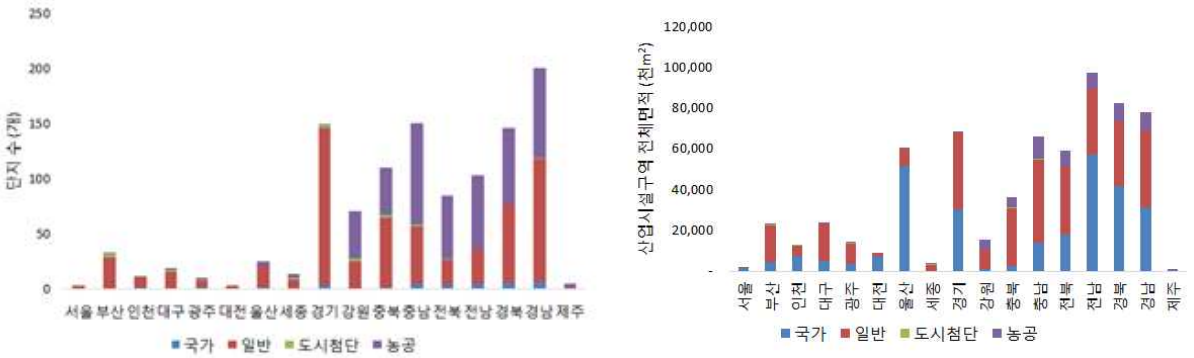
<표 2-11> 단지유형 별 산업단지 조성 및 분양 현황

단지유형	단지수 (개)	지정면적 (㎢)	관리면적 (㎢)	산업시설구역(㎢)				
				전체면적	분양대상	분양	미분양	분양률(%)
국 가	41	790	565	278	246	241	5	98.1
일 반	609	520	515	315	230	207	23	89.8
도시첨단	19	6	6	3	1	0.6	0.3	71.8
농 공	468	76	76	58	54	51	3	94.2
총 합	1,137	1,392	1,162	654	531	499	31	94.1

* 전체면적은 미개발면적을 포함한 산업시설구역 총 면적을 의미하며, 분양대상은 산업시설구역 중 조성된 면적(미개발면적 제외), 분양률은 분양대상용지 중 분양된 면적의 비율임

- (시도별 산업단지 현황) 시도별 산업단지 현황에 따르면, 경상남도의 경우 단지수가 201개로 가장 높은 것으로 나타났으며, 산업시설구역 전체면적은 전라남도가 97km^{2}으로 가장 높게 나타남. 또한, 지역별 산업단지 특성 및 면적이 상이하여, 이에 적합한 다양한 스마트 대중교통

도입 구상 설계 및 운영 계획 수립이 도출될 수 있을 것으로 기대함

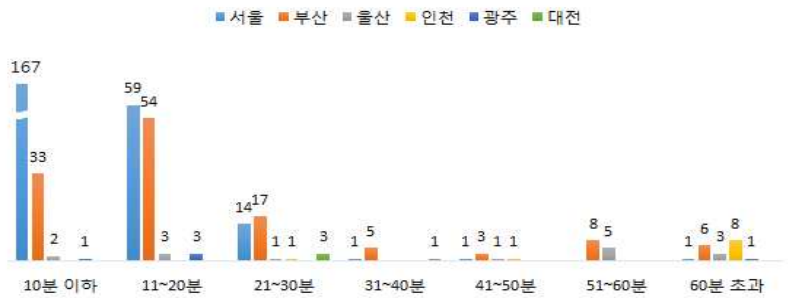


(a) 단지수 현황 (b) 산업시설구역 전체면적 현황

<그림 2-26> 시도별 산업단지 현황

○ (잠재시장 분석 2) 마을버스 운영 현황 분석을 통한 스마트 대중교통 잠재수요 범위 산정 요건 검토

- (마을버스 기능) 마을버스는 일반버스 노선에서 거리가 먼 지역, 오르내리기 힘든 고지대, 일반버스가 다니지 않는 지역 등의 일반버스의 틈새 구역을 운행하며, 일반버스의 정류장 및 지하철과의 연계를 통해 마을 주민에게 이동 편의성을 제공해 줌
  - 스마트 대중교통이 가진 연계 교통수단이라는 기능적 유사점을 바탕으로 일부 마을버스 대체 가능성을 검토하고자 함
  - 기존 저비용의 효율적인 운영 구조를 가진 마을버스 노선을 대체하기 위해서는, 스마트 대중교통은 마을버스와 비교하여 확고한 장점을 가지고 있어야 하며, 적은 승객이 빈번한 도착 분포로 고정 수익은 적고, 고정 운영은 높은 지역에 적합할 것으로 판단됨. 예를 들어, 1) 수요가 적은 노선, 2) 배차간격이 긴 노선, 3) 노선 연장이 길어서 통행시간이 길게 할애되는 경우 등으로 고정 수익이 적은 경우가 해당됨
- (마을버스 운행현황) 6대 대도시(서울, 부산, 인천, 광주, 울산, 대전)에서 운행 중인 마을버스 노선을 대상으로 배차간격 현황을 우선 검토함
  - 마을버스 운행현황에 따르면, 서울의 경우 243개의 노선 중 98.8%인 240개의 노선, 부산의 경우 126개 노선 중 82.5%인 104개의 노선의 배차간격이 30분 이하로 나타남
  - 6개 광역시 전체 403개의 마을버스 노선 중 30분 이상의 배차간격을 보이는 노선은 45개 노선으로 전체 노선의 11.2%를 차지함
  - 배차간격이 30분 이상으로 긴 경우 이용자의 시간적 비용 및 편의성 등을 고려하였을 때, 수요 응답형 스마트 대중교통으로 대체 가능성이 있을 것으로 판단되며, 중소도시로 배차간격 현황을 확대 검토하면 잠재적 수요는 증가할 것으로 판단됨
  - 또한, 배차간격이 30분 이내이더라도, 수요, 노선 길이 등 다양한 고려사항이 추가적으로 검토되어야 하며, 마을버스 운영비와 스마트 대중교통 건설비와 운영비를 면밀하게 비교하여 양질의 서비스가 제공될 수 있는지 여부가 우선 분석되어야 할 것으로 판단됨



<그림 2-27> 배차간격에 따른 마을버스 현황 (6대 도시 기준)

○ (자율주행 대중교통 도입 및 운영 동향)

- 국토교통부는 2017년 업무계획을 통해 자율주행자동차 운영계획을 발표하였으며, 올해 12월 판교역에서 판교창조경제밸리까지 2.5km 도로에서 12인승 무인 자율주행 셔틀을 운행하기 위한 연구를 수행하고 있음
- KT는 '18년 평창올림픽에서의 자율주행 버스 운영을 위해 강남역과 양재역 사이에 구축된 5G 시험망을 통한 자율주행 버스의 임시운행 허가 대기 중임
- 한국교통대학교는 2017년 11월부터 교내에 자율주행 셔틀 순환버스 운행 계획을 수립하였으며, 총 2km 구간의 5개 정류소를 설치하여 이용 할 수 있도록 계획하고 있음
- 또한, 세종시에 위치한 행정중심복합도시(행복도시)는 2022년을 목표로 BRT(간선급행) 버스 구간에 자율주행 셔틀버스를 도입하기 위한 계획을 수립하였으며, 중앙 공원과 연계하는 수요응답형 버스 또한 자율주행 형태로 추진하고자 함

제3절. 기술(특허, 논문 등) 동향

1. 기술 동향

가. 개인용 자율주행 자동차

○ 자동차 업체에서 진행하는 개인용 자율주행자동차의 경우 연산 및 측정센서 결합의 개념으로 고속 주행을 포함한 자율주행성능의 단계적 개선을 통해 운전자의 개입을 줄이는 것을 목표로 함

- 공공운영을 목적으로 한 자율주행차량의 경우 자율주행으로 목적지까지 이동하면서 개인의 업무 및 여가를 즐길 수 있는 저속 소형 완전 자율주행차를 목표로 함

<표 2-12> 자율주행 기술레벨 정의

자율주행 기술레벨 정의	SAE*	NHTSA*
위험경고	Level 0	Level 0
선택적 능동제어	Level 1	Level 1
통합 능동제어	Level 2	Level 2
조건부 자율주행	Level 3	Level 3
제한적 자율주행	Level 4	Level 4
통합 자율주행	Level 5	

※ SAE(Society of Automotive Engineers) : 국제자동차기술자협회

※ NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration) : 미국도로교통안전국

(1) 국내 동향

○ 현대자동차

- 2015년에 고속도로 주행지원시스템(HDA)을 양산차에 적용하였고 혼잡구간 주행지원 시스템(TJA)을 신형 제네시스를 통해 시연한바 있으며, 2015년 현대차는 국내 최초로 자율주행 기술을 적용한 EQ900를 출시하였고, 이와 더불어 스마트워치의 음성인식기능을 활용하여 시동, 도어컨트롤 등 차세대 블루링크 기술을 소개 함

○ 현대모비스

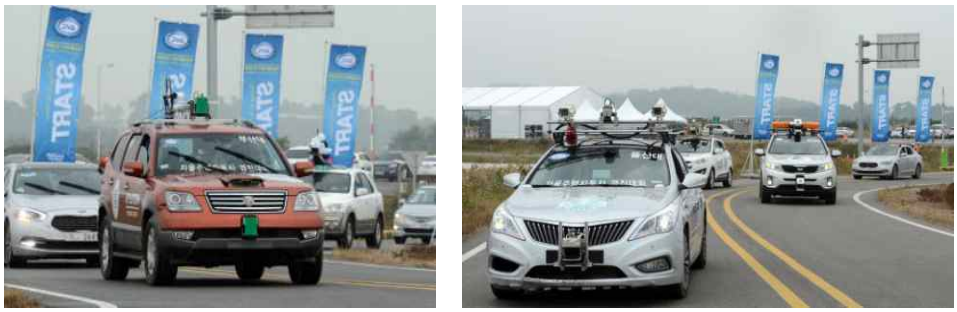
- 2014년 자율주차 및 자율주행 기술을 시연한바 있으며, 2017년까지 고속도로 주행보조시스템 개발을 목표로 하고 있음. 주로 보행자인식, 추월, 상황별 가감속 기능 및 주차가능공간 확인 시 자동주차 기술 등을 개발하고 있음

<그림 2-28> TJA기술이 적용된 시연차량 및 EQ900 차량

○ 자율주행자동차 대회

- (현대기아 무인자율주행자동차 연구 경진대회) 2010년부터 2년주기로 대회가 개최되며, 교차로, 안개구간, 선행차량 낙하물 코스 등 실제 도로상황과 유사한 환경으로 구성된 코스로 각 구간 별로 설치된 9개의 미션을 수행함. 참가팀들은 출발 지점부터 목표지점까지 경로를

생성하고, 미션을 수행함



<그림 2-29> 현대기아자동차 자율주행자동차경진대회

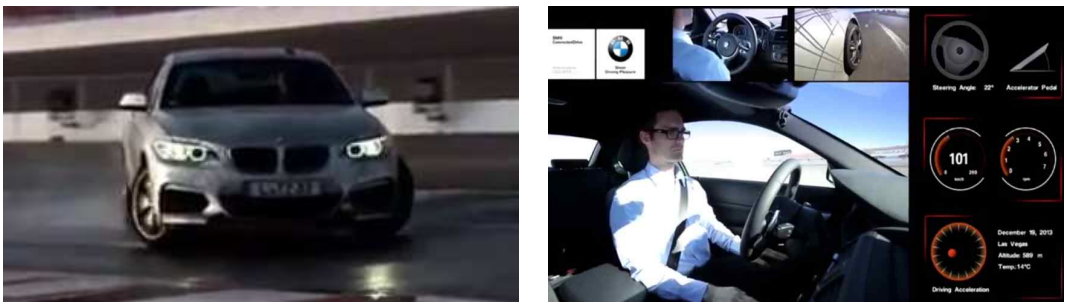
(2) 국외 동향

○ 유럽

- 벤츠(Mercedes-benz) 사가 2015년에서 선보인 F015의 경우 Auto pilot 기능을 탑재하고 자동/수동모드 변환이 가능한 것이 특징임. F015에 적용된 측면디스플레이에서는 운전모드(저속 / 고속)변환이 가능하여 뒷좌석에 앉은 탑승자도 차량의 움직임을 컨트롤 할 수 있음. 독일 남서부 만하임에서 포츠하임에 이르는 100km 구간을 자율주행하는데 성공했다고 발표함. 또한, 다임러•벤츠는 자율주행 트럭 및 버스 개발을 진행하고 있으며, 적응형 크루즈컨트롤 기술로 차간거리와 속도를 조절하며 전면 입체 카메라와 레이더센서등으로 구현되었고 현재 미국 네바다 주로부터 세계최초 자율주행 상용차 운행면허를 취득하였음

<그림 2-30> 벤츠의 자율주행 자동차(F015) 및 트럭/버스 모델

- BMW 사는 2007년 인간이 차량을 직접 학습시켜 주행을 하면 GPS시스템으로 주행경로를 기억하는 무인운전시스템 개발하여 2014년 쿠페형 자율주행차 235i를 공개하였음. 이 차량은 LiDAR, Radar, 초음파센서, 카메라, GPS 그리고 주행맵을 활용하여 운행하며, 드리프트가 가능함. 이후 성능 시연을 위해 자동차경기장 뉘른베르그링에서 주행테스트 진행하였고, 삼성전자와의 합작품으로 스마트 워치를 활용한 '원격 파킹어시스턴트' 시스템을 개발하고 있음



<그림 2-31> BMW의 자율주행 자동차 모델(235i) 및 원격 파킹어시스턴트 시스템

- 아우디(Audi) 사는 2009년 스탠포드 대학과 미국 로키산맥을 무인으로 운행하는 기술 시연을 하였고 유일하게 산길을 오르며 오프로드 코너에서는 드리프트가 가능하도록 제작하였고, 자율주행기술인 Piloted Driving 기술을 탑재한 RS7 '로비' 공개한바 있으며, 2015년 A7모델로 팔라엘토에서 라스베가스까지(약 900km) 도로에서 자율주행을 통해 운행 최장거리 갱신과 더불어 차선변경 및 추월기능을 선보인바 있음

<그림 2-32> AUDI의 자율주행 자동차 모델(RS7 로비)

- 보쉬(Bosch) 사의 경우, 2013년 고속도로환경에서 센서와 라이더를 활용하여 차선변경이 가능한 자율주행차를 공개한바 있으며, 2015년부터 자동주차시스템을 양산하고 있음. 현재 테슬라 모델 S에 적용되어 있음

<그림 2-33> 보쉬 자율주행차량

- 델파이(Delphi) 사는 아우디와 공동으로 자율주행차를 개발하고 있으며, 레이다, 카메라 통합 시스템 및 차선이탈경고시스템과 관련된 핵심기술을 개발하고 있음. 또한, 자율주행 자동차로 샌프란시스코에서 뉴욕까지 횡단에 성공하였으며 미 최초이자 북미 최장거리 주행을 하였으며, 3400마일 99%를 완전 자율주행모드로 운행함

<그림 2-34> 델파이 자율주행기술 적용차량

- 발레오(Valeo) 사는 자동주행기술인 Cruise4U를 2017년에 상용화할 계획을 갖고 있으며, 레이저스케너, 초음파센서, 카메라로 주변을 인식하고 이에 따라 속도 및 차선유지를 하며 전방 차량을 쫓아 주행하는 기술을 개발 중임. 또한, 수동 및 자율주행을 통해 1만km 이상인 프랑스 일주에 성공하였으며 4000km 이상이 자율주행이었다고 발표함

<그림 2-35> 발레오 Cruise 4U적용 차량

- 르노(Renault) 사는 2014년에 자율주행차 'Next Two'로 주행시험을 성공하였으며, 레이더 및 카메라를 통해 주변정보 인식을 통해 기능을 구현하였음. 또한, 다중 네트워크 접속방식을 갖추어 르노 중앙센터(클라우드)와 실시간으로 정보를 공유하여 자율주행뿐만 아니라 운전자의 상태를 내부 카메라를 통해 졸음여부 확인 후 음악을 틀거나 내부공기를 조절해 잠을 깨우는 기능이 있음

<그림 2-36> 로노의 자율주행 자동차 모델(Next Two)

○ 미국

- 포드(Ford) 2013년 Michigan Univ. 등 과 함께 Fusion Hybrid 자율주행차를 개발하였으며, 다중 라이다센서를 활용하여 초당 250만회 주변 지형을 스캔함. 이를 통해 빛이 없는 야간에도 카메라 도움 없이 어두운 사막도로를 주행하는데 성공하였으며, 차선이탈방지시스템 및 적응식 정속주행 시스템(ACC : Adaptive Cruise Control) 등 다른 차량 및 보행자 움직임 정보를 활용한 기술을 개발 중임

<그림 2-37> 포드 퓨전하이브리드 자율주행차량

- 구글(Google) 사의 경우, 2010년 도요타 프리우스에 자동운전기능을 탑재하여 총 7대를 제작하였으며 센프란시스코-로스앤젤레스까지 주행을 성공한바 있음
  - 2014년 2인승 완전 자율주행차 구글카 프로토타입 개발
  - 전기자동차 기반의 차량으로 운전자를 위한 조향핸들 및 페달이 없음
  - 공공도로에서 주행테스트를 진행하였으며, 주행최고속도를 40km/h로 제한하여 현재 자동주행으로 2,960,000km의 주행을 완료하였다고 발표

<그림 2-38> 구글의 자율주행 자동차 모델

- 테슬라(Tesla) 사는 완전자율주행하드웨어가 탑재된 차량에 대하여 기능추가를 통해 완전 자율주행 기술을 구현하였음
  - 목적지 입력만으로 주행 가능
  - 8대의 서라운드 카메라와 초음파센서, 레이더 탑재
  - 목적지 도착 후 운전자 없이 주차가능 공간을 찾아 자동주차(Park seek)기능
  - 향후 하드웨어 자체의 안전성이 확보되면 기존차량에도 업그레이드를 통해 기능 제공 예정

<그림 2-39> 테슬라의 자율주행 자동차 모델

- 우버(Uber) 사는 2016년 9월 100대의 자율주행택시를 공개했으며 기존 택시처럼 운전수는 존재했지만 핸들이나 페달을 조작하지는 않았음
  - 2016년 10월 자율주행트럭 미국 서부 콜로라도 고속도로에서 운전자 없이 자율주행에 성공하였음

○ 자율주행자동차 대회

- (DARFA Challenge) 대회의 목적은 미 육군장비의 1/3을 무인장비로 대체하기 위하여 기술개발 활성화를 목적으로 진행하였고 매 대회마다 주행환경이 다르고 다양한 상황에 맞추어 주행하도록 구성하였으며 2004년 대회의 경우 사막, 초원으로 형성된 140마일구간을 제한시간 내 통과하도록 하였고 2005년의 경우 포장도로 및 비포장도로 132마일을 주행하도록 하였으며, 장애물 및 GPS를 활용하지 못하는 구간(터널)을 추가함. 2007년 대회는 도심환경을 주행하는 과제로 교차로, 추월, 교통법규 준수 등 다양한 미션을 제시함

<그림 2-40> DARFA Challenge 참가 차량

○ 기타지역

- 일본 도요타(Toyota) 사는 2013년에 자율주행차 'LS600h'를 공개한바 있으며, 카메라 및 센서를 활용하여 'Intelligent Safety' 기술을 실현하였고 2013년부터 일반도로에서 80km/h로 운행시험을 수행 중임

<그림 2-41> 도요타의 자율주행 자동차 모델(LS600h)

- 일본의 혼다(Honda) 사는 2014년 자율주행차 'Acura RLX' 공개함. 카메라와 레이더센서로 주행차선 인식 및 유지를 하며 GPS로 운행경로에 따른 속도제어 가능하고 차량위치정보 관련 특허가 62건으로 다른 완성차업체가 보유한 평균 24.8건 보다 많으며, 닛산의 경우, 전기자동차 기반 자율주행 차 'Leaf'는 카메라와 각종 센서, 데이터전송을 위한 네트워크 연결 기능 등을 활용하여 구현함. 또한, 이 자율주행시스템은 향후 나사(NASA)가 진행 할 우주탐사 활동에도 활용할 예정임

<그림 2-42> 혼다(Acura RLX)와 닛산(Leaf)의 자율주행 자동차 모델

- 2014년부터 스웨덴 정부와 스웨덴 교통관리공단, 스웨덴 교통국이 지원하는 'Drive me' 프로젝트를 진행 중이며, LiDAR, 카메라를 활용하고 트렁크 내 제어 및 데이터 취득용 컴퓨터를 설치하여 자율주행차량을 개발함. 5년 뒤 위 자율주행시스템이 탑재된 자율주행차를 출시할 예정임

<그림 2-43> 볼보의 자율주행 자동차 모델

- 싱가포르의 경우, 르노 조이(Zoe), 미쓰비시 아이미브(i-MiEV)전기자동차를 개조하여 세계 최초 자율주행 택시서비스를 시작함

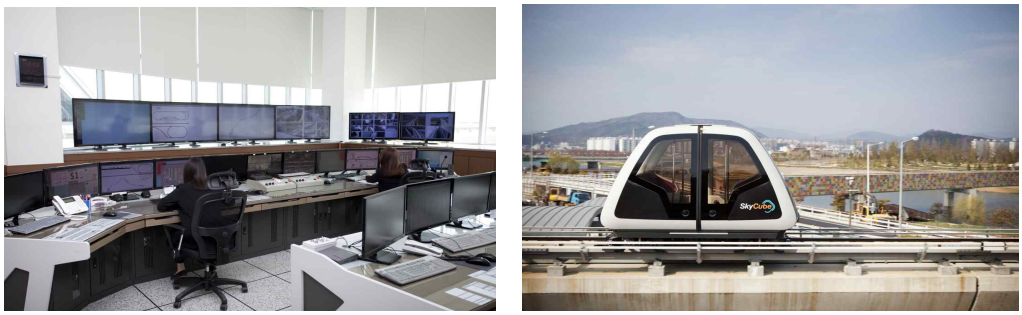
<그림 2-44> 싱가포르 자율주행 차량 및 시범운행지역

나. 스마트 대중교통(소형)

(1) 국내 동향

○ (초경량 철도 개념의 해외기술 기반으로 구현) POSCO사가 2005년 영국 등 해외 전략적 파트너와 합작사인 Vectus사를 설립하고 스웨덴 웁살라 소재에 시험선(총연장 300m)을 운영하여 시스템 설계를 완료한 후, ㈜순천에코트랜스사를 설립하여 2013년 순천만국제정원박람회에서 습지 접근형 시범노선(네트워크 노선 배제, 초경량전철 개념)을 건설하여 운영 중임

- 노선은 지상에서 3.5~10m의 높이의 고가형태로 구현되었으며, 차량(SkyCube)은 3,670×2,500×2,100(mm, 길이×높이×폭)의 크기로 만차 중량은 3,200kg이며, DC 500V 전원 공급으로 최대 60km/h의 속도로 운행되고 있음
- 성인기준 최대 8명 탑승 가능
- 노선 길이는 4.6km이며, 노선 운행 12분소요
- 2개 정거장으로 구성되어 있으며 40대로 운영 중임



<그림 2-45> ㈜순천에코트랜스사의 초경량철도 시스템

○ (철도와 전기자동차 기술이 융합된 미니트램의 핵심기술 확보) 한국철도기술연구원 내 철도안전기반의 중앙제어 및 전기자동차 기반의 시험시스템 구축 및 기능 구현

- 차량은 3,800×1,800×2,000(mm, 길이×높이×폭)의 크기로 공차 중량은 1,200kg이며, 최대 50km/h의 속도로 운행이 가능
- 최대 6명(성인 4명, 유아 2명) 탑승 가능
- 철도연의 시험노선 길이는 약 658m로 3개의 루프(Loop)로 구성
- 5개 정거장으로 구성되어 있으며 2대의 시제차량으로 기능 구현 및 시스템 안정화를 위한 시험운행 중임

<그림 2-46> 한국철도기술연구원의 한국형 미니트램

(2) 국외 동향

○ (유럽의 전기자동차 기반 자동무인운전 차량) 최근 들어, 전기자동차 기술이 급속하게 발전함에 따라 영국의 ULTraPRT(히드로 공항) 및 네덜란드의 2getthere사(아랍에미리트연합의 마스다르시, 싱가포르 SMRT사와 합작투자사(2getthere Asia Pte Ltd.) 시스템이 개발되어 시범운영 중임

- ULTraPRT는 영국 브리스틀(Bristol) 대학의 마틴 로슨(Martin M. Lowson) 교수의 연구팀이 최초로 제안하였으며, 대학 내에 설립된 ATS사(Advanced Transport Systems Ltd, 현 Ultra Global사)를 중심으로 컨소시엄이 구성되어 영국 정부의 지원 하에 개발이 진행되었으며, 현재 Heathrow 공항에 시범 운영 중임
  - 3,700×1,800×1,500(mm, 길이×높이×폭) 크기로 공차 중량 850kg이며, 적재 중량 1,300kg임
  - 4~6명의 승객이 탑승할 수 있으며, 휠체어, 유모차 및 자전거를 수용할 수 있음

  ※ 영국 교통부의 저탄소도시교통정책(Low Carbon Urban Transport Zone Program)에 따라 밀턴케인스(Milton Keynes) 지역에 ULTraPRT 시스템의 확대 적용을 통한 친환경 무인운전 도시교통 체계를 구축 중임(1단계: 2014년~2018년, 65,000만 파운드)

<그림 2-47> 영국 Heathrow 공항의 ULTraPRT

- 아랍에미리트연합 마스다르시(Masdar)의 친환경 생태도시 개발 계획에 따라 ADFEC(Abu Dhabi Future Energy Company)에 의해 네덜란드 2getther사의 시스템이 도입되어, 1.4km(단방향) 노선에서 차량 13대(승객용 10대 및 화물용 3대)와 5개역(승객역 2곳 및 화

물역 3곳) 규모로 평균 속도 40km/h로 현재 운영 중임

※ 2getthere사는 Amsterdam대학 및 Delft대학과 공동으로 레이다, 비전센서를 활용하여 보행자 및 자전거와 혼용 운영하기 위한 기술 개발 추진(2016년～2020년)

<그림 2-48> UAE 마스다르시의 2getthere 시스템

○ 유럽의 스마트 대중교통

- 2getthere사의 ParkShuttle은 1997년 스키폴 공항(Schiphol Airport)의 승객 운송을 위해 도입하였으며, 1.8km의 노선에 5개의 정거장으로 구성되어 있으며 6대의 차량으로 운영되었으며 현재는 Rivium Park에서 운영 중임
  - 승객은 최대 24명(좌석 12명, 입석 12명)까지 수송이 가능
  - 3,920×2,010×1,416(mm, 길이×높이×폭)의 크기로 공차 중량 1,400kg이며, 최대 중량은 2,300kg임
  - $LiFePO_4$ 배터리를 사용하며, 400Ah/48V의 용량을 가짐

<그림 2-49> Rivium공원에서 운영 중인 2getthere사의 ParkShuttle

- 차세대 무인운전 대중교통수단 개발 과제 CityMobil2 프로젝트(FP7: 7차 프레임워크 프로그램)를 통해서 유럽의 여러 도시 환경에 적합한 도로 자동 수송시스템의 Pilot System을 구축하기 위한 기술 개발 추진(2012년～2016년)
  - CityMobil2 프로젝트 규모는 약 1581만 유로이며, 이중 EU에서 950만 유로를 투자하여 2012년 9월부터 2016년 8월까지 진행되었던 프로젝트로 총 11개 EU 국가(이탈리아, 프랑스, 영국, 독일, 스위스, 벨기에, 포르투갈, 스페인, 핀란드, 그리스, 네덜란드)의 기업 및 연구소들이 참여하여 시범운행으로 얻어진 무인운전 기술의 표준화 및 제도적/정책적 요구사항 등에 대한 제도 마련에 활용하고 있음

<그림 2-50> 유럽의 CityMobil2 프로젝트 개발 차량 시제품

- 현재 Easymile사의 EZ-10은 일본, 프랑스 및 두바이에서 시범 운행 중이며, 2015년 네덜란드의 에데-와게닝겐역(Ede-Wageningen station)과 와게닝겐 대학 및 연구센터를 잇는 7km 노선에서 EZ-10을 개조한 Wepods도 운행 중임. 일본에서는 도쿄 인근 지바현(Chiba-ken) 마쿠하리(Makuhari) 쇼핑몰에서 인근 공원까지 노선 길이 500m 구간에 대해 시범운행 실시 중임
  - 4,000×2,750×2,000(mm, 길이×높이×폭)의 크기를 가지며, 공차중량 1,750kg 및 만차 중량 2,750kg
  - 최고 속도 40km/h, 운행 속도 20km/h
  - 8kWh Lithium $LiFePO_4$의 배터리 사용하며, 최대 탑승 가능 승객은 12명(좌석:6명, 입석:6명)

<그림 2-51> Easymile사의 EZ-10 시스템

- CityMobil2 프로젝트의 일환으로 San sebastian의 시범노선에서 Robosoft사의 robuCITY차량과 EasyMile사의 EZ10차량을 혼합하여 6개역에서 운영 중에 있음
  - Robosoft사 robuCITY차량의 지붕에는 위치측정을 위한 D-GPS안테나, 관제센터와의 통신을 위한 ISM대역의 Wifi 안테나, 지상의 신호등과의 통신을 위한 안테나 및 라이다 센서가 설치되어 있으며, 하부에는 근접센서와 더불어 추가의 라이다가 위치함

<그림 2-52> San sebastian의 시범노선 운영 차량

  - EasyMile사의 EZ10차량의 지붕에는 영상 카메라와 D-GPS가 설치되어 있으며, 차량 하부의 모든 코너에는 라이다 센서가 설치되어 있음. EasyMile 차량의 소프트웨어는 Robosoft사의 기술을 바탕으로 다중센서 측위, 장애물 검지 및 회피, 항법, 경로 설정 등의 기능을

향상시킴

<그림 2-53> EasyMile사의 EZ10 차량에 적용된 자율주행 기술

- EZ10차량의 후방에는 일반도로교통 운전자와 인터페이스하기 위한 인디케이터가 설치되어 있으며, 차량의 지나친 근접을 경고하고 있음. 차량의 속도가 너무 낮아서 정체가 발생되는 경우에는 차량에 탑승한 운영자가 수신호로 차량의 추월을 지시함

<그림 2-54> EZ10차량의 일반도로교통 내 자율주행

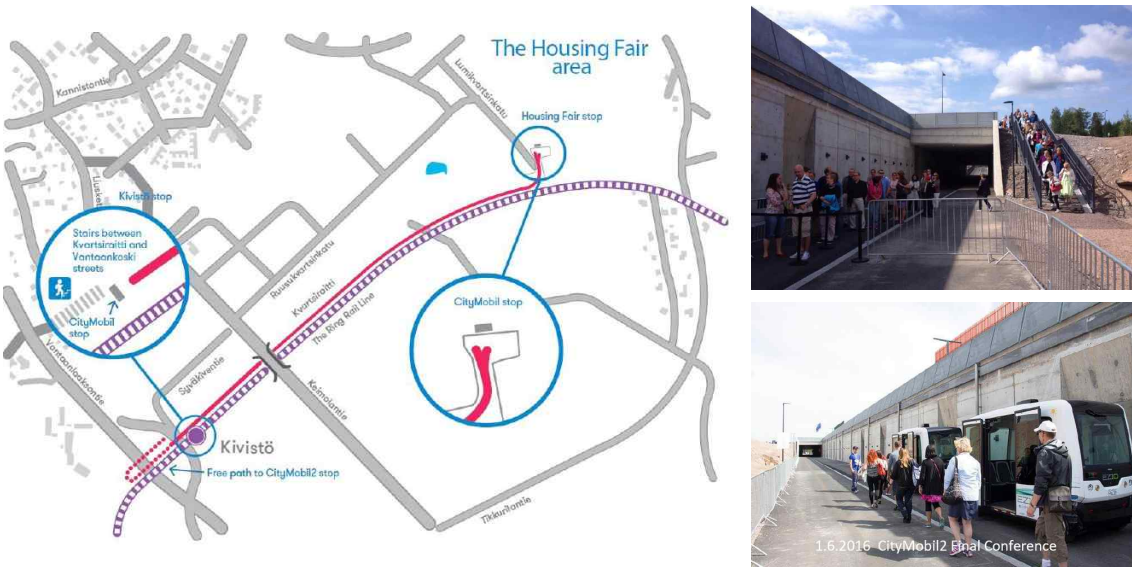
- 차량 실내에는 현재 차량의 운행 위치정보를 현시하기 위한 모니터가 설치되어 있음. 차량의 운행은 On-demand 방식이 아니며, Shuttle 형태로 운영되고 있음. 차량의 실내 버튼은 문열림, 장애인, 비상호출로 구성되어 있으며, 장애인 버튼을 누르면 휠체어를 승하차시킬 수 있도록 슬로프가 동작함

<그림 2-55> EZ10 차량 내 편의시설

- 차량은 근접센서를 이용하여 전방의 장애물과 약 1m 간격을 두고 정지하며, 교차로에 진입시 일반도로차량 진입을 통제하기 위하여 임시 신호등과 인터페이스하여 교차로 진입전 도로에 매설되어 있는 루프차량검지에 차량이 통과하면 임시 신호등에 적색신호를 현시하도록 제어하여 일반차량의 진입을 약 10초 동안 제한함
- 일반차량이 자동도로교통시스템 차량을 추월하는 경우에 있어서, 차량과의 간격에 여유를 두지 않고 갑작스럽게 전방으로 추월하는 경우에는 차량 하부 코너에 설치된 라이다에 검지되어 차량에 저크를 야기함

<그림 2-56> EZ-10의 장애물 검지 및 신호체계 연동 기능

- Citymobil2 실증 운행 각 사이트별 개요
  - Vantaa(핀란드) 노선 개요



<그림 2-57> 핀란드의 Vantaa 노선

- 2015 주택박람회 기간(2015.7.10.~8.9)동안 Kivistö 열차역과 행사장의 1km(편도)구간에서 운행
- 완전하게 분리된 전용의 노선에서 무료로 운행
- 운영직원(운영자 4인, 가이드 9인)
- 운영차량 : EasyMile사의 EZ-10
- 수송용량 : 6인(좌석)+4인(입석)
- 일일운영시간 : 8시간
- 최대운영속도 : 13 km/h
- 지붕 및 차량의 코너에 설치된 레이저 센서 기반 항법장치 사용
- 시간당 최대 116명 수송, 일일평균 128km 주행
- (운행 결과) 승객들로부터 만족도 조사 결과 대부분의 응답자들은 서비스에 대해 만족한 것으로 응답함
  - 서비스 요소(대기 시간, 탑승 시간) : 53%이상 만족, 16%미만 불만
  - 편리 요소(빈좌석, 저크, 실내 온도, 전망) : 73%이상 만족, 9%미만 불만
  - 일반 서비스 요소(유용성, 타 교통수단과의 연결, 편리성) : 69%이상 만족, 6%미만 불만

<그림 2-58> 핀란드의 Vantaa 노선에서의 시범 운행

- Antipolis(프랑스) 노선 개요

<그림 2-59> 프랑스의 Antipolis 노선

- Sophia Antipolis 비즈니스 파크내
- 2.5개월간 운영
- 950m 구간의 반전용노선(보행자 및 자전거와 도로 공유)
- 5개역, 4대의 EZ-10(EasyMile사 차량) 운행
- 운영직원(운영자 5인, 가이드 6인)
- D-GPS, 라이다, 주행기록계 적용(위치정확도 : 5cm 이내)
- 최대운영속도 : 13 km/h
- 770시간 운영중 실제주행은 732시간으로 95%의 시간을 주행
- 운행거리 : 2,924km
- (운행 결과) 승객들로부터 만족도 조사 결과 속도 향상에 대한 요구가 있었으나 향후 재사용의사가 68%로 이용자들은 대체적으로 만족하는 것으로 조사됨
  - 편의성 : 매우 우수(39%), 우수(51%)
  - 속도 : 우수(35%), 보통(35%)
  - 신뢰성 : 매우 우수(43%), 우수(45%)

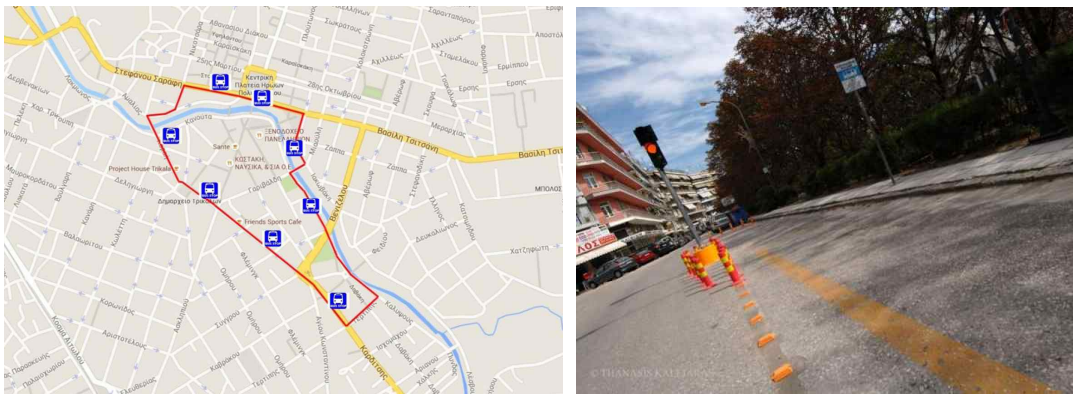
<그림 2-60> 프랑스의 Antipolis 노선에서의 시범 운행

- San Sebastian(스페인) 노선 개요

<그림 2-61> 스페인의 San Sebastian 노선

- 시험 노선 연장 : 1.2km, 6개 역
- 차량 : Robosoft사 robuCITY
- 82개 회사 및 기술센터로 구성되며, 입주인원 총 3,633명 41%가 연구개발센터 직원들로 67%가 자동차 이용자
- 운행거리 : 2,023km 이상(1,686회 이상)
- (운행 결과) 연령, 직업과 관계없이 다양한 사람들로부터 높은 관심을 이끌었으며, 자가용, 트럭, 자전거, 버스 등의 다양한 차량이 혼재하는 복잡한 사이트 여건임에도 불구하고 중대 사고는 발생하지 않았음. 하지만 낮은 주행속도, 오래 지속되지 못하는 배터리 및 빗방울의 장애물 오인 등은 단점으로 지적됨

- Trikala(그리스) 노선 개요

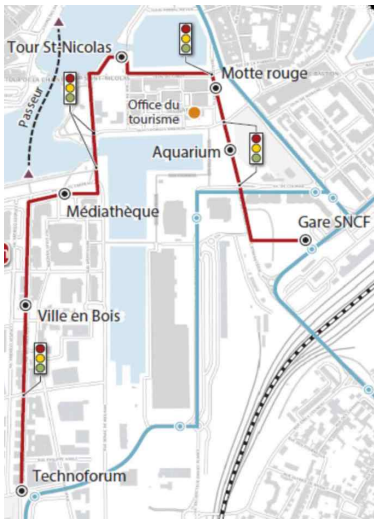


<그림 2-62> 그리스의 Trikala 노선

- 인구 92,000명, 8개역
- 10대의 차량 운행
- 전용노선(경량의 차선 분리기둥 설치)
- 원격제어센터 및 차량탑승 운영자
- 원격 비상정지 버튼 사용
- 차량 및 운영센터와 인터페이스 되는 7개의 신규 신호등 설치
- 운행거리 : 3,580km(1,490회 운행)
- (운행 결과) 안전성, 수용과정, 시장매력도 등의 측면에서 시범운행은 성공적으로 판단됨. 시민들은 자동운행차량이 미래의 교통수단으로 인식하고는 있으나, 완전자동레벨(선호도 13%) 보다는 일부자동레벨(선호도 29%)을 더욱 선호하는 것으로 조사되었으며, 안전을 위협하지 않는 범위에서 속도의 증가가 필요

<그림 2-63> 그리스의 Trikala 노선에서의 시범 운행

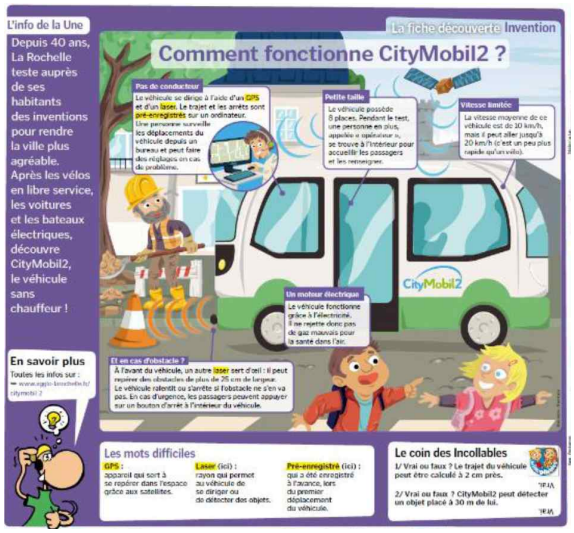
- La Rochelle(프랑스) 노선 개요



<그림 2-64> 프랑스의 La Rochelle 노선

- La Rochelle은 2008년 소규모 공개 행사 및 2011년 3개월의 단기 소형 시범 운행 등을 진행
- 2014.12.17.~2015.4.25. 기간 동안 La Rochelle에서 이루어진 운행은 CityMobil2 프로젝트 중 최초의 대규모의 시범 운행임
- 노선 연장 : 2.6km
- 차량 : Robosoft robuCITY
- 6개소의 교차로에 자동운행차량이 우선되는 신호등 설치
- 운행거리 : 3,777km(14,661회 운행)
- (운행 결과) 어린이들을 비롯한 다양한 계층으로부터 관심을 끌었음. 하지만 타 도로교통

이용자들을 위한 ARTS의 경로 표시방안이 요구되며, 과도 기간 동안에는 운영자의 차량 탑승이 필요한 것으로 판단됨



<그림 2-65> 프랑스의 La Rochelle 노선에서의 시범 운행에 대한 평가

○ (프랑스의 스마트 모빌리티 개발 과제) Navya사의 Arma 시스템은 2015년 10월 출시되었으며, 현재 프랑스 시보(Civaux)에 위치한 원자력발전소에서 직원 및 방문객을 대상으로 운행 중임
- 4,760×2,470×2,020(mm, 길이×높이×폭)이며, 공차중량 1,800kg, 만차 중량 3,000kg로 최고 속도 45km/h, 운영 속도 25km/h로 운행
- 승객은 최대 15명(좌석:11명, 입석:4명)까지 탑승이 가능
- 16kwh, Lithium LiFePO4의 배터리 사용
- 독일 바트 즈위스케나흔(Bad Zwischenahn)에서도 Arma를 운행하기 시작

<그림 2-66> Navya사의 Arma 시스템

○ Local motors사의 OLLI 시스템은 현재 미국 워싱턴, 마이애미 및 라스베가스에서 시범 운행 중이며, 최대 12명 수송 가능하고 최고속도 45km/h 및 운행속도 25km/h로 운행 가능함

<그림 2-67> Local motors사의 OLLI 시스템

○ (영국의 스마트 모빌리티 개발 과제) 영국 교통연구소(TRL)는 도심 환경에서의 무인자동차량의 구현에 대한 기술적, 법적, 사회적 문제를 이해하고 극복하기 위하여, 8백만 파운드의 예산으로 GATEway(Greenwich Automated Transport Environment) 연구 프로젝트를 추진 중에 있으며, Heathrow 공항의 전용궤도에서 운행되는 ULTraPRT 차량을 수정/개선하여 일반 도로에 적용하여 시험 운영 중임

<그림 2-68> 영국의 GATEway 프로젝트 차량

○ 싱가포르에서는 2013년부터 Navya 시범운영을 시작으로 주롱호수 구역과 NTU (Nanyang Technological University) 캠퍼스 내에서 셔틀 무인자동차를 시범운행 중에 있음

<그림 2-69> 싱가포르 무인셔틀 시범운행 추진현황

- 2015년, One-North 지역에서 처음으로 무인자동차 시범운영을 위해 공공도로를 개방하여 Biopolis, Fusionopolis, Mediapolis 세 지역을 연결하는 실제 교통상황 하에서 무인자동차의 운행능력을 시험함

<그림 2-70> 싱가포르 무인셔틀자동차 시범 운영 사례

<그림 2-71> 싱가포르 무인자동차/택시 시범운행 현황

다. 스마트 대중교통(중·대형)

(1) 국외 동향

○ Daimler사의 City Pilot은 2014년 선보인 트럭용 자율주행 프로그램을 개선하여 적용한 시스템으로 현재 네덜란드 암스테르담(Amsterdam)에서 유럽에서 가장 긴 간선급행버스체계(BRT)노선(암스테르담 스키폴 공항~하를렘마을/길이 20km)에서 시범 운행 중임

- 최고 속도 70km/h로 자율 주행하며, 만약의 사태를 대비해 운전자 탑승
- GPS, 레이더 및 카메라 등을 이용해 교통 신호, 보행자 및 장애물 등을 인식

<그림 2-72> Daimler사의 City Pilot 시스템

○ 1968년부터 California PATH 프로젝트는 지능형 대중교통수단에 대하여 다양한 프로젝트(Berkeley Deep Drive, Automated and Connected Vehicle, Modal Application 등)와 연구를 진행해 왔으며, Modal Application의 경우 Palo Alto에 시험선을 구축하였고, 2009년에는 자석검지기법과 GPS를 융합한 자동운행에 관한 연구를 진행함

<그림 2-73> California PATH 프로젝트 차량

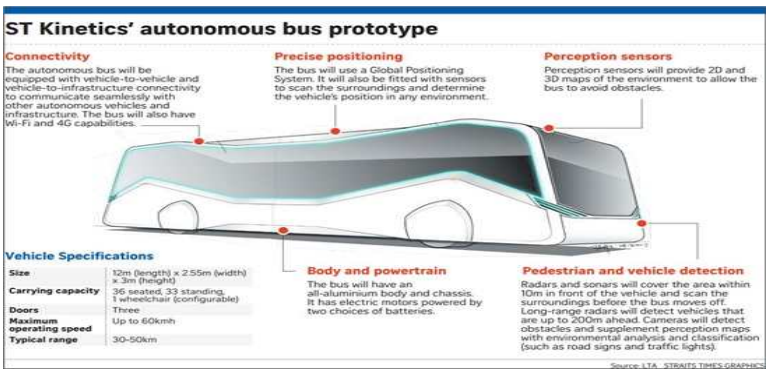
○ 미국은 1972년 West Virginia주의 Morgantown에 소형궤도차량 개념의 시스템을 구축하고자 했지만, 당시의 기술수준이 성숙되지 않아서 여러 차례의 설계변경을 통해서 GRT(Group Rapid Transit)로 실현되었고 현재까지 운영하고 있음

- WVU 차량은 4,720×2,670×2,030(mm, 길이×높이×폭)의 크기로 무게는 3,970kg 이며,

52kW(70hp)급 모터를 사용하여 최대 50km/h 속도로 운행
- 8개의 좌석으로 구성되어 있으며, 최대 20명의 승객 수송 가능
- 주행 길이는 13.2km이며, 5개의 정거장으로 73대를 운영하고 있음

<그림 2-74> Morgantown의 WVU 차량

○ 싱가포르 LTA는 ST Kinematics사가 주도하는 자율주행차량 컨소시움과 파트너십을 체결하였으며, 싱가포르 과학기술청(A*STAR), 싱가포르 국립대학(NUS), 싱가포르 기술디자인대학(SUTD) 등이 포함되어 40인승 버스에 GPS, 레이더, 소나 등 폭우 상황에서도 운행이 가능하도록 계획함



<그림 2-75> 싱가포르 자율주행 버스 개념도

○ 중국의 Yutong사는 3년의 개발과정을 거쳐 초기버전의 자율주행 버스로 32km (Zhengzhou~Kaifeng) 주행에 성공하였으며, 주행최고속도는 68km/h로 주행경로에는 신호등 26개, 자동으로 차선변경 및 추월을 수행함

○ 자율주행을 위하여 카메라, 라이다 등 많은 수의 센서가 부착되었으며 Yutong사가 자율주행 경쟁에 본격적으로 참여함을 의미 함

<그림 2-76> 중국 Yutong사 자율주행 버스

○ 일본의 'SB드라이브'는 도쿄대학 '생산기술연구소' 산하 '차세대 모빌리티 연구 센터'의 기술을 바탕으로 자율주행 운전기술 기반의 '모빌리티 사회'를 구축한다는 목표하에 선진적인 모빌리티, 통신인프라와 보안, 빅데이터 분석 및 이용 등 노하우를 소프트뱅크와 연계해 사업을 진행

하기로 하고 또한, 야후재팬 등과 협력해 자율주행 운전 기술을 활용한 특정 지점간의 커뮤니티 모빌리티, 대열·자율 주행에 의한 물류/여객 운송 사업 등 사회 실증 및 실용화를 추진함

○ 향후 지자체, 물류 및 여객 운송 사업자, 일반 사용자가 자율주행 운전 기술을 활용한 스마트 모빌리티를 안심하고 이용할 수 있도록 하겠다는 목표로 2017년 3월 20일부터 4월 2일까지 오키나와 해수욕장(아자마산산비치-주차장/약 1km)에서 주행속도 30km/h로 왕복운행하며 자율주행버스에 대한 실증테스트를 수행함

<그림 2-77> 일본 SB드라이브 자율주행 버스 실증테스트

다. 관련 주요 핵심기술

(1) 자율주행제어를 위한 센싱, 데이터 처리 및 제어 기술

(가) 자율주행 관련 핵심기술

○ 환경인식 및 맵핑(Perception & Mapping) 기술은 레이다(Radar), 라이다(LiDAR), 카메라(모노/스트레오) 등 센서를 활용하여 자율주행 차량이 주행함에 있어 필요한 정보를 취득하고 처리하는 기술임

- 주행정보(차선, 표지판, 신호등, 횡단보도 등) 혹은 장애물(고정형 / 이동형) 등을 인식
- 주행 경로를 생성하기 위한 시스템에서의 가상지도로 주행로에 대하여 구체적인 지도(Map)를 구성하는지 여부에 따라 주행정밀도와 연관된 기술

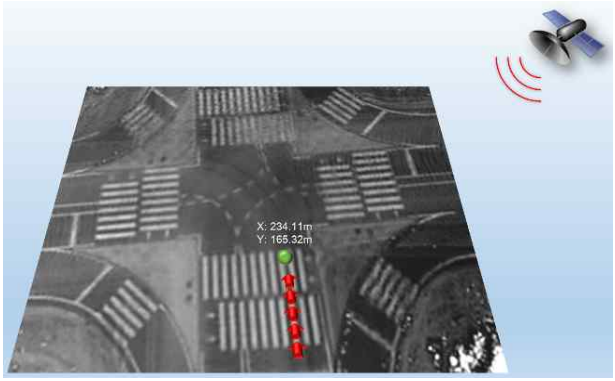
※ 벨로다인(360 LiDAR Scanner)를 활용하여 3D 지도를 형성

※ 미쓰비시 전기의 경우 GPS, 레이저 스케너 및 카메라를 이용한 고정밀측정시스템 'MMS-G220' 발표

<그림 2-78> 환경인식 및 맵핑(Perception & Mapping) 기술 사례

○ 위치인식(Localization)은 GPS, INS, IMU, 360 레이져 스캐너 등을 활용하여 자율주행차량의 절대/상대 위치 파악하는 기술임

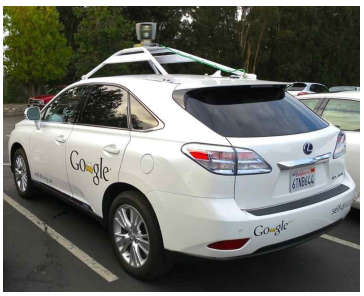
- 정밀지도를 융합하여 자신의 위치를 추정함
- 정밀한 위치정보를 얻기 위해서는 고가의 DGPS를 활용하기도 하는데 최근에는 저가형 GPS 와 IMU를 결합하여 위치인식을 하기 위한 연구가 활발히 진행 중임

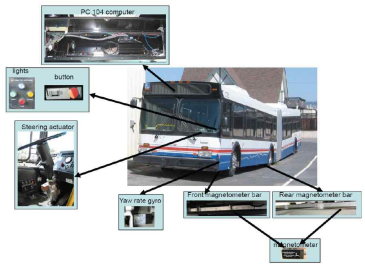


<그림 2-79> 위치인식(Localization) 기술 사례

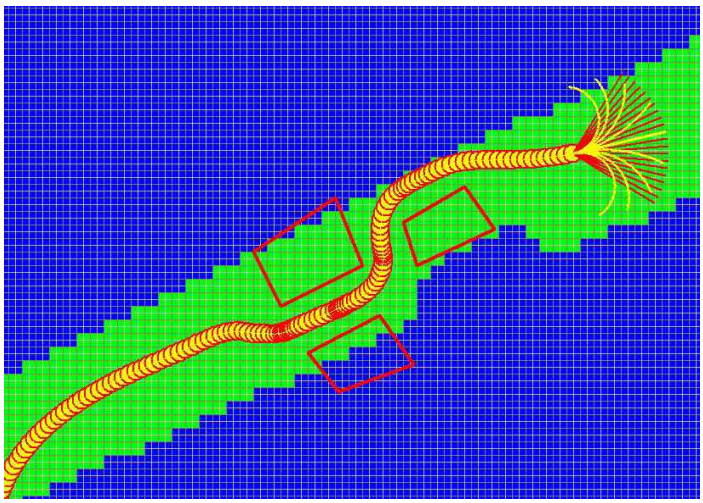
- 자율주행차량의 위치측위방식은 아래 <표 2-7>와 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있음

<표 2-13> 절대위치측정방식과 상대위치추정방식 간 비교

절대위치측정방식		
구글		-GPS, IMU와 차량상부에 설치한 Velodyne lidar 센서기반 -추정한 위치정보와 미리 생성해 놓은 정밀지도 정보를 비교하여 가장 잘 부합하는 위치를 자동차의 위치로 추정하는 방법
다임러		-GPS, IMU, 스테레오 카메라와 미리 생성된 정밀지도를 활용하여 주행위치 추정
APTS Phileas		-네덜란드 APTS사에서 제작운영한 시스템으로 자석마커와 IMU를 활용한 FROG의 위치추정시스템을 사용

상대위치추정방식		
PATH		-미국 California PATH 프로그램에서 수행된 자석마커 방식의 시스템 -주행로 중앙에 자석마커를 설치하여 마커를 기준중심으로 주행안내를 하는 시스템 -도로중심의 기준경로를 직접 측정하는 방식 횡방향 경로오차를 측정 안내제어를 수행
CIVIS/ Irisbus		-Siemens가 개발한 광학적 안내방식(optical guidance system)을 사용 -안내시스템은 전면 상단에 설치된 하나의 카메라가 도로 중앙에 페인트로 표시된 두 줄 형태의 차선 중앙 안내선을 따라 안내제어가 이루어지는 방식

○ 판단(Motion Planning) 기술은 환경인식, 맵핑, 위치인식과정을 통해 취득된 정보를 가지고 차량의 주행경로를 결정하는 기술(Path Planning)임
- 장애물 혹은 기존 주행경로로 운행하지 못할 경우 우회 및 회피경로를 생성함
- 주변 상황(추월, 유턴, 비상정지, 차선 유지/변경 등)에 따른 판단을 통해 차량의 움직임 결정



<그림 2-80> 판단(Motion Planning) 기술의 적용 사례

○ 제어(Control) 기술은 모션플래닝을 통해 생성된 경로를 추종하기 위해 차량의 조향, 주행방향 제어(전/후진), 가/감속을 제어하는 기술임

○ 인터랙션(Interaction) 기술은 운전자에게 취득된 정보를 바탕으로 상황에 대하여 정보를 제공하고 운전자에게 차량의 제어권을 넘기는 기술임
- 인프라와 주변 차량간의 통신을 통하여 주기적으로 주행정보를 교환하는 V2X 기술

(나) 지능형 운전자보조시스템(ADAS)

○ 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC : Advanced Smart Cruise Control)은 기존 운전자가 설정한 속도를 유지하는 기술에 전방을 감시할 수 있는 라이다를 추가하여 능동적으로 차량의

속도를 제어하는 기술이며, 자동차 회사마다 다양한 표현으로 기능을 제공하지만 기술의 목적에는 큰 차이가 없음

- ACC(Adaptive Cruise Control) / 포드(Ford), 아우디(Audi)
- SCC(Smart Cruise Control) / 현대기아(Hyundai, KIA)
- ACC(Active Cruise Control) / BMW
- ICC(Intelligent Cruise Control) / 인피니티(Infiniti)

○ 충돌예방시스템(CAS : Collision Avoidance System)은 차량에 부착된 레이더나 초음파센서를 활용하여 전방 혹은 옆 차선에서 존재하는 차량을 검지하여 경고를 주거나 차량을 제어(조향, 제동, 안전벨트 등)하여 사고 시 차량 내 승객의 충돌상해를 경감하는 시스템임

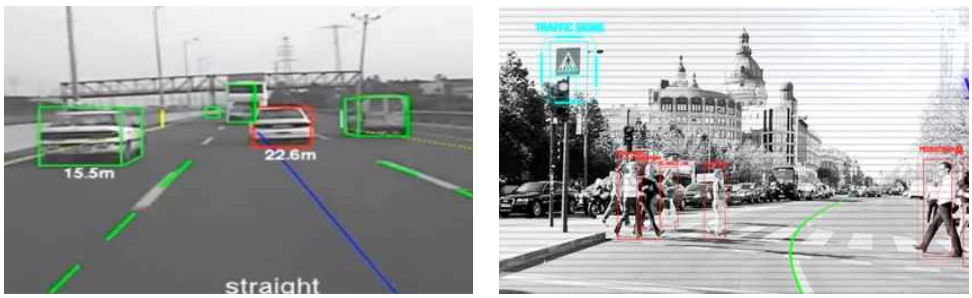
○ 차선유지지원시스템(LKAS : Lane Keeping Assistance System)은 차량의 전방에 설치된 카메라센서 또는 적외선 센서를 활용하여 실시간으로 차선을 인식하고 차선을 유지하기 위해 조향을 제어하여 차량이 주행로 중앙에 있을 수 있도록 도와주는 시스템임

○ 자동주차시스템(APAS : Automatic Parking Assistance System)은 카메라, 레이더, 레이져, 초음파 센서 등 다양한 센서를 활용하여 주차가능공간을 확인하고 주차를 위한 경로를 생성하며 경로내 장애물을 인식하여 자동으로 주차를 하는 시스템임

(다) 차량용 주요센서

○ 자율주행차량에서는 주변상황인식을 위해 각종 센서를 활용하고 있고, ADAS의 신뢰성 향상 및 기능구현을 위해 다양한 센서를 융합하여 서로의 단점을 보완하는 방향으로 연구가 진행되고 있음

- 차량용 카메라는 CCD, CMOS, 적외선, 원적외선 카메라가 있고 용도에 따라 구분함
  - 영상정보을 운전자에게 제공하는 방식과 영상정보를 바탕으로 차량을 제어하는 방식으로 구분
  - 인간의 눈과 같이 전방의 다양한 사물정보를 받아들일 수 있지만 날씨나 광변화에 민감
  - 고속/고성능 신호처리 기술이 요구됨



<그림 2-81> 자율주행 차량용 카메라(Camera)의 적용 사례

  - 카메라 센서는 다른 센서들이 하지 못하는 물체판독(차선인식, 표지판 인식)이 가능함
  - 차선이탈방지(LDWS), 교통표지판인식(TSR) 등을 구현하는데 필수 요소임
  - 차량용 카메라의 경우 Mobileye , Delphi , Continental 등이 있음

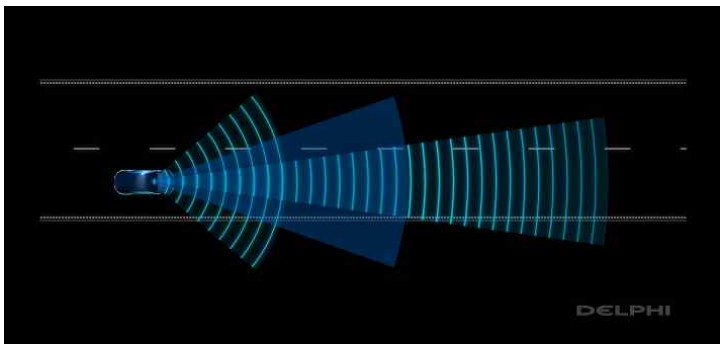
<표 2-14> 타입별 카메라 센서

구분	Monocular Camera	Multi-Ocular Camera	Wide Angle Camera
외관			
최대 감지 거리	150m	150m(stereo : 50m)	20m
감지 범위	50°	50°(Far)~180°(Near)	180°
Application	LKA/TRS/AEB	LKA/TRS/AEB/CTA	RVC/AVM

- 레이더(RADAR : RAdio Detection And Ranging)는 검출물의 위치 또는 방향, 거리 속도 등을 센서의 다중설치를 통해 측정함
  - 날씨와 관계없이 사물의 상대속도와 거리를 인식할 수 있지만 방향성확인 정확도는 떨어짐
  - 전파의 반사시간은 측정하여 대상체와의 거리를 인식하며 Long Range / Middle Range / Short Range Radar로 구분
  - 고속주행에서도 속도와 거리를 측정 할 수 있다는 장점을 가짐
  - 크루즈컨트롤, 충돌경보, 충돌방지시스템 등 점차 활용성이 높아짐
  - 레이더의 경우 카메라와 융합을 통해 보다 많은 기술들을 구현하는데 활용되고 있음

<표 2-15> 타입별 레이더 센서

구분	Long Range Radar	Middle Range Radar	Short Range Radar
외관			
최대 감지 거리	250m	150m	70m
감지 범위	20°(Far)~90°(Near)	20°(Far)~90°(Near)	100°~120°
Application	Full Speed ACC/AEB	Limited ACC/AEB	BSD/LCA/CTA



<그림 2-82> 차량용 레이더(Radar)의 적용 사례

- 초음파(Ultrasonic)는 측정범위 내 물체의 유무를 확인하는 용도로 활용됨
  - 다른 센서들에 비해 검출거리가 짧고 거리, 속도를 확인하는데 제약이 있지만, 가격이 저렴하며, 주변 환경의 영향을 적게 받아 필터가 필요하지 않음

• 자동주차시스템의 주차공간탐색에 활용

<표 2-16> 타입별 초음파 센서

구분	Long Range	Short Range
외관		
최대 감지 거리	4.5m	2.5m
감지 범위	45°	90°
Application	SPAS	PAS

- 라이다(LiDAR : Light Detection and Ranging)는 초음파를 이용해 대상체에 반사되는 시간을 측정하여 거리를 인지하는데 활용
  • 저가이고 단거측정에 활용되며, 날씨 및 온도 등 조건에 민감
  • 레이져를 활용하여 주변 지형, 장애물 검지, 차량간 거리 등 운전자에게 정보를 알려주는 운전보조시스템에 적용
  • 레이져를 회전모터와 결합하여 단일레이져의 경우 2D로 다계층 레이져의 경우 3D로 검출이 가능하며, 자율주행차량에게 있어 맵핑, 위치인식, 환경인식 등 다양한 분야에서 활용되고 있음
  • 물체에 레이져를 쏘아 되돌아오는 시간과 에너지 파동을 분석해 대상체를 인식
  • 상대거리 속도 방향 정밀도가 높으나 내구성 및 날씨에 민감

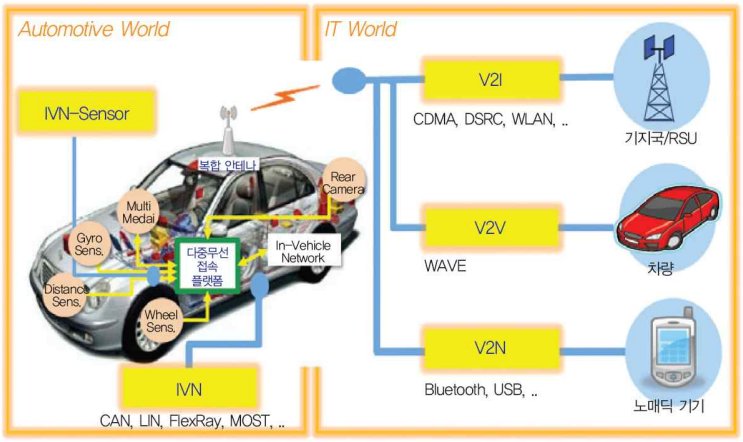
<표 2-17> 타입별 라이다 센서

구분	Velodyne	Ibeo
외관		
최대 감지 거리	100m	100m
감지 범위	360°	120°
Application	Automated Driving	Automated Driving

