16RDPP
-C1196
57-01

대용량BRT자동운전및전기동력시스템실증연구기획 최종보고서

2017

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Planning of Infrastructure and Transportation R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통연구기획사업 제1차 연도 최종보고서

R&D /
16RDPP-C119657-01

대용량 BRT 자동운전 및 전기동력 시스템 실증연구 기획 최종보고서

2017. 10. 18.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / (주)우진산전
위탁연구기관 / 아주대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘대용량 BRT 자동운전 및 전기동력 시스템 실증연구 기획’(연구개발 기간 : 2016.08.30 ~ 2017.07.29) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017 . 10 . 18 .

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원 (원장 직무대행) 양 근 율 (인)

공동연구기관명 : (주)우진산전 (대표자) 김 상 용 (인)

위탁연구기관명 : 아주대학교 산학협력단 (대표자) 최 경 희 (인)

주관연구기관책임자: 윤 혁 진
공동연구기관책임자: 이 종 화
위탁연구기관책임자: 윤 일 수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16RDPP-C119657-01</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2016. 08. 30 -
2017. 07. 29</td><td>단계구분</td><td>최종</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">대용량 BRT 자동운전 및 전기동력 시스템 실증연구 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">윤 혁 진</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 28 명
내부: 28 명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 80,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 80,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 28 명
내부: 28 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 80,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 80,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원 ICT융합신기술연구팀</td><td colspan="3">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명: 아주대학교 산학협력단</td><td colspan="3">연구책임자: 윤 일 수</td></tr>
<tr><td colspan="3">○ 대용량 BRT의 자동주행 핵심기술개발 및 시스템 통합 실증연구기획
○ 다양한 전기동력의 대용량 BRT 차량기술 개발 및 시스템 통합 실증연구 기획R&D성과 연계형 실용화사업 계획수립을 위한 기획</td><td colspan="3">보고서 면수 : 330</td></tr>
</table>

4. 국문 요약문

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td colspan="5">○ 대용량 BRT의 자동주행 및 친환경 BRT 차량기술 개발, 실용화 사업을 위한 실증연구 기획</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="5">○ 단계별 기획과제를 통한 최적의 R&D 전략 수립
○ 산학연으로 구성된 최고의 전문가 중심의 기획위원회 구성을 통한 차세대 대용량 BRT 과제 도출 및 우선순위선정
○ 대중교통수단에 자동주행을 적용하는 실질적 기술대안 제시</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">○ 대용량 BRT 자동주행 및 전기동력 시스템 실증연구 RFP 제시를 통한 향후 과제 공모에 활용
○ 연구개발 사전타당성 조사를 통한 R&D 기획, 예산확보, 추진 등에 활용
○ 수요에 기반한 가변적 운행시격, 정시정차, 교통약자를 배려하는 승하차 편의성 확보</td></tr>
<tr><td>핵심어
(5개 이내)</td><td>BRT</td><td>자동주행</td><td>전기동력</td><td>대중교통</td><td>무인이동체</td></tr>
</table>

5. 영문 요약문

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ Empirical study planning for autonomous driving, environment friendly vehicle technologies and practical use of the high-occupancy BRT(Bimodal tram)				
Results	○ Optimal R&D strategy through a step by step project planning ○ Drawing next generation of high occupancy BRT project and priority setting through planning committee comprised of leading experts in industry, university and research institute. ○ Propose the practical technology to apply the autonomous vehicle to the public transportation				
Expected Contribution	○ Applying next project by proposing RFP of empirical study for the autonomous driving and electric power system of the high-occupancy BRT ○ R&D planning, setting and carrying out the budget through R&D feasibility study ○ On-demand driving interval, a stop at the scheduled time, improvement of user convenience for the mobility handicapped				
Keywords	Bimodal tram	Autonomous driving	Electric traction	Public Transportation	Unmaned vehicle

목차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

제1절 기술의 정의 및 분류체계 ····· 1

1. 자동주행 개념 정립 ····· 1
2. BRT 자동주행 기술분류 ····· 4
3. 대용량 BRT 차량 및 전기동력 시스템 개념 정립 ····· 8

제2절 기술개발의 필요성 ····· 12

1. 기획연구의 시급성 및 중요도 ····· 12
2. 정부지원의 필요성 ····· 16

제2장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 18

제1절 국내외 시장현황 및 기술동향 ····· 18

1. BRT 자동주행 기술관련 시장현황 및 전망 ····· 18
2. BRT 자동주행 기술개발 동향 ····· 22
3. 자동주행 시스템 기술동향 ····· 32
4. 자동주행 BRT의 승객안전성 및 편의성 확보 기술동향 ····· 48
5. BRT 차량의 전기동력 시스템 기술관련 시장현황 및 기술동향 ····· 62
6. 대용량 BRT 차량 내구성 평가 기술 및 안전 인증 기술 현황 ····· 82
7. 대용량 BRT 및 자동주행 법제도 검토 ····· 88
8. 스마트 관제 시스템 기술 동향 ····· 98

제2절 3P(특허, 표준화, 논문) 분석 ····· 109

1. BRT 자동주행 특허 및 논문 동향 ····· 109
2. 대용량 BRT 전기동력 차량 기술의 특허 및 논문 동향 ····· 123
3. 자동주행 기술관련 표준화 동향 ····· 134

제3절 국내 연구개발 인프라 분석 ····· 144

1. 연구개발 비용 ····· 144
2. 연구 현황 ····· 147
3. BRT 자동주행의 잠재적 수요처의 도로시설 인프라 현황 ····· 149

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 160

제1절 비전 및 목표 ····· 160

1. SWOT 분석 ····· 160
2. 연구비전 및 목표 ····· 162

제2절 기술개발에 따른 미래상 ····· 164

1. 기술 예측 전망 ····· 164
2. 대용량 BRT 자동주행의 미래상(As-is Vs To-be) ····· 166
3. 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량의 미래상(As-is Vs To-be) ····· 168
4. 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발의 미래상(As-is Vs To-be) ····· 170

제3절 연구개발 과제구성 ····· 172
1. 후보과제 도출 ····· 172
2. 우선순위 도출 ····· 184
3. 중점추진과제 선정 ····· 188
4. 과제구성 ····· 190
제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 209
1. 세부과제별 주요내용 ····· 209
2. 과제 추진전략 ····· 213
제5절 연구추진체계 ····· 214
제6절 기술/성과 로드맵 ····· 216
1. 총괄기술성과 로드맵 ····· 216
2. 대용량 BRT의 자동주행시스템 성과 로드맵 ····· 217
3. 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술성과 로드맵 ····· 219
4. 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술성과 로드맵 ····· 221

제4장 자원투입 계획 ····· 223

제1절 연구시설 및 장비 투입계획 ····· 223
제2절 인력투입계획 ····· 226
제3절 소요예산 투입계획 ····· 227
1. 소요예산 산정방법 ····· 227
2. 세부과제별 소요예산 ····· 227
제4절 타당성 검토 ····· 240
1. 정책적 타당성 검토 ····· 240
2. 기술적 타당성 검토 ····· 252
3. 경제적 타당성 검토 ····· 254

제5장 과제공모 방안 ····· 269

제1절 과제제안 요구서 ····· 269
1. (연구단) 총괄 RFP ····· 269
2. (연구단) 세부 과제별 RFP ····· 281
3. (일반과제) 총괄 RFP ····· 307
제2절 공모조건 ····· 313
제3절 선정평가 방법 ····· 315
1. 선정평가 절차 및 기준 ····· 315
2. 세부과제별 성과목표 및 성과지표 ····· 319

참고문헌

별첨. 기획과제 참여 전문가 리스트

그림목차

<그림 1-1-1> 대용량 BRT 차량의 예 ····· 8
<그림 1-1-2> 대중교통체계별 기능 ····· 9
<그림 1-1-3> 대용량 BRT 차량의 도입 영역 ····· 9
<그림 1-1-4> 구동축전지를 장착한 버스의 구조 ····· 10
<그림 1-1-5> 수소연료전지의 전기 생산 원리 ····· 10
<그림 1-1-6> 수소연료전지 버스의 구조 ····· 11
<그림 1-1-7> 대용량 BRT 차량의 전기동력 시스템 ····· 11
<그림 1-2-1> 기술레벨에 따른 구현시기 ····· 14
<그림 1-2-2> 자동차분야 10대 유망기술 ····· 17
<그림 2-1-1> 세계 자율주행차 판매 전망 ····· 18
<그림 2-1-2> 자율주행 자동차의 비율 ····· 20
<그림 2-1-3> 글로벌 전기버스 시장 전망 ····· 21
<그림 2-1-4> Olli 버스 실내외 전경 ····· 22
<그림 2-1-5> AC Transit의 자동주행차 ····· 23
<그림 2-1-6> PATH Project ····· 23
<그림 2-1-7> Future Bus 실내외 전경 ····· 24
<그림 2-1-8> Future Bus에 적용된 주요 자동주행 기술 ····· 25
<그림 2-1-9> WEpod의 주요기술 ····· 26
<그림 2-1-10> WEpod 버스 실내외 전경 ····· 26
<그림 2-1-11> 네덜란드 Phileas 차량 ····· 28
<그림 2-1-12> Robot Shuttle 실내외 전경 ····· 29
<그림 2-1-13>장애인 이용 및 긴급제동버튼과 지붕에 탑재된 dGPS와 안테나 센서 ····· 29
<그림 2-1-14> 바이모달 트램 ····· 30
<그림 2-1-15> 자동운전 제어구조 ····· 30
<그림 2-1-16> 바이모달 트램 자동운전 장치 구성 ····· 30
<그림 2-1-17> 자동운전시스템의 신호인터페이스 구조 ····· 30
<그림 2-1-18> 밀양시험선 자동운전 시연모습 ····· 31
<그림 2-1-19> 자동운전시 기준경로와 실 주행 위치궤적 ····· 31
<그림 2-1-20> 정거장 정밀정차 ····· 31
<그림 2-1-21> 자동주행 차량 개발 협력 관계도 ····· 32
<그림 2-1-22> 자동주행 차량 센서 ····· 33
<그림 2-1-23> Lidar 센서 비교 (Delphi) ····· 34
<그림 2-1-24> 자동주행 차량 센서 범위 (Texas Instruments) ····· 34
<그림 2-1-25> 자동주행을 위해 필요한 센서 ····· 34
<그림 2-1-26> 차량 내 ECU 구성 예시 ····· 35
<그림 2-1-27> 자동주행 차량 내 ECU 예시 ····· 36
<그림 2-1-28> 자동주행 차량 오토사 기반 소프트웨어와 ECU 예시 ····· 36
<그림 2-1-29> 지능형 액추에이터 예시 ····· 37
<그림 2-1-30> 이미지넷 대회 결과 ····· 38
<그림 2-1-31> 컨볼루션 뉴럴 네트워크 예시 ····· 38
<그림 2-1-32> 컨볼루션 뉴럴 네트워크를 활용한 인식 결과 ····· 39

<그림 2-1-33> RNN, LSTM 예시 ····· 39
<그림 2-1-34> GPU의 발전으로 인한 병렬처리 하드웨어 성능의 향상 ····· 40
<그림 2-1-35> Multi-modal을 이용한 학습 ····· 41
<그림 2-1-36> 3D Map ····· 41
<그림 2-1-37> 스탠포드 대학교 시뮬레이터 및 제어권 이양 시나리오 예시 ····· 42
<그림 2-1-38> 콘티넨탈사의 총체적 HMI(위) 덴소사의 안면인식기술(아래) ····· 43
<그림 2-1-39> (a) 국내 대학에서 구축된 HMI 시뮬레이터 (b) 시뮬레이션 시나리오 ····· 43
<그림 2-1-40> 유럽 NCAP 2020 아웃룩 ····· 44
<그림 2-1-41> 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC)의 시스템 구성도 ····· 45
<그림 2-1-42> 차선유지지원시스템 ····· 45
<그림 2-1-43> 자동주행 5대 시나리오 (산업통상자원부) ····· 46
<그림 2-1-44> BMW 7-series와 Au야 Q7 차량에 탑재되어 있는 자동주행 기술 예시 ····· 46
<그림 2-1-45> 열차 무인운전 시스템의 원리 ····· 48
<그림 2-1-46> 출입문 자동감시 관련 특허 기술 ····· 48
<그림 2-1-47> 버스 안내문 및 안전시설 현황 ····· 49
<그림 2-1-48> 야간 하차조명 설치방법 ····· 49
<그림 2-1-49> 상용차용 승하차 보호시스템 ····· 50
<그림 2-1-50> precision docking 구성요소 (MGW / BGS / DAS) ····· 50
<그림 2-1-51> 도로 인프라 손상으로 인한 자동주행 차량 운행의 한계 사례 ····· 52
<그림 2-1-52> 콘크리트 포장 기술 현황 ····· 53
<그림 2-1-53> 아스팔트 포장기술 현황 ····· 53
<그림 2-1-54> 요철노면표시 및 차선형 발광도료 시공사례 ····· 55
<그림 2-1-55> 야광차선 및 능동형 노면표시사례 ····· 56
<그림 2-1-56> LA에 설치될 새로운 버스 정류장 모형 ····· 56
<그림 2-1-57> 브라질 쿠리치바의 버스 정류장 ····· 57
<그림 2-1-58> 슬로베니아 수도 류블랴나의 버스정류장 ····· 57
<그림 2-1-59> Studio Mango社의 ATC Solar Curve ····· 57
<그림 2-1-60> 송내환승센터 시설 개선 전(좌)과 후(우) 비교 ····· 58
<그림 2-1-61> 바이모달트램 모듈화 정거장 개념도 ····· 59
<그림 2-1-62> 보쉬의 전지 기술 전망 ····· 62
<그림 2-1-63> 차세대 배터리 후보 ····· 63
<그림 2-1-64> 차세대 전지 관련 특허 출원 건수(2002~2011년) ····· 64
<그림 2-1-65> 도요타의 차세대 전지 관련 특허 비중 ····· 64
<그림 2-1-66> 플러그 인 타입의 자동차의 구조 ····· 66
<그림 2-1-67> 플러그 인 전기버스 ····· 66
<그림 2-1-68> 상부 배터리 자동교환 전기버스 ····· 67
<그림 2-1-69> 무선충전 전기버스와 원리 ····· 67
<그림 2-1-70> 무선충전 전기버스 ····· 68
<그림 2-1-71> 판타그래프식 충전기와 버스의 구조 ····· 68
<그림 2-1-72> Fraunhofer社의 전기버스 충전 사진 ····· 69
<그림 2-1-73> Proterra社의 전기버스와 충전장치 ····· 70
<그림 2-1-74> Proterra社의 전기버스 집전장치 ····· 70
<그림 2-1-75> ABB社의 전기버스 집전장치 ····· 71

<그림 2-1-76> PVI社의 전기버스 집전장치 ····· 71
<그림 2-1-77> Siemens社의 자동충전장치 ····· 71
<그림 2-1-78> 현대자동차㈜社의 전기버스 조감도 ····· 74
<그림 2-1-79> 현대자동차㈜社의 휠모터 전기버스와 기술 개략도 ····· 74
<그림 2-1-80> ㈜티지엠社의 e-PRIMUS(Plug-in) ····· 74
<그림 2-1-81> ㈜티지엠社의 e-FIBIRD(Plug-in) ····· 75
<그림 2-1-82> 대우버스㈜社의 NEW BS110 OLEV ····· 76
<그림 2-1-83> 현대자동차㈜社의 2세대 연료전지버스 ····· 78
<그림 2-1-84> 토요타社의 연료전지버스 ····· 80
<그림 2-1-85> 국내 정부의 충전소 인프라 확충 계획 ····· 80
<그림 2-1-86> PG 주행코스 예시 ····· 82
<그림 2-1-87> 계측 장비 (KYOWA사 EDX-200A) ····· 83
<그림 2-1-88> BODY용 Strain Gages ····· 83
<그림 2-1-89> FRAME 용 Strain Gages ····· 83
<그림 2-1-90> 피로도해석 플로우 차트 ····· 84
<그림 2-1-91> 자동주행 차량 입법 현황(미국) ····· 94
<그림 2-1-92> 철도교통관제 업무흐름도 ····· 100
<그림 2-1-93> 해상교통관제 ····· 102
<그림 2-1-94> Dubai Jebel Ali Terminal3 3차원관제 ····· 102
<그림 2-1-95> IntelliDrive 프로젝트 ····· 104
<그림 2-1-96> 도요타의 빅데이터 활용사례 ····· 108
<그림 2-2-1> 자동주행차량 관련 글로벌 특허 출원 추이 ····· 112
<그림 2-2-2> 자동주행차량 관련 글로벌 특허 출원 추이 ····· 113
<그림 2-2-3> 세부 기술별 특허출원 동향 ····· 114
<그림 2-2-4> 세부 기술내 세세부 기술의 비중 ····· 115
<그림 2-2-5> 기술별 출원국비중 ····· 116
<그림 2-2-6> 주요출원인별 기술 ····· 116
<그림 2-2-7> 출원년도 및 국가별 출원 ····· 125
<그림 2-2-8> 세부 기술별 특허출원 동향 ····· 125
<그림 2-2-9> 주요 출원인 동향 ····· 126
<그림 2-2-10> 국가별 기술 분포 ····· 126
<그림 2-2-11> 국가별 출원건수 및 시장확보지수 ····· 127
<그림 2-2-12> 국가별 인용도지수 ····· 127
<그림 2-2-13> 국가별 영향력지수 및 기술력지수 ····· 128
<그림 2-2-14> Text mining의 특허 등고선 지도 ····· 129
<그림 2-2-15> 핵심기술의 특허 등고선 지도 ····· 129
<그림 2-2-16> 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널 ····· 132
<그림 2-2-17> 기존 ITS와 C-ITS의 비교 ····· 134
<그림 2-2-18> 스마트 안전 차량 기술의 발전 ····· 137
<그림 2-2-19> ITS구축계획2020 ····· 139
<그림 2-2-20> 차량과 인프라간의 기술 체인 ····· 142
<그림 2-3-1> 자율주행차량 연구비 현황 ····· 144
<그림 2-3-2> 연구개발단계별 비용 현황 ····· 145