(2) V2X 통신기술

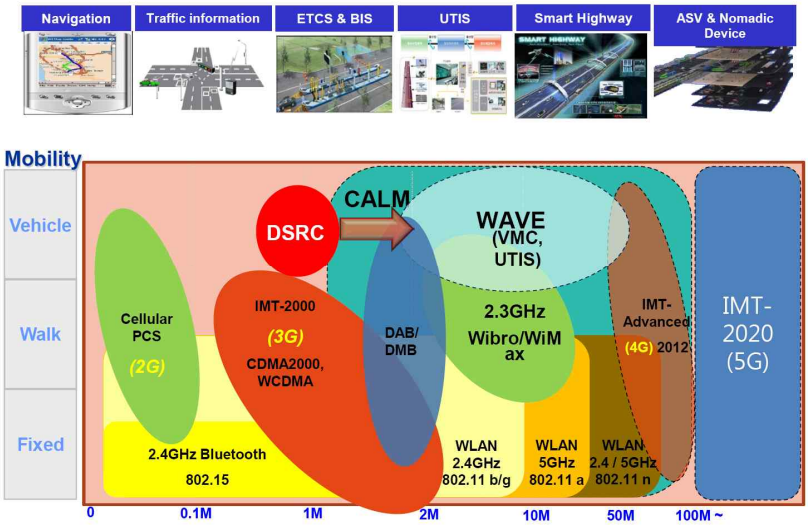
○ 미국과 유럽은 동일한 WAVE 통신기술 표준을 기반으로 C-ITS 서비스를 실현하려는 목표를 가지고 연구를 추진하고 있으며, C-ITS 서비스는 교통사고를 줄이고, 목적지에 도착하는데 소요되는 시간을 최소화함으로써 연료 소모를 줄이는데 목적이 있으며, V2X 통신기술은 C-ITS 서비스를 제공하는 기본적인 수단임

○ V2X 통신기술은 기존의 차량 외부통신기술로서 진일보하여 도로·차량·단말에 적용 가능한 모든 형태의 통신방식 즉 Vehicle-to-Infra/Vehicle/Nomadic을 지칭하는 용어로서 'Connected 또는 Networked Vehicle'을 구현하기 위한 구체적인 통신기술을 의미함. 최근에는 전기자동차가 대두되면서 차량과 충전 인프라간 통신을 의미하는 V2G가 추가될 전망임



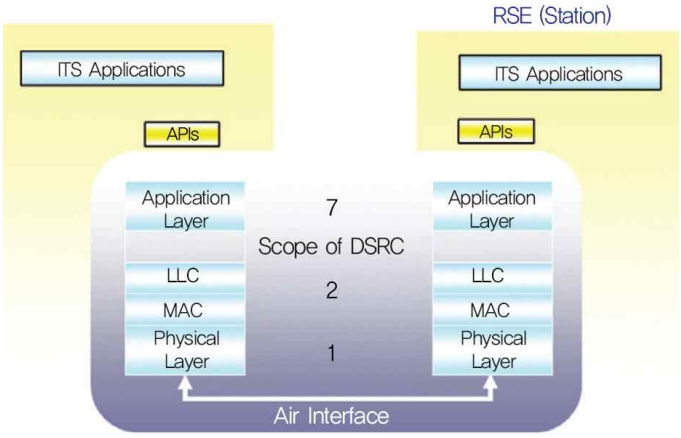
<그림 2-83> V2X 통신 기술의 정의

○ 현재 V2X에 사용되고 있는 통신 기술은 DSRC, WAVE, Wibro, CALM, IMT-Advanced, WLAN 등이며, 특히 DSRC(Dedicated Short Range Communication)와 WAVE(Wireless Access of Vehicle Environments)의 경우 ITS 전용통신 기술로 대표적인 V2X 통신 기술임



<그림 2-84> V2X 통신기술 및 응용서비스

○ DSRC의 경우, 대표적인 V2I 통신기술로 국내에는 지난 2000년 본격적인 도입이 시작되어 현재 500만대 이상의 단말기가 보급됨. ISO7 계층 중 Physical, MAC/LLC, Application의 3개 계층만을 사용하는 단순한 구조로 전송의 효율성을 극대화하였으며, 국내에는 적외선 방식과 5.8GHz 무선방식이 상용화됨

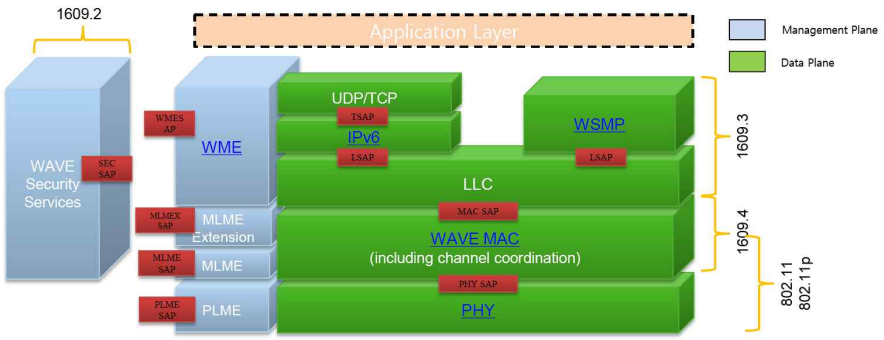


<그림 2-85> DSRC의 계층 구조

○ WAVE 통신기술은 IEEE 통신표준으로 V2V(Vehicle to Vehicle communication)과 V2I(Vehicle to Infrastructure communication) 통신을 지원하는 개념을 의미함

○ WAVE 통신기술은 차량이 고속으로 이동하는 전파 환경에서 차량 간 또는 차량과 인프라간 패킷 프레임을 100msec 이내 짧은 시간내에 주고받을 수 있는 기술임

○ WAVE 통신 표준은 5.9GHz 전용 주파수 대역을 사용하며, IEEE 802.11p와 IEEE 1609.x 규격으로 구성됨



<그림 2-86> WAVE의 계층 구조

- IEEE 802.11p: 물리계층과 MAC 계층
  - 차량의 고속 이동 환경에 적합하도록 기존의 무선랜 규격에 비해 좁아진 채널 대역폭(10MHz), 높은 RF출력(최대 44.8 dBM)을 가진다. 또한, 교통안전 메시지의 빠른 전송을 위한 제어 채널과 트래픽 메시지 전송을 위한 서비스 채널로 구분하여 사용하는 멀티 채널 스위칭 방식을 채택함
  - IEEE 802.11p는 기존의 IEEE 802.11과 비교하여 무선 링크 접속을 위한 인증(Authentication) 및 협상(Association) 단계를 생략한 것이 특징임

- IEEE 1609.1 Resource Manager: ITS 응용 서비스 계층
  - WAVE 자원 관리 응용 서비스 및 인터페이스 대해 정의: 즉, WAVE 구조에서 제공되는 데이터 및 관리 서비스에 대해 기술하고, 명령어 메시지 및 대응되는 응답 메시지의 포맷을 정의하고, WAVE 규격 상의 개체 간 통신을 위한 응용의 데이터 저장 포맷에 대해 정의함

- IEEE 1609.2 Security Service for Application and Management Message: 인증 및 보안 계층

• 보안 메시지 규격과 보안 통신을 위한 처리 절차를 기술하고, WAVE에서 사용되는 보안 알고리즘을 정의함

- IEEE 1609.3 Networking Service: 네트워크 계층
  • WAVE 데이터 교환을 위한 주소체계 및 라우팅 방법을 포함하는 네트워크 전송 계층 서비스를 정의함
  • WAVE Short Message 프로토콜과 WAVE 프로토콜 스택을 위한 관리 정보(MIB: Management Information Base)를 기술임

- IEEE 1609.4: 멀티채널 계층
  • IEEE 802.11p는 제어 채널과 서비스 채널을 구분하여 사용하는 멀티채널 스위칭 방식을 지원함에 따라, 제어 채널과 서비스 채널의 구간 간격 정의, 채널 라우팅 등의 기능을 정의함

<표 2-18> WAVE 성능 목표

항목	성능 목표
차량 이동 속도	최대 200km/h
전파 통달 거리	최대 1km
데이터 전송 속도	기본 6Mbps, 최대 27Mbps
패킷 전송 오류율	0.1이내(10%)
패킷 Latency	100msec이내
통신기능	단말간 통신(V2V), 단말과 노변 기지국간 통신(V2I)

<표 2-19> WAVE PHY 사양

항목	사양
주파수	5.85~5.925 GHz
대역폭	75MHz
채널	10 MHz 채널 × 7 채널
변조	OFDM (BPSK/QPSK/QAM16/QAM64)
데이터율	10 MHz 채널 : 3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27 Mbps 20 MHz 채널 : 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

○ 스마트 대중교통 적용시킬 경우, 최대 이동 속도에 대한 성능 제한 요소를 50km/h로 완화시킬 수는 있으나, 패킷 전송 오류율에 대해서는 보다 상향된 성능이 요구됨

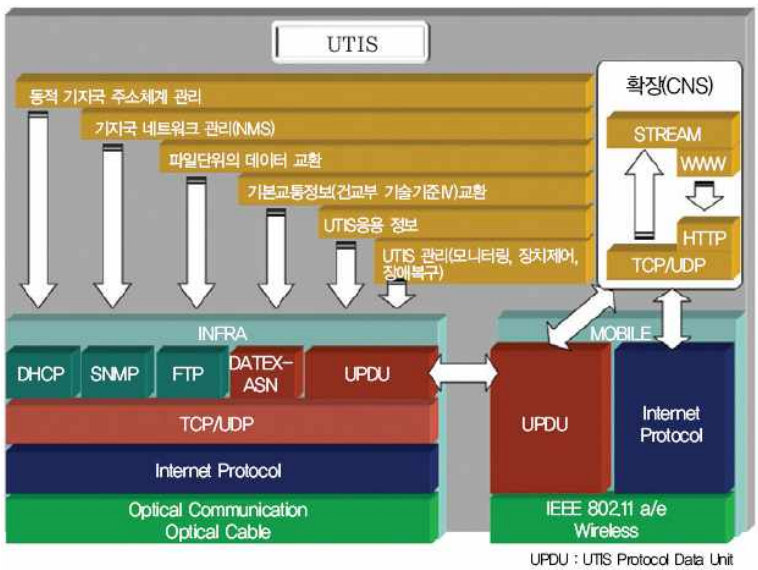
○ 미국은 DOT 주관으로 2004년부터 VII(Vehicle Infrastructure Integration), IntelliDrive 프로젝트를 추진하였으며, 2011년부터는 Connected Vehicle 프로젝트를 추진 중임

○ 국내에서도 V2X 통신기술개발과 응용서비스 연구가 추진되고 있으며, ETRI는 2007년부터 4년간 차량 안전과 ITS 서비스를 위한 VMC(Vehicle Mulit-hop Communication) 통신기술을 연구

하여 WAVE 통신 기반 차량 단말과 기지국 장치를 개발함

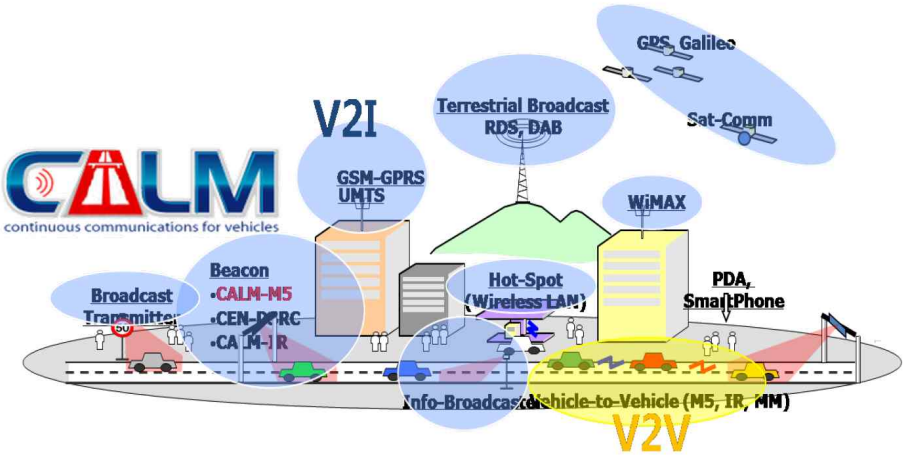
<그림 2-87> VMC의 계층 구조 및 응용 서비스

○ UTIS의 경우, 교통정보의 수집 및 제공을 목적으로 도로교통공단에서 운영하고 있는 시스템이며, 기본적으로 802.11 a/e를 준용함. 각 도시별로 교통정보인프라를 충실하게 구성하고 이를 다른 도시와 연계함으로써 전국 어디서나 신속하게 교통정보를 제공하고자 하는 목적으로 개발됨



<그림 2-88> UTIS의 계층 구조 및 서비스 교환 구조

○ V2X 통신기술의 효율성과 안전성 및 품질을 보장하기 위한 대표적인 네트워크 관리 기술로 WG16의 CALM(Communication Access for Land Mobiles)을 들 수 있으며, 이동중인 차량을 대상으로 기존 또는 새롭게 개발되는 다양한 무선 통신 시스템을 활용하여 다양한 서비스를 Seamless하게 제공받을 수 있도록 무선 네트워크를 구성함으로써 궁극적인 ITS 서비스가 가능하게 하는 것을 목적으로 함



<그림 2-89> CALM의 개념도

○ V2X 통신기술의 실용화 이슈와 관련하여 기술적인 측면에서는 V2V 통신 기반 차량 안전 서비스를 고려하여 통신링크의 성능 개선과 보안기술의 개발이 반드시 필요함

○ V2V 통신의 전파환경은 LOS 환경과 NLOS 환경을 모두 고려해야 하며, NLOS 환경에서도 통신이 가능해야 하므로 무선 채널 추정 기술과 다이버시티 기술도 연구되어야 함

○ 개인의 ID 또는 위치 정보를 보호하기 위해 인증 및 보안 기술이 실시간으로 처리될 수 있어야 하므로 하드웨어 전용칩의 개발 진행도 필요함

(가) 차량 통신 보안 기술

① 차량사물통신 보안 요구사항

○ 차량통신 환경은 기존의 인터넷 환경과 달리 네트워크의 보안성 확보 여부가 운전자의 안전과 직결되기 때문에 보안 기술 확보는 필수임

㉮ 차량사물통신 보안 요구사항

○ 차량 통신에서 OBU 또는 RSU는 자신의 ID 및 자신이 그 ID의 정당한 소유자임을 밝혀야 하며, 이를 개체 인증 (Entity Authentication)이라고 함. 따라서 통신 개체는 서로 다른 유일한 ID를 가져야 함

○ 인증은 개체 인증 이외에도 그룹인증을 지원. 즉, 특정 그룹 내의 차량 간 통신에 있어서 그룹의 구성원인 차량은 자신이 현재 그룹의 구성원인 것만을 증명 하면 되며, 이를 속성 인증 (Attribute Authentication)이라고 함. 또한 차량간, 차량과 노변장치간의 간에 송수신 되는 메시지는 비 인가된 사용자에 의하여 위조 및 변조되지 않아야 함

㉯ 기밀성

○ 차량 통신에서 통신 개체 간 송수신되는 메시지는 인가되지 않은 개체에 대해 비밀성이 보장되어야 함

㉰ 프라이버시 보호

○ 운전자는 자신이 소유한 차량에 대한 정보(운전자 식별 정보, 주행 정보 및 위치 정보)를 다른 차량으로부터 보호할 수 있어야 하기 때문에 운전자의 프라이버시 보호는 차량 통신에 있어서 매우 중요한 보안 요구 사항임

○ 차량 통신에서 프라이버시 보호 방안이 제공되지 않는다면, 임의의 공격자는 특정 차량의 주행 정보 등을 쉽게 추적하여 악의적으로 이용할 수 있음

○ 차량 통신은 완전한 프라이버시 보호가 제공될 경우, 주행 안전과 관련해서 차량 간의 신뢰성 형성하기 어렵기 때문에, 특정 조건에서 차량을 추적할 수 있는 조건부 프라이버시 보호 방안이 제공되어야 함

○ 특히, 특정 차량의 주행 위치를 알 수 없도록 하는 위치 정보 프라이버시 보호 방안이 제공되어야 하고, 비 인가된 개체는 동일한 차량이 전송한 두 개 또는 그 이상의 메시지 간에 연결성을 확인 할 수 없어야 함

㉮ 부인방지

○ 메시지를 송신한 개체는 메시지 전송 사실을 부인할 수 없어야 하며, 차량통신시스템에서는 디지털 서명을 사용함으로써 부인방지 기능을 제공함

㉯ 가용성

○ 가용성은 모든 노드에 항상 메시지를 전송할 수 있어야 하고, 전송되는 메시지는 수신 노드에게 적절한 시간 안에 도착해야 한다는 요구 사항임

○ 차량 통신 보안은 운전자의 안전과 직결된다는 점에서 가용성에 대한 요구 사항이 중요한 요소임
- 예를 들면, 사고 발생 경고 메시지는 사고 지점에 도착되는 차량들에게 신속하게 전달되어야 함. 즉, 사고 발생 경고 메시지가 채널 전파 방해, DoS (Denial of Service Attack)와 같은 공격에 의해 신속하게 메시지가 전달되지 못하고 후방 차량의 사고 발생 지점까지 도착하게 된다면 운전자의 안전을 위협받게 되고, 결국 차량 통신을 통한 지능형 교통 서비스가 제대로 제공되지 못하게 됨

② 차량 통신의 공격 형태 및 위협 분석

○ 차량 통신에서의 공격 형태는 공격자의 위치를 기준으로 외부 공격과 내부 공격으로 분류함
- 외부 공격은 인터넷 통신망을 통해 RSU를 공격하는 형태, OBU 주변에서 무선망을 통해 공격하는 형태가 있음.
- 내부 공격은 외부 공격보다 상위의 접근 권한을 가지고 OBU, RSU와 서비스 인프라에 침입하는 형태임
- 특히, 내부 공격은 특정 차량의 비밀 정보(개인키 등)을 알고 있고, 이를 활용하여 차량 통신 프로토콜에 참여할 수 있는 공격을 의미함

○ 공격자의 데이터 위조 및 변조 가능 유무에 따라 능동적인 공격자 및 수동적인 공격자로 분류함
- 능동적인 공격자는 자신이 라우팅 하는 메시지를 위·변조할 수 있으며,일정 범위의 거리에 있는 차량들이 메시지 송수신이 불가능하도록 전파 방해 공격도 가능한 공격자를 의미함
- 수동적인 공격자는 전송되는 메시지의 위·변조는 불가능하고, 도청을 통해 불법적인 정보를 습득하는 공격자를 의미함

㉮ 인증 및 데이터 무결성에 대한 공격

○ 라우팅 테이블, LDM의 변조 공격 : 차량의 위치 정보를 악의적으로 조작하여 전송하거나, GPS (Global Positioning System)위치 정보를 스푸핑(Spoofing)하거나, GPS의 신호 정보를 조작하는 공격을 의미함

○ 위장 (Impersonation)공격 : 공격자가 네트워크상의 다른 노드로 위장하여 공격하는 형태를 의미
- 공격자가 위장하고자 하는 노드의 비밀정보를 획득함으로써 가능함
- 위장 공격에 의해 특정 노드에게 전달될 정보가 공격자에 의해 수신되거나, 특정 노드가 전송해야만 하는 정보를 공격자가 거짓으로 전송하는 것이 가능함
- 이러한 위장공격 형태의 사례로 공격자가 응급 차량 ID를 도용하여 전방에 주행 중인 차량에게 응급 차량이 접근한다는 거짓 정보를 전송하는 형태가 있을 수 있음

○ Sybil 공격 : 임의의 공격자가 다수의 ID를 가지고 네트워크를 공격하는 방법을 의미
- 차량 통신 환경에서는 하나의 차량이 다수의 차량ID를 이용하는 것을 의미함
- 예를 들면, 공격자(하나의 차량)가 다수의 차량 ID를 도용하여 도로가 병목 상태에 있다는 거짓 정보를 전파할 수 있음

○ 라우팅 메시지의 위·변조 공격 : 중간 노드가 자신이 전달하게 되는 메시지를 위·변조함으로써 다른 차량으로 하여금 거짓 정보를 수신하게 하는 공격하는 것임

○ 센서 위·변조 공격 : 차량 내 통신망에서 물리적인 주소를 위·변조 하거나, ECU의 센서제어 정보를 위·변조하는 공격하는 것임

○ 차량 비밀 정보 유출 공격 : 차량의 개인 및 고유정보에 대한 위·변조 및 비인가된 사용을 의미함

○ 서비스 인프라에 대한 공격 : PKI 인증 센터에 OBU의 거짓 침해 정보를 전달하여 잘못된 인증서 취소 목록을 생성하도록 하는 공격임

㉯ 기밀성에 대한 공격

○ 차량 통신 메시지의 도청 공격 : 차량 통신 메시지의 도청은 차량 간 통신 메시지, 차량과 차량 인프라 간의 통신 메시지에 대한 도청을 의미함
- 공격자는 차량 내 또는 근접 거리에서 OBU의 통신 메시지를 도청하거나 도로 상에서 RSU의 통신 메시지를 도청함
- 도청된 메시지를 이용하여 교통 상황 정보를 분석함

○ OBU 또는 RSU의 비밀 소프트웨어의 도청 공격 : OBU 또는 RSU의 원격 업데이트 과정에서 소프트웨어를 가로채거나, 가로챈 소프트웨어로부터 차량의 비밀 정보를 유출하는 공격을 의미함

㉰ 프라이버시에 대한 공격

○ 개인 정보의 수집 공격 : 차량 통신 메시지를 수집 및 분석하여 차량의 소유자를 분석하고, 그 차량의 출발지, 경유지 및 목적지 등의 위치 정보를 수집하여 악의적으로 이용하는 형태의 공격을 의미함

○ 가명 (Pseudonym)분석 공격 : 가명 분석 과정의 메시지를 획득하여 차량의 고유 ID와 가명의 연결 관계를 획득하거나 서로 다른 가명들이 동일한 차량임을 분석하는 공격을 의미함

㉱ 부인방지에 대한 공격

○ 차량 통신에서 부인방지를 제공하는 보안 메커니즘은 디지털 서명이며, 부인방지에 대한 공격은 디지털 서명에 연관된 공격 행위임

○ CA (Certificate Authority)에 저장된 가명 DB를 위조하거나, 장기 인증서(Long Term Certificate)와 가명 인증서 (Short Term Pseudonym Certificate)간의 관계를 조작하는 형태의 공격이 가능함

○ 디지털 서명 생성을 위한 개인키 및 인증서에 대한 비 인가된 사용자의 접근도 부인 방지 요구 사항을 위배하는 공격임

○ 차량 통신에서 부인 방지에 관한 공격은 두 개 이상의 노드가 비밀 정보를 공유할 때 발생 가능함

㈐ 가용성에 대한 공격

○ 가용성에 대한 공격은 통신 채널을 점유하여 정상적인 메시지 송수신이 불가능하게 하는 것을 의미함

○ 다수의 OBU 또는 RSU를 해킹하거나, 하나의 차량이 무한대의 메시지를 전송함으로써 가능함

○ 또한, 메시지를 라우팅하는 차량이 라우팅하지 않거나, 특정 메시지만 라우팅 하는 것도 가용성에 대한 공격의 일종임

- 전파 방해 (Jamming)공격 : 전파 방해 공격은 일정 구역에서 차량 통신에 장애를 일으키는 신호를 발생시키는 공격으로서 네트워크 계층 또는 물리 계층에서의 공격을 의미함
- V2X통신에 대한 DDoS 공격 :
  - 플로딩 (Flooding)은 단일 홉 또는 멀티 홉 통신 구간에 다양의 무의미한 메시지를 전파하는 공격임
  - 블랙홀(Black-hole attack)은 다음 홉으로 라우팅해야 할 메시지를 전송하지 않는 공격임
  - 라우팅 노드가 특정 메시지만을 재전송하는 공격도 포함됨
- OBU 및 차량 내부 통신망에 대한 DDoS 공격 : 차량 내부 통신망에 악성 코드를 삽입하는 공격 및 특정 차량에게 아주 많은 연산이 필요한 메시지를 다량으로 전송하거나 저장하기에 너무 큰 메시지를 다량으로 전송하는 공격을 의미함
  - 특히, 비인가된 OBU 소프트웨어의 빈번한 업데이트도 치명적인 공격임
  - 블랙홀(Black-hole attack)은 다음 홉으로 라우팅해야 할 메시지를 전송하지 않는 공격임
  - 라우팅 노드가 특정 메시지만을 재전송하는 공격도 포함됨
- OBU 및 차량 내부 통신망에 대한 DDoS 공격 : 차량 내부 통신망에 악성 코드를 삽입하는 공격 및 특정 차량에게 아주 많은 연산이 필요한 메시지를 다량으로 전송하거나 저장하기에 너무 큰 메시지를 다량으로 전송하는 공격을 의미함
  - 특히, 비인가된 OBU 소프트웨어의 빈번한 업데이트도 치명적인 공격임

③ 차량 통신 보안 중요 요소기술

㉮ 하드웨어 기반 고속 암호화 기술

○ 차량 간 통신 환경에서는 고속으로 주행 중인 차량 간에 차량의 속도, 방향 등의 메시지를 교환하며, WAVE 기술 규격에 의하면 100msec마다 차량 상태 정보메시지를 교환하도록 규정함

○ 따라서, 메시지를 암호화 하는 데 소요되는 시간이 최소화되도록 하드웨어 기반의 고속 암호화 기술이 필수적으로 요구됨

㉯ 타원 곡선 암호 기반의 메시지 인증 기술

○ IEEE 1609.2 규격에서는 차량 간의 메시지의 위·변조 방지 여부 및 메시지 송신자가 적합한

개체인지를 식별하기 위하여 디지털 서명 기술을 정의함

○ 특히, 타원 곡선 암호(ECC: Elliptic Curve Cryptography)에 기반 한 디지털 서명 기술을 정의하고 있으므로, 차량 통신 환경에 적합한 타원 곡선 암호 인증 시스템 구현 기술이 요구됨

㉰ 프라이버시 보호형 인증 기술

○ 프라이버시 보호형 인증 기술 분야에서는 가명을 활용한 인증 기술, 그룹 서명을 활용한 인증 기술 등이 연구가 진행 중임

○ 특히, IEEE 1609.2는 프라이버시 보호를 위한 인증 기술이 정의되어 있지 않으므로, 차량 통신 환경에 적합한 프라이버시 보호형 인증 기술에 대한 연구가 필요함

(나) V2X 서비스 구축 사례

① 미국

○ 미운수성(US DOT: Department of Transportation)을 중심으로 지방 정부와 밀접한 연계를 이루고 민관 합동기구인 ITS America를 설립하여 다양한 보급 사업을 추진 중임

○ 특히, WAVE의 확대 보급과 관련하여 국가지원 프로젝트를 통해 체계적이고 효율적으로 계획된 절차에 의해 기술을 개발 중임

㉮ IVI(Intelligent Vehicle Initiative)

○ 수행기간 : 1997년~2006년

○ 주요 특징

- 고속도로 교통사고 감소를 목적으로 시작
- 차량의 안전성과 이동성 향상을 위한 운전자 경로 안내, 교차로 충돌 방지 시스템 및 고속도로 자동화 등의 성과를 이룸

㉯ VVI(Vehicle Infrastructure Integration)

○ 수행기간 : 2006년~2010년

○ 주요 특징

- 일반 차량을 교통정보 수집원으로 활용해 실시간 교통정보를 얻고 이를 교통 운영관리 등 다양한 분야에 활용하고자 함
- 802.11p WAVE 기술 이용
- 정보기술, 각종센서, 전자지도, 데이터 처리기술 등이 동원
- IntelliDrive로 프로젝트 명칭 변경

② 유럽

○ 여러 국가가 인접한 특성상 영국, 프랑스, 독일 등을 필두로 1980년대부터 관련 연구를 시작하여 1980년대 후반부터 EU 차원의 효율적이고 조직적인 사업을 추진 중임

㉮ CVIS(Cooperative Vehicle-Infrastructre System)

○ 수행기간 : 2006년~2010년

○ 주요 특징

- 차량과 노변장치를 이용하여 모든 장소의 사고 정보를 실시간으로 수집할 수 있는 협력-교통-네트워크 모니터링 시스템 개발
- 시내외부 응용서비스, 화물차량 관리서비스, 협력 관리서비스 등 4개 서비스 분야로 나누어 개발 추진

- 통신기술 : 2.5/3G, CALM, 802.11p 등

㉯ C2C-CC(Car-to-Car Communication Consortium)

○ 수행기간 : 2001년~현재

○ 주요 특징

- 유럽 대부분의 완성차 업체가 참여하며, 다른 완성차 업체의 차량과 정보 교환이 목적임
- 무선랜 기반의 차량간 통신시스템의 표준화를 목적으로 결성되었으며, Active Safety Application의 프로토타입 개발과 C2C 시스템 구현을 위한 주파수 할당을 목표로 진행중
- 통신기술: 802.11 a/b/g/p PHY/MAC 기반

㉰ SafeSpot

○ 수행기간 : 2001년~현재

○ 주요 특징

- Smart Vehicle on Smart Road라는 구호 아래 기존 지능형 자동차 기술에 V2X 기술을 접목하여 정보교환 협력 첨단 안전 시스템 구현을 목적으로 함
- Ad-Hoc 네트워크를 통한 V2X 정보 교환을 기반으로 협력서비스를 사용하여 도로 안전성을 향상시키는 것으로 잠재적 사고 원인을 공간적, 시간적으로 미- 통신기술 : UWB, WLAN, 802.11p 등

㉱ Coopers(CO-Operative Systems)

○ 수행기간 : 2006년~2010년

○ 주요 특징

- 도로 안전성 향상과 협력 교통관리 시스템 구축을 위한 특정 도로 구간의 정보 교환을 위해 지속적인 무선정보 통신기술을 이용해 차량과 도로를 연결하는 프로젝트임
- 이를 통해 교통상황, 날씨와 도로 인프라 상태 등의 정보를 정밀하고 상황에 맞게 실시간으로 운전자에게 제공함
- 타 프로젝트와의 협력을 통해 새로운 서비스, 장비, 응용시스템에 대한 정의, 개발 및 평가까지 수행함
- 통신기술 : CALM 기반의 무선 통신

<표 2-20> 주요 국가별 V2X 관련 프로젝트 현황

구분	프로젝트	주요 내용
미국	Safety Pilot	• V2V 기술을 중점적으로 개발 및 검증 진행 • 테스트 결과를 바탕으로 V2V 적용을 모든 신차에 의무화하는 법안 추진
	Connected Vehicle	• ITS 5개년 계획의 일환 • V2V 통신을 활용한 효과적인 차량 충돌 회피 시스템의 발전 가능성을 평가하기 위한 연구
유럽	CVIS	• 차량과 인프라 간 통신을 위한 통합 플랫폼기술 개발 • EU가 약 2억 유로 지원금 제공
	SAFESPOT	• 범유럽 자동차 연구조직인 EUCAR가 주도적인 역할 수행 • 첨단차량화 기술+협력시스템을 통한 첨단안전시스템 개발
	COOPERS	• 차량-인프라 간 지속적인 통신환경 구축을 통한 도로안전성 향상 및 교통관리 시스템 구축
독일	SimTD	• 정부, 연구소, 완성차/부품/SW 업체 등이 참여하여 테스트베드 구축 • 약 760억 원의 대규모 자금 투자 • V2X의 안전성 검증과 운전자의 V2X 기능에 대한 선호도 조사 등 결과를 바탕으로 V2I 상용화 진행
일본	ASV	• 추진계획은 5년 단위로 구분되며, 현재 '11~'15년에 걸친 '제5차 ASV 계획"이 진행 • V2V, V2I를 비롯한 최신 기술을 이용한 안전운전 지원 시스템 탑재 차량 관련 기술 보급 촉진 프로젝트
	ITS Japan	• 국토교통성, 경제산업성, 경찰청, 총무성이 연계하여 ITS Japan 사업의 일환으로서 V2I를 적극적으로 개발 및 상용화 추진 • V2X용 주파수를 할당했으며, 관련 법규 정비도 거의 완료한 상태
한국	스마트 하이웨이	• 첨단 IT 통신과 자동차 및 도로 기술이 융복합된 빠르고 안전한 지능형 고속도로 개발
	자동차·도로교통 분야 ITS 계획2020	• 주행환경, 도로환경 등을 자동 인식하여 운전자에게 제공하여 승용차 자동제어 및 안전운행을 지원하는 V2X 기술 기반 지능형 자동차 및 도로의 개발과 구축을 확대할 계획

③ 국내 IT 업계 V2X 개발 동향

○ LG전자가 개발을 주도한 'LTE 기반 차량 대 차량 통신(V2V: Vehicle to Vehicle) 기술'이 2016년 10월 12일 글로벌 표준 규격으로 채택함

- 2015년 3월 LG전자는 이동통신기술 표준화 단체인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에 V2V 기술 개발을 제안함
- 최근 LG전자는 '5G 기반 V2X' 표준 후보기술 개발 주관사로도 선정돼 대부분의 이동통신 기반 V2X 기술을 선도할 유리한 위치에 오름
- LG전자 VC본부는 폭스바겐에 공급할 V2X 플랫폼의 하드웨어 설계를 맡음. 차량환경 무선통신(WAVE) 구현을 위한 프로토콜 스택은 코다와이어리스에서 받으며, 통신 칩은 폭스바겐과 오랜 협력 관계를 구축한 NXP 제품을 활용함

○ SK텔레콤은 V2X를 적용한 자유주행기술을 서울대 지능형자동차IT연구센터와 개발 중임
- SK텔레콤과 서울대는 2016년 10월초 서울대 관악캠퍼스에서 V2X 기술을 적용한 무인 자율주행자동차 스누버(SNUver)로 시연함. 이 시연은 5km에 이르는 시험 주행 구간에 6개의 신호등, 보행자 돌발 횡단 상황들을 부여 실제 도로와 같은 상황에서 진행됨
- 서울대와 기술시연을 수행한 SK텔레콤은 V2X를 구현하기 위해 서울대 관악캠퍼스에 차량전용 통신망을 설치하였으며, 차량전용 통신망은 5GHz 대역을 이용하며 하이패스에 적용된 것과 비슷한 근거리통신망 기술의 일종임
- 기존 스누버는 레이저를 이용해 거리를 측정하는 LiDAR를 기반으로 자율주행기술이었으며, 2016년에 시연된 시스템은 정보통신기술(ICT) 인프라를 활용해 신호등과 보행자 움직임을 파악함으로써 주행 안전성을 높임

(다) 협력안전시스템의 주요 응용 서비스 및 무선통신 요구사항

① 교차로 안전 서비스

○ 교차로 안전 서비스들의 예로 교통신호위반 경고, 좌회전 보조, 교차로충돌 경고, 그리고 보행자안전 지원 서비스가 있음
- 교통신호위반 경고서비스 : 교차로의 노변기지국이 자동차의 주행 정보와 교통신호를 기반으로 교통신호 위반의 가능성이 있는 자동차의 운전자에게 경고메시지를 전달하는 서비스
- 좌회전 보조 서비스 : 교차로에서 좌회전을 하려는 운전자에게 다른 방향에서 교차로로 진입하는 자동차들의 주행정보를 전달하는 서비스
- 교차로충돌 경고 서비스 : 교차로에서 충돌 가능성이 있는 자동차의 운전자에게 경고 신호를 보내어 안전운전을 유도하는 서비스
- 보행자안전 지원 서비스 : 보행자가 교차로를 지나갈 때 주변 자동차들의 운전자들에게 이를 알려주는 서비스

<표 2-21> 교차로 안전서비스들의 자동차 네트워킹 요구사항

교차로 안전 서비스명	통신 형태	메시지 생성방식	최대 지연시간	최대 전송범위
교통신호위반 경고	I2V 통신	주기성	100 msec	250 m
좌회전 보조	V2I/I2V 통신	주기성	100 msec	300 m
교차로충돌 경고	I2V 통신	주기성	100 msec	300 m
보행자안전 지원	I2V 통신	주기성	100 msec	200 m

② 운전자 보조 서비스

○ 운전자 보조 서비스들은 자동차 주행 중에 교통표지판 정보와 도로 정보를 운전자에게 경고함으로써, 운전자의 부주의로 인한 교통사고를 미연에 방지함
- 자동차 내부 신호 서비스 : 학교 주변과 같은 운전자의 주의가 필요한 지역에 설치된 노변기지국에서 주변의 자동차들에게 안전 운전 메시지를 제공함
- 곡선도로 속도경고 서비스 : 속선도로에 진입하는 자동차의 속도가 허용치를 넘어설 경우 경고 메시지를 운전자에게 전달함

<표 2-22> 운전자 보조 서비스들의 자동차 네트워킹 요구사항

운전자 보조 서비스명	통신 형태	메시지 생성방식	최대 지연시간	최대 전송범위
자동차 내부 신호	I2V 통신	주기성	1,000 msec	200 m
곡선도로 속도경고	V2I/I2V 통신	주기성	1,000 msec	200 m

③ 자동차간 안전 서비스

○ 자동차간 안전 서비스들은 자동차들 간의 V2V 통신을 통해 수신하는 정보를 기반으로 동작

- 협력적 충돌회피 경고 서비스 : 주행 중에 다른 자동차의 충돌 위험이 있을 때, 이를 운전자에게 경고하여 다중 홉 전달을 통해 최대통신 범위 밖에 있는 자동차들에게도 위험상황 정보를 전달함
- 긴급제동 경고 서비스 : 앞에서 주행하는 자동차가 급히 브레이크 페달을 밟는 경우에 이를 V2V 통신을 통해 뒤따르는 자동차에게 정보를 전달하며, 악천후나 짙은 안개로 인해 운전자의 시야가 확보되지 않는 경우에 유용함
- 사각지대 경고 서비스 : V2V 통신을 통해 확보한 주변 자동차들의 주행 정보를 기반으로 운전자의 사각지대에 다른 자동차가 있음을 통지함
- 차선변경 경고 서비스 : 운전자의 차선변경을 시도할 때, V2V 통신을 통해 수집한 다른 자동차의 주행 정보를 기반으로 충돌위험이 있을 경우, 이를 운전자에게 경고함
- 협력적 순항제어 서비스 : V2V 통신을 통해 수신한 선행 자동차의 주행정보를 기반으로 자동차의 속도를 적절하게 조절함

<표 2-23> 자동차간 안전서비스들의 자동차 네트워킹 요구사항

자동차간 안전 서비스명	통신 형태	메시지 생성방식	최대 지연시간	최대 전송범위
협력적 충돌회피 경고	V2V 통신	주기성	100 msec	150 m
긴급제동 경고	V2V 통신	이벤트성	100 msec	300 m
사각지대 경고	V2V 통신	주기성	100 msec	150 m
차선변경 경고	V2V 통신	주기성	100 msec	150 m
협력적 순항제어	V2V 통신	주기성	100 msec	150 m

④ 교통사고 후 대응서비스

○ 도로 교통사고가 발생시 2차 사고를 예방하고 긴급구조차량들이 사상자들을 신속하게 접근할 수 있도록 지원하는 서비스

- 긴급차량 접근경고 서비스 : 긴급구조차량이 최단 시간 내 교통사고 지점에 도착할 수 있도록 지원하며, 긴급차량이 차선 확보를 위한 메시지를 V2V 통신을 통해 주변의 자동차들에게 방송하면 이를 운전자들에게 통지함
- 긴급차량 신호제어 서비스 : 긴급차량이 V2I 통신을 통해 노변기지국에 메시지를 전달하여 사고지점까지 최단시간에 도착할 수 있도록 교통신호를 조정함
- 교통사고 후 경고 서비스 : 교통사고 등의 이유로 도로상에 정지해 있는 자동차가 주기적으로 사고발생 메시지를 방송하여 접근하는 다른 자동차들에게 경고함으로써 2차 사고를 방지함

⑤ 차세대 ITS(C-ITS) 안전 서비스

○ 차세대ITS(C-ITS)(Cooperative ITS)는 전체 ITS의 한 분야로, 기존 ITS를 대체하는 것이 아니라 ITS가 기술적으로 발전해 가는 과정에서 나온 개념

- 차량이 주행 중 다른 차량 또는 도로에 설치된 인프라와 통신하면서 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등 위험정보를 실시간으로 확인·경고하여 교통사고를 예방하는 시스템
- C-ITS의 7가지 서비스 분야 중 '안전(주의)운전 지원', '교차로 안전통행 지원', '대중교통 안전지원', '보행자 상시 Care', '차량간 사고예방' 등 5가지가 직접적인 안전 서비스에 해당함

<표 2-24> 차세대 ITS 안전 서비스와 핵심기능

서비스분야	핵심기능	설명
기본정보 수집제공	① 위치기반 차량데이터 수집	차량단말기로부터 차량의 상태정보와 위치정보, 운행정보를 수집하고 센터 서버에 저장
	② 위치기반 교통정보 제공	센터에서 가공된 소통정보 등 위치기반의 교통정보를 도로 주행하는 차량단말기에 제공
요금징수	③ 스마트 통행료 징수	유료도로 통행의 경우 요금지불을 위해 정차하지 않고 속도를 유지하면서 지불 ((기존 HI-PASS와 다른시스템으로 실제통행과금이 없는 시범서비스)
안전(주의)운전 지원	④ 도로 위험구간 정보제공	잠재적 위험 및 실시간 돌발상황에 대해 전방상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	⑤ 노면상태·기상정보 제공	차량 주행에 위험을 끼치는 노면상태나 기상에 대해 상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	⑥ 도로 작업구간 주행 지원	차량 주행 중인 도로의 작업(공사, 청소 등)상황에 대해 상황정보 및 안전운행 정보 제공
교차로 안전통행 지원	⑦ 교차로 신호위반 위험경고	교차로 통과 차량에게 교차로 신호현시정보 가공을 통해 사고발생,신호위반 피해 예방
	⑧ 우회전 안전운행 지원	교차로 접근로 주행 차량이 우회전하는 경우 발생되는 상충에 기인하는 충돌사고 예방
대중교통 안전지원	⑨ 버스 운행관리	버스 운행정보 수집으로 실시간 버스운행 관리를 통해 운송서비스 품질 및 안전성 증대
	⑩ 옐로우버스 운행안내	옐로우버스 승하차 운행상황을 주변차량에 전파해 주의 운전을 유도
보행자 상시 Care	⑪ 스쿨존·실버존 속도제어	스쿨존 진입 차량에게 경고와 규정 속도 운행 유도하고 실시간 운영 및 안전정보 제공
	⑫ 보행자 충돌방지 경고	교차로 또는 도로구간 주행 시 횡단 보행자 및 자전거와 충돌사고 예방
차량간 사고예방	⑬ 차량 추돌방지 지원	차량위험상황이나 저속차량에 의한 차량 상황을 실시간으로 수집,통보해 2차 사고 예방
	⑭ 긴급차량 접근경고	긴급차량의 구난,구조현장 도착시간 단축을 위해 긴급차량 주행상황을 전방차량에 전달
	⑮ 차량 긴급상황 경고	도로 주행 차량의 고장,사고 발생으로 추종하는 차량의 직접 또는 2차 사고 예방

<표 2-25> 교통사고 후 안전서비스들의 자동차 네트워킹 요구사항

교통사고 후 안전 서비스명	통신 형태	메시지 생성방식	최대 지연시간	최대 전송범위
긴급차량 접근경고	V2V 통신	이벤트성	1,000 msec	1,000 m
긴급차량 신호제어	V2I 통신	이벤트성	1,000 msec	1,000 m
교통사고후 경고	V2V/ V2I 통신	이벤트성	500 msec	300 m

(3) 사용자중심 무인주행 연계 기술

(가) 커넥티드카 6대 주요 기술

○ 커넥티드카의 주요 기술별 분류는 다음 표와 같으며, 주행관리, 차량관리, 안전성 향상 및 운전지원에 대한 기술 중심으로 기술동향을 분석함

<표 2-26> 커넥티드카를 구성하는 6대 주요 기술

주행 관리	차량 관리	웰빙
운전자가 빠르고 비용 효율이 높은 방법으로 목적지에 도달하는 것을 허용하는 기능	차량 운영 비용을 절감하고 운행할 수 있도록 운전자를 지원하는 기능	운전자의 운전시 편안함, 운동능력 및 건강 상태에 대한 기능
예) - 현재의 교통 정보 취득 - 주차장이나 차고에 관한 지원 - 연비 효율 최적화	예) - 차량 상태나 서비스 안내 - 원격 조작 - 사용 데이터 전송	예) - 피로 감지 - 안전한 운전을 가능하게 하는 운전자 환경 조정 기능 - 의료 지원
엔터테인먼트	**안전성 향상**	**운전 지원**
운전자 및 승무원 엔터테인먼트 관련 기능	외부의 위험에 어떻게 대응해야할지 운전자에게 경고하는 기능	부분적으로 또는 완전 자동 운전에 관한 기능
예) - 스마트폰 • 인터페이스 - 무선 LAN 핫스팟 - 음악, 비디오, 인터넷, 소셜 미디어 - 모바일 오피스	예) - 충돌 보호 - 위험 경고 - 비상 통보 기능	예) - 교통 체증 시 주차장이나 고속도로에서의 운전 지원 또는 자동 운전

○ 볼보(Volvo) 사는 V2V 기술을 2016년 중에 출시 예정인 XC90 SUV차량에 적용 예정이며, GM 사는 V2V 기술을 캐딜락 CTS 차량에 탑재해 2016년 상용화할 계획임

<표 2-27> 주요 자동차 사업자의 커넥티드카 서비스

사업자	GM	Ford	Toyota	Audi
출시일 (서비스)	2010 (Android Onstar) 3세대 2012(Mylink)	2010 (My Ford Touch)	2011 (Entune)	2013 (Connect)
주요 기능	• 차량 안전/진단 – 실시간 응급 구조 제공 – 도난 차량 추적/감속 – 정기 차량진단 메일 등 • 모바일 연결 – 차량 원격 제어 앱 – Hands Free Calling 등 • 네비게이션 서비스 – Turn by Turn 등	• 긴급구조/차량진단 – 사고 시 911 자동연결 – 정기 차량 진단 등 • 모바일 연결 – 음성으로 모바일앱 컨트롤 – Hands Free Calling 등 • 정보 지원 – 뉴스, 날씨 등 정보 오락(음성기반) – 음악, 라디오 및 게임 등	• 모바일 연결 – Hands Free Calling 등 • 앱 연결 – Bing, iHeartRadio MovieTIckets.com 등 • 정보 지원 – 뉴스, 날씨 등 정보 네비게이션 서비스 – 3D/ 2D, 스마트폰의 목적지 연결 등	• 실시간정보 제공 – 주유 가격, 주차 등 • 네비게이션 (음성 기반) – 구글지도 검색 등 • 모바일연결 – Hands Free Calling 등

(나) 철도차량 RAMS 기술

○ 철도차량 RAMS 기술 관련하여, 미국 FRA(Federal Railroad Administration)은 Amstedt 사와 INOX Edge 모니터링 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 유류 탱크차 및 화물 열차 등 구동 전력을 공급할 수 없는 철도차량에 배터리를 이용하여 작동하며, 핸드브레이크나 베어링 등에 무선 센서를 부탁하여 위성통신 도는 CDMA 통신이 가능한 장치를 경유하여 원격에서 열차의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구현함

○ 유럽연합은 철도시스템 Intelligent 모니터링/ 유지보수/ 운영관리 등에 연구인 InteGRail Project를 38개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행 중에 있음. 이 프로젝트는 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성을 50% 향상, 정비 비용 10% 감축 및 정시성 5% 증대 등을 목표로 수행함

○ UIC(Union Internationale des Chemins de Fer)의 경우, 철도의 속도 증가에 다른 신뢰성 및 안전성 향상 및 유지보수 효율화를 위해 유럽연합 연구기금을 사용하여 "On board train control and information system'을 개발 중에 있으며, 이 연구의 핵심은 차상에서 철도차량 주요 부품 및 부위에 대한 실시간 모니터링에 있음

○ SNCF(프랑스 철도 운영기관)는 전동차에 온도와 진동센서를 설치하여, 실시간 모니터링을 연구 중이며, 무선센서 네트워크를 이용한 모니터링 모듈을 제작하여 실차 주행 테스트를 수행하였음

○ 호주의 철도 궤도 시설물을 관리하는 ARTC(Australian Rail Track Corporation)는 차축 베어링 이상 상태의 추적관리 및 예방 보수를 통해 차축 베어링 발열 및 고착을 모니터링하기 위해 지상에 설차하는 HBD(Hot Box Detector)와는 다르게 주행 중 철도차량 차축베어링에서 발생하는 음파 데이터를 취득/ 분석하여 차축베어링 이상 상태를 지속적으로 추적 및 감지하는 RailBAM 모니터링 시스템을 호주 남부의 철도망에 시범적으로 운용 중에 있음

○ 스웨덴 Malardalen 대학의 Benhtsson Marcus의 철도차량 CBM 연구
– 철도차량용 CBM의 일반화된 Layout 제시

- 철도차량에 CBM을 적용할 필요가 있는 주요 부품 및 장치 제시
  - Harmful Currents/Voltage, Flat Wheel Detection
  - Brakes, Door Systems
  - Wheel Bearings
  - Filters
  - Water and Air Pressure
  - Rotation Part(Reduction Gears)
  - Derailment
- 스톡홀롬의 C20 Metro의 Door System에 적용한 사례를 소개
- CBM 표준안 제시
  - 센서 및 액추에이터에 대한 스마트 인터페이스는 IEEE 1451을 제안
  - CBM Architecture에 대해서는 OSA-CBM을 제안
  - HBM 모듈간의 통신으로는 MIMOSA를 제안

○ 홍콩의 도시철도(MTR) 철도차량의 전기장치에 CBM 적용연구
- 변압기 등에 온도센서를 장착하고 RDIF를 통해 신호를 계측하는 시스템 구성
- BM은 장치의 RAMS 성능을 효과적으로 개선시키고 유지보수의 자원을 최적화할 수 있다는 결론을 유추함
- 차축베어링, 트랙션 모타, 제동장치에 대해서도 확대 적용 예정임

○ 홍콩 West Central Rail의 철도차량 CBM 유용성에 관한 연구
- 유지보수 방법에 따른 효과 분석
- CBM의 채택에 의한 정량적 효과 분석
  - 기존 예방적 유지보수에 비해 효율 8~12% 개선됨
  - 유지보수비용은 25~30% 절감됨
  - Breakdowns은 70~75% 제거할 수 있음
  - 차량 장치 및 운영의 Downtime 35~45% 감소함
  - 생산성 20~25% 증가됨

(다) 사용자 지원 스마트 대중교통앱(App)

○ 사용자 지원 스마트 대중교통앱의 경우, 차량 호출 서비스 산업은 스마트폰이 연결되어 편리성이 확보되고, 다양한 응용서비스 제공이 가능하여 전 세계에 걸쳐 폭발적으로 성장하고 있음. 스마트 대중교통 사용자 지원을 위해서는 승객-관제-차량을 연결하는 수요 탄력형 배차 기술과 사용자 편의를 제공하는 스마트폰 앱이 필요함
- 모바일 앱의 하나인 네이티브 앱은 각 모바일 OS 제조사에서 제공하는 개발 언어를 이용하여 자신들의 제품에서만 동작되는 응용프로그램을 말하며, 애플사는 아이폰에 iOS 프로그램을 내장하여 Object-C라고 하는 언어로 개발하고 있으며, 구글사는 Android OS프로그램을 내장하여 Java 언어로 이용하고 있음
- 네이티브 앱의 가장 큰 장점은 구동속도가 빠르고, UI 등 모바일 앱 제작에 필요한 다양한 요소가 패키지화되어 있으며, 편리한 개발 툴 제공 및 라이브러리나 함수들이 내장되어 있어 개발 및 유지가 쉽고, 기기의 고유정보, 하드웨어에 접근할 수 있어서 최적화된 고성능 응용프로그램을 개발 할 수 있음

(라) 영상인식 기술

○ 스마트 대중교통 차량 내에 설치되는 CCTV(Closed Circuit Television)를 활용하여 효율적으로 모니터링(승객 승하차 여부 판별 등)하기 위해서는 지능형 영상인식 기술이 필요함

○ 지능형 영상인식 기술을 구현하기 위해서는 영상처리와 패턴 분석 및 인식, 데이터 관리 기술과 접목된 자동화된 영상분석 기술을 이용하여 CCTV로부터 획득한 영상들의 정보를 분석하여 자동으로 이상 행위를 탐지하고 관리자에게 경보를 전송함. 이를 이용하여 사고를 사전에 예방하고 사고가 발생한 경우에는 신속하게 대응하여 피해를 줄일 수 있음

○ 최근 영상인식을 위한 인공지능 시스템의 학습 알고리즘으로는 대규모 영상에서 분석 대상의 복잡한 특징을 추출하고 또한 대규모 데이터들을 학습할 수 있는 딥러닝 기술이 활용되고 있음

○ 국내에서도 최근 딥러닝 기반의 영상인식 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 많은 연구자가 딥러닝을 자신의 분야에 이용하려고 시도하고 있음. 하지만 세계적인 수준에 비해 기술과 노하우에서 많이 뒤처지고 있고 해외 기관들의 성능과 큰 차이를 보이고 있음

<표 2-28> 영상처리 접목 기술 분야 및 해당 기술 수준 동향

	기술수준		기술수준 격차(년)	Hype cycle(단계)		기술도달 소요시간
	국외	국내		국외	국내	
시각인지	95.0%	70.9%	3.6	3.1	2.6	2~5년
공간인지	93.1%	66.3%	3.6	2.9	2.4	5~10년
스토리 압축	90.6%	63.1%	3.8	2.5	1.8	5~10년
감성인지	92.2%	64.7%	3.8	2.4	1.9	5~10년
기계학습	95.3%	68.8%	3.7	3.2	2.4	2~5년

<표 2-29> 딥러닝(deep learning) 적용 방식별 응용 사례

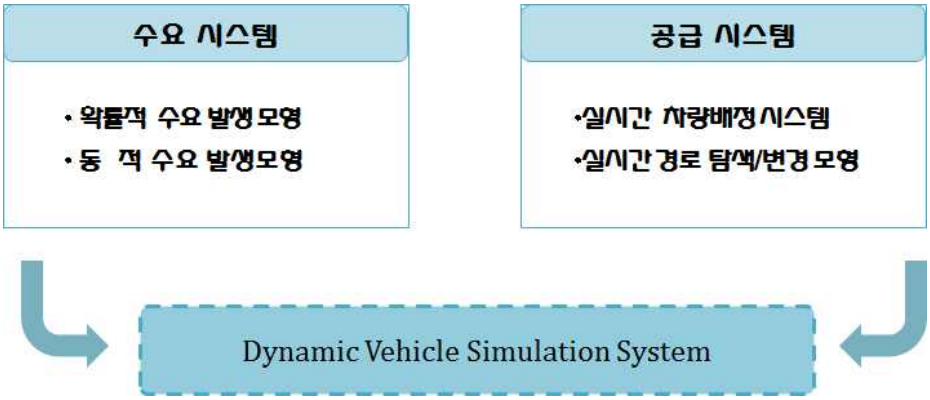
구분	응용사례
Convolutional Neural Network(CNN)기반 딥러닝	2D의 동작 비디오 시퀀스를 구축하여 걷기, 뛰기, 점프와 같은 인간 행동 인식
	Cascaded CNN 기반 보행자 검출
	그림자 영역 학습방법에 의한 움직이는 그림자 검출
	의료 이미지로부터 피부, 폐 병변 진단 및 신체 인식
	복수의 영상 패치 기반의 딥런닝 DeepID3라는 얼굴인식 알고리즘을 제안하여 인식률 99.53% LFW(Labeled Face in the Wild) 달성
Stacked autoencoder 기반 딥러닝	Autoencoder를 코드북 형태로 사용하여 다중 카메라 감시 비디오로부터 추출한 객체에 대한 검색
	Convolutional Neural Network와 Stacked Denoising Autoencoder 기술을 얼굴인식에 응용하고 Tacked Denoising Autoencoder 기술이 처리 속도면에서 우수함을 관측
Recurrent Deep Neural Network(RDNN) and/or LSTM(Long-Short Term Memory) 기반 딥러닝	이미지가 질의로 주어지면 주어진 이미지는 학습된 CNN에 의해 다차원의 실수 인자 특징벡터를 추출하고, 이 특징 벡터를 RNN의 입력으로 넣어서 이미지를 설명하는 문장 형태 생성
	이미지 프레임별로 RGB 성분을 CNN으로 학습하고 광류(Optical Flow) 성분을 CNN으로 학습한 후 CNN의 출력값을 LSTM망에 입력으로 다시 학습함으로써 비디오 데이터를 분류하고 비디오의 내용을 설명하는 문장을 생성
	RNN과 R-CNN(Regions with Convolutional Neural Networks features)을 접목하여 Deep Hypernetwork라는 구조를 제안하고 만화영화 '뽀로로' 183편을 학습한 뒤 연상작용을 기반으로 184번째의 '뽀로로' 에피소드의 스토리를 생성
CNN과 기존의 특징 추출 결합 기반 딥러닝	Saliency 정보를 이용하고 시간 영역에서 다단계의 광류 히스토그램(Multi-scale histogram optical flow)를 특징값으로 사용하여 이것을 CNN으로 학습하여 군중 속에서 이상 이벤트를 검출
	기존 Sparse Coding 기술을 CNN과 접목하여 이미지의 Super Resolution 기술로 사용
	얼굴 검출에 기존의 Haar 분류기를 사용하고 검출된 얼굴에 대해 R-CNN을 이용하여 얼굴 표정을 인식

(마) 실시간 수요 기반 다인승 다중 경로 생성 기술

○ 스마트 대중교통의 효율적 운영을 위한 다인승 다중 경로 연구는 교통시스템의 특성을 고려한 실시간 수요/공급 상황에 대한 정확한 모사과정이 반드시 선행되어야 함

○ 연구를 위한 기본 분석체계는 Agent-based dynamic simulation framework이 주를 이루게 되며, 각 시간대별 임의의 승객발생에 대한 수요방향성과 주변 교통상황을 모두 고려하는 병합 알고리즘이 필요함

○ 스마트 대중교통 모형은 다음과 같은 활용이 가능하며 이를 통해 스마트 대중교통 운영서비스에 필수 요소인 다인승 다중 경로 안내시스템 구현이 가능함



<그림 2-90> 스마트 대중교통 시스템의 구조

<표 2-30> 스마트 대중교통 시스템 모형 활용(예시)

구분	모형	분석내용
1	스마트 대중교통 시뮬레이션 모형	-주변 교통 시설 및 수단과 함께 표출 -스마트 대중교통이 포함된 미시 교통시뮬레이션 환경 구축
2	스마트 대중교통 용량 설정 모형	-스마트 대중교통 커버리지 설정에 활용 -주변 교통 영향권 분석 및 시간대별 수용 용량 분석
3	실시간 차량배차 전략 분석 모형	-실시간 수요에 대응할 수 있는 최적 차량 대기 위치 분석
4	스마트 대중교통 서비스 수준분석 모형	-실제 도시내 교통서비스 수준에 대한 분석
5	합승을 고려한 경로 변경 모형	-실시간 합승 수요 처리과정 및 대응 최적화 전략 분석
6	유사 기종점 수요 병합 모형	-네트워크 최적 전략 반영을 위한 수요 병합 알고리즘 구현

○ 동적 경로 세팅 및 최적 경로선정 기술은 자동차 네비게이션 업체 및 통신사를 중심으로 다양하게 진행되었지만 기종점 수요 병합을 반영한 경로 연구는 물류 부문의 집배송 서비스를 위한 부문으로 제한되어 있음

○ 물류부문의 집배송 서비스 관련 최적 경로 연구의 한계는 실시간 수요를 매칭시키는 경로 최적화가 아니라 예약정보를 기반으로 한 정적정보를 바탕으로 집배송 경로를 최적화시키는 부문으로 임의로 발생하는 실시간 수요를 대응할 수 있는 Dynamic Assignment 와는 거리가 있는 영역임

(바) 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술

○ 국내외 실내외 위치 측위 적용 사례를 보면, 현대엠엔소프트사 (실내외 연계 자동차 내비게이션 서비스), 투이 솔루션사 (실시간 재난대응 피난경로 안내 서비스), 구글 (쇼핑몰, 공항 등 실내지도 연계 서비스), 톰톰 (클라우드 기반 LBS 플랫폼) 등 다수 사례 존재

○ 측위기술 기반 시스템 11개 기술로 구분되며, 정확성 및 적용성 범위, 측정원리 등에 대한 기술은 아래와 같이 정리될 수 있음

<표 2-31> 측위기술 개요 및 범위 출처: 방통융합정책연구 KCC-2015-42 (2015), 위치정보서비스 기술 및 시장동향 분석 연구

번호	기술	정확성	적용범위(m)	측정원리	응용프로그램
1	시각적 정보처리 기반	0.1mm-dm	1-10	이미지	로봇 내비게이션 및 계측
2	적외선 기반	cm-m	1-5	비콘&열이미지	사람탐색, 추적
3	전파식별 기반	um-mm	3-2000	지문인식	자동화
4	촉각 폴라 시스템 기반	cm	2-10	기계적 방법	자동화 및 계측
5	무선랜 근거리 통신 기반	m	20-50	지문인식	보행자 내비게이션
6	초광대역 무선통신 기반	dm-m	1-50	시간 & 거리	보행자 내비게이션
7	음파 기반	cm-m	1-50	시간 & 거리	병원, 추적
8	고감도 감지 기반	10m	'global'	GPS 방법	위치기반서비스(LBS)
9	가상 위성 기반	cm-dm	10-1000	GPS 방법	GNSS
10	다른 무선 주파수 기반	m	10-1000	지문인식	사람추적
11	관성항법시스템	1%	10-100	추측항법	보행자

○ 국내외적으로 LBS의 시장 잠재력은 높으나, 국내 LBS 사업의 현실은 법·제도적인 규제, 독점 시장 등 구조적 한계를 안고 있음

(사) 이용자 요금지불 체계 첨단화 기술

○ 핀란드는 세계 최초로 교통 인프라와 관련된 서비스와 정보, 결제를 하나의 플랫폼으로 제공하는 'MaaS (Mobility-as-a-Service)' 개념 도입

○ 'MaaS'는 이동하고자 하는 사람 또는 물건이 주체가 되어 정보 통신 기술과 교통인프라, 서비스, 정보, 결제 서비스를 통합하여 각각의 요구에 가장 적합한 수단을 원스톱으로 유연하고 원활하게 제공하는 플랫폼임

○ 사용자 측면에서 다양한 요구 사항을 최대한 반영하여 개인맞춤형 정보 및 서비스를 제공하며, 단일 인터페이스를 기반으로 손쉬운 접근성 보장

○ 기업 측면에서 기존 운송 관리의 틀 내에서 신규 서비스를 통한 수익성 높은 시장으로 접근 가능하며, 효율적인 물류 연계, 기존 운송 및 인프라 사업 부문에 보다 폭넓은 기회를 제공

○ 공공성 측면에서 ICT기반 서비스 및 어플리케이션의 제공은 교통 시스템 전체 효율성 향상 및 신규 비즈니스 모델 창출에 기여할 것으로 판단

○ 스마트 대중교통 도입 자체로는 'MaaS'의 통합 수준까지 필요 여부에 대해서는 이견이 있을 수 있으며, 영국 UCL (2015)에서 제시된 나라별 교통서비스 통합 현황에 의거하여, 스마트 대중교통 체제에 적합한 통합 수준 및 모델을 수립할 필요가 있음

Name	Place	Integrator	Integration level**						Modes included
			1	2	3	4	5	6	
Communauto + BIXI + Public transport + local Taxi	Canada	Communauto (car sharing)	X						
SBB + Mobilty +Publibike/Quickbike	Switzerland	SBB (rail)	X						
STIB+Cambio	Brussels, Belgium	Cambio (car sharing)	X	X					
Hannovermobil	Hannover, Germany	Üstra (public transport)	X	X	X*	X			
EMMA	Montpellier, France	TAM (public transport)	X*	X	X	X	X*		
Smile	Vienna, Austria			X	X	X			
Moovel	Germany	Moovel (application)		X	X*	X			
SHIFT	Los Angeles, USA	SHIFT (all modes)		X	X	X	X	X	+ Valet
UbiGo	Gothenburg, Sweden	CLOSER, Lindholmen Science Park AB (research)		X	X	X		X	
Helsinki Model	Helsinki, Finland			X	X	X		X	+ on demand transport

* Partial integration
**1:Cooperation only in terms of providing discounts for combined subscriptions
2: Ticketing integration
3: Payment integration
4: ICT integration
5: Institutional integration
6: Mobility packages

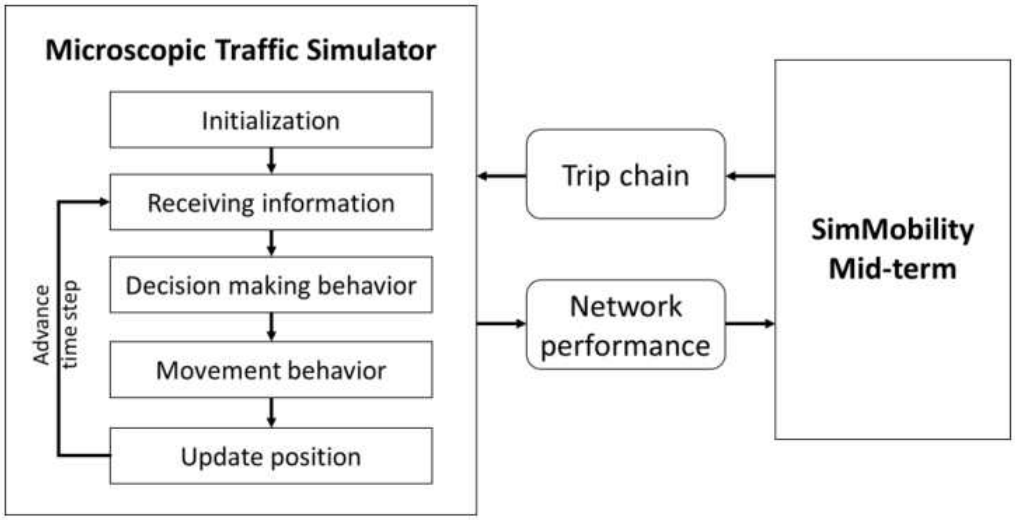
<그림 2-91> 통합 모빌리티 서비스 현황 요약, 출처: 영국UCL (2015)