<그림 2-3-3> 연구수행주체별 비용 현황 ····· 145
<그림 2-3-4> 지역별 비용 현황 ····· 146
<그림 2-3-5> 참여 인력 수 ····· 147
<그림 2-3-6> 청라국제도시 신교통수단 예정 노선 ····· 149
<그림 2-3-7> 청라국제도시 신교통수단 운행 개요 ····· 150
<그림 2-3-8> 청라국제도시 신교통수단 기반 시설 ····· 150
<그림 2-3-9> 세종시 구축사업 ····· 151
<그림 2-3-10> 행정도시 ~ 대전유성 도로확장 구축사업 ····· 151
<그림 2-3-11> 대전시 2호선 노선도 ····· 152
<그림 2-3-12> 경북 도청신도시 예정 순환노선도 ····· 153
<그림 2-3-13> 동대구역 환승센터 개발안 ····· 154
<그림 3-1-1> SWOT 분석 ····· 160
<그림 3-1-2> SWOT 분석 기반의 추진전략 ····· 161
<그림 3-1-3> 연구개발 과제의 목표 ····· 162
<그림 3-2-1> 자동주행 차량 요구 기술 ····· 164
<그림 3-2-2> 자동주행 차량 세부기술의 연관도 ····· 165
<그림 3-2-3> 대용량 BRT 자동주행시스템의 미래상 ····· 166
<그림 3-2-4> BRT 자동주행을 위한 인식/판단기술의 미래상 ····· 166
<그림 3-2-5> 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보기술의 미래상 ····· 167
<그림 3-2-6> 순수전기동력 대용량 BRT의 미래상 ····· 168
<그림 3-2-7> 친환경 순수전기동력방식의 미래상 ····· 168
<그림 3-2-8> BRT 자동주행 액추에이터 및 제어시스템의 미래상 ····· 169
<그림 3-2-9> 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기의 미래상 ····· 169
<그림 3-2-10> 스마트 관제시스템 기술의 미래상 ····· 170
<그림 3-2-11> 대용량 BRT 관제서비스 기술의 미래상 ····· 170
<그림 3-2-12> V2X기반 자동주행 BRT 통신 기술의 미래상 ····· 171
<그림 3-5-1> 연구단과제 연구추진체계도 ····· 215
<그림 3-5-2> 일반과제 연구추진체계도 ····· 215
<그림 3-6-1> 총괄 로드맵 ····· 216
<그림 3-6-3> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 기술의 단계별 로드맵 ····· 220
<그림 3-6-4> 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 단계별 로드맵 ····· 222
<그림 4-1-1> 지능형 자동차 부품시험장 구조 ····· 223
<그림 4-1-2> 현재 시공중인 K-City 조감도 ····· 224
<그림 4-4-1> 자율주행 시험이 가능한 States ····· 242
<그림 4-4-2> 캘리포니아주 자율주행차 관련 주요내용 ····· 242
<그림 4-4-3> EPoSS, ERTRAC 보고서 ····· 243
<그림 4-4-4> 정부 자율주행 상용화 추진 로드맵 ····· 248
<그림 4-4-5> 수도권 PM 배출기여도 및 배출량 ····· 251
<그림 4-4-6> 세종특별자치시 BRT 990번 노선도 ····· 256

표 목차

<표 1-1-1> 자율주행의 단계 ··· 2
<표 1-1-2> 자동주행 유사개념의 비교 ··· 3
<표 1-1-3> 자동주행 인지 구현 기술 및 사례 ··· 4
<표 1-1-4> 자동주행 제어기술 ··· 4
<표 1-1-5> 버스의 특수성을 고려한 자동주행차량기술 적용 예 ··· 5
<표 1-1-6> 무선네트워킹 방식 구분 ··· 5
<표 1-1-7> WAVE 성능목표 ··· 6
<표 1-1-8> V2X 구현을 위한 구체적인 기술 ··· 6
<표 1-1-9> 자동주행을 위한 도로시설기술 ··· 7
<표 1-2-1> 국외 자동주행 대중교통 사례 ··· 12
<표 2-1-1> 주요 시장조사기관의 자율주행차 시장전망 ··· 19
<표 2-1-2> 부분 자율주행자동차 시장전망 ··· 19
<표 2-1-3> 올리(Olli) 기술수준 ··· 22
<표 2-1-4> 퓨쳐버스(Future Bus) 기술수준 ··· 24
<표 2-1-5> 위팟(WEpod) 기술수준 ··· 25
<표 2-1-6> 안전사례의 주요 기본요소 ··· 27
<표 2-1-7> 아르마(ARMA) 기술수준 ··· 27
<표 2-1-8> 로봇셔틀(Robot Shuttle) 기술수준 ··· 28
<표 2-1-9> 자동주행 차량의 센서 특징 ··· 33
<표 2-1-10> Precision Docking의 주요기술 ··· 50
<표 2-1-11> 정밀정차 지원시스템 개발사례 ··· 51
<표 2-1-12> 바이모달트램 전용도로 포장 개념도 ··· 54
<표 2-1-13> 국내 교통정보제공 컨텐츠 및 어플리케이션 비교 ··· 59
<표 2-1-14> 해외 교통정보제공 컨텐츠 및 어플리케이션 비교 ··· 61
<표 2-1-15> 차세대 전지의 구성 요소 및 장·단점 ··· 63
<표 2-1-16> 충전유형별 시스템 비교표 ··· 72
<표 2-1-17> 시스템별 특성 비교표 ··· 72
<표 2-1-18> 현대자동차㈜社 전기버스 제원표 ··· 73
<표 2-1-19> ㈜티지엠社의 전기버스 제원표 ··· 75
<표 2-1-20> 대우버스㈜社의 전기버스 제원표 ··· 76
<표 2-1-21> 동력원에 따른 효율 비교 ··· 77
<표 2-1-22> 수소연료전지차의 개발 효과 ··· 77
<표 2-1-23> 현대자동차㈜社의 수소연료전지 버스 제원표 ··· 79
<표 2-1-24> 토요타社의 수소연료전지 버스 제원표 ··· 79
<표 2-1-25> 내구시험 점검항목 및 조치사항 ··· 85
<표 2-1-26> 바이모달트램 안전기준 적합성 평가 시험항목 ··· 86
<표 2-1-27> 전기자동차 차종별 평가항목 및 기준 ··· 89
<표 2-1-28> 차량 제작 관련 법제도 검토 결과 ··· 90
<표 2-1-29> 법적 지위 보장 관련 법제도 검토 결과 ··· 91
<표 2-1-30> 임시운행 관련 법제도 검토 결과 ··· 92
<표 2-1-31> 자기인증 관련 법제도 검토 결과 ··· 93

<표 2-1-32> 미국의 자동주행 차량 관련 법안 ····· 94
<표 2-1-33> BIS와 BMS의 비교 ····· 98
<표 2-1-34> 국내·외 BIS 사례 현황 ····· 99
<표 2-1-35> 철도관제시스템 주요기능 ····· 100
<표 2-1-36> 국외 철도관제 시스템 ····· 100
<표 2-1-37> 항만 자동화 관제 시스템 주요기능 ····· 101
<표 2-1-38> Safety Pilot 프로젝트 주요내용 ····· 103
<표 2-1-39> IntelliDrive의 주요 추진일정 ····· 103
<표 2-1-40> IntelliDrive의 주요 응용서비스 ····· 104
<표 2-1-41> Safety Pilot의 주요 응용서비스 ····· 105
<표 2-1-42> COMeSafety의 주요 연구개발 ····· 106
<표 2-1-43> ITS-Safety 2010의 주요 실도로 검증실험 ····· 107
<표 2-1-44> ITS SPOT 주요 서비스 ····· 107
<표 2-1-45> 스마트하이웨이사업의 주요개발기술 ····· 108
<표 2-2-1> 자동주행 특허분석 기준 ····· 109
<표 2-2-2> 자동주행 기술분류 ····· 109
<표 2-2-3> 자동주행 검색 조합식(특허분석) ····· 110
<표 2-2-4> 자동주행 세부기술별 관련 주요 핵심특허 현황표 ····· 118
<표 2-2-5> 자동주행차량 관련 연도별 국내 논문 현황 ····· 119
<표 2-2-6> 프로세스(인지, 판단, 제어)별 기술 논문 동향 분석(2012~2016.10) ····· 120
<표 2-2-7> 기술의 분류 ····· 123
<표 2-2-8> 특허분석 기준 ····· 123
<표 2-2-9> 기술 분류 및 검색 조합식(7특허분석) ····· 124
<표 2-2-10> 주요 핵심특허 현황표 ····· 130
<표 2-2-11> 기술 분류 및 검색 조합식 (논문분석) ····· 131
<표 2-2-12> 주요 핵심 논문 분석 ····· 132
<표 2-2-13> C-ITS의 핵심기술 ····· 135
<표 2-2-14> 스마트카 관련 국제 표준화 동향 (ISO) ····· 136
<표 2-2-15> 완성차기업의 자동주행 차량 개발 현황 ····· 138
<표 2-2-16> ISO TC204의 WG구성 ····· 141
<표 2-2-17> WG18의 주요표준화 아이템 ····· 142
<표 2-2-18> 3GPP eV2X 서비스에서 논의될 아이템 ····· 143
<표 2-3-1> 자동주행차량 관련 연구기관별 현황 ····· 148
<표 2-3-2> 청라, 세종시 신호등 현황 및 분류 ····· 155
<표 2-3-3> 청라, 세종시 정류장 현황 및 분류 ····· 156
<표 2-3-4> 청라, 세종시 교차로 현황 및 분류 ····· 157
<표 2-3-5> 청라, 세종시 차선 현황 및 분류 ····· 158
<표 2-3-6> 청라, 세종시 기타 도로시설물 현황 및 분류 ····· 159
<표 3-3-1> BRT 자동주행 기술수요조사 내용 및 응답 결과 ····· 172
<표 3-3-2> BRT 자동주행 기술수요조사 결과 도출된 11개 제안과제 ····· 173
<표 3-3-3> 중점기술분야별/ 기관별 기술 수요 ····· 173
<표 3-3-4> BRT 자동주행 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭 ····· 174
<표 3-3-5> BRT 자동주행 기술수요조사 제안과제명 및 연구개발내용 ····· 174

<표 3-3-6> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량의 기술수요조사 내용 및 응답 결과 ····· 177
<표 3-3-7> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량의 기술수요조사 결과 도출된 15개 제안과제 ····· 177
<표 3-3-8> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량의 중점기술분야별/연구수행기관별 기술 수요 ····· 178
<표 3-3-9> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량의 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭 ····· 178
<표 3-3-10> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭 ····· 179
<표 3-3-11> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 내용 및 응답 결과 ····· 181
<표 3-3-12> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 결과 도출된 9개 제안과제 · 181
<표 3-3-13> 스마트관제 중점기술분야별/ 연구수행기관별 기술 수요 ····· 182
<표 3-3-14> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 제안과제명 매칭 ····· 182
<표 3-3-15> 스마트 관제시스템 기술수요조사 제안과제명 및 연구개발내용 ····· 183
<표 3-3-16> 우선순위 조사 항목 ····· 184
<표 3-3-17> 평가항목별 가중치 산정 결과 ····· 185
<표 3-3-18> BRT 자동주행 핵심기술 개발 중요도 및 우선순위 조사 결과 ····· 185
<표 3-3-19> BRT 전기동력 시스템 및 차량 개발의 중요도(우선순위) 조사 결과 ····· 186
<표 3-3-20> 스마트 관제시스템 중요도 및 우선순위 조사 결과 ····· 187
<표 3-3-21> 중점추진과제 선정 결과 ····· 188
<표 3-4-1> BRT 자동주행의 세부과제 주요내용 ····· 209
<표 3-4-2> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량의 세부과제 주요내용 ····· 210
<표 3-4-3> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발의 세부과제 주요내용 ····· 211
<표 3-6-1> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 단계별 연구내용 및 성과 ····· 217
<표 3-6-2> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 기술의 단계별 연구내용 및 성과 ····· 219
<표 3-6-3> 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 단계별 연구내용 및 성과 ····· 221
<표 4-1-1> 지능형 자동차 부품주행시험장의 시험항목 ····· 223
<표 4-1-2> 차량 안전시험항목 ····· 224
<표 4-4-1> NHTSA 자율주행차량의 단계 ····· 240
<표 4-4-2> 유럽 EPoSS 자율주행 자동차 기술개발 마일스톤 3단계 ····· 243
<표 4-4-3> 일본 자율주행자동차 기술개발 로드맵 ····· 246
<표 4-4-4> 일본 정부의 자율주행자동차 상용화 방안 ····· 246
<표 4-4-5> 일본 자율주행자동차 정책변화 ····· 247
<표 4-4-6> 중국 전기버스의 보조금 규정(2016. 1.) ····· 249
<표 4-4-7> 친환경차 및 충전인프라 확대계획(~ `20년) ····· 251
<표 4-4-8> 세종특별자치시 BRT 990번 노선 정보 ····· 255
<표 4-4-9> 각 시스템을 장착한 차량의 예상 가격 ····· 258
<표 4-4-10> 각 시스템의 구동축전지 교체 비용 ····· 259
<표 4-4-11> 전기동력 시스템의 충전인프라 구축비용 ····· 260
<표 4-4-12> 비용 산정 결과 (BRT 2대 기준) ····· 260
<표 4-4-13> 기존 BRT 대비 차량운행비용 ····· 262
<표 4-4-14> 기존 BRT 대비 대기오염비용 ····· 263
<표 4-4-15> 기존 BRT 대비 교통사고 사망자 및 부상자 수 ····· 264

<표 4-4-16> 기존 BRT 대비 교통사고 비용 ····· 264
<표 4-4-17> 각 시스템의 운행비용 ····· 265
<표 4-4-18> 편익 산정 결과 (BRT 2대 기준) ····· 266
<표 4-4-19> 경제적 타당성 분석 결과 ····· 267
<표 5-3-1> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 기술의 질적 성과목표 및 성과지표 ····· 319
<표 5-3-2> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 기술의 양적 성과목표 및 성과지표 ····· 319
<표 5-3-3> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술의 질적 성과목표 및 성과지표 ····· 320
<표 5-3-4> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술 연구의 양적 성과목표 및 성과지표 320
<표 5-3-5> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제기술의 질적 성과목표 및 성과지표 ····· 322
<표 5-3-6> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술의 양적 성과목표 및 성과지표 ·· 322

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 자동주행 개념 정립

○ 운전자 보조(Driver Assistance) 기술은 도로이탈 등 사고 요인을 도로시스템과의 실시간 연계를 통해 극복하는 도로-자동차 협력 주행 체계로, 종방향 또는 횡방향 중 한 가지에 대해 운전자에게 경고하거나 제어를 도와주는 기술

- ACC(Advanced Cruise Control)의 경우 종방향에 해당하는 속도는 시스템이 제어하고, 횡방향에 해당하는 조향을 운전자가 담당, 자동 주차처럼 조향은 시스템에 의해서 자동으로 이루어지고 속도 조절만 운전자가 하는 시스템

○ 자동주행 기술은 지능화된 차량을 통해 인간의 운전행위 없이 주행이 가능한 형태이나, 다만 운전자는 완전히 자유롭지는 않으며 항상 모니터링과 개입을 준비

- 운전자가 주변 상황을 지속적으로 모니터링하고 있다가, 필요한 경우 언제든 운전 개입이 가능

- 전용노선내에서는 운전자의 개입없이 정해진 운행패턴으로 차량 스스로 주행

※ 전용노선에서 ACC와 LKS(Lane Keeping System)를 합쳐놓은 서비스의 경우 앞 차와의 간격을 유지하며, 현재 차선을 계속해서 추종하다가 필요에 따라 언제든지 운전자가 직접 제어

○ 무인자동차(Unmanned Vehicle, Driverless car)는 사람이 탑승하지 않는 국방과 같은 분야에서 무인으로 특수한 임무를 수행하는 차량

- 자동차 스스로 인지-판단-제어를 하기 보다는 사람이 카메라나 센서 등으로 무인자동차 주변을 인식하여 원격으로 조종하는 차량을 의미하며 사람의 탑승이 없기 때문에 자율주행차와 구별

○ 무인자동궤도차량(Personal Rapid Transit)은 모노레일의 발전된 형태로 전용궤도 위에서 운행되는 차량을 의미

- 첨단제어장치에 의해 목적지까지 무정차로 주행이 가능한 무인운전시스템으로, 정해진 궤도를 무인순환차량들이 일정한 속도로 이동하고 승객들은 곳곳에 설치된 승강장에서 승하차, 환승/정차없이 논스톱으로 운행

○ 열차자동주행은 주로 궤도를 따라 움직이는 열차에서 활용된다는 점에서 자율주행차와 구별되며, 자동열차운전(ATO, Automatic train operation)장치와 자동열차제어(ATC, Automatic Train Control)장치로 구성

- 자동열차운전(ATO)은 열차가 정거장을 발차하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가감

속 및 정위치에 정차하는 것을 자동적으로 수행하는 장치

※ ATO장치는 승무원이 수동으로 행하던 역간 운전, 열차정차, 출입문제어, 열차출발, 안내방송 등을 컴퓨터 기술과 소프트웨어 기술을 결합시켜, 열차운행상태를 TTC에서 감시 및 통제하여 안전한 열차운전이 가능하도록 자동화한 설비

- 열차자동제어장치(ATC)는 차량을 안전하고 효율적으로 이동시키기 위해 사용되며, 열차이동에 대한 제어 및 열차의 안정성과 열차운영 명령을 자동으로 실행하는 장치

※ 선행열차의 위치, 운행진로 등 선로의 제반조건에 따른 정보코드가 선로를 통하여 차상으로 전송 운전대에 운전가능한 최고속도를 표시하여 이 속도에 맞춰 운전하게 되며, 기관사는 악천후에 관계없이 신호를 확인할 수 있어 고속화와 안전운행이 가능

❍ 자율주행차(Autonomous Vehicle)는 정해진 궤도 없이 교통사고 감소 및 교통약자보호를 위해 인지-판단-제어를 IT가 대신하여 운전자나 승객의 조작없이 목적지까지 안전하게 스스로 이동하는 자동차-IT의 융합시스템을 의미

- 사람이 탑승은 하지만 운전자의 개입(제어) 없이 차량이 스스로 주행환경을 인식하여 목적지까지 주행하는 차량으로 차에 장착된 on-board 센서를 통해 스스로를 제어할 수 있다는 점에서 자동주행(Automated vehicle)과 구분이 가능

※ 자동주행과 자율주행은 운전자가 항상 개입을 할 수 있도록 준비해야 하는지 아닌지에 따라 구별할 수 있는데, 자율주행 차량은 운전자가 무엇을 하든 상관없이 차량이 자율적으로 주행한다는 점에서 자동주행과 구별되는 개념

- 미국도로교통안전국(NHTSA)는 자율주행 수준에 따라 자율주행차를 비자동인 0부터 완전자율주행이 가능한 4단계로 구분하였으며, 2016년이후 최근에는 SAE에서 총 5단계로 구분하였으며 국제 레벨로 통용되고 있음

<표 1-1-1> 자율주행의 단계

단계	정의	특징
0	**비자동** **(No-Automation)**	- 운전자가 브레이크, 속도조절, 조향 등 모든 주행기능을 제어하고, 교통상황 모니터링 및 안전조작에 책임
1	**운전자보조** **(Driver Assistance)**	- 특정한 제어 기능이 개별적으로 적용 (ex. 차선이탈경보, 자동긴급제동시스템)
2	**부분자동** **(Partial Automation)**	- 2개 이상의 제어기능이 복합적으로 적용 (예: Lane Centering 기능과 결합해 작동하는 ACC기능)
3	**조건부자동** **(Conditional Automation)**	- 사람과 차량 간 운행 제어기능이 상황에 따라 전환, 제한된 특정 환경(주차장, 자동차 전용도로 등)에서만 자율 주행
4	**높은자동** **(High Automation)**	- 사람이 대응하지 않아도 차량이 판단해서 주행 - 자동운전모드가 있음.
5	**완전자동** **(Full Automation)**	- 사람이 운행가능한 모든도로 및 환경에서 자율주행 - 모든 주행모드에서 시스템이 대응