(아) 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이션 기술

○ 스마트 대중교통 등 미래형 교통 시스템 도입 타당성, 최적 노선 선정 및 효율적인 시스템 운영을 검토하기 위한 과학적이고 체계적인 분석 툴이 요구되며, 싱가포르에서는 MIT와 공동연구를 통해, SimMobility를 개발. SimMobility는 토지이용모형(Land Use) - 교통수요예측 모형(Travel Demand) - 교통류 시뮬레이션 (Network Simulation)로 구성되며, 교통 정책이나 미래 교통 패러다임 전환에 있어 분석 단계(수준)에 따른 결과 간 일관성을 유지한 분석이 가능하도록 설계되어 있음

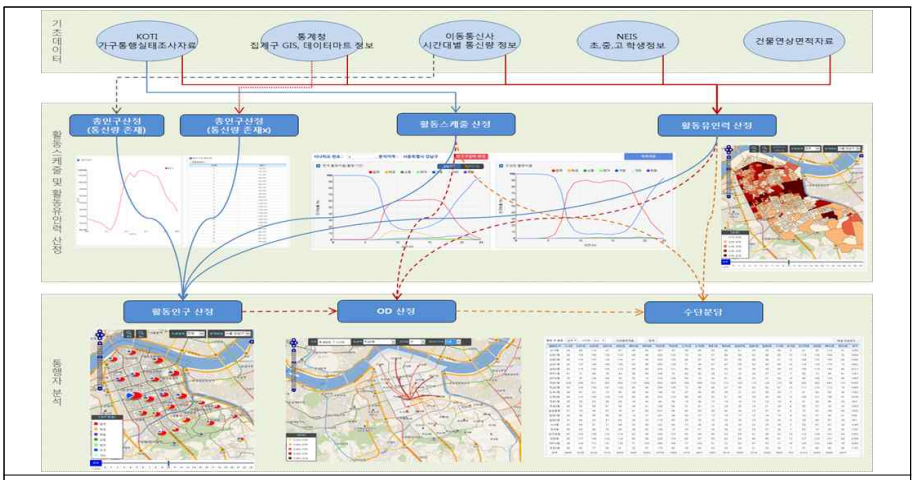
○ SimMobility에서 일일 교통 계획 및 운영 측면의 상세 분석은 SimMobility-ST인 교통류 시뮬레이션 단계에서 대부분 분석되며, 유사 분석이 가능한 상용화 버전 시뮬레이터로는 AIMSUN, VISSIM, Q-Paramics, Transmodeler, ARTEMIS, CORSIM, DRACULA, HUTSIM, Integration, MITSIMLab, SUMO, Cube DynaSIM 등이 있음

○ 교통류 시뮬레이션의 입력 자료는 기종점 수요예측 자료가 필요하며, TRANSUMS, MATSim, FeATHERS 등 Activity-based model 혹은 agent-based model을 통해 산출됨

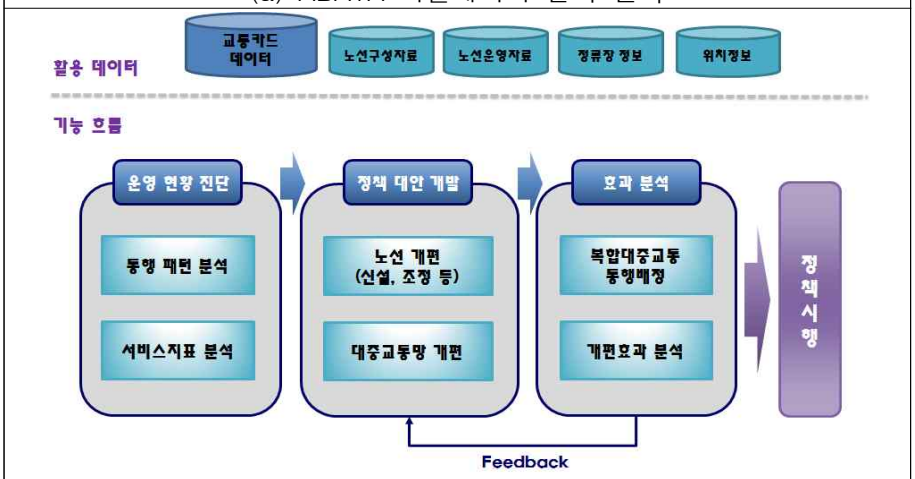


<그림 2-92> 교통수요예측 모형 - 교통류 시뮬레이션 연계 SimMobitlity-ST 시뮬레이터 개념도 (발췌: Azevedo et al. (2017), "SimMobility Short-term: An Integrated Microscopic Mobility Simulator", TRB

○ SimMobility는 모듈 방식으로 통합 구성된, 다양한 분석 단계와 분석 모형을 망라한 종합 교통 시뮬레이션으로, 국내 기술로 개발한 ABATA (Activity-BAsed Traveler Analyzer), TRIPS (Travel Record based Integrated Public Transportation Operation Planning System) 등 시스템 기술은 SimMobility-MT 시뮬레이션과 유사한 독립적 기능 구현이 가능하지만, 국내에서는 교통류 시뮬레이션 알고리즘 개발 중심의 SimMobility-ST와 같이 상위 단계 교통수요예측 모형과 연계하여 효율성 평가에 대한 성능 구현에는 한계가 있음



(a) ABATA 시뮬레이터 분석 절차



(b) TRIPS 시뮬레이터 분석 절차

<그림 2-93> ABATA와 TRIPS 시뮬레이터 분석 절차

○ 자율주행 및 이에 바탕으로 한 대중교통 운영 시뮬레이션은 현재까지 국내 기술로 개발된 바 없으며, 유사 과제가 아래와 같이 진행 중이나 상호 보완적인 관계에 있어, 중복성이 없는 것으로 판단됨

- 국토교통부 시뮬레이터 과제 (연구책임자: 카이스트 여화수 교수, 2017~2018)는 자율 주행 시뮬레이션에 대한 기초 연구로, UI 개발이나 대중교통 분야 확장 적용에 대한 연구는 포함하고 있지 않음. 대중교통 운영 평가 시뮬레이션에 있어서, 기본적으로 필요한 일반 차량 운행 시뮬레이션 연구 결과는 확장 및 활용 가능할 것으로 기대
- ETRI의 Meso-scale traffic simulation 과제 (연구책임자: ETRI 민옥기, 2017~2020)은 ETRI 주관으로 진행되는 과제이며, 자율주행에 대한 고려가 없는 Meso-scale 시뮬레이션으로, 본 과제에서 개발하고자 하는 미시적 시뮬레이터와는 중복성이 없음. 다만, ETRI 과제 중 OD 예측, 시나리오 구성 등 부분은 과제 결과물을 활용 가능할 것으로 판단하여, 상호 연구간 활용 및 정밀도 측면의 시너지 효과 기대

○ 싱가포르-MIT의 SimMobility의 분석 목표 및 주요 기능은 신교통 시스템 도입 및 평가에 적합하게 구성되어 있으나, 각 단계별 모듈을 국내 교통 환경 및 토지이용 등 특수성을 고려해서 파라메타 수정 및 일부 모형 보완, 이에 따른 UI 구현 등 신규 개발보다 많은 노력과 시간이 소요될 것으로 판단됨

○ 따라서, 스마트 대중교통 운영 효율성 평가에 적합한 시뮬레이터 모듈을 오픈 플랫폼 상에서 개발하고, ABATA, TRIPS 외 국내 R&D 기술로 기 개발된 교통 시뮬레이터와 알고리즘의 인터페이스 기능을 부여하여, 분석 고도화 및 분석 단계 상세화 등 향후 사업화 모형은 S/W 개발자에 의해 쉽게 접근하여 비즈니스 모델 창출 및 시스템의 지속성을 고려한 설계가 필요

(4) 수송용 에너지저장매체

(가) 국외 동향

○ 테슬라

- 리튬이온전지의 과열 발생 시 셀 단위로 개별 관리하는 기술을 개발하여 문제를 해결하였으며, 저렴한 소형 리튬이온전지를 대량으로 이용함으로써 주행거리를 늘리고 동시에 원가증가를 최소화함
- 테슬라 Model S의 배터리는 60kWh 용량에 주행가능거리 426Km이며, 닛산이나 BMW의 모델에 비해 주행거리가 2배 이상임. 리튬이온 배터리 팩의 무게는 약 500kg 정도인데, 비슷한 용량의 BYD 배터리가 700Kg인 점을 감안하면 20~30% 정도 가벼운 것이나 이는 리튬이온과 리튬인산철 배터리의 차이점으로 판단됨
- 테슬라의 배터리 팩은 방수 및 기밀성 확보를 위해 접착제가 적용되었기 때문에, 한번 장착된 후에는 유지보수를 위한 분해가 어려운 구조를 갖고 있음
- 60kWh 리튬이온 배터리 팩의 경우에는 총 14개의 모듈이 적용됐는데, 하나의 모듈은 66개 셀이 병렬로 연결된 그룹 6개가 직렬로 연결돼 총 396개의 셀이 탑재됨. 따라서 배터리 팩에 적용된 총 셀의 수는 5,544개이며, 파나소닉의 18650 리튬이온배터리(3,100mAh)가 사용됐으며, 테슬라는 배터리에 대해 8년 20만 km를 보장하고 있음

○ 미쓰비시

- 2009년 7월 미쓰비시는 리튬이온전지를 이용하여 7시간 충전에 시속 130km/h 주행이 가능한 i-MiEV를 일본 내 리스로 판매하면서 소형 전기자동차 시장을 열었으며, 2014년 7월 현재 전 세계적으로 32,000대 이상이 판매되었음
- 또한 2010년 12월 닛산은 LEAF의 미국 판매를 시작함으로써 고성능 전기자동차 시대를 열었으며, 시속 140km/h, 일충전 주행거리 160km, 5인승 중형 전기자동차로서, 2015년 1월까지 전 세계적으로 총 150,000대가 판매되어 현재 세계 1위의 전기자동차 판매량을 보이

고 있음

○ 도요타

- 2013년에 '프리우스'에서 회수한 니켈수소 배터리를 이용한 고정형 축전지를 개발하였으며, 이런 경우에 차량 중량이 항속거리에 영향을 주는 EV와 HV처럼 중량의 제약을 고려할 필요가 적음. 이 특징을 살려서 프리우스에서 분리한 배터리를 안에 넣어 고정형 축전지로 이용하고 있음

○ BYD

- BYD는 원래 선전에서 2차 전지를 주력사업으로 창업한 업체이나, 자동차시장에 뛰어든 건 2003년 친촨자동차를 인수하면서 부터임. BYD는 2015년 7월까지 PHEV를 포함한 전기자동차를 총 2만 5,592대 팔아 같은 기간 테슬라의 실적을 추월했음. 다만 차량의 성능 측면에서는 아직 선진업체에 뒤지는 편이며, 주행거리를 배터리 용량으로 나눈 효율성 지표에서 테슬라나 BMW, 닛산의 경우 6~7배 수준이지만 BYD는 아직 4배 수준에 불과하기 때문임

<표 2-32> 국내외 전기자동차 배터리 성능 비교

회사	차종	주행거리 (km)	최대출력 (KW)	배터리 용량 (kWh)	주행거리/ 배터리용량
테슬라	모델 S	426	225	60	7.1
닛산	Leaf	160	80	24	6.7
포드	Focus	160	91	23	7.0
BMW	i3	160	125	22	7.3
GM	Spark	135	70	20	6.8
르노	SM3 ZE	135	70	22	6.1
BYD	E6	300	90	75	4.0
기아자동차	Ray	91	50	16	5.7

○ 수송 분야에 대한 에너지저장 매체 연구는 1970년 대부터 U.S. Department of Energy (DOE)에서 납축전지 (Pb-acid), 니켈-철 (NiFe), 소듐-황 (NaS), 은-아연 (AgZn), 니켈-아연 (NiZn), 아연 브롬 (ZnBr), 니켈-카드늄 (NiCd), 아연-공기 (ZnAir) 전지 등 다양하게 진행되었음. 현재는 납축전지가 가격 및 신뢰성 측면에서 폭넓게 활용되고 있고 최근에는 에너지 밀도 향상에 대한 요구로 인해서 리튬이차전지를 사용하려는 시도가 많이 진행되고 있음

○ 2차전지 분야의 국내외 대표 업체의 수송용 에너지저장매체에 대한 배터리 최신 기술 사향을 아래 표에서 살펴보면, LG화학은 에너지밀도 및 안정성 향상에 중점을 두면 반면 A123과 Toshiba는 급속충전 및 출력 밀도 향상에 집중하고 있음

<표 2-33> 수송용 에너지저장매체 간 비교

	LG화학 (추정)	A123	SCiB (Toshiba)
Materials	NCM/Hard carbon	Nano-$LiFePO_4$	Nano-$Li_4Ti_5O_{12}$
Cell voltage	3.6V	3.3V	2.4V
Max constant current	1C/1C	Disch. : 20C	Disch. : >10C
Spec. Power		2,400 W/kg	4,000 W/kg
Spec. Energy	90 Wh/kg	131 Wh/kg 247 Wh/L	45 Wh/kg 100 Wh/L
Operating Temp.		-30°C~55°C	-30°C~55°C

(나) 국내 동향

○ LG화학

- 국내에서는 가장 활발하게 자동차용 리튬이온 배터리 성과를 내고 있는 LG화학조차 소형 리튬이온 배터리 양산에 성공한 시점은 1998년으로 일본업체에 비해 10년이 뒤진 상태임
- 하지만 화석연료 고갈과 친환경자동차에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 판단한 LG화학은 2001년 중대형 배터리 연구를 시작으로 초기 시장 개척을 위해 북미에 CPI(Compact Power Incorporation)를 설립했으며 2002년부터 세계적인 자동차 경주대회에서 우승을 하며 두각을 나타내기 시작했음. 그리고 2004년 8월에는 미국 에너지성과 3대 자동차 회사(GM, 포드, 크라이슬러)와의 컨소시엄으로 구성된 USABC로부터 460만 달러 규모의 중대형 배터리 프로젝트를 수주했으며 2007년에는 현대·기아차의 준중형 하이브리드차인 아반떼와 포르테의 배터리 공급업체로 최종 선정되었음
- LG화학의 리튬이온 배터리는 일본 업체들이 주도해 왔던 니켈수소 배터리에 비해 콤팩트한 구조이며 50%이상 높은 출력 밀도와 에너지를 가지고 있어 세계 최고수준의 기술력을 인정받고 있음. 이에 친환경자동차용 배터리시장을 선점하고 독점적인 위치를 확보하기 위해 LG화학은 2013년까지 총 1조원을 오창테크노파크에 투자해 차세대 배터리 산업의 메카로 육성한다는 계획임

○ 삼성 SDI

- 세계 2위의 리튬이온전지 공급업체인 삼성SDI는 휴대용 장치에 공급되는 전지산업 외에 자동차용 이차전지산업에서 글로벌 경쟁력을 갖추기 위해 2009년 6월 독일의 보쉬와 합작하여 SB리모티브를 설립, 본격적인 양산에 들어갔음
- 9월에는 델파이에 2012년부터 하이브리드 상용차용 전지를 10년 동안 공급하는 계약을 체결하기도 했으며, 2010년 8월 이 회사를 통해 독일의 BMW와 배터리 단독 공급계약을 체결했다. 2015년에는 세계시장의 30%를 점유하겠다는 목표로 전지개발에 박차를 가하고 있음
- 금년 8월부터는 자동차용 이차전지사업 외에 휴대용 장치의 2차 전지 시장에서 에너지저장시스템 사업인 ESS(Energy Storage System)에도 본격적으로 진출하고 있는데, 이 사업은 전력수요가 적을 때 잉여전력을 저장했다가 전력수요가 많은 시간대나 전기료가 비싼 시간대에 저가의 전기를 공급해 전력을 효율적으로 관리, 이용할 수 있는 시스템임

○ SK에너지

- SK에너지는 2008년 국내에서 중속 전기자동차 생산업체인 CT&T에 리튬이온 배터리를 공급해'NEV e-zone'차량의 공동개발업체로 선정되었으며, 2009년에는 19만 대의 버스와 트럭을 생산하는 다임러그룹의 미쓰비시후소에 자동차용 배터리를 공급하기로 했음
- 올해 3월에는 국책과제를 통해 현대차 전기자동차에 리튬이온 배터리를 공급하는 업체로 선정되어 이미 LG화학과 더불어 기술력을 인정받았다는 평가를 받고 있으며, 연내 출시되는

현대차 i10은 SK에너지의 배터리를 장착하고 있으며 한 번 충전 시 최고 160km까지 최고 시속 130km로 주행할 수 있음

- 또한 SK에너지의 리튬이온분리막 기술은 세계에서 세 번째로 상업화에 성공한 것으로 국내 소재의 제조기술과 박막코팅 기술이 세계적인 수준임을 평가를 받았으며, 전기자동차용 배터리 사업뿐 아니라, 친환경 에너지 분야로써 무공해석탄에너지, 바이오연료, 수소에너지, 이산화탄소 플라스틱 등'친환경 에너지 기업'으로 재도약하기 위해 끊임없는 도전과 과감한 연구개발을 통해 성장을 거듭하고 있음

○ 아래 표는 현재 자동차 업체의 전기자동차 개별현황을 비교한 것임

<표 2-34> 국내외 전기자동차 개발 현황

제작사		기아	르노삼성	한국GM	BMW	기아	닛산	파워프라자
차량명		RAY (경형)	SM3 (중형)	SPARK (소형)	i3 (중형)	SOUL (중형)	LEAF (중형)	라보 PEACE (경형)
승차 인원		4인 승용	5인 승용	4인 승용	4인 승용	5인 승용	5인 승용	2인 화물
최고 속도 (km/h)		130	135	145	150	145	140	95
주행 거리 (km)	상온	91	135	135	132	148	132	67.5
	저온	69.3	83.5	83	75.5	123.7	85.5	71.9
충전 시간	완속 (h)	6	6~8	6~8	6~8	4~5	5	8
	급속 (min)	25	30	20	30	25	40	-
배터리(실사용) (kWh)		16.4(14)	26.6(22)	21.4(19.4)	21.3(18.8)	27(24.3)	24(19.2)	17.8(16)
배터리 보증기간 (년/만km)		6/12	5/10	8/16	8/10	10/16	6/10	7/15
출시년도		2012.3	2013.10	2013.10	2014.4	2014.5	2015.1	2015.3 (예상)

라. 국내외 기술개발 분석 및 소결

○ 국외 주요 자율주행 자동차 개발업체인 BMW, 포드, 아우디, 볼보 등은 2021년까지 완전자율주행자동차 사용화를 목표로 하고 있으며, 국내의 경우 현대·기아자동차가 2020년까지 부분자율주행차의 상용화를 계획하고 있고, 완전자율주행차는 2030년을 목표로 함. Morgan Stanley, Navigant Research 등 외국 주요기관들은 2046년 이후를 완전한 무인자동차의 시대로 예측함

○ 완전자율주행자동차 상용화 전망에 대해 상용차 업체들은 2020~2030년 정도를 목표로 하고 있고 금융투자회사 및 시장조사업체 등은 좀 더 시기가 뒤쳐진 2040년 중반 경으로 보고 있음. 자동차업체들은 자율주행에 필요한 요소기술들을 일부 상용차에 적용하여 운전자 지원시스템으로 기능을 검증하면서 서서히 기술보완과정을 거치며 상용화 기술을 완성해 나갈 것으로 보이나 완전자율주행 차량의 기술을 검증하고 상용화하기 까지는 적지 않은 기간이 필요해 보임

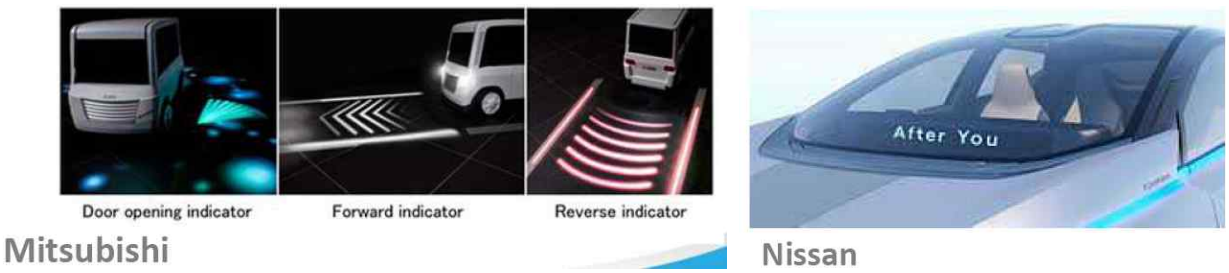
○ 만약 트램이나 버스와 같이 이동경로가 정해진 대중교통시스템에 자율주행시스템을 적용한다면 관심주행공간이 한정됨으로 현재 자율주행차량에서 어려움을 격고 있는 기상 악천후 및 주행 중 돌발사항들을 상당부분 배제할 수 있어 자율주행시스템의 적용시기를 앞당기고 활용을 용이하게 할 수 있을 것으로 판단됨

○ 유럽은 현재 대중교통수단으로서 자동도로교통시스템(ARTS)을 개발하기 위하여 유럽 연합차원의 프로젝트로 다양한 국가의 도시에서 다양한 환경에 적용하기 위한 시범운영을 진행하고 있음

<표 2-35> 유럽의 다양한 공공용 스마트 모빌리티 프로젝트 현황

		No extra-fare		Extra-fare	
		ARTS	Minibus	ARTS	Minibus
A1	La Rochelle(FR)	63%	37%	30%	70%
	Trikala(GR)	78%	22%	51%	49%
A2	Lausanne(CH)	78%	22%	26%	74%
	San Sebastian(ES)				
A3	vantaa(FI)	30%	70%	17%	83%

- 사회/경제학적 특징의 영향에 따라 일반 미니버스와 ARTS와의 선호도에는 도시마다 차이를 보임
- 무료 운영의 경우 ARTS를 선호하나, 추가 요금을 내는 경우에는 미니버스를 더욱 선호하는 것은 무인운전의 안전성에 대한 신뢰가 부족함에 따른 경향으로 보임
- 다양한 도시환경에서 CityMobil2 시범운영 되어 종단의 교통수단으로서 높은 호감을 이끌었으며, 수송 요구사항에 따라 유연한 해결을 제시하고 대중 교통네트워크와의 연계수단으로서의 역할을 확인함
- 대중교통수단으로서 도입하기 위해서는 차량의 속도를 최소한 20km/h 이상으로 증속할 필요가 있으며, 차량의 유지보수 및 충전을 위해 충분한 대수의 차량이 필요함
- ARTS 차량을 운영하기 위한 주요 Hazard 도출 및 사고 예방을 위한 Risk Assessment 절차가 필요하며, 이를 위해서는 다양한 환경에서 다양한 이용자를 대상으로 한 운영 데이터가 필요함
- 도로교통수단과 혼용되는 경우, 스마트 모빌리티 차량과 일반자동차 운전자와의 HMI(Human Machine Interface)의 개발도 고려되어야 할 사항임

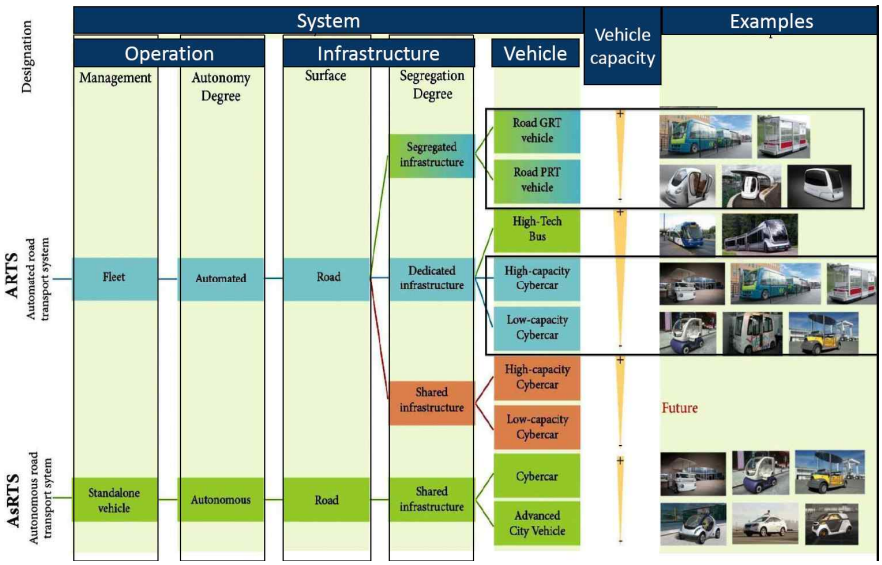


<그림 2-94> 일반자동차와의 혼용 운행을 위한 HMI 기술

- 탑승객에게 있어서 차량의 동작에 따른 정보의 전달도 중요한 요소임. 즉, 차량의 출발/정지/방향전환 등의 동작에 대하여 미리 탑승객에게 정보를 전달하여 무인작동으로 인한 불확실성을 제거하고 안심하고 이용할 수 있는 기능이 필요함. 탑승객에서 정보를 제공하는 방법

에는 시각적 방법(표시등, 글자)과 청각적인 방법(음성, 시그널)이 있음. 일반적으로 방향전환에는 시각적 방법인 표시등의 방법이 효과적이고 출발/정지 및 장애물 검지시에는 청각적 방법인 시그널의 방법이 효과적인 것을 조사됨

- 일반적으로 자율주행자동차와 스마트 대중교통과의 차이는 운영에 있어서 관리(Management)와 자율도(Autonomy Degree)에 있어서 차이가 나며, 인프라의 분리도에 따라 구분될 수 있음. 즉, 다수의 차량에 대해 중앙제어센터가 관리 운영하는 경우 ARTS(Automated Road Transport System)으로 분류하고, 단일차량이 자율적으로 제어하는 경우에는 ARTS(Autonomous Road Transport System)으로 분리할 수 있음. 특히, 자율주행자동차에는 핸들이 있으나, CityMobil2 시범차량에는 핸들이 없는 차이를 보임



<그림 2-95> 다양한 자율주행 시스템

2. 특허 동향

가. IP 부상도 분석

(1) 국가별 Landscape

○ 주요시장국 기술개발 활동현황

- 주요시장국 연도별 특허동향

<그림 2-96> 전체 연도별 동향

• 본 과제 기술인 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 분야와 관련하여 현재를 기준으로 과거 약 20년의 특허출원 구간(1995년~2016년)을 분석구간으로 설정하여 출원연도에 따른 전체 특허동향을 파악해본 결과, 거시적 관점으로 분석 초기구간인 1995년부터 2008년까지 지속적인 증가를 나타내나, 2008년에서 2009년 사이 일시적인 감소율을 보인 후 2010년 이후 다시 증가세를 보이는 것으로 나타났음. 특히 1999년부터 2002년, 2010년 이후는 급격한 증가세를 보이고

있으며, 전체적인 증가세 흐름을 보이고 있음

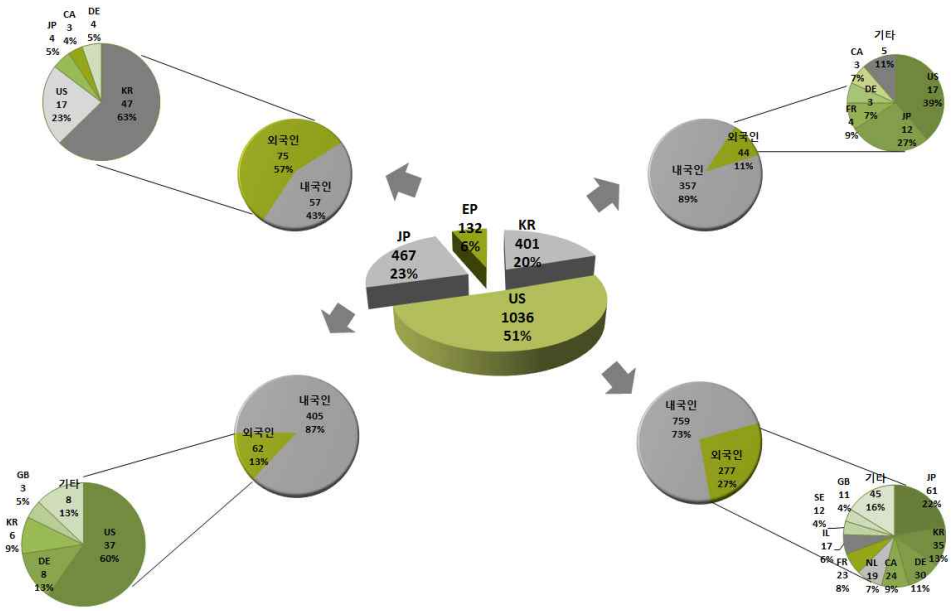
- 세계 철도시장은 도시화, 에너지 저감 및 친환경 이슈로 지속적인 성장이 기대되며, 아시아 시장은 평균 60조로 가장 큰 시장이며, 아프리카 시장 또한 연평균 10% 성장을 보이고 있음

- 본 과제기술은 전체 철도관련 융합산업의 하위분류로서 무인주행, 승객지원, 데이터 기반 유지보수 기술에 한정하였는데, 해당 특허 출원율은 일시적 하락세가 몇 번 있음에도 불구하고 지속적인 증가추세를 나타내는 바, 이에 대한 원인은 시장과 특허의 관계를 통해 유추해볼 수 있음. 해당분야는 해당 기술분야에서 강한 특허를 보유한 일부 출원인들에 대한 의존도가 높고 종래 핵심 특허기술의 만료화 및 기술개발의 한계 등이 작용하고 있음에도 불구하고, 증가하는 시장의 수요를 충족해줄 다양한 기술이 출원되고 있는 것으로 유추됨

- 즉 해당분야는 철도차량 및 자율주행과 관련된 특허에 대한 기술 의존도가 높고, 철도차량 및 관련 기술은 일부 특허가 만료되어 기술사용이 대중화된 기술의 사용 및 신규기술의 부재로 인해 특허 출원율이 증감을 반복하지만 최근 들어 자율주행 등 새로운 기술의 등장으로 인해 출원율이 증가하는 결과가 보이는 것으로 판단됨. 따라서 본 과제 기술과 같은 종래기술과는 차별화된 융합기술(자율주행 대차기술+철도관제시스템 기술)을 통한 원천기술 개발이 필요함

- 또한, 각 국가별 차원에서 미국과 일본의 연도별 동향을 살펴보면, 미국은 1990년대 초반부터 활발한 특허 출원 활동을 보이고 있으며, 일본의 경우 지속적인 등락을 거듭하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 지속적인 등락 속에 완만한 증가세를 보이고 있음. 유럽의 경우 2010년대 초반 이후 증가세를 보이고 있음. 미국은 2011년 이후 특허출원 횟수가 급격히 증가하고 있는데, 최근 R&D관련 산업의 성장으로 인해 연구개발의 결과물이 출원으로 나타나기 때문인 것으로 판단됨

– 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황



<그림 2-97> 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

- 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 분야에 대한 국가별 특허 출원 현황을 살펴본 결과, 미국의 출원율이 1,153건으로 전체 출원율의 절반이 넘는 51%를 차지하며 가장 높은 출원율을 나타내는 것으로 조사되었음. 그 뒤를 이어 일본의 출원율이 516건으로 두 번째로 높은 출원율을 나타내고 있으며, 한국(467건), 유럽(138건)의 순으로 특허가 출원되고 있는 것으로 나타났음. 따라서 해당기술분야는 미국과 일본이 기술을 선도하는 것으로 추측됨

- 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원 규모의 절반이 넘는 51%를 차지하는 것으로 나타나, 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 분야의 연구개발은 대부분 미국에서 주도하고 있는 것으로 파악됨

- 또한, 미국의 뒤를 이어 일본과 한국이 각각 전체 분석 대상 국가 출원규모의 23%, 20%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 유럽은 각각 전체의 6%를 차지하고 있는 것으로 나타났음

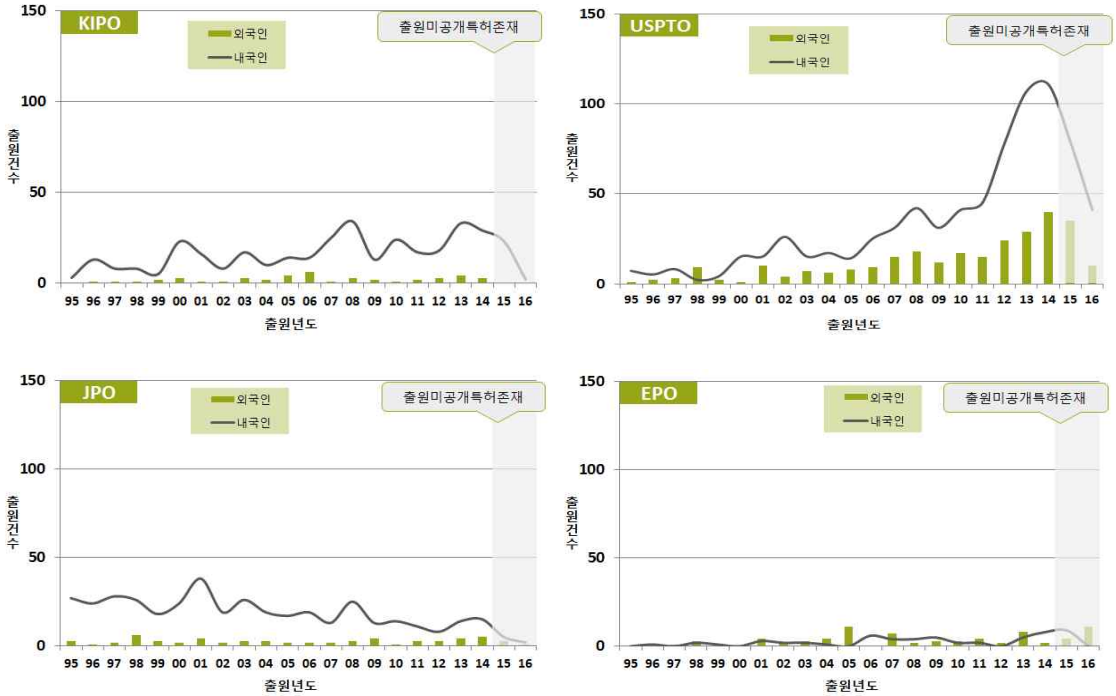
- 한국, 미국, 일본은 외국인보다 내국인 출원 수가 더 많은 것으로 나타났으며, 유럽은 외국인 출원 수가 내국인 출원 수보다 많은 것으로 나타남

- 일일본에서는 미국 국적의 출원인들이 56%, 독일 국적의 출원인들이 15%, 한국 국적의 출원인들이 10%의 점유율을 기록하였으며, 영국 국적의 출원인들이 4%, 프랑스 국적의 출원인들이 3%의 점유율을 차지한 것으로 나타남

- 미국에서는 일본 국적의 출원인들이 21%, 한국 국적의 출원인들이 12%, 독일 국적의 출원인들이 13%의 점유율을 기록하였음

- 한국에서는 미국 국적의 출원인들이 39%, 일본 국적의 출원인들이 27%, 프랑스 국적의 출원인들이 9%, 독일 국적의 출원인들이 7%의 점유율을 기록해, 한국 시장 내에서 미국, 일본, 유럽 국적의 출원인들의 진출이 활발한 것으로 분석됨. 또한, 미국 국적의 출원인들이 유럽 시장, 한국 시장뿐만 아니라 일본 시장에의 진출이 활발한 것으로 분석됨

- 전반적으로 미국과 일본의 출원율이 높고, 해당국가 모두 자국 출원의 출원율이 압도적인 것으로 보아 해당분야에서 우수한 기술을 보유한 기술 선도국임을 확인할 수 있으며, 유럽의 경우 미국, 일본, 한국 시장의 순으로 출원을 많이 하고 있는 것으로 조사됨. 일본과 근소한 차이를 나타낸 한국 역시 자국의 기술 출원율이 높은 것으로 보아 해당 기술의 개발이 매우 활발한 것으로 판단됨



<그림 2-98> 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

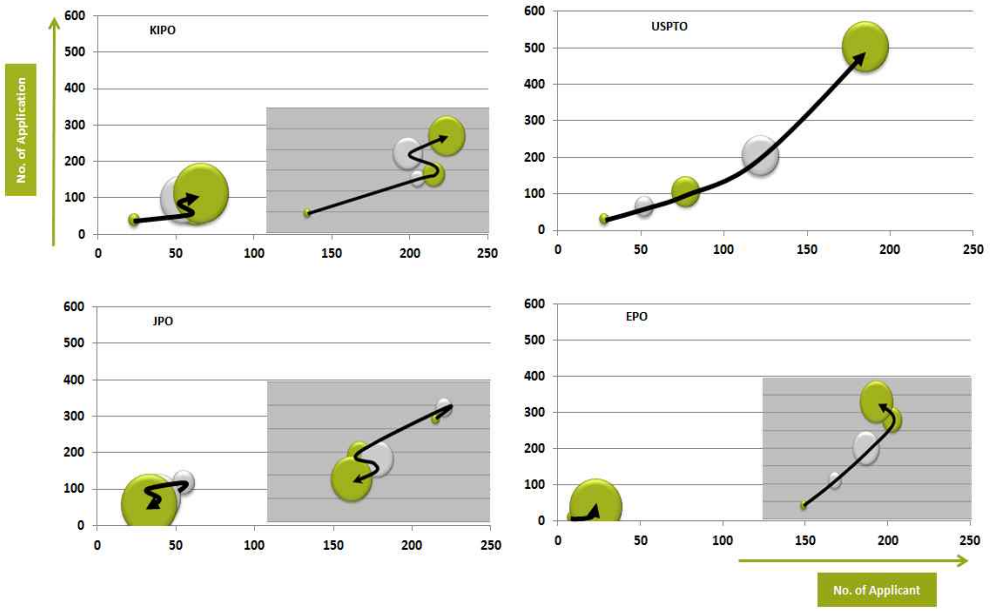
- 주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 유럽은 외국인의 점유율이 57%로 내국인 보다 외국인에 의한 특허활동이 활발한 것으로 나타났으며, 미국, 일본 및 한국은 외국인의 점유율이 각각 26%, 13%, 9%로서 내국인에 의한 특허활동이 대다수를 차지하는 것으로 나타남

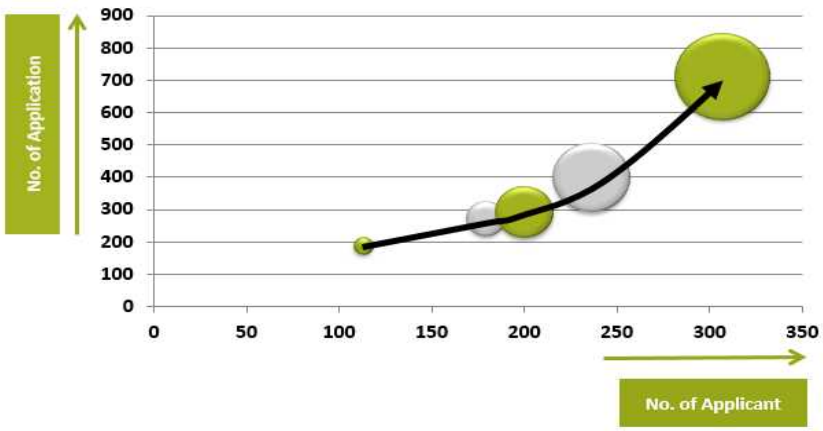
- 이는 한국, 일본, 미국 국적의 출원인들이 내국 위주의 특허활동을 하고 있는 동시에, 타 주요시장국에서 한국 시장에 진출하는 비율이 높지 않기 때문인 것으로 판단되며, 이를 볼 때, 해외 국적의 출원인들이 한국, 미국, 일본의 시장성을 유럽에 비하여 상대적으로 더 낮은 것으로 판단하여 적극적으로 진입하지 않고 있기 때문인 것으로 볼 수 있음. 다만 미국시장의 경우 외국인 출원이 증가추세에 있으므로 향후 출원 동향을 좀 더 지켜볼 필요가 있음

- 미국의 연도별 출원 동향을 보면, 2000년대 초반부터 외국인에 의한 특허출원이 증가세에 있는 점이 주목할 만한데, 이는 미국의 연도별 출원 동향에서 외국인 출원인이 자국에서 연구개발된 기술을 바탕으로 미국 시장에 활발히 진출했기 때문으로 분석할 수 있음

- 연도별 동향그래프에서 2010년 이후 데이터는 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상, 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않아 특허분석 데이터상에 포함되지 않은 특허출원도 있으므로 명확한 의미를 부여하기 어려움

○ 기술시장 성장단계 파악





<그림 2-99> IP 포트폴리오로 파악한 기술시장 성장단계

- 본 그래프는 특허 출원기간을 5개의 구간으로 분할하여 각 시기별 출원현황을 종합 고려해 해당분야 기술의 위치를 포트폴리오화 한 데이터임
  * 1구간(1996년~1999년), 2구간(2000년~2003년), 3구간(2004년~2007년), 4구간(2008년~2012년), 5구간(2012년~2015년)으로 분류함

- 전체국가를 통합한 전반적인 해당분야의 기술시장단계를 살펴본 결과, 상기 [그림 2-1]에서 조사된 특허 출원율의 결과에 출원인의 수가 증가하는 변수를 종합한 결과로 1구간(1996년~1999년)부터 5구간(2012년~2015년)까지 R&D의 급격한 증가와 경쟁의 격화, 특허수 및 특허출원인의 수가 빠르게 증가하는 성장기 단계를 나타내는 것으로 조사되었음. 이 결과는 [그림 2-99]에서 언급한 해당 기술분야에서 강한 특허를 보유한 일부 출원인들에 대한 의존도가 높지만, 특허기술의 주기적 진보 및 기술개발이 활발하게 일어나고 있어, 증가하는 시장의 수요를 충족해줄 다양할 기술로 인한 연구개발의 결과물이 시장에 적용되고 있는 상황과 상통함

- [USPTO] 해당분야 기술선도국인 미국특허의 기술위치는 1구간(1996년~1999년)부터 5구간(2012년~2015년)까지 출원건수와 출원인의 수가 증가하는 성장기의 양상을 보이고 있으며, 특히 4구간(2008~2011년)부터 5구간(2012년~2015년)까지 급격한 증가세를 보이고 있으며, 향후에도 증가세가 계속될 것으로 예상됨

- [JPO] 일본의 경우, 한국, 미국, 유럽과는 상이하게 1구간(1996년~1999년)부터 5구간(2012년~2015년)까지 출원건수와 출원인의 수가 지속적으로 감소하는 쇠퇴기에 진입한 것으로 나타났음. 그러나 해당 기술의 유용성을 재발견하고, 향후 특허출원의 추세에 따라 회복기로 반전될 가능성도 존재하며, 특허출원보다는 연구개발에 집중하는 측면 또한 있을 것으로 예상됨

- [KPO] 한국의 경우, 출원건수와 출원인수가 1구간(1996년~1999년)부터 3구간(2004년~2007년)까지 지속적인 증가를 나타내어 해당분야의 연구개발이 급격하게 증가되고 경쟁이 격화되는 성장기 단계에 있는 것으로 나타났으며, 3구간(2004년~2007년)부터 4구간(2008년~2011년)까지는 특허출원인의 수는 감소하나 특허출원수는 지속적으로 증가하는 추세를 보였음. 이어 4구간(2008년~2011년)부터 5구간(2012년~2015년)까지는 다시 특허출원인 및 특허출원수가 동시에 증가하는 양상을 보였음. 이는 상기 [그림 2-2]에서 일본과 근소한 차이를 나타낸 한국 역시 자국의 기술출원율이 높은 것으로 보아 한국에서도 기술의 출원이 매우 활발하게 일어나는 것과 상통하는 내용으로 향후 격렬한 시장에서의 우위를 차지하기 위하여 본 과제 기술과 같은 종래기술과는 차별화된 융합기술(자율주행 기술+철도 관제기술)을 통한 원천기술 개발 필요성이 높음

- [EPO] 포트폴리오로 나타낸 유럽특허의 기술위치는 1구간(1996년~1999년)부터 4구간(2008년~2011년)까지 출원수 및 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기 단계에 있으나, 5구간(2012년~2015년)에서는 출원수는 증가하나 출원인의 수는 감소하여 기술개발 빈도가 정체된 것으로 분석됨. 다만 미 공개된 특허의 공개 추세를 지속적으로 관찰할 필요가 있음

(2) 경쟁자 Landscape

○ 국내외 유사기술 개발 현황

<표 2-36> 경쟁자 Landscape

분석항목 / 출원인	출원인 국적	주요IP시장국 (건수)					3극 패밀리수 (건)	특허출원 증가율 (최근5년)	주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시장국 종합			
		KIPO	USPTO	JPO	EPO				
Google	미국	4 (3%)	135 (92%)	2 (1%)	6 (4%)	미국	40	19%	UI/UX 체계
HITACHI	일본	0 (0%)	6 (6%)	70 (94%)	0 (0%)	일본	4	-13%	차량 예약지원 체계
MITSUBISHI	일본	1 (2%)	5 (9%)	46 (85%)	2 (4%)	일본	9	20%	차량 예약지원 체계
Ford	미국	0 (0%)	51 (96%)	0 (0%)	2 (4%)	미국	0	254%	차량 상태기반 유지보수
TOYOTA	일본	1 (2%)	24 (49%)	23 (47%)	1 (2%)	미국	7	100%	스마트 PRT 운영
HYUNDAI	한국	28 (67%)	14 (33%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	0	24%	차량 상태기반 유지보수
iRobot	미국	0 (0%)	34 (89%)	0 (0%)	4 (11%)	미국	18	6%	스마트 PRT 무선통신
한국철도기술연구원	한국	36 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	0	33%	승하차 지원 시스템
General Motors	미국	0 (0%)	34 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	미국	0	-41%	차량 상태기반 유지보수
TOSHIBA	일본	0 (0%)	1 (4%)	30 (97%)	0 (0%)	일본	1	0%	차량 예약지원 체계
Amadeus SAS	프랑스	0 (0%)	15 (52%)	2 (7%)	12 (41%)	미국>유럽	7	45%	차량 예약지원 체계
IBM	미국	1 (4%)	26 (93%)	1 (4%)	0 (0%)	미국	1	34%	차량 상태기반 유지보수
Magna	캐나다	0 (0%)	22 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	미국	12	18%	비전용 노선주행
NEC	일본	0 (0%)	1 (5%)	18 (95%)	0 (0%)	일본	0	0%	차량 예약지원 체계
Otis	미국	0 (0%)	8 (47%)	0 (0%)	9 (53%)	유럽>미국	0	0%	승하차 지원
HONDA	일본	0 (0%)	12 (71%)	2 (12%)	3 (18%)	미국	4	-23%	차량 상태기반 유지보수
HERE Global BV	독일	0 (0%)	16 (94%)	0 (0%)	1 (6%)	미국	0	-15%	UI/UX 체계
국방과학연구소	한국	15 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	0	47%	스마트 PRT 운영
NISSAN	일본	0 (0%)	10 (67%)	4 (27%)	1 (7%)	미국	2	30%	승하차 지원
Komatsu	일본	0 (0%)	9 (60%)	6 (40%)	0 (0%)	미국	0	-40%	비전용 노선주행

* 해당 출원인의 출원수 중 주요 출원국가의 출원비중 중 10% 이상인 국가(대분류 대상 상위 20개 출원인)

- 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술의 주요출원인 Top20의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 기술력, 주력 기술분야의 파악을 목적으로, 주요 시장국별 출원건수, 3극 패밀리수(미국·일본·유럽 공동 출원 특허수), 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과 대다수의 출원인은 자국 중심의 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

- 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술과제의 주요출원인 Top20을 추출한 결과, 미국의 Google이 가장 많은 특허를 출원하였고, 주요 출원국으로는 미국(92%)인 것으로 나타났음. 또한, 일본의 HITACHI 및 MITSUBISHI, 미국의 Ford가 뒤를 이어 본 기술의 다수 출원인으로 랭크되었음

- 주요 출원인의 출원율을 파악해 본 결과 미국의 출원이 가장 높게 나타났으며, 이는 [그림 2-100]에서 다룬 특허출원율의 내림차순으로 미국-일본-한국의 결과와 비슷함. 미국의 Google을 제외하면 자동차, 철도 등 교통 관련 업체가 많으며, 미국과 일본의 주요 자동차업체는 상태기반 유지보수 기술을 Target으로 한 기술개발에 주력하고 있음

- 본 분석의 결과로 미국의 주요출원인들이 국제시장에서의 연구개발을 주도하고 있는 것으로 분석되었으나, 미국 및 일본의 주요 출원인들은 주요 시장국 중 한국에 진출하는 비율이 적은 것으로 나타나, 한국시장의 경쟁력을 낮게 평가하는 것으로 판단됨. 또한 다출원인 1위인 미국의 Google과 일본의 MITSUBISHI 및 TOYOTA는 공통적으로 주요시장국 모두에서 고르게 활발한 특허출원을 하고 있으며, 3극 패밀리 수 또한 많은 것으로 나타나 다양한 국가에서 사업화를 진행하고 있는 것으로 나타났음. 이 같은 결과는 그림[2-1]에서 언급한 바와 같이, 새로운 기술의 등장으로 인한 특허출원 증가세가 작용한 것으로 판단됨

- 캐나다의 Magna는 3극 패밀리특허를 다수 보유하여 시장확보지수는 높으나, 특허출원은 미국 내에만 편중된 것으로 분석되며, 일본의 TOYOTA는 미국과 일본에 동일한 출원수를 보이는 것과, 일본의 NISSAN은 자국이 아닌 미국에 더 많은 특허를 출원하고 있는 점이 주목됨

- 또한 일본의 TOSHIBA, NEC, 미국의 Otis는 최근 5년간 특허출원 증가율이 0%를 기록하여, 최근 5년간 특허출원의 수가 다소 정체된 것으로 분석됨

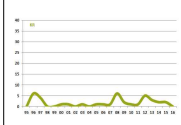
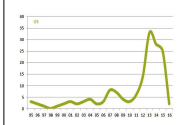
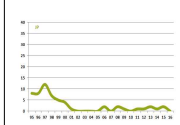
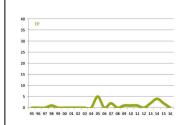
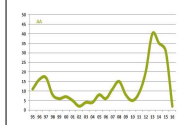
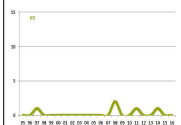
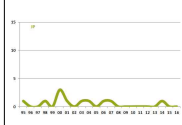
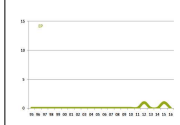
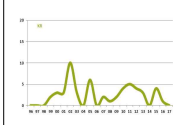
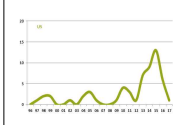
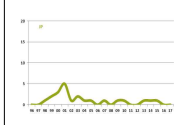
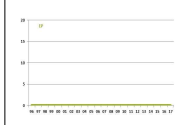
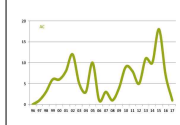
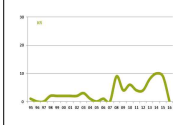
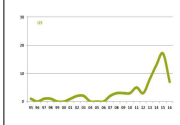
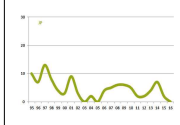
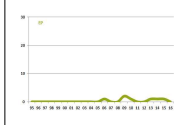
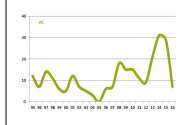
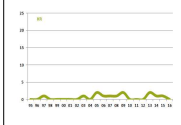
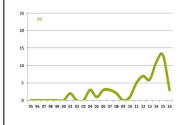
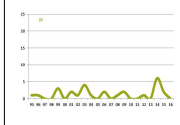
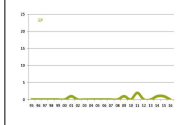
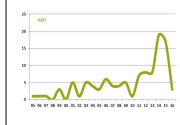
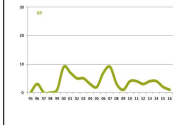
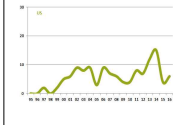
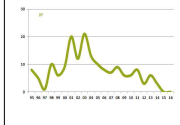
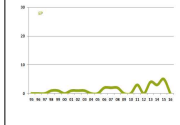
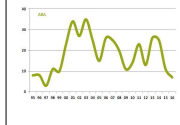
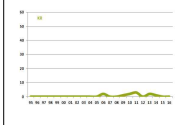
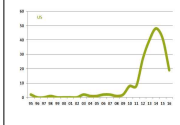
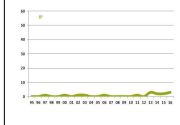
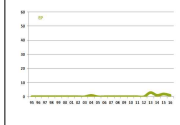
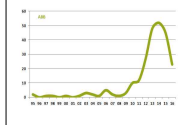
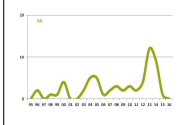
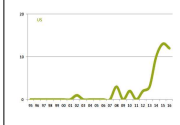
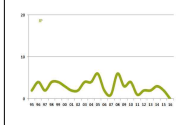
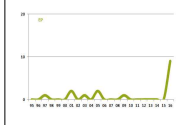
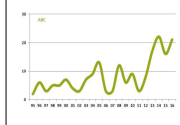
  의미::: 출원인별 특허현황 분석을 나열식으로 정리한 것으로 하나의 표로 표기함으로써, 분석 대상 기술의 주요출원인의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 미국 특허로 본 기술 수준, 주력 기술 분야를 한 번에 용이하게 파악할 수 있음

(3) 세부기술 Landscape

○ 세부기술별 출원증가율 및 점유율 분석

- 세부기술별 추세선을 통한 출원증가율 분석

<표 2-37> 세부기술별 추세선 분석

	한국	미국	일본	유럽	전체
비전용 노선 주행기술					
전용/비전용 노선 연계주행 기술					
대중교통 기반 자율주행 기술					
스마트 대중교통 운영기술					
스마트 대중교통 무선통신기술					
차량 예약지원 체계					
UI/UX 체계					
승하차 지원 시스템					

- 추세선을 통한 출원증가율을 살펴보면, 전체 출원 증가율은 미국의 출원증가율 추이와 유사한 형태를 갖는 것으로 미루어 미국이 전 세부기술분야의 선도국인 것으로 재차 확인되었으며, 일본의 경우 차량 예약지원 체계 기술의 출원이 기타 시장국보다 많이 일어나는 것으로 보아 기술의 개발이 주도적으로 일어나는 것으로 조사되었으며, 이는 상기 [표 2-37]의 해당 기술분야에서 강한 특허를 보유한 일부 출원인(예. HITACHI, TOSHIBA, NEC)들의 출원현황을 반영하는 결과라 판단됨

- 특히 차량 상태기반 유지보수 체계(ACA)는 미국 내 외국인 출원이 증가추세에 있음. 이는

철도뿐만 아니라 자율주행 차량 기술의 발전과 무관하지 않으며, 초기 기술인 무선송신기술에서 최근 철도차량 위치 데이터와 함께, 철도차량 센서와 연계한 차량위치 확인 및 실시간 유지보수가 가능케 됨

- 국내의 경우, 한국철도공사, 서울메트로, 한국철도기술연구원 등 공공기관을 중심으로 차량 유지보수와 관련된 특허출원이 일어나고 있으며, 열차 또는 철로의 단순 점검을 위한 센서 기술에서, RFID를 이용한 데이터베이스화 및 이를 이용한 부품이력 DB구축 및 맞춤형 상태진단 관리 분석 시스템으로 기술이 발전하고 있음

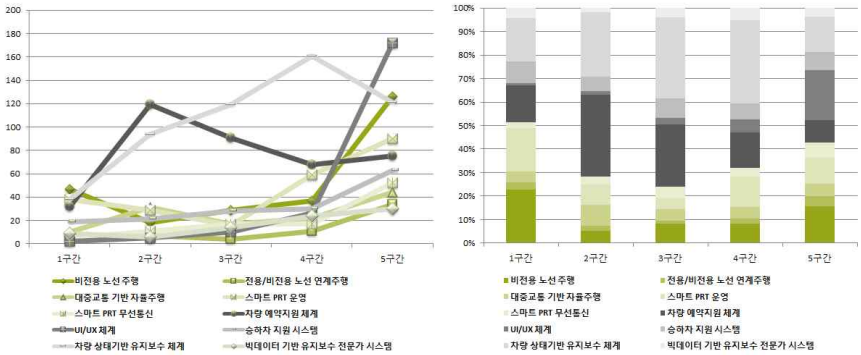
- 해외의 경우, Hitachi, Bombardier 등 철도 관련 기업에서 상태기반 유지보수 체계(ACA)에 관련된 특허가 출원되어 있으며, 주로 차량의 주행 시 경로탐색 및 차량의 유지, 레일 시스템 및 이를 융합한 기술 등 다양한 특허가 출원되어 있음

<표 2-38> 차량 상태기반 유지보수 체계(ACA)의 주요 출원인 및 주요기술요약

출원인	기술명(출원년도)	문헌번호	요약
KORAIL 한국철도공사	자동화 진단을 위한 무선통신 차상검측시스템 (2013)	KR 1494162	제어채널을 검측함으로써 검측시스템에 과부하 발생을 감소시켜 현재 사용하고 있는 무선통신설비에 대한 무선환경의 품질정보를 정확하게 검측함
Seoul Metro 서울메트로	철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템 (2013)	KR 1559343	RFID태그 및 RFID태그의 정보를 현장에서 수신하는 현장단말을 포함하는 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템
KRRI 한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute	자기부상시스템의 위치센서와 가속도센서를 이용한 실시간 궤도상태 모니터링장치 (2012)	KR 1329364	위치센서와 가속도센서로부터 측정된 공극값과 가속도값을 이용하여 자기부상궤도의 불균일성 추정값을 실시간으로 모니터링
HITACHI Inspire the Next	Vehicle operation support system and vehicle operation support method (2010)	JP 8768624	목적지에서의 충전이 불가능이라고 판단했을 때는 검색한 목적지 부근 또는 목적지로의 경로 부근의 충전 스폿을 표시하여 장거리 운전 시 안정성 제공
BOMBARDIER TRANSPORTATION	Diagnostic System And Method For Monitoring A Rail System (2007)	EP 2064106	궤도 수송수단의 레일 하부구조와 적어도 하나의 플리트를 포함해 레일 시스템을 모니터링하기 위한 진단 시스템

○ 세부기술별 점유율 분석

- 아래의 그래프에서는 세부기술별로 연도 구간별 특허기술의 출원 경향을 알 수가 있음. 오른쪽의 그래프는 출원건수를 통한 절대치를 나타내며, 왼쪽의 그래프는 세부기술에 대한 연도구간별 상대비교를 보여주고 있음



<그림 2-100> 세부기술별 점유율 분석

- 세부기술별로 연도 구간별 특허 출원 경향을 살펴본 결과, 최근에는 차량 예약지원체계의 출원이 높은 점유율을 나타내며 차량 예약지원 체계 기술이 높은 점유율을 보이는 것은 무선통신 기술의 발달로 차량 예약지원과 관련하여 무인화 및 모바일 기술이 차량 예약지원체계 기술에 응용되는 것으로 분석됨

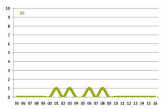
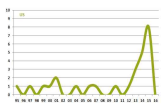
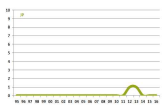
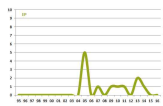
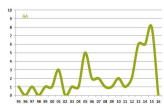
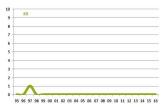
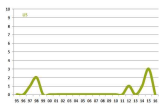
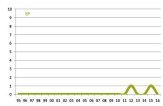
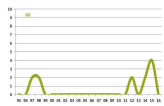
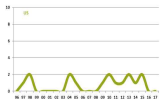
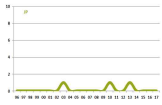
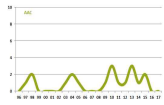
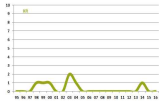
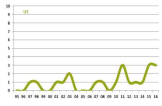
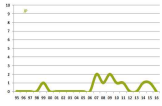
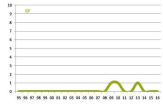
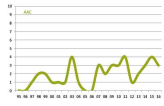
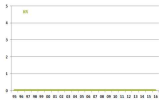
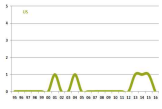
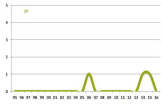
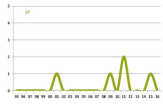
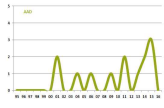
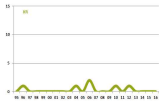
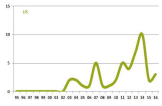
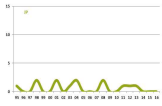
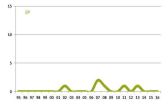
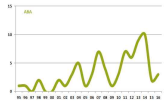
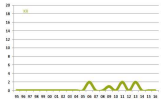
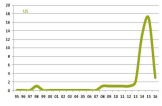
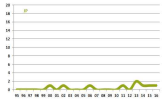
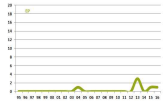
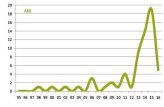
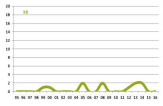
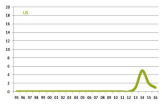
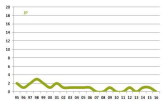
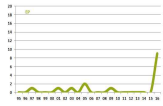
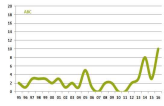
- 전용/비전용 노선 연계주행 기술의 경우, 비전용 노선 주행, 스마트 대중교통 운영 기술의 특허출원 증가와 같은 추세로 가고 있는 것으로 분석됨

- 또한 차량 상태기반 유지보수체계의 경우 4구간 이후로 점유율이 떨어지는 것으로 나타나 새로운 차량 상태기반 유지보수체계의 기술이 연구되고 있는 것으로 분석됨

○ 세부기술별 시장확보력 분석

- 구간별 외국인 출원 증가율

<표 2-39> 구간별 외국인 특허출원 현황

	한국	미국	일본	유럽	전체
비전용 노선 주행기술					
전용/비전용 노선 연계주행 기술					
대중교통 기반 자율주행 기술					
스마트 대중교통 운영기술					
스마트 대중교통 무선통신기술					
차량 예약지원 체계					
UI/UX 체계					
승하차 지원 시스템					

- 기술 소분류별 구간별 외국인 특허출원 현황을 살펴보면 한국, 미국, 일본, 유럽 모두에서 외국인 국적의 출원이 있었음. 각 소분류별 그래프는 전반적으로 미국의 출원 현황과 비슷한 형태의 곡선으로 가는 것으로 분석됨. 따라서 미국의 경우 외국인 출원이 많은 것으로 보아 시장성이 가장 높은 것으로 분석됨

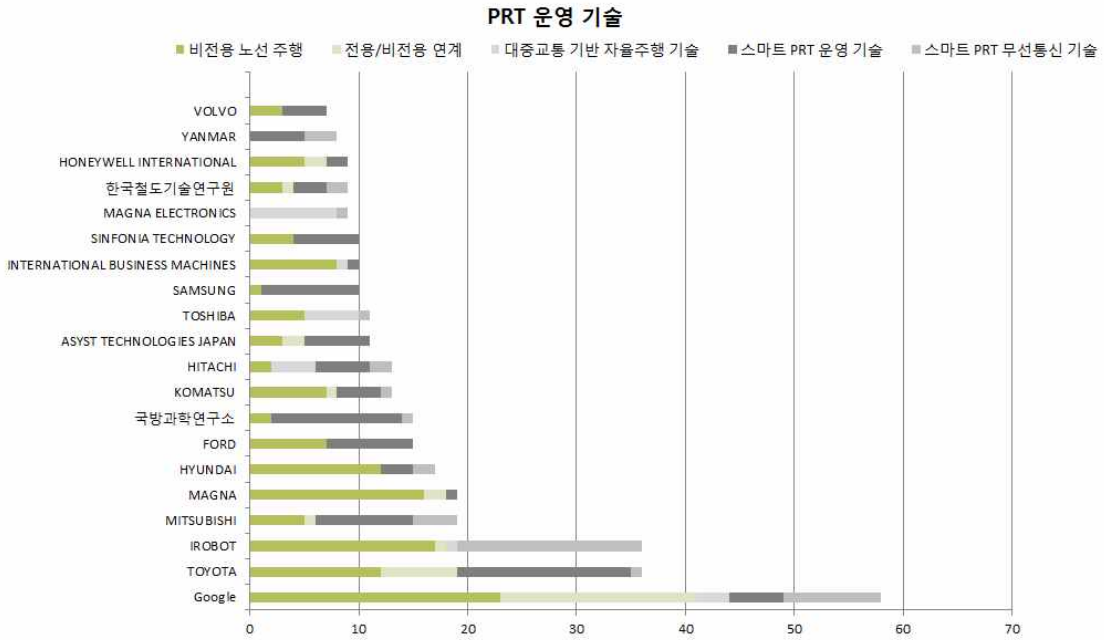
- 특히 비전용 노선주행 기술 및 UI/UV 체계에서는 미국의 경우 증가와 감소를 반복하다 2010년 이후 급격히 증가하는 것으로 분석되었으며, 일본은 외국인의 출원이 매우 드물거나 없었음

• 한국과 일본의 경우 전반적으로 건수가 적은 것으로 분석되었으며, 유럽은 승하차 지원 시스템 기술에서 2013년 이후 급격한 증가를 보이고 있는 것으로 분석됨. 특히 승하차 지원 시스템은 유럽이 증가세로 반전됨에 따라 2013년 이후 급격한 증가세로 돌아선 것으로 분석됨

• 차량 상태기반 유지보수 체계의 경우, 전체적으로 증가와 감소를 반복하고 있지만, 완만한 선형으로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타남. 다만 2014년 이후로 급격한 감소세를 보이고 있으나, 향후 출원 동향에 따라 증가세로 돌아설 가능성도 존재함

• 스마트 대중교통 무선통신 기술 및 빅데이터 기반 유지보수 기술은 전체적인 외국인 출원 건수가 적기 때문에 전체적인 시장성을 가늠하기에는 조금 부족한 측면이 있음

○ 세부기술별 주요출원인 동향분석

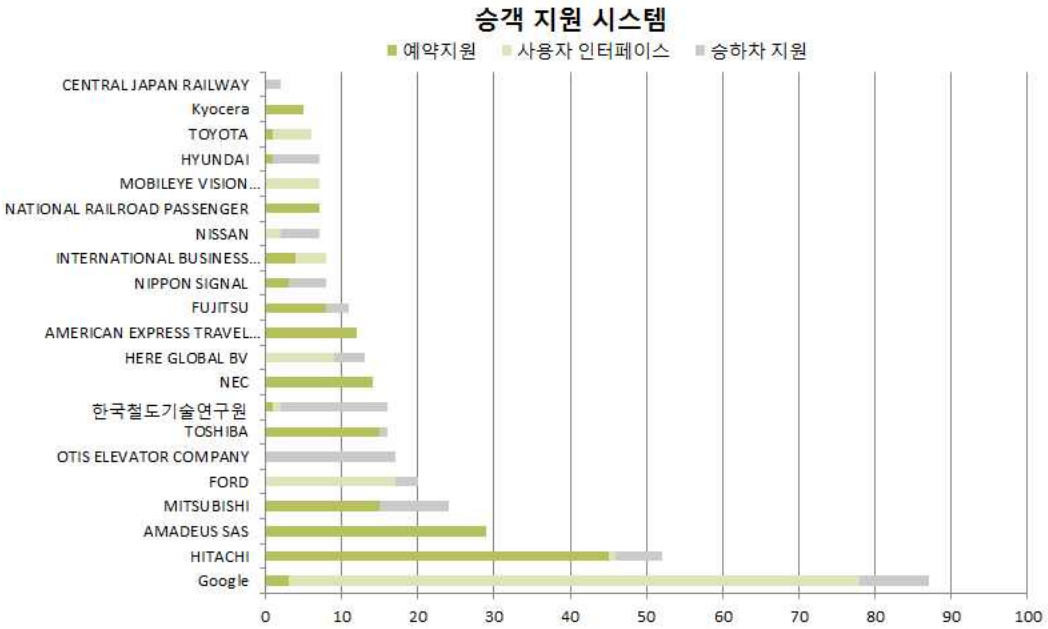


<그림 2-101> 세부기술별 출원인 동향(AA)

• 세부기술별 주요출원인의 동향을 살펴본 결과, 스마트 대중교통 운영기술(AA)분야에서는 미국의 Google이 가장 많은 특허 출원을 한 것으로 나타났으며, 일본의 TOYOTA 및 Magna가 그 뒤를 이어 많은 출원을 하고 있음

• 미국의 Google은 비전용 노선 주행 기술에 가장 많은 특허출원을 하였으며, 전용/비전용 연계 주행 기술, 스마트 대중교통 운영 기술에도 특허출원을 한 것으로 나타남. 또한 일본의 TOYOTA는 스마트 대중교통 운영 기술에 가장 많은 특허출원을 하였으며, 일본의 Magna, Mitsubishi, Komatsu 등의 출원인도 모든 기술 분야에서 출원을 한 것으로 나타남

• 또한 일본의 TOYOTA는 스마트 PRT 운영 기술에 가장 많은 특허출원을 하였으며, 미국의 iROBOT 및 일본의 Magna Electronics는 대중교통 기반 자율주행 기술 분야에서 출원을 다수 한 것으로 나타남

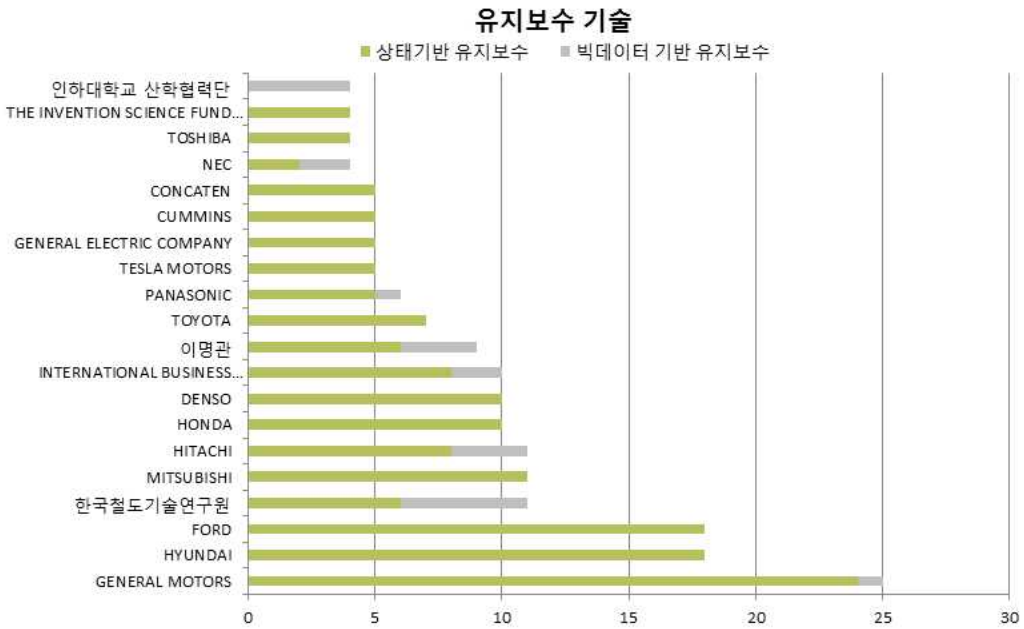


<그림 2-102> 세부기술별 출원인 동향(AB)

- 또한 승객 지원 시스템(AB)분야에서도 미국의 Google이 가장 많은 특허출원을 하였으며, 이어 일본의 Hitachi, 프랑스의 Amadeus SAS가 그 다음으로 많은 특허출원을 한 것으로 나타남. 상위 출원인 중 일본의 Hitachi, Mitsubishi, 프랑스의 Amadeus SAS는 예약지원 기술(ABA)에서 많은 특허출원을 하였으며, 그 외에도 일본의 Toshiba와 NEC도 예약지원 기술(ABA)에서 많은 특허출원을 하였음

- 미국의 OTIS의 경우 엘리베이터 승하차와 관련하여 첨단 기술을 도입하여 특허출원을 많이 하였으며, OTIS의 기술은 스마트 대중교통의 승하차 시 진보된 기술의 개발에 충분한 활용이 가능할 것으로 판단됨

- 이 외에도 승객지원 시스템(AB)분야는 일본의 출원인이 다수를 차지하는 것으로 조사됨



<그림 2-103> 세부기술별 출원인 동향(AC)

- 유지보수 기술(AC)분야에서는 미국의 General Motors가 가장 많은 특허 출원을 한 것으로 나타났으며, 한국의 현대자동차 및 미국의 FORD, 한국의 철도기술연구원이 그 뒤를 이어 많은 출원을 하고 있음

- 대부분의 출원인은 상태기반 유지보수 기술(ACA)에 집중하고 있으며, 아직 데이터/빅데이터 기반의 유지보수 기술(ACB)은 출원이 많지 않은 것으로 나타남. 향후 신경망 학습 등을 이용한 딥러닝 기술이나, 방대한 양의 데이터를 저장하여 구현하는 기술 등을 활용하여 첨단 유지보수 시스템 구축에 활용한다면 원천기술의 확보가 가능할 것으로 판단됨

- 또한 대부분의 출원인이 철도기술이 아닌 자동차, 공업 관련 기술이나 아키텍처 등을 주로 출원한 것으로 볼 때, 철도기술에 이들의 기술을 활용하는 방안도 고려할 수 있을 것으로 판단됨

(4) IP 부상도 종합 결론

<표 2-40> IP 부상도 판단 결과

NEPSA 중 특허평가지표	평가점수				
평가기준 및 정의	1	2	3	4	5
· IP 부상도 – 정량적분석 (유효특허대상)	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음

<표 2-41> IP 부상도 항목별 판단기준표

출원증가율 <이전구간대비증가율> *		국내출원인 출원건수증가율 <이전구간대비증가율> *		최근 출원점유율 <최근 구간 특허건수/ 전체구간 특허건수>		특허 시장확보력 국가별 외국인 출원증가율 <이전구간대비증가율>		IP 부상도 종합결론 T= (W+X+Y+Z) / 4
(W)		(X)		(Y)		(Z)		
5	증가율 80% 이상	5	증가율 80% 이상	5	점유율 80%이상	5	증가율 80% 이상	5
4	증가율 60%이상 ~ 80%미만	4	증가율 60%이상 ~ 80%미만	4	점유율 60%이상 ~ 80%미만	4	증가율 60%이상 ~ 80%미만	4
3	증가율 20%이상 ~ 60%미만	3	증가율 20%이상 ~ 60%미만	3	점유율 20%이상 ~ 60%미만	3	증가율 20%이상 ~ 60%미만	3
2	증가율 0%이상 ~ 20%미만	2	증가율 0%이상 ~ 20%미만	2	점유율 0%이상 ~ 20%미만	2	증가율 0%이상 ~ 20%미만	2
1	증가율 0% 미만	1	증가율 0% 미만	1	증가율 0% 미만	1	증가율 0% 미만	1

* 기준 구간 설정: 산업분야별 TCT값을 도출하여 적용
  - TCT(Technology Cycle Time: 기술분야 인용특허들의 중간값을 계산하여 기술분야의 기술순환주기 측정)
  - 단, TCT 값이 5년 이상인 경우는 5년을 최대 구간으로 설정함

- 출원증가율(W)
  • 구간 대비 출원이 증가한다는 의미는 해당 기술분야에서의 기술 관심도가 높아지고 있다는 것을 의미함

$$= \left(\frac{\text{최근구간 출원건수 - 이전구간 출원건수}}{\text{이전구간 출원건수}} \right) \times 100\ (\%)$$

- 국내출원인 출원건수증가율(X)
  • 구간 대비 국내출원인이 증가한다는 의미는 해당 기술분야에서의 국내기술이 좋아지고 있다는 것을 의미함

$$= \left(\frac{\text{최근구간 국내출원인 출원건수 - 이전구간 국내출원인 출원건수}}{\text{이전구간 국내출원인 출원건수}} \right) \times 100\ (\%)$$

- 최근 출원점유율(Y)
  • 과제 전체연도의 특허를 대상으로 요소기술에 대한 점유율을 파악하여, 해당 요소기술이 갖고 있는 기술영향력을 나타냄

$$= \left(\frac{\text{최근구간 특허건수}}{\text{전체구간 특허건수}} \right) \times 100\ (\%)$$

- 특허 시장확보력(국가별 외국인 출원증가율)(Z)
  • 특정구간 내 국가별 외국인의 출원이 증가한다는 것은, 해당 시장(국가)에 얼마만큼 진입 의지를 갖고 있는 것인지를 파악할 수 있음

$$= \left(\frac{\text{최근구간 외국인출원건수 - 이전구간 외국인출원건수}}{\text{이전구간 출원건수}} \right) \times 100\ (\%)$$

나. IP 경쟁력 분석

(1) 기술경쟁력 분석

○ 한국철도기술연구원 핵심특허 리스트

<표 2-42> 한국철도기술연구원 핵심특허리스트

연번	세부 기술	특허(등록/공개) 번호	출원일자	출원인	권리 상태	발명의 명칭
1	AAB	KR 1138685	2010.08.20	한국철도기술연구원	등록	노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법
2	AAB	KR 1370399	2013.04.02	한국철도기술연구원	등록	승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템
3	AAB	KR 1606162	2014.11.10	한국철도기술연구원	등록	궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법

○ 그 외 주요업체 핵심특허 리스트

<표 2-43> 주요업체 핵심특허 리스트

연번	세부 기술	특허(등록/공개) 번호	출원일자	출원인	권리 상태	발명의 명칭
1	ACB	KR 1559343	2013.09.30	서울메트로/케이아이씨시스템즈(주)/LG히타치/(주)소노비젼	등록	철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템
2	ABC	KR 1465525	2013.06.07	현대로템 주식회사	등록	철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법
3	AAD	KR 1177653	2012.07.10	주식회사 포스코아이씨티	등록	인트랙 피알티 시스템용 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템
4	AAC	KR 1262036	2012.10.09	주식화사 에스에이치에이치	등록	도시교통정보시스템과 연계된 트램 제어 시스템
5	ABB	US 9475491	2015.06.08	TOYOTA	등록	Lane changing for autonomous vehicles
6	AAD	JP 5988409	2015.08.25	MITSUBISHI NICHIYU FORKLIFT	등록	무인 이송차

○ IP장벽도 및 기술경쟁력 분석

<표 2-44> IP 특허장벽도

조사대상 기술		특허장벽[1]				
	요소기술	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화	① 비전용 노선 주행기술 ② 전용/비전용 노선 연계 주행기술 ③ 스마트 대중교통 운영기술 ④ 스마트 대중교통 무선통신기술 ⑤ 차량 예약지원체계 ⑥ UI/UV 체계 ⑦ 승하차 지원 시스템 ⑧ 차량 상태기반 유지보수 체계 ⑨ 빅테이터 기반 유지보수 전문가 시스템		☑			

1) 특허장벽은 경쟁력상황과 유사 상황을 고려하여 결정함.
단, 국내외 장벽과 경쟁력을 고려하여 “국내는 높음이고, 국외는 보통일 경우” 상기 와 같이 더 낮은 보통으로 ☑가 들어감

<표 2-45> 기술경쟁력 분석표

특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도[2] (중요도)
KR 1138685	한국철도기술연구원	2010-08-20 (2012-04-09)	①②④⑤⑥ ⑦⑧	★★★☆
KR 1370399	한국철도기술연구원	2013-04-02 (2014-02-27)	④⑤⑥⑦⑧	★★☆☆
KR 1606162	한국철도기술연구원	2014-11-10 (2016-03-18)	⑥⑦⑧⑨⑩	★★☆☆
KR 1559343	서울메트로/케이아이씨시스템즈(주)/LG히타치/(주)소노비젼	2013-09-30 (2015-10-05)	④⑤⑨⑩	★★☆☆
KR 1465525	현대로템 주식회사	2013-06-07 (2014-11-20)	④⑥⑦⑧	★★☆☆
KR 1177653	주식회사 포스코아이씨티	2012-07-10 (2012-08-21)	①④	★☆☆☆
KR 1262036	주식회사 에스에이치에이치	2012-10-09 (2013-05-02)	④⑤⑥⑧	★☆☆☆
US 9475491	TOYOTA	2015-06-08 (2016-10-25)	①④⑦	★☆☆☆
JP 5988409	MITSUBISHI NICHIYU FORKLIFT	2015-08-25 (2016-08-19)	①④	★☆☆☆

2) 유사도(중요도) : ★의 개수는 핵심기술과의 유사한 정도 혹은 연관관계가 가장 높은 정도를 나타냄

○ 주요특허 유사도분석

<표 2-46> 주요특허 유사도

중분류1	요소기술
기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화	① 비전용 노선 주행기술 ② 전용/비전용 노선 연계 주행기술 ③ 스마트 대중교통 운영기술 ④ 스마트 대중교통 무선통신기술 ⑤ 차량 예약지원체계 ⑥ UI/UV 체계 ⑦ 승하차 지원 시스템 ⑧ 차량 상태기반 유지보수 체계 ⑨ 빅데이터 기반 유지보수 전문가 시스템

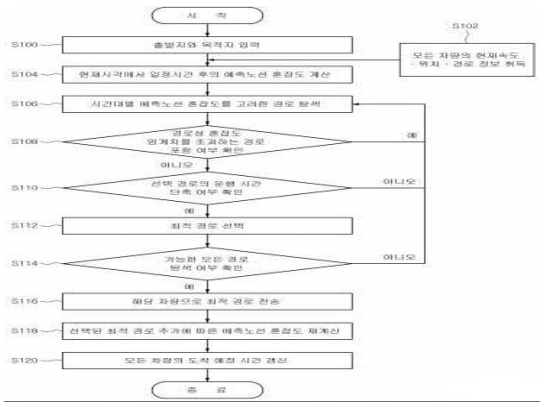
유사특허 비교분석

구 분	특허(등록·출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 1238685 (출원인: 한국철도기술연구원)	유사점	①②③④ ⑤⑥⑦	소형궤도차량의 차량용 제어장치로부터 승객에 의해 선택된 출발지와 목적지에 관한 승객선택정보를 중앙제어장치에서 수신하고, 소형궤도차량으로부터 현재위치, 속도, 경로, 목적지에 대한 운행정보를 수집하고 승객선택정보와 모든 소형궤도차량의 운행정보를 이용하여 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 모든 경로에 대한 시간대별 예측 혼잡도를 계산하여 시간대별 예측 혼잡도를 이용해 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 경로를 탐색하고, 시간대별 예측 혼잡도를 이용해 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 경로 중에 최적 경로를 선택한 뒤 최적 경로 정보를 승객이 탑승한 소형궤도차량에 전송하는 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		차량 상태기반 유지보수 및 빅데이터 기반 유지보수 전문가 시스템 기술에 관한 내용이 기재되지 않음
	KR 1265284 (출원인: 한국철도기술연구원)	유사점	③④⑤⑥ ⑦	PRT 시스템의 고유 특성에 적합한 거점역과 일반역으로 구별되는 역 제어장치의 운영을 통해 승객이 역에 도착하여 차량 호출을 하는 경우 이후 호출 차량이 출발하기까지 효과적으로 차량을 제어할 수 있는 승객의 차량 호출기능을 갖는 PRT의 역 제어시스템인 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		PRT 주행시스템, 차량 상태기반 유지보수 및 빅데이터 기반 유지보수 전문가 시스템 기술에 관한 내용이 기재되지 않음
국내	KR 1606162 (출원인: 한국철도기술연구원)	유사점	⑤⑥⑦	궤도차량의 출입문을 제어하는 DCU(Door Control Unit); 궤도차량에 설치되어 빔을 방출하고 태그로부터 태그 정보를 수신한 후, 수신된 태그 정보를 기반으로 교통카드의 위치를 추적하는 리더기; 및 DCU로부터 입력된 출입문의 개폐 여부에 따라 리더기를 통해 교통카드의 태그 정보 및 교통카드의 위치를 검출하고, 검출된 교통카드의 위치를 기반으로 교통카드를 소지한 승객의 승하차 여부를 판정하는 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		PRT 주행, 운행방식에 관한 내용이 기재되지 않음. 또한 빅데이터 유지보수 관련 내용이나 전문가 대응 유지보수 내용은 기재되지 않았으나, 궤도차량의 승객과 관련한 수송정보를 통해 충분한 유지보수 기술의 구현이 가능함
	KR 1606162 (출원인: 서울메트로, 케이아이씨시스템즈(주)/LG히타치/(주)소노비젼)	유사점	③④⑧⑨	철도차량의 각 순환예비품에 부착되는 RFID태그와, RFID태그의 정보를 수신하면서 각 역사 또는 차량기지에 RFID리더 및 RFID리더에 의해 수신되는 정보를 저장하면서 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 프로그램이 설치되는 관리플랫폼, RFID태그의 정보를 현장에서 수신하는 현장단말을 포함하는 구성으로 순환예비품의 상태를 정확하게 파악하여 고장을 예방할 수 있도록 하는 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템인 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		PRT에 관한 기술이 아니며, 차량예약체계, 인터페이스, 승하차 지원 등 승객지원에 관한 기술이 기재되지 않음
	KR 1465525 (출원인: 현대로템 주식회사)	유사점	④⑥⑦⑧	제동장치에 의한 활주 제어 시 무선 장치를 이용하여 차상신호장치와 상호 인터페이스 함으로써 상용 전 제동 및 비상제동과 같은 시스템 실패확률(Fail)을 줄여 정위치에 정차할 수 있는 철도차량의 활주제어 연계시스템인 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		PRT에 관한 기술이 아니며, 차량예약체계와 같은 승객지원에 관한 기술 및 차량의 상태/빅데이터 시스템 기반 유지보수에 관한 내용이 기재되지 않음
국내	KR 1177653 (출원인: 주식회사 포스코아이씨티)	유사점	①③	무선통신에 의하지 않고 피알티(PRT) 차량의 속도를 측정할 수 있는 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템인 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		전용/비전용 노선 연계주행 및 무선통신기술에 관한 내용이 기재되지 않았으며, 승객지원 시스템 및 유지보수 시스템이 기재되지 않은 차이가 있음
	KR 1262036 (출원인 : 주식회사 에스에이치에이치)	유사점	④⑤⑥⑧	도시교통정보시스템과 연계되어 차량데이터를 무선으로 수신하고, 운행 중 생성되는 정보를 외부로 무선으로 전송하며 트램 운행 시 도로의 교통정보를 통제하는 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		비전용/전용 노선 주행 및 연계기술에 관한 내용이 기재되지 않았으며, 승하차 지원이나 빅데이터 수집, 유지보수에 관한 내용이 기재되지 않은 차이가 있음
해외	US 9475491 (출원인 : TOYOTA)	유사점	①③⑥	자율 주행 차량의 현재 주행 차선에 인접한 주행 차선에 위치한 한 쌍의 이웃하는 차량 사이의 목표 갭이 식별 될 수 있으며, 자동차 거리의 의 크기가 허용 가능한지 또는 허용 불가능한지를 결정하여 거리의 크기에 따라 반응하여, 자율 주행 차량을 위한 대안 차선 변경 기동이 결정될 수 있고, 자율 주행 차량은 대체 차선 변경 기동을 구현할 수 있고, 자율주행의 노선연계 및 자율주행 차량의 내비게이션 인터페이스를 포함한 운영기술인 점에서 요소기술과 유사함
		차이점		스마트 대중교통 운영이 아닌 자율주행 관련 기술이며, 유지보수 체계에 관한 내용이 기재되지 않음
	JP 5988409 (출원인 : MITSUBISHI NICHIYU FORKLIFT)	유사점	①③	궤도를 통한 무선급전을 하며, 주행 중에 이를 효율적으로 수전할 수 있기 때문에 요소기술과 유사함
		차이점		전용/비전용 노선연계에 관한 언급이 없으며, 승객지원 시스템 및 유지보수 시스템에 관한 내용이 기재되어 있지 않음

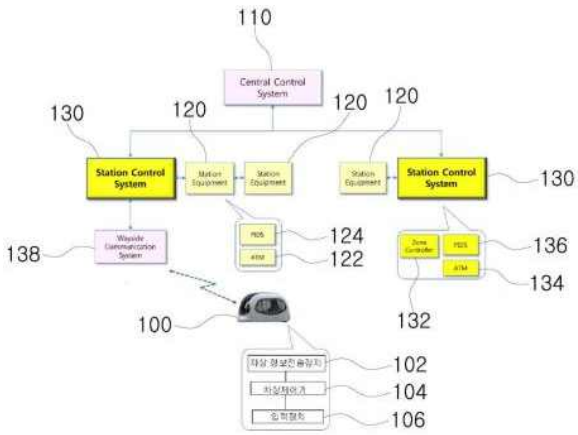
검토 의견	한국철도연구원이 출원한 한국등록특허 1238685, 1265284 및 1606162는 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 요소가 대부분 기재되어 있으며, 이외의 유지보수 관련 기술은 철도차량 유지보수(한국등록특허 1465525, 출원인 : 현대로템, 한국등록특허 1559343, 출원인 : 서울메트로)가 기재되어 있으며, 대중교통 기반 자율주행 기술 (한국등록특허 1262036, 출원인 : 주식회사 에스에이치에이치) 또한 일부 기재되어 있는 것으로 조사됨. 외국의 경우 비전용노선 주행기술, 스마트 PRT 운영기술 및 UI/UX체계(일본등록특허 5988409, 출원인 : MITSUBISHI, 미국등록특허 9475491, 출원인 : TOYOTA) 등 국내외 선행문헌을 통하여 공지되어 있음 국내외 모두 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 관련하여 기존의 철도기술 및 자동차 관련 자율주행 기술 외에는 핵심특허가 거의 없을 것으로 분석되므로, 연구개발 수행의 과정에서 자율주행 차량 및 철도차량 관제시스템, 그리고 이들의 특허요소가 결합된 특허를 출원함과 동시에, 스마트 PRT 시스템/대차 유지보수 기술 특허와 관련한 IP 창출의 필요성이 높을 것으로 판단됨
대응 방안	기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술과 관련하여 한국의 서울메트로, 현대로템 등 철도차량 제조업체의 기술동향과 더불어, 일본등록특허 5988409 및 미국등록특허 9475491의 유사기술 및 해당 기술의 최신기술동향 및 등록과정을 살펴볼 필요성이 있고, 자율주행 차량 및 녹색 교통(철도, 도로교통, 항만)관련 관제시스템 아키텍처 및 이를 활용한 기술을 연구개발 시 해당 특허 및 국내 주요업체(삼성, 현대로템, 한국철도공사 및 서울메트로) 및 해외의 주요업체(Google, Microsoft, TOSHIBA, MITSUBISHI, ALSTOM 등)의 기술내용을 참조하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

○ 주요특허 권리분석

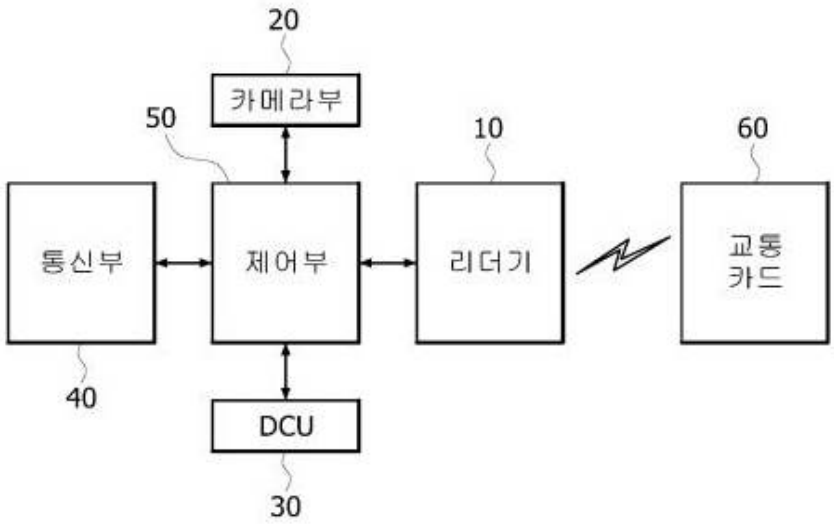
<표 2-47> 노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법

발명의 명칭	노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법		
출원인	한국철도기술연구원	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2012-0021872/1138685	출원일	2010.08.20
기술 분야	승하차 지원(ABC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법에 관한 것으로; 승객이 탑승한 소형궤도차량의 차량용 제어장치로부터 승객에 의해 선택된 상기 출발지와 목적지에 관한 승객선택정보를 중앙제어장치에서 수신하는 제1단계, 궤도 노선상의 모든 소형궤도차량으로부터 현재위치/속도/경로/목적지 등에 대한 운행정보를 수집하는 제2단계, 상기 승객선택정보와 모든 소형궤도차량의 운행정보를 이용하여 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 모든 경로에 대한 시간대별 예측 혼잡도를 계산하는 제3단계, 상기 시간대별 예측 혼잡도를 이용해 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 경로를 탐색하는 제4단계, 상기 시간대별 예측 혼잡도를 이용해 승객이 선택한 출발지에서 목적지까지의 경로 중에 최적 경로를 선택하는 제5단계, 상기 최적 경로 정보를 상기 승객이 탑승한 소형궤도차량에 전송하는 제6단계로 구성되는 것을 특징으로 한다. 본 발명은 현재 모든 노선에 대한 혼잡도뿐만 아니라 일정한 시간 후의 모든 노선에 대한 혼잡도를 모든 차량의 현재위치/속도/경로/목적지에 대한 운행정보를 기반으로 사전에 예측함으로써 가장 최적화된 경로를 선택하게 하여 전체 노선의 운행 효율성을 증대시키는 효과가 있다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 소형궤도차량의 경로 선택 방법에 관한 것으로서, 좀더 상세하게는 소형궤도차량의 운행 노선의 예측 혼잡도를 이용하여 소형궤도차량의 최적 경로를 선택하고 소형궤도차량의 운행을 제어하는 소형궤도차량의 경로 선택 방법에 관한 것임 법적상태 - 2010년 08월 20일 출원되고 2012년 04월 10일 등록된 한국 특허로서 소형궤도차량의 운행정보를 수집하고 혼잡도를 계산한 뒤, 출발지에서 목적지까지의 경로 중에 최적 경로를 선택하고, 최적 경로 정보를 승객이 탑승한 소형궤도차량에 전송하는 단계로 이루어져 있음. 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 차량의 상태를 데이터화하여 수집한 뒤 실시간으로 유지보수가 가능한 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

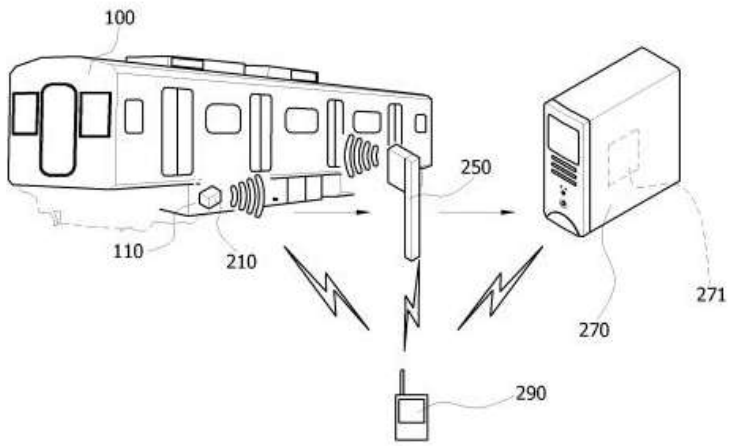
<표 2-48> 승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템

발명의 명칭	승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템		
출원인	한국철도기술연구원	출원국가	KR
출원번호/공개번호	2013-0035809/1370399	출원일	2013.04.02
기술 분야	승하차 지원(ABC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템에 관한 것으로, 네트워크 노선에서 차량이 운행하는 PRT 시스템의 일반역에 구비되어 승객이 차량을 호출하는 PIDS가 구비되는 일반역 제어장치와 거점역에 구비되어 승객이 차량을 호출하는 PIDS와, 설정된 영역 내에 운행 중인 차량 및 일반역 제어장치와의 데이터 통신을 수행하는 지역제어기가 구비되는 거점역 제어장치와 거점역 제어장치와 데이터 통신을 통해 상기 PIDS를 통한 차량 호출 정보가 수신되면 승객이 호출한 역에서 근접해 있는 공차를 검색하여 호출 역으로 이동하도록 제어하는 중앙제어장치로 구성되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 역 제어장치를 통해 승객이 차량을 호출시 역 제어장치를 거점역과 일반역으로 구성을 달리하여 복잡한 네트워크 노선에서 다수의 PRT 차량을 제어할 수 있는 구조로 인해, PRT 시스템에 있어서 효과적인 차량의 제어가 가능하다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 본 발명은 승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템에 관한 것으로서, 복잡한 네트워크 노선에서 많은 차량이 운행하는 PRT 시스템의 고유 특성에 따라 거점역과 일반역으로 구별되는 역 제어장치의 운영을 통해 승객이 역에 도착하여 차량 호출에서부터 출발하기까지의 차량의 운행을 효과적으로 제어할 수 있는 소형 궤도차량의 역 제어시스템에 관한 것임 법적상태 - 2013년 04월 02일 출원되고 2014년 02월 27일 등록된 한국 특허로서 토크역 제어장치를 통해 승객이 차량을 호출시 역 제어장치를 거점역과 일반역으로 구성을 달리하여 복잡한 네트워크 노선에서 다수의 PRT 차량을 제어할 수 있는 구조로 인해, PRT 시스템에 있어서 효과적인 차량의 제어가 가능함. 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 차량운행 시 데이터를 수집하여 차량의 상태를 모니터링하고, 실시간으로 유지보수가 가능한 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

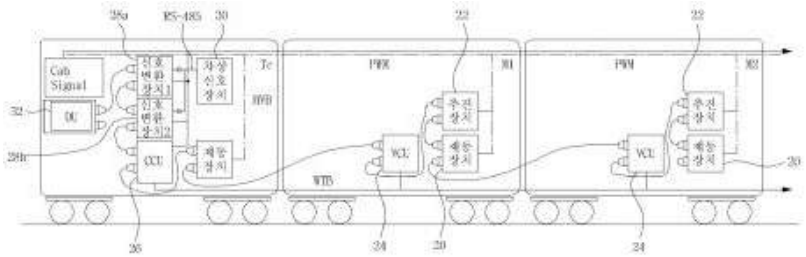
<표 2-49> 궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법

발명의 명칭	궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법		
출원인	한국철도기술연구원	출원국가	US
출원번호/공개번호	2014-0155550/1606162	출원일	2014.11.10
기술 분야	승하차 지원(ABC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 궤도차량의 출입문을 제어하는 DCU(Door Control Unit); 궤도차량에 설치되어 빔을 방출하고 태그로부터 태그 정보를 수신한 후, 수신된 태그 정보를 기반으로 교통카드의 위치를 추적하는 리더기; 및 DCU로부터 입력된 출입문의 개폐 여부에 따라 리더기를 통해 교통카드의 태그 정보 및 교통카드의 위치를 검출하고, 검출된 교통카드의 위치를 기반으로 교통카드를 소지한 승객의 승하차 여부를 판정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 본 발명은 궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 궤도차량의 출입문의 리더기를 통해 교통카드의 태그 정보 및 교통카드의 위치를 검출하고, 검출된 교통카드의 위치를 기반으로 승하차 여부를 판정하는 궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법에 관한 것임 법적상태 - 2014년 11월 10일 출원되고 2016년 03월 18일 등록된 한국 특허로서 궤도차량의 출입문의 리더기를 통해 교통카드의 태그 정보 및 교통카드의 위치를 검출하고, 검출된 교통카드의 위치를 기반으로 승하차 여부를 판정하고, 판정 결과에 따라 궤도차량 이용에 따른 요금 처리를 요청하여 혼잡 시간대에 역사 내에서 병목현상이 발생하는 것을 미연에 방지할 수 있고 개찰구를 별도로 구비할 필요가 없음. 또한 승객을 실시간으로 검출할 수 있기 때문에 수송정보의 정확한 획득이 가능함 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, PRT의 궤도주행 시스템과 연계시켜 보다 강한 권리화가 가능할 것으로 판단됨		

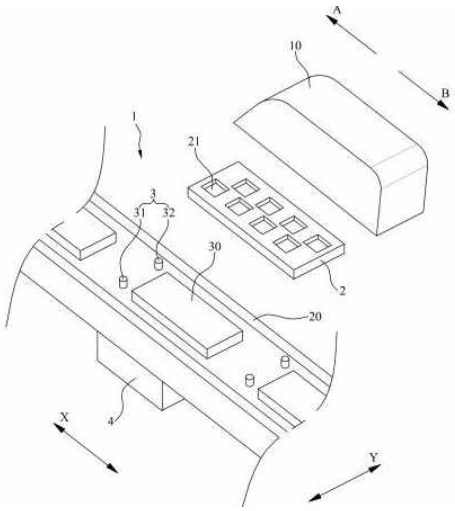
<표 2-50> 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템

발명의 명칭	철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템		
출원인	서울메트로/케이아이씨시스템즈(주)/LG히타치/(주)소노비젼	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2013-0116063/1559343	출원일	2013.09.30
기술 분야	빅데이터 기반 유지보수 전문가 시스템 (ACB)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 철도차량의 각 순환예비품에 부착되는 RFID태그와 RFID태그의 정보를 수신하면서 각 역사 또는 차량기지에 RFID리더 및 RFID리더에 의해 수신되는 정보를 저장하면서 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 프로그램이 설치되는 관리플랫폼, RFID태그의 정보를 현장에서 수신하는 현장단말을 포함하는 구성으로 순환예비품의 상태를 정확하게 파악하여 고장을 예방할 수 있도록 하는 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템에 관한 것이다. 차량의 원격상태 진단이 가능하고, 유지보수 주기를 최적화하며, 정보전달의 효율성과 신뢰도를 높이고, 효율적인 유지보수는 물론 고장을 미연에 예방하며, 검수정보의 축적은 물론 자재관리를 효율적으로 수행하는 효과가 있다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 철도차량의 원격상태 진단이 가능토록 하고, 유지보수 주기를 최적화 할 수 있도록 하며, 정보전달의 효율성과 신뢰도를 높일 수 있도록 하고, 효율적인 유지보수는 물론 고장을 미연에 예방할 수 있도록 하며, 검수정보의 축적은 물론 자재관리를 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템에 관한 것임 법적상태 - 2013년 09월 30일 출원되고 2015년 10월 05일 등록된 한국 특허로서 RFID리더를 통하여 RFID태그에 순환예비품의 부품이력 및 상태진단 데이터를 입력토록 설치되는 철도차량 부품이력 및 상태진단 관리 분석 시스템을 제공하는 기술로 이루어져 있음. 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 이를 PRT 차량 및 시스템의 유지보수에 관한 내용으로 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

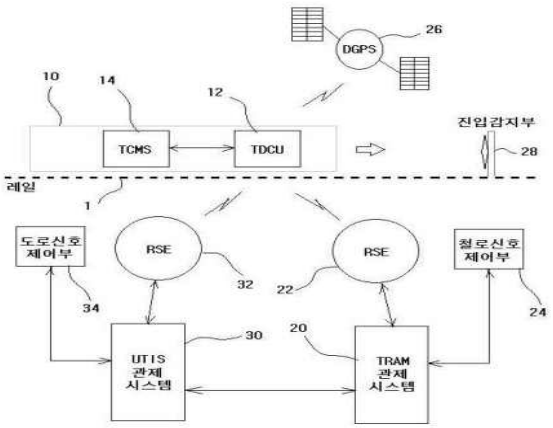
<표 2-51> 철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법

발명의 명칭	철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법		
출원인	현대로템 주식회사	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2013-0065337/1465525	출원일	2013.06.07
기술 분야	승하차 지원(ABC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 제동장치에 의한 활주 제어 시 차상신호장치와 상호 인터페이스함으로써 상용 전제동 및 비상제동과 같은 시스템 페일(Fail)을 줄일 수 있는 철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 발명은 철도차량의 활주제어 연계시스템은 철도차량의 객차에 설치되어 열차 운행중 슬립/슬라이드 발생 시 대차의 활주제어를 명령하는 VCU와, 상기 VCU의 활주제어 명령에 따라 활주방지 로직을 수행하여 해당 대차를 활주제어하는 제동장치와, 운전실에 설치되어 차량의 상태진단 및 제어를 담당하고, 상기 VCU와 상호 인터페이스되는 CCU, 및 상기 CCU와 상호 인터페이스되어 제동장치의 활주제어를 모니터링하고, 제동장치의 활주제어에 의한 해당 대차의 제동력 감소를 고려해서 제동력을 조정하여 ATO 운행하는 차상신호장치를 포함하여 구성된다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 제동장치에 의한 활주 제어 시 차상신호장치와 상호 인터페이스함으로써 상용 전제동 및 비상제동과 같은 시스템 페일(Fail)을 줄일 수 있는 철도차량의 활주제어 연계시스템 및 방법에 관한 것임 법적상태 - 2013년 06월 07일 출원되고 2014년 11월 20일 등록된 한국 특허로서 제동장치의 활주제어시 차상신호장치에서 이를 모니터링하고 별도의 소프트웨어 로직으로 제동력을 조정하여 열차 운행중 과속에 의한 FSB 또는 EB 상황을 방지하여 정상적인 운행을 지속할 수 있는 철도차량의 활주제어 연계시스템으로 이루어져 있음. 본 기술을 기반으로 PRT 분야에 적용하여 개량된 기술을 개발할 시, 보다 구체적인 승하차 지원 기술 및 PRT 주행기술/관제기술 연계 측면의 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

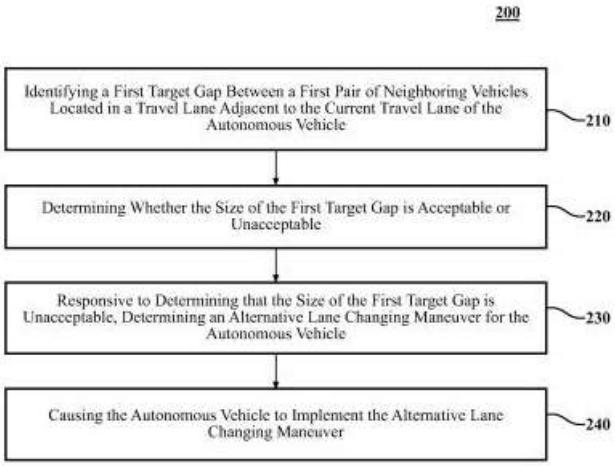
<표 2-52> 인트랙 피알티 시스템용 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템

발명의 명칭	인트랙 피알티 시스템용 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템		
출원인	주식회사 포스코아이씨티	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2010-0139681/1177653	출원일	2010.12.30
기술 분야	스마트 PRT 운영(AAC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 피알티(PRT) 차량과 궤도 사이에 위치되게 피알티 차량에 결합되고, 피알티 차량이 이동하는 방향으로 복수개의 제1홀(Hole)이 서로 이격되게 형성된 플레이트(Plate), 궤도에 결합되고, 제1홀들과 상기 플레이트를 구분하여 감지하는 제1근접센서를 포함하는 센서부 및 제1근접센서가 적어도 2개의 제1홀들을 감지하는데 걸린 시간을 이용하여 피알티 차량의 속도를 연산하는 측정부를 포함하는 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 무선통신에 의하지 않고 피알티 차량의 속도를 측정함으로써, 무선통신에 대한 통신장애가 발생하는 것에 영향을 받지 않고 피알티 차량의 속도를 안정적으로 측정할 수 있다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 무선통신에 의하지 않고 피알티 차량의 속도를 측정할 수 있는 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템에 관한 것으로서, 무선통신에 의하지 않고 피알티 차량의 이동방향을 검출할 수 있는 측정장치 및 이를 포함하는 인트랙 피알티 시스템을 제공하며, 고가의 엔코더를 이용하지 않음으로써 재료비를 줄일 수 있고, 이로 인해 제조 단가를 낮출 수 있는 측정장치 및 인트랙 피알티 시스템을 제공함 법적상태 - 2010년 12월 30일 출원되고 2012년 08월 21일 등록된 한국 특허로서 무선통신에 의하지 않고 피알티(PRT) 차량의 속도와 이동방향을 측정함으로써, 효과적인 속도 및 이동방향의 검출이 가능함. 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 무선 통신 시 통신 장애에 구애받지 않는 유무선 스마트 PRT 운영 시스템/기기 기술로 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

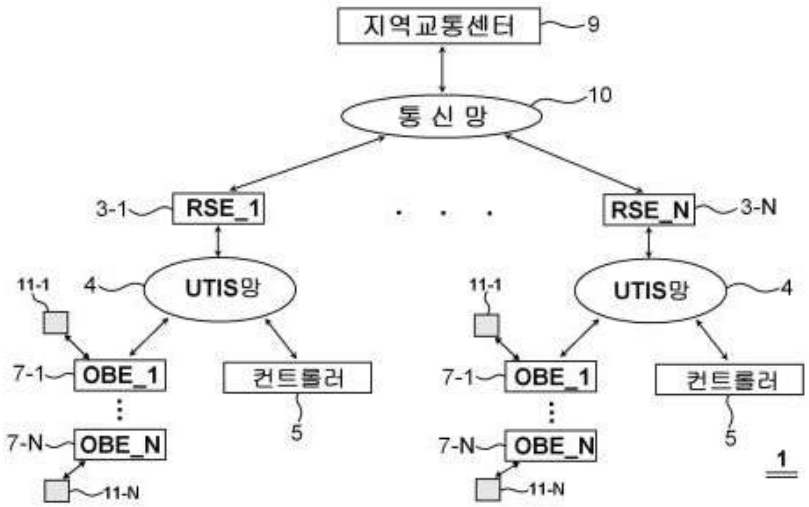
<표 2-53> 도시교통정보시스템과 연계된 트램 제어 시스템

발명의 명칭	도시교통정보시스템과 연계된 트램 제어 시스템		
출원인	주식회사 포스코아이씨티	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2010-0139681/1177653	출원일	2010.12.30
기술 분야	스마트 PRT 운영(AAC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 도시교통정보시스템과 연계된 트램 제어 시스템에 관한 것이다. 이는 트램 차량(10) 내에 설치되어, 외부로부터 트램 차량 제어 데이터를 무선 수신하고 외부로 데이터를 전송하는 TDCU(12), 및 상기 TDCU(12)로부터 전달받은 트램 차량 제어 데이터를 기초로 상기 트램 차량(10)의 운행 상태를 제어하고, 운행 중 생성되는 운행 정보를 외부로 전송하도록 상기 TDCU(12)에 송신하는 TCMS(14)과; 트램 차량(10)의 위치 측정 위한 DGPS(26)과; 레일(1)을 따라 복수의 위치에 각각 설치되어, TDCU(20)와 무선 방식으로 데이터를 송수신하는 복수의 UTIS 노변장치(32)와; 트램 차량(10)이 운행하는 도로 상의 신호등과 횡단보도등을 포함하는 교통정보를 통제하는 UTIS 관제시스템(30)과; 레일(1)을 따라 복수의 위치에 각각 설치되어, TDCU(20)와 무선 방식으로 데이터를 송수신하는 복수의 트램 노변장치(22); 및 DGPS(26)로부터 수신된 트램 차량 위치 정보, UTIS 관제시스템(30)으로부터 수신된 도로 교통정보, 및 TDCU(20)로부터 수신된 운행 데이터를 기초로 트램 차량(10)의 트램 차량 제어 데이터를 생성하는 트램 관제시스템(20)을 포함한다. 이에 따라 트램이 도시 내를 주행할 때 트램 전용의 제어가 가능하면서도 동시에 승용차나 버스와 혼선되지 아니하고 원활하게 운행할 수 있도록 하는 등의 현저한 효과를 제공한다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 도시교통정보시스템과 연계된 트램제어시스템으로서, 교통정보 시스템과 연계하여 트램 주행 시 트램 제어 및 기존 도로의 교통정보를 제어할 수 있는 장점이 있으며, 기존 승용차나 버스와의 혼선이 빚어지지 않음 법적상태 - 2012년 10월 09일 출원되고 2013년 05월 02일 등록된 한국 특허로서 트램 운행 시 교통정보시스템과 연계하여 효과적인 도로 제어가 가능함. 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 트램을 자율주행 대중교통의 모든 범위로 개량하여, 이를 교통정보 시스템과 연계한 기술로 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

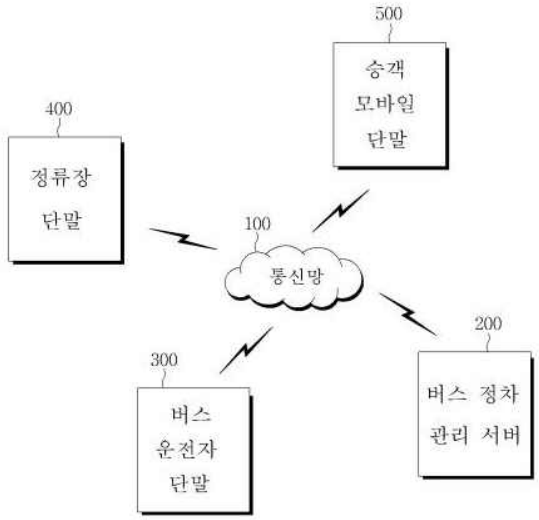
<표 2-54> Lane changing for autonomous vehicles

발명의 명칭	Lane changing for autonomous vehicles		
출원인	TOYOTA Motor Engineering & Manufacturing North America	출원국가	US
출원번호/등록번호	14/732958/9475491	출원일	2015.06.08
기술 분야	전용/비전용 노선연계 주행(ABB)	법적상태	등록
기술요약	Various manners of changing travel lanes for an autonomous vehicle are described. A target gap between a pair of neighboring vehicles located in a travel lane that is adjacent to the current travel lane of the autonomous vehicle can be identified. It can be determined whether the size of the first target gap is acceptable or unacceptable. Responsive to determining that the size of the first target gap is unacceptable, an alternative lane changing maneuver for the autonomous vehicle can be determined. The autonomous vehicle can be caused to implement the alternative lane changing maneuver.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 – 자율차량이 왕복거리의 레인을 바꾸는 시스템으로, 센서가 주위 환경을 검출하여 주위 환경에 따라 시스템이 차량을 조종하고 유도하며, 자율적이고 고도한 운영모드를 지원하는 자율주행 시스템에 관한 것임 법적상태 – 2015년 06월 08일 출원되고 2016년 10월 25일 등록된 미국 특허로서 자율주행차량이 센서를 통해 주위환경을 감지하고, 레인을 바꾸게 되는 기술임. 또한 이를 판독하는 시스템 또한 자율주행 차량과 연동되어 구현되기 때문에 본 기술을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 자율주행 PRT를 시스템이 환경에 따른 다양한 모드를 지원하도록 하는 권리범위의 설계가 필요함		

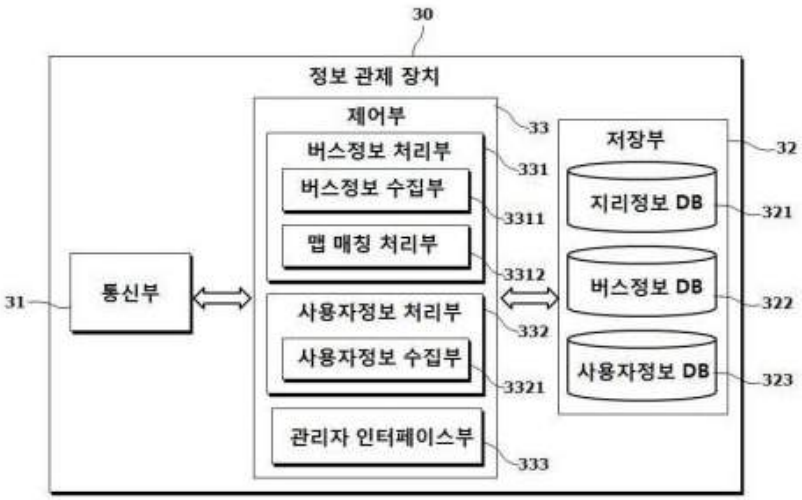
<표 2-55> 유티아이에스를 이용한 버스우선신호 시스템

발명의 명칭	유티아이에스를 이용한 버스우선신호 시스템		
출원인	도로교통공단	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2011-0107566/1243862	출원일	2011.10.20
기술 분야	대중교통 기반 자율주행 시스템(AAC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 RSE가 UTIS망을 통해 버스 내에 설치된 OBE들로부터 버스의 위치 및 속도정보를 포함하는 버스운행정보를 전송받아 전송받은 버스운행정보를 신호등을 제어하는 컨트롤러로 전송하고, 컨트롤러는 전송받은 버스운행정보를 기반으로 타 차량들의 지체를 증가시키지 않는 범위 내에서 버스의 이동이 원활하게 이루어지도록 수정주기를 산출하여 산출한 수정주기에 따라 신호등이 점등되도록 함으로써 버스의 속도와 정시성을 현저하게 증가시키는 버스우선신호 시스템에 관한 것이다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 유티아이에스(UTIS:Urban Traffic Information System)망을 이용하여 교차로에서 타 차량의 지체를 최소화하는 범위 내에서 버스의 진행방향에 우선신호를 부여하여 버스의 이동속도 및 정시성을 증가시키도록 하는 버스우선신호 시스템으로 버스의 수요를 기반으로 효율적인 버스우선신호를 제공함 법적상태 - 2011년 10월 20일 출원되고 2013년 03월 08일 등록된 한국 특허로서 버스의 이동속도 및 정시성을 증가시키는 시스템 및 통신망을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 자율주행자동차 기술을 버스에 적용하여 버스 운행 시스템을 무인화하고, 이를 교통정보 시스템과 연계한 기술로 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

<표 2-56> 버스 정류장의 정차 관리 시스템 및 방법

발명의 명칭	버스 정류장의 정차 관리 시스템 및 방법		
출원인	부산대학교 산학협력단	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2012-0018336/1246370	출원일	2012.02.23
기술 분야	대중교통 기반 자율주행 시스템(AAC)	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 탑승 대기자의 선택에 의해 해당 노선 버스의 운전자에게 정류장 정보 및 탑승 대기자 존재 유무를 통보하여 운전자가 해당 정류장에서의 정차가 효율적으로 이루어지도록 한 버스 정류장의 정차 관리 시스템 및 방법에 관한 것으로, 버스 정차 관리 서버가 전송한 버스 정보를 표시하고, 탑승 선택 및 고객 정보를 인식하여 버스 정차 관리 서버로 전송하는 정류장 단말;상기 버스 정보를 정류장 단말로 전송하고, 탑승 선택 정보 및 고객 정보를 정류장 단말로부터 수신하여 탑승 선택 정보 및 고객 정보를 해당 버스에 설치된 버스 운전자 단말로 전송하는 버스 정차 관리 서버;운전자가 알 수 있도록 탑승 선택 정보를 표시하고, 고객이 승차하면 승차한 고객이 탑승 선택을 한 고객인지 아닌지를 판단하여 탑승 선택을 한 고객인 경우에는 탑승 확인 및 버스 요금 할인 결제를 수행하고, 탑승 확인 정보를 버스 정차 관리 서버로 전송하는 버스 운전자 단말;을 포함한다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 탑승 대기자의 선택에 의해 해당 노선 버스의 운전자에게 정류장 정보 및 탑승 대기자 존재 유무를 통보하여 운전자가 해당 정류장에서의 정차가 효율적으로 이루어지도록 한 버스 정류장의 정차 관리 시스템 및 방법을 제공하며 모바일을 이용한 탑승 선택이 가능하고 버스운전자도 이를 확인하여 불필요한 정차 및 감속을 해결함 법적상태 - 2012년 02월 23일 출원되고 2013년 03월 15일 등록된 한국 특허로서 버스운전자와 승객의 모바일 통신이 가능한, 버스의 효율적인 승하차가 가능한 시스템을 기반으로 개량된 기술을 개발할 시, 자율주행자동차 기술을 버스에 적용하여 버스 운행 시스템을 무인화하고, 관련 앱 개발과 함께 이를 교통정보 시스템과 연계한 기술로 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

<표 2-57> 엘티이(LTE) 및 지피에스(GPS) 기술을 이용한 실시간 버스 운행 관리 시스템

발명의 명칭	엘티이(LTE) 및 지피에스(GPS) 기술을 이용한 실시간 버스 운행 관리 시스템		
출원인	주식회사 프랭클린테크놀로지	출원국가	KR
출원번호/등록번호	2015-0075099/2016-0139719	출원일	2015.05.28
기술 분야	대중교통 기반 자율주행 시스템(AAC)	법적상태	공개
기술요약	본 발명에 따른 엘티이(LTE) 및 지피에스(GPS) 기술을 이용한 실시간 버스 운행 관리 시스템은 지피에스(GPS) 위성으로부터 지피에스(GPS) 신호를 수신하고 와이파이(Wi-Fi) 무선통신망을 통해 승객 단말기로 와이파이(Wi-Fi) 데이터 서비스를 제공하며 엘티이(LTE) 무선통신망을 통해 지피에스(GPS) 데이터와 승객 단말기 정보를 포함하는 와이파이(Wi-Fi) 데이터 서비스 요청정보를 송신하는 버스 단말기; 및 버스 단말기와 엘티이(LTE) 무선통신망을 통해 연결되고 인터넷 통신망을 통해 관리자 단말기와 항시 연결되어 있어, 버스 단말기로부터 지피에스(GPS) 데이터를 수신하여 저장하고 관리자 단말기로부터 실시간 버스 데이터 요청정보가 입력되면 지피에스(GPS) 데이터와 지리정보 데이터를 이용하여 해당 요청된 버스의 운행 노선을 파악한 후 요청된 버스의 지피에스(GPS) 및 버스 관련 데이터를 생성하여 관리자 단말기로 제공하는 정보 관제 장치를 포함한다.		
대표도면	 대표도면		
분석결과 종합	기술의견 - 엘티이(LTE) 및 지피에스(GPS) 기술을 이용한 실시간 버스 운행 관리 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 보다 정확하게 버스 운행 관리를 위한 정보를 직관적으로 실시간 제공하며, 모든 버스 승객들에게 와이파이 데이터 서비스를 제공할 수 있는 엘티이(LTE) 및 지피에스(GPS) 기술을 이용한 실시간 버스 운행 관리 시스템으로 정보관제 장치를 통한 GPS 입력 데이터 저장 및 지리정보 데이터베이스 기반으로 관련 데이터를 생성하여 관리자가 실시간으로 확인하고, 이를 와이파이 서비스와 연동하여 승객에게 와이파이 데이터 서비스를 제공하며 승객 수에 따라 와이파이 서비스를 유동적으로 제공함 법적상태 - 2015년 05월 28일 출원되고 2016년 12월 07일 공개된 한국 특허로서 LTE/GPS 연동 버스 운행 관리 기술을 출원 시 심사경과를 지켜본 후 이에 따른 대응전략이 필요함		

<표 2-58> 무인 이송차

발명의 명칭	무인 이송차		
출원인	MITSUBISHI NICHIYU FORKLIFT	출원국가	JP
출원번호/등록번호	2015-165459/5988409	출원일	2015.08.25
기술 분야	스마트 PRT 운영(AAC)	법적상태	등록
기술요약	무선에서의 급전에 있어서 효율적으로 수전할 수 있는 무인 이송차를 제공한다. 급전 라인이 설치된 주행로를 주행하는 무인 이송차는 주행로 위를 이동하는 차량 본체와 차량 본체에 대해서 회전 가능하게 지지되어 당해 차량 본체의 전후 방향에 간격을 두어서 배치된 복수의 차륜과 복수의 차륜에 걸리고 전기적 절연성을 가지는 무단형 궤도대와 궤도대 사이에 설치되고, 궤도대를 통해 급전 라인의 급전용 전극과 대향하는 수전용 전극을 구비한다.		
대표도면	대표도면 없음		
분석결과 종합	기술의견 - 무선에서의 급전에 있어서 효율적으로 수전할 수 있는 무인 이송차에 관한 것이며 무선에서의 급전에 있어서 주행 중에 효율적으로 수전할 수 있는 무인 이송차를 제공하는 것임 법적상태 - 2015년 08월 25일 출원되고 2016년 08월 19일 등록된 일본 특허로서 무인 이송차의 주행 중 무선급전에 관한 내용으로 구성되어 있음. 본 기술을 기반으로 PRT의 실시간 충전 기술을 개발할 시, 현재 출원되어 있는 무선충전 기술을 활용하여 실시간으로 충전이 가능한 PRT 기술 권리범위를 설정한 설계가 필요함		

다. 특허분석 결론 및 시사점

(1) 특허분석 결론

○ IP 부상도 종합 검토의견

<표 2-59> NEPSA 중 특허평가지표

NEPSA 중 특허평가지표	평가점수				
평가기준 및 정의	1	2	3	4	5
· IP 부상도 - 정량적분석 (유효특허대상)	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음

- 해당 기술의 IP부상도를 분석한 결과 국내 출원인 출원건수 증가율이 63.23%의 부상도를 보였고, 출원증가율은 62.64%, 최근 출원 점유율은 32.01%를 나타냈으며, 외국인 출원 증가율은 65.31%를 나타내어, 전반적으로 높은 수준의 부상도를 나타냄

- 추세선을 통한 출원증가율 분석에서는 전체 대분류를 기준으로 최근 10년간 한국, 미국, 일본, 유럽에 특허출원한 출원건수를 2007년~2010년(이전구간), 2011년~2014년(최근구간)으로 5년 단위로 설정하여 분석한 결과 이전구간 출원건수는 총 446건, 최근구간 출원건수는 총 728건으로 출원 증가율은 63.23%를 나타냄

- 추세선을 통한 국내 출원인 증가율 분석에서는 전체 대분류를 기준으로 최근 10년간 한

국, 미국, 일본, 유럽에 특허출원한 국내 출원인 출원건수를 2007년~2010년(이전구간), 2011년~2014년(최근구간)으로 5년 단위로 설정하여 분석한 결과 이전구간 출원건수는 총 348건, 최근구간 출원건수는 총 566건으로 출원 증가율은 62.64%를 나타냄

- 최근 구간 점유율 분석에서는 전체 대분류를 기준으로 최근 20년간 한국, 미국, 일본, 유럽에 특허출원한 출원건수를 1996년~2014년(이전구간), 2011년~2014년(최근구간)으로 설정하여 분석한 결과 전체구간 출원건수는 총 2274건, 최근구간 출원건수는 총 728건으로 최근구간 점유율은 32.01%를 나타냄

- 특허 시장확보력 국가별 외국인 출원증가율을 통한 특허 시장확보력 분석에서는 전체 대분류를 기준으로 최근 10년간 한국, 미국, 일본, 유럽에 특허출원한 출원건수를 2007년~2010년(이전구간), 2011년~2014년(최근구간)으로 설정하여 분석한 결과 이전구간 외국인 출원건수는 총 98건, 최근구간 외국인 출원건수는 총 162건으로 시장확보력 증가율은 65.31%를 나타냄

- IP 부상도 항목별 판단기준표에 따라 점수로 환산해 보면, 출원증가율은 4점(60%이상~80%미만), 국내출원인 출원건수증가율은 4점(60%이상~80%미만), 출원점유율 3점(20%이상~60%미만), 특허 시장확보력은 4점(60%이상~80%미만)으로 IP 부상도 종합결론은 3점(소수점 반올림 적용)으로 정량적 분석 평가점수는 높은 것으로 분석됨

○ 특허기술 Landscape 종합 검토의견

- 소분류인 비전용 노선주행에서 미국의 출원이 주도적으로 일어나고 있으며, 미국 내 출원 또한 2010년 이후 급격한 증가세를 보이고 있음. 이러한 추세로 볼 때, 한국과 일본의 기업이 차후 주도적으로 미국 내 시장진입 시 경쟁이 치열할 것으로 판단됨. 전용/비전용 연계 기술의 경우 출원 수가 많지 않아 이에 주도적인 기업을 조사할 시 출원 추세를 지켜봐야 할 것으로 판단됨

- 스마트 대중교통 운영의 경우 미국의 기업들이 세계시장을 주도하고 있으며, 한국과 일본 또한 출원이 증가추세에 있음. 미국시장 또한 기업들의 진출로 인하여 미국 내 외국인 출원이 증가하는 추세에 있는 것으로 나타남. 이러한 추세로 볼 때, 미국의 기업이 주도적인 세계 시장에서 한국의 기업들이 시장 진출 계획을 세울 때 해외 출원 전략을 세움과 동시에, 스마트 대중교통을 운영하기 위한 교통 연계 기술 개발 방안 마련이 중요할 것으로 판단됨

- 예약지원 체계 시스템은 일본과 유럽의 기업이 시장을 주도하고 있으며, 최근 모바일 기술과 사물인터넷(IoT) 기술의 발달에 따라 새로운 기술의 등장추세로 볼 때, 예약지원 체계 시스템에 관한 새로운 연구개발이 활발한 것으로 판단됨

- UI/UV 체계의 경우 미국과 일본 기업이 시장을 주도하고 있으며, 최근 자율주행 특허출원의 증가와 더불어 SW 기업과 자동차 기업들의 출원증가와 더불어 외국인 출원 또한 급격한 증가추세를 보이는 것으로 볼 때, 향후 SW 기업을 중심으로 자동차 기업에 UI/UV 관련 기술을 거래하는 등 기술/시장진입경쟁이 치열해질 것으로 판단됨

- 승하차 지원시스템의 경우 한국철도기술연구원을 중심으로 한 출원이 가장 많으며, 미국의 Otis Elevator, 일본의 NISSAN 등 승객/운전자 지원 시스템의 출원도 많은 것으로 드러남

- 차량 상태기반 유지보수 기술의 경우 미국의 Ford, 일본의 HONDA 등 자동차 업체의 출

원이 많고, 미국의 IBM 등 지능적인 차량의 유지보수 관련 출원도 있는 것으로 조사되었으며, 미국 시장에서 기술별 출원과 외국인 출원 모두 증가세를 보이고 있음. 빅데이터 유지보수 기술의 경우 특허출원이 많지는 않으나, 향후 자율주행 및 기계학습 관련 기술의 발달과 더불어 출원의 증가 및 시장경쟁이 활발해질 것으로 판단됨

○ 기술경쟁력 종합 검토의견

<표 2-60> 기술경쟁력 권리성 검토

핵심기술의 명칭	권리성 / 점수				
	매우낮음 / 1	낮음 / 2	보통 / 3	높음 / 4	매우높음 / 5
노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법				O	
승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템			O		
궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법				O	
종합 결론				O	

- 권리성 종합 검토의견
  - '노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로선택방법'은 기술요소 중 ① 비전용 노선 주행기술 ② 전용/비전용 노선 연계 주행기술, ③ 스마트 대중교통 운영기술, ④ 스마트 대중교통 무선통신기술, ⑤ 차량 예약지원체계, ⑥ UI/UV 체계, ⑦ 승하차 지원 시스템의 기술요소를 갖추고 있기 때문에 권리성이 높은 것으로 판단됨

  - '승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템'은 ③ 스마트 대중교통 운영기술, ④ 스마트 대중교통 무선통신기술, ⑤ 차량 예약지원체계, ⑥ UI/UV 체계, ⑦ 승하차 지원 기술요소를 갖추고 있기 때문에 권리성이 높은 것으로 판단됨

  - '궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법'은 ③ 스마트 대중교통 운영기술, ④ 스마트 대중교통 무선통신기술, ⑤ 차량 예약지원체계, ⑥ UI/UV 체계, ⑦ 승하차 지원, ⑧ 차량 상태기반 유지보수 체계, ⑨ 빅테이터 기반 유지보수 전문가 시스템의 기술요소를 갖추고 있기 때문에 권리성이 높은 것으로 판단됨

  - 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT(Personal Rapid Transit) 실용화 기술 중 핵심기술을 분석한 결과 '노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로선택방법'(4점), '승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템'(3점) 및 '궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법'(4점)의 평균값(소수점 반올림 적용)은 4점으로 권리성은 높은 것으로 판단됨

<표 2-61> 기술경쟁력 시장성 평가

발명의 명칭	기술시장성 / 점수				
	매우낮음 / 1	낮음 / 2	보통 / 3	높음 / 4	매우높음 / 5
노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로 선택 방법				O	
승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템				O	
궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법				O	
종합 결론				O	

- 시장성 종합 검토의견
  - 해당 기술은 철도 네트워크의 신기술인 첨단보안시스템, 네트워킹 및 연결 시스템, 철도운영 및 관리시스템의 급성장에 따라 가장 유사한 요소기술인 ③ 스마트 대중교통 운영기술, ④ 스마트 대중교통 무선통신기술, ⑧ 차량 상태기반 유지보수 체계, ⑨ 빅테이터 기반 유지보수 전문가 체계 관련 기술의 출원이 많을 것으로 기대됨

  - 또한 승객지원요소인 ⑤ 차량 예약지원체계, ⑥ UI/UV 체계, ⑦ 승하차 지원 기술요소 기술의 출원도 많아질 것으로 예상되기 때문에 '노선의 예측 혼잡도를 이용한 소형궤도차량의 경로선택방법', '승객의 차량 호출기능을 갖는 소형 궤도차량의 역 제어시스템' 및 '궤도차량 출입문 승하차 인식장치 및 방법' 모두 4점으로 기술시장성 점수는 높은 것으로 판단됨

(2) 종합결론

<표 2-62> 지재권 확보 가능성

과제명	지재권 확보 가능성				
	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT (Personal Rapid Transit) 실용화 기술				O	

  - 특허분석결과 우리나라는 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT (Personal Rapid Transit) 실용화 기술 전반의 출원이 주도적으로 일어나고 있는 미국 및 일본과, 출원의 수는 많지 않으나 최근 특허활동을 활발히 하고 있는 유럽 사이에 자리하고 있음

- 자동차 업체(예 : 일본 NISSAN社, 미국 Tesla社)들을 중심으로 자율주행 기술 및 이와 관련된 특허출원이 매우 활발하며, 철도차량 관련 업체(예. 일본 Mitsubishi社, Toshiba社)의 철도 기술 관련 출원도 매우 활발하기 때문에, 이를 융합한 기술(자율주행 기술 + 철도 유지보수 시스템)의 출원 또한 증가할 것으로 예상되며, 이에 따라 철도융합기술의 출원 시 국내에서 다수의 특허 도출이 가능할 것으로 판단되며, 해외 시장의 출원 증가추세에 따라 관련 기술의 시장 확보 가능성도 높을 것으로 판단됨.