출처 : SAE standard

❍ 이상의 논의 결과, 자율주행차 기술은 유사한 다양한 기술개념이 있으나 엄밀한 의미에서는 구분이 가능

<표 1-1-2> 자동주행 유사개념의 비교

유사개념	특징	운행방향	제약조건
무인자동궤도차량 (Personal Rapid Transit)	- 전용궤도 위에서 운행되는 차량으로, 첨단제어장치에 의해 목적지까지 무정차로 주행이 가능	종 방향	정해진 궤도를 따라 운해하기 때문에 궤도이탈시 무인주행 불가
열차자동주행	- 궤도를 따라 움직이는 열차에서 활용 - 자동열차운전(ATO) 장치와 자동열차제어(ATC) 장치로 구성	종 방향	정해진 궤도를 벗어날 수 없으며, 막대한 운영비용 소요
무인자동차 (Unmanned Vehicle)	- 특수한 임무를 수행하는 무인으로 움직이는 차량	종/횡 방향	사람이 탑승하지 않고 특수목적 달성을 위해 원격으로 조종이 가능
운전자보조 (Driver Assistance)	- 안전운전을 위한 경고 및 제어 지원기술	종 방향	안전운전을 보조하는 기술로 운전 중에 다른 행위 불가
자동주행 (Automated Driving)	- 운전자의 모니터링 하에서 종횡방향 제어 지원	종/횡 방향	항상 운전자의 모니터링과 개입 준비가 필요 자동주행을 위한 전용노선이 존재
자율주행 (Autonomous Driving)	- 운전자의 개입(제어) 없이 차량이 스스로 주행환경을 인식, 목적지까지 주행	종/횡 방향	악천후시 센서 오작동 발생가능, 돌발상황시 운전자의 개입 필요

2. BRT 자동주행 기술분류

가. 차량기술

○ 대중교통자동주행을 위한 기술에는 자율주행차에 적용되는 기술을 활용할 수 있는데, 자율주행차 기술과 동일하게 인지-판단-제어 측면으로 기술구분이 가능

- 인지기술은 카메라, 라이다, 레이더 기술을 활용하여 정적장애물, 동적장애물(차량·보행자 등), 도로표식(차선·정지선·횡단보도), 신호 등 외부주행환경 및 차량내부 승객의 안전상태를 인식

<표 1-1-3> 자동주행 인지 구현 기술 및 사례

구분	기술 내용
카메라	- 주변 사물의 색상과 형태 정보를 얻는 장치로 신호등, 표지판, 중앙선 등 인간의 눈이 인식하는 기존 도로체계 정보를 입수하는 통로 - 버스의 경우, 차량 외부뿐만 아니라, 내부에도 승객의 안전을 위해 카메라와 햅틱 등의 센서를 설치하여 안전 및 위급상황에 대비
레이더	- 전파를 발사해 돌아오는 전파의 소요시간과 주파수 편이를 측정해 주변사물과의 거리나 속도를 탐지하는 장비로, 빛이 아니라 전파를 이용하기 때문에 야간이나 악천후에서도 안정적으로 작동
라이다	- 레이저 빛을 이용하는데, 직진성이 강해 먼 거리까지 정확한 위치정보를 주고받을 수 있고 차량용 라이더는 360도로 회전하여 사방을 탐지하는 것이 가능
활용사례	- 레이더(라이더) 기반 주행상황인지 모듈 : 장애물의 거리 및 부피를 측정, 대상물체의 정확한 거리와 공간정보를 인식하는 레이더(라이더) 센서기술과 디지털 맵, V2V 통신 등 다양한 정보들을 융합하여 전방위 대상물체에 대한 정확한 거리와 공간정보를 제공 - 영상기반 주행상황인지 모듈 : 영상센서 기반의 차선, 표지판, 차량, 이륜차 등의 형상정보와 거리정보 측정을 위한 초고해상도 카메라 모듈기술

출처 : 한국전자통신연구원(2015)

- 판단기술은 카메라나 센서 등 인지센서를 통해 수집된 각종 정보를 바탕으로 주행환경과 목표지점에 적합한 주행전략을 수립하는 것이기 때문에, 인지기술과 판단기술이 조화를 이루는 정도가 전체 자동주행의 완성도를 좌우

- 제어기술은 주행상황별 판단을 바탕으로 차선유지, 차선변경, 좌우회전, 저속차량 추월, 비상정지, 갓길정차 등, 가감속이나 조향제어를 통한 직접적인 움직임을 담당

※ 인지된 정보를 바탕으로 그 의미를 판단한 후 이를 실행에 옮기는 기술로 멈추거나 회피, 우회 등 자동차를 움직임을 구체화하는 것

<표 1-1-4> 자동주행 제어기술

구분	기술 내용
차량제어 기술	- 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC, Adaptive Smart Cruise Control)이나 차선 유지 지원 시스템(LKAS, Lane Keeping Assist System), 긴급자동제동(Autonomous Emergency Braking) 등을 통해 파워트레인(Powertrain), 브레이크(Brake), 스티어링(Steering), 서스펜션(Suspension) 등의 액추에이터(Actuator) 컨트롤
활용사례	- Fail Safety를 고려한 스마트 액추에이터 모듈 : 자동주행차의 주조향 장치 및 주제동 장치 고장시 차량 안정성 확보를 위한 Fail Safety가 반영된 고신뢰성 전동식 이중안전 조향 및 제동 엑추에이터 모듈 기술

❍ 자동주행차량 관련 기술이 대중교통에 적용되는 경우 다수의 시민이 이용하는 교통수단임을 고려하여 일반적인 주행상황 뿐만 아니라 승하차시나 응급상황 등 돌발상황이 발생하는 경우를 고려한 기술개발이 필요

<표 1-1-5> 버스의 특수성을 고려한 자동주행차량기술 적용 예

구분	인지	판단	제어
주행중	- 카메라, 라이다 등의 각종 센서로 차선 및 정적/동적 장애물 인지	- 각종 센서에서 수집된 정보를 통합하여 다음의 행동을 결정	- 장애물을 회피하기 위해 가감속이나 방향전환을 실시
승하차시	- 카메라 및 센서를 활용, 출입문 주변에 승객이 있는지 확인 - 정류장에 승차를 대기중인 승객이 있는지 확인	- 승객의 안전이 충분히 확보되어 출입문 개폐를 할지 여부를 결정 - 승객을 태우기 위한 최적의 정차위치 탐색	- 판단에 근거하여 안전한 상황에서 출입문을 개폐 - 출입문 주변에 승객이 있는 경우 알람을 통해 승객의 주의를 환기 - 승객탑승을 위한 최적의 위치에 정차
주행중 응급상황	- 실내 카메라 및 센서를 활용하여 승객들의 건강 및 안전상태를 모니터링	- 수집된 정보들을 통합하여 이상징후가 있는지 판단	- 이상징후가 있다고 판단될 경우, 119나 112에 자동으로 신고, 긴급제동 실시

나. 연결기반기술 : V2X

❍ V2X는 자동차끼리 또는 거리에 설치되어 있는 인프라와 교통정보, 추돌가능성 등의 정보를 송수신하고, 운전자에게 정보를 제공하여 사고예방, 연속사고발생을 방지할 수 있기 때문에 협력적 지능형교통시스템(C-ITS)의 핵심기술로 부상

- ①V2C(Vehicle to Center), ②V2R(Vehicle to Roadside), ③V2V (Vehicle to Vehicle), ④V2P(Vehicle to Personal Device) 등으로 구분이 가능

<표 1-1-6> 무선네트워킹 방식 구분

네트워크	특징
V2C	- LTE 등의 다양한 미디어를 통해 차량에서 센터까지 ITS 서비스를 직접 송수신
V2I	- 차량-도로인프라와의 접속을 제공 - V2I 네트워킹을 이용하여 교통정보수집 및 제공을 비롯, 하이패스나 텔레매틱스 서비스 등을 제공
V2V	- 차량 간의 직접 통신을 제공하는 채널 - 차량 안전서비스를 제공하며, 주변차량의 정보를 실시간으로 전달하여 협력주행 서비스를 제공
V2O	- 휴대단말 및 다양한 디바이스와 차량을 직접 연결하여 차량진단 및 제어서비스를 제공

출처 : IRS Global (2015)

❍ V2X의 실현을 위해서는 차량이 주행하면서 다른 차량 및 도로인프라와 지속적으로 교통상황 등 각종 유용정보를 교환 및 공유할 수 있는 VANET* 기술이 중요

* VANET(Vehicular Adhoc Networks) : 다수의 차량이 전파통신을 이용하여 차량 간 통신(V2V) 또는 차량과 도로 인근에 설치된 인프라(기지국) 간의 통신(V2I)을 자율적인 네트워크로 연결하는 기술로 WIFI 표준인 IEEE 802.11a/g를 기반으로 하고 있음

- 네트워크를 형성하는 각 노드(차량)가 고속으로 이동하기 때문에 저속이동만을 고려하여 설계된 기존의 무선인터넷 표준은 V2X 환경에는 부적합하여 고속주행에 대응이 가능한 WAVE* 통신 기술이 새로운 표준기술로 자리를 잡는 중

* WAVE(Wireless Access for Vehicular Environments) : IEEE 802.11a/g 무선랜 기술을 차량 환경에 맞게 개량한 것(IEEE 802.11p)으로, 고속이동성과 통신교환시간이 짧은 차량망(VANET)에서 도로나 차량의 위험상황을 차량에게 전달하는 무선통신기술

<표 1-1-7> WAVE 성능목표

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

출처 : 소프트웨어정책연구소(2015)

- V2X 기술을 구현하기 위해서는 ①통신 플랫폼 기술, ②차량 위치 측위기술, ③차량 보안기술, ④부품검증/인증을 위한 기술이 필요

<표 1-1-8> V2X 구현을 위한 구체적인 기술

핵심기술	구성기술
① 이종 V2X통신 및 ADHoc 네트워킹을 지원하기 위한 통신 플랫폼 기술	- 이종 통신간 Redundant 확보를 위한 매체 및 채널 제어 기술 - Redundant 확보를 위한 QoS 보장 기술 - 자동차간 끊김없는 통신 채널 유지를 위한 VANET 구현 기술 - V2X 통신 구현을 위한 통신 플랫폼 HW 및 SW 모듈 구현 기술
② V2X 통신기반 차량 위치 측위기술	- V2X 통신 기반 상대위치 측위 측정 기술 - V2X 통신을 활용한 융복합 위치 측위 기술
③ 외부해킹 등에 대응하기 위한 차량보안기술	- 개인 프라이버시 보호를 위한 기술 - V2X 통신의 형태를 고려한 차량의 보안성 분석 기술 - 해킹 등에 대응하기 위한 Security HW/SW 설계 및 구현기술 - V2X-IVN간 흐름/접근 제어 기반 secure 브릿지/게이트웨이 기술
④ V2X통신 및 이를 활용한 부품검증/ 인증기술	- V2X 통신 플랫폼 및 부품에 대한 검인증 기술 - V2X 통신 기반 차량 위치 측위 기술에 대한 검인증 기술 - 차량보안 기술에 대한 검인증 기술

출처 : 산업통상자원부(2016)

다. 도로기술 : 도로시설 / 정류장

(1) 도로시설

○ 자동주행차가 도로상의 모든 정보를 스스로 인지-판단-제어하는 것은 불가능하고, 설령 자동차기술만으로 자동주행환경을 구현하는 경우 가격이 대폭 상승되는 문제점을 해소하기 위하여 도로시설을 개선하여 자동주행차를 지원

- 차선(특수도료), 표지판(QR코드), 차로인식표식, 측위 landmark 등 자동주행차의 센서가 인지하기 쉬운 특수 표지판, 특수차선·차로구분 정보제공 등이 필요

- 인터체인지, 철도건널목 등 교통상충점 기하구조 개선 기술 등의 개발을 통해 자동주행 버스의 직·간접적인 지원이 가능

<표 1-1-9> 자동주행을 위한 도로시설기술

주요기술	주요내용
자동차 인지성능 향상 지원 도로시설	- 야간 및 악천후시 도로표지판, 차선, 분기/합류지점 등의 시인성 확보 기술 - 시인성.판독성이 향상된 조명표지판 기술
인터체인지, 철도건널목 등 교통 상충점 기하구조 개선 기술	- 사고율을 낮추기 위한 인터체인지, 철도건널목 등 교통상충점 기하구조를 개선 기술 - 인터체인지 등 교통 상충점에서 안전주행을 위한 도로선형 및 횡단구성 등 연구

(2) 정류장 기술

○ 대중교통 자동주행이 구현되면 정류장은 승객들의 승하차뿐만 아니라 충전소로도 활용이 가능

- 전장화가 자동주행의 전제조건이라면, 정류장에서 배터리 무선충전이 가능하도록 시설 구축이 필요

○ 일반차와 달리 자동주행버스는 정해진 위치에서 승하차가 이루어짐

- 적재적소에 정차시키는 기술과 승차시의 불편함을 최소화할 수 있는 기술 개발이 필요

3. 대용량 BRT 차량 및 전기동력 시스템 개념 정립

가. 대용량 BRT 차량

○ BRT(Bus Rapid Transit)란 도심과 외곽을 잇는 주요 도로에 급행버스가 운행되는 교통시스템으로서 도심과 외곽을 잇는 주요한 간선도로에 버스전용차로, 요금정보시스템, 승강장, 환승정거장, 환승터미널을 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 대중교통시스템을 말함

○ 도심지역의 도로와 교통시설의 확충에는 한계가 있으며, 교통체증이 지속되는 상황에서 정시성과 신속성, 대중교통의 질을 높이기 위한 수송능력을 만족하는 차량이 요구됨

○ 국내 운용중인 BRT 차량은 대부분 11m급 시내버스와 좌석버스를 사용하고 있으며 최대승차인원은 40~50명 수준임

○ 자동차 전용도로를 주행하는 광역버스의 경우 첨두시간대에 정원을 초과하여 운행중이며, 불법입석운행에 대한 대책필요

○ 증차를 통한 첨두시간대의 수송력 해소에는 한계가 있으며 대용량의 수송능력을 갖은 BRT 차량이 요구됨

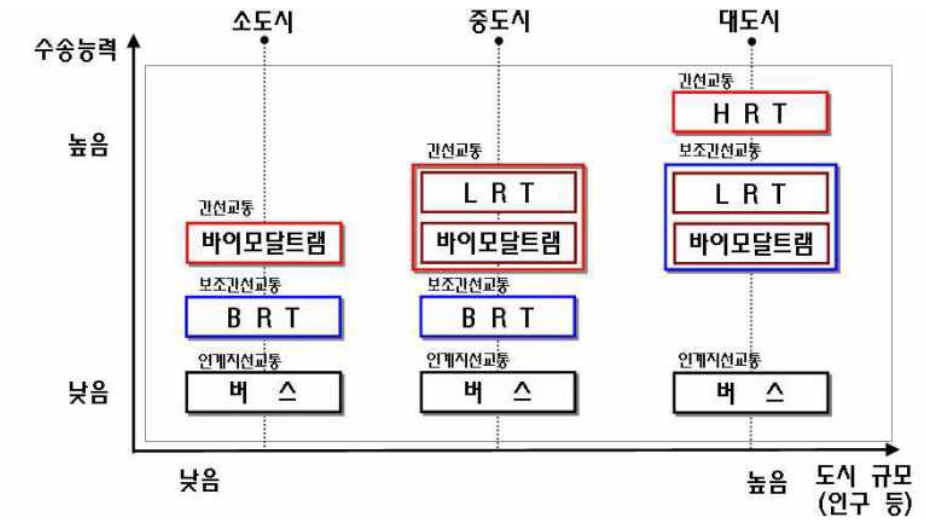
○ 대용량 BRT 차량이란 굴절버스와 2층버스와 같이 대량수송(일반버스의 약 2배)이 가능한 차량을 의미함

2층버스

굴절버스

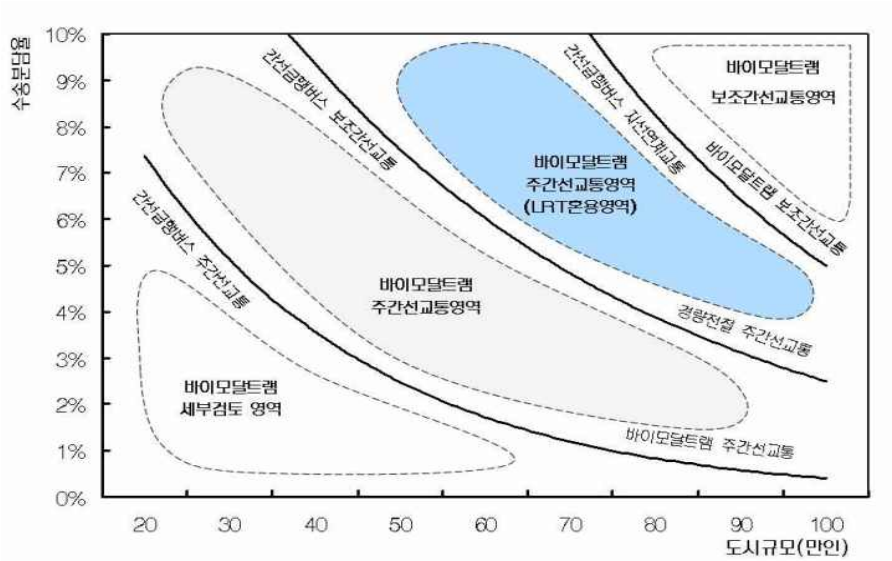
<그림 1-1-1> 대용량 BRT 차량의 예

○ 국내의 대표적인 대용량 BRT 차량은 바이모달트램 으로서 현재 2량으로 개발 및 실용화가 완료 되었으며 국토교통부의 ‘신교통수단 선정 가이드라인’에서 바이모달트램의 기능이나 도입영역을 살펴볼 수 있음



출처 : 국토교통부, 신교통수단 선정 가이드라인, 2012

<그림 1-1-2> 대중교통체계별 기능



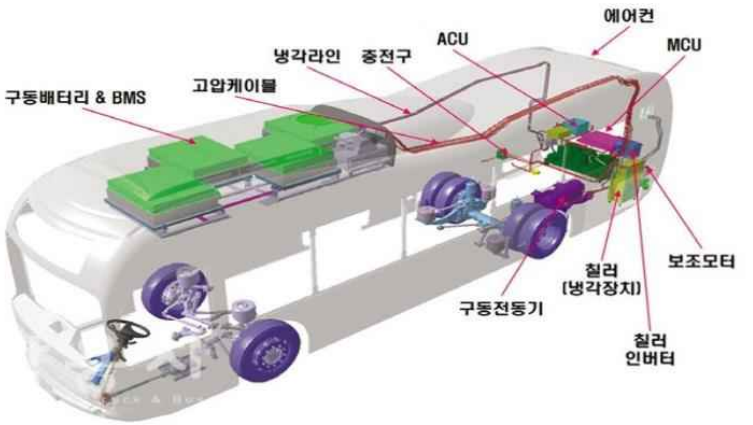
출처 : 국토교통부, 신교통수단 선정 가이드라인, 2012

<그림 1-1-3> 대용량 BRT 차량의 도입 영역

나. 전기동력 시스템

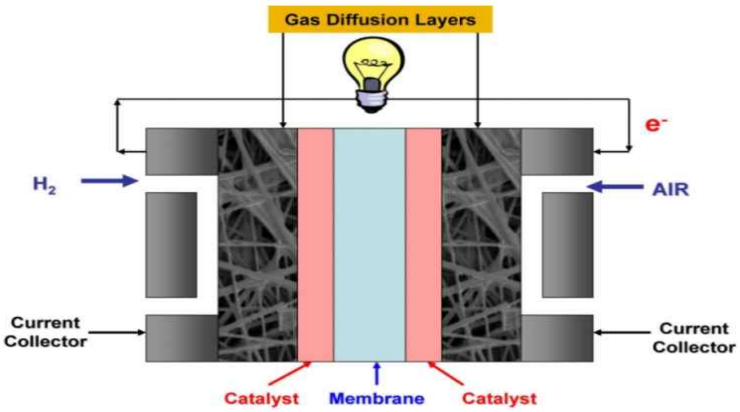
○ 전기동력 시스템이란 차량의 구동을 목적으로 전기에너지를 저장·공급하거나 발생시키기 위한 장치로서 다음과 같이 분류

- 순수전기동력 시스템 : 일반 전력망을 통하여 공급되는 전기에너지를 차량에 저장하고 구동장치에 공급하기 위한 시스템으로서 구동축전지와 충전 장치로 구성

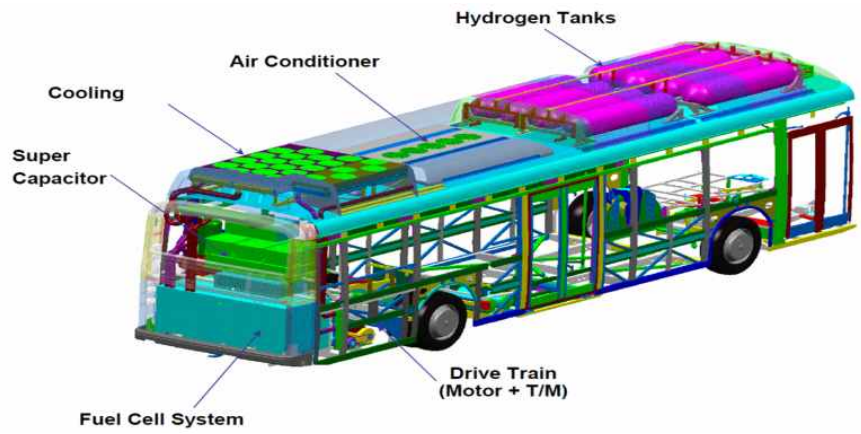


<그림 1-1-4> 구동축전지를 장착한 버스의 구조

- 수소연료전지 시스템 : 수소와 공기중의 산소 결합으로 전기를 자체생산하는 시스템으로서 수소 저장·공급 장치, 수소를 이용하여 전기에너지를 발생하는 장치, 발생한 전기에너지를 저장·공급하는 장치 등으로 구성되며 연료전지의 구현은 화학반응에 의한 전기생산 원리로 기초원료의 종류와 화학반응의 방법에 따라 분류됨. 자동차용에 유리한 방법으로는 양자교환막 연료전지(PEM : Proton Exchange Membrane Fuel Cell) 방식으로 특수 폴리머로 만들어진 얇은 교환막을 이용하여 전해질을 격리하고 촉매를 통하여 화학반응을 유도하는 방식이며 동작온도는 약 100도내외이고 전력수요에 대한 응답도가 빠르며 비교적 구조가 가볍고 간단하기 때문에 소형화 제작에 유리

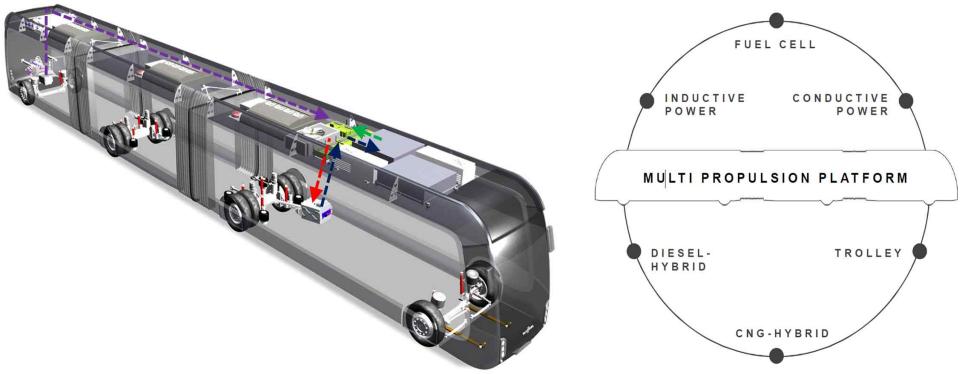


출처 : http://www.horizonfuelcell.co.kr/
<그림 1-1-5> 수소연료전지의 전기 생산 원리



<그림 1-1-6> 수소연료전지 버스의 구조

○ 따라서 전기동력 시스템이란 구동전동기가 장착된 차량의 구동에 필요한 전력으로 구동축전지 또는 수소연료전지를 사용하는 시스템으로 정의할 수 있음



<그림 1-1-7> 대용량 BRT 차량의 전기동력 시스템

제2절 기술개발의 필요성

1. 기획연구의 시급성 및 중요도

○ 해외 대중교통 자동주행 기술은 성과도출시기임

- 대중교통 자동주행기술은 미국과 유럽에서 연구가 활발히 되고 있으며 테스트 단계를 거쳐 실용화를 앞두고 있음

- 국외 자동주행 대중교통사례는 아래의 표와 같음

<표 1-2-1> 국외 자동주행 대중교통 사례

구분	버스구조	특징
스위스 (Easymile)		-12인승 -최대시속 40km/h로 주행 -충돌방지 외부센서 -'08~'15년 10월까지 150만명 운송
중국 (Yutong)		-'15.8.29, 무인운전버스 시연 -32.6km 주행 -최고속도 68km/h -차선변경, 추원 신호등반응 -2대 카메라, 4대의 라이다 사용
영국 (GATEway)		-6인승 -히드로공항에서 전용트랙 이용 -'16.7 그리니치 일반도로에서 시험예정 -히드로공항에서 전용트랙 이용
프랑스 (Navya)		-15인승 -최고속도 45km/h -온디멘드 방식 호출 -GPS, 라이다, 스테레오 카메라 -동적 장애물 회피 -무선충전

미국 (Local motors)		-Olli 명칭 -워싱턴 DC에서 운행예정 -최대 12명 탑승 -최고속도 20 km/h -전기버스 -라이다, 카메라, GPS등 활용 -IBM 인공지능 왓슨, 탑승객과 대화
그리스 (Citymobil 2)		-12명 탑승 -그리스 트리칼라시 운행 -6대 운행 -차량과 자전거 보행자 회피 -최대속도 12km/h (안전우선) -장애물이 끼어들면 정차
독일 (M-Benz)		-자동주행 버스 20km 도로 주행성공 (2016. 7) -자동주행 시스템: 시티파일럿 -주행도로: 스키폴 공항(네덜란드)과 인근 도시를 연결하는 간선 도로 -최고속도 70km/h -정차 정밀도: 5cm -도심 교통신호와 연동

출처 : 언론기사

- 국내는 대용량 자동주행 대중교통은 시범적으로 운행되는 곳이 없음

❍ 국제 교통 포럼의 Automated and Autonomous Driving Regulation under uncertainty 에 따르면 도심지역의 자동주행에 대해서 연도별로 시행될 수 있는 기술에 대해서 언급을 하였으며, 대중교통인 버스와 PRT가 전용노선내에서 자동주행이 되는 시기를 약 2020년 경으로 보고 있음.

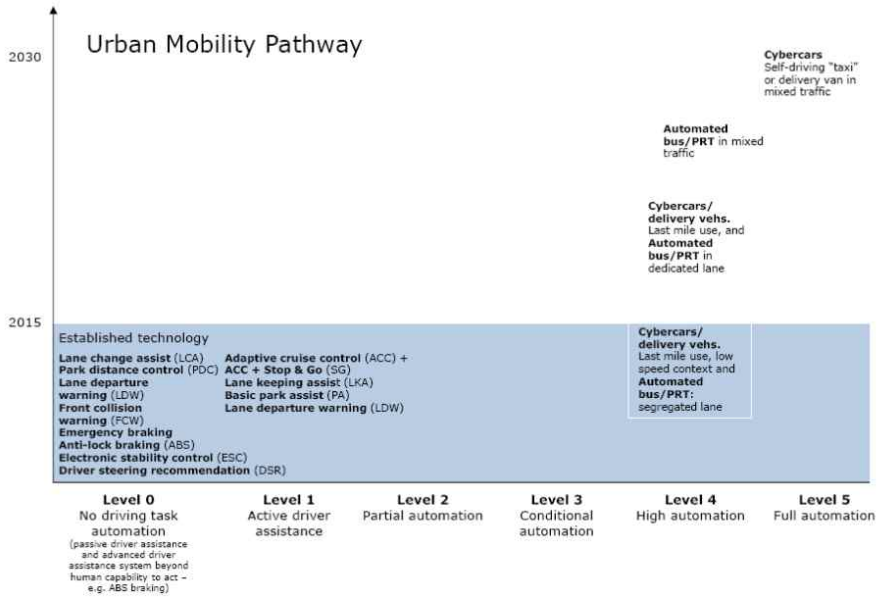
❍ 교통 인프라가 부족했던 기성세대와 달리 교통인프라가 잘 구축된 현대적 도시교통 환경에서 살고 있기 때문에, 대중교통에 더 익숙하며, 기성세대와 달리 자동차를 소유한다는 것을 중요하다고 느끼지 않음

- 미국의 20~24세 운전면허 취득 비율은 1983년 92%에서 2014년 77%로 감소하였고, 미국기준으로 자동주행 수단이 되면 1일 50분의 운전시간을 다른 일에 투자하는 것이 가능

❍ 상용화 초기에는 구매력을 가진 소수의 사람만이 차량을 소유할 수 있을 것으로 예상되는데, 단순한 상용화가 아닌 대중화의 관점에서 시민에게 보편적인 교통서비스

를 제공하기 위한 대중교통(버스)가 필요하며 여기에 공공기관의 역할이 중요

- 기업이 주관한 대중교통은 자기수익 위주로 시스템을 구성하기 때문에 시민에게 더 많은 혜택을 주기 위해서는 정부의 주도가 필요



<그림 1-2-1> 기술레벨에 따른 구현시기

○ Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (NHTSA, '13.5) 정책보고서에 따르면 2020년 말까지 안전도 향상, 화물 물류 및 환경 개선 등을 위해 업계와 공기관이 협업하여 광범위한 부분 자율주행 시스템(Partially automated vehicle system) 도입을 예측함

○ A 2050 Vision for London - what are the implications of driverless transport에 따르면 자동주행버스의 도입으로 평균 40% 버스 운송원가 절감이 가능하고, 자율주행 택시 등은 아이들타임이 감소하고, 요금이 줄어들 것으로 봄

○ 중국 바이두는 자동주행 버스가 자율차의 첫번째 웨이브가 될 것으로 예측함, 그리고 2019년에는 일부지역에 2021년에는 전방위적으로 적용될 것으로 예측함

○ 2016년 9월부터 11월까지 일본 내 자동차, 자동차 전자, 반도체, 지도 등 각 업체를 대상으로 자율주행차의 전망에 대해 조사를 실시/자율주행 3단계 모델도 1,786만 7,000대로 확대되고 완전자율주행 단계인 4단계 모델은 상용차를 중심으로 적용이 진행되며 지역을 한정해 버스나 택시에 적용될 것으로 예상

○ 대중교통수단(BRT 등)에 자동주행 기술을 적용하기 위해서는 높은 신뢰성과 안전성이 필요하며, 적합한 평가가 이루어져야 함. 대중교통수단에서의 실용화 기반구축을 위해서는 개발 중인 자동주행 기술을 분류하고 적용을 위한 재해석이 필요

○ 전기동력의 대용량BRT 차량기술 개발 및 시스템 통합을 위한 연구가 필요

○ R&D성과 연계형 실용화사업 계획수립이 필요

- 수요자(시스템 공급자 및 운영자)의 요구를 반영할 수 있는 사업추진체계(매칭 등)를 수립해야함

- 기술 개발 후 성과를 활용하기 위해서는 수요자 및 이용자의 요구를 반영이 필요하고, 또한 성공적인 도입을 위해서는 구매지원방안 및 운영지원방안의 수립이 필요

○ 시스템 통합·평가 및 인증이후 성과물이 실용화에 활용될 수 있는 제도검토 및 전략수립 필요

- 기술 개발의 성공적이고 원활한 실용화를 위해서 관련 법, 제도, 행정 지원 절차의 검토가 필수적이며, 전략적인 도입이 필요

2. 정부지원의 필요성

○ 대중교통의 공공성 때문에 대규모 사회적 기여효과가 발생하므로 정부주도 사업추진이 적합

○ 국토부는 제2차 자동차정책 기본계획을 수립하면서 2020년 레벨 3(제한적인 수동제어만 허용하는 단계) 자율주행차를 상용화하고 결함있는 신차를 교환, 환불하는 제도를 도입하겠다고 확정함

○ 정부는 최근 4년간 무인이동체 시장선점을 위하여 2840억원을 투입.다양한 분야의 구성품 및 기술개발을 추진하면서 시장선점 전략 및 체계의 수정을 반복.

- 향후 3년간 자율주행관련 공통운영 플랫폼개발에 400억원 투입계획

○ 국가적 초미의 관심사인 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통 활성화로 마무리될 수 있음

- 자동차(현대 쏘나타) 주행 1km당 PM배출량은 경유차 2.1mg, 휘발유차 1.8mg, LPG차 1.6mg→전기차 0.0mg

- 디젤승용차가 1km 주행 시 배기가스 먼지 5mg발생하지만, 타이어 마모 먼지는 20배에 해당하는 100mg발생(승용차 억제→대중교통활성화 전환이 필수적임)

○ 미래창조과학부는 정부 R&D 투자의 효율성을 제고하기 위해 「제1차 정부 R&D 중장기 투자전략(안)」을 수립하여 2016년 1월 7일(목) 개최된 제10회 국가과학기술심의회의 심의를 거쳐 확정함

- 이번 중장기 투자전략은 정부 R&D 투자의 선택과 집중을 강화하기 위해 9대 기술분야별로 중점투자분야와 전략을 제시함

- ①ICT · SW, ②생명 · 보건의료, ③에너지 · 자원, ④소재 · 나노, ⑤기계 · 제조, ⑥농림수산 · 식품, ⑦우주 · 항공 · 해양, ⑧건설 · 교통, ⑨환경 · 기상

- 9개 주요 기술분야를 대상으로 하여, 각 분야별로 하위에 중분야를 도출함(총 58개).

- 각 58개의 중분야별로 시장전망, 기술수준, 공공성, 정부투자 생산성 등 주요지표를 객관적으로 분석하고 전문가 설문조사 등을 병행하여 각 기술분야별로 중점 투자분야와 전략을 도출

- 건설교통분야내 중점투자 분야는 철도교통, 도로교통 으로 확정함

○ BRT 자동주행 기술은 철도교통 및 도로교통에 해당하는 기술로 정부의 중점투자분야와 일치하기 때문에 정부의 지원이 필요함

○ 정부는 국가연구개발 사업 투자액을 매년 꾸준히 증가시키고 있으며 전략기술 개발

에 대한 노력을 강화하기 위해 국가 특허청사진 사업을 수행함

- 정부 R&D로 창출되는 국가 특허의 질적인 수준을 높이기 위해, 유망기술 분야 중 지식재산 관점에서 선점할 수 있는 분야를 골라 집중 투자하고, 특허전략을 반영한 신규 사업 및 과제 기획이 필요
- 국가 특허 청사진 사업 대상산업분야로 2015년도 육상교통부분이 해당이 됨
- IP 경쟁력 평가와 기술관점 유망기술 탐색을 바탕으로 유망기술을 도출함
- 육상수송분야의 10 유망기술을 도출하였으며 자동차(스마트카) 분야에서는 자율주행 차량제어기술이 선정됨

<그림 1-2-2> 자동차분야 10대 유망기술

○ BRT의 도심 내 자동주행 기술은 특허청사진 사업의 유망기술로 정부의 투자가 적합함

○ 본 기획연구의 과업에 포함된 자동주행의 인증평가를 위한 기획은 민간기업에서는 진행이 어려우며 정부주도하에 지원이 필요함

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

제1절 국내외 시장현황 및 기술동향

1. BRT 자동주행 기술관련 시장현황 및 전망

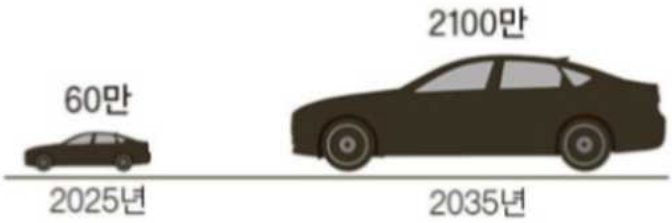
가. 자율주행 자동차 시장현황 및 전망

○ 국가별 자율주행과 관련한 지원정책 및 자율주행을 통한 주행의 안전·편의에 대한 소비자 관심 증대에 따라 자율주행 자동차의 상용화 이후 관련 제품·서비스 시장이 대폭 증가할 것으로 전망

○ 자율주행자동차 상용화 시기는 대부분 2020년으로 예상하고 있으며, 상용화 이후 성장세는 매우 가파를 것으로 예상되나 구체적 전망은 기관별 상이함

- Navigant Research는 세계 3대 시장(북미, 유럽, 아시아) 자율주행자동차 연간 판매량이 2020년 8,000대에서 2035년 9,540만대로 연평균 85%성장 예상(2035년에는 연간 판매량의 75%가 자율주행자동차)

- 미국 자동차 시장조사기관 IHS 오토모티브에 따르면 전 세계 자율주행차 판매가 2025년까지 60만대를 기록한 이후 10년 동안 연 43%씩 성장해 2100만대까지 늘어날 것이라는 전망



출처: IHS 오토모티브

<그림 2-1-1> 세계 자율주행차 판매 전망

- BCG(Boston Consulting Group)은 2035년에 전 세계에서 판매되는 자동차 4대 중 1대가 자동 주행 차량이 될 것이며, 완전 자율주행이 가능한 차는 1200만대, 부분 자율주행만 적용되는 차도 1800만대에 이를 것으로 전망함