- 즉, 본 과제기술분야인 “기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술을 활용한 PRT (Personal Rapid Transit) 실용화” 기술은 지재권 확보 가능성이 높은 것으로 분석되었음

3. 논문 동향

○ 기존에는 PRT 인프라시스템 분야의 논문실적이 많지 않은 실정임. 즉 인프라시스템 측면에서는 선진 PRT개발국에서도 기존의 토목기술을 접목한 것으로 판단됨. 따라서 본 연구과제에서도 기존의 토목기술을 충분히 응용할 계획이며, 이와 더불어 한국형 PRT에 적합한 기술, 즉 저심도 터널, 프리캐스트 구조 등의 창의적 기술을 개발하여 독창적인 한국형 PRT인프라기술 개발을 선도하는 방향으로 연구를 추진하여 관련논문을 국내외 유수 학술지에 게재할 계획임

○ PRT와 관련한 기존 논문은 이미 개발이 이루어진 기술을 활용하여 PRT 시스템을 교통수단으로 도입하기 위한 적용성 및 타당성을 검증하기 위한 연구 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구에서는 기존기술을 충분히 활용하는 동시에, 수직이동 방안, 비접촉식 유도 급전기술, 전후축 독립 조향제어 기술 등의 국내 도입 환경에 적합한 기술 개발을 선도하는 방향으로 연구를 추진하여 국내외 유수 학술지 등에 게재할 계획임

○ 일반도로를 주행하는 차량들의 관제인 ITS는 이미 30년 정도의 역사를 가지고 있어서 여러 가지의 부수장치를 사용한 차량집단 운행관제 관련 논문은 대표적인 것만 30편 이상임. ITS 분야와 다른 점들을 이용한 논문 작성은 가능하나 주요 이슈가 될만한 논문주제는 별로 없는 편임.

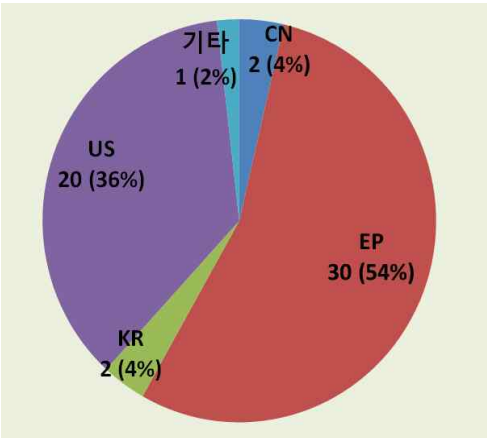
○ 년도별 논문 발표 추이를 살펴보면, 1994년부터 현재까지 총 55건의 논문이 발표되고 있으며, 매년 2~3회의 논문이 꾸준히 발표되고 있음

○ 저널별 논문 현황을 살펴보면, NATL ACAD SCI, TRANSPORTATATION RESEARCH BOARD 등 미국 학회 및 INST TRANSPORTATION과 같은 캐나다학회가 가장 많은 발표 규모를 보이고 있음

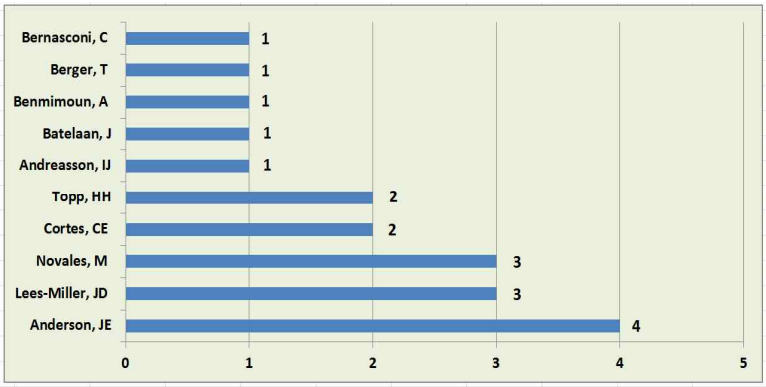
<그림 2-104> 년도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

○ 주요 저자별 논문 발표 현황을 살펴보면, Anderson JE가 4건, Less-Miller JD 및 Novales M.이 각각 3건으로 이 분야 기술을 주도하고 있음

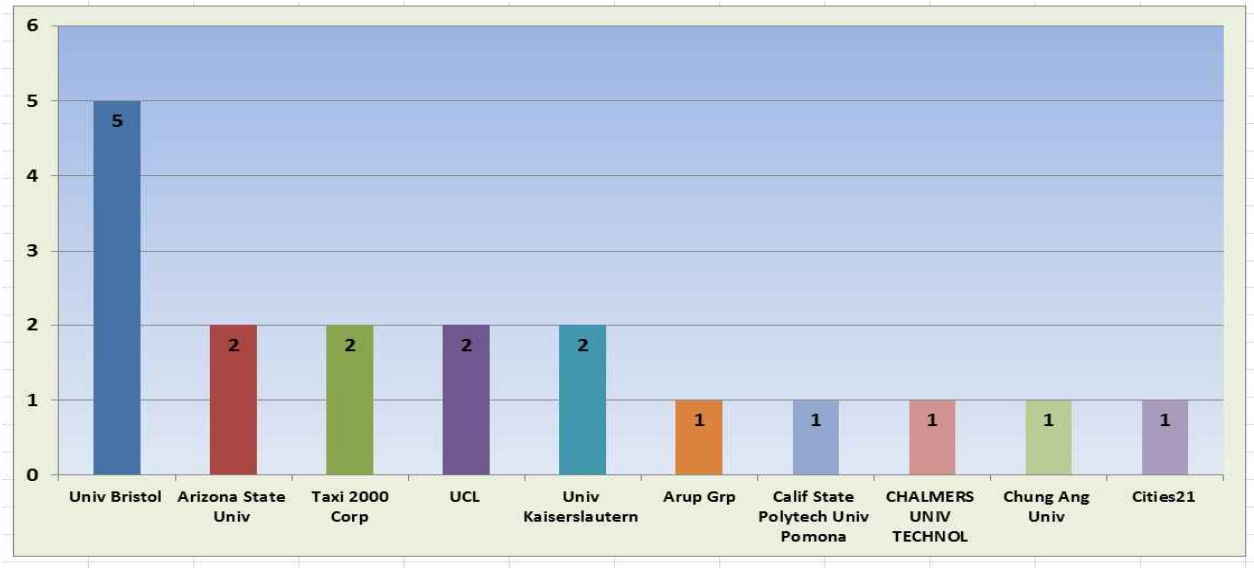
○ 주요 연구기관별 논문 분석 결과로는, 이 분야 최다 연구기관은 영국의 Univ Bristol로서 5건을 발표하였으며, 기타 미국의 Arizona State Univ 및 Taxi 2000 Corp 영국 UCL, 독일 Univ Kaiserslautern이 각각 2건을 발표하여, 관련 기술을 선도하고 있음



<그림 2-105> 논문 발표 주요 국가



<그림 2-106> 논문 발표 주요 저자



<그림 2-107> 논문 발표 주요 연구기관

가. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

(1) 스마트 PRT 인프라

<표 2-63> 스마트 PRT 인프라 관련 주요 논문

Keyword		Personal Rapid transit	
검색건수		29	
유효논문건수		14	
핵심논문 및 관련성	논문명	Moving drverless transit into the mainstream-Research issues and challenges	Vectus-Intelligent Transport
	학술지명	Transportation Research Record	PROCEEDINGS OF THE IEEE
	저 자	Cottrell, WD	Gustafsson, J
	게재년도	2006년	2009년
	관련성(%)	30%	30%
	유사점	없음	없음
	차이점	PRT용 선로구조분야 연구내용은 없음	PRT용 선로구조분야 연구내용은 없음

(2) 스마트 PRT 차량

<표 2-64> 스마트 PRT 차량 관련 주요 논문

Keyword		Steering & Wheel	
검색건수		37	
유효논문건수		2	
핵심논문 및 관련성	논문명	Active steering of a tractor-semi-trailer	Vehicle dynamics integrated control for four-wheel-distributed steering and four-wheel-distributed traction/braking systems
	학술지명	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART D-JOURNAL OF AUTOMOBILE ENGINEERING	VEHICLE SYSTEM DYNAMICS
	저 자	Odhams A. M. C.; Roebuck R. L.; Jujnovich B. A.; et al.	Ono E; Hattori Y; Muragishi Y; et al.
	게재년도	2011년	2006년
	관련성(%)	40%	60%
	유사점	종축을 제어	4축을 독립적으로 제어
	차이점	화물차량 트레일러의 축을 제어	각 축의 분산제어에 따른 동적제어의 이론적 분석 수행

(3) 스마트 PRT 운행제어

<표 2-65> 스마트 PRT 운행제어 관련 주요 논문

Keyword		(Autonomous + Driving) & Vehicle + Control	
검색건수		150	
유효논문건수		30	
핵심논문 및 관련성	논문명	CyberC3: A Prototype Cybernetic Transportation System for Urban Applications	Reliable Pretrip Multipath Planning and Dynamic Adaptation for a Centralized Road Navigation System
	학술지명	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS
	저 자	Tingkai Xia, Ming Yang, Ruqing Yang, and Chunxiang Wang	Yanyan Chen, Michael G. H. Bell, and Klaus Bogenberger
	게재년도	2010년	2007년
	관련성(%)	95%	85%
	유사점	무인운행, 수요응답형	동적상황 최단시간경로 선정
	차이점	Lane Tracking 방식이 Vision 방식	일반도로 조건

(4) 스마트 PRT 전력공급

<표 2-66> 스마트 PRT 전력공급 관련 주요 논문

Keyword		Inductive & Vehicle & Electric	
검색건수		15	
유효논문건수		8	
핵심논문 및 관련성	논문명	Contactless power supply system with bidirectional energy transfer for electric vehicle	Design of a high frequency Inductively Coupled Power Transfer system for electric vehicle battery charge
	학술지명	PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY	APPLIED ENERGY
	저 자	Miskiewicz Rafal; Moradewicz Artur; Kazmierkowski Marian P.	Gustafsson, J
	게재년도	2011년	2009년
	관련성(%)	80%	90%
	유사점	유도 급전	유도 급전을 통한 배터리 충전
	차이점	양방향 유도 급전과 관련하여 시뮬레이션 수행	유도 급전을 위해 고주파의 대역을 이용

4. SWOT 분석

가. 강점(Strength)

○ 국내 성숙된 IT기술(휴대폰, 반도체, 디스플레이, 이동통신)과 풍부한 IT인력을 기반으로 스마트 모빌리티관련 추진 인프라 다양성을 확보함

○ 이미 잘 구축된 교통 인프라(지하철, 교통정보수집/전달) 및 통신 인프라(고속 유/무선통신망)를 활용하고 필요기술을 추가 발전시킴으로 경제성 및 활용성 극대화 가능

○ 기 개발된 미니트램관련 차량 및 운영시스템 핵심기술과 국내 학계와 산업계에서 진행중인 자율주행관련 개발기술의 융합의 통한 조기 실용화 및 가능성 증대

○ 해외선진국과 동등수준의 대외경쟁력을 보유한 국내 완성차량(자동차 및 철도차량) 업체를 보유함

나. 약점(Weakness)

○ 관련분야 핵심소자 및 장치 생산/제조 기술부족으로 대부분 수입에 의존(라이다, 레이다, 카메라, GPS, Gyroscope 등)

○ 제한된 기술개발 예산투입 및 전문 연구인력 양성부족, 전문가 간 기술협업체계 구축부족

○ 도로 무인자동운행 자동차를 개발 및 도로 주행에 필요한 자동차관련 법/제도 기반부족

○ 대중교통에 비해 높은 자가용 의존도 및 차량에 대한 과도한 소유 욕구

다. 기회(Opportunity)

○ 교통약자에 대한 이동편의를 제공하고자 하는 정부의 강력한 의지와 '대중교통 육성 및 이용촉진에 관한 법률'의 제정으로 자가용 수요를 대체할 수 있는 고품질 대중교통수단에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있음

○ 국제적으로 자율주행 자동차 및 대중교통 수단에 대한 관심으로 미국, 유럽, 일본 등이 자율주행차량을 개발하고 있고 특히 유럽에서는 대중교통에 활용하기 위한 자율주행 기반 대중교통 시스템인 CityMobil2 프로젝트를 진행하고 있음

○ 우리정부도 자율주행 자동차분야를 미래 먹거리 책임질 9대 국가전략 프로젝트 중 하나로 보고 관련 예산투입을 계획

○ 공유차량 등의 신규 서비스의 확산에 따른 대중교통 서비스의 인식 제고

라. 위협(Threat)

○ 국외 차량제작사와 ICT기업들은 이미 자체적으로 막대한 예산을 투입하여 자율 주행차를 개발하고 개발된 차량의 도로주행시험을 위해 관련 법규를 정비하고 자동차 임시운행허가를 발급받아 각종 자료를 수집하고 도로주행 경험을 축적 중

○ 국외 상용자동차 제작사들은 이미 장기간 도로주행 시험을 통하여 확보한 경험 및 기술을 바탕으로 국내 보다 이른 시기에 자율주행 자동차 상용화일정을 제시하고 있음

○ 완성차회사를 대부분 국유기업으로 운영하는 중국의 자율주행차 산업 부흥(굴기) 계획

마. 연구추진전략

○ 스마트 대중교통 기술개발과 관련한 강점, 약점, 기회, 위협으로부터 연구추진전략을 도출함

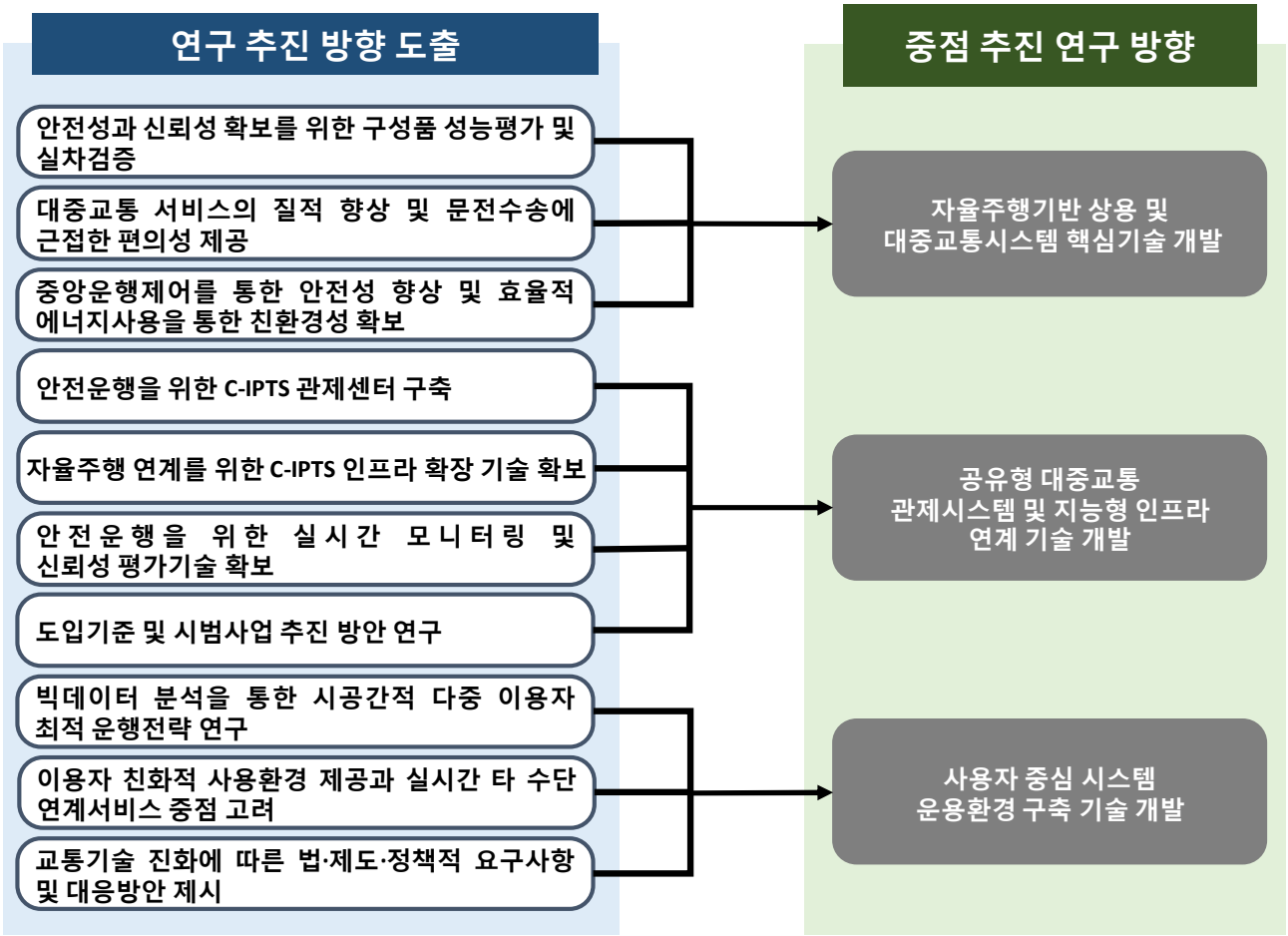
<표 2-67> SWOT 분석결과 및 연구추진전략

	O(기회)	T(위협)
	· 교통약자 편의증진 및 고품질 대중교통육성관심 증가 · 국제적 교통 자동화 추진추세 및 정부의 미래전략 방향선정	· 해외 차량 제작사들의 선도적 연구투자와 해당 정부의 발 빠른 지원을 통한 실 도로 주행 경험 축적
S(강점)	SO전략	ST전략
· 국내 풍부하고 성숙한 ICT, 교통인프라, 스마트 대중교통관련 기술 확보	· 국내 잘 구축된 기술환경을 활용하여 교통약자 및 교통편의 증진을 위한 국가전략에 부합하는 방향으로 기술개발추진	· 국외에 뒤쳐진 지원과 기술부분은 현재 국내에서 개발되고 성숙한 인프라를 활용하여 부족경험 및 기간단축
W(약점)	WO전략	WT전략
· 핵심소자 수입의존 및 관련분야 예산, 관련제도 법규 개선 미흡	· 정부의 전략적 추진 및 지원의지에 부응하여 핵심 소자기술 개발과 관련 제도개선 추진	· 스마트 대중교통 관련 기술개발에서 기 확보한 전용로 주행 제어기술을 기반으로 일반도로 주행에 필요한 기술을 보완 하고 융합하여 기술완성 및 실용화추진

5. 중점 추진 연구분야 도출

○ 상기 SWOT분석을 통해 ‘자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발’, ‘공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발’, ‘사용자 중심 시스템 운용환경 구축 기술 개발’의 3개 중점추진분야가 도출됨

- (자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발) 일반 도로에서 자동차와 도로를 공유하며 운행하는 도로공유형 자율주행기반 대중교통시스템 구축을 위한 핵심기술 개발
- (공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발) C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 및 자율운행 기능 확장을 위한 인프라 기술 개발과 시범사업 추진 방안 연구
- (사용자 중심 시스템 운용환경 구축 기술 개발) 실시간 다중 기종점 수요 대응이 가능한 스마트 대중교통의 안정적인 운행환경 구현 및 실증단지 구축을 위한 기술 개발



<그림 2-108> 중점 추진 방향 도출

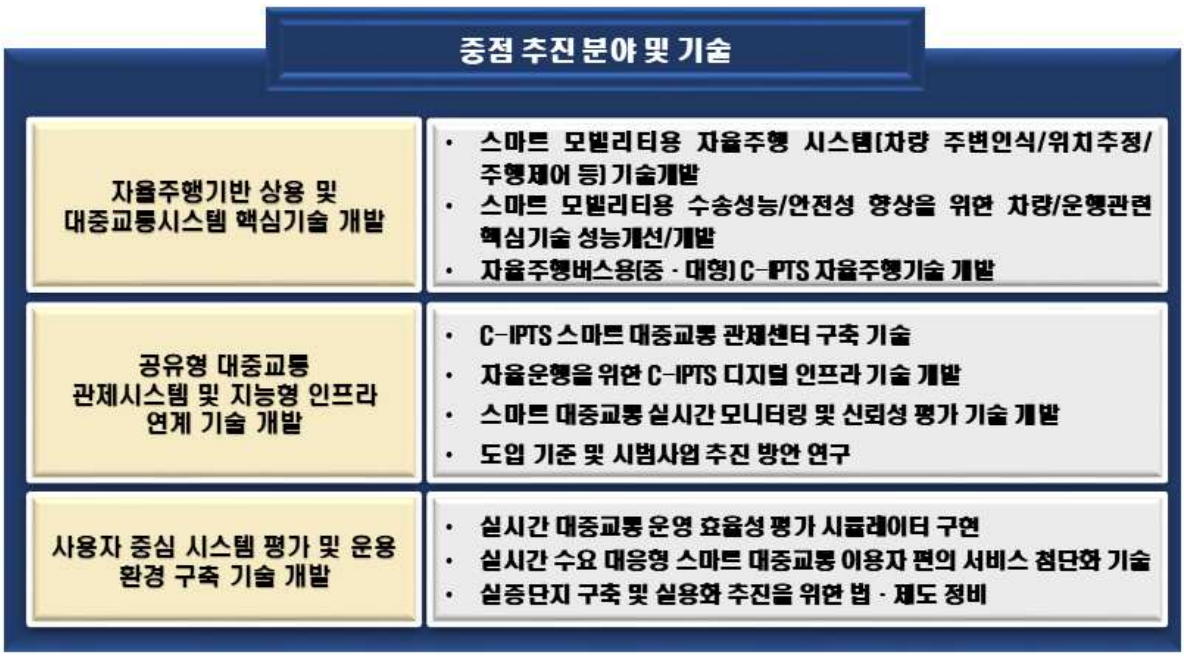
제1절. 비전 및 목표

□ 비전 및 목표

○ (비전) 본 연구개발의 비전(vision)은 자율주행 기반의 대중교통 시스템의 개발을 통해 대중교통 수단의 수준을 향상시키고, 대중교통수단의 노선에서의 자유도 확장을 통해 P2P(Point-to-Point)를 구현하고 교통약자의 대중교통수단 이용성을 보장하며, 자율주행 대중교통 시스템의 대중화에 있음

<그림 3-1> 비전 및 목표

○ (목표) P2P 서비스를 위한 자율주행 차량 기반의 스마트 대중교통 시스템 개발에 있음



<그림 3-2> 중점 추진분야 및 기술

□ 단계별 목표

○ 자율주행 대중교통 R&D 사업은 1) 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발, 2) 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발, 3) 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발을 진행하고 동시에 현실 적용을 위한 시스템 평가기술 및 법·제도·교통체계 등 생태계 구축으로 구분

- (1단계) 일반 자동차와 도로를 공유하며 운행되는 도로공유형 자율주행기반 스마트 대중교통시스템 구축을 위한 핵심기술 개발을 목표로 함
- (2단계) 일반 도로에서 자동차와 도로를 공유하며 운행되는 스마트 대중교통 시스템을 구축하기 위해서는 C-IPTS와의 연계가 필수적으로 요구되므로 자율주행 요구사항이 반영되지 못한 기존의 C-ITS를 확장/ 발전시켜 스마트 대중교통의 도로공유형 자율주행 기능을 실현하는 것을 목표로 함
- (3단계) 1, 2단계를 통해 개발된 자율주행 기술의 실용화를 위하여 시스템의 신뢰성 향상 및 시범사업을 위한 기술을 개발하고, 동시에 시뮬레이션 개발을 통한 평가 기술 확립 및 법·제도·교통체계를 고려한 시스템 인프라 구축을 목표로 함

제2절. 기술개발에 따른 미래상

□ 본과제의 중점추진 분야별 현재(As-is)와 미래상(To-be)을 다음과 같이 제시함

○ 중점추진 분야 1. 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

– 본 연구를 통해 자율주행기반의 대중교통시스템이 일반차량과 기존 도로를 공유하며, 일정 운행조건을 만족하면 어느 곳에서나 운행이 가능한 스마트 대중교통 시스템을 개발하여, 스마트 디바이스의 위치정보 활용을 통한 정류장 서비스 및 빅 데이터 기반의 최적 운영서비스를 제공할 수 있는 기반이 마련될 것으로 기대됨

As-is

- ✓ 대량수송 중심의 대중교통은 수송용량 측면에서 효율성은 높지만 접근성 / 연계성이 떨어짐
- ✓ 대용량 교통수단의 경우 교통약자(노약자, 임산부, 장애인 등)의 접근성이 떨어짐
- ✓ 분리된 전용도로로 인한 기존 도로교통과의 간섭 유발
- ✓ 한정된 노선, 지정된 정류장에서만 운행 가능

To-be

- ✓ 수요응답형(On-demand) 교통체계 구축을 통한 끊임없는 교통서비스(Seamless Journey) 제공
- ✓ 타 대중교통수단과의 연계 운행을 통한 접근성 향상
- ✓ 일반차량과 기존 도로를 공유
- ✓ GPS정보를 활용한 주행노선의 자유도 확장 및 스마트 디바이스의 위치정보 활용을 통한 가상의 정류장 서비스 제공

○ 중점추진 분야 2. 공유형 스마트 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

– 본 연구를 통해 C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 및 자율주행 기능 확장을 위한 인프라 기술을 개발하고 안전운행을 위한 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술을 적용하여 성공적인 C-IPTS 시범사업의 추진을 도모할 수 있음

As-is

- ✓ C-ITS 단말을 통해 운전자 수신가능 정보만 제공
- ✓ 대중교통 종류에 따라 복수의 관제 시스템 운영
- ✓ C-ITS 핵심 서비스 중 대중교통안전 서비스 미구현
- ✓ 일반 도로상에서 타 대중교통과 스마트 대중교통의 동시 운행 시나리오 부재
- ✓ 수요-공급 운영데이터의 기초적 활용

To-be

- ✓ 스마트 대중교통의 안전운행을 위한 자동제어 정보 제공
- ✓ 스마트 대중교통 통합 관제 시스템 운영
- ✓ C-IPTS 센터 및 인프라 구현으로 통합 대중교통 안전지원 서비스 구현
- ✓ C-IPTS 스마트 대중교통 시범 사업을 통한 동시 운행 시나리오 실증
- ✓ 빅 데이터 기반 최적 운영서비스 제공

○ 중점추진 분야 3. 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

- 본 연구를 통해 자율주행 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이션 개발을 통한 평가 기술 확보, 실시간 다중 기종점 수요 대응이 가능한 이용자 측면의 안정적인 운행환경 구현을 포함한 실증단지 구축을 위한 기술 개발

제3절. 연구개발 과제 구성

1. 후보과제 도출

□ 본과제의 연구개발 과제 구성을 위해 연구/ 개발 기관 및 수요처에 해당하는 산·학·연 기관을 대상으로 기술수요조사를 실시하여 후보과제 Pool을 도출함

○ (조사대상) 본 연구개발에 중점 연구 분야인 차량, 제어, 인프라 및 교통/정책 분야로 세분화하여 관련 분야 및 기관의 전문가를 대상으로 기술수요조사를 실시하였음
- 조사대상은 차량(구조, 동역학, 에너지저장매체 및 시스템 분야), 제어(주행 및 운행 제어 분야) 및 인프라/교통·정책 분야의 산·학·연 기관 전문가들로 구성됨

○ (조사방식) 기술수요조사는 이메일 및 개별인터뷰 → 총괄회의를 단계별로 실시함

<표 3-1> 기술수요조사 추진 개요

구 분	내 용
조사 기간	'17. 06 ~ '17. 07.
조사 대상	○ 스마트 대중교통 개발에 필요한 기술 분야별 전문가 ○ 스마트 대중교통 개발/ 운영 시 사회·정책 분야 검토에 필요한 전문가
조사 방법	이메일 자문 및 자문회의 → 총괄 회의

○ (주요 분야별 제안기술) 기술수요조사를 위해 스마트 대중교통 개발에 필요한 분야별 제안기술을 도출하였으며, 총37개 (차량(9개), 제어(18개) 및 인프라/교통(10개)) 세부 기술로 도출함

<표 3-2> 주요 분야별 제안기술

대분류	중분류	구성기술 (소분류)
차량	구조·재료	도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용 기술
		무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술 연구
		주행시험을 통한 자율주행 시스템(스마트 모빌리티/전기동력기반 중·대형 버스) 안전성 검증 및 시범사업 임시허가 인증을 위한 평가 기술
	동역학	충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 기술
		차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술
	에너지·추진 시스템	차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속(Flash) 충전 기술
		슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술
		최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술
		차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용 기술

제어	주행 제어	센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 기술
		전용/비전용 노선 자율 주행을 위한 종/횡방향 제어 핵심모듈 및 알고리즘 개발
		자율주행 핵심기술을 위한 요소기술 및 시스템 체계 개발 기술
		센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술
		센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변 정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체) 인식 기술
		차량주행 중 주행로 장애물 인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파 센서 등) 기술
		차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술
		차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 개발 기술
	운행 제어	C-ITS 대중교통 관제시스템 연계 자율주행 차량제어 기술 및 통신모듈 개발
		관제센터 시범운영 및 보안기술 개발
		스마트 대중교통 안전 운행을 위한 자율운행 연계 기술
		C-ITS 연계 빅데이터 활용 기술
		디지털 도로교통 인프라 설계/ 구축 기술
		디지털 도로교통 인프라 유지/관리 기술
		실시간 신뢰성 평가 기술
		신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 기술
		C-ITS 연계 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용
		C-ITS 연계 스마트 대중교통 시범서비스 추진 방안
인프라·교통	인프라	실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술
		다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술
		시스템 최적을 위한 차량배치 및 배정 알고리즘 개발 기술
		스마트 대중교통 운영효율성 평가 기술
		실시간 실내/외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술
		이용자 요금지불 체계 첨단화 기술
		개인 단말장비 기반 스마트 대중교통 이용정보 제공 기술
	교통·정책	관련 법/제도/정책적 요구사항 도출 및 정비방안
		실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토
		시범사업 수행방안 및 실용화 전략 수립

○ (기술수요 설문조사 예) 기술수요조사를 위해 아래 샘플과 같이 기술수요조사서를 제작하였으며, 실수요 설문조사는 별첨하였음

스마트 대중교통 기술개발 기획 기술수요조사서

1. 인적 사항

성명		직위	
소속기관명		E-mail	
주소		전화	
		휴대전화	
해당기술 분야	코드기입 (예시 A-1) (기타의 경우, 코드기입 후 작성자의 기술 분야 작성 예시 A-3-1, 기술분야)		

2. 해당 기술 분야

대분류		중분류		작성 부분 (page)	
코드	내용	코드	내용	개별	공통
A	차량	A-1	구조/재료	2	17
		A-2	동역학	3	
		A-3	에너지/추진시스템	4~5	
B	제어	B-1	주행제어	6~8	
		B-2	운행제어	9~12	
C	인프라 및 정책	C-1	인프라	13~15	
		C-2	교통/정책	16	

A. 차량 분야

A-1 구조/재료

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
A-1	구조/재료	도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		주행시험을 통한 자율주행 시스템 (스마트 모빌리티/중소형버스/전기버스) 안전성 검증 및 시범사업 임시허가인증을 위한 평가 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

A-2 동역학

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
A-2	동역학	충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

A-3 에너지/추진시스템

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
A-3	에너지/추진 시스템	차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속(Flash) 충전 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 대체기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
A-3	에너지/추진 시스템	최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

B. 제어 분야

B-1 주행제어

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-1	주행 제어	센서정보 융합 정밀위치보정 (랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		전용/비전용 노선 자율주행을 위한 종/횡방향 제어 핵심모듈 및 알고리즘 개발	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-1	주행 제어	자율주행 핵심기술을 위한 요소기술 및 시스템 체계 개발 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보 (차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체) 인식 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-1	주행 제어	차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치 (영상 및 주행신호) 개발 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

B-2 운행제어

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-2	운행 제어	C-ITS 대중교통 관제시스템 연계 자율주행 차량제어 기술 및 통신모듈 개발	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-2	운행 제어	스마트 대중교통 안전 운행을 자율운행 연계기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		C-ITS 연계 빅데이터 활용 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		디지털 도로교통 인프라 설계·구축 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-2	운행 제어	디지털 도로교통 인프라 유지·관리 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		실시간 신뢰성 평가 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
B-2	운행 제어	C-ITS 연계 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		C-ITS 연계 스마트 대중교통 시범서비스 추진 방안	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

C. 인프라 및 정책 분야

C-1 인프라

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
C-1	인프라	실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
C-1	인프라	시스템 최적을 위한 차량배치 및 배정 알고리즘 개발 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		스마트 대중교통 운영효율성 평가 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		실시간 실내/외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

다음페이지에 계속

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
C-1	인프라	이용자 요금지불 체계 첨단화 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		개인 단말장비 기반 스마트 대중교통 이용정보 제공 기술	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					

C-2 교통/정책

중분류		구성 기술 (소분류)	평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
코드	내용	내용			1	2	3	4	5
C-2	교통/정책	관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					
		실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원타당성					
				사회적영향성					
		시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립	기술성	기술확보 (실현)가능성					
				기술 파급성					
				기술 시급성					
			경제성	시장 수요성					
				시장 규모성					
				시장 파급성					
			정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
				정부지원 타당성					
				사회적영향성					

D. 해당 분야 추가 기술제안

제안 기술명	
연구기술개발 목표	
연구기술개발 내용	▪ ▪ ▪
해당 기술 기대 효과	▪ ▪ ▪

평가항목 (대분류)	세부평가항목 (소분류)	구성기술 중요도 (✓) (1~5, 5:매우 중요)				
		1	2	3	4	5
기술성	기술확보 (실현)가능성					
	기술 파급성					
	기술 시급성					
경제성	시장 수요성					
	시장 규모성					
	시장 파급성					
정책 및 사회성	사회·정책적 중요성					
	정부지원 타당성					
	사회적영향성					

2. 우선순위 도출

□ 본 과제의 후보과제 우선순위를 도출하기 위해 ① 우선순위 조사항목 도출 → ② AHP 분석을 통한 조사항목 간 가중치 도출 → ③ 중요도 설문조사 → ④ 신규 제안 과제 검토 ⑤조사 결과 분석을 통한 중점 연구 분야별 우선순위 도출 순으로 진행함

○ (우선순위 조사항목 도출) 중요도(우선순위) 조사항목은 기술성, 경제성, 정책 및 사회성 3개 평가항목으로 구성하고, 각 항목별 3개의 세부평가항목으로 구성함

<표 3-3> 중요도(우선순위) 조사 항목

평가 항목	세부평가 항목	항목 정의
기술성	기술확보 (실현)가능성	국내/외 기술수준, 기술의 난이도 및 완성도, 인프라, 보급화 수준(예측) 등을 고려하여 향후 5년 이내 기술 개발을 통한 기술 확보 가능성에 대한 평가
	기술 파급성	현장 적용 가능성, 원리적 측면의 응용에 의한 관련 산업에 적용가능성, IP 확보 가능성, 세계 표준 선도 등 기술 적용 범위 및 응용성에 대한 평가
	기술 시급성	기술의 중요도, 기술적 수요, 기술보급 단계 등을 감안하여 해당 기술이 즉시 필요한지에 대한 여부 평가
경제성	시장 수요성	해당 기술 분야의 연구개발이 시장 니즈(needs)를 적절히 반영하는지 여부 평가
	시장 규모성	해당 기술이 적용될 시장의 규모에 대한 평가
	시장 파급성	기술의 개발 또는 연구과정에서 경제성장 효과, 시장성, 신산업 창출 및 고용창출효과 등 경제적 파급효과에 대한 평가
정책 및 사회성	사회·정책적 중요성	해당 기술이 단기 집중투자로 즉시 시장 진입에 필요한 기술인지 장기 지속투자로 기초원천 확보 필요 기술인지 여부를 정책적으로 판단
	정부지원의 타당성	공익적으로 매우 중요하나 민간부문에서 사적 전유성 부족, high risk, 공공재적 성격 등으로 투자를 회피하는 경우 국가가 주도적으로 연구개발에 개입해야하는지 여부 평가
	사회적 영향성	지식기반 확충, 산업경쟁력 강화, 삶의 질 향상(교통사고 감소 등), 국가 경쟁력 제고의 목표 실현에 적합한지 여부 평가

○ (AHP 분석을 통한 가중치 도출) 기술 분야별 산·학·연 전문가 등을 대상으로 설문조사를 실시하고, AHP 분석을 실시함

<표 3-4> 평가항목 중요도(가중치) 조사 결과

평가 항목 (대분류)	가중치 (a)	세부평가항목(소분류)	가중치 (b)	누적가중치 (a×b)
기술성	0.5	기술확보(실현) 가능성	0.27	0.135
		기술 파급성	0.4	0.2
		기술 시급성	0.33	0.165
경제성	0.25	시장 수요성	0.35	0.0875
		시장 규모성	0.25	0.0625
		시장 파급성	0.4	0.1
정책 및 사회성	0.25	사회/ 정책적 중요성	0.37	0.0925
		정부지원의 타당성	0.4	0.1
		사회적 영향성	0.23	0.0575

○ (우선순위 도출결과) 상기 우선순위 평가 항목 가중치를 적용하여, 설문조사 실시 결과 아래와 같이 각 중점기술 분야별 우선순위를 도출함

<표 3-5> 중요도(우선순위) 조사 결과

대분류	중분류	구성기술 (소분류)	구성기술 중요도 (단위:7점 척도점수)			합계	순위
			기술성	경제성	정책/사회성		
차량	구조·재료	도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용 기술	3.42	3.32	3.26	3.36	3
		무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술 연구	4.11	4.13	3.80	4.04	2
		주행시험을 통한 스마트 대중교통 자율주행 시스템(소형/중·대형) 안전성 검증 및 시범사업 임시허가 인증을 위한 평가 기술	4.58	4.25	4.46	4.47	1
	동역학	충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 기술	3.00	3.03	3.05	3.02	2
		차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술	4.05	3.40	4.13	3.91	1
	에너지·추진시스템	차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속(Flash) 충전 기술	4.52	4.43	4.41	4.47	2
		슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술	4.78	4.54	4.60	4.68	1
		최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술	4.07	4.23	4.05	4.10	4
		차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용 기술	4.08	4.20	4.11	4.12	3
제어	주행제어	센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 기술	4.32	4.43	4.23	4.32	4
		전용/비전용 노선 자율 주행을 위한 종/횡방향 제어 핵심 모듈 및 알고리즘 개발	4.29	4.43	4.11	4.28	6
		자율주행 핵심기술을 위한 요소기술 및 시스템 체계 개발 기술	4.31	4.47	4.17	4.31	5
		센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적 주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술	4.46	4.49	3.97	4.35	3
		센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변 정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체) 인식 기술	4.28	4.40	4.15	4.28	6

		차량주행 중 주행로 장애물 인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파 센서 등) 기술	4.53	4.42	4.35	**4.46**	2
		차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중 안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술	4.36	4.31	6.11	**4.78**	1
		차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 개발 기술	3.90	3.68	3.64	**3.78**	8
	운행제어	C-ITS 대중교통 관제시스템 연계 자율주행 차량제어 기술 및 통신모듈 개발	3.73	3.34	3.67	**3.62**	3
		관제센터 시범운영 및 보안기술 개발	3.42	3.28	4.21	**3.58**	4
		스마트 대중교통 안전 운행을 위한 자율운행 연계 기술	3.89	3.60	4.04	**3.85**	1
		C-ITS 연계 빅데이터 활용 기술	3.70	3.69	3.64	**3.68**	2
		디지털 도로교통 인프라 설계/ 구축 기술	3.47	3.34	3.33	**3.40**	7
		디지털 도로교통 인프라 유지/관리 기술	3.40	3.19	3.40	**3.35**	8
		실시간 신뢰성 평가 기술	3.51	3.49	3.41	**3.48**	6
		신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 기술	3.42	3.33	3.11	**3.32**	9
		C-ITS 연계 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용	3.34	3.24	3.34	**3.31**	10
		C-ITS 연계 스마트 대중교통 시범서비스 추진 방안	3.56	3.28	3.77	**3.54**	5
인프라·교통	인프라	실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술	4.22	4.31	4.16	**4.23**	1
		다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술	3.92	4.05	3.93	**3.95**	7
		시스템 최적을 위한 차량배치 및 배정 알고리즘 개발 기술	4.17	4.13	4.11	**4.14**	2
		스마트 대중교통 운영효율성 평가 기술	3.88	3.93	4.26	**3.99**	5
		실시간 실내/외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술	3.80	4.48	3.76	**3.96**	6
		이용자 요금지불 체계 첨단화 기술	3.96	4.47	3.83	**4.06**	4
		개인 단말장비 기반 스마트 대중교통 이용정보 제공 기술	4.10	4.36	3.87	**4.11**	3
	교통·정책	관련 법/제도/정책적 요구사항 도출 및 정비방안	4.27	4.60	4.93	**4.52**	1
		실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토	3.86	4.23	4.30	**4.06**	3
		시범사업 수행방안 및 실용화 전략 수립	4.16	3.96	4.20	**4.12**	2

○ (신규 제안과제 검토) 기술수요조사와 더불어, 산·학·연 전문가 등에게 제안 받은 신규 연구개발 과제를 검토하고, 상기 과제를 수정 및 보완함

<표 3-6> 신규 제안과제

분 야	제안기술명	검토 내용	
		결 과	비 고
에너지·추진시스템	잠열축열재를 이용한 전기 차량의 시스템 안정성 증대 및 에너지 소비절감 기술	반영	“차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용 기술 연구” 내 반영하여 연구 개발 고려
운행제어	국제표준기반 스마트대중교통 실용화를 위한 RAMS 입증 연구 기술	중복	“신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 기술” 연구 개발 내용에 기포함
주행제어	GPS 기능을 대체할 수 있는 지상고정식 위치정보 생성기술	미반영	본 신규 제안 과제의 경우, 기 개발된 기술로 구현이 가능
인프라	승객 수요와 빅데이터를 활용한 사용자 맞춤형 자율주행 차량 이용지원 기술	중복	“다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술” 연구 개발 내용에 기포함
인프라	시뮬레이션 및 기계학습을 통한 실시간 수요 대응형 자율주행 차량 배차 기술	중복	“실시간 수요 대응형 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술” 연구 개발 내용에 기포함
인프라	스마트 대중교통 이용 승객의 문화·정서적 승차감 최적화 기술	미반영	기술개발 시급성 및 실현성 관점에서 본 연구 개발 단계에서 실현 가능성이 낮음

3. 중점추진과제 선정

<표 3-7> 중점추진과제 선정

분야	구성기술 (소분류)	단계		
		1	2	3
차량	도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용 기술	■	■	
	무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술 연구		■	
	주행시험을 통한 스마트 대중교통 자율주행 시스템(소형/중·대형) 안전성 검증 및 시범사업 임시허가 인증을 위한 평가 기술		■	■
	충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 기술	■	■	
	차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술	■	■	
	차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속(Flash) 충전 기술	■		
	슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술	■	■	
	최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술	■	■	
	차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용 기술	■	■	
제어	센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 기술	■	■	
	전용/비전용 노선 자율 주행을 위한 종/횡방향 제어 핵심모듈 및 알고리즘 개발	■		
	자율주행 핵심기술을 위한 요소기술 및 시스템 체계 개발 기술		■	
	센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술		■	■
	센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변 정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체) 인식 기술		■	
	차량주행 중 주행로 장애물 인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파 센서 등) 기술	■	■	
	차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술		■	■
	차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 개발 기술		■	
	C-ITS 대중교통 관제시스템 연계 자율주행 차량제어 기술 및 통신모듈 개발	■	■	
	관제센터 시범운영 및 보안기술 개발			■
	스마트 대중교통 안전 운행을 위한 자율운행 연계 기술		■	
	C-ITS 연계 빅데이터 활용 기술	■	■	
	디지털 도로교통 인프라 설계/ 구축 기술		■	■
	디지털 도로교통 인프라 유지/관리 기술			■
	실시간 신뢰성 평가 기술		■	
	신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 기술			■
	C-ITS 연계 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용		■	
	C-ITS 연계 스마트 대중교통 시범서비스 추진 방안			■

인프라·교통	실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술		■	■
	다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술		■	
	시스템 최적을 위한 차량배치 및 배정 알고리즘 개발 기술		■	
	스마트 대중교통 운영효율성 평가 기술	■	■	
	실시간 실내/외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술			■
	이용자 요금지불 체계 첨단화 기술			■
	개인 단말장비 기반 스마트 대중교통 이용정보 제공 기술			■
	관련 법/제도/정책적 요구사항 도출 및 정비방안	■	■	
	실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토			■
	시범사업 수행방안 및 실용화 전략 수립		■	■

4. 과제 선정 및 구성

□ 상기 제안된 기술수요 조사 결과를 바탕으로 정책적/사회적 우선순위에 따라 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원과의 협의를 통해 아래와 같이 연구단과 3개의 세부과제로 구성함

<표 3-8> 과제 구성

세 부		세세부 연구개발 과제명
1	자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발	자율주행 대중교통시스템(차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술개발
		수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발
		자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발
2	공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발	C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술
		자율운행을 위한 C-IPTS디지털 인프라 기술 개발
		스마트 대중교통 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발
		도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구
3	사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현
		실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술
		실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비

제4절. 총괄 및 세부과제별 R&D 과제카드

1. 총괄연구단 R&D 과제카드

과제명	자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구

과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제
		✓	

기술개발 및 상용화 유형	기술개발 유형	상용화 가능 시기
	□기초 □응용 ■개발	□단기(3년 이내) ■중·장기

연구 배경	필요성	◦ 사회문화적 측면 - 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO_2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요함 - 특히, 우리나라의 경우 파리기후변화협정에서 2030년까지 온실가스 배출량 전망치(BAU) 대비 37% 감축정책을 발표('15.12)함에 따라 저탄소 녹색성장을 위한 수송부문 온실가스 저감 기술 발굴 필요함 - 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO_2 등의 방출이 없는 장점을 지니고 있음 - 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 효과를 지님 - 사회적 인식의 개선을 위한 안전성에 관한 법적·제도적 장치 마련과 시스템 인증, 시범운영 및 대중화를 위한 경제성 확보 방안 도출 필요함 ◦ 기술적 측면 - 2030~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 조성 필요 - 차량의 소형화에 따른 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요 - 기 확보된 분야별 핵심기술을 기반으로 시스템 측면에서의 S/W 및 H/W의 통합 및 운영을 전제로 한 시스템 구축을 통한 운영의 신뢰성을 확보하기 위한 체계적인 연구와 연계하여 자율주행 기반 공유형 대중교통시스템 구축·시연 ◦ 경제산업적 측면 - 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함 - 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 ICT·SW 개발관련 중소·중견기업의 시장경쟁력 확대가 기대됨 - 전 세계적으로 스마트 대중교통에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요 ◦ 국가 R&D의 중복투자 방지 및 연속성 측면 - 차량에서의 정보화기술은 ITS(Intelligent Transportation System)가 도입된 이래 꾸준히 IT기술과의 융합을 꾀하여 왔음. 특히, ITS기술은 이동통신 및 스마트폰의 급격한 발전에 힘입어 유럽, 미국 등을 중심으로 도로, 차량, 사람간의 긴밀한 연관체계인 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)로 진화를 꾀하고 있으며, 우리나라에서는 국토교통부 주관으로 2017년 7월까지 C-ITS시범사업을 진행하였음 - 스마트 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되는 자율주행 대중

		교통수단으로서 승객의 안전 및 정시성 등의 철도의 특징뿐만 아니라 운행노선의 자율성 등의 차량의 특징을 복합적으로 지니고 있어 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-ITS와의 연계를 반드시 고려해야 함 - 대전시, 세종시 등 지자체에서 시범 서비스를 적용중인 “차세대ITS(C-ITS)”와 연계하여 지원시스템 및 인프라를 공동 활용하고 “대중교통 안전지원” 등 핵심 서비스 개발에 참여하여야 함 - 또한, 스마트 대중교통은 다인승 대중교통 수단이므로 국가대중교통정보센터(TAGO)에서 제공 중인 버스운행정보와 동일 수준의 운행정보를 수집하고 일반인에게 공공데이터로 제공함으로써 네이버 길찾기, T-map 등과 같은 대중교통 서비스 개발에 활용될 수 있어야 함 ◦ 국민 편의성 증진 (국민체감형) 측면 - 실시간 이용수요에 효율적으로 대응할 수 있는 스마트 대중교통 시스템 구축을 위해서는 도로교통상황을 반영 가능한 경로범위에 대한 즉각적인 대응과 이를 기반으로 한 최적 경로의 선정이 매우 중요함 - 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음 - 사전에 계획된 혹은 예약한 기종점 수요를 만족시키면서 무작위로 발생하는 멀티 OD에 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 알고리즘이 필요한데, 최근 우버 POOL 서비스 구현에서도 알 수 있었듯이 실시간 합승까지 고려한 수요응답형 서비스는 매우 어려운 최적화 문제임 - 사회적 시스템 최적화 관점(System Optimum)에서 스마트 대중교통 운영 최적화 전략 수립 및 이를 위한 분석 평가 기술 등에 대한 체계적인 기술 확보가 필요함 (해당 기술이 확보시 세계 최초 운영전략 기술 보유) - 이용자 편의서비스 증진기술은 스마트 대중교통이 기존 말단 통행을 담당하는 택시, 마을버스 등과 차별화시킬 수 있는 기술이며, 이용자가 언제 어디에서든지 스마트 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 지원해주는 서비스 기술임 - 현 시점에서 활발히 논의되고 있는 IoT, LBS 등에 대한 최신기술을 연계시켜 줄 수 있는 내용이 포함되어야 하며, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 AI기반의 분석을 통한 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술이 필요함 ◦ 모빌리티 4.0 생태계 구축 측면 - 스마트 대중교통은 기존 교통수단의 정의하에서는 구분이 모호한 뉴모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도운송법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비방안이 마련되어야 함 - 스마트 대중교통 도입 예상 지역에 대한 광범위한 지구 상세설계(안)과 통합요금체계 도입방안, 다양한 비즈니스 모델에 대한 전략적 검토를 통해 향후 실용화 사업 추진 방안을 다각도로 검토하여야 함 - 아울러 향후 사업타당성 조사 등에서 통용될 수 있는 스마트 대중교통이 갖는 사회적 편익 항목에 대한 정략적인 분석방법 검토를 통해 최적 입지선정 및 사업성 검토에 기여할 수 있는 스마트 대중교통 사업 연계 비즈니스 모델이 자생할 수 있는 생태계 마련에 대한 연구가 선행되어야 함
	국내외 동향	◦ 소형 스마트 대중교통 - 한국철도기술연구원은 철도와 전기자동차 기술이 융합된 PRT 시스템을 개발하였고 해당 연구원 내 철도안전기반의 중앙제어 및 전기자동차 기반의 시험주행노선(약 658m) 구축 및 기능 구현(자석검지기반 자동운전시스템, 최고속도 50km/h) - POSCO는 ㈜순천에코트랜스사를 설립하여 2013년 순천만국제정원박람회에서 습지 접근형 시범노선(4.6km,최대속도 60km/h)을 건설하여 운영 중임 - ULTra PRT는 영국 브리스틀(Bristol) 대학 내에 설립된 ATS사(Advanced Transport Systems Ltd, 현 Ultra Global사)를 중심으로 컨소시엄이 구성되어 영국 정부의 지원 하에 개발이 진행되었으며, 현재 Heathrow 공항에 시범 운영 중임. 또한, 영국 교통연구소(TRL)는 도심 환경에서의 무인자동차량의 구현에 대한 기술적, 법적, 사회적 문제를 이해하고 극복하기 위하여, GATEway (Greenwich Automated Transport Environment) 연구 프로젝트를 추진 중에 있으며, Heathrow 공항의 전용궤도에서 운행되는 ULTra PRT 차량을 개량/개선하여 일반 도로에 적용하여 시험 운영 중임 - 아랍에미리트연합 마스다르시(Masdar)의 친환경 생태도시 개발 계획에 따라 네덜란드 2getther사의 PRT가 도입되어, 1.4km(단방향) 노선에서 차량 13대(승객용 10대 및 화물용 3대)와 5개역(승객역 2곳 및 화물역 3곳) 규모로 평균 속도 40km/h로 현재 운영 중임 - 2getthere사의 ParkShuttle은 1997년 스키폴 공항(Schiphol Airport)의 승객 운송을 위해 도입하였으며, 1.8km의 노선에 5개의 정거장으로 구성되어 있으며 6대의 차량으로 운영되

		었으며 현재는 Rivium Park에서 운영 중임 - 차세대 무인운전 대중교통수단 개발 과제 CityMobil2 프로젝트(FP7: 7차 프레임워크 프로그램)를 통해서 유럽의 여러 도시 환경에 적합한 도로 자동 수송시스템의 Pilot System을 구축하기 위한 기술 개발 추진(2012~2016년) · CityMobil2 프로젝트는 총 11개 EU 국가(이탈리아, 프랑스, 영국, 독일, 스위스, 벨기에, 포르투갈, 스페인, 핀란드, 그리스, 네덜란드)의 기업 및 연구소들이 참여하며 시범운행으로 얻어진 무인운전 기술의 표준화 및 제도적/정책적 요구사항 등에 대한 제도 마련에 활용하고 있음 · CityMobil2 프로젝트의 일환으로 San sebastian의 시범노선에서 Robosoft사의 robuCITY차량과 EasyMile사의 EZ10차량을 혼합하여 6개역에서 운영 중에 있음 - 현재 Easymile사의 EZ-10은 일본, 프랑스 및 두바이에서 시범 운행 중이며, 2015년 네덜란드의 에데-와게닝겐역(Ede-Wageningen station)과 와게닝겐 대학 및 연구센터를 잇는 7km 노선에서 EZ-10을 개조한 Wepods도 운행 중임. 일본에서는 도쿄 인근 지바현(Chiba-ken) 마쿠하리(Makuhari) 쇼핑몰에서 인근 공원까지 노선 길이 500m 구간에 대해 시범운행 실시중임 - Navya사의 Arma 시스템은 2015년 10월 출시되었으며, 현재 프랑스 시보(Civaux)에 위치한 원자력발전소에서 직원 및 방문객을 대상으로 운행 중임 - Local motors사의 OLLI 시스템은 현재 미국 워싱턴, 마이애미 및 라스베가스에서 시범 운행 중이며, 최대 12명 수송 가능하고 최고속도 45km/h 및 운행속도 25km/h로 운행 가능함 - 싱가포르에서는 2013년부터 Navya 시범운영을 시작으로 주롱호수 구역과 NTU (Nanyang Technological University) 캠퍼스 내에서 셔틀 무인자동차를 시범운행 중에 있음. 또한, 2015년, One-North 지역에서 처음으로 무인자동차 시범운영을 위해 공공도로를 개방하여 Biopolis, Fusionopolis, Mediapolis 세 지역을 연결하는 실제 교통상황 하에서 무인자동차의 운행능력을 시험함 ◦ 중/대형 스마트 대중교통 - Daimler사의 City Pilot은 GPS, 레이더, 카메라등을 활용해 자율주행하는 버스로 현재 네덜란드 암스테르담(Amsterdam) 간선급행버스체계(BRT)노선에서 시범 운행 중임 - California PATH 프로젝트는 대표적으로 자석검지기반 자동운행 대중교통에 관한 연구이며 Palo Alto에 시험선이 구축되어 있음. 또한, Berkeley Deep Drive, Automated and Connected Vehicle, Modal Application 등 다양한 프로젝트와 연구를 진행해 왔음. - 싱가포르 LTA는 자율주행차량 컨소시움과 파트너십 체결하였으며, 여기에는 싱가포르 과학기술청(A*STAR), 싱가포르 국립대학(NUS), 싱가포르 기술디자인대학(SUTD) 등이 포함되어 있으며 40인승 전기버스에 자율주행 기술 접목을 시킨 형태로 계획됨 - 중국의 Yutong사는 초기버전의 자율주행 버스로 32km 주행에 성공하였고, 주행최고속도는 68km/h로 자동으로 차선변경 및 추월을 수행함. - 일본의 'SB드라이브'는 '차세대 모빌리티 연구 센터'의 기술을 바탕으로 소프트뱅크와 연계해 사업을 진행하기로 함. 2017년 3월 20일부터 4월 2일까지 오키나와 해수욕장(아자마산 산비치-주차장/약 1km)에서 주행속도 30km/h로 왕복운행하며 자율주행버스에 대한 실증 테스트를 수행 함
과제목표		◦ 도심 교통 문제 해결을 위한 자율주행기반 대중교통시스템 기술 개발 및 인프라 연계 운영/검증 기술 개발 - 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발 - 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발 - 사용자 중심 시스템 운용환경 구축 기술 개발

연구내용	□ 1세부과제 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발 ◦ 자율주행 대중교통 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발 - 센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어기술 - 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계기술 연구 - 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체인식) 인식 기술 - 차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술 연구 - 차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피 기동 기술 연구

	- 차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 개발 기술 연구 - 자율주행기술 성능/적용 가능성 시험을 위한 테스트차량 및 인프라 구축(차량 개조, 시스템 인터페이스 등) ◦ 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 - 도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용 기술 연구 - 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 기술 연구 - 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화기술 연구 - 최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선 기술 연구 - 슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술 연구 - 차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속(Flash) 충전 기술 연구 - 차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술 연구 - 차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술 연구 ◦ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 - 전용/비전용 노선 자율주행을 위한 인지/제어 시스템 개발(시제품 포함) - 자율주행 핵심기술 검증을 위한 상용차량(전기동력기반 중·대형 버스) 개조 - 자율주행버스용 HMI 시제품 개발 - 자율주행 관제시스템/C-IPTS 연계 차량운행을 위한 협조제어 기술개발(통합연계형 통신모듈 시제품 포함) - 자율주행시험을 통한 스마트 대중교통의 안전성 시험평가 및 실증연구 임시허가 인증·검사 □ 2세부과제 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발 ◦ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 - 관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발 · 자율운행대중교통시스템 교통관리센터 구축 기술 · C-IPTS를 위한 자율운행대중교통시스템 연동 기술 - 스마트 대중교통 안전 운행을 자율운행 연계기술 · C-IPTS 방법 및 핵심 요구사항 분석 · 스마트 대중교통 안전 운행을 위한 데이터 처리기술 개발 · 스마트 대중교통 안전운행 기술 적용 및 검증 · C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 기술 · 차상 운행정보 현시 및 모니터링 인터페이스 기술 - C-IPTS 빅데이터 활용 기술 개발 · C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구 · 스마트 대중교통을 위한 의사결정지원 시스템 · C-IPTS 빅데이터 활용 서비스 개발 ◦ 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 - 디지털 도로교통 인프라 설계·구축 기술 · 커넥티드카 기반 정적/동적 정보 DB 구축 개발 · 대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 및 구축 · 기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술 - 디지털 도로교통 인프라 유지·관리 기술 · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 유지관리 메뉴얼 개발 · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발 ◦ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 - 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 차상제어모니터링 데이터에 의한 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터 및 차상제어모니터링 통합 신뢰성 평가 기술 개발 · 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발 - 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 · 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터에 의한 유지보수 정책 최적화 기술 개발 · 실시간 신뢰성 진단 및 고장·유지보수 데이터에 의한 통합 유지보수 전문가 시스템 개발

	◦ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 – C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 · C-IPTS 센터 생성 정보 분석 및 연계방안 수립 · C-IPTS 실용화 계획 수립 – C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진 · C-IPTS 스마트 대중교통 도입 절차 및 방안 마련 · C-IPTS 스마트 대중교통 실증 시나리오 개발 · 시범사업구간 디지털 도로교통 인프라 구축 □ 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발 ◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 – 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발 · 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 · 스마트 대중교통 운용환경 평가 지표 개발 · 실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적 운영 시나리오 제시 – Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 설계 · Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 조사 및 인터페이스 검토 · Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 · 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분) – 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 · 자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형 · V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형 · 주행 파라미터 정의 및 정산모형 – 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이터 개발 · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 (알고리즘 및 평가 지수 적용) · 대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증 · 차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영 ◦ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 – 실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술 · 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 · 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 · 복합 교통네트워크 내 실시간 최적 경로 선정 기술 – 다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술 · 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 · 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 · 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 – 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 정보 생성 기술 · 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 · 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 ◦ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 – 관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안 · 설계 및 건설·운영에 필요한 법·제도 정비방안 · 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정(안) 연구 – 실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토 · 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석 · 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 – 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립 · 시범사업 경제적·재무적 타당성 검토 · 시범사업지역 선정을 위한 기술적 정책적 검토 · 시범사업 수행을 위한 도입지 인센티브 정책 검토 · 실용화 및 비즈니스 모델 검토 ※ 시범사업 대상지는 전문기관의 자문위원단에 의해 최종 선정
산출물	◦ 스마트 대중교통 시스템(소형: 개조 1대, 골조 1대, 신조 1대 / 중·대형: 3대) ◦ 복합 실증 시나리오 5건