- BCG는 이어서 자율주행차의 혁신을 주도할 선도국으로는 일본과 서유럽을 뽑았으며, 2025년 글로벌 무인자동차 시장 규모가 420억 달러(약 46조원)에 달할 것이라 발표함

- 중국은 2020년 자율주행차의 시장의 규모를 35조 원으로 예상하고 있으며 이에 대응하기 위해 IT 기업인 바이두, 알리바바, 텐센트 등이 자국 내 완성차 기업과 협력하

여 본격적인 투자를 진행 중

<표 2-1-1> 주요 시장조사기관의 자율주행차 시장전망

시장조사기관	내용
McKinsey	- ADAS(첨단운전보조시스템)이 적용된 자율주행차가 먼저 보급 - 2020년 전후로 완전 자율주행차가 본격 상용화 시작 - 2030년 완전 자율주행차가 신차 판매량의 15%를 차지하고, 2040년에는 신차 판매량의 90%에 이를 것으로 예상
BCG	- 2035년 세계 신차 판매량의 25%가 자율주행차로 바뀔 것이며, 시장규모는 770억 달러에 이를 것으로 전망 - 2035년 완전 자율주행차 글로벌 판매가 1,200만 대, 부분 자율주행차 판매가 1,800만 대 수준에 이를 것으로 전망
IHS	- 2025년 30만 대의 자율주행 차량과 무인주행 차량이 보급될 것이며, 이후 빠르게 확산해 2030년에는 220만 대, 2035년에는 1,100만 대의 자율주행 차량과 1,000만 대의 무인자동차가 도로를 달릴 것으로 전망
F&S	- 2030년까지 자동차 7대 중 1대가 고도의 자율주행 기능을 가지고 있을 것으로 예측
BI	- 2020년에는 1,000만대의 자율주행차가 등장할 것으로 예측
Navigant Research	- 자율주행차 시장이 2020년 1,890억 달러에서 2035년 1조 1,520억 달러로 성장 전망
Jupiter Research	- 2025년 완전 자율주행차가 2,000만 대에 이를 것으로 예측

출처: 정보통신기술진흥센터 ICT Spot Issue

❍ 완전한 자율주행자동차가 상용화되어 민간에 널리 보급되기 이전에는 일반차량에 특정한 자율주행 요소기술이 장착되어 시장을 형성할 것으로 전문가들은 예측

- 다차로차선변경, 교통체증저속구간 자율주행지원, 자동주차, 합류로 및 분기로 주행지원 등의 요소기술을 장착한 부분 자율주행자동차의 지속적인 성장을 전망

<표 2-1-2> 부분 자율주행자동차 시장전망

구분		2015년	2020년	2025년	2030년	2035년
다차로 차선변경	수량 (천 대)	18	9,700	68,458	105,570	119,491
	장착율	0.0%	9.9%	64.0%	90.8%	94.0%
교통체증저속구간 자율주행지원	수량 (천 대)	225	33,113	95,527	108,193	121,204
	장착율	0.3%	33.8%	86.5%	93.1%	95.3%
자동주차	수량 (천 대)	15	11,116	66,372	95,404	110,843
	장착율	0.0%	11.3%	62.1%	82.1%	87.2%
합류로 및 분기로 주행지원	수량 (천 대)	0.6	1,419	27,438	76,804	108,999
	장착율	0.0%	1.4%	25.7%	66.1%	85.7%

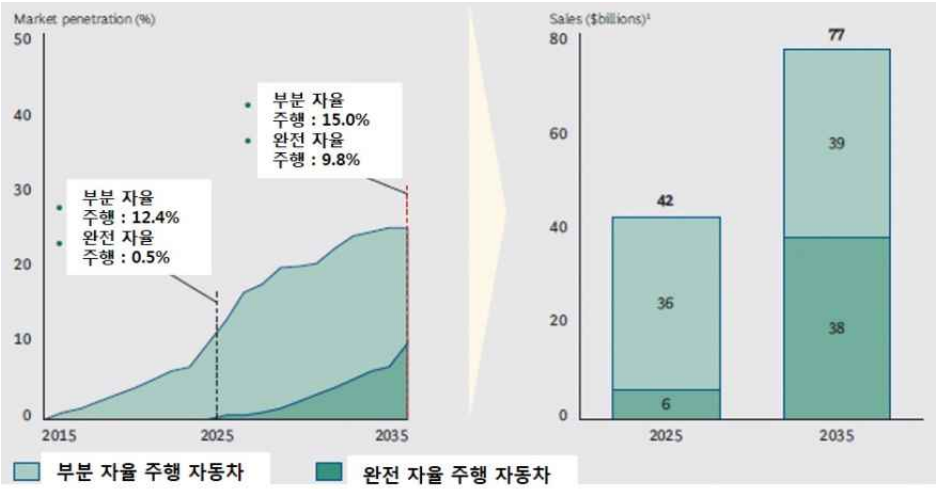
출처: Navigant Research(2013)

○ 지난 12월 WEF에서 발표한 자료에 따르며, 세계 10개국을 대상으로 한 설문 조사 대상자 중 약 60%가 자율주행차를 이용할 의향이 있다고 응답

○ 완전 자율주행차 출시한다면 이를 이용할 의향이 있는가에 대한 설문 조사 결과 매우 그렇다는 응답이 29%, 그렇다는 응답이 29% 합계 58%가 완전 자율주행자동차 이용의향을 나타냄

○ 자율주행 시스템별 시장 전망은 2020년 교통혼잡 저속구간 자율주행 지원은 33.%,차선변경 및 자동주차는 약 10%로 전망한 반면, 합류 및 분기로 주행지원은 1.4% 의 시장 점유 전망

○ 보스톤 컨설팅 그룹에 의하면 2025년에는 부분자율주행의 비율이 전체 자동차 시장에서 12.4%를 차지할 것으로 전망함



<그림 2-1-2> 자율주행 자동차의 비율

나. 대중교통 BRT 자동주행의 시장 전망

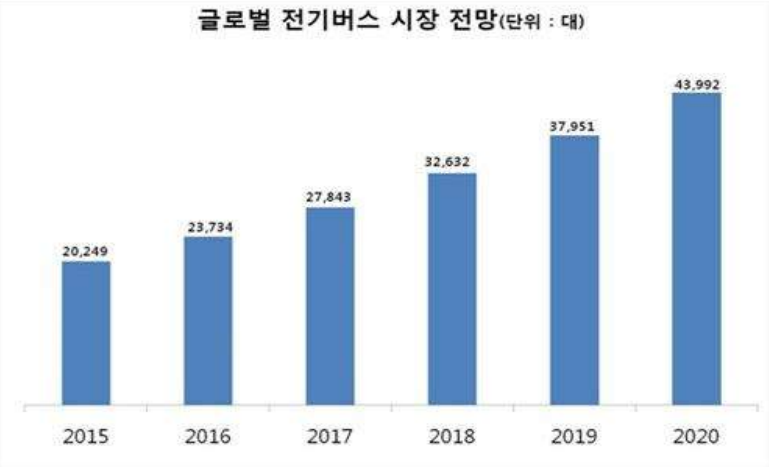
○ 대중교통 BRT의 자동주행 시장은 현재까지 공개된 보고서는 없음.

○ 다만, 전기버스 시장이 점점 커지고 있으며, 이와 동시에 자동주행기능을 탑재한 버스의 형태도 출시 될 것으로 전망됨.

○ 세계 전기버스 판매량은 2018년 약 3.2만대로 증가하고, 2020년까지 약 4.4만대에 이를 것으로 예측

○ 동일한 추세로 전기버스가 성장한다고 보면 2025년에는 약 7만대의 전기버스 공급이 이루어 질 것으로 판단이 되며, 자동차 시장과 동일하게 25% 정도가 부분적으로 자동주행 기능을 갖는다고 가정을 하면, 17,500대가 해당이 됨.

○ 만약 부분자동주행 기능 탑제에 해당하는 비용을 1억원으로 가정을 한다면, 부분 자동주행 기능탑재에 따른 전기동력 BRT의 시장규모는 약 17,500억원에 해당이 됨.



<그림 2-1-3> 글로벌 전기버스 시장 전망

2. BRT 자동주행 기술개발 동향

가. 미국

<표 2-1-3> 올리(Olli) 기술수준

국가	버스명칭 (제작사)	운전기사 유무	탑승인원	특징	운행지역
미국	Olli (Local Motors)	무인자동주행	12인승	시범운행 전 단계	공도

❍ 2014년 처음 3D 프린터로 자동차를 제조한 미국의 로컬 모터스(Local Motors)가 2016년에는 3D프린터로 제작한 인공지능을 탑재한 자동주행버스 '올리(Olli)'를 공개(2016.6.)

- 전기로 운행되는 올리는 2016년 여름부터 워싱턴, 플로리다주 마이애미, 네바다주 라스베거스에서 시범 운행을 할 예정

❍ 12명이 탑승할 수 있는 자동주행버스 올리(Olli)는 IBM의 인공지능 '왓슨(Watson)'의 도움으로 자동주행을 구현

- 자동주행을 위해 라이다, 광학카메라 등 30개 이상의 센서로 모든 방향의 정보 수집

❍ 올리에는 왓슨의 4가지 APL 기술이 탑재되어 이동하는 동안 승객과 대화가 가능

- 4가지 API 기술은 음성을 텍스트화하는 ①Speech to Text, ②자연어 분류를 할 수 있는 NLC(Natural Language Classifier), ③고유 표현을 추출할 수 있는 EE(Entity Extraction), ④텍스트를 음성 변환할 수 있는 Text to Speech로 구분

※ 이 기능을 통해 어느 쪽으로 가고 있는지 목적지에 도착하려면 얼마나 시간이 걸리는지 특정 장소까지 데려다 줄 수 있는지 등 승객과 대화가 가능해 주변 레스토랑 추천, 관광 명소 안내 등 가이드 역할도 가능

출처 : Local motors 홈페이지

<그림 2-1-4> Olli 버스 실내외 전경

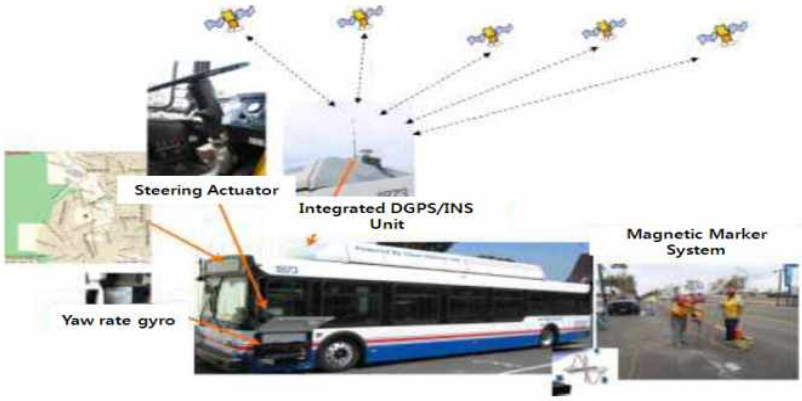
❍ 미국의 자동주행 차량개발은 교통부(DOT), 국방부(DOD), 에너지부(DOE) 등을 통한 연방정부와 주정부에서 지원

- 교통부와 주정부 및 민간 지원으로 여러 대학·연구기관에서 BRT(Bus Rapid Transit)을 위한 VAA(Vehicle Assist & Automation) 프로그램을 수행

- 미네소타州에서는 530만 달러의 예산으로 10개 버스를 이용한 군집주행을 수행하였고, 레이더, 라이다를 이용한 충돌예방기술과 GPS기술을 이용한 횡방향 제어기술을 적용

- AC Transit(Alameda-Contra Costa Transit District)에서는 연방정부 및 캘리포니아 주정부의 지원(200만 달러)으로 2009년부터 자동주행기술을 개발하고 있고, Eugene사에서는 도로노면에 부착된 영구자석을 통한 자동주행기술을 연구

※ 특히 내부센서, 영구자석 및 DGPS를 이용한 상호보안 기술을 적용한 자동주행기술을 동시에 개발

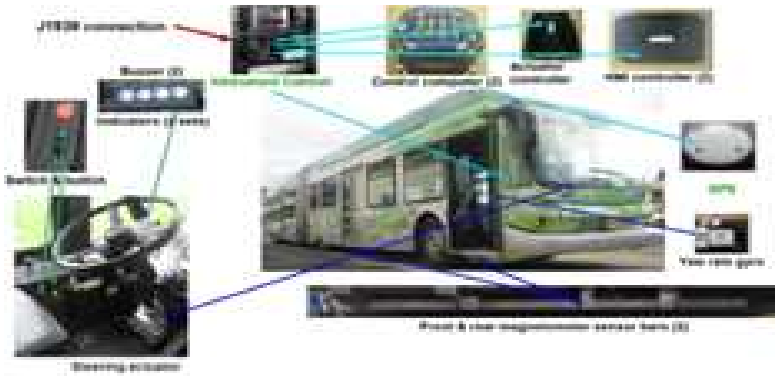


출처 : 국토교통과학기술진흥원(2015)

<그림 2-1-5> AC Transit의 자동주행차

- 미국의 PATH 연구소는 BRT prototype을 개발하여 고속도로 주행시험을 마친 상태이며 Phileas system과 유사하게 도로 중앙에 매설한 magnetic plugs로부터 안내신호를 얻음.. Phileas가 AWS 방식인데 비해 전륜조향방식을 사용하고 있음.

※ 여러 방식 중 자석마커를 이용한 자동운행시스템은 비교된 타 시스템에 비해 기후 및 환경조건에 영향을 받지 않고 유지보수 및 운영 인프라구축 비용이 낮은 장점이 있음



<그림 2-1-6> PATH Project

- 샌디에이고에서는 470만 달러의 예산으로 광학 및 레이더 기반 센서로 ACC 제어를 기반으로 한 충돌예방 및 종횡방향 제어를 적용한 버스의 자동주행기술을 개발

나. EU

<표 2-1-4> 퓨쳐버스(Future Bus) 기술수준

국가	버스명칭 (제작사)	운전기사 유무	탑승인원	특징	운행지역
독일	Future Bus	유인자동주행	12인승	테스트 주행단계	공도

❍ 메르세데스-벤츠는 자사의 자동주행 기술을 버스에 적용시킨 '퓨처버스(Future Bus)'를 개발, 실제 주행시험에 성공(2016.7.)

- 퓨처버스는 유리창의 면적을 넓히고 사이드미러를 카메라로 변경, 전면부 조명은 사람이 운전할 때 흰색을 자동주행 모드인 경우 푸른색 빛을 내도록 설계
- 실내는 좌석과 수납공간으로 구분되며, 승차권을 인식하는 기기도 슬림하게 디자인
- 운전을 한다는 것 자체가 보조적인 수단이기 때문에 운전석은 스티어링휠과 정보를 확인할 수 있는 디스플레이, 무선 휴대폰 충전기 정도만 탑재

출처 : 다임러 홈페이지

<그림 2-1-7> Future Bus 실내외 전경

❍ 신호등을 인식해 정차 후 재출발을 할 수 있고, 정류장에 도착하면 자동으로 승객들의 승하차가 이루어지는 등, 대부분의 주행은 버스 스스로 가능

- 복잡한 도심 교통 환경에 적합하도록 개발한 자동주행 시스템인 '시티파일럿(CityPilot)을 이용하여 자동주행버스인 퓨처버스(Future Bus)를 개발
- 시티파일럿 프로그램의 중요한 요소는 버스주행경로와 도시인프라의 연동인데, 퓨처

버스는 이를 통해 네트워크화되어 있어서 주행경로에 있는 교통신호와 통신하고 신호가 바뀌는 타이밍을 사전에 파악이 가능

- 버스에는 각종 레이더와 카메라, 센서를 통해 앞차와 신호, 보행자를 인식하고 dGPS와 내비게이션 및 V2I 통신장비를 활용하여 교통정보를 수신

출처 : 다임러 홈페이지

<그림 2-1-8> Future Bus에 적용된 주요 자동주행 기술

- 퓨처버스는 네덜란드 암스테르담 부근 20km 구간에서 자동주행 테스트를 실시

※ 최고 70km/h까지 속도를 올렸으며, 주행 중 11번 정차했고, 25개의 신호등 및 3개의 터널을 통과

<표 2-1-5> 위팟(WEpod) 기술수준

국가	버스명칭 (제작사)	운전기사 유무	탑승인원	특징	운행지역
프랑스	WEpod (EasyMile)	무인자동주행	6인승	시범주행 완료단계	캠퍼스 부근

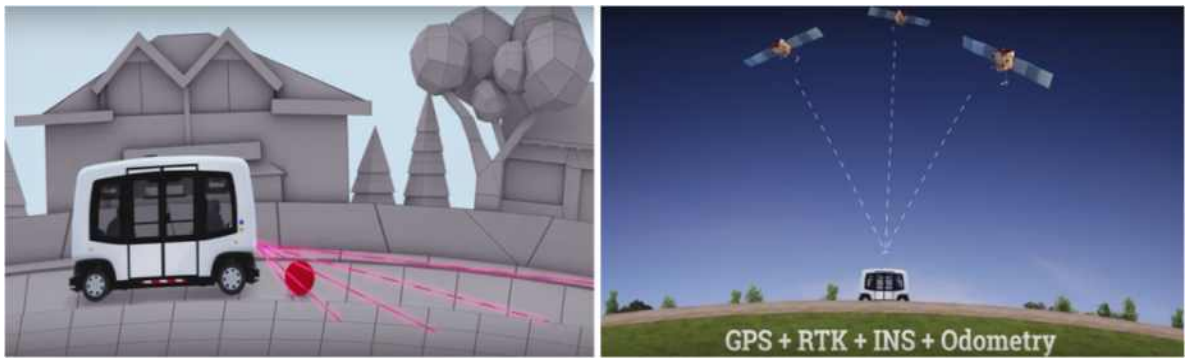
○ 프랑스의 EasyMile社가 만든 ‘위팟(WEpod)은 2016년 1월 네덜란드에서 세계최초로 공공도로에서 시범 주행을 마무리

※ EasyMile社는 과거 F1 참가 경험도 있는 프랑스 소형차 제조사인 LIGIER group과 프랑스 국립정보학 자동제어연구소를 모체로 하는 로봇기술개발기업 Robosoft에 의해 2014년에 설립된 합작회사

- 위팟(WEpod)은 EU의 무인자동차 프로젝트인 ‘Citymobile2’의 일환으로 350만 유로가 투입되었으며, EU의 최대시속 40㎞/h, 6인용 미니버스로 네덜란드 동부 헬더를란트 주의 바게닝겐대 캠퍼스 부근을 주행

○ 도심에 비해 차량이나 보행자의 수가 비교적 적은 이 지역에서 위팟은 운전자·페달·핸들이 없는 대신 위성항법장치(GPS)와 360도 카메라, 레이더 센서를 통해 도로 위의 장애물 회피 및 건물과 간판까지 정확히 탐지하며 자동주행이 가능

- 자동주행을 위해 레이저 스캐너, 레이더, 360도 카메라, 3D Map, GPS·실시간 이동측위(RTK, Real Time Kinematic)·관성항법장치(INS, Inertial Navigation System)·주행거리측정(Odometry) 등의 기술을 활용



출처 : WEpod 홈페이지

<그림 2-1-9> WEpod의 주요기술

- 운전자가 없는 대신 제어실에서 차량의 상태를 점검하며 갑작스러운 변화에 대응하는 시스템으로 운영
- 지정노선운행과 함께 지정 정차구간이 아닌 곳에서 탑승자가 스마트폰 전용앱을 통해 출발지와 목적지를 정해 원하는 곳 어디든 운행이 가능

출처 : WEpod 홈페이지

<그림 2-1-10> WEpod 버스 실내외 전경

○ 그 외에 WEpod은 안전성을 강화하기 위해 도로차량의 기능적 안전성과 안전 사례에 대한 질적 지원에 관한 표준인 ‘ISO26262’에 초점을 맞춤

<표 2-1-6> 안전사례의 주요 기본요소

※ 안전사례의 주요기본요소
① 명확한 모듈/인터페이스 및 요구사항이 포함된 시스템 아키텍5 ② 모든 작업에서의 고장모드 및 영향 분석(FMEA) ③ 엔진시동시나 주행중 셀프 체크 ④ 인증 및 검증을 위한 컨트롤실과의 데이터 연결 ⑤ 교차로 및 횡단보도 등 필요시 중지 ⑥ 컨트롤실에서의 인간 감독자 상주 ⑦ 교통혼잡 최소화를 위한 도로 선택 ⑧ 도로결빙이나 기상악화시 운전 지양

출처 : WEpod 홈페이지

<표 2-1-7> 아르마(ARMA) 기술수준

국가	버스명칭 (제작사)	운전기사 유무	탑승인원	특징	운행지역
프랑스	ARMA	무인자동주행	15인승	대중교통 시범운행 중	공도

❍ 프랑스 Navya社의 무인자동주행 버스 ‘아르마(ARMA)’는 15인승 무선충전이 가능한 전기버스로 최대 속도는 시속 45km, 정해진 노선을 달리거나 택시처럼 On-Demand 방식으로 호출해서 이용이 가능

- 내부에 설치된 터치스크린과 스피커를 활용해 승하차 정보 및 다른 버스에 타고 있는 승객과 대화가 가능하며, 스위스 발레주(Valais) 시옹(Sion)에서는 세계 최초로 ‘아르마’를 대중교통으로 채택, 올해 초부터 운행

❍ 아르마는 주변 환경 인식을 위해 GPS, 라이더, 스테레오 카메라 등을 갖추고 있으며 정적인 또는 동적인 장애물을 피할 수 있도록 설계

- 스테레오 카메라와 레이저를 이용해 물체 위치나 거리, 형상 등을 특정하는 시스템인 라이더(LiDAR), 적외선 센서, GPS 등으로 위치 오차가 2cm 이내이며, 실제 경로를 주행하면서 더 많은 정보를 추가할 수 있게 프로그래밍

- 접근 램프가 있어 휠체어로 승하차할 수 있고, 공조장치 역시 갖추고 있으며 보조 배터리를 탑재하여 첫 번째 배터리가 방전되더라도, 운행이 가능(1회 충전 후 주행거리와 충전 시간은 비공개)

- ARMA는 수동이나 원격 조작이 불가능하지만, 문제발생시 원격스테이션 모니터를 이용해 아르마를 탐색, 지시를 보내 자동으로 버스주행이 가능

❍ 네덜란드 APTS에 의해 개발된 Phileas 차량은 네덜란드 Utrecht에 있는 FROG Navigation systems의 안내제어 기술을 도입하였음

- FROG의 안내제어는 망상 선지정 점(a grid of predetermined points)을 따라 운항함
- 절대위치는 차선도로 중앙에 매설한 자석플러그(자석마커)와 magnetic measurement system, radio beacon transponders, DGPS, 기타 local position sensors 등에 의해 구함
- Phileas의 최대운행속도는 80 Km/h이며, 콘크리트 도로와 도로 표면에 4m 간격으로 매설한 자석마커, 도로에서 300mm 높이의 정류장 발판 등이 필요. 이밖에 Phileas 차량은 AWS(All wheel steering) 시스템으로 설계됨

<그림 2-1-11> 네덜란드 Phileas 차량

다. 일본

<표 2-1-8> 로봇셔틀(Robot Shuttle) 기술수준

국가	버스명칭 (제작사)	운전기사 유무	탑승인원	특징	운행지역
일본	Robot Shuttle	무인자동주행	12인승	시범운행 중	쇼핑몰

❍ 일본 인터넷기업 DeNA은 무인자동주행버스인 ‘로봇 셔틀(Robot Shuttle)’을 2016년 8월부터 시험운행 시행

- DeNA의 로봇셔틀은 프랑스 EasyMile S.A社가 개발한 전기 자동주행버스를 도입한 것으로, 최대 탑승인원 12명, 최대 40㎞/h까지 가능하며 도쿄올림픽이 열리는 2020년까지 자동주행 버스를 실용화한다는 목표

<그림 2-1-12> Robot Shuttle 실내외 전경

❍ 자동주행버스 1호는 도쿄 인근 지바현 지바시 마쿠하리 신도심 이온몰에서 서비스를 시작할 계획이며, 쇼핑단지나 공장·대학교 내에서 시범운행 뒤 성과를 보고 일반도로 주행여부를 결정

- 카메라와 LiDar 등 각종 센서, dGPS를 탑재하여 주변환경을 인식하고 정해진 경로를 따라 자동주행하게 되며, 긴급상황 발생시 차 안 승객이 직접 긴급정차를 할 수 있는 버튼도 마련

출처 : Autoc one KK

<그림 2-1-13>장애인 이용 및 긴급제동버튼과 지붕에 탑재된 dGPS와 안테나 센서

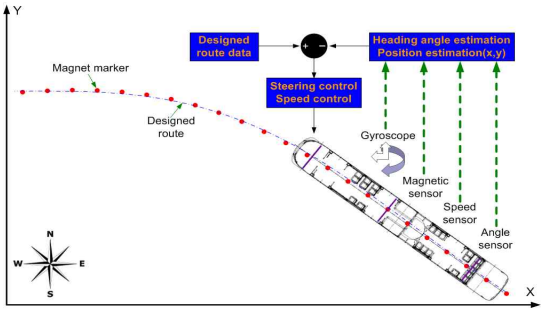
라. 한국

❍ 신에너지 바이모달 수송시스템 개발 과제(2003~2014)에서 자석마커 기반 자동운전 시스템의 요소기술 개발과 차량 시험을 수행함.

- 자석마커가 주행경로상에 매설

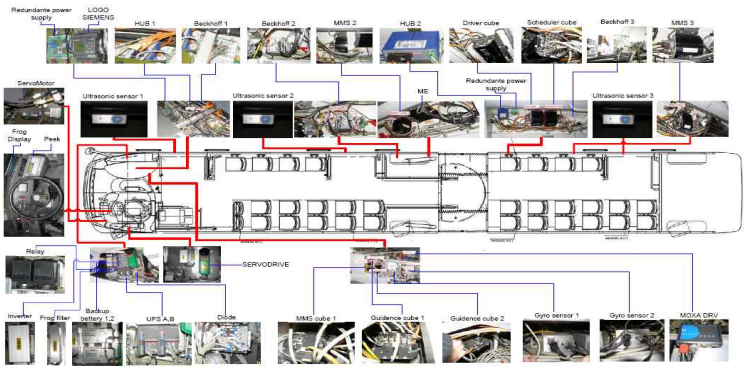
- 자석마커가 매설된 도로에서 설계된 기준 경로를 차량이 추종하기 위한 자동안내제어기능, 차량에 주어진 목표속도로 주행하기위한 자동속도제어기능, 정거장의 목표지점에 정밀정차하기 위한 정밀정차 제어기능을 포함

<그림 2-1-14> 바이모달 트램



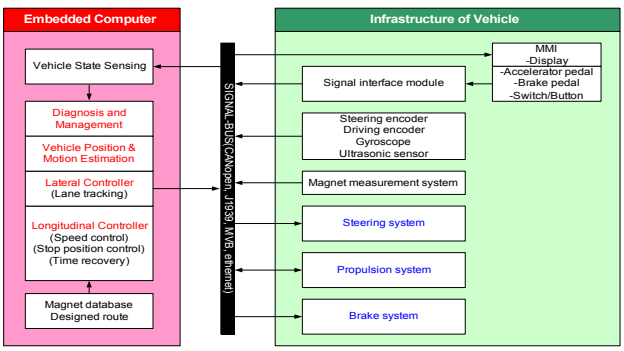
<그림 2-1-15> 자동운전 제어구조

- 자동운전시스템을 위한 H/W구성: 차량움직임을 계측하기 위한 센서, 센서들의 정보를 전송하기 위한 통신시스템, 정보를 수집하고 연산하기 위한 제어컴퓨터, 제어지령에 따라 동작하기 위한 각 구동장치들로 구성



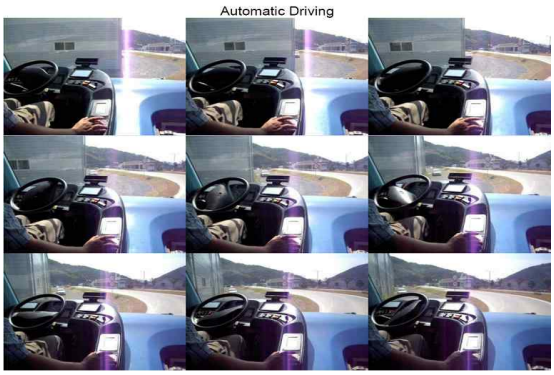
<그림 2-1-16> 바이모달 트램 자동운전 장치 구성

- 자동운전시스템 S/W 구조: 자동운전제어 컴퓨터는 차량에 설치되 각종 센서신호를 수집 -> 장치나 신호의 이상 유무를 판단하고 보정하여 차량의 모션을 예측하고 차량의 현재위치를 계산 -> 종/횡방향 제어기는 현재위치를 기준으로 목표위치와 목표속도에 따르는 제어 조작 량을 계 -> 계산된 제어량은 각 하부의 조향제어시스템, 추진제어시스템, 제동제어시스템에 전송

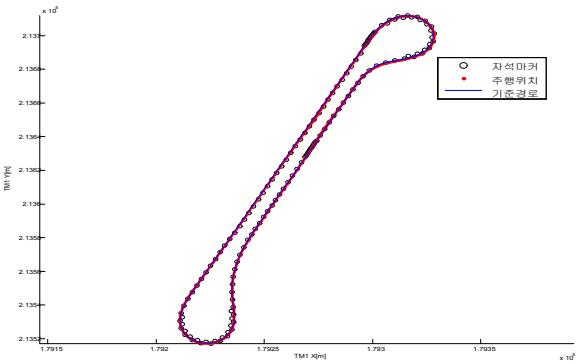


<그림 2-1-17> 자동운전시스템의
신호인터페이스 구조

- 자동운전 절차: 수동운전으로 자석마커의 초기화 지점을 지나침 -> 자동운전시스템이 차량초기위치확인이 끝나면 자동운전 모니터 창에 자동운전가능 메시지("Auto possible")가 현시 -> 운전자가 자동운전버튼을 누르면 자동운전 시스템은 자동운전을 시작 -> 차량은 자동속도제어, 자동운전위치제어, 자동정위치 정밀정차를 수행

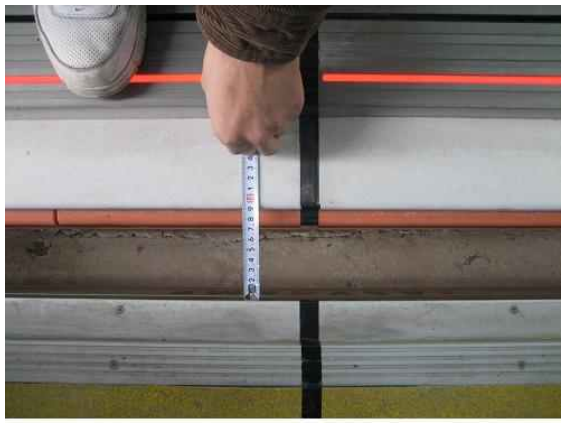


<그림 2-1-18> 밀양시험선 자동운전 시연모습



<그림 2-1-19> 자동운전시 기준경로와 실 주행 위치궤적

- 자동정밀정차제어: 정거장에서 차량은 정거장과의 측면간격을 제어하기 위해 기준주행 경로와의 오프셋 값을 이용하며 주행 기준경로에서 우측 30cm 편차 방식으로 횡방향 이동(crab way) 함



<그림 2-1-20> 정거장 정밀정차

○ 2017년 12월 판교제로시티내 일반인이 탑승할 수 있는 자동주행 셔틀을 운행할 계획 (국토부 2017년 업무계획)

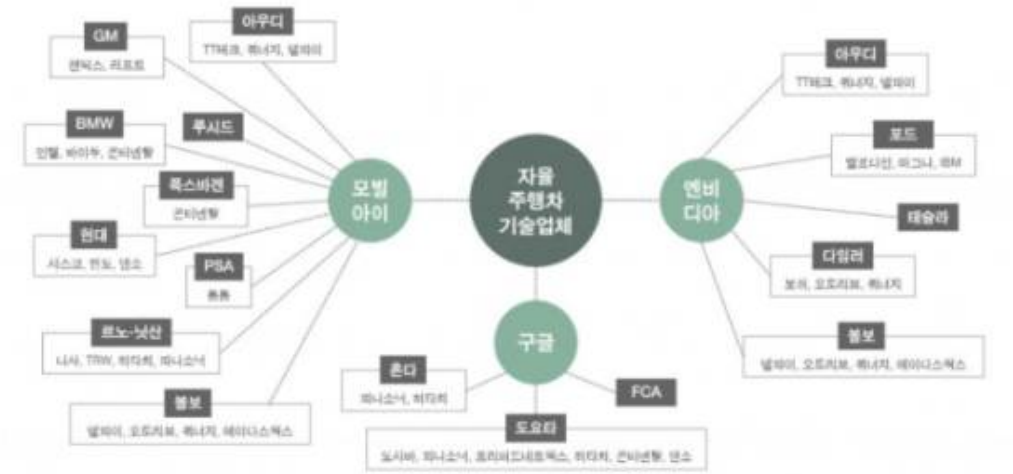
- 12인승 전기차
- 신분당선 판교역 ~ 판교제로시티 입구 2.5 km 운영
- 제한속도 63 km/h
- 고정밀 디지털지도, V2X 통신, 지능형 교통시스템 등을 통한 모니터링

3. 자동주행 시스템 기술동향

가. 주요 업체들의 자동주행 시스템 시장 동향

❍ 자동주행 차량 분야 선도 기업들은 크게 개발 방향이 두 방향으로, 구글, 엔비디아-아우디, 인텔-BMW, 포드 등의 경우 운전자가 필요 없고 100% 자율주행이 가능한 이른바 ‘무인자동차’ 개발에 힘쓰고 있으며, 테슬라, 도요타, 닛산 등은 아직까지는 운전자 개입이 필요할 수밖에 없다고 판단하여 우선적으로 부분 자율주행 자동차 개발에 집중하는 등 자동주행 분야에 대해 각기 다른 전략을 세워 기술을 개발 중

❍ 자동주행 기술을 개발하는 기업들은 ICT 기업과 완성차 기업이 대부분이며, 협력을 이루는 동시에 서로 견제하고 있음



<그림 2-1-21> 자동주행 차량 개발 협력 관계도

❍ 각국의 정부나 기업마다 상용화나 표준에서 주도권을 선점하기 위해 전략적 파트너쉽을 맺고 있으며, 실제로 작년 12월 자동차·IT·보험 산업 내 기업들로 구성된 자동주행 차량 공동 연구 목적의 컨소시엄이 출범함

❍ 전 세계 신차 중 첨단 운전자 보조장치(ADAS) 기능을 가진 차량의 80%는 모빌아이의 기술을 채택하였으며 ADAS용 자동차 반도체 칩셋 가격이 50달러 안팎으로, 이에 비해 엔비디아 플랫폼은 1만 달러에 육박하며 구글의 기술은 추산이 불가능함

❍ 하지만 인공지능 기술에 대한 강력한 하드웨어 지원 기술을 보유하고 있는 엔비디아의 기술 수요가 급증하고 있으며 이는 올해 CES에서 자체 개발한 ‘BB8’과 아우디와 협력해 자동주행을 시연하였으며, 볼보 등 일부 업체는 엔비디아 플랫폼을 구입하여 실제 도로에 투입함

나. 자동주행 하드웨어 시스템 기술

○ 자동 운전 하드웨어 시스템의 핵심 기술은 크게 주변 환경을 인식하는 다양한 종류의 1) 센서와 인식한 정보를 판단, 최적의 조건으로 제어하는 2) 전장 제어 장치 (Electronic Control Unit, ECU) 및 3) 임베디드 소프트웨어 (Embedded Software), 전자 신호를 기계적 신호로 변환하는 4) 액추에이터 (Actuator)로 구성 됨

○ 1) 센서 : 주행 환경에 대한 정확한 인식 없이는 차량의 판단 및 제어 기능의 발전 여부와는 무관하게 자동주행 시스템 자체가 불가능함. 따라서 자동주행 차량의 출발점이자 핵심은 외부 환경을 인지하는 센서에 있음

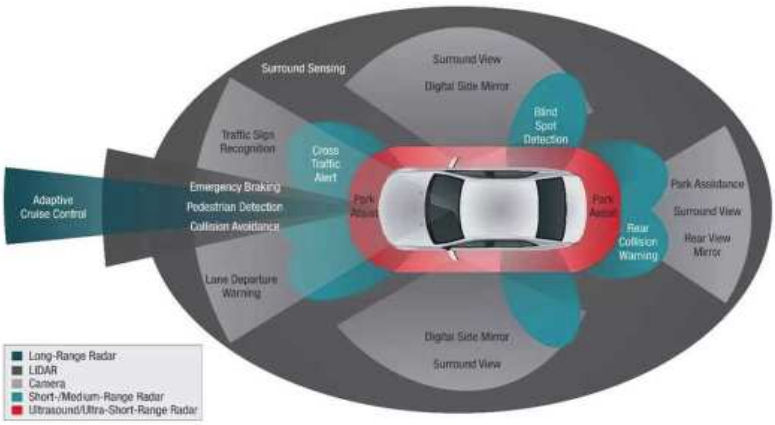
<표 2-1-9> 자동주행 차량의 센서 특징

센서	기능	특징
Camera (카메라)	이미지 센서를 이용하여 주변 환경을 이미지로 감지 및 처리하는 센서	- 인간의 눈과 같이 차선, 신호등, 표지판, 차량 및 보행자 등의 다양한 사물을 동시에 인지할 수 있음 - 날씨 및 시간대에 민감함 - 가장 수월하게 널리 적용됨
Radar (레이더)	주변 물체의 거리나 속도 등을 측정하기 위하여 전자기파를 사용하는 센서	- 날씨 및 시간대에 상관없이 사물을 인지할 수 있고, 장거리 인지가 가능함 - 형태 인식이 불가능하고, 타 센서 대비 제품 단가가 비싸다는 단점이 있음 - ADAS 기술 전반에 걸쳐 사용됨
Lidar (라이다)	빛을 이용해 주변 물체 및 장애물 등을 감지하는 센서	- 정밀도가 높고, 3차원 영상의 구현이 가능함 - 레이더에 비해 인식거리가 짧고 날씨 등의 환경에 영향을 받는 단점이 있음
Ultrasonic Wave (초음파)	초음파를 활용해 근거리 장애물을 감지하고 거리를 측정하는 센서	- 기술이 이미 성숙 단계에 있고, 제품 단가가 타 센서 대비 가장 저렴함 - 가능한 측정 거리가 짧음 (수 미터 이내) - 주차 보조 기술로 가장 널리 사용됨
GPS	인공위성을 이용해 지구상의 절대 위치를 측정	- GPS의 성능에 따라 수십 m에서 수 cm까지의 정확도를 지님 - 도심지나 터널과 같은 특정 환경에서 정확도가 크게 떨어짐