<table>
<tr><td></td><td>◦ 각종 부품단위 및 시스템 사양서, 설계도면 등
◦ 실도로 모사 자율주행 시스템 안전성 평가용 테스트베드
◦ C-IPTS 관제시스템(S/W 포함)
◦ 특허, 논문, 보고서, 평가 기준 및 지침서 등</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>총 소요금액 : (373.3)억 원 (정부출연금(280)억 원+민간매칭(93.3)억 원)
<table>
<tr><th>구분</th><th>1차년도</th><th>2차년도</th><th>3차년도</th><th>4차년도</th><th>5차년도</th><th>합계</th></tr>
<tr><td>정부(75%)</td><td>10</td><td>80</td><td>130</td><td>60</td><td>-</td><td>280</td></tr>
<tr><td>민간(25%)</td><td>3.3</td><td>26.7</td><td>43.3</td><td>20</td><td>-</td><td>93.3</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>13.3</td><td>106.7</td><td>173.3</td><td>80</td><td>-</td><td>373.3</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>산출내역</td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>예산(억원)
정부+민간</th><th>연차별 연구내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1차년도</td><td>13.3</td><td>- 자율교통 스마트 대중교통 시스템 및 주행 제어 기본 설계
- 관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 기본/상세 설계
- 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 기반 기술 개발 및 플랫폼 설계</td><td></td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>106.7</td><td>- 자율주행 스마트 대중교통 시스템 핵심부품 및 주행 제어모듈 제작
- 관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 핵심 기능 구현
- 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발</td><td></td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>173.3</td><td>- 자율주행 스마트 대중교통 시스템 제작 및 주행제어 기술 고도화
- C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 통합 구현
- 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 고도화 및 스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 구현</td><td></td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td>80</td><td>- 자율주행 스마트 대중교통 시스템 운행시험 및 검증
- C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 안정화를 통한 시범사업 추진
- 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 개발 및 시스템 운영 전략 수립</td><td></td></tr>
<tr><td>합계</td><td>373.3</td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>연구성과
활용방안 및
기대효과</td><td>◦ 기대효과
- 도시/지역계획 수립 시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용
- 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의 조기 실용화를 위한 기반 마련
- 대중교통 운영비 절감 및 도심지 물류비용 절감 기대
- 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37%수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용
- 기준, 사양, 설계서는 미래형 자율주행 대중교통 시스템 구축 시 건설기준·지침 등으로 활용
- 국내 환경에 적합한 개발시스템은 국내 시범노선 구축 모델로 활용
- 네트워크 운행 제어 알고리즘은 미래형 대중교통 운행계획 및 최적화에 활용
- 시스템 모델구축으로 기술선점을 통한 국내 보급 및 수출 기대

◦ 파급효과
- 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점으로 교통분야의 기후협약 대응 선도
- 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화
- 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신교통시스템 기술 선도
- 새로운 대중교통수단 개발로, 수요자 중심의 (Point-to-Point) 서비스 기능 구현을 통한 대중교통수단 패러다임 변화 선도
- 차체 경량화, 환경 친화적 시스템, 무선급전 등의 핵심원천기술 확보 및 타 교통수단의 기술 적용에 따른 국가 경쟁력 향상
- 접근성 향상을 도모할 수 있는 시스템을 개발함으로써 교통약자의 이용편의성을 향상</td></tr>
</table>

	- 신도시의 교통망 구축, 구 도심지의 교통선진화를 통한 도시 경쟁력 확보 및 도시교통 생태계 구축 산업 분야에서의 기술적 우위확보를 통한 미래시장 선점

2. 세부과제별 R&D 과제카드

(1) 1세부과제 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

과제명	자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제
		✓	

기술개발 및 상용화 유형	기술개발 유형	상용화 가능 시기
	□기초 □응용 ■개발	□단기(3년 이내) ■중·장기

연구배경	필요성	◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 - 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요함 - 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 조성 필요 - 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함 ◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 - 전 세계적인 스마트 대중교통 시스템에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요 - 스마트 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되는 자율주행 대중교통수단으로서 승객의 안전 및 정시성 등의 철도의 특징뿐만 아니라 운행노선의 자율성 등의 차량의 특징을 복합적으로 지니고 있어 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-IPTS와의 연계를 반드시 고려해야 함 ◦ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 - 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요
	국내외 동향	◦ 소형 스마트 대중교통 - 한국철도기술연구원은 철도와 전기자동차 기술이 융합된 PRT 시스템을 개발하였고 해당 연구원 내 철도안전기반의 중앙제어 및 전기자동차 기반의 시험주행노선(약 658m) 구축 및 기능 구현(자석검지기반 자동운전시스템, 최고속도 50km/h) - ULTra PRT는 영국 브리스틀(Bristol) 대학 내에 설립된 ATS사(Advanced Transport Systems Ltd, 현 Ultra Global사)를 중심으로 컨소시엄이 구성되어 영국 정부의 지원 하에 개발이 진행되었으며, 현재 Heathrow 공항에 시범 운영 중임. 또한, 영국 교통연구소(TRL)는 도심 환경에서의 무인자동차량의 구현에 대한 기술적, 법적, 사회적 문제를 이해하고 극복하기 위하여, GATEway (Greenwich Automated Transport Environment) 연구 프로젝트를 추진 중에 있으며, Heathrow 공항의 전용궤도에서 운행되는 ULTra PRT 차량을 개량/개선하여 일반 도로에 적용하여 시험 운영 중임 - 아랍에미리트연합 마스다르시(Masdar)의 친환경 생태도시 개발 계획에 따라 네덜란드 2getther사의 PRT가 도입되어, 1.4km(단방향) 노선에서 차량 13대(승객용 10대 및 화물용 3대)와 5개역(승객역 2곳 및 화물역 3곳) 규모로 평균 속도 40km/h로 현재 운영 중임 - 차세대 무인운전 대중교통수단 개발 과제 CityMobil2 프로젝트(FP7: 7차 프레임워크 프로그램)를 통해서 유럽의 여러 도시 환경에 적합한 도로 자동 수송시스템의 Pilot System을 구축하기 위한 기술 개발 추진(2012~2016년) · CityMobil2 프로젝트는 총 11개 EU 국가(이탈리아, 프랑스, 영국, 독일, 스위스, 벨기에, 포르투갈, 스페인, 핀란드, 그리스, 네덜란드)의 기업 및 연구소들이 참여하며 시범운행으로 얻어진 무인운전 기술의 표준화 및 제도적/정책적 요구사항 등에 대한 제도 마련에 활용하고 있음

		· CityMobil2 프로젝트의 일환으로 San sebastian의 시범노선에서 Robosoft사의 robuCITY차량과 EasyMile사의 EZ10차량을 혼합하여 6개역에서 운영 중에 있음 - 현재 Easymile사의 EZ-10은 일본, 프랑스 및 두바이에서 시범 운행 중이며, 2015년 네덜란드의 에데-와게닝겐역(Ede-Wageningen station)과 와게닝겐 대학 및 연구센터를 잇는 7km 노선에서 EZ-10을 개조한 Wepods도 운행 중임. 일본에서는 도쿄 인근 지바현(Chiba-ken) 마쿠하리(Makuhari) 쇼핑몰에서 인근 공원까지 노선 길이 500m 구간에 대해 시범운행 실시중임 - 싱가포르에서는 2013년부터 Navya 시범운영을 시작으로 주롱호수 구역과 NTU (Nanyang Technological University) 캠퍼스 내에서 셔틀 무인자동차를 시범운행 중에 있음. 또한, 2015년, One-North 지역에서 처음으로 무인자동차 시범운영을 위해 공공도로를 개방하여 Biopolis, Fusionopolis, Mediapolis 세 지역을 연결하는 실제 교통상황 하에서 무인자동차의 운행능력을 시험함 ◦ 중/대형 스마트 대중교통 - Daimler사의 City Pilot은 GPS, 레이더, 카메라등을 활용해 자율주행하는 버스로 현재 네덜란드 암스테르담(Amsterdam) 간선급행버스체계(BRT)노선에서 시범 운행 중임 - California PATH 프로젝트는 대표적으로 자석검지기반 자동운행 대중교통에 관한 연구이며 Palo Alto에 시험선이 구축되어 있음. 또한, Berkeley Deep Drive, Automated and Connected Vehicle, Modal Application 등 다양한 프로젝트와 연구를 진행해 왔음. - 싱가포르 LTA는 자율주행차량 컨소시움과 파트너십 체결하였으며, 여기에는 싱가포르 과학기술청(A*STAR), 싱가포르 국립대학(NUS), 싱가포르 기술디자인대학(SUTD) 등이 포함되어 있으며 40인승 전기버스에 자율주행 기술 접목을 시킨 형태로 계획됨 - 중국의 Yutong사는 초기버전의 자율주행 버스로 32km 주행에 성공하였고, 주행최고속도는 68km/h로 자동으로 차선변경 및 추월을 수행함. - 일본의 'SB드라이브'는 '차세대 모빌리티 연구 센터'의 기술을 바탕으로 소프트뱅크와 연계해 사업을 진행하기로 함. 2017년 3월 20일부터 4월 2일까지 오키나와 해수욕장(아자마산 산비치-주차장/약 1km)에서 주행속도 30km/h로 왕복운행하며 자율주행버스에 대한 실증 테스트를 수행 함
과제목표		◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 기술 개발 ◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 ◦ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발

연구내용	◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발 - 센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 적용 기술연구 - 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체인식) 인식 적용기술 연구 - 차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술 적용기술 연구 - 차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피 기동 기술 적용기술 연구 - 차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 기술 적용기술 연구 - 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술 개발 - 자율주행기술 성능/적용 가능성 시험을 위한 테스트차량 제작(개조 및 신조차량) - 자율주행 운행에 따른 주행안전성 평가기술 연구 ◦ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 - 도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용기술 연구 - 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 적용기술 연구 - 차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속 충전 적용기술 연구 - 차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술 연구 - 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화기술 개발 - 슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체

	기술 개발 - 최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선기술 연구 - 차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술 연구 ◦ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 - 전용/비전용 노선 자율주행을 위한 인지/제어 시스템 개발(시제품 포함) - 자율주행 핵심기술 검증을 위한 상용차량(전기동력기반 중·대형 버스) 개조 - 자율주행버스용 HMI 시제품 개발 - 자율주행 관제시스템/C-IPTS 연계 차량운행을 위한 협조제어 기술개발(통합연계형 통신 모듈 시제품 포함) - 자율주행시험을 통한 스마트 대중교통의 안전성 시험평가 및 실증연구 임시허가 인증·검사
산출물	◦ 스마트 대중교통 시스템(개조 1대, 골조 1대, 신조 1대, 중·대형 3대) ◦ 각종 부품단위 및 시스템 사양서, 설계도면 등 ◦ 특허, 논문, 평가 기준 및 지침서 등

예산

총 소요금액 : (207)억 원 (정부출연금(155)억 원+민간매칭(52)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	4.00	44.87	72.87	33.63	-	155.37
민간(25%)	1.33	14.96	24.29	11.21	-	51.79
합계	5.33	59.83	97.16	44.84	-	207.16

산출내역

구분	**예산(억원)** 정부+민간	**연차별 연구내용**	**비고**
1차년도	5.33	- 일반도로 주행용 미니트램 개조차량 - 차량주행장치 및 차체 설계서 - 융합형 에너지 매체 조사 보고서 - 정밀위치보정 및 차량제어모듈 설계서 - 정보인식 및 원력진단모듈 설계서	
2차년도	59.83	- 차량주행장치 구현 - 내· 외장 소재 조사 보고서 - 융합형 에너지 매체 시험결과 보고서 - 정밀위치보정 및 차량제어모듈 - 정보인식 및 원격진단모듈 - 친환경 자율주행버스 제어 핵심모듈/HMI 및 시스템 체계도	
3차년도	97.16	- 조향 및 제동장치 이중화 설계서 - 내· 외장 소재 구현 - 무인급속 충전부 구현 - 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 설계서 - 이동객체 운동방향 예측 시험결과 보고서 - 스마트 대중교통(소형/중·대형) 차량	
4차년도	44.84	- 에너지 저감형 추진시스템 시험결과 보고서 - 에너지 흡수부 구현 - 가용에너지 예측 시험결과 보고서 - 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 - 주행로내 장애물 대응제어 시험결과 보고서 - 운행시험허가 평가기술 개발 보고서 - 친환경 자율주행버스 운행시험 결과	
합계	207.16		

연구성과 활용방안 및 기대효과	◦ 기대효과 – 도시/지역계획 수립시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용 – 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의 조기 실용화를 위한 기반 마련 – 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37%수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용 – 기준, 사양, 설계서는 미래형 자율주행 대중교통 시스템 구축 시 건설기준·지침 등으로 활용 ◦ 파급효과 – 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점으로 교통분야의 기후협약 대응 선도 – 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 – 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신 교통시스템 기술 선도 – 차체 경량화, 환경 친화적 시스템, 무선급전 등의 핵심원천기술 확보 및 타 교통수단의 기술 적용에 따른 국가 경쟁력 향상

(2) 2세부과제 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

과제명	공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제
		✓	

기술개발 및 상용화 유형	기술개발 유형	상용화 가능 시기
	□기초 □응용 ■개발	□단기(3년 이내) ■중·장기

연구 배경	필요성	◦ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발 – 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요 – 실시간 이용수요에 효율적으로 대응할 수 있는 스마트 대중교통 시스템 구축을 위해서는 C-IPTS 시스템 연계를 통해 도로교통상황의 즉각적인 대응과 이를 기반으로 한 최적 경로의 선정이 매우 중요함 – 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음 ◦ 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 – 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함 – 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 IT·SW 개발관련 중소·중견 기업의 시장경쟁력 확대가 기대됨 – 현 시점에서 활발히 논의되고 있는 IoT, LBS 등에 대한 최신기술을 연계시켜 줄 수 있는 내용이 포함되어야 하며, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 AI기반의 분석을 통한 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술이 필요함 ◦ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 – 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요 ◦ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 – 전 세계적인 스마트 대중교통 시스템에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요 – 기존 교통수단의 정의 하에서는 구분이 모호한 뉴-모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도교통법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비방안이 마련되어야 함
	국내외 동향	◦ 차량에서의 정보화기술은 ITS(Intelligent Transportation System)가 도입된 이래 꾸준히 IT기술과의 융합을 꾀하여 왔음. 특히, ITS기술은 이동통신 및 스마트폰의 급격한 발전에 힘입어 유럽, 미국 등을 중심으로 도로, 차량, 사람간의 긴밀한 연관체계인 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)로 진화를 꾀하고 있으며, 우리나라에서는 국토교통부 주관으로 2017년 7월까지 C-ITS시범사업을 진행하였음 ◦ 미국 교통부(DOT)는 2011년부터 ‘Connected Vehicle' 프로젝트를 추진하고 있으며, 2012년 하반기부터 V2X 기술을 적용한 'Safety Pilot'을 실시 중임. 이미 도로 현장에서 V2V, V2I 통신 테스트 및 기술 검증을 마쳤으며, 향후 모든 차에 안전장치로 모듈설치를 의무화할 방침임 ◦ LG전자가 개발을 주도한 ‘LTE 기반 차량 대 차량 통신(V2V: Vehicle to Vehicle) 기술’이 2016년 10월 12일 글로벌 표준 규격으로 채택되었으며, SK텔레콤과 서울대는 2016년 10월초 서울

		대 관악캠퍼스에서 V2X 기술을 적용한 무인 자율주행자동차 스누버(SNUver)로 시연함 ◦ 다양한 도시환경에서 CityMobil2 시범운영 되어 종단의 교통수단으로서 높은 호감을 이끌었으며, 수송 요구사항에 따라 유연한 해결을 제시하고 대중 교통네트워크와의 연계수단으로서의 역할을 확인함. 유럽은 현재 대중교통수단으로서 자동도로교통시스템(ARTS)을 개발하기 위하여 유럽 연합차원의 프로젝트로 다양한 국가의 도시에서 다양한 환경에 적용하기 위한 시범운영을 진행하고 있음 – 다양한 도시환경에서 CityMobil2 시범운영 되어 종단의 교통수단으로서 높은 호감을 이끌었으며, 수송 요구사항에 따라 유연한 해결을 제시하고 대중 교통네트워크와의 연계수단으로서의 역할을 확인함
과제목표		◦ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발 ◦ 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ◦ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 ◦ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구

연구내용	◦ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 – 관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발 · 자율운행대중교통시스템 교통관리센터 구축 기술 · 차량 검수고 및 충전시설 구축 기술 · C-IPTS를 위한 자율운행대중교통시스템 연동 기술 – 자율운행 연계기술 · C-IPTS 방법 및 핵심 요구사항 분석 · 안전 운행을 위한 데이터 처리기술 개발 · 안전운행 기술 적용 및 검증 · C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 기술 · 차상 운행정보 현시 및 모니터링 인터페이스 기술 – C-IPTS 빅데이터 활용 기술 개발 · C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구 · 스마트 대중교통을 위한 의사결정지원 시스템 · C-IPTS 빅데이터 활용 서비스 개발 ◦ 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 – 디지털 도로교통 인프라 설계 · 구축 기술 · 커넥티드카 기반 정적/동적 정보 DB 구축 개발 · 대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 및 구축 · 기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술 – 디지털 도로교통 인프라 유지 · 관리 기술 · 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 메뉴얼 개발 · 자율주행대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발 ◦ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 – 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 차상제어모니터링 데이터에 의한 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 고장 · 유지보수 데이터 및 차상제어모니터링 통합 신뢰성 평가 기술 개발 · 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발 – 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 · 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발 · 고장 · 유지보수 데이터에 의한 유지보수 정책 최적화 기술 개발 · 실시간 신뢰성 진단 및 고장 · 유지보수 데이터에 의한 통합 유지보수 전문가 시스템 개발 ◦ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 – C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 · C-IPTS 센터 생성 정보 분석 및 연계방안 수립 · C-IPTS 실용화 계획 수립 – C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진 · C-IPTS 스마트 대중교통 도입 절차 및 방안 마련 · C-IPTS 스마트 대중교통 실증 시나리오 개발 · 시범사업구간 디지털 도로교통 인프라 구축
산출물	◦ 실도로 모사 자율주행 시스템 안전성 평가용 테스트베드 ◦ 복합 실증 시나리오 5건

	◦ C-IPTS 관제시스템 ◦ 특허, 논문, 평가 기준 및 지침서 등

예산

총 소요금액 : (97.86)억 원 (정부출연금(73.40)억 원+민간매칭(24.46)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	3.00	20.86	33.90	15.64	-	73.40
민간(25%)	1.00	6.95	11.30	5.21	-	24.46
합계	4.00	27.81	45.20	20.85	-	97.86

산출내역

구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고
1차년도	4.00	◦스마트 대중교통 관제 필수기능 및 안전 서비스 요구사항 도출 ◦정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 설계서 ◦실시간 신뢰성 평가 기술 및 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 설계 ◦C-IPTS 스마트 대중교통 도입 방안 도출	
2차년도	27.81	◦안전 서비스 요구를 반영한 C-IPTS 기술 구체화 및 C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 활용 방안 도출 ◦차량 검수고 및 충전시설 설계도 ◦정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 시스템 ◦실시간 신뢰성 평가 알고리즘 및 유지보수 정책 최적화 알고리즘 ◦C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 방안 및 C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 전략 수립	
3차년도	45.20	◦안전 서비스 위한 기계학습기반 데이터 처리기술 개발 및 대중교통 빅데이터 활용 서비스(1차) ◦차량 검수고 및 충전시설 H/W ◦자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 기준 ◦실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 ◦C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 및 C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 구체화	
4차년도	20.85	◦안전운행 기술 적용 및 검증 (관제센터 안정화) ◦차량 검수고 및 충전시설 운용시험결과 ◦자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 시스템 ◦실시간 모니터링 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 ◦C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스	
합계	97.86		

연구성과 활용방안 및 기대효과

◦ 기대효과
- 도시/지역계획 수립시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용
- 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의 조기 실용화를 위한 기반 마련
- 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37%수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용

◦ 파급효과
- 4차 산업혁명을 이끄는 첨단 장비기반의 자율주행 교통시스템을 통해 다양해진 수송수요의

	니즈를 충족시킴으로서 승용차중심의 도시교통체계의 변화를 도모할 수 있음 - 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 - 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신 교통시스템 기술 선도

(3) 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

과제명	사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제
		✓	

기술개발 및 상용화 유형	기술개발 유형	상용화 가능 시기
	□기초 □응용 ■개발	□단기(3년 이내) ■중·장기

연구 배경	필요성	◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 – 스마트 대중교통의 효율적 운영을 위해서는 교통시스템의 특성을 고려한 실시간 수요/공급 상황에 대한 정확한 모사과정이 반드시 선행되어야 함 – 연구를 위한 기본 분석체계는 Agent-based dynamic simulation framework이 주를 이루게 되며, 각 시간대별 임의의 승객발생에 대한 수요방향성과 주변 교통상황을 모두 고려하는 병합 알고리즘이 필요함 – 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음 – 스마트 대중교통 운영 효율성 평가에 적합한 시뮬레이터 모듈을 오픈 플랫폼 상에서 개발하고, ABATA, TRIPS 외 국내 R&D 기술로 기 개발된 교통 시뮬레이터와 알고리즘의 인터페이스 기능을 부여하여, 분석 고도화 및 분석 단계 상세화 등 향후 사업화 모형은 S/W 개발자에 의해 쉽게 접근하여 비즈니스 모델 창출 및 시스템의 지속성을 고려한 설계가 필요 ◦ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 – 사전에 계획된 혹은 예약한 기종점 수요를 만족시키면서 무작위로 발생하는 다중 기종점에 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 알고리즘이 필요하지만, 최근 우버POOL 서비스 구현에서도 알 수 있었듯이 실시간 합승까지 고려한 수요응답형 서비스는 쉽지 않은 최적화 프로그램이기 때문에, 이러한 복잡한 수요를 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영 최적화 전략 수립 및 첨단화 기술에 대한 개발이 필요함 – 스마트 대중교통의 자율주행 기능은 이동 자체에 대한 요구 충족에 있어 현재 말단 통행(First & Last mile)을 담당하는 택시, 마을버스 등과 차별성이 있다고 판단하기 어려움 – 기존 교통수단과의 차별성을 부여하기 위해서는, 이용자가 언제 어디에서든 스마트 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 이용자 체감형 서비스를 마련하고 이용자 편의서비스 증진 기술을 개발하여 스마트 대중교통 실용화 및 생태계 구축을 위한 연구 및 기술 개발이 필요함 – 또한, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 첨단기술 기반의 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술을 구현하기 위한 기반 기술을 마련 할 필요가 있음 ◦ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 – 스마트 대중교통은 기존 교통수단의 정의하에서는 구분이 모호한 뉴모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도교통법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비방안이 마련되어야 함 – 스마트 대중교통 도입 예상 지역에 대한 광범위한 지구 상세설계(안)과 통합요금체계 도입방안, 다양한 비즈니스 모델에 대한 전략적 검토를 통해 향후 실용화 사업 추진 방안을 다각도로 검토하여야 함 – 아울러 향후 사업타당성 조사 등에서 통용될 수 있는 스마트 대중교통이 갖는 사회적 편익 항목에 대한 정략적인 분석방법 검토를 통해 최적 입지선정 및 사업성 검토에 기여할 수 있는 스마트 대중교통 사업 연계 비즈니스 모델이 자생할 수 있는 생태계 마련에 대한 연구가 선행되어야 함
	국내외 동향	◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 – 스마트 대중교통 등 미래형 교통 시스템 도입 타당성, 최적 노선 선정 및 효율적인 시스템 운영을 검토하기 위한 과학적이고 체계적인 분석 툴이 요구되며, 싱가포르에서는 MIT

		와 공동연구를 통해, SimMobility를 개발. SimMobility는 토지이용모형(Land Use) – 교통수요예측 모형 (Travel Demand) – 교통류 시뮬레이션 (Network Simulation)로 구성되며, 교통 정책이나 미래 교통 패러다임 전환에 있어 분석 단계(수준)에 따른 결과 간 일관성을 유지한 분석이 가능하도록 설계되어 있음 – SimMobility에서 일일 교통 계획 및 운영 측면의 상세 분석은 SimMobility-ST인 교통류 시뮬레이션 단계에서 대부분 분석되며, 유사 분석이 가능한 상용화 버전 시뮬레이터로는 AIMSUN, VISSIM, Q-Paramics, Transmodeler, ARTEMIS, CORSIM, DRACULA, HUTSIM, Integration, MITSIMLab, SUMO, Cube DynaSIM 등이 있음 – 자율주행 및 이에 바탕으로 한 대중교통 운영 시뮬레이션은 현재까지 국내 기술로 개발된 바 없으며, 대중교통 분야가 포함되지 않은 자율주행 시뮬레이션 기초 연구, Meso-scale traffic simulation 과제가 존재하나 중복적인 요소 보다는 상호 보완적인 관계로 추후 성과 공유 및 확장성 측면의 시너지 효과 기대 가능 ◦ 다중경로 생성기술 – 현재 국내·외 동적 경로 세팅 및 최적 경로선정 기술은 자동차 네비게이션 업체 및 통신사를 중심으로 다양하게 진행되었지만 기종점 수요 병합을 반영한 경로 연구는 물류 부문의 집배송 서비스를 위한 부문으로 제한되어 있음 – 물류부문의 집배송 서비스 관련 최적 경로 연구의 한계는 실시간 수요를 매칭시키는 경로 최적화가 아니라 예약정보를 기반으로 한 정적정보를 바탕으로 집배송 경로를 최적화시키는 부문으로 임의로 발생하는 실시간 수요를 대응할 수 있는 Dynamic Assignment 와는 거리가 있음 ◦ 이용자 편의서비스 – 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 첨단 콜서비스 기술 개발을 위한 국내외 실내외 위치 측위 적용 사례를 보면, 현대엠엔소프트사 (실내외 연계 자동차 내비게이션 서비스), 투이 솔루션사 (실시간 재난대응 피난경로 안내 서비스), 구글 (쇼핑몰, 공항 등 실내지도 연계 서비스), 톰톰 (클라우드 기반 LBS 플랫폼) 등 다수 사례가 존재함 – 국내·외적으로 LBS의 시장 잠재력은 높으나, 국내 LBS 사업의 현실은 법·제도적인 규제, 독점시장 등 구조적 한계를 안고 있음 – 핀란드는 세계 최초로 교통 인프라와 관련된 서비스와 정보, 결제를 하나의 플랫폼으로 제공하는 'MaaS (Mobility-as-a-Service)' 개념을 도입함 – 'MaaS'는 이동하고자 하는 사람 또는 물건이 주체가 되어 정보 통신 기술과 교통인프라, 서비스, 정보, 결제 서비스를 통합하여 각각의 요구에 가장 적합한 수단을 원스톱으로 유연하고 원활하게 제공하는 플랫폼임 – 2014년 싱가포르 육상교통청(LTA : Land Transport Authority)에서 무인자동차 개발계획 SAVI(Singapore Autonomous Vehicle Initiative)를 발표하였으며, SAVI는 R&D, 무인자동차 기술 시범운영, 앱 개발과 교통솔루션 등을 지원하는 플랫폼을 제공할 예정임 ◦ 자율주행 관련 법·제도 – 2016년 3월말 기준 네바다, 캘리포니아, 플로리다, 미시간, 노스다코다, 테네시, 워싱턴 DC, 유타, 애리조나 등 9개 州에서 시험주행이 가능하며, 현재 8개 州에서는 법제도 개정을 통해, 애리조나 州는 주지사의 행정명령을 통해 자율주행자동차 운행을 허가하고 있음 – 국토교통부는 2016년 「자동차관리법 시행규칙」 제26조의2 제3항에 따른 자율주행차의 임시운행에 필요한 세부요건 및 확인방법 등 안전운행요건 지정 및 자율주행차의 제작대상, 방법, 보험가입, 사전시험주행에 관한 사항 등 시험운행 전에 충족시켜야 할 요건들이 제시되어 있는 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」을 고시함 – 현재 국내 정부 및 기업에서 자율주행자동차 실증단지를 구축하고 있으며, 정부에서는 미국의 M-city를 벤치마킹한 자율주행자동차 실험도시(K-city)를 2018년까지 구축하기 위한 연구를 지원하고 있으며, 현대모비스에서는 2018년까지 서산주행시험장에 자율주행 시험로와 무인주행 시스템 등의 신기술을 연구하고 검증하기 위한 시설을 조성할 계획임
과제목표		◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 및 운용환경 구축을 위한 시뮬레이션 기술 개발 ◦ 실시간 공유교통의 장점을 극대화하는 수요 대응형 스마트 대중교통 운영최적화 및 첨단화 기술 개발 ◦ 스마트 대중교통 실용화 추진을 위한 실증단지 구축 및 법·제도 정비

연구내용	□ 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발 ◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 – 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발 · 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 · 스마트 대중교통 운용환경 평가 지표 개발 · 실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적 운영 시나리오 제시 – Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 설계 · Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 조사 및 인터페이스 검토 · Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 · 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분) – 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 · 자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형 · V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형 · 주행 파라메터 정의 및 정산모형 – 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이터 개발 · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 (알고리즘 및 평가 지수 적용) · 대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증 · 차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영 ◦ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 – 실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술 · 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 · 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 · 복합 교통네트워크내 실시간 최적 경로 선정 기술 – 다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술 · 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 · 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 · 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 – 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 정보 생성 기술 · 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 · 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 ◦ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 – 관련 법·제도·정책적 요구사항 도출 및 정비방안 · 설계 및 건설·운영에 필요한 법·제도 정비방안 · 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정(안) 연구 – 실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토 · 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석 · 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 – 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립 · 시범사업 경제적·재무적 타당성 검토 · 시범사업지역 선정을 위한 기술적 정책적 검토 · 시범사업 수행을 위한 도입지 인센티브 정책 검토 · 실용화 및 비즈니스 모델 검토 ※ 시범사업 대상지는 전문기관의 자문위원단에 의해 최종 선정
산출물	◦ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 (S/W, 오픈 소스 방식) ◦ 수요 대응형 이용자 편의 기술을 포함한 App ◦ 법·제도 개정(안) ◦ 특허, 논문, 보고서 및 지침서 등

예산

총 소요금액 : (68.3)억 원 (정부출연금(51.23)억 원+민간매칭(17.08)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	3.00	14.27	23.23	10.73	–	51.23
민간(25%)	1.00	4.76	7.74	3.58	–	17.08
합계	4.00	19.03	30.97	14.31	–	68.31

산출내역

구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고
1차년도	4.00	- 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 - Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 설계 - 스마트 대중교통 관련 법·제도·정책적 현황조사 및 타당성 분석	
2차년도	19.03	- 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 - 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 - 시범단지 네트워크 구축 및 운영을 위한 관련 정책 검토	
3차년도	30.97	- 스마트 대중교통 운행 평가 핵심 기술 및 알고리즘 고도화 - 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 - 범용화를 위한 제도개선 방안 제시 및 실용화 계획 수립	
4차년도	14.31	- 스마트 대중교통 운행평가 시범 운영 및 운영 전략 제시 - 스마트 대중교통 이용자 편의서비스 기반 기술 개발 - 스마트 대중교통 비즈니스 모델 검토 및 실용화 추진	
합계	68.31		

연구성과 활용방안 및 기대효과

◦ 연구성과 활용방안
- 최초의 자율주행 기반 대중교통시스템 실증을 위한 운영 플랫폼을 개발함으로써 친환경적이고 효율적인 대중교통 중심의 교통체계 구축에 활용
- 대중교통을 이용하는 통행자의 특성을 충분히 반영하고 이를 충족시킬 수 있는 안전한 자율주행 대중교통시스템을 완성하기 위해서 필요한 분야별 첨단 기술과 이에 대한 연계기술 개발 및 구현을 통해 요소기술 뿐만 아니라 서비스 구현에 필요한 플랫폼 기술을 확보함으로써 국내 실증 모델 구축 및 해외시장 개척에 활용

◦ 기대효과 및 파급효과
- 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점으로 교통 분야의 기후협약 대응 선도
- 새로운 대중교통수단 개발로, 수요자 중심의 서비스 기능 구현을 통한 대중교통수단 패러다임 변화 선도
- 글로벌 경제매거진인 포브스(Forbes)에서는 자율주행차량을 이용하였을 때의 교통사고감소와 통행시간감소에 따른 비용 절감효과에 대해 계략적으로 제시하였으며, 치명적인 충돌로 인한 중상사고로 3,170억 달러, 경상 및 대물피해로 인한 2,260억 달러, 시간 절약으로 인한 990억 원을 합한 총 6,420억 달러에 해당하는 사고 비용절감효과를 예상함

제5절. 총괄 및 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 총괄 및 세부과제별 주요 연구내용

(1) 총괄연구단 : 자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구

1) 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-9> 총괄연구단 목표 및 주요 연구내용

구 분	내 용
목 표	○ 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발 ○ 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발 ○ 사용자 중심 시스템 운용환경 구축 기술 개발
주요 연구내용	○ 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발 - 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발 - 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 - 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 ○ 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발 - C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 - 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 - 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 - 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 ○ 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발 - 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 - 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 - 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비

2) 연차별 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-10> 연차별 총괄연구단 연구내용 및 예상성과

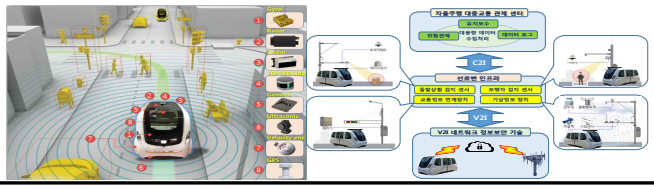
연차	연구목표	연구내용	예상 성과
1차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 및 주행제어 기본 설계	◦차량 핵심부품의 국산화 및 고도화 ◦차량주행제어기술 연구 ◦자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축	◦일반도로 주행용 미니트램 개조차량
	관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 기본/상세 설계	◦C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 ◦C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ◦실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술 ◦도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	◦스마트 대중교통 관제 필수기능 및 안전 서비스 요구 사항 ◦C-IPTS 스마트 대중교통 도입 방안 도출
	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 기반기술 개발 및 플랫폼 설계	◦차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 ◦Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 ◦스마트 대중교통 관련 법·제도·정책적 현황조사 및 타당성 분석	◦스마트 대중교통 운영 플랫폼 기본 설계 및 상세 설계 ◦스마트 대중교통 운영을 위한 기반기술 개발 ◦타 교통수단 연계 및 이용자 수용 가능 실용화 생태계 구축을 위한 기틀 마련
2차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 핵심부품 및 주행제어모듈 제작	◦차량 핵심부품의 국산화 및 고도화 ◦차량주행제어기술 연구 ◦자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축	◦차량주행장치 구현 ◦정밀위치보정 및 차량제어 모듈 ◦정보인식 및 원격진단모듈 ◦친환경 자율주행버스 제어 핵심모듈 ◦HMI 및 시스템 체계도
	관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 핵심 기능 구현	◦C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 ◦C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ◦실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술 ◦도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	◦정적/동적 DB 및 대중교통 상황정보 DB 시스템 ◦실시간 신뢰성 평가 알고리즘 및 유지보수 정책 최적화 알고리즘
	스마트 대중교통 운영 핵심 알고리즘 개발	◦스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 ◦오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI설계 ◦시범단지 네트워크 구축 및 운영을 위한 관련 정책 검토	◦운영평가 시뮬레이션 핵심 알고리즘 및 운영 로직 개발
3차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 제작 및 주행제어 기술 고도화	◦차량 핵심부품의 국산화 및 고도화 ◦차량주행제어기술 연구 ◦자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축	◦내· 외장 소재 구현 ◦무인급속 충전부 구현 ◦스마트 대중교통(소형/중·대형) 차량
	C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 통합 구현	◦C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 ◦C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ◦실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술 ◦도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	◦안전 서비스를 위한 기계학습 기반 데이터 처리기술 개발 및 대중교통 빅데이터 활용 서비스(1차) ◦차량 검수고 및 충전시설 H/W ◦실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템

			◦C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 및 C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 구체화
	스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 구현	◦스마트 대중교통 운행 평가 핵심 기술 및 알고리즘 고도화 ◦오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 ◦범용화를 위한 제도개선 방안 제시 및 실용화 계획 수립	◦스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 프로토타입 개발 ◦스마트 대중교통 운영 시스템 구축 및 분석 정밀도 확보
4차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 운행시험 및 검증	◦차량 핵심부품의 국산화 및 고도화 ◦차량주행제어기술 연구 ◦자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축	◦에너지 흡수부 구현 ◦센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 ◦친환경 자율주행버스 운행시험 결과
	C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 안정화를 통한 시범사업 추진	◦C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 ◦C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ◦실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술 ◦도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	◦안전운행 기술 적용 및 검증 (관제센터 안정화) ◦자율주행 대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 시스템 ◦실시간 모니터링 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 ◦C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스
	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 개발 및 시스템 운영 전략 제시	◦스마트 대중교통 운행평가 시범 운영 및 운영 전략 제시 ◦스마트 대중교통 이용자 편의서비스 기반 기술 개발 ◦스마트 대중교통 비즈니스 모델 검토 및 실용화 추진	◦스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 및 기능 고도화 ◦스마트 대중교통 도입에 따른 운영 시나리오 개발 ◦실증단지 구축을 위한 실용화 기술 개발

(2) 1세부과제 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

1) 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-11> 1세부 목표 및 주요 연구내용

구 분	내 용
목 표	○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 기술 개발 ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 ○ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발
주요 연구내용	○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 기술 개발 - 센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 적용 기술연구 - 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체인식) 인식 적용기술 연구 - 차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술 적용기술 연구 - 차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술 적용기술 연구 - 차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 기술 적용기술 연구 - 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술 개발 - 자율주행기술 성능/적용 가능성 시험을 위한 테스트차량 제작(개조 및 신조차량) - 자율주행 운행에 따른 주행안전성 평가기술 연구 ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 - 도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용기술 연구 - 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 적용기술 연구 - 차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속 충전 적용기술 연구 - 차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술 연구 - 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화기술 개발 - 슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술 개발 - 최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선기술 연구 - 차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술 연구 ○ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 - 전용/비전용 노선 자율주행을 위한 인지/제어 시스템 개발(시제품 포함) - 자율주행 핵심기술 검증을 위한 상용차량(전기동력기반 중·대형 버스) 개조 - 자율주행버스용 HMI 시제품 개발 - 자율주행 관제시스템/C-IPTS 연계 차량운행을 위한 협조제어 기술개발(통합연계형 통신모듈 시제품 포함) - 자율주행시험을 통한 스마트 대중교통의 안전성 시험평가 및 실증연구 임시허가 인증·검사 

2) 연차별 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-12> 연차별 1세부 연구내용 및 예상성과

연차	연구목표	연구내용	예상 성과
1차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 및 주행제어 기본 설계	**[차량 핵심부품의 국산화 및 고도화]** ○ 차량주행장치(조향, 추진, 제동 및 HVAC) 적용 기술 설계 ○ 도로환경 안전기준 및 차량 충돌기준에 부합하는 차체 설계 ○ 슈퍼커패시터의 출력 특성과 이차전지의 에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체 기초연구 **[차량주행제어기술 연구]** ○ 센서정보융합 정밀위치보정 및 차량제어모듈 설계 ○ 센서기반 차량주변 정보인식 모듈 설계 ○ 실시간 원격 고장진단 모듈 설계 **[자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축]** ○ 자율주행 기술 신뢰성 검증을 위한 차량개조 및 인프라 구축	○ 차량주행장치 및 차체 설계서 ○ 융합형 에너지 매체 조사 보고서 ○ 정밀위치보정 및 차량제어모듈 설계서 ○ 정보인식 및 원격 진단모듈 설계서 ○ 일반도로 주행용 미니트램 개조차량
2차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 핵심부품 및 주행제어모듈 제작	**[차량 핵심부품의 국산화 및 고도화]** ○ 차량주행장치(조향, 추진, 제동 및 HVAC) 적용 기술 구현 ○ 초경량 고강도 내·외장 소재 적용기술 도출 ○ 슈퍼커패시터의 출력 특성과 이차전지의 에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체 구현 **[차량주행제어기술 연구]** ○ 센서정보융합 정밀위치보정 및 차량제어모듈 제작 ○ 센서기반 차량주변 정보인식 모듈 제작 ○ 실시간 원격 고장진단 모듈 제작 **[자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축]** ○ 친환경 자율주행버스 제어 핵심모듈/HMI 제작 및 시스템 체계 설계	○ 차량주행장치 구현 ○ 내·외장 소재 조사 보고서 ○ 융합형 에너지 매체 시험결과 보고서 ○ 정밀위치보정 및 차량제어모듈 ○ 정보인식 및 원격 진단모듈 ○ 제어 핵심모듈/HMI 및 시스템 체계도
3차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 제작 및 주행제어 기술 고도화	**[차량 핵심부품의 국산화 및 고도화]** ○ 조향 및 제동 장치의 이중화 기술 개발 ○ 초경량 고강도 내·외장 소재 적용기술 구현 ○ 무인급속(Flash) 충전부 설계/제작 **[차량주행제어기술 연구]** ○ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 설계 ○ 주행로 이동객체 운동방향 예측기술 개발 ○ 고장 진단 데이터기반 유지보수 대응모듈 설계 **[자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축]** ○ 제어 핵심모듈 적용을 통한 시스템 체계 구축 ○ 사업구간 및 주행시험로 내 친환경 자율주행 시스템 운행시험	○ 조향 및 제동장치 이중화 설계서 ○ 내·외장 소재 구현 ○ 무인급속 충전부 구현 ○ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 설계서 ○ 이동객체 운동방향 예측 시험결과 보고서 ○ 스마트 대중교통(소형/중·대형) 차량
4차년	자율주행 스마트 대중교통 시스템 운행시험 및 검증	**[차량 핵심부품의 국산화 및 고도화]** ○ 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 기술 개발 ○ 에너지 흡수부 설계/제작 ○ 가용에너지 예측 기술 개발	○ 에너지 저감형 추진시스템 시험결과 보고서 ○ 에너지 흡수부 구현 ○ 가용에너지 예측

		[차량주행제어기술 연구] ○ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 제작 ○ 주행로내 장애물 대응제어 기술 개발 ○ 고장 진단 데이터기반 유지보수 대응모듈 제작 **[자율주행 핵심기술 검증을 위한 차량 개조 및 인프라 구축]** ○ 시범사업구간에서의 운행시험허가 평가기술 개발	시험결과 보고서 ○ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어모듈 ○ 주행로내 장애물 대응제어 시험결과 보고서 ○ 운행시험허가 평가기술 개발 보고서 ○ 운행시험 결과

(3) 2세부과제 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

1) 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-13> 2세부 목표 및 주요 연구내용

구 분	내 용
목 표	○ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발 ○ 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 ○ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 ○ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구
주요 연구내용	○ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 - 관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발 · 자율운행대중교통시스템 교통관리센터 구축 기술 · 차량 검수고 및 충전시설 구축 기술 · C-IPTS를 위한 자율운행대중교통시스템 연동 기술 - 자율운행 연계기술 · C-IPTS 및 핵심 요구사항 분석 · 안전 운행을 위한 데이터 처리기술 개발 · 안전운행 기술 적용 및 검증 · C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 기술 · 차상 운행정보 현시 및 모니터링 인터페이스 기술 - C-IPTS 빅데이터 활용 기술 개발 · C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구 · 스마트 대중교통을 위한 의사결정지원 시스템 · C-IPTS 빅데이터 활용 서비스 개발 ○ 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 - 디지털 도로교통 인프라 설계·구축 기술 · 커넥티드카 기반 정적/동적 정보 DB 구축 개발 · 대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 및 구축 · 기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술 - 디지털 도로교통 인프라 유지·관리 기술 · 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 메뉴얼 개발 · 자율주행대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발 ○ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 - 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 차상제어모니터링 데이터에 의한 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터 및 차상제어모니터링 통합 신뢰성 평가 기술 개발 · 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발 - 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 · 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터에 의한 유지보수 정책 최적화 기술 개발 · 실시간 신뢰성 진단 및 고장·유지보수 데이터에 의한 통합 유지보수 전문가 시스템 개발 ○ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 - C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 · C-IPTS 센터 생성 정보 분석 및 연계방안 수립 · C-IPTS 실용화 계획 수립 - C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진 · C-IPTS 스마트 대중교통 도입 절차 및 방안 마련 · C-IPTS 스마트 대중교통 실증 시나리오 개발 · 시범사업구간 디지털 도로교통 인프라 구축

2) 연차별 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-14> 연차별 2세부 연구내용 및 예상성과

연차	연구목표	연구내용	예상 성과
1차년	관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 기본/상세 설계	**[C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술]** ○스마트 대중교통 관제 필수기능 및 안전 서비스 요구 사항 분석 ○C-IPTS 방법 및 핵심 요구사항 분석 ○C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구 ○C-IPTS 교통상황 정보 서비스 및 시스템 정의 **[C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발]** ○커넥티드카 기반 정적/동적 디지털 인프라 정보 DB 설계 ○대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 ○기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술 **[실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술]** ○실시간 신뢰성 평가 기술 기본/상세 설계 ○신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 기본/상세 설계 **[도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구]** ○C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 검토 ○C-IPTS 스마트 대중교통 도입 방안 마련	○스마트 대중교통 관제 필수기능 및 안전 서비스 요구 사항 도출 ○정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 설계서 ○실시간 신뢰성 평가 기술 및 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 설계 ○C-IPTS 스마트 대중교통 도입 방안 도출
2차년	관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 핵심 기능 구현	**[C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술]** ○안전 서비스 요구를 반영한 C-IPTS 기술 개발 ○C-IPTS 기술 반영한 관제구축 기술 개발 ○C-IPTS 빅데이터 활용 방안 연구 ○C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 개발 ○차량 검수고 및 충전시설 설계 **[C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발]** ○커넥티드카 기반 정적/동적 디지털 인프라 정보 DB 구축 ○대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 구축 **[실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술]** ○실시간 신뢰성 평가 알고리즘 개발 ○유지보수 정책 최적화 알고리즘 개발 **[도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구]** ○C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 ○C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 절차 및 전략수립	○안전 서비스 요구를 반영한 C-IPTS 기술 구체화 및 C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 활용 방안 도출 ○차량 검수고 및 충전시설 설계도 ○정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 시스템 ○실시간 신뢰성 평가 알고리즘 및 유지보수 정책 최적화 알고리즘 ○C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 방안 및 C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 전략 수립
3차년	C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 통합 구현	**[C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술]** ○안전 서비스 위한 기계학습기반 데이터 처리 기술 개발 ○관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발 ○C-IPTS 대중교통 빅데이터 활용 서비스 개발(1차) ○차상 운행정보 현시 인터페이스 개발	○안전 서비스 위한 기계학습기반 데이터 처리기술 개발 및 대중교통 빅데이터 활용 서비스(1차) ○차량 검수고 및 충

		○ 차량 검수고 및 충전시설 제작 **[C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발]** ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 체계 수립 ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 설계 **[실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술]** ○ 실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 상세 기능 구현 ○ On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 성능 검증 **[도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구]** ○ C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 정의 ○ C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 구체화	전시설 H/W ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 기준 ○ 실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 ○ C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 및 C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 구체화
4차년	C-IPTS 관제 및 스마트 대중교통 인프라 확장기술 안정화를 통한 시범사업 추진	**[C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술]** ○ 안전운행 기술 적용 및 검증 (관제센터 안정화) ○ C-IPTS 대중교통 빅데이터 활용 서비스 개발 (2차) ○ 차상 운행정보 모니터링 인터페이스 개발 ○ 차량 검수고 및 충전시설 운용시험 **[C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발]** ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 기준서 개발 ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발 **[실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술]** ○ 실시간 모니터링 기술 고도화 ○ On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 구현 **[도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구]** ○ 기술 및 설비 기준 초안 마련 ○ 실용화 계획 및 대안 검토 ○ C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진	○ 안전운행 기술 적용 및 검증 (관제센터 안정화) ○ 차량 검수고 및 충전시설 운용시험결과 ○ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 시스템 ○ 실시간 모니터링 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템 ○ C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스

(4) 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

1) 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-15> 3세부 목표 및 주요 연구내용

구 분	내 용
목 표	○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 및 운용환경 구축을 위한 시뮬레이션 기술 개발 ○ 실시간 공유교통의 장점을 극대화하는 수요 대응형 스마트 대중교통 운영최적화 및 첨단화 기술 개발 ○ 스마트 대중교통 실용화 추진을 위한 실증단지 구축 및 법·제도 정비
주요 연구내용	○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 - 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발 · 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 · 스마트 대중교통 운용환경 평가 지표 개발 · 실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적 운영 시나리오 제시 - Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 설계 · Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 및 인터페이스 검토 · Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 · 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분) - 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 · 자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형 · V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형 · 주행 파라메터 정의 및 정산 모형 - 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이터 개발 · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 및 구현 · 대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증 · 차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영 ○ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 - 실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술 · 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 · 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 · 복합 교통네트워크내 실시간 최적 경로 선정 기술 - 다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술 · 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 · 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 · 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 - 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 정보 생성 기술 · 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 · 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 ○ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 - 관련 법 · 제도 · 정책적 요구사항 도출 및 정비방안 · 설계 및 건설 · 운영에 필요한 법 · 제도 정비방안 · 스마트 모빌리티(소형 콜버스)(소형 콜버스) 임시운행허가 개정(안) 연구 - 실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토 · 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석 · 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 - 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립 · 시범사업 경제적 · 재무적 타당성 검토 · 시범사업지역 선정을 위한 기술적 정책적 검토 · 시범사업 수행을 위한 도입지역 인센티브 정책 검토 · 실용화 및 비즈니스 모델 검토

2) 연차별 연구 목표 및 주요 연구내용

<표 3-16> 연차별 3세부 연구내용 및 예상성과

연차	연구목표	연구내용	예상 성과
1차년	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 기반기술 개발 및 플랫폼 설계	**[스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현]** ○ 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 ○ Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 조사 및 인터페이스 검토 ○ Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 **[실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술]** ○ 다구간 경로 생성 및 최적 경로 선정 방법론 검토 ○ 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 개발 ○ 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 개발 **[실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비]** ○ 관련 법·제도·정책적 현황조사 및 요구사항 도출 ○ 대중교통 요금체계 현황조사 및 분석 ○ 시범사업에 대한 경제적·재무적 타당성 및 시범사업지역 선정을 위한 기술적·정책적 타당성 검토	○ 스마트 대중교통 운영 플랫폼 기본 설계 및 상세 설계 ○ 스마트 대중교통 운영을 위한 기반기술 개발 ○ 타 교통수단 연계 및 이용자 수용 가능 실용화 생태계 구축을 위한 기틀 마련
2차년	스마트 대중교통 운영 핵심 알고리즘 개발	**[스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현]** ○ 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발 ○ 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분) ○ 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 (자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형) ○ 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 **[실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술]** ○ 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 개발 ○ 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 개발 ○ 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 개발 **[실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비]** ○ 시범단지 운행을 위한 관련 법·제도·정책적 정비방안 도출 ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정(안) 방향 연구 ○ 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석	○ 운영평가 기술 핵심 알고리즘 및 운영 로직 개발

		○ 시범사업 수행을 위한 도입지역 인센티브 정책 검토	
3차년	스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 구현	**[스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현]** ○ 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 고도화 (V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형, 주행 파라메터 정의 및 정산 모형) ○ 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 (알고리즘 및 평가 지수 적용) **[실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술]** ○ 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 개발 ○ 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 개발 ○ 스마트 대중교통 이용수요에 따른 차량배치 및 배정 기술 개발 **[실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비]** ○ 범용화를 위한 제도개선 방안 제시 ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정 (초안) 작성 및 전문가 의견 수렴 ○ 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 ○ 스마트 대중교통 도입 시나리오 검토 및 실용화 계획 수립	○ 최적주행경로(다중차선) 알고리즘 설계서 ○ 스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 프로토타입 개발 ○ 스마트 대중교통 운영 시스템 구축 및 분석 정밀도 확보
4차년	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 개발 및 시스템 운영 전략 수립	**[스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현]** ○ 대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증 ○ 차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영 ○ 실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적화 운영 시나리오 제시 **[실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술]** ○ 복합 교통네트워크내 실시간 최적 경로 선정 기술 개발 ○ 다인 합승을 위한 다중경로 및 교통결절점 생성 기술 구현 및 검증 ○ 실시간 수요대응 운행 고도화 기술 개발 ○ 실시간 개인별 통행소요시간 정보 제공 기술 개발 **[실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비]** ○ 실용화 계획 및 대안 검토 ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정 (초안) 작성 및 전문가 의견 수렴 ○ 스마트 대중교통 통합요금체계 전략 제시 ○ 비즈니스 모델 검토 및 실용화 추진	○ 스마트 대중교통 운행평가 시뮬레이션 및 기능 고도화 ○ 스마트 대중교통 도입에 따른 운영 시나리오 개발 ○ 실증단지 구축을 위한 실용화 기술 개발

2. 총괄 및 세부과제별 연구 추진 전략

(1) 총괄연구단 : 일반 도로에서 자동차와 도로를 공유하며 운행되는 자율주행기반 대중교통시스템인 스마트 대중교통(소형/중·대형) 시스템을 운영관점에서 차량과 관제를 연계하여 간선에서 운행되는 중·대형과 지선으로 운행되는 first/last mile 개념의 시스템 개발 및 실증연구 수행

○ 하부 세부과제 기관과의 조정과 목표성능을 만족시키기 위한 기술적 인터페이스를 Top-Down/Bottom-Up 방식으로 적재적소에 맞게 조율

- 일정관리, 개발기술의 평가조정, 연구성과의 활용 및 홍보전략 수립

(2) 1세부과제 : 일반 도로에서 자동차와 도로를 공유하며 운행되는 도로공유형 자율주행기반 대중교통시스템 구축을 위한 핵심기술 개발

○ 산·학·연이 공조하여, 핵심원천기술 개발 및 IPR을 확보하고, 개발 기술의 표준화 및 운영전략을 수립하며, 학계를 통한 창의적 아이디어 발굴을 통한 융합기술 개발, 해외 전문기관으로부터의 기술자문을 통한 개발방향 수립

(3) 2세부과제 : C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터를 구축하고 자율주행 기능 확장을 위한 인프라 기술을 개발하며 시범사업 추진 방안을 연구

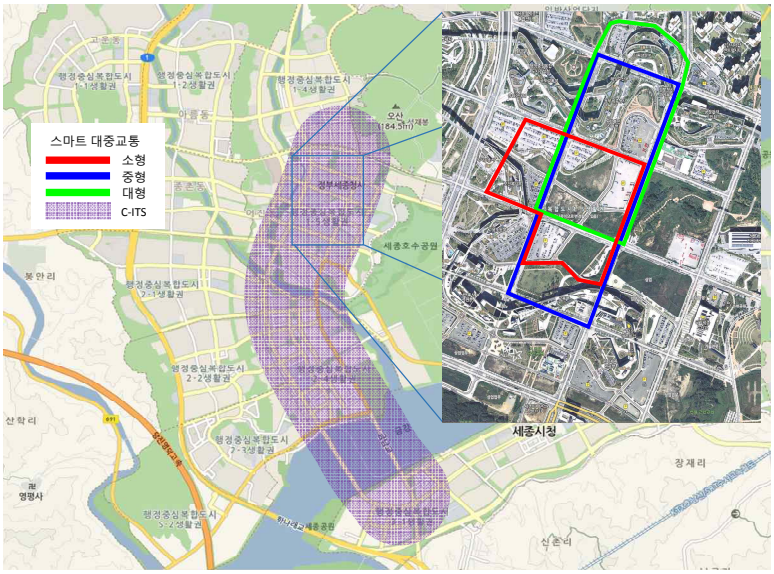
○ 산·학·연이 공조하여, 자율주행 스마트 대중교통의 C-IPTS 관제시스템 구현을 위한 핵심기술 확보를 추진하고 기존 C-ITS 서비스 관련 기관들(한국도로공사, 한국지능형교통체계협회, 한국교통연구원 등)과 긴밀히 협력하여 자율주행 및 안전성 면에서 한층 업그레이드된 C-IPTS 서비스를 제공할 수 있도록 개발방향 수립

(4) 3세부과제 : 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이션 개발을 통한 평가 기술 구현 및 실시간 다중 기종점 수요 대응 등 사용자 편의 기술을 포함한 안정적인 운행환경 구현 및 실증단지 구축을 위한 기반 마련

○ 산·학·연이 공조하여, 스마트 대중교통의 운행 환경 구현을 위한 핵심기술 확보를 추진하고, 지자체 및 운영기관을 통한 실증단지 구축(1,2 단계별 구축, 예시: 세종시 등 인프라 구축에 관한 기수립된 계획(예산 포함)이 있는 경우, 연구 진행시 유리할 것으로 판단됨) 및 운용환경 평가를 위한 시뮬레이션 기술 개발

- 스마트 대중교통 실증노선-1단계 (예시): 초기 차량 및 인프라 핵심기술 개발 검증을 위해 정부세종청사부지내 산재하여 있는 주차장들과 청사 건물들간 연결수단으로서의 노선

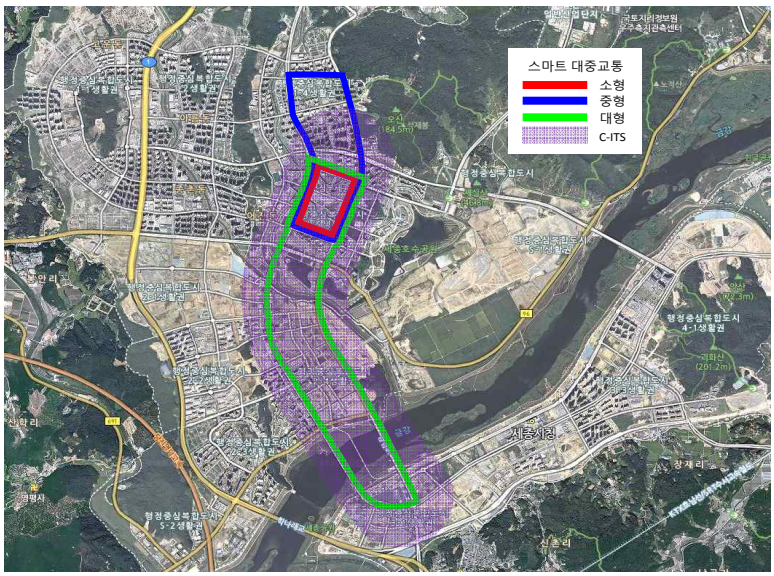
실증노선 1단계		소형	중형	대형	정류장
노선연장		1.6km	2.0km	1.7km	6개소
C-IPTS 추가장비	보행자	5개소			
	신호등	4개소			



<그림 3-3> 스마트 대중교통 실증노선-1단계
(정부세종청사 주차장권역 순환노선)

- 스마트 대중교통 실증노선-2단계 (예시) : 정부세종청사와 세종 고속시외버스터미널 및 거주지역을 연결하는 중형/대형 스마트 대중교통노선과 이와 연계·환승하여 정부세종청사내를 순환하는 소형 스마트 대중교통노선

실증노선 2단계		소형	중형	대형	정류장
노선연장		2.7km	4.9km	9.4km	12개소
C-IPTS 추가장비	보행자 검지기	6개소			
	교통신호제어기	6개소			



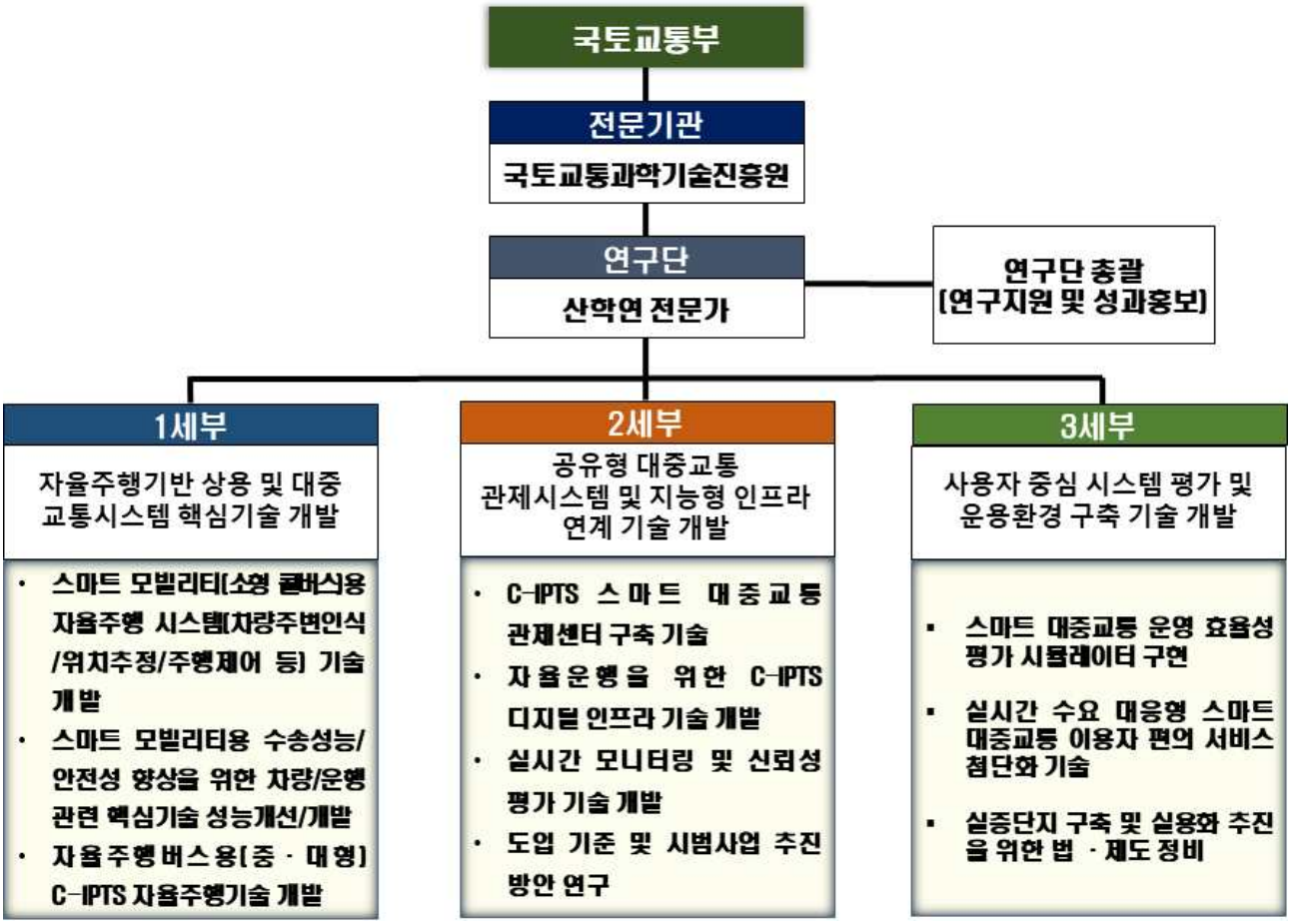
<그림 3-4> 스마트 대중교통 실증노선-2단계
(정부세종청사-시외버스터미널 순환노선)

제6절. 연구추진체계

□ 핵심기술 개발과 사업화 관련 네트워크의 차별화 추진

○ 핵심기술 개발 네트워크: 산·학·연이 공조하여, 핵심원천기술 개발 및 IPR을 확보하고, 개발 기술의 표준화 및 스마트 대중교통 운영전략을 수립하며, 학계를 통한 창의적 아이디어의 발굴을 통한 융합기술 개발과 기술이전 등을 통한 시제품 생산 및 원가 경쟁력 확보 추진

○ 개발 및 사업화 네트워크: 핵심기술 개발 네트워크를 통해 개발할 기술을 적용하기 위해 지자체를 사업전 미리 시범적용지역을 지정하여 사업의 효율성 증대를 도모하고 국토교통부의 주관하에 시험운행을 위한 법제도 정비, 시험평가 및 시제품 제작, 개발 기술의 제품 개발 등과 연계한 시범 시스템 구축으로 사업화를 추진



<그림 3-5> 연구과제 구성 체계도

제7절. 기술/성과 로드맵

1. 세부과제별 기술 로드맵

□ 본 과제는 연구단과 3개의 세부과제로 구성

○ (연구단) 연구기획 총괄 및 개발기술 평가 및 활용 방안 연구
- 연구개발의 기획·관리, 개발기술의 평가·조정, 연구성과의 활용 및 홍보전략 수립
- 자율주행기반 대중교통시스템 R&D 중장기 전략 목표 수립 및 관리

○ (1세부) 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

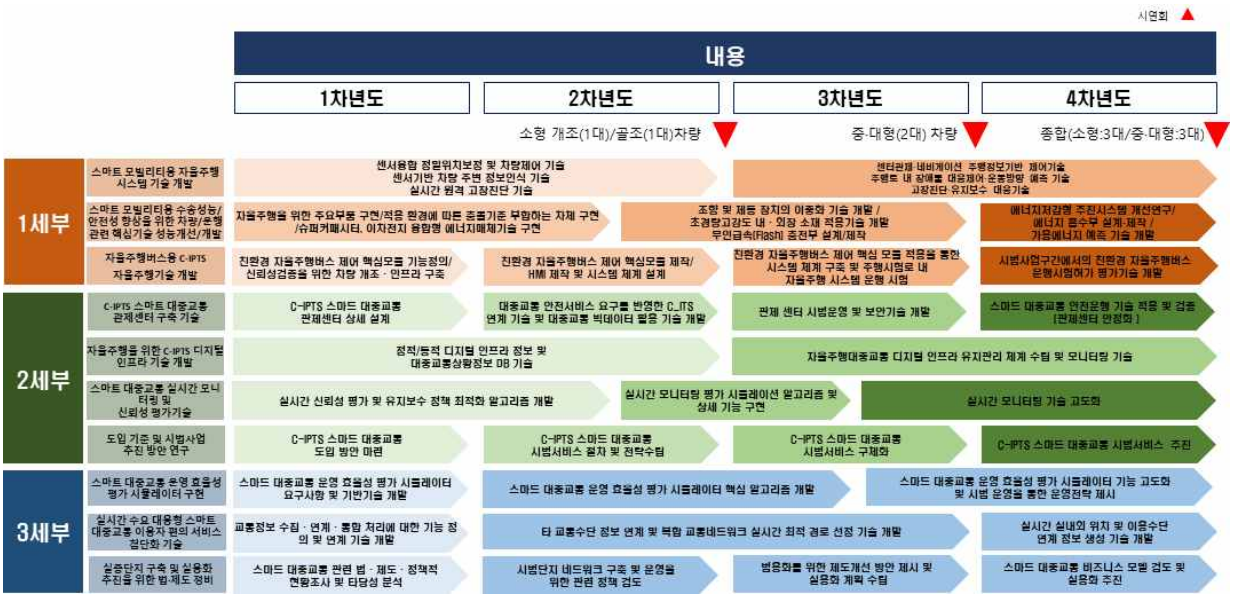
○ (2세부) 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