<그림 2-1-22> 자동주행 차량 센서

<그림 2-1-23> Lidar 센서 비교 (Delphi)

- 안전하고 정밀한 자동주행을 위해서는 차량 주변의 주행 환경 인식을 보다 넓고 정밀하게, 환경의 영향에 민감하지 않게 센서를 구성 및 설치해야 하는데 이를 위해서는 아래 그림과 같이 차량에 다양한 종류의 센서를 설치해야 함



<그림 2-1-24> 자동주행 차량 센서 범위 (Texas Instruments)

<그림 2-1-25> 자동주행을 위해 필요한 센서

- 기존의 기술 개발은 주로 승용차량을 이용하거나 중대형 버스나 트럭의 자동주행 기술의 경우에는 고속도로와 같은 제한적인 주행환경에서 이루어져 2량 이상의 대형 BRT 차량이 부분적으로 혼류 주행을 하는 주행 환경에서는 한계가 있음

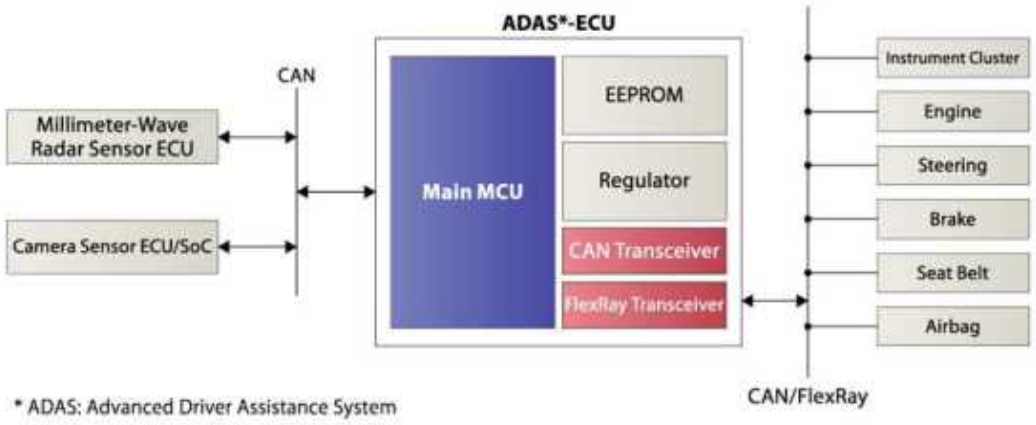
- 따라서 대형 BRT 차량의 넓은 차량 범위를 인식 할 수 있으며 부분적 혼류 주행의 복잡한 주행 환경을 정밀하게 인식 할 수 있는 멀티 센서 통합 모듈에 대한 연구가 필요함

○ 2) ECU : 인간의 뇌와 같은 역할을 하는 장치로서 관련 소프트웨어들과 함께 센서에서 전달된 데이터들을 해석, 가장 적합한 솔루션을 판단하는 역할을 수행하며, MCU(Micro Control Unit), 디지털 신호 처리 장치(Digital Signal Processor, DSP), CAN(Controller Area Network) 트랜시버 등으로 구성됨

- 최근 다양한 ADAS 기술이 동시에 적용되면서 차량에 탑재되고 있는 ECU의 숫자가 크게 늘고 있고, 다양한 센서와 시스템들이 서로 복잡하게 연계됨에 따라 이를 통합적으로 제어할 수 있는 ECU의 중요성이 커지고 있음

- 기존의 상용화되어 있는 ADAS 기술의 경우, 주로 단일 센서가 적용되고 주어진 상황이 비교적 단순하였기 때문에 ECU 기술을 구현이 상대적으로 수월했음

- 그러나 대용량 BRT 차량과 같이 인식해야 하는 범위가 넓어 사용되는 센서의 개수와 종류가 많고 많은 수의 승객이 탑승, 하차 하는 등의 복잡한 주행 상황에서는 다양한 돌발 상황이 발생할 수 있어 ECU의 종합 판단 및 제어 능력이 요구되기 때문에 이를 위한 중대형 자동주행 BRT 차량을 위한 통합 제어기 개발이 필요함

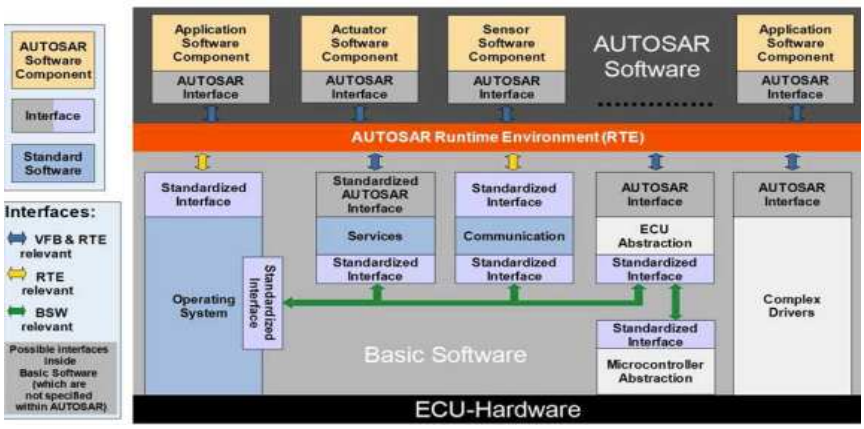


<그림 2-1-26> 차량 내 ECU 구성 예시

<그림 2-1-27> 자동주행 차량 내 ECU 예시

❍ 3) 임베디드 소프트웨어 : 차량에 내장된 소프트웨어란 의미로, 각 자동주행 차량 기술의 목적에 맞는 특수한 기능을 수행하도록 다양한 전장 장치들을 구동, 관리 및 제어해주는 역할을 함

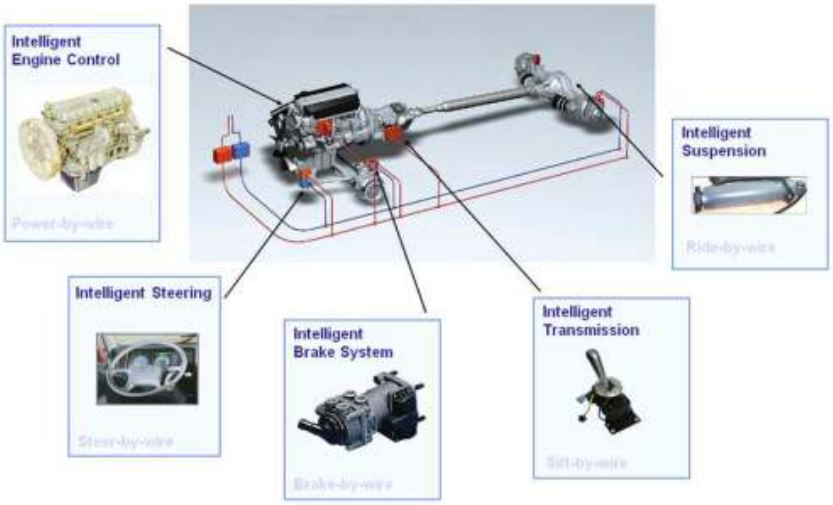
- 자동주행 차량을 위한 임베디드 소프트웨어는 크게 ECU를 지원하는 운영체제 및 센서 네트워크를 위한 초소형 운영체제, 그래픽 시스템 및 메모리 파일 시스템과 데이터베이스 관리 시스템 등으로 구성됨
- 자동주행 차량에 있어 소프트웨어의 오동작, 지연 및 작동 중지는 심각한 결과를 초래할 수 있기 때문에, 본 기술은 안전성과 관련하여 고도의 신뢰성이 요구됨
- 자동차 임베디드 시스템 및 소프트웨어의 기술 혁신을 위하여, 전 세계 여러 완성차 업체 및 부품업체들이 협력하여 차량용 소프트웨어 플랫폼인 오토사(AUTomotive Open System ARchitecture, AUTOSAR)7)를 공동 개발하며 표준화를 진행하고 있음



<그림 2-1-28> 자동주행 차량 오토사 기반 소프트웨어와 ECU 예시

❍ 4) 액추에이터 : 인간의 손, 발과 같은 역할을 하는 장치로서, ECU의 명령에 따라 차량을 제어하며, 제동 장치 ABS (Anti-lock Braking System), 차체 자세 제어 장치 ESC (Electronic Stability Control), 조향 장치 MDPS (Motor Driven Power Steering), 액티브 에어백 및 안전벨트 등으로 구분됨

- 액추에이터는 일반적으로 압축공기나 전기모터, 유압 등에 의해 작동하며, 자동주행 차량의 경우 전기모터를 활용하는 액추에이터 부품이 크게 증가하고 있음



<그림 2-1-29> 지능형 액추에이터 예시

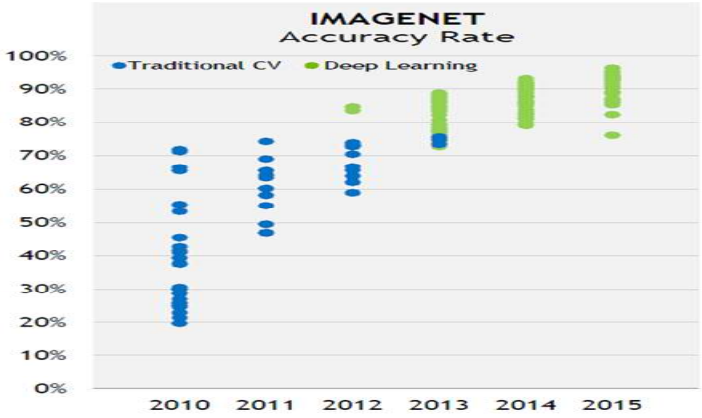
다. 주행 환경 인식 및 인공지능 기술

❍ 자동주행을 위해서는 LiDAR(Light Detection and Ranging), 카메라, 초음파센서, GPS 등의 센서를 통해 주변 차량, 보행자, 장애물, 표지판, 차선 등의 도로 주행 환경을 인식해야 하며 이를 통해 최적의 주행 제어 명령을 판단함

❍ 2000년대 초반까지 자동주행에 사용되던 인식 알고리즘이나 인공지능 기술은 전통적인 기계학습(Maching Learning, 머신러닝) 관련 기술에 의해 개발되어 왔으나 최근 GPU 하드웨어의 기술 발전과 빅 데이터 구축, 기존 기계학습 기술들의 발전으로 딥러닝(Deep Learning, 심층학습)에 의한 큰 기술 향상이 일어남

❍ 딥러닝(Deep Learning, 심층학습)은 인공지능의 한 분야인 머신러닝(Maching Learning)의 한 분야로 인간의 대뇌 연산을 흉내 낸 알고리즘

- 인간 대뇌를 흉내 낸 알고리즘이므로 기존 인간만이 할 수 있다고 여겨지던 고도의 추상 활동을 기계가 할 수 있게 되었으며, 심지어 인간을 능가하는 사례가 속출함



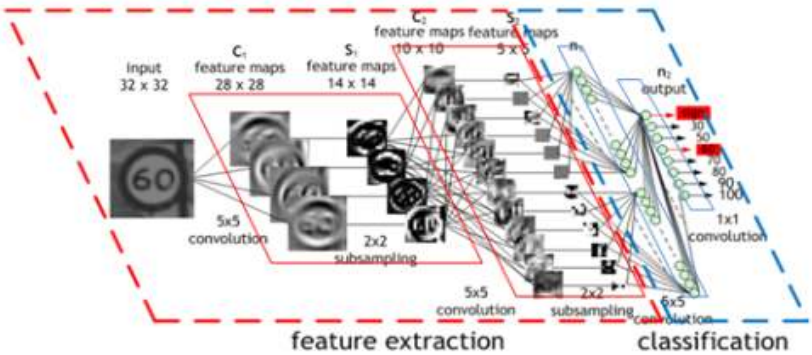
<그림 2-1-30> 이미지넷 대회 결과

○ 딥러닝의 방식 중 한가지인 컨볼루션 네트워크(Convolution Neural Network, CNN)는 사람이 눈으로 사물을 바라보는 방법을 모사한 기법으로 영상 인식을 활용한 주행 환경 인식에 획기적인 발전을 이루어 주요 IT·완성차 업체의 시범주행 및 기초기능 적용 활발히 진행 중임

- 구글은 딥러닝 연구 분야의 대가인 토론토 대학의 제프리힌튼(Geoffrey Hinton) 교수 영입과 함께 공격적인 M&A로 검색, 이미지 인식, 자동차 등 다방면에서 산업을 주도함

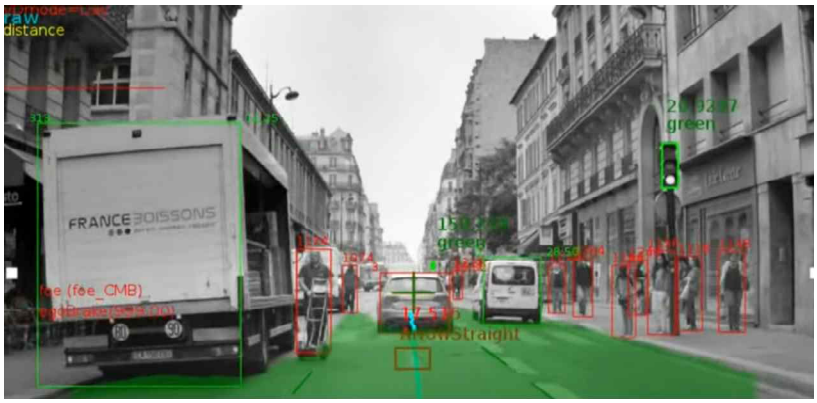
- 2015년 출시된 구글의 구글 포토의 경우, 업로드한 사진 속에 객체가 어떤 음식, 어떤 종의 동물, 어떤 인종의 사람인지 등 세분화된 자동 인식 기능을 제공

- 2015년 12월 이미지넷에서 주최한 머신러닝 사진 인식 콘테스트에서 사람은 마이크로소프트(4.94% 오류)와 구글(5.03% 오류)에 이어 3위(5.1%)를 차지



<그림 2-1-31> 컨볼루션 뉴럴 네트워크 예시

- 페이스북의 경우, '14년부터 딥러닝 기술이 적용된 딥페이스를 통해 과거에 사용자가 올린 사진과 태그를 학습 데이터로 활용하여 새 사진을 올리면 유사한 얼굴을 인식한 뒤 이를 알려주는 서비스 제공 (딥 페이스의 인식률 97.35%, 사람의 평균적 인식률 97.5%)

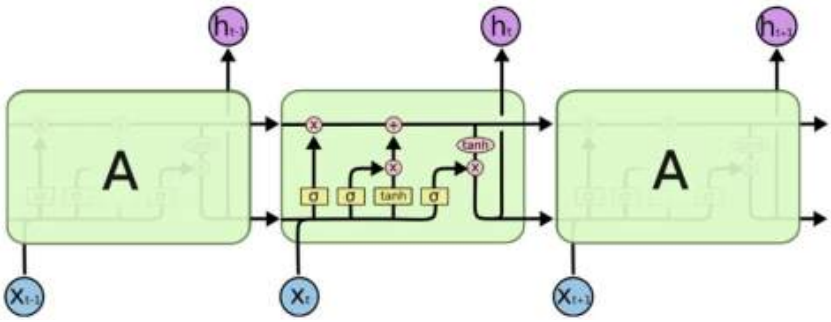


<그림 2-1-32> 컨볼루션 뉴럴 네트워크를 활용한 인식 결과

❍ 또 다른 방식인 회귀 신경망(Recurrent Neural Network)는 음성 합성, 음성 인식, 자연어 번역 등의 자연어 처리 분야에서 사용되고 있으며 자연어 처리는 대형 BRT 차량의 운전기사나 승객들의 상태를 판단하는데 이용됨

- RNN은 신경망의 출력 값의 일부가 신경망의 입력 값에 포함되는 형태의 신경회로망을 의미하는데 이러한 형태의 신경망은 시계열 데이터를 처리하는 데에 쓰이는 목적으로 예전부터 제안이 되어 왔으나, 그 특성상 오랜 시간에 걸쳐 나타나는 패턴을 잘 인식하지 못한다는 문제가 있어 사용이 어려웠지만 장단기기억(Long short-term memory; LSTM)이 고안됨에 따라 획기적으로 인식률이 발전함

- 음성인식의 경우, 2000년 이후 딥러닝 적용 이후 인식률이 크게 향상되었으며, 현재 최고 기술 수준인 구글의 경우 '15년 기준 92% 정도의 인식 정확도를 보이고 있으며, 향후 음원 분리·노이즈 제거 등의 딥러닝 적용에 따라 성능의 빠른 개선 예상됨



<그림 2-1-33> RNN, LSTM 예시

❍ 딥러닝을 이용한 인식률 향상에는 반드시 학습을 위한 양질의 빅 데이터가 필요한데 이를 위해서 많은 IT, 자동차 업체들은 다양한 날씨, 시간, 장소에서 다양한 센서들의 주행 데이터를 수집하고 있음

- 딥러닝을 위한 기초적 학습데이터는 분야별로 대중적으로 공개된 경우가 많으나(예를 들어, 영상인식의 MNIST Dataset), 이는 기업 제품·서비스에 따른 특수한 문제해결을 위해서 광범위하게 활용되기는 어려움

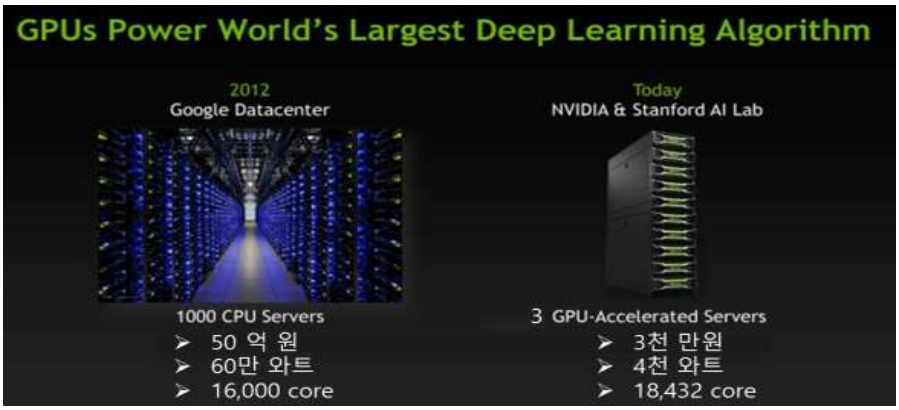
- 따라서 동일한 딥러닝 기술 수준을 가진 기업이라 하더라도 보다 딥러닝 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있는 데이터를 보유했느냐 여부가 시장에서의 성패를 좌우할 것으로 보임