○ (3세부) 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

□ 3개 세부과제별 기술 로드맵은 아래와 같음

(1) 총괄 기술로드맵

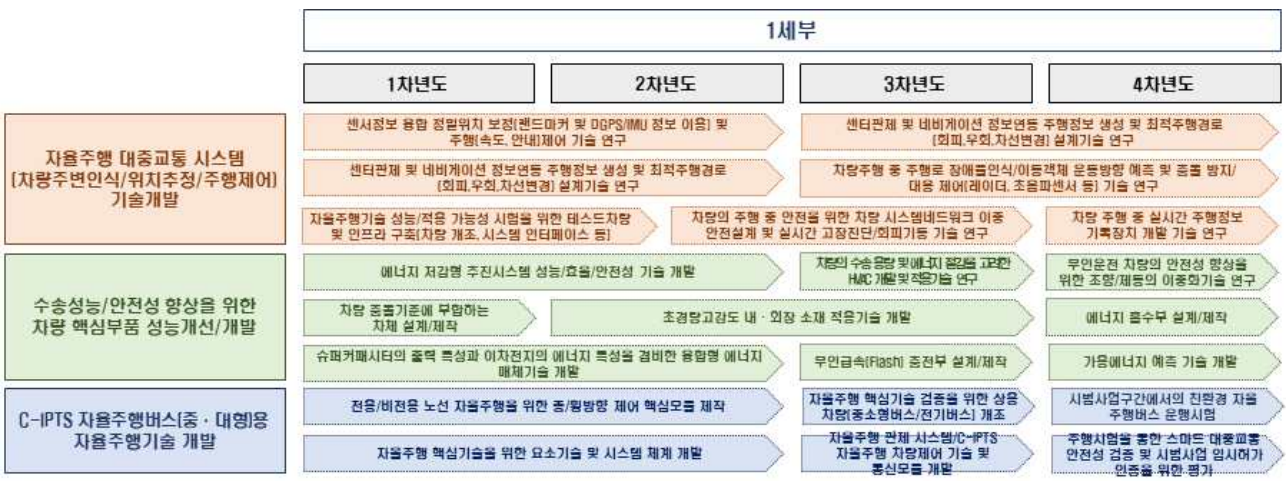
○ 본 과제(1단계)의 각 3개 세부과제별 연차별 기술로드맵은 아래 그림과 같음



<그림 3-6> 총괄 기술로드맵 (연차별)

(2) 1세부 기술로드맵

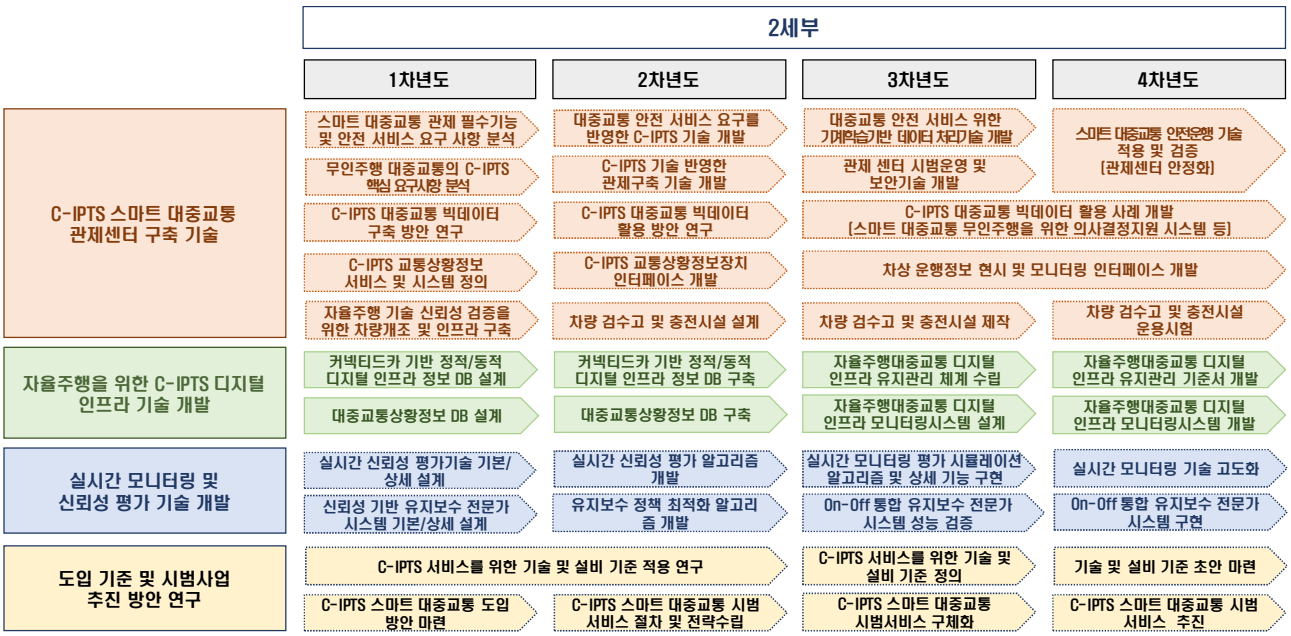
○ 본 과제(1단계)의 각 3개 세부과제별 연차별 기술로드맵은 아래 그림과 같음



<그림 3-7> 1세부 기술로드맵 (연차별)

(3) 2세부 기술로드맵

○ 본 과제(1단계)의 각 3개 세부과제별 연차별 기술로드맵은 아래 그림과 같음



<그림 3-8> 2세부 기술로드맵 (연차별)

(4) 3세부 기술로드맵

○ 본 과제(1단계)의 각 3개 세부과제별 연차별 기술로드맵은 아래 그림과 같음

<그림 3-9> 3세부 기술로드맵 (연차별)

2. 세부과제별 성과 지표

(1) 1세부 성과 지표

<표 3-17> 1세부 성과목표 및 성과지표

세세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
1-1	자율주행 스마트 대중교통 차량주행제어 기술 개발	◦ 스마트 대중교통 제어 핵심모듈 구현 ◦ 도심 내 자율주행기반 주행 가능속도 : 50km ◦ HMI 및 시스템 체계 확립 ◦ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어 모듈 설계 기술 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	자율주행 대중교통 차량주행제어기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 차량주행제어모듈 제작
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.3	자율주행 대중교통 차량주행제어
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.1	주행제어 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	1	0.2	소프트웨어 개발
1-2	수송성능 향상을 위한 차량 핵심부품의 국산화 및 고도화	◦ 조향 및 제동장치 이중화 구현 ◦ 스마트 대중교통 차량을 위한 에너지 흡수부 기술 구축 ◦ 융합형 에너지 매체 구현 기술 확립 ◦ 에너지 저감형 추진시스템 기술 구축 ◦ 1충전 주행거리 : 15km	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	자율주행 대중교통 차량 성능향상기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 수송성능 향상기술
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.3	자율주행 대중교통 차량 핵심부품 제작
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.2	차량 핵심부품 고도화 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	-	-	-
1-3	C-IPTS 자율주행버스 (중·대형)의 자율주행기술 개발	◦ 친환경 자율주행버스 운행 구현 ◦ 관제시스템 기반 자율주행버스 제어기술개발	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	-	-	-
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	자율주행 제어 핵심알고리즘
			3	시작품	시작품 제작	건	2	0.4	친환경 자율주행버스 및 일반도로 주행용 미니트램 개조차량
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	1	0.2	소프트웨어 개발

(2) 2세부 성과 지표

<표 3-18> 2세부 성과목표 및 성과지표

세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
2-1	C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술	◦ 스마트 대중교통과 C-IPTS를 통한 빅데이터/기계학습 활용 기술 구축 - 평균 검출 정확도 (mAP) : 0.6 이상	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	운행제어기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 운행제어기술
			3	시작품	시작품 제작	건	2	0.3	자율주행 대중교통 관제센터 프로그램 모듈 제작
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.1	관제센터 정보연동 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-2	자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발	◦ 정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 구축 기술 - DB 응답 속도 : 기존대비 50% 향상 ◦ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 기준 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.4	대중교통전용 인프라 확장기술 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	대중교통전용 인프라 확장기술 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.2	디지털 인프라 유지관리 기준
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-3	실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발	◦ 실시간 신뢰성 평가 알고리즘 및 유지보수 정책 최적화 알고리즘 개발 - 신뢰성 평가 속도 : 기존대비 50% 향상 ◦ 실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.4	실시간 신뢰성 평가 기술
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-4	도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	-	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	-	-	-
			2	지식재산권	특허출원	건	-	-	-
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	2	1.0	C-ITS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준

(3) 3세부 성과 지표

<표 3-19> 3세부 성과목표 및 성과지표

세세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
3-1	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현	◦ 스마트 대중교통 운행 평가 시뮬레이션 프로토타입 개발 ◦ 스마트 대중교통 운영 시스템 구축 및 분석 정밀도 확보(기존 대비 50% 이상)	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	4	0.2	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	1	0.1	알고리즘 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.2	시뮬레이션 개발 (오픈 소스)
			4	기본/ 실시설계	관련 문서 작성	건	2	0.3	설계서
			5	SW 개발	SW 등록	건	3	0.2	소프트웨어 개발
3-2	실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술	◦ 최적주행경로(다중차선) 알고리즘 기술 구축 - 알고리즘 탐색 속도 향상 (1분 이내) ◦ 스마트 대중교통 가상 정류장 모듈 설계기술 구축 ◦ 이용자 중심의 정보 생성 기술 개발	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	4	0.4	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	1	0.4	알고리즘 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	App 개발
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	3	0.2	소프트웨어 개발
3-3	실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비	◦ 법제도 개선을 통한 실용화 촉진 전략 제시 ◦ 실증단지 구축을 위한 실용화 기술 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.5	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	-	-	-
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.5	법 개정(안)

제4장 사전 타당성 검토

제1절 분석의 틀

○ 기술적·정책적·경제적 타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형 R&D사업의 예비타당성조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

<표 4-1> 사전 타당성 분석의 틀

대분류	중분류	소분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성
		사업추진전략의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석
		기술개발의 성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안
경제적 타당성	경제성	경제성 분석
	사회국가적 파급효과	사회 및 국가적 파급효과 분석
	과학기술적 파급효과	과학기술적 및 기타 파급효과 분석

제2절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적정성

(1) 사업목표와 내용의 구체성

○ “(가칭)자율주행기반 공유형 대중교통시스템 기술 및 인프라 연계 운영/검증 기술 개발 연구단”의 총괄목표를 정량적이며 구체적으로 제시함

○ “자율주행기반 공유형 대중교통시스템 기술 및 인프라 연계 운영/검증 기술 개발”은 차량-도로-차량 간 실시간 연속적인 C-IPTS 정보 교류를 통해 차량 스스로 운전이 가능한 자율주행기반 공유형 대중교통시스템을 개발하는 것으로써 연구의 목적이 명확함

○ “자율주행기반 공유형 대중교통시스템 기술 및 인프라 연계 운영/검증 기술 개발”는 기술구현 수준이 매우 높은 자동화 대중교통체계이며, 시스템의 완성도가 매우 높아야 실현가능한 대중교통환경으로써, 이 연구에서 개발하고자 하는 기술의 목표를 정량적으로 설정함

1) 연구비전 설정의 구체성

○ 본 연구의 비전은 “**자율주행 기반의 대중교통 시스템 개발을 통한 대중교통 수준향상 및 상용화 촉진 기반 마련**”으로, 국토교통 7대 신산업 중 스마트 시티 및 자율 주행차 분야와 관련되며, 실제 적용·운행을 통해 시민체감형 서비스 제공 및 산단 내 기업환경의 혁신 목표 실현 가능하며, 국토교통부 주요정책 추진계획(2015,2016)인 ‘이용자 중심의 교통서비스 제공’의 가치를 실현시킬 수 있는 미래형 대중교통시스템을 구현하기 위해 제시

2) 연구목표 설정의 구체성

○ 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

- 자율주행기반의 대중교통시스템이 일반차량과 기존 도로를 공유하며, 일정 운행조건을 만족하면 어느 곳에서나 운행이 가능한 스마트 대중교통 시스템을 개발하여, 스마트 디바이스의 위치정보 활용을 통한 가상의 정류장 서비스 및 빅 데이터 기반의 최적 운영서비스를 제공할 수 있는 기반 마련을 위해 제시함

○ 관제 중심의 스마트 대중교통 지능형 인프라 협업기술 개발

- C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 및 자율주행 기능 확장을 위한 인프라 기술을 개발하고 안전운행을 위한 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가기술을 적용하여 성공적인 C-IPTS 시범사업의 추진을 도모하기 위해 제시함

○ 스마트 대중교통 운영모델 및 검증 기술 개발

- 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 등을 위한 미시적 평가 시뮬레이터 개발과 실증단지를 통한 검증 기술 개발
- 실시간 다중 기종점 수요 대응이 가능한 스마트 대중교통의 안정적인 운행환경 구현 및 실증단지 구축을 위해 제시함

3) 연구내용 설정의 구체성

○ 3개의 세부과제의 연구내용은 동 연구단의 총괄목표 달성을 위해 적절하게 구성되었음

- 1세부는 자율주행 대중교통시스템의 수송성능/안전성향상 및 자율주행 핵심기술 검증을 위한 C-IPTS 자율주행버스(중·대형) 개조를 위해 3개의 세세부과제를 구성함
- 2세부는 자율주행을 위한 관제 중심의 C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발 및 시범사업 추진 방안 수립을 위해 4개의 세세부과제를 구성함
- 3세부는 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이션 구현을 통한 과학적인 운영 평가 체계확립 및 실시간 공유교통의 장점을 극대화하기 위한 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 운영최적화 기술 등 이용자 편의 기술을 포함한 스마트 대중교통 실용화 추진을 위한 법·제도 정비를 위해 3개의 세세부과제를 구성함
- 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술함

(2) 사업추진 전략의 적절성

1) 사업추진전략의 구체성 및 도출근거

○ 사업추진전략의 구체성

- 이 과제는 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세세부목표의 단계별 목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 3개의 세부과제와 10개의 세세부과제를 구성함
- 동 연구단은 정책, 시장, 기술동향 조사, 논문/특허분석, 기술수요조사, 기술예측조사를 통하여 주요 이슈와 이를 해결하기 위한 주요 기술아이템을 도출함
- 또한 연구개발과제의 추진방향 정립을 위해 SWOT분석과 이슈트리 분석을 실시하고 다음과 같은 연구개발 추진 전략을 수립함
- 연구개발 추진방안은 세부과제별 핵심가치를 구현하는 핵심기술에 전문화된 산·학·연 체계를 구축하여 효율적인 연구업무 분담과 협력수행 체계를 확립함
- 각각의 핵심주관기관과 협동기관들의 기술개발 역량의 극대화·최적화를 위해, 가용 기술 수준, 타 핵심과제 연관성, 국제공동연구 필요성 등을 고려하여 기술개발 로드맵의 우선순위를 탄력적으로 운영하여 전술적 핵심기술을 실현함
- 기술적 측면의 완성도와 상용화/사업화 측면의 완성도를 동시에 구현하기 위한 수요자인 완성차업체의 요구수준과 수요를 반복적으로 피드백 보완할 수 있는 관·산·학·연의 관련 전문가 풀 네트워크를 구성하고 운영함
- 첨단기술 활용 및 기술의 융합이 요구되는 핵심기술을 개발하기 위하여 핵심주관 기관과 협력체계를 구축하고 해외 선진기술 산·학·연 기관 및 관련 전문연구기관의 네트워크를 활용하여 선진기술에 대한 지속적 벤치마킹을 실시하여 국내·외 해당 기술보유 기관과 협력 또는 공동개발 방향으로 추진함

2) 사업추진체계의 적절성

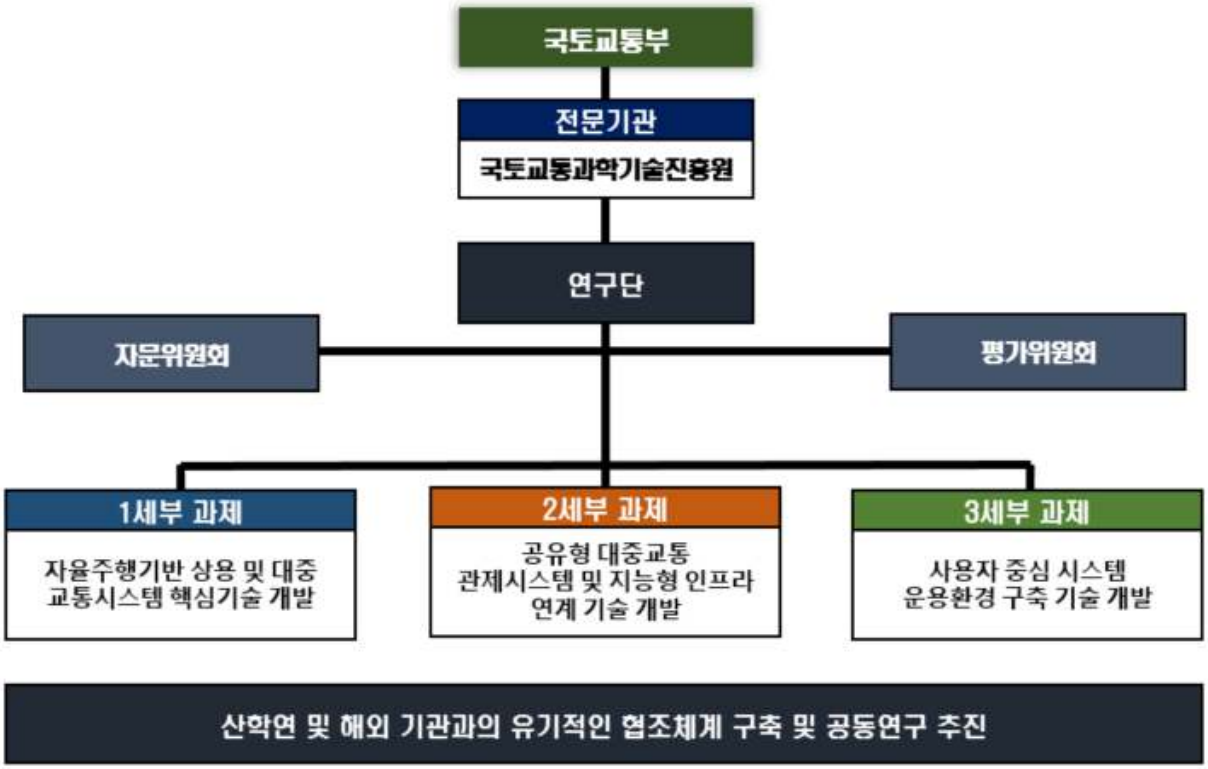
○ 추진체계 및 세부과제 구성은 해당 기술분야 전문가인 기획연구진의 우선순위 도출, 기획타당성 검토위원회의 과제선정, 브레인스토밍을 통한 과제의 목적, 기준, 그룹핑의 순으로 진행되었음

○ 동 연구단은 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세부목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 3개의 세부과제와 10개의 세세부과제로 구성된 280억원 규모의 사업 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

- 본 사업의 연구비는 약 280억 원으로 국토교통과학기술진흥원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[3]에 만족함

○ 연구단 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술함

- 동 연구단은 실용화 기술, 제도 개선 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연·관간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 책임자가 필요함
- 개발 기술의 최종 보유주체가 세부과제 기술의 최종 보유 주체가 되도록 연구기관을 구성하고 핵심기술 개발단계부터 적극 참여하도록 유도
- 연구추진 시 주관, 협동, 위탁기관 및 참여기업은 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에서 활용할 수 있도록 연구추진체계를 구성해야 함
- 자율주행 및 대중교통 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성하였음
- 개발 기술은 수요자, 민간 기업체 및 대중교통 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성
- 기술경쟁력 분석을 통하여 과제관련 국내외 기술인프라 현황과 관련 연구 개발과제 수행현황을 조사할 계획
- 과제와 관련하여 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색
- 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추친체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정하고자 함
- 연구계획시 부터 달성이 가능한 성과목표 및 성좌지표를 제안·유도하고 연구 진행중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과모니터링을 실시하여 단기간 내에 실증적인 연구가 되도록 함
- 성과물의 실용화를 위해 기술실시 대상 기업을 명확히 결정하고 대상 기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립
- 본 연구단의 추진체계에 대하여 보다 세부적인 추진계획을 수립하는 것이 필요하며, 향후 본 연구단을 수행하는 총괄 주체가 세부적인 추진체계를 수행할 것으로 기대됨

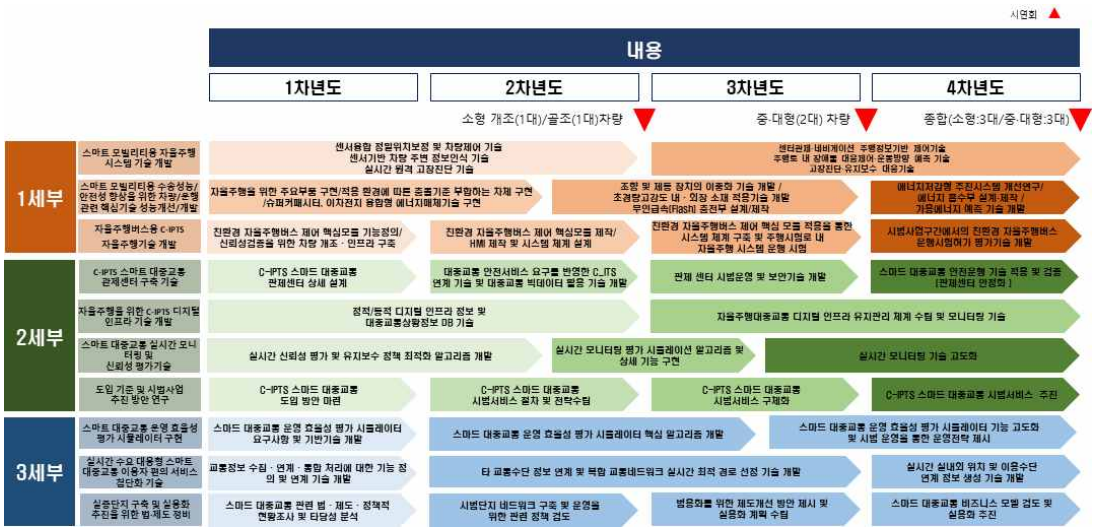


<그림 4-1> 사업추진체계

3) 연구단 규모 : 50억원 이상~300억원 미만

(3) 기술개발 로드맵의 우수성

○ 본 연구단의 기술개발로드맵을 거시적/미시적으로 구분하여 작성함으로써 기술개발로드맵의 구체성을 확인할 수 있었으며, 연구개발계획의 완성도는 높은 것으로 판단됨
- 이 과제의 기술개발 로드맵은 각 세세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있어, 연구개발계획의 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨
- 기술개발 로드맵은 세세부과제의 목표-세세부과제의 단계별 목표-세세부과제의 단계별 목표성과물-각 구성기술의 목표성과물로 이어져 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨
- 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어 있음
- 이 과제의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 것으로 판단됨



<그림 4-2> 총괄 기술로드맵 (연차별)

2. 기술수준 및 성공 가능성

(1) 기술수준 및 역량 분석

○ 선진국에서는 차량 자율주행 기술은 대부분 차량에 설치되는 다양한 센서를 이용하여 구현하고 있으나, 도로의 효율성, 차량 주행의 안전도 향상을 위해서는 도로 인프라와 차량간의 정보 연계가 필수적임

○ 노변센서에서 수집한 실시간 차량 정보를 이용하여 교통 센터에서 빅데이터 구축 및 IoT 분야로의 정보이용 확대, 다양한 서비스의 개발 등 파급효과가 상당할 것으로 예상함

○ 첨단 IT기술과 자동차 기술의 발전으로 자동차 성능이 빠르게 향상되고 있어 국내외적으로 안전하고 쾌적한 주행환경 제공을 위한 도로구조, 시설 등 인프라에 대한 기술을 개발함으로써 안전하고 효율적인 자율주행기반 대중교통환경 구현이 가능함

○ 해외에서는 이미 도로주행에 성공한 각종 자율주행차가 등장하고 있으며, 도로주행에 관한 법·제도를 개선하고 있으며, 우리나라도 자동차 관련기업과 도로시설·ITS 관련업체는 기술개발 및 기술의 상용화를 위하여 제도적 기반을 필요로 하고 있으므로 본 과제에서 개발될 도로교통상황별 주행기준, 효과분석 방법론, 성능표준 등이 매우 효과적으로 활용될 수 있음

○ 세계적 기술개발, 정책수립 및 표준 제정 시 우리나라의 기술과 의지가 반영될 수 있도록 선제적 대응체계를 구축하는데 본 과제에서 도출한 자율주행기반 대중교통시스템 운영관리 기준, 성능시험 표준(안) 등이 강력한 자료로 활용될 수 있을 것임

○ 선진국(특히, 유럽 CityMobil2 프로젝트)에서는 유사 기술의 도입 및 발전이 급속도로 진행되고 있기 때문에 이와 관련된 기술의 조사 및 분석을 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹하여 보다 진보적인 기술을 접목시킴으로써 기술 개발의 성공 및 완성도 극대화가 가능함

○ 글로벌 자동차업체가 활발하게 개발하고 있는 자율주행자동차의 기술 및 표준을 분석하여 상용화에 대한 개발목표를 명확하게 설정하고 현재 양산 중인 차량 부품(구동, 제동, 조향 등)을 최대한 활용하여 개발기간을 단축함

○ 차량용 환경센서(레이더, 영상센서 등)의 상용화 기술 및 경험을 최대한 활용하도 록 자동차업체의 참여를 적극적으로 유도·확대하고 자동차 부품·시스템의 성능 및 품질 향상을 위하여 정부 산하 연구기관의 시설, 장비, 설비를 적극적으로 활용함

○ 자율주행기반 대중교통기술은 인간의 생명과 직결되는 기술이므로, 실제 도로에서의 수많은 시험과 연구 개발이 필요하며, 도로인프라를 포함한 법적, 제도적 정비 및 보완이 선행 또는 병행되어야 실제로 구현될 수 있는 기술임

○ 세계적으로 자율주행기반 대중교통의 경우 인프라와 자동차가 ICT기술과 융합하여 구현되는 실질적인 기술들이 구현된 사례가 아직 없으므로, 기술 개발과제에서 자율주행기반 대중교통 테스트 베드를 구축하여 실증함으로써 자율주행기반 대중교통부문의 선도적 기술을 달성할 수 있게 될 것임

○ 국내외의 도로교통 및 자동차 관련 센서, 보안, 빅데이터, 측위, V2X 통신 기술의 다양한 적용 사례를 분석하고 이를 자율주행기반 대중교통과 연계할 수 있도록 자동차 기술 연구에 적용하여 시행 착오를 최소화하고 성공 가능성을 제고하도록 함

(2) 기술개발의 성공가능성

○ 수요응답형 순환교통시스템 핵심기술 개발 과제를 통해 개발된 스마트 대중교통 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 전용 노선에서의 승객 요청에 따른 자율주행 대중교통시스템의 구축/관리/운영 관련 노하우가 축적되어 있음

○ 시험평가를 통한 테스트베드 제공 서비스 구현 기술
- 실증도로에 적용 가능한 서비스 도출이 이루어져야 실용화 가능한 서비스를 구현할 수 있기 때문에 서비스 도출 단계에서 반드시 서비스 수요조사가 병행되어야 하며 도출 서비스 별 기대효과 분석 또한 이루어져야 함
- 자율주행기반 대중교통을 통해 기대할 수 있는 특성화된 서비스를 도출하여 서비스 적용 우선순위를 설정하고 단계별로 테스트베드 적용서비스를 개발하고 구현하면 실용화 및 성공가능성이 매우 높을 것으로 판단됨
- 각 시스템 및 서비스 검증/평가를 위해서 평가 방법론을 국내외 표준 및 단체표준을 검토하여 선정하여야 하며, 적용 가능한 방법론에 대해서는 적용성을 검토하며, 신규로 개발되는 기술 및 시스템에 대해서는 새로운 방법론을 개발하여 현장평가를 진행하면 성과 목표 달성을 앞당길 수 있을 것으로 판단됨

○ 실용화 중심의 연구개발로 ITS, ICT, 자동차, 위성항법 등의 분야가 포함된 출연연, 산업체

및 학계 컨소시움으로 구성하여 공동연구로 수행하며, 국내외의 도로교통 및 자동차 관련 센서, 보안, 빅데이터, 측위, V2X 통신 기술의 다양한 적용 사례를 분석하고 이를 자율주행 기반 대중교통시스템과 연계할 수 있도록 적용하여 시행착오를 최소화하고 성공 가능성을 제고하도록 함

○ 국내외 동향 및 환경 분석을 통하여 기술개발전략을 수립하는 등 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨

○ 기술개발 성공가능성의 증진을 위해 기술적 위험요인에 대한 대책 마련, 연구개발추진전략을 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축, 실용화 촉진 방안 수립, 분야별 전문가 네트워크 활용 등에 대해 제안하고자 함

○ 현재 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 추후 기술수준 및 역량 대비 기술개발 성공가능성과 시장 창출 및 진입 등 시장경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 지속적인 모니터링을 통해 효율적으로 연구의 성공적인 수행을 위한 기술개발 성공가능성을 증진시키고자 함

○ 본 사업의 주안점은 개발 기술의 성공가능성 여부가 아니라, 개발 기술을 확대 적용하기 위한 전략 수립, 국가적 차원에서 국외로의 기술 수출을 위한 전략 및 인프라 구성 등의 노력이 후속되어야 할 것으로 판단됨

3. 기존 연구과제와의 중복성

○ 자율주행관련 연구는 주로 개인용 승용차 중심으로 수행되어 왔고 자율주행 대중교통 수단과의 중복성은 아래 표와 같이 낮은 것으로 판단

- (기술개발 차별화)공공용 대중교통수단은 승용차 자율주행 기술적용 대비 안전성·편의성을 확보하기 위한 기술개발 및 시스템화 추가연구 필요

<표 4-2> 기존 연구와의 중복성

분야	기술	승용차	자율주행 대중교통	차별성
차량	차량 플랫폼	• 자율주행 Level 2~3 기술 개발 및 상용화 중 • 기 개발된 기술들은 인지/판단에 대한 기술이며 제어는 기존 차량의 H/W를 활용	• 다인승의 **완전자율주행 (Level 4) 가능한 차량 개발** • 차량 내 승객, 주변의 운행차량 및 보행자의 안전(무결성 제로)을 확보하기 위한 다양한 **Fail-Safe/대응제어기술 추가 연구 필요**	자율주행 대중교통 플랫폼 기술
안전	차량주변 감시 및 전방/보행자 추돌대응 기술	• Radar를 활용한 사각지대 내 차량이나 보행자 인식기술 구현 • Radar/Camera 기반 전방 차량/보행자와의 충돌에 대한 대응기술 구현	• 이동객체 운동방향 예측 및 대응제어기술 적용은 공통적으로 사용 • 대중 **승객의 승하차 지원 기술에 대한 추가연구 필요**	주행로 이동객체 운동방향 예측, 대응제어 및 승하차 기술
	자동비상	• Radar/Camera를 통하여	• **상용차(버스·화물차 등)**	이중화/

	제동(AEB)	차량의 속도와 물체와의 거리에 따른 추돌예방 기술 구현	특성에 대한 AEB 개발 필요 • 주요구동장치(제동/조향 등)의 Dual-Hot-Standby **이중화(H/W)**, **고장진단/자기복구** 및 **사고회피 (S/W)** 기술 추가연구 필요	고장진단, 사고회피 및 자가복구 기술
자율주행 기술	차선변경/유지보조 장치 (LCAS/LKAS)	• Radar, Camera, 근접센서 등을 활용하여 자동으로 차선변경 및 차선이탈 방지 기술 구현	• 자율 대중교통차량에 **시스템 최적적용 연구**(LiDAR 포함) 필요	시스템 인터페이스 추가연구
	정밀위치 결정	• GPS + IMU/Encoder/Gyro Sensor 등을 활용한 추측항법기반 차량 정밀위치 결정 기술 적용	• 자율주행차의 위치결정 기술과 **랜드마크 활용 위치보정 기술** 간 **교차 운영 시스템 연구 필요**	랜드마크 활용 위치보정 기술 간 교차운영
관제 기술	차량 주행경로	• 라이다/카메라 등을 활용 주행경로에 대한 맵 형성 후 주행가능경로를 생성하고 장애물 및 이벤트에 대하여 대응	• **노선전체**의 주행가능여부 **관제 및 통제** • 관제에서 다수 차량에 대한 **우회경로 생성 및 동시 제어** • 차량의 대칭적 구조에 따른 **양방향주행기술** 추가 연구 필요	관제에 의한 최적주행 경로 생성/송신 관련기술
	최적경로	• 최단거리/시간에 따른 경로 확정기술 • 도로교통정보 반영하여 운전자에게 정보 제공 (C-ITS 등)	• **전체 주행경로의** 환경 및 **상태에 대한** 데이터 수집, 이벤트 대응 알고리즘을 통한 **최적경로 생성**	
	배차/차량간 안전거리 확보	• 해당사항 없음	• 인프라의 특성 및 상황에 따른 **스케줄/수요응답 방식의 혼용운영 기술** 개발 필요	대중교통 수단으로 스케줄/수요응답 모드의 혼용운영 기술
		• 거리측정, 근접센서 등을 활용, 전방 차량 위치를 파악하여 차량제어	• 운영안전성 확보(무결성 제로)를 위해 **관제에서 시격제어를 통한 차량 간 충돌방지기능 추가 필요**	
	인프라/통신 네트워크 구축	• 교통인프라에 대한 정보 취득 후 단방향 통신으로 서비스 송신가능	• 관제를 통한 **양방향통신**으로 **특정차량 실시간 제어** 및 **정보 송수신/확인 가능** • **타 대중교통수단**(BRT 등)과의 **연계운영**을 고려한 인프라/통신 네트워크 구축기술 개발 필요	대중교통 수단과의 연계성을 고려한 인프라/통신 네트워크 기술 적용
검증	주행신뢰성	• 고성능 센서 위주(H/W)에서	• 일정 구역을 운행하는 자율주	인공지능

	향상 및 검증	인공지능기술(S/W) 등으로 개발 전환 중 • 장기 실증운행 시험 등을 통한 신뢰성 검증 추진	행 기반 공유형 대중교통수단에 **인공지능 기술 적용**으로 **검증의 신뢰성 확보**	기술 실용화 적용/검증

제3절 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성

○ 친환경 수송시스템 개발은 『철도산업 기술경쟁력 강화 기술개발 사업』 및 『사람 중심의 친환경 철도기술개발 사업』과 관련됨
  - 탄소배출이 없는 친환경 미래선도 기술로서, 기존 시스템의 성능개선, 핵심기술의 국산화를 추진하는 국토부의 R&D 정책과도 부합

○ 국토교통 7대 신산업 중 스마트 시티 및 자율 주행차 분야와 관련되며, 실제 적용·운행을 통해 시민체감형 서비스 제공 및 산단 내 기업환경의 혁신 목표 실현 가능

2. 상위 계획과의 부합성

○ 과학기술기본계획의 7대 R&D 중점추진분야 중 '국가주도기술 분야(건설교통안전)' 및 '글로벌 이슈대응(에너지, 기후변화 등)'과 관련되며, 3대 분야 신성장동력 중 '녹색기술사업' 내 '그린수송시스템' 분야와 부합함
  - 미래부 및 산업부의 '미래형 자동차(전기차 및 스마트카)' 기술 개발을 통한 신성장동력 창출과 직접적으로 관련

○ 이와 더불어 본 과제는 에너지, 기후변화 대응 등 글로벌 사회 이슈해결을 위한 R&D에 지속적으로 투자하여 국민행복 및 국제사회 일원으로서 역할 강화하기 위해 수립된 2013~2017 국가재정운용계획 R&D 분야와도 부합함
  - 에너지 신산업 활성화 및 핵심 기술개발 전략 이행계획(2015～2017)에 따라 미래 유망 신기술을 발굴해 정부 R&D에 우선 반영 예정

3. 사업추진의지와 관련 기관 협조 체계

○ 본 사업은 분야 간 융복합 연구가 필수적이며, 특히 정부부처(국토부, 미래부 및 산자부 등) 간, 연구주체(철도 및 자동차 기업 및 IT기업 등) 간, 기술분야(기계/전자/소재 등) 간 연계 및 협력이 필요

○ 세계적으로 경쟁력 있는 지능형 대중교통시스템 핵심기술 개발과 시범사업 추진을 통해서 글로벌 경쟁력을 강화하고 관련 기업의 시장 선도 및 매출 증대에 기여 가능
  - 핵심기술 개발 네트워크 통해 개발한 기술을 사업화하기 위해 지자체등 공모를 통한 시범 적용지역 선정과 정부부처를 통한 시험운행을 위한 법제도 정비, 시험평가 및 시제품 제작, 개발 기술의 제품 개발 등과 연계한 시범 시스템 구축으로 사업화를 추진

4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

○ 본 사업은 핵심부품의 개발 및 실용화 적용을 위한 다양한 운영환경 조건에서의 장시간 안정성에 대한 분석 및 평가를 통해 대중교통수단의 국민안전 실현 및 삶의 질 향상 도모

○ 고효율 대중교통 시스템 개발 사업은 노령화사회 대비 및 장애인의 이동권 증진 등 국민의 (교통) 복지향상 및 접근성 향상을 통한 사회적 비용 저감 등 공공성이 큰 사업임

제4절 경제적 타당성

1. 경제성 분석

(1) 경제성 분석 방법

○ 비용/편익 분석(Benefit/Cost Analysis)
- B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음

○ 분석대상
- "(가칭) 자율주행 기반 대중교통시스템 실증 연구"의 가치에 대하여 KISTEP의 예비타당성 지침을 기준으로 분석하였으며, 총괄적인 비용/혜택 분석 결과를 도출함

○ 편익범위
- 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함

<표 4-3> KISTEP 예비타당성 지침에 따른 편익분석방법

대분류	세분류	비고
가치창출	시장수요접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익 계산
비용감소	생산비용접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	R&D에 따른 효과로 사회적 피해 비용 절감액 추정

- 본 연구단의 연구기간을 2018년~2021년 (4년)으로 가정하고, 실용화 기간을 3~4년으로 볼 때 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2025년 이후라 볼 수 있음
  ► 각 세부과제별로 2025년~2034년(10년간) 시장을 예측하여 반영하였음

○ 비용의 설정
- 각 세부과제의 향후 4년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액으로 산정함

○ Benefit 산출을 위한 요소
- R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위하여, 추가창출시장규모, 부가가치비중, 시장점유율, 기술기여도, 기술개발성공률, R&D기여도, 할인율 고려함

Benefit = (국내시장규모×시장점유율×기술성공률×기술기여도)×(부가가치비중×R&D기여도)

(연구개발사업 추진으로 인한 추가창출 생산액 기댓값) *(부가가치창출비율)*

► 추가창출시장규모 : 기술개발과제 추진을 통한 연구결과물이 파급되는 산업의 시장 규모
► 시장 점유율 : 해당 산업의 관련 국내 시장에서의 점유율에 근거한 목표 설정

<표 4-4> (가칭)자율주행기반 대중교통의 시장 점유율 목표

진출 가능 분야	시장 구분	시장 규모 산정 기준[4]	목표 시장점유율[5]
자율주행 소형차량	국내	국내 스마트 대중교통(소형)잠재 수요 (30%)	3% ~ 10%
		산업단지 잠재 수요 (30%)	
	해외	FROST&SULLIVAN 전망치	0.3 ~ 0.8% [6]
자율주행 중·대형 차량	국내	마을버스 대체 잠재 수요 (30%)	3% ~ 10%
		대형 버스 잠재 수요 (30%)	
	해외	Navigant Research 전망치	0.3 ~ 0.8%

► 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부 연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함
► 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2009년 산업 연관표를 기준으로 건설업종의 40.1%를 적용함
► R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중[7]
► 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중[8]
► 할인율 : 할인율은 5년만기 국고채금리인 1.3% (2016, 8 기준)를 적용함

(2) 경제성 분석 결과

○ 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 산정하고, 이를 취합하여 연구단 전체 B/C ratio를 산정함

○ 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 1.02로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨

○ 연도별 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 및 R&D 예산을 고려한 금액 및 B/C ratio 산출식의 산정 결과는 다음과 같음

○ 편익 = 시장규모의 현재가치 (7,625,431억원) × 시장점유율 (1.52%)[9] × 기술개발성공률(30%) × 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)

○ 비용(373억원) = 연도별 소요 예산의 현재가치
○ 편익/비용 = 1.02

4) 국내 스마트 대중교통 잠재 수요처는 타 수단과 경쟁 가능한 시장으로, 괄호 안의 분담율을 기준으로 시장 규모를 산정함
5) 매년 시장점유율의 점진적 확장을 전제로 하여, 초기 년도와 최종 년도 사이의 Range 제시
6) JATO (2016), Global Car Sales에 의하면, 현대차 그룹의 시장점유율은 8% 수준임. 본 분석에서는 기존 차량 제조사 기반의 견고한 시장 형성을 고려하여, 현대차 그룹의 시장점유율 1/10을 목표 설정
7) KISTEP에서 작성된 “09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구”의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 10.9% 적용함
8) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함
9) <표 4-4> 자율주행기반 대중교통시스템 B/C 분석 결과에 의해 산출된 분석 기간 평균 시장 점유율임

<표 4-5> (가칭)자율주행기반 대중교통시스템 B/C분석 결과

(단위: 억원, 현재가치 기준)

구분	Benefit 분석						Cost
	국내		해외		Market Penetration	Benefit[10]	연구비
연도	시장 규모	시장 점유율	시장 규모	시장 점유율			
2017							-
2018							13.3
2019							106.6
2020							173.3
2021							80.0
2022							-
2023							-
2024							-
2025	54,754	3.00%	539,505	0.30%	3,261	10.69	-
2026	82,120	4.00%	557,821	0.40%	5,516	18.08	-
2027	109,479	5.00%	578,246	0.50%	8,365	27.42	-
2028	136,831	6.00%	601,023	0.50%	11,215	36.76	-
2029	164,176	7.00%	626,422	0.60%	15,251	49.99	-
2030	164,154	7.00%	654,743	0.60%	15,419	50.55	-
2031	136,778	8.00%	686,323	0.70%	15,746	51.62	-
2032	109,408	9.00%	721,536	0.70%	14,987	48.84	-
2033	82,045	10.00%	760,799	0.80%	14,291	46.85	-
2034	54,690	10.00%	804,577	0.80%	11,906	39.03	-
합계	1,094,434		6,530,997		115,868	379.84	373.19
NPV	-						6.65
B/C	-						1.02

(3) 예산 적정성 분석

○ 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 최소연구 단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정비용을 분석하고 상향식 방법으로 예산을 산출함
  - ► 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함
  - ► 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정
  - ► 동 사업의 특성을 고려하여 정부주도의 기술개발이 타당하므로 정부출연금으로 구성함

○ 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

- 각 세부과제의 세세부과제별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함
  - ► 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 예산을 연차별로 구분하여 제시함
  - ► 각 세부과제의 공동과제별 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함
  - ► 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함
  - ► 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

10) 편익 = 시장규모의 현재가치 × 시장점유율 × 기술개발성공률(30%) × 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)

2. 사회간접효과 및 기대효과

○ 고용창출, 인력양성, 친환경 미세먼지, 온실가스 저감, 사고절감 등 다양한 사회간접효과와 기대효과가 예상됨

- 다만, 스마트 대중교통 시스템 도입시 적용 가능한 시나리오는 지역적 특성 및 도입 당시 정책, 운영 목표 등에 따라 상이함
- 또한, 효과 분석을 위한 효과 척도 기준, 성능 지표 개발 등은 본 과제에 포함되어 있으며, 본 연구시 시뮬레이터를 활용한 과학적이고 정밀한 분석이 가능할 것으로 판단함. 또한, 본 연구의 취지가 실증 연구이므로, 다양한 시나리오를 구성하고, 상이한 유형에 따른 다양한 분석을 통해 정교화 결과를 도출 할 수 있을 것으로 예상
- 본 기획 연구에서는 정책 방향, 법·제도적 측면의 원칙이 명확하지 않은 상황에서 정량화된 사회간접효과 및 기대효과에 대해 과소·과대 평가될 가능성을 배제하고자 하여, 관련 연구 동향 및 방향에 대한 동향 정리로 대체하고자 함

○ 이러한 효과를 정량화하기 위해서는, 자율주행차량, 자율주행 대중교통과 관련된 정량적 지표 및 계량화 방안에 대하여 국·내외적인 추가적인 검토가 필요하며, 고려 항목 간의 유사, 중복 요인을 배제하여 객관적인 체계 구축이 우선되어야 함

○ 경기연구원에서는 '판교 창조경제밸리 자율주행차 운행 지원방안 연구'[11]를 통해 자율주행셔틀이 판교 창조경제밸리에 도입되었을 때 발생할 수 있는 효과에 대한 분석방안 및 분석사례를 제시함

- 분석 범위는 광역철도역사 (1개)와 버스 정류소 (51개소)를 포함하는 판교역, 판교 테크노밸리, 판교 창조경제밸리 일대를 대상으로 선정하여, 통행시간, 인건비, 유류비 총 3가지 측면의 효과를 분석함
- 기존 버스노선 현황, 배차 간격 등을 고려하여 자율주행 셔틀에 대한 6개의 노선을 계획하고, 교통카드 자료를 이용하여 판교역을 기점으로 각 분석지역 내 버스를 이용한 통행 건수를 도출하여 수요에 반영함
  - ► 통행시간: 자율주행셔틀을 운행했을 때의 통행시간 예상 값과 기존 버스의 차내 통행시간, 차외 통행시간을 산출하여 비교 한 결과, 총 통행시간이 약 4.6분 감소할 것으로 예상하였으며 연간 약 7억 원의 통행시간 절감 편익이 발생할 것으로 예상함
  - ► 인건비: 자율주행 셔틀을 무인으로 운행한다고 가정하여 기존 중형버스 운전직 인건비와 비교하여 편익을 산출하였으며, 버스 보유대수와 배차간격을 기반으로 인건비 편익을 도출한 결과, 연간 약 3억 원의 인건비 절감효과가 예상된다고 제시함
  - ► 유류비: 자율주행셔틀버스는 전기금액을 적용하였으며, 기존 버스는 경유금액으로 산출하여 유류비 절감편익을 예측하였으며, 분석 결과, 전기 자율주행셔틀버스 도입 시 연간 약 1억 원의 연료절감 편익이 발생할 것으로 예상함

○ '판교제로시티 자율주행 실증단지 조성 연구: 자율주행 셔틀 운행효과평가 지표개발 (한양대학교, 2017.05)'에서는 체계적인 교통시스템 측면의 효과분석 및 자율주행 셔틀의 실질적인 운영을 지원하는 기반을 마련하기 위해 자율주행셔틀 운행 시 교통체계에 미치는 영향을 계량화하는 효과평가 지표를 개발함

- 자율주행셔틀 효과평가를 위해 교통 운영효율성, 교통 안전성, 교통 환경성, 운수회사 운영효율성에 대한 평가지표를 이용자 및 운영자 관점에서 제시함
- 교통 운영효율성의 경우 대중교통 수단으로서 자율주행셔틀의 특성을 반영하여 대중교통에서 중요한 평가지표인 정시성과 관련된 정시성 오차율을 평가지표로 선정하였으며, 정류장간 정시성 오차율, 전체노선에 대한 정시성 오차율 지표를 제시함

11) 경기연구원(2016.10), 판교 창조경제밸리 자율주행차 운행 지원방안 연구

- 교통 안전성 효과 평가지표는 차량 간 충돌할 위험이 있는 상황을 나타내는 지표인 상충건수로 선정하였으며, 교통 환경성의 경우 차량배출가스 발생량과 차량배출가스 농도를 효과 평가지표로 제시함
- 운수회사 운영효율성의 경우, 자율주행셔틀 도입 시 운수회사에서 얻을 수 있는 효과에 대한 지표로 연간 연료비, 연간 인건비를 제시함

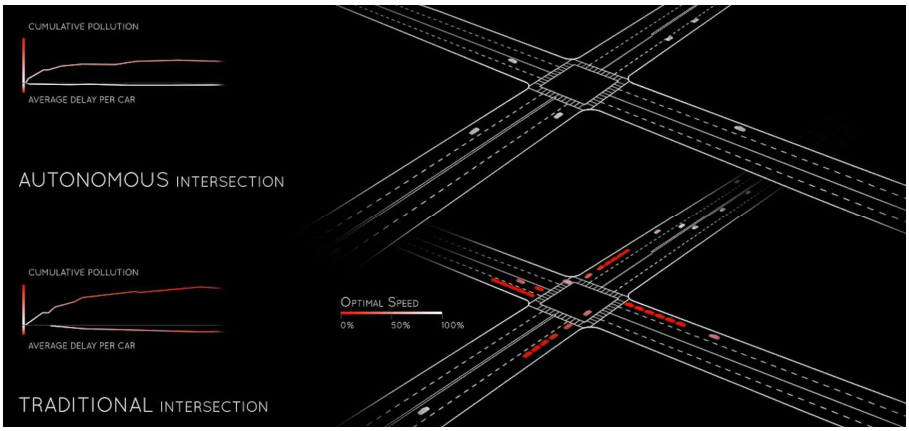
○ 글로벌 경제매거진인 포브스(Forbes)[12]에서는 자율주행차량을 이용하였을 때의 교통사고감소와 통행시간감소에 따른 비용 절감효과에 대해 계략적으로 제시함
- 교통사고 감소로 인한 교통사고 편익 분석 결과, 치명적인 충돌로 인한 중상사고로 3,170억 달러, 경상 및 대물피해로 인한 2,260억 달러, 시간 절약으로 인한 990억 원을 합한 총 6,420억 달러에 해당하는 사고 비용절감효과를 얻을 수 있다고 제시함
  ▸ 미국 교통부에서 통계적으로 사용하는 공식적인 삶의 가치는 920만 달러로, 2012년 발생한 치명적인 자동차 충돌사고 30,800건 중에 자율주행차량으로 연간 30,000명의 생명을 구할 수 있다면, 연간 이익이 2,760달러로 추정되며, 미국 질병통제센터(CDC)는 중상 사고로 인해 410억 원의 의료비용과 실업비용이 발생할 것으로 추정하고 있음. 따라서 연간 치명적인 충돌에 대한 비용은 약 3,170억 달러로 추정됨
  ▸ 미국 도로교통안전국(NHTSA)에서는 2012년에 경상 사고로 2,362,000명이 부상당했다고 추정함. 보수적으로 미네소타 DOT에서 가장 낮은 부상 등급의 추정비용인 8만 달러인 것으로 추산하면, 이는 충돌사고의 총 연간 비용이 1,890억 달러임을 의미함. 마지막으로 대물피해사고는 2009년 기준으로 1,080만 건으로 추산되었으며, 1,080만 건 중 중상사고와 경상사고를 제외하여, 500만 건으로 가정함. 미네소타 DOT의 대물피해에 해당하는 평균 비용은 7,400달러이며, 대물피해비용의 추정치는 총 370억 달러임. 이에 따라, 자율주행차량이 상용화될 경우 연간 5,430억 달러의 비용절감효과를 나타낼 수 있음
  ▸ 다음으로, 운전자가 직접 운전하면서 차에서 보내는 시간을 운전 이외의 일을 자유롭게 할 수 있으면서 2013년 8월부터 2014년 8월까지 1년 동안의 총 통행거리는 2.9조 마일임. 미국에서 1년에 1인당 통행거리는 거의 10,000마일이며, 평균 통행속도가 60m/h이고 1인당 차량 한 대를 보유한다고 극단적으로 가정한다면, 약 496억 시간, 1인당 연간 157시간을 소비하는 것으로 해석됨. DOT의 비용-편익분석의 평균 통행시간을 12.98달러의 가치로 환산함. 그러나 차안에 있는 시간을 절약할 수는 없으므로, 차 안에서 원하는 것을 하는데 소요되는 시간의 가치가 정상적인 비용-편익 가치의 15%인 약 2달러라고 보수적으로 가정함. 결과적으로 매년 990억 원의 시간비용 절감효과를 나타냄

○ 신재생에너지 기술의 설계 및 프로젝트 관리를 전문으로 하는 독일의 컨설팅/엔지니어링 업체 greener ideal[13]은 기존의 언급된 자율주행차량의 명백한 이점 외에 미래를 자극하는 사회적 및 환경적 영향에 대하여 제시함
- 배기가스 배출량 감소:
  ▸ 대부분의 가스배출은 고속 주행, 제동 및 급가속시 과도하게 연소되는데, 자율주행차량은 이러한 요인을 제거하여 가스가 덜 소모됨을 의미하거나 배터리전력이 소모되므로 대기오염이 줄어들게 되므로, 자율주행차량을 주행할 때, 사람이 직접 운전하는 차량에 비해 가스와 에너지를 훨씬 적게 사용함
  ▸ 한 대의 무인 차량으로 필요한 모든 목적지까지 갈 수 있으므로 가족 구성원들은 각자의 필요에 맞게 2~3개의 자동차만을 사용할 수 있어, 가구 당 차량의 수가 줄어들며, 도로에 있는 전체 차량 수와 배출에 기여하는 불필요한 중첩된 이동이 감소하게 됨
  ▸ 또한, 운전자가 없는 차량 기술이 진보함에 따라 경량 배터리의 사용으로 인한 결과로 자

12) Forbes(2014.08), The Massive Economic Benefits Of Self-Driving Cars
13) greener ideal(2016.08), The Environmental Benefits of Driverless Cars

동차의 중량이 감소하고 엔진의 안전성을 크게 변경하지 않아도 될 것으로 예상되므로 가스 및 에너지 소비에 긍정적인 영향을 미침

- 교통혼잡 감소:
  - ► 도시지역에서는 고속도로 및 도로로 인해 보행자, 자전거 이용자 또는 공원을 위한 공간이 거의 없는 경우가 많지만, 자율주행차량을 이용하게 되면 보다 안정적인 교통시스템 환경 구현으로 인해 보행자와 녹지공간에 초점을 맞춘 도시 계획을 위한 새로운 기회가 창출 될 수 있음
  - ► 또한, 자율주행차량은 더 많은 사람들이 도시 외곽으로 이동할 수 있는 가능성을 열어주기 때문에 어디든지 갈 수 있으며, 꾸준한 교통 흐름으로 도시 내·외부를 드나들기 쉽고 많은 사람들이 편의를 위해 시내에 거주 할 필요가 없게 되기 때문에, 이에 따라 도시 집중화를 분산시킬 수 있음
- 결론적으로 자율주행자동차 및 무인자동차의 도입은 (1) 차량 배기가스 배출을 억제하고(환경성), (2) 인간과 야생동물의 사망사고를 감소시키며(안전성), (3) 도시계획자가 도로 보다 녹지 공간에 집중 할 수 있는 환경을 제공하며(도시계획), (4) 모든 통근자에게 운전 외의 더 많은 시간을 제공함(편의성)



<그림 4-3> 교통혼잡을 줄여줄 수 있는 “스마트 신호등” 시스템의 시연(MIT)

○ 자동차 엔지니어와 전문적인 편집자로 구성되어 있는 미국의 자동차관련 커뮤니티 AxleAddict[14]는 자율주행자동차의 정의와 분류를 언급하면서 다양한 장점을 제시함

- 운전자 편의성 증진:
  - ► 운전자가 없는 자동차는 작은 레저공간이 되어, 장거리 여행 시 운전 외에 다른 여가 활동을 할 수 있는 환경을 제공하며, 경로안내의 타당성 등에 대한 논쟁이 사라질 것임
  - ► 운전으로 인한 피로가 줄어들거나 존재 하지 않게 되며, 차량 주차 및 어려운 기동에 대한 스트레스 감소 및 특별한 운전 기술을 필요로 하지 않게 됨
  - ► 장애인 및 노인과 같이 운전하는데 있어 어려움을 겪었던 사람들에게도 자유로워짐
  - ► 또한, 자기인식 자동차의 경우 자동차의 절도를 방지할 수 있음
- 안전성 증진:
  - ► 미국의 자동차 충돌 사고의 80% 이상이 운전자 실수로 인한 것으로, 모든 차량이 자율운전차량으로 바뀔 경우에는 난폭 운전자와 운전 실수가 사라지며, 음주 운전자와 마약 운전자에 의한 사고도 사라질 것으로 예상됨
  - ► 감각적인 기술은 사람의 감각보다 환경을 더 잘 감지 할 수 있으며, 전방의 미묘한 장애물을 감지하여 교통사고를 감소시킬 수 있음
- 교통혼잡 감소:
  - ► 첨두시에 꼬리 물기를 방지하여 도심지역의 출퇴근 시간이 크게 단축 될 수 있음

14) AxleAddict(2016.11), Advantages and Disadvantages of Driverless Cars

► 안정적인 운전을 반영하여 속도제한을 늘려 통행시간을 단축 할 수 있으며, 차두거리 및 안전거리의 감소는 한정된 도로용량을 효율적으로 사용할 수 있음

- 에너지 및 비용 절감:

► 자동차 소유자의 보험료가 크게 감소 할 수 있으며, 효율적인 통행은 연료절약, 비용 절감을 유도할 수 있음

○ 국내·외 관련 연구 조사를 통해 자율주행 대중교통 시스템 도입 시 안전성, 환경성, 운영효율성, 운전자 편의성 등의 다양한 부분에서 효과를 보일 것으로 예상되며, 제시된 효과평가 지표를 통해 자율주행기반 대중교통시스템의 기대효과를 평가하고, 자율주행기반 대중교통 시스템 실증 사업을 위한 전략 수립, 기술개발 및 정책수립 시 활용이 가능함

○ 조사된 효과평가 지표를 통해 자율주행기반 대중교통 시스템에 대한 정량적 기대효과를 도출하기 위해서는 실증 연구를 위한 대상지역 및 운영방안(세부노선, 배차간격, 차량 운행대수 등) 설정이 필요하며, 시스템 도입지역 및 운영방안이 결정 된 후 도입지역에 대한 세부적인 비용과 편익을 도출할 수 있음

3. 사회·국가적 파급효과

○ 4차 산업혁명을 이끄는 첨단 장비기반의 자율주행 교통시스템을 통해 다양해진 수송수요의 니즈를 충족시킴으로서 승용차중심의 도시교통체계의 변화를 도모할 수 있음

○ 이를 통해 저탄소 고성장을 도모하는 효율적인 미래형 도시를 완성시킬 수 있을 것으로 기대되며, 자율주행을 통해 8%이상의 혼잡완화와 30%이상의 연료소비 개선을 기대할 수 있음

○ 연간 30조가 넘는 도로부문 혼잡비용을 고려할 때 자율주행 기반의 대중교통체계로 인한 8% 이상의 혼잡완화를 통해 기대할 수 있는 국가경제적 순이익은 매우 높을 것임

○ 한편, 전 세계적인 온실가스 감축 정책의 일환으로 교통부문에서 추진되고 있는 전기차 사업이나 공유경제형 교통체계에도 기여함으로써 국가경쟁력 강화에 긍정적 역할을 할 것으로 기대됨

○ 또한 자율주행 대중교통시스템 도입을 통해 가장 기대되는 사회경제적 효과로는 연간 41조 8천억원(2016년 교통연구원 발표자료 기준)에 달하는 도로부문 교통사고비용에 대한 절감을 들 수 있음

○ 승용차교통의 대중교통체계로의 전환을 통해서도 기대할 수 있는 효과이지만, 아울러 첨단 장비를 활용한 안전한 대중교통시스템이라는 장점을 충분히 고려할 때 더욱 매력적인 시스템이 될 수 있을 것으로 확신함

4. 과학기술적 파급효과

○ 유럽과 미국을 중심으로 추진되고 있는 자율주행차 산업에서 몇 발자국 뒤떨어져 진행되고 있는 국내 자율주행차 산업을 보다 실용적인 대중교통시스템의 영역으로 전환함으로써 첨단 인프라 및 관제시스템과 결합된 기술적 시너지 효과를 기대할 수 있음

○ 대중교통을 이용하는 통행자의 특성을 충분히 반영하고 이를 충족시킬 수 있는 안전한 자율주행 대중교통시스템을 완성하기 위해서 필요한 분야별 첨단 기술과 이에 대한 연계기술 개발 및 구현을 통해 요소기술 뿐만 아니라 서비스 구현에 필요한 플랫폼 기술을 확보함으로써 세계시장에 경쟁력을 지닐 수 있음

○ 국내의 IT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동

력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신 교통 시스템 기술 선도

○ 차체 경량화, 환경 친화적 시스템, 무선급전 등의 핵심원천기술 확보 및 타 교통수단의 기술 적용에 따른 국가 경쟁력 향상

○ 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 선점 효과

제5장. 자원투입 계획

제1절. 인력투입계획

□ 본 과제의 경우, 총 4차년의 연구개발 과정을 바탕으로 연차별 및 세부과제별로 소요인력 투입계획을 작성

○ 소요인력 산정의 경우 직급별로 구분하였으며, 책임급, 연구원, 연구보조원 및 보조원으로 총 4개 직급으로 구분하여 계획하였음

<표 5-1> 연차별 총괄 소요인력 투입계획

(단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	합계
총괄		**38**	**235**	**302**	**168**	**743**
1세부	1-1	6	37	48	25	116
	1-2	5	38	50	26	119
	1-3	4	32	50	24	110
	소계	**15**	**107**	**148**	**75**	**345**
2세부	2-1	5	18	29	15	67
	2-2	2	22	24	15	63
	2-3	3	19	23	12	57
	2-4	3	17	23	15	58
	소계	**13**	**76**	**99**	**57**	**245**
3세부	3-1	4	22	22	15	63
	3-2	3	17	18	9	47
	3-3	3	13	15	12	43
	소계	**10**	**52**	**55**	**36**	**153**

□ 1세부 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

○ 1-1세부 - 자율주행 대중교통 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	8	10	4	23
연구원	2	14	20	10	46
연구보조원	2	11	14	9	36
보조원	1	4	4	2	11
합계	**6**	**37**	**48**	**25**	**116**

○ 1-2세부 - 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	9	9	5	24
연구원	1	14	22	10	47
연구보조원	1	12	15	9	37
보조원	2	3	4	2	11
합계	**5**	**38**	**50**	**26**	**119**

○ 1-3세부 - 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	5	9	3	18
연구원	1	13	20	10	44
연구보조원	2	9	17	9	37
보조원	0	5	4	2	11
합계	**4**	**32**	**50**	**24**	**110**

□ 2세부 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

○ 2-1세부 - C-ITS 연계 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	3	5	2	11
연구원	1	6	9	7	23
연구보조원	3	6	8	5	22
보조원	0	3	7	1	11
합계	**5**	**18**	**29**	**15**	**67**

○ 2-2세부 - 자율운행을 위한 C-ITS디지털 인프라 기술 개발

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	0	2	4	2	8
연구원	1	7	9	7	24
연구보조원	1	8	7	4	20
보조원	0	5	4	2	11
합계	**2**	**22**	**24**	**15**	**63**

○ 2-3세부 - 스마트 대중교통 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	0	2	3	1	6
연구원	1	7	9	5	22
연구보조원	2	6	8	5	21
보조원	0	4	3	1	8
합계	**3**	**19**	**23**	**12**	**57**

○ 2-4세부 - 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	0	2	3	1	6
연구원	1	5	7	5	18
연구보조원	2	6	8	7	23
보조원	0	4	5	2	11
합계	**3**	**17**	**23**	**15**	**58**

□ 3세부 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

○ 3-1세부 - 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	4	4	3	12
연구원	1	8	10	6	25
연구보조원	1	6	5	5	17
보조원	1	4	3	1	9
합계	**4**	**22**	**22**	**15**	**63**

○ 3-2세부 - 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	1	3	3	2	9
연구원	1	5	7	4	17
연구보조원	0	6	5	3	14
보조원	1	3	3	0	7
합계	**3**	**17**	**18**	**9**	**47**

○ 3-3세부 - 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비

분류	총 개발인력(명)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원 (교수급)	0	1	3	1	5
연구원	1	5	5	2	13
연구보조원	1	4	4	6	15
보조원	1	3	3	3	10
합계	**3**	**13**	**15**	**12**	**43**

제2절. 소요예산 투입계획

□ 소요예산 산정방법

○ 소요예산 산정의 경우, 세부과제별 상향식(Bottom up) 방식으로 전체 사업 소요예산을 산출한 후 정부 예산안에 맞도록 분배함

○ 항목별 예산산정을 위해 '국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(시행 2016.7.22. 대통령령 제27369호)'에 포함되어 있는 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

○ 인건비 산정의 경우, '2016년 학술연구용역인건비' 기준단가로 산정하였으며, 연구 참여율은 일괄 20%로 산정함

□ 본 과제의 총 연구개발 기간은 총 4차년으로 총 연구비 280억원(정부출연금)이 소요

<그림 5-2> 연차별 총괄 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

과제	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	**1,000**	**333**	**8,000**	**2,667**	**13,000**	**4,333**	**6,000**	**2,000**	**28,000**	**9,333**
1세부	**400**	**133**	**4,487**	**1,496**	**7,287**	**2,429**	**3,363**	**1,121**	**15,537**	**5,179**
1-1	134	45	1,477	492	2,416	805	1,105	368	5,132	1,711
1-2	148	49	1,653	551	2,678	893	1,238	413	5,717	1,906
1-3	119	40	1,357	452	2,193	731	1,020	340	4,689	1,563
2세부	**300**	**100**	**2,086**	**695**	**3,390**	**1,130**	**1,564**	**521**	**7,340**	**2,447**
2-1	110	37	766	255	1,245	415	574	191	2,695	898
2-2	82	27	566	189	919	306	424	141	1,991	664
2-3	54	18	377	126	613	204	283	94	1,327	442
2-4	54	18	377	126	613	204	283	94	1,327	442
3세부	**300**	**100**	**1,427**	**476**	**2,323**	**774**	**1,073**	**358**	**5,123**	**1,708**
3-1	163	54	771	257	1,254	418	579	193	2,767	922
3-2	90	30	428	143	697	232	322	108	1,537	513
3-3	47	16	228	76	372	124	172	57	819	273

□ 세부별 소요예산 투입계획

○ 1세부 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

<표 5-3> 1-1세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	14	111	139	56	320	5
	연구원	52.8	21	148	211	106	486	7
	연구보조원	34.8	14	77	97	63	251	4
	보조원	26.4	5	21	21	11	58	1
소계			**54**	**357**	**469**	**234**	**1,115**	**16**
직접비	연구장비/재료비		53	790	1,377	616	2,837	41
	연구활동비		23	346	604	270	1,243	18
	연구과제추진비		15	167	288	128	597	9
	연구수당		11	71	94	47	223	3
소계			**102**	**1,374**	**2,363**	**1,061**	**4,900**	**72**
간접비			**22**	**238**	**390**	**178**	**828**	**12**
합계			**178**	**1,969**	**3,221**	**1,473**	**6,842**	**100**

<표 5-4> 1-2세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	14	125	125	70	334	4
	연구원	52.8	11	148	232	106	496	7
	연구보조원	34.8	7	84	104	63	258	3
	보조원	26.4	11	16	21	11	58	1
소계			**42**	**372**	**483**	**248**	**1,146**	**15**
직접비	연구장비/재료비		74	906	1,557	701	3,238	42
	연구활동비		32	396	683	307	1,419	19
	연구과제추진비		16	188	319	145	668	9
	연구수당		8	74	97	50	229	3
소계			**131**	**1,565**	**2,656**	**1,203**	**5,554**	**73**
간접비			**24**	**267**	**432**	**200**	**922**	**12**
합계			**197**	**2,204**	**3,571**	**1,651**	**7,622**	**100**

<표 5-5> 1-3세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	14	70	125	42	251	4
	연구원	52.8	11	137	211	106	465	7
	연구보조원	34.8	14	63	118	63	258	4
	보조원	26.4	0	26	21	11	58	1
소계			**38**	**296**	**476**	**221**	**1,031**	**16**
직접비	연구장비/재료비		55	749	1,206	564	2,574	41
	연구활동비		24	328	530	247	1,130	18
	연구과제추진비		14	158	263	120	554	9
	연구수당		8	59	95	44	206	3
소계			**101**	**1,295**	**2,094**	**975**	**4,465**	**71**
간접비			**19**	**219**	**355**	**165**	**758**	**12**
합계			**158**	**1,810**	**2,925**	**1,360**	**6,254**	**100**

○ 2세부 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

<표 5-6> 2-1세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	14	42	70	28	153	4
	연구원	52.8	11	63	95	74	243	7
	연구보조원	34.8	21	42	56	35	153	4
	보조원	26.4	0	16	37	5	58	2
소계			**45**	**163**	**257**	**142**	**607**	**17**
직접비	연구장비/재료비		43	425	699	303	1,469	41
	연구활동비		19	187	306	133	645	18
	연구과제추진비		12	91	145	67	315	9
	연구수당		9	33	51	28	121	3
소계			**83**	**735**	**1,202**	**531**	**2,551**	**71**
간접비			**18**	**124**	**201**	**93**	**435**	**12**
합계			**146**	**1,021**	**1,660**	**765**	**3,593**	**100**

<표 5-7> 2-2세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	0	28	56	28	111	4
	연구원	52.8	11	74	95	74	253	10
	연구보조원	34.8	7	56	49	28	139	5
	보조원	26.4	0	26	21	11	58	2
소계			**18**	**184**	**221**	**140**	**562**	**21**
직접비	연구장비/재료비		46	261	492	195	994	37
	연구활동비		20	115	215	86	436	16
	연구과제추진비		9	66	105	48	229	9
	연구수당		4	37	44	28	112	4
소계			**78**	**480**	**857**	**357**	**1,771**	**67**
간접비			**13**	**91**	**148**	**68**	**321**	**12**
합계			**109**	**755**	**1,225**	**565**	**2,655**	**100**

<표 5-8> 2-3세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	0	28	42	14	84	5
	연구원	52.8	11	74	95	53	232	13
	연구보조원	34.8	14	42	56	35	146	8
	보조원	26.4	0	21	16	5	42	2
소계			**24**	**165**	**208**	**107**	**504**	**28**
직접비	연구장비/재료비		20	139	278	119	556	31
	연구활동비		9	62	122	52	245	14
	연구과제추진비		6	43	68	32	149	8
	연구수당		5	33	42	21	101	6
소계			**39**	**277**	**510**	**225**	**1,051**	**59**
간접비			**9**	**61**	**99**	**46**	**214**	**12**
합계			**72**	**503**	**817**	**377**	**1,770**	**100**

<표 5-9> 2-4세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	0	0	14	0	14	1
	연구원	52.8	11	42	53	42	148	8
	연구보조원	34.8	14	42	56	49	160	9
	보조원	26.4	0	21	26	11	58	3
소계			**24**	**105**	**149**	**102**	**380**	**21**
직접비	연구장비/재료비		20	188	326	122	656	37
	연구활동비		9	83	143	54	288	16
	연구과제추진비		6	45	71	34	156	9
	연구수당		5	21	30	20	76	4
소계			**39**	**337**	**570**	**230**	**1,176**	**66**
간접비			**9**	**61**	**99**	**46**	**214**	**12**
합계			**72**	**503**	**817**	**377**	**1,770**	**100**

○ 3세부 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

<표 5-10> 3-1세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	24	95	94	71	284	8
	연구원	52.8	19	142	179	106	446	12
	연구보조원	34.8	12	70	60	60	202	6
	보조원	26.4	8	35	27	8	78	2
소계			**63**	**342**	**360**	**245**	**1,010**	**28**
직접비	연구장비/재료비		20	282	623	222	1,147	32
	연구활동비		8	125	273	98	504	14
	연구과제추진비		10	85	143	64	302	8
	연구수당		12	69	71	50	202	6
소계			**50**	**561**	**1,110**	**434**	**2,155**	**60**
간접비			**15**	**125**	**202**	**93**	**435**	**12**
합계			**128**	**1,028**	**1,672**	**772**	**3,600**	**100**

<표 5-11> 3-2세부 소요예산 투입계획

(단위: 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	13	39	39	26	117	6
	연구원	52.8	0	10	20	10	40	2
	연구보조원	34.8	0	7	7	7	21	1
	보조원	26.4	1	1	0	0	2	0
소계			**14**	**57**	**66**	**43**	**180**	**9**
직접비	연구장비/재료비		27	269	458	203	957	48
	연구활동비		12	117	200	88	417	21
	연구과제추진비		7	49	80	36	172	9
	연구수당		3	10	13	8	34	2
소계			**49**	**445**	**751**	**335**	**1,580**	**79**
간접비			**8**	**69**	**112**	**52**	**241**	**12**
합계			**71**	**571**	**929**	**430**	**2,001**	**100**

<표 5-12> 3-3세부 소요예산 투입계획

(단위:백만원)

예산 항목	세부 항목	구분					소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	0	13	14	13	40	4
	연구원	52.8	11	50	60	29	150	14
	연구보조원	34.8	0	7	7	6	20	2
	보조원	26.4	1	10	10	10	31	3
소계			**12**	**80**	**91**	**58**	**241**	**23**
직접비	연구장비/재료비		10	105	205	85	405	38
	연구활동비		4	46	89	37	176	17
	연구과제추진비		3	25	41	18	87	8
	연구수당		3	13	13	6	35	3
소계			**20**	**189**	**348**	**146**	**703**	**66**
간접비			**5**	**35**	**57**	**25**	**122**	**11**
합계			**37**	**304**	**496**	**229**	**1,066**	**100**

□ 시제품 소요 예산

○ 시작품 목록(1천만원 이상)

세세부	시작품명	용도	비용(천원)
1-1	스마트 대중교통 (소형 콜버스)차량	- 기존 미니트램 개조를 통한 자율주행 사전검증(1대) - 자율주행 플랫폼 중심의 시험차량 제작을 통한 주행제어기술 고도화(1대) - 일반도로 자율주행 설계기술기반 시제차량 제작을 통한 차량기술 개발 확보 및 종합시험(3대)	1,300,000
1-2	조향/제동 장치	- Fail-Safe 개념의 조향/제동장치 이중화 기술 확보 및 차량적용 시험	50,000
	차량용 배터리	- 고출력/고에너지밀도 에너지저장매체 기술 확보 및 차량적용 시험	50,000
1-3	친환경 자율주행버스(중·대형)	- 기존 친환경 버스의 자율주행 제어기술 접목을 통한 기술 적용성 검토(2대)	2,000,000
2-1	C-IPTS 스마트 대중교통 관제 시스템	- C-IPTS 스마트 대중교통 자율운행제어 기술 확보 및 운영시험	100,000
	검수고 및 충전시설	- 단계별 개발차량의 시험운전 및 유지보수, 차량의 배터리 충전	200,000
2-4	C-IPTS 인프라 설비	- C-IPTS 인프라 상황 감시 및 전송	200,000
	정거장 시설	- 시범노선 내 시스템 현장 운영시험	30,000
3-1	빅데이터 분석용 서버	- 빅데이터 분석 및 시뮬레이터 개발용 서버	20,000

제1절. 과제제안 요구서

과 제 명	자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구
1. 연구개발 목표	□ 도심 교통 문제 해결을 위한 자율주행기반 대중교통시스템 기술 및 인프라 연계 운영/검증 기술 개발 ○ 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발 ○ 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발 ○ 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발
2. 연구개발 필요성	□ 사회문화적 측면 ○ 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO_2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요함 ○ 특히, 우리나라의 경우 파리기후변화협정에서 2030년까지 온실가스 배출량 전망치(BAU) 대비 37% 감축정책을 발표('15.12)함에 따라 저탄소 녹색성장을 위한 수송부문 온실가스 저감기술 발굴 필요함 ○ 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점을 지니고 있음 ○ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 효과를 지님 ○ 사회적 인식의 개선을 위한 안전성에 관한 법적·제도적 장치 마련과 시스템 인증, 시범운영 및 대중화를 위한 경제성 확보 방안 도출 필요함 □ 기술적 측면 ○ 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 조성 필요 ○ 차량의 소형화에 따른 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요 ○ 기 확보된 분야별 핵심기술을 기반으로 시스템 측면에서의

S/W 및 H/W의 통합 및 운영을 전제로 한 시스템 구축을 통한 운영의 신뢰성을 확보하기 위한 체계적인 연구와 연계하여 자율주행 기반 공유형 대중교통시스템 구축·시연

□ 경제산업적 측면

○ 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함

○ 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 ICT·SW 개발관련 중소·중견 기업의 시장경쟁력 확대가 기대됨

○ 세계적으로 스마트 대중교통에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요

□ 국가 R&D의 중복투자 방지 및 연속성 측면

○ 차량에서의 정보화기술은 ITS(Intelligent Transportation System)가 도입된 이래 꾸준히 IT기술과의 융합을 꾀하여 왔음. 특히, ITS기술은 이동통신 및 스마트폰의 급격한 발전에 힘입어 유럽, 미국 등을 중심으로 도로, 차량, 사람간의 긴밀한 연관체계인 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)로 진화하였으며, 우리나라에서는 국토교통부 주관으로 2017년 7월까지 C-ITS시범사업을 진행하였음

○ 스마트 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되는 자율주행 대중 교통수단으로서 승객의 안전 및 정시성 등의 철도의 특징뿐만 아니라 운행노선의 자율성 등의 차량의 특징을 복합적으로 지니고 있어 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-ITS와의 연계를 반드시 고려해야 함

○ 대전시, 세종시 등 지자체에서 시범 서비스를 적용중인 “차세대ITS(C-ITS)”와 연계하여 지원시스템 및 인프라를 공동 활용하고 “대중교통 안전지원” 등 핵심 서비스 개발에 참여하여야 함

○ 또한, 스마트 대중교통은 다인승 대중교통 수단이므로 국가대중교통정보센터(TAGO)에서 제공 중인 버스운행정보와 동일 수준의 운행정보를 수집하고 일반인에게 공공데이터로 제공함으로써 네이버 길찾기, T-map 등과 같은 대중교통 서비스 개발에 활용될 수 있어야 함

□ 국민 편의성 증진 (국민체감형) 측면

○ 실시간 이용수요에 효율적으로 대응할 수 있는 스마트 대중교통 시스템 구축을 위해서는 도로교통상황을 반영 가능한 경로범위에 대한 즉각적인 대응과 이를 기반으로 한 최적 경로의 선정이 매우 중요함

○ 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음

○ 사전에 계획된 혹은 예약한 기종점 수요를 만족시키면서 무작위로 발생하는 멀티 OD에 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 알고리즘이 필요한데, 최근 우버 POOL 서비스 구현에서도 알 수 있었듯이 실시간 합승까지 고려한 수요응답형 서비스는 매우 어려운 최적화 문제임

○ 사회적 시스템 최적화 관점(System Optimum)에서 스마트 대중교통 운영 최적화 전략 수립 및 이를 위한 분석 평가 기술 등에 대한 체계적인 기술 확보가 필요함 (해당 기술이 확보시 세계 최초 운영전략 기술 보유)

○ 이용자 편의서비스 증진기술은 스마트 대중교통이 기존 말단 통행을 담당하는 택시, 마을버스 등과 차별화시킬 수 있는 기술이며, 이용자가 언제 어디에서든지 스마트 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 지원해주는 서비스 기술임

○ 현 시점에서 활발히 논의되고 있는 IoT, LBS 등에 대한 최신 기술을 연계시켜 줄 수 있는 내용이 포함되어야 하며, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 AI기반의 분석을 통한 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술이 필요함

□ 모빌리티 4.0 생태계 구축 측면

○ 스마트 대중교통은 기존 교통수단의 정의하에서는 구분이 모호한 뉴모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도운송법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비방안이 마련되어야 함

○ 스마트 대중교통 도입 예상 지역에 대한 광범위한 지구 상세설계(안)과 통합요금체계 도입방안, 다양한 비즈니스 모델에 대한 전략적 검토를 통해 향후 실용화 사업 추진 방안을 다각도로 검토하여야 함

○ 아울러 향후 사업타당성 조사 등에서 통용될 수 있는 스마트 대중교통이 갖는 사회적 편익 항목에 대한 정략적인 분석방법 검토를 통해 최적 입지선정 및 사업성 검토에 기여할 수 있는 스마트 대중교통 사업 연계 비즈니스 모델이 자생할 수 있는 생태계 마련에 대한 연구가 선행되어야 함

3. 연구개발 내용

□ 컨소시엄공모

(TRL)

□ 1세부과제 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심 기술 개발

○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발 — 시스템 (7)
- 센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 적용 기술
- 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체인식) 인식 적용기술
- 차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술 적용기술
- 차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술 적용기술
- 차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 기술 적용기술
- 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술
- 자율주행기술 성능/적용 가능성 시험을 위한 테스트 차량 제작(개조 및 신조차량)
- 자율주행 운행에 따른 주행안전성 평가기술

○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 — 시스템 (7)
- 도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용기술
- 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 적용기술
- 차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속 충전 적용기술
- 차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술
- 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술
- 슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술
- 최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선기술
- 차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립

	및 평가기술	
	○ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 - 전용/비전용 노선 자율주행을 위한 인지/제어 시스템 개발(시제품 포함) - 자율주행 핵심기술 검증을 위한 상용차량(전기동력기반 중·대형 버스) 개조 - 자율주행버스용 HMI 시제품 개발 - 자율주행 관제시스템/C-IPTS 연계 차량운행을 위한 협조제어 기술개발(통합연계형 통신모듈 시제품 포함) - 자율주행시험을 통한 스마트 대중교통의 안전성 시험평가 및 실증연구 임시허가 인증·검사	시스템 (7)
	□ 2세부과제 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발	
	○ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 - 관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발 · 자율운행대중교통시스템 교통관리센터 구축 기술 · C-IPTS 자율운행대중교통시스템 연동 기술 · 차량 검수고 및 충전시설 구축 - 스마트 대중교통 안전 운행을 자율운행 연계기술 · C-IPTS 핵심 요구사항 분석 · 스마트 대중교통 안전 운행을 위한 데이터 처리 기술 개발 · 스마트 대중교통 안전운행 기술 적용 및 검증 · C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 기술 · 차상 운행정보 현시 및 모니터링 인터페이스 기술 - C-IPTS 빅데이터 활용 기술 개발 · C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구 · 스마트 대중교통을 위한 의사결정지원 시스템 · C-IPTS 빅데이터 활용 서비스 개발	시스템 (7)
	○ 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 - 디지털 도로교통 인프라 설계 · 구축 기술 · 커넥티드카 기반 정적/동적 정보 DB 구축 개발 · 대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 및 구축 · 기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술 - 디지털 도로교통 인프라 유지 · 관리 기술 · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 유지관리 메뉴얼 개발 · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발	시스템 (7)
	○ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 - 실시간 신뢰성 평가 기술 개발 · 차상제어모니터링 데이터에 의한 실시간 신뢰성	시스템 (7)

	평가 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터 및 차상제어모니터링 통합 신뢰성 평가 기술 개발 · 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발 - 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발 · 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발 · 고장·유지보수 데이터에 의한 유지보수 정책 최적화 기술 개발 · 실시간 신뢰성 진단 및 고장·유지보수 데이터에 의한 통합 유지보수 전문가 시스템 개발	
	○ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 - C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 · C-IPTS 센터 생성 정보 분석 및 연계방안 수립 · C-IPTS 실용화 계획 수립 - C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진 · C-IPTS 스마트 대중교통 도입 절차 및 방안 마련 · C-IPTS 스마트 대중교통 실증 시나리오 개발 · 시범사업구간 디지털 도로교통 인프라 구축 · 실증시험기반 운영시나리오 개발	-
	□ 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발	
	○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 - 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발 ·차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출 ·스마트 대중교통 운용환경 평가 지표 개발 ·실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적 운영 시나리오 제시 - Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 설계 ·Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 조사 및 인터페이스 검토 ·Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상 ·스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분) - 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발 · 자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형 · V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형 · 주행 파라메터 정의 및 정산모형 - 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이터 개발 ·오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계 ·오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 (알고리즘 및 평가 지수 적용) ·대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증 ·차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영	S/W (8)
	○ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술	S/W (7)

	- 실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술 · 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 · 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 · 복합 교통네트워크내 실시간 최적 경로 선정 기술 - 다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술 · 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 · 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 · 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 - 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 정보 생성 기술 · 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 · 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 ○ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 - - 관련 법 · 제도 · 정책적 요구사항 도출 및 정비방안 · 설계 및 건설 · 운영에 필요한 법 · 제도 정비방안 · 스마트 모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가 개정(안) 연구 - 실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토 · 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석 · 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 - 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립 · 시범사업 경제적 · 재무적 타당성 검토 · 시범사업지역 선정을 위한 기술적 정책적 검토
□ 분리공모	· 시범사업 수행을 위한 도입지역 인센티브 정책 검토
4. 연구개발 추진방법	· 실용화 및 비즈니스 모델 검토 ※ 시범사업 대상지는 전문기관의 자문위원단에 의해 최종 선정 □ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립내용 ○ 1차년도 : 시스템 사양, 기본설계 및 자율주행기술의 사전검증을 위한 시스템 개조 ○ 2~3차년도 : 부품 및 시스템 단위 상세설계/제작 ○ 4차년도 : 시스템 단위 성능시험 및 검증 □ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 □ 기존 선행연구의 유무형 성과를 분석하여 중복성을 피하고 연계/활용방안을 제시할 것 □ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진 ○ 기업연구소, 정부출연 연구기관 및 연구수행기관에서 기존 보유하고 있는 시험연구장비 인프라의 활용을 유도함으로써, 연구장비에 대한 중복투자 방지 및 기존 국책사업을 통해 구축된 인프라의 활용도를 높이는 방향으로 연구를 추진 □ 정부 및 제작사, 부품사, 해외 유관기관 등과 유기적 협조체제 구축 ○ 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보

5. 최종성과물	□ 스마트 대중교통 시스템(소형: 개조 1대, 골조 1대, 신조 1대 / 중·대형: 3대) □ 각종 부품단위 및 시스템 사양서, 설계도면 등 □ 실도로 모사 자율주행 시스템 안전성 평가용 테스트베드 □ C-IPTS 관제시스템(S/W 포함) □ 복합 실증 시나리오 5건 □ 실증단지 계획, 구축, 운영을 위한 효과분석 및 법·제도 개선 등 보고서 □ 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축을 위한 핵심 알고리즘 등 보고서 및 S/W □ 특허, 논문, 평가 기준 및 지침서 등
6. 기대효과 및 파급효과	□ 기대효과 ○ 도시/지역계획 수립시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용 ○ 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의 조기 실용화를 위한 기반 마련 ○ 대중교통 운영비 절감 및 도심지 물류비용 절감 기대 ○ 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37% 수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용 ○ 기준, 사양, 설계서는 미래형 자율주행 대중교통 시스템 구축시 건설기준·지침 등으로 활용 ○ 국내 환경에 적합한 개발시스템은 국내 시범노선 구축 모델로 활용 ○ 네트워크 운행 제어 알고리즘은 미래형 대중교통 운행계획 및 최적화에 활용 ○ 시스템 모델구축으로 기술선점을 통한 국내 보급 및 수출 기대 □ 파급효과 ○ 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO_2 등의 방출이 없는 장점으로 교통분야의 기후협약 대응 선도 ○ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 ○ 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신 교통시스템 기술 선도 ○ 새로운 대중교통수단 개발로, 수요자 중심의 (Point-to-Point) 서비스 기능 구현을 통한 대중교통수단 패러다임 변화 선도 ○ 차체 경량화, 환경 친화적 시스템, 무선급전 등의 핵심원천기술 확보 및 타 교통수단의 기술 적용에 따른 국가 경쟁력 향상 ○ 새로운 접근성 향상을 도모하는 교통시스템 개발에 따른 교통약자의 이용편의성을 향상 ○ 신도시의 교통망 구축, 구 도심지의 교통선진화를 통한 도시 경쟁력 확보 및 도시교통 생태계 구축 산업 분야에서의 기술적 우위확보를 통한 미래시장 선점
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2018.1 ~ 2021.12 (4년)

	- 1차년도 연구기간 : 2018.1 ~ 2018.12 (12개월) ○ 총 정부출연금 : 28,000백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,000백만원 * 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 * 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 * 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며 , 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고 하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 ○ 개발기술의 목표수준과 성과지표를 연구개발계획서에 명확히 제 시하고, 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시 - 제시한 성과지표에 교통물류연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 연구성과 활용계획 필히 제시 - 신청자는 연구성과 활용에 따른 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시 ○ 본 과제 평가기술 개발과 국제조화활동 연계방안, 관련 법령 제·개정시 활용계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것 ○ 테스트베드에 대한 연구개발 종료 후 국가차원 서비스 제공을 위한 구체적 방안을 제시할 것 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ※ 참여기업은 과제 종료 후 기술실시계약 체결 대상임 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 연구관리 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된

	동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

과 제 명	1세부: 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발
1. 연구개발 목표	

□ 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발
- ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 기술 개발
- ○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발
- ○ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발

2. 연구개발 필요성

□ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술
- ○ 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요함
- ○ 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 향상 등) 검증 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계 조성 필요
- ○ 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함

□ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술
- ○ 전 세계적인 스마트 대중교통 시스템에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요
- ○ 스마트 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되는 자율주행 대중 교통수단으로서 승객의 안전 및 정시성 등의 철도의 특징뿐만 아니라 운행노선의 자율성 등의 차량의 특징을 복합적으로 지니고 있어 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-ITS와의 연계를 반드시 고려해야 함

□ 자율주행버스(중·대형)용 C-IPTS 자율주행기술
- ○ 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요

3. 연구개발 내용		
□ 컨소시엄공모	□ 1세부과제 : 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심 기술 개발	
	○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 자율주행 시스템 (차량주변인식/위치추정/주행제어) 기술 개발 - 센서정보 융합 정밀위치보정(랜드마커 및 DGPS/IMU 정보 이용) 및 주행(속도/안내) 제어 적용 기술 - 센서기반(영상/라이다/레이다 등) 차량 주변정보(차선, 신호등, 횡단보도, 보행자 및 기타 주행로 장애물 객체인식) 인식 적용기술 - 차량주행 중 주행로 장애물인식/이동객체 운동방향 예측 및 충돌 방지/대응 제어(레이다, 초음파센서 등) 기술 적용기술 - 차량의 주행 중 안전을 위한 차량 시스템 네트워크 이중안전설계 및 실시간 고장진단/회피기동 기술 적용기술 - 차량 주행 중 실시간 주행정보 기록장치(영상 및 주행신호) 기술 적용기술 - 센터관제 및 네비게이션 정보연동 주행정보 생성 및 최적주행경로(회피, 우회, 차선변경) 설계 기술 - 자율주행기술 성능/적용 가능성 시험을 위한 테스트차량 제작(개조 및 신조차량) - 자율주행 운행에 따른 주행안전성 평가기술	시스템 (7)
	○ 스마트 모빌리티(소형 콜버스)용 수송성능/안전성 향상을 위한 차량/운행관련 핵심기술 성능개선/개발 - 도로 환경 안전기준에 부합하는 차체 설계/제작 및 구조/피로 강도 개선을 위한 초경량 고강도 내/외장 소재 적용기술 - 충돌 안전성 개선을 위한 에너지 흡수부 설계 및 제작 적용기술 - 차량의 전력 공급 인프라의 경제성과 충/방전 효율성 확보를 위한 무인급속 충전 적용기술 - 차량의 수송 용량 및 에너지 절감을 고려한 HVAC 개발 및 적용기술 - 무인운전 차량의 안전성 향상을 위한 조향/제동의 이중화 기술 - 슈퍼커패시터의 고출력 특성과 이차전지의 고에너지 특성을 겸비한 융합형 에너지 매체기술 - 최적 운영을 위한 에너지 저감형 추진시스템 성능/효율/안전성 개선기술 - 차량 운용 노선 환경에 따른 충돌 안전 기준 확립 및 평가기술	시스템 (7)
	○ 자율주행 중·대형버스용 C-IPTS 자율협력주행 기술 개발 - 전용/비전용 노선 자율주행을 위한 인지/제어 시스템 개발(시제품 포함) - 자율주행 핵심기술 검증을 위한 상용차량(전기동력기반 중·대형 버스) 개조	시스템 (7)

	- 자율주행버스용 HMI 시제품 개발 - 자율주행 관제시스템/C-IPTS 연계 차량운행을 위한 협조제어 기술개발(통합연계형 통신모듈 시제품 포함) - 자율주행시험을 통한 스마트 대중교통의 안전성 시험평가 및 실증연구 임시허가 인증·검사
□ 분리공모	□ 전문가 자문협의 등을 통한 세부별 분리공모 검토 가능
4. 연구개발 추진방법	□ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립내용 ○ 1차년도 : 시스템 사양, 기본설계 및 자율주행기술의 사전검증을 위한 시스템 개조 ○ 2~3차년도 : 부품 및 시스템 단위 상세설계/제작 ○ 4차년도 : 시스템 단위 성능시험 및 검증 □ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 □ 기존 선행연구의 유무형 성과를 분석하여 중복성을 피하고 연계/활용방안을 제시할 것 □ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진 ○ 기업연구소, 정부출연 연구기관 및 연구수행기관에서 기존 보유하고 있는 시험연구장비 인프라의 활용을 유도함으로써, 연구장비에 대한 중복투자 방지 및 기존 국책사업을 통해 구축된 인프라의 활용도를 높이는 방향으로 연구를 추진 □ 정부 및 제작사, 부품사, 해외 유관기관 등과 유기적 협조체제 구축 ○ 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
5. 최종성과물	□ 스마트 대중교통 시스템(소형: 개조 1대, 골조 1대, 신조 1대 / 중·대형: 3대) □ 각종 부품단위 및 시스템 사양서, 설계도면 등 □ 특허, 논문, 평가 기준 및 지침서 등
6. 기대효과 및 파급효과	□ 연구성과 활용방안 ○ 최초의 자율주행 기반 대중교통시스템 실증을 위한 차량 플랫폼을 개발함으로써 친환경적이고 효율적인 대중교통 중심의 교통체계 구축에 활용 ○ 안전한 자율주행 대중교통차량을 개발하기 위해 필요한 부품단위의 첨단 기술과 이에 대한 적용기술 개발 및 구현을 통해 요소기술 뿐만 아니라 서비스 구현에 필요한 차량 플랫폼 기술을 확보함으로써 국내 실증 모델 구축 및 해외시장 개척에 활용 □ 기대효과 및 파급효과 ○ 도시/지역계획 수립시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용 ○ 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의

	조기 실용화를 위한 기반 마련 ○ 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37% 수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용 ○ 기준, 사양, 설계서는 미래형 자율주행 대중교통 시스템 구축 시 건설기준·지침 등으로 활용 ○ 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점으로 교통분야의 기후협약 대응 선도 ○ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 ○ 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신 교통시스템 기술 선도 ○ 차체 경량화, 환경 친화적 시스템, 무선급전 등의 핵심원천기술 확보 및 타 교통수단의 기술 적용에 따른 국가 경쟁력 향상
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2018.1 ~ 2021.12 (4년) - 1차년도 연구기간 : 2018.1 ~ 2018.12 (12개월) ○ 총 정부출연금 : 15.600백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 400백만원 * 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 * 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 * 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며 , 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고 하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 ○ 개발기술의 목표수준과 성과지표를 연구개발계획서에 명확히 제 시하고, 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시 - 제시한 성과지표에 교통물류연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

○ 연구성과 활용계획 필히 제시
- 신청자는 연구성과 활용에 따른 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시

○ 본 과제 평가기술 개발과 국제조화활동 연계방안, 관련 법령 제·개정시 활용계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 테스트베드에 대한 연구개발 종료 후 국가차원 서비스 제공을 위한 구체적 방안을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
※ 참여기업은 과제 종료 후 기술실시계약 체결 대상임

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 연구관리 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

과 제 명	2세부: 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

1. 연구개발 목표

□ 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발
- ○ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발
- ○ 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발
- ○ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발
- ○ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구

2. 연구개발 필요성

□ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 개발
- ○ 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통 수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요
- ○ 실시간 이용수요에 효율적으로 대응할 수 있는 스마트 대중교통 시스템 구축을 위해서는 C-IPTS 시스템 연계를 통해 도로 교통상황의 즉각적인 대응과 이를 기반으로 한 최적 경로의 선정이 매우 중요함
- ○ 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모 선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음

□ 자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발
- ○ 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환이 필요함
- ○ 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 IT·SW 개발관련 중소·중견 기업의 시장경쟁력 확대가 기대됨
- ○ 현 시점에서 활발히 논의되고 있는 IoT, LBS 등에 대한 최신 기술을 연계시켜 줄 수 있는 내용이 포함되어야 하며, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한 승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 AI기반의 분석을 통한 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술이 필요함

□ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발
- ○ 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통 수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화 및 자율주행기반 공유형 대중교통시스템 핵심기술 개발 필요

□ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구
- ○ 전 세계적인 스마트 대중교통 시스템에 대한 지속적인 요구증대와 지능화 및 정보화에 대한 미래 수요에 선제적으로 대응

하기 위해 시스템 측면에서 운행과 관련한 기술(차량제어/운행제어 등) 및 소프트웨어/하드웨어 통합기술 등의 핵심기술을 확보하고 운행을 전제로 한 시스템 구축을 통한 경제성 및 신뢰성을 갖출 수 있도록 체계적인 기술 확보 필요

○ 기존 교통수단의 정의 하에서는 구분이 모호한 뉴-모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도교통법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비 방안이 마련되어야 함

3. 연구개발 내용

□ 2세부과제 : 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

○ C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술 — 시스템 (7)

- 관제 센터 시범운영 및 보안기술 개발
  - · 자율운행대중교통시스템 교통관리센터 구축 기술
  - · C-IPTS를 위한 자율운행대중교통시스템 연동 기술
  - · 차량 검수고 및 충전시설 구축
- 스마트 대중교통 안전 운행을 자율운행 연계기술
  - · C-IPTS 핵심 요구사항 분석
  - · 스마트 대중교통 안전 운행을 위한 데이터 처리 기술 개발
  - · 스마트 대중교통 안전운행 기술 적용 및 검증
  - · C-IPTS 교통상황정보장치 인터페이스 기술
  - · 차상 운행정보 현시 및 모니터링 인터페이스 기술
- C-IPTS 빅데이터 활용 기술 개발
  - · C-IPTS 스마트 대중교통 빅데이터 구축 방안 연구
  - · 스마트 대중교통을 위한 의사결정지원 시스템
  - · C-IPTS 빅데이터 활용 서비스 개발

□ 컨소시엄공모

○ 자율운행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발 — 시스템 (7)

- 디지털 도로교통 인프라 설계 · 구축 기술
  - · 커넥티드카 기반 정적/동적 정보 DB 구축 개발
  - · 대중교통상황정보(대중교통차로, 정류장, 교차로, 주요 이정표) DB 설계 및 구축
  - · 기존 인프라(도로 및 교통시설 포함)의 디지털 인프라 전환기술
- 디지털 도로교통 인프라 유지 · 관리 기술
  - · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 유지관리 메뉴얼 개발
  - · 자율주행 대중교통 디지털 인프라 모니터링 시스템 개발

○ 실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발 — 시스템 (7)

- 실시간 신뢰성 평가 기술 개발
  - · 차상제어모니터링 데이터에 의한 실시간 신뢰성 평가 기술 개발
  - · 고장 · 유지보수 데이터 및 차상제어모니터링 통합 신뢰성 평가 기술 개발
  - · 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발
- 신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발
  - · 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발

	· 고장·유지보수 데이터에 의한 유지보수 정책 최적화 기술 개발 · 실시간 신뢰성 진단 및 고장 · 유지보수 데이터에 의한 통합 유지보수 전문가 시스템 개발 ○ 도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구 – – C-IPTS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준 적용 연구 · C-IPTS 센터 생성 정보 분석 및 연계방안 수립 · C-IPTS 실용화 계획 수립 – C-IPTS 스마트 대중교통 시범서비스 추진 · C-IPTS 스마트 대중교통 도입 절차 및 방안 마련 · C-IPTS 스마트 대중교통 실증 시나리오 개발 · 시범사업구간 디지털 도로교통 인프라 구축
□ 분리공모	□ 전문가 자문협의 등을 통한 세부별 분리공모 검토 가능
4. 연구개발 추진방법	□ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립내용 ○ 1차년도 : 스마트 대중교통 관제센터 및 C-IPTS 인프라 시스템 사양, 기본설계 ○ 2~3차년도 : 스마트 대중교통 자율운행 및 C-IPTS 핵심 알고리즘 개발 ○ 4차년도 : 스마트 대중교통 운행시험 및 검증 □ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 □ 기존 선행연구의 유무형 성과를 분석하여 중복성을 피하고 연계/활용방안을 제시할 것 □ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진 ○ 기업연구소, 정부출연 연구기관 및 연구수행기관에서 기존 보유하고 있는 시험연구장비 인프라의 활용을 유도함으로써, 연구장비에 대한 중복투자 방지 및 기존 국책사업을 통해 구축된 인프라의 활용도를 높이는 방향으로 연구를 추진 □ 정부 및 제작사, 부품사, 해외 유관기관 등과 유기적 협조체제 구축 ○ 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
5. 최종성과물	□ 자율주행 시스템 안전성 평가용 테스트베드 □ C-IPTS 관제시스템 □ 복합 실증 시나리오 5건 □ 특허, 논문, 평가 기준 및 지침서 등
6. 기대효과 및 파급효과	□ 연구성과 활용방안 ○ 최초의 자율주행 기반 대중교통시스템 실증을 위한 관제 및 C-IPTS 플랫폼을 개발함으로써 친환경적이고 효율적인 대중교통 중심의 교통체계 구축에 활용 ○ 안전한 자율주행 대중교통시스템을 완성하기 위해서 대중교통 빅데이터 활용 및 도로교통 디지털 인프라의 활용을 통한 분야별 첨단 기술과 이에 대한 연계기술 개발 및 구현을 통해

	요소기술 뿐만 아니라 서비스 구현에 필요한 플랫폼 기술을 확보함으로써 국내 실증 모델 구축 및 해외시장 개척에 활용 □ 기대효과 및 파급효과 ○ 도시/지역계획 수립시 교통네트워크의 Collector/Distributor 수단으로서 기존 교통수단체계 보완 활용 ○ 자율주행 대중교통 기술의 단계별 개발을 통한 관련 파생산업의 조기 실용화를 위한 기반 마련 ○ 파리기후변화협정에 따른 2030년까지 배출전망치 대비 37% 수준의 온실가스를 감축하겠다는 목표 달성을 위해 자동차 운행억제 정책일환의 대체수단으로 제공하여 활용 ○ 4차 산업혁명을 이끄는 첨단 장비기반의 자율주행 교통시스템을 통해 다양해진 수송수요의 니즈를 충족시킴으로서 승용차중심의 도시교통체계의 변화를 도모할 수 있음 ○ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 ○ 국내의 ICT기술을 바탕으로 한 전기차량관련 기술 개발에 따른 전기차량시스템의 수출 성장 동력 향상, 환경 친화적이고 에너지 소비가 적은 전기차량 기술의 개발로 국제무대에서 신교통시스템 기술 선도
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2018.1 ~ 2021.12 (4년) - 1차년도 연구기간 : 2018.1 ~ 2018.12 (12개월) ○ 총 정부출연금 : 7,340백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 300백만원 * 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 * 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 * 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며 , 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고 하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 ○ 개발기술의 목표수준과 성과지표를 연구개발계획서에 명확히 제 시하고, 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시

	- 제시한 성과지표에 교통물류연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 연구성과 활용계획 필히 제시 - 신청자는 연구성과 활용에 따른 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시 ○ 본 과제 평가기술 개발과 국제조화활동 연계방안, 관련 법령 제·개정시 활용계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것 ○ 테스트베드에 대한 연구개발 종료 후 국가차원 서비스 제공을 위한 구체적 방안을 제시할 것 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ※ 참여기업은 과제 종료 후 기술실시계약 체결 대상임 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 연구관리 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

과 제 명	3세부: 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발
1. 연구개발 목표	□ 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발 ○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 및 운용환경 구축을 위한 시뮬레이션 기술 개발 ○ 실시간 공유교통의 장점을 극대화하는 수요 대응형 스마트 대중교통 운영최적화 및 첨단화 기술 개발 ○ 스마트 대중교통 실용화 추진을 위한 실증단지 구축 및 법·제도 정비
2. 연구개발 필요성	□ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현 ○ 스마트 대중교통의 효율적 운영을 위해서는 교통시스템의 특성을 고려한 실시간 수요/공급 상황에 대한 정확한 모사과정이 반드시 선행되어야 함 ○ 연구를 위한 기본 분석체계는 Agent-based dynamic simulation framework이 주를 이루게 되며, 각 시간대별 임의의 승객발생에 대한 수요방향성과 주변 교통상황을 모두 고려하는 병합 알고리즘이 필요함 ○ 또한, 운영대상으로 선정된 공간적 범위의 이용수요를 적절히 만족시킬 수 있는 차량규모선정과 이에 대한 실시간 배차 및 운영계획이 적절히 이루어져야 고정된 경로와 배차간격을 갖는 기존 교통수단보다 향상된 서비스를 제공할 수 있음 ○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가에 적합한 시뮬레이터 모듈을 오픈 플랫폼 상에서 개발하고, ABATA, TRIPS 외 국내 R&D 기술로 기 개발된 교통 시뮬레이터와 알고리즘의 인터페이스 기능을 부여하여, 분석 고도화 및 분석 단계 상세화 등 향후 사업화 모형은 S/W 개발자에 의해 쉽게 접근하여 비즈니스 모델 창출 및 시스템의 지속성을 고려한 설계가 필요 □ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 ○ 사전에 계획된 혹은 예약한 기종점 수요를 만족시키면서 무작위로 발생하는 다중 기종점에 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 알고리즘이 필요하지만, 최근 우버POOL 서비스 구현에서도 알 수 있었듯이 실시간 합승까지 고려한 수요응답형 서비스는 쉽지 않은 최적화 프로그램이기 때문에, 이러한 복잡한 수요를 대응할 수 있는 스마트 대중교통 운영최적화 전략 수립 및 첨단화 기술에 대한 개발이 필요함 ○ 스마트 대중교통의 자율주행 기능은 이동 자체에 대한 요구충족에 있어 현재 말단 통행 (First & Last mile)을 담당하는 택시, 마을버스 등과 차별성이 있다고 판단하기 어려움 ○ 기존 교통수단과의 차별성을 부여하기 위해서는, 이용자가 언제 어디에서든 스마트 대중교통을 편리하게 이용할 수 있도록 이용자 체감형 서비스를 마련하고 이용자 편의서비스 증진 기술을 개발하여 스마트 대중교통 실용화 및 생태계 구축을 위한 연구 및 기술 개발이 필요함 ○ 또한, 날씨, 혼잡도, 비용부담, 소요시간, 연계회수 등 다양한

승객의 통행행태 선호 속성에 대한 정보 수집과 첨단기술 기반의 자동호출기능 구현 등 스마트 대중교통 이용시스템 첨단화 기술을 구현하기 위한 기반 기술을 마련 할 필요가 있음

□ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비

○ 스마트 대중교통은 기존 교통수단의 정의하에서는 구분이 모호한 뉴모빌리티의 범주에 속하며, 이로 인해 궤도교통법, 자동차법 등 실증단지 구축과 실용화 사업을 위한 법과 제도에 대한 전반적인 정비방안이 마련되어야 함

○ 스마트 대중교통 도입 예상 지역에 대한 광범위한 지구 상세설계(안)과 통합요금체계 도입방안, 다양한 비즈니스 모델에 대한 전략적 검토를 통해 향후 실용화 사업 추진 방안을 다각도로 검토하여야 함

○ 아울러 향후 사업타당성 조사 등에서 통용될 수 있는 스마트 대중교통이 갖는 사회적 편익 항목에 대한 정략적인 분석방법 검토를 통해 최적 입지선정 및 사업성 검토에 기여할 수 있는 스마트 대중교통 사업 연계 비즈니스 모델이 자생할 수 있는 생태계 마련에 대한 연구가 선행되어야 함

3. 연구개발 내용

□ 3세부과제 : 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

□ 컨소시엄공모

S/W (8)

○ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현

- 스마트 대중교통 운용환경 평가 지수 개발
  · 차량, 인프라, 관제 연계 성능 평가 요소 도출
  · 스마트 대중교통 운용환경 평가 지표 개발
  · 실증단지 운영 평가 결과 도출 및 최적 운영 시나리오 제시
- Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 설계
  · Multi-Level 상용 시뮬레이션 성능 조사 및 인터페이스 검토
  · Multi-Level 통합 시뮬레이션 분석 체계 기본 개념 구상
  · 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 설계 (Multi-Level 통합 시뮬레이션 中 미시적 모형 부분)
- 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 핵심 알고리즘 개발
  · 자율주행 단계별 미시적 주행행태 모형
  · V2X 통신정보공유 기반 주행행태 모형
  · 주행 파라메터 정의 및 정산모형
- 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이터 개발
  · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 UI 설계
  · 오픈 소스 기반 스마트 대중교통 운영 시뮬레이션 구현 (알고리즘 및 평가 지수 적용)
  · 대중교통 운영 시뮬레이터 성능/정확도 검증
  · 차량, 관제 등 빅데이터 연계 시뮬레이션 시범 운영

	○ 실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술 S/W (7) - 실시간 수요 기반 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정 기술 · 실시간 Multi-OD 대응형 다중 경로 생성 기술 · 수단별/시간대별 Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 구현 기술 · 복합 교통네트워크내 실시간 최적 경로 선정 기술 - 다인 합승을 위한 멀티패스와 교통결절점 생성 기술 · 실시간 이용자 기종점 정보 융합 및 가공 기술 · 실시간 승하차 지점 선정 및 변경 기술 · 실시간 경로변경 및 관련 정보 생성 기술 - 실시간 실내외 위치 및 이용수단 연계 정보 생성 기술 · 실시간 이용자 위치 및 관련 교통시설 연계 기술 · 통행자 이용 예상 시간 추정 및 예측 기술 ○ 실증단지 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비 - - 관련 법 · 제도 · 정책적 요구사항 도출 및 정비방안 · 설계 및 건설 · 운영에 필요한 법 · 제도 정비방안 · 스마트모빌리티(소형 콜버스) 임시운행허가(안) 도출 연구 - 실용화를 위한 통합요금체계 전략 검토 · 통합요금체계 적용을 위한 적정 요금수준 분석 · 서비스 수준별 요금수준 민감도 분석 - 시범사업 수행방안 및 실용화전략 수립 · 시범사업 경제적 · 재무적 타당성 검토 · 시범사업지역 선정을 위한 기술적 정책적 검토 · 시범사업 수행을 위한 도입지역 인센티브 정책 검토 · 실용화 및 비즈니스 모델 검토 ※ 시범사업 대상지는 전문기관의 자문위원단에 의해 최종 선정
□ 분리공모	□ 전문가 자문협의 등을 통한 세부별 분리공모 검토 가능
4. 연구개발 추진방법	
	□ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립내용 ○ 1차년도 : 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 시스템 사양, 기본설계 ○ 2~3차년도 : 시뮬레이터 및 이용자 편의서비스 핵심 알고리즘 개발 ○ 4차년도 : 시뮬레이터 성능시험 및 검증 □ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 □ 기존 선행연구의 유무형 성과를 분석하여 중복성을 피하고 연계/활용방안을 제시할 것 □ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진 ○ 기업연구소, 정부출연 연구기관 및 연구수행기관에서 기존 보

	유하고 있는 시험연구장비 인프라의 활용을 유도함으로써, 연구장비에 대한 중복투자 방지 및 기존 국책사업을 통해 구축된 인프라의 활용도를 높이는 방향으로 연구를 추진 □ 정부 및 제작사, 부품사, 해외 유관기관 등과 유기적 협조체제 구축 ○ 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
5. 최종성과물	□ 스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 (S/W, 오픈 소스 방식) □ 수요 대응형 이용자 편의 기술을 포함한 App □ 법·제도 개정(안) □ 특허, 논문, 보고서 및 지침서 등
6. 기대효과 및 파급효과	□ 연구성과 활용방안 ○ 최초의 자율주행 기반 대중교통시스템 실증을 위한 운영 플랫폼을 개발함으로써 친환경적이고 효율적인 대중교통 중심의 교통체계 구축에 활용 ○ 대중교통을 이용하는 통행자의 특성을 충분히 반영하고 이를 충족시킬 수 있는 안전한 자율주행 대중교통시스템을 완성하기 위해서 필요한 분야별 첨단 기술과 이에 대한 연계기술 개발 및 구현을 통해 요소기술 뿐만 아니라 서비스 구현에 필요한 플랫폼 기술을 확보함으로써 국내 실증 모델 구축 및 해외시장 개척에 활용 □ 기대효과 및 파급효과 ○ 친환경 수단인 스마트 대중교통은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점으로 교통 분야의 기후협약 대응 선도 ○ 새로운 대중교통수단 개발로, 수요자 중심의 서비스 기능 구현을 통한 대중교통수단 패러다임 변화 선도 ○ 글로벌 경제매거진인 포브스(Forbes)에서는 자율주행차량을 이용하였을 때의 교통사고감소와 통행시간감소에 따른 비용절감효과에 대해 계략적으로 제시하였으며, 치명적인 충돌로 인한 중상사고로 3,170억 달러, 경상 및 대물피해로 인한 2,260억 달러, 시간 절약으로 인한 990억 원을 합한 총 6,420억 달러에 해당하는 사고 비용절감효과를 예상함
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2018.1 ~ 2021.12 (4년) - 1차년도 연구기간 : 2018.1 ~ 2018.12 (12개월) ○ 총 정부출연금 : 5,123백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 300백만원 * 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 * 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 * 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며 , 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고 하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 ○ 개발기술의 목표수준과 성과지표를 연구개발계획서에 명확히 제 시하고, 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 - 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시 - 제시한 성과지표에 교통물류연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 연구성과 활용계획 필히 제시 - 신청자는 연구성과 활용에 따른 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시 ○ 본 과제 평가기술 개발과 국제조화활동 연계방안, 관련 법령 제·개정시 활용계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것 ○ 테스트베드에 대한 연구개발 종료 후 국가차원 서비스 제공을 위한 구체적 방안을 제시할 것 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ※ 참여기업은 과제 종료 후 기술실시계약 체결 대상임 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 연구관리 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

제2절 공모조건

○ 필요에 따라 주관(협동)연구기관, 공동연구기관, 위탁연구기관 및 참여기업으로 편성된 컨소시엄으로 신청 가능

○ 과제 주요 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 “과제제안요구서(이하 ‘RFP’)”를 참조하여 작성

- 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 세부 연구내용을 일부 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시

※ 연구기간 및 정부출연금은 향후 선정평가 결과 및 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

○ 과제성격에 따라 다학제(多學制, multi-disciplinary)간 연구진 구성

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관의 공동연구 등 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함(국제협력 추진시 국토교통과학기술진흥원(이하 ‘진흥원’)에 해외 MOU 체결기관 문의 가능)

○ 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 유사과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·활용방안을 연구계획에 포함

※ 홈페이지(www.kaia.re.kr)의 지식/R&D현황 및 http://rndgate.ntis.go.kr 참조

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

○ 지식서비스 분야의 개발내용을 포함한 과제를 수행하는 중소기업 소속 연구원의 인건비는 현금 계상 가능

※「국토교통 연구개발사업 관리지침」별표3 지식서비스 분야 참고

- 해당 연구내용이 지식서비스 분야인지 여부를 선정평가 등을 통해 심층검토한 후, 해당될 경우 협약시 반영

○ 기타 본 공고 관련 일반사항은「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」(이하 “공동규정”),「국토교통부소관 연구개발사업 운영규정」(이하 “운영규정”)및「국토교통 연구개발사업 관리지침」(이하 “관리지침”)등 관련 규정을 따름

※ 홈페이지(www.kaia.re.kr) 참고(사업/국토교통R&D/규정서식)

○ 연구개발 핵심성과물 목록 및 핵심성과물 세부 설명 제시

- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

○ (해당시) 연구성과의 실용화 및 사업화 추진계획 필히 제시

- 신청자는 연구성과의 실용화·사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시

- 신청자는 Pilot Test-Bed 또는 Test-Bed 등을 통한 연구성과의 실용성 검증 및 사업화 추진계획을 필히 제시

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고 과제추진 시 역할(자료·기술 조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며, 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

제3절 선정평가 방법

1. 선정평가 절차 및 기준

가. 평가절차

평가절차	평가방법 및 내용
신청서류 접수 및 사전검토.보완조치	○ 신청기관 : 연구개발계획서 등 신청서류 접수 ○ 진 흥 원 : RFP와의 부합성, 신청자격 및 신청서류 적합성 등 검토
평가위원회 평가 (발표평가)	○ 발표평가 : 연구제안의 충실도, 추진전략의 구체성 등에 대한 평가(100점 만점) * 발표자료(PPT 등)는 40페이지 이내로 제한(표지, 목차 등을 포함하여 40페이지를 초과하는 분량은 제외하고 평가위원회 배포)
평가결과 통보 및 협약체결	○ 신청기관에 선정평가 결과 통보 ○ 선정된 주관연구기관과 협약체결

나. 평가항목

❍ 총점은 100점이며, 총점이 60점 미만인 경우에는 탈락

❍ 일반과제(100점)

기준항목	세부평가항목	배점
연구개발 목표(20점)	최종 목표/성과목표의 명확성, 타당성, 창의성	10
	연차별 연구목표/성과목표(지표) 설정의 적절성, 구체성	10
연구개발 내용(20점)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
	목표달성을 위한 연구내용, 예상성과의 적절성 및 실현가능성	5
	세부과제 구성의 타당성 및 연계성	5
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
추진전략 및 계획 (30점)	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	10
	연구수행체계 구성의 타당성 및 연구진의 전문성	10
	연구기관의 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	10
활용방안 및 실용화 가능성(20점)	연구성과 활용 시나리오의 적절성 및 구체성	5
	연구성과 실용화 및 정책제안 가능성	10
	개발 기술의 기대성과(기술적/경제적) 및 파급효과	5
연구책임자의 연구수행역량 (10점)	연구역량(관련분야 연구경험) 및 관리능력	5
	연구윤리 수준	5
소계		**100**

부합성 평가	평가위원 과반수가 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수가 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치
보안등급 분류 적정성 평가	보안등급 분류의 적정성을 검토하고 그 결과를 반영하여 보안등급 결정 * 관련 : 공동규정 제24조의5 제2항, 운영규정 제19조 제2항 제5호

○ 연구단 과제(100점)

기준항목	세부평가항목	점수
연구개발목표 (20점)	최종 연구목표/성과목표의 명확성, 타당성, 창의성	10
	단계/연차별 연구목표/성과목표(지표) 설정의 명확성, 구체성	10
연구개발 내용 (20점)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
	목표달성을 위한 연구내용, 예상성과의 적절성 및 실현가능성	5
	세부과제 구성의 타당성 및 연계성	5
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
추진전략 및 계획 (20점)	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	10
	연구수행체계 구성의 타당성(적정기관수, 산학연 구성 등) 및 연구진의 전문성	5
	연구기관의 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	5
활용방안 및 실용화(정책제안) 가능성 (20점)	연구성과 활용 시나리오의 적절성 및 구체성	5
	연구성과 실용화 및 정책제안 가능성	10
	개발 기술의 기대성과(기술적/경제적) 및 파급효과	5
연구단장의 연구수행역량 (20점)	해당분야 연구 및 프로젝트 수행 실적	5
	연구과제 기획 경험 및 능력	5
	연구과제 관리 경험 및 능력	5
	연구윤리 수준	5
소계		**100**

부합성 평가	평가위원 과반수가 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수가 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치
보안등급 분류 적정성 평가	보안등급 분류의 적정성을 검토하고 그 결과를 반영하여 보안등급 결정 * 관련 : 공동규정 제24조의5 제2항, 운영규정 제19조 제2항 제5호

※ 상기 기준항목(평가항목) 및 배점 기준은 추후 선정평가 계획 수립·통보시 변경될 수 있으며 변경시 신청기관에 공지하여 변경된 기준항목 및 배점 등으로 선정평가 진행 예정

다. 평가점수 산정 방법

○ 평가위원회 평가위원의 평가점수 중 최고점수와 최저점수를 부여한 각 1인의 점수를 제외한 나머지 평가점수의 합을 산술평균하여, 평가위원회 평가점수 산정

○ 가점 및 감점은 평가위원회 평가점수에 부여하여, 종합평가점수 산정

- 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 경우, 가점 및 감점 부여없이 ‘탈락’ 처리

○ 종합평가점수가 가장 높은 기관을 선정

- 종합평가점수가 동점일 경우, ① 평가위원회 평가점수가 높은 순, ② 총 연구개발비에 대한 신청기관의 기업부담금(현금) 부담비율이 높은 순으로 선정

라. 가점 및 감점기준

○ 관리지침 제17조(가점 및 감점 기준)에 따라 가점 및 감점 부여

○ 가점 및 감점은 평가위원회 개최 전까지 제출된 자료를 근거로 평가위원회 평가점수(발표평가시 획득점수)에 합산하되, 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 기관에 대하여는 부여하지 않음

< 가점 및 감점 기준 >

구분	내 용
평가결과 등에 따른 가·감점	○ 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정평가점수의 2% 가점 ○ 최종평가결과 최하위등급(상대평가 시 하위 10% 등급, 절대평가시 만점의 50% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 선정평가점수의 2% 감점 ○ 최종평가결과 하위등급(상대평가 시 하위 30% 등급, 절대평가시 만점의 60% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정평가점수의 1% 감점
	○ 추적평가 결과, 최우수등급(상대평가 시 만점의 80%이상으로서 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 추적평가 후 2년간 선정평가점수의 2% 가점
논문실적에 따른 가점	1. ○ 최근 3년 이내에 국내외 과학기술논문색인지수(Science Citation Index) 논문에 기고한 실적이 있는 자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점
보안과제 수행에 따른 가점	2. ○ 최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점
국제공동연구에 따른 가점	3. ○ 국제공동연구 중 외국의 정부·법인·단체 또는 개인이 연구개발비의 일부를 부담하는 경우, 선정 평가점수의 1% 가점
기술실적에 따른 가점	4. ○ 최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상이거나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점
연구성과 포상에 따른 가점	○ 최근 3년 이내에 공동관리규정 제17조제9항에 따라 포상을 받은 자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점 ○ 최근 3년 이내에 과학기술 분야의 훈장, 포장, 대통령 표창 또는 대통령상을 수상한 연구자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우, 선정 평가점수의 1퍼센트 가점
신기술 또는 녹색인증에 따른 가점	○ 최근 2년 이내에 「건설기술 진흥법」 제14조에 따른 건설신기술 또는 「국가통합교통체계효율화법」 제102조에 따른 교통신기술을 받은 중소·중견기업이 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점 ○ 최근 2년 이내에 국토교통부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구자 및 연구기관이 관련 녹색기술로 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점
연구부정행위에 따른 감점	○ 최근 3년 이내에 공동관리규정 제31조제3항에 따라 연구부정행위로 판단되어 협약이 해약된 연구개발과제의 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 4% 감점
협약 또는 연구 포기에 따른 감점	5. ○ 연구개발과제 선정 후 정당한 사유없이 협약을 포기하거나, 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 연구책임자나 기업이 협약 또는 연구 포기 후 3년내 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 2% 감점
기업의 연구참여에 따른 가점	○ 중소기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우로서 - 중소기업의 참여율이 1% 이상 ~ 20% 미만 : 선정평가점수의 2% - 중소기업의 참여율이 20% 이상 ~ 50% 미만 : 선정평가점수의 2.5% - 중소기업의 참여율이 50% 이상 : 선정평가점수의 3% * 참여율 = (해당 제안과제의 중소기업 배정 정부출연금 합계 / 해당과제 총정부출연금) × 100% ○ 중소기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하지 않고, - 중견기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1.5% - 대기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1%
산업기술연구조합에 대한 가점	○ 산업기술연구조합이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1%
기 타	○「하도급거래 공정화에 관한 법률」을 최근 3년 이내에 상습적으로 위반한 기업이 연구개발과제를 신청한 경우에 그러한 위반 사실이 같은 법 제26조에 따른 공정거래위원회로부터 관계 행정기관의 장에의 통보 등을 통하여 확인될 경우 ,선정평가점수의 2% 감점

2. 세부과제별 성과목표 및 성과지표

○ (1세부) 자율주행기반 상용 및 대중교통시스템 핵심기술 개발

<표 6-1> 1세부 성과목표 및 성과지표

세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
1-1	자율주행 스마트 대중교통 차량주행제어 기술 개발	◦ 스마트 대중교통 제어 핵심모듈 구현 ◦ 도심 내 자율주행기반 주행 가능속도 : 50km ◦ HMI 및 시스템 체계 확립 ◦ 센터관제 및 네비게이션 주행정보기반 제어 모듈 설계 기술 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	자율주행 대중교통 차량주행제어기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 차량주행제어모듈 제작
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.3	자율주행 대중교통 차량주행제어
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.1	주행제어 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	1	0.2	소프트웨어 개발
1-2	수송성능 향상을 위한 차량 핵심부품의 국산화 및 고도화	◦ 조향 및 제동장치 이중화 구현 ◦ 스마트 대중교통 차량을 위한 에너지 흡수부 기술 구축 ◦ 융합형 에너지 매체 구현 기술 확립 ◦ 에너지 저감형 추진시스템 기술 구축 ◦ 1충전 주행거리 : 15km	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	자율주행 대중교통 차량 성능향상기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 수송성능 향상기술
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.3	자율주행 대중교통 차량 핵심부품 제작
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.2	차량 핵심부품 고도화 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	-	-	-
1-3	C-IPTS 자율주행버스 (중·대형)의 자율주행기술 개발	◦ 친환경 자율주행버스 운행 구현 ◦ 관제시스템 기반 자율주행버스 제어기술개발	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	-	-	-
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	자율주행 제어 핵심알고리즘
			3	시작품	시작품 제작	건	2	0.4	친환경 자율주행버스 및 일반도로 주행용 미니트램 개조차량
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	1	0.2	소프트웨어 개발

❍ (2세부) 공유형 대중교통 관제시스템 및 지능형 인프라 연계 기술 개발

<표 6-2> 2세부 성과목표 및 성과지표

세세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
2-1	C-IPTS 스마트 대중교통 관제센터 구축 기술	◦ 스마트 대중교통과 C-IPTS를 통한 빅데이터/기계학습 활용 기술 구축 - 평균 검출 정확도 (mAP) : 0.6 이상	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.2	운행제어기술을 논문으로 게재
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.2	자율주행 대중교통 운행제어기술
			3	시작품	시작품 제작	건	2	0.3	자율주행 대중교통 관제센터 프로그램 모듈 제작
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.1	관제센터 정보연동 관련 지침서
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-2	자율주행을 위한 C-IPTS 디지털 인프라 기술 개발	◦ 정적/동적 DB 및 대중교통상황정보 DB 구축 기술 - DB 응답 속도 : 기존대비 50% 향상 ◦ 자율주행대중교통 디지털 인프라 유지관리 및 모니터링 기준 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.4	대중교통전용 인프라 확장기술 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	대중교통전용 인프라 확장기술 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.2	디지털 인프라 유지관리 기준
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-3	실시간 모니터링 및 신뢰성 평가 기술 개발	◦ 실시간 신뢰성 평가 알고리즘 및 유지보수 정책 최적화 알고리즘 개발 - 신뢰성 평가 속도 : 기존대비 50% 향상 ◦ 실시간 모니터링 평가 시뮬레이션 알고리즘 및 On-Off 통합 유지보수 전문가 시스템	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.4	실시간 신뢰성 평가 기술
			2	지식재산권	특허출원	건	2	0.4	신뢰성 기반 유지보수 전문가 시스템 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	2	0.2	소프트웨어 개발
2-4	도입 기준 및 시범사업 추진 방안 연구	-	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	-	-	-
			2	지식재산권	특허출원	건	-	-	-
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	2	1.0	C-ITS 서비스를 위한 기술 및 설비 기준

❍ (3세부) 사용자 중심 시스템 평가 및 운용환경 구축 기술 개발

<표 6-3> 3세부 성과목표 및 성과지표

세세부	성과목표	성과 지표							
		질적성과	양적 성과						
			성과지표		측정방법	단위	목표	가중치 (0-1)	목표치 설정근거
3-1	스마트 대중교통 운영 효율성 평가 시뮬레이터 구현	◦ 스마트 대중교통 운행 평가 시뮬레이션 프로토타입 개발 ◦ 스마트 대중교통 운영 시스템 구축 및 분석 정밀도 확보(기존 대비 50% 이상)	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	4	0.2	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	1	0.1	알고리즘 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	1	0.2	시뮬레이션 개발 (오픈 소스)
			4	기본/ 실시설계	관련 문서 작성	건	2	0.3	설계서
			5	SW 개발	SW 등록	건	3	0.2	소프트웨어 개발
3-2	실시간 수요 대응형 스마트 대중교통 이용자 편의 서비스 첨단화 기술	◦ 최적주행경로(다중차선) 알고리즘 기술 구축 - 알고리즘 탐색 속도 향상 (1분 이내) ◦ 스마트 대중교통 가상 정류장 모듈 설계기술 구축 ◦ 이용자 중심의 정보 생성 기술 개발	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	4	0.4	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	1	0.4	알고리즘 개발
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	App 개발
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	-	-	-
			5	SW 개발	SW 등록	건	3	0.2	소프트웨어 개발
3-3	실증단지 (Living Lab) 구축 및 실용화 추진을 위한 법·제도 정비	◦ 법제도 개선을 통한 실용화 촉진 전략 제시 ◦ 실증단지 구축을 위한 실용화 기술 확립	1	논문	학술지 게재·발표 (국내·외)	편	2	0.5	알고리즘 개발
			2	지식재산권	특허출원	건	-	-	-
			3	시작품	시작품 제작	건	-	-	-
			4	평가기술 (지침/기준)	관련 문서 작성	건	1	0.5	법 개정(안)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안됩니다.

ISBN 979-11-88058-35-8