- 같은 주행 노선을 반복적으로 다니는 BRT 차량의 특징을 이용하여 딥러닝을 위한 다중센서 Big data 구축과 데이터들의 관계 정의가 필요함

○ 딥러닝은 하드웨어(GPU) 및 분산시스템 기반 병렬 처리 기술의 출현을 통해 인공신경망 방법론의 기술적 장벽 극복하며 발전함

- 2001년에 엔비디아가 본격적으로 과학계에 기술을 서포트 하면서 GPGPU(General Purpose Graphic Process Unit)을 이용한 병렬처리 기술이 소개되었으며, 이로 인한 효율적인 연산이 가능해짐

- 뿐만 아니라 여러 대의 컴퓨터를 네트워크로 연결하여 사용하는 분산 시스템 기반 병렬 처리 기술)의 발전도 방대한 연산을 처리하는 인공신경망 방법론의 발전 지원



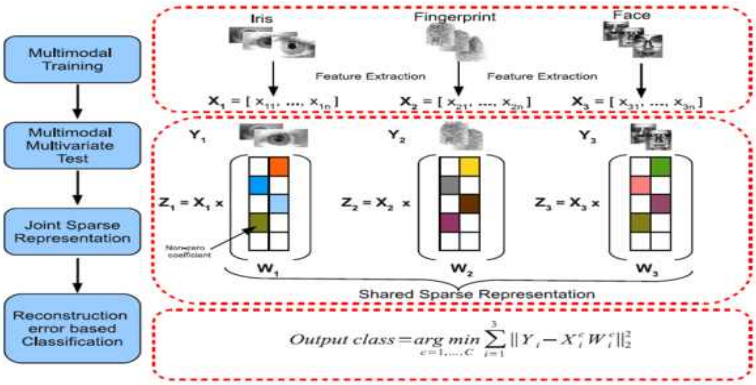
<그림 2-1-34> GPU의 발전으로 인한 병렬처리 하드웨어 성능의 향상

- 대형 BRT 차량(2량 이상의 굴절버스 포함)의 자동주행을 위해서는 많은 개수의 센서, 다양한 종류의 센서가 필요한데 멀티 센서들의 실시간 처리를 위해서는 반드시 고해상도, 3d point들을 효율적으로 처리 할 수 있는 병렬처리 기술이 필요함

○ 이미지 인식과 같은 한 가지 센서의 Uni-modal 학습은 일반적인 기계학습 연구에서 많이 다루어져 왔으며 최근 들어 다중 센서를 이용한 Multi-modal 학습을 심층학습 구조로 접근하고자 하는 시도가 증가하고 있어 주행 환경 인식을 위한 차량의 다중 센서(Lidar, Camera, GPS, Navigation, 차량 내부 센서 등)를 통해 주행의도를 파악하는 기술 선점이 반드시 필요함

- 특히 대용량 BRT 차량의 경우 차량이 인식해야하는 범위가 넓고 차량 외부의 주변 환경 뿐만 아니라 차량 내부에 탑승하고 있는 승객들의 상태를 파악하여 종합적으로 판단해야 함으로 다중 센서의 멀티모달 딥러닝 학습 기술이 반드시 개발되어야함

- 또한 이러한 멀티모달 딥러닝 학습은 기존에 파악하기 어려웠던 인간의 행동을 추상적으로 이해할 수 있어 정거장에 대기하고 있는 여러 보행자들의 탑승 여부나 탑승해 있던 탑승객의 하차 여부 등 기존에 운전기사가 판단하였던 고도의 상황 파악을 인공지능이 대신 할 수 있음

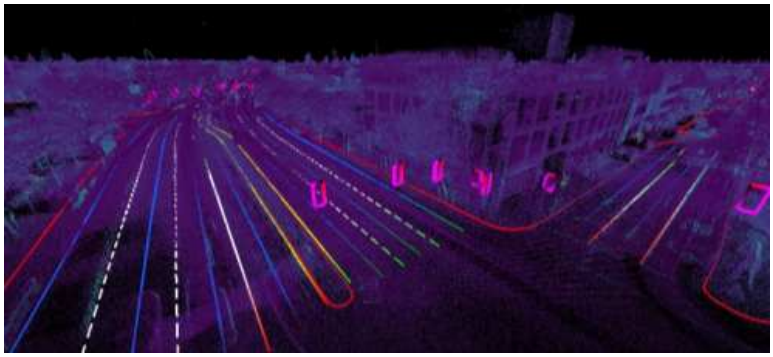


<그림 2-1-35> Multi-modal을 이용한 학습

라. 위치 인식 및 지도 기술

○ 자동주행 차량 상용화를 위해서는 전자지도 데이터와 위성항법장치(GPS)를 연동한 정밀 측위 기술이 필수적이기 때문에 완성차 업체, IT 업체들은 전자지도 개발 업체들과의 인수합병(M&A)을 통해 데이터 확보에 나서고 있으며, 기존 전자지도 데이터를 확보한 기업들은 실제 주행에 안정화시키는 작업을 진행하고 있음

○ 여러 기업들은 센서 들을 통해 얻은 대량의 주행환경 데이터를 바탕으로 기존 내비게이션 지도보다 정밀도가 훨씬 높은 3D 지도를 개발 중이며 현재 내비게이션 지도는 1.75m 정도의 오차를 보이는 반면, 3D 지도를 이용한 위치 인식은 수 cm에 불과한 오차를 가짐



<그림 2-1-36> 3D Map

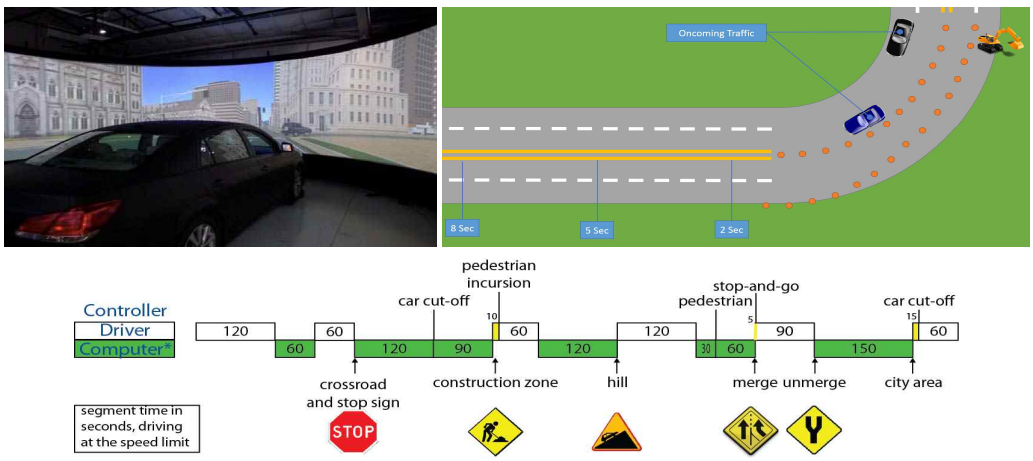
마. 관제권 이양 HMI 기술

❍ Human Machine Interface(HMI)는 인간행동에 영향을 주는 요소를 분석하여 실생활에 적용하는 것으로 'Human Factor'로도 표현됨

- 자동차에 HMI 기술은 스위치의 조작배치에서 최근에는 음성인식이나 터치스크린 앞으로는 제스처 인식 등과 같은 모든 인터페이스를 포함하고 있음

- 레벨 2,3 단계의 부분적 자동주행에서는 운전자와 자동차 간의 제어권 이양이 수시로 이루어짐으로 인하여 운전자가 제어권을 이양하고 반환받는 순간에서의 HMI기술이 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상됨

❍ 미국 스탠포드 대학에서는 고정된 제어권 이양 알림 시간을 설정한 차량의 주행 모드별로 충돌 회피 기능 등을 분석하였고 이어서 제어권 이양 알림 시간을 세 가지로 나누어 적절한 알림 시점을 찾아내려는 연구를 수행함. 제어권 이양 알림 시간에 대한 실험은 실제 차량과 270° 시야의 스크린을 설치한 자체 개발 시뮬레이터를 통해 실제 주행환경과 흡사한 실험 환경을 구축하여 자동주행 3단계에 해당하는 운전자의 2차 업무 수행 중 적절한 알림 시점에 대해 분석함



<그림 2-1-37> 스탠포드 대학교 시뮬레이터 및 제어권 이양 시나리오 예시

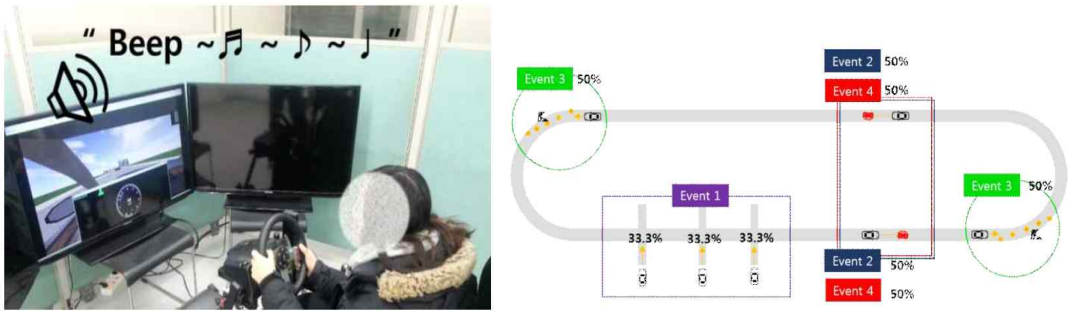
❍ 독일 자동차 부품업체 콘티넨탈사는 재설정이 가능한 비쥬얼 인터페이스, 음성 커뮤니케이션을 제공하는 등 운전자와 차량 사이의 상호작용을 위한 HMI 시스템을 개발하고 있으며 일본 덴소사는 2015년 운전자의 안면인식기술을 통해 전방주시 태만, 졸음 상태 등을 파악하는 시스템을 최초로 일본 히노 자동차에 적용함. 덴소사는 자동주행 차량용 HMI에 대하여 운전자의 의도 추정 및 졸음 감지 기술을 확보하기 위한 연구를 진행 중임

<그림 2-1-38> 콘티넨탈사의 총체적 HMI(위) 덴소사의 안면인식기술(아래)

○ 국내 자동주행차량 제어권 이양에 대한 연구는 한국전자통신연구원에서 제어권 이양 시점에 대한 단순 비교 연구를 수행하면서 차량과 운전자간 상호작용 연구의 필요성을 제시함

○ 최근 국내 K대학교에서는 단순화된 몇 가지 부분 자동주행차량과 제어권 이양 시나리오를 외국 선행연구를 토대로 가정하고 제어권 이양 시점을 각 차량 및 시나리오별로 미리 설정하여 이양 전후의 차량 및 운전자의 상태를 분석함. 한정된 자동주행 시나리오와 단순화한 시뮬레이션 환경에서 연구를 수행하여 국내 자동주행 차량용 HMI 연구가 외국에 비해 상당히 뒤쳐져 있음을 시사하고 있음

○ 외국 완성차 및 부품업체에서 자동주행 차량을 위한 차세대 HMI 기술을 발표하고 있는 것과 달리 국내 업체들은 아직 수동주행 차량의 운전자 편의성 및 자동주행 기술 구현에 집중하여 개발하고 있는 상황임



<그림 2-1-39> (a) 국내 대학에서 구축된 HMI 시뮬레이터 (b) 시뮬레이션 시나리오

○ 많은 인원이 차량에 탑승하여 앉아있거나 특히 서 있는 대용량 BRT 차량의 경우 자동주행 시에 발생할 수 있는 돌발 상황에 의한 안전한 수동/자동 제어권 이양이 중요하며 운전기사뿐만 아니라 승객에게도 위험 상황을 알려줄 수 있는 HMI 관련 기술의 개발이 필요함

바. 첨단 운전자 보조 기술 (ADAS)

❍ 첨단 운전자 보조 기술은 응용에 따라 크게 긴급 자동제동 시스템(Autonomous Emergency Braking), 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤 (Adaptive Cruise Control, ASCC), 차선유지 지원 시스템(Lane Keeping Assistance System), 주차 보조 (Parking Assistance, PA) 등으로 구분 가능함

❍ 유럽, 미국, 일본을 비롯하여 한국, 중국 등 자동차 시장 주요 관련 국가들에서는 NCAP(New Car Assessment Program, 신차 안전도 평가)에 ADAS 기술을 평가 항목으로 채택하거나 ADAS 장착을 의무화하고 있음

- NCAP 안전성 강화 로드맵에 따라 ADAS 제품의 최소 장착율이 2013년 3~10%에서 2015년 50~100% 수준으로 강화되었음

<그림 2-1-40> 유럽 NCAP 2020 아웃룩

❍ 긴급자동제동시스템(Autonomous Emergency Braking)은 차량 여러 곳에 장착된 센서와 카메라에서 레이더나 초음파를 보내 전방의 거리와 장애물을 감지, 수집된 정보를 분석하고 브레이크와 조향장치, 전동 안전벨트 등을 최적의 상태로 직접 제어하여 에어백에 의한 운전자의 충돌상해를 경감할 수 있는 충돌예방 시스템임

❍ 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC)은 전방의 선행 차량과의 거리를 자동으로 인식하여 운전자가 페달 조작을 하지 않고도 스스로 속도를 조절하고 앞차와의 간격을 유지하는 기술임

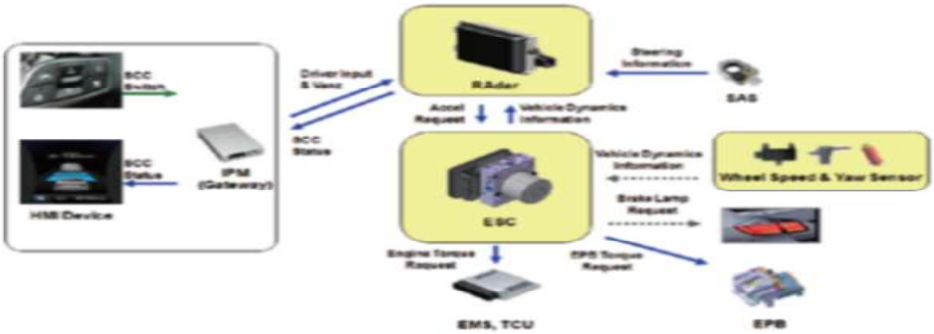
- 선행 차량의 급정거 시 브레이크를 작동시켜 충돌을 경감 혹은 피하고, 아울러 에어백 조기 작동, 차선 변경 등 상황에 맞는 능동 대처를 통해 안전하고 편리한 운행을 가능하게 하는 자동주행 차량 핵심 기술 중 하나임

- 전방 추돌 경보 (Forward Collision Warning, FCW), 자동 비상 제동(Autonomous Emergency Braking) 등의 기존 ADAS 기술을 포함하는 포괄적인 기술임

- 어드밴스드 크루즈 컨트롤러의 구성은 크게 ACC모듈, 엔진 컨트롤 모듈, 브레이크

컨트롤 모듈, 클러스터 등이 있고, 각각의 모듈은 차량용 직렬통신 네트워크로 알려진 CAN(Controller Area Network)에 의하여 연결됨

- ASCC를 기반으로 한 단계 더 발전시킨 '고속도로 자동주행 시스템'의 기술개발을 완료하고 상용화를 눈앞에 두고 있으며, 이 시스템은 늦어도 5년 안에 상용화할 것으로 전망됨



<그림 2-1-41> 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC)의 시스템 구성도

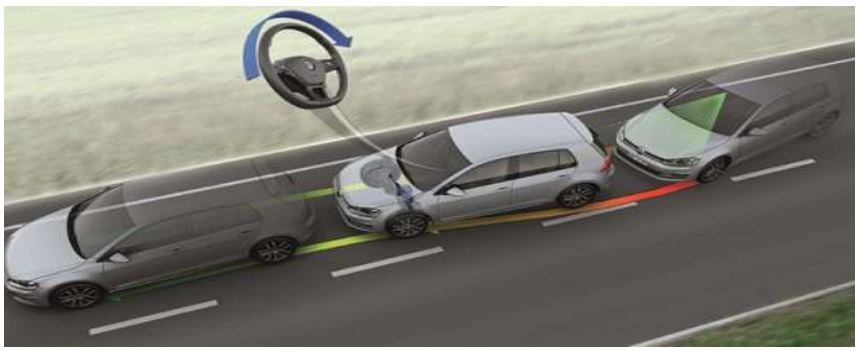
○ 차선유지지원시스템(Lane Keeping Assistance System)은 전방 영상센서를 통하여 주행차선을 실시간으로 인식하고 차선이탈이 예상되는 경우에 차선유지에 필요한 조향력을 조향 액추에이터로 발생(제어)시켜 운전자가 주행 차선 가운데로 안전하게 운전할 수 있도록 하는 주행지원 시스템임

- 최근에는 기존 LKAS 대비 진보된 개념인 ALA(Active Lane Assist) 시스템을 양산하고 있으며, 운전자 선택에 따라 LKA 또는 ALA 방식으로 조향를 제어함

- LKA : 의도하지 않은 차선이탈이 발생하는 경우, 차선 부근에서 조향을 제어

- ALA : 차선 중심 추종하여 차량이 차선 중심에서 벗어나는 경우, 조향을 제어

- 전방카메라에 계측된 차선정보를 이용하여 차선 중심을 추종하도록 조향을 제어하는 LGS (Lane Guidance System)와 ACC를 연계하여 고속도로 상에서 자동 주행을 구현하는 HDA (Highway Driving Assist) 기능 개발 중



<그림 2-1-42> 차선유지지원시스템

○ 상기 기술들을 바탕으로 완전 자동주행을 위해 개발이 진행중인 기술은 저속구간 자동주행, 다차로 차선 변경, 합류로 및 분기로 주행차선 변경, 자동주차 등이 있음

<그림 2-1-43> 자동주행 5대 시나리오 (산업통상자원부)

○ Volvo(스웨덴)는 자동주행 차량 기술을 위해 차량 당 가장 많은 지출을 하고 있으며, 기본적인 ADAS 기술들을 차량에 적용하는 것과 함께 최근 XC90 차량에는 어댑티브 크루즈 컨트롤에 추가로 차선을 감지하여 스티어링 휠을 자동 제어해주는 파일럿 어시스트(Pilot Assist) 기술을 도입하였음

○ BMW(독일)는 뉴 7시리즈 차량에 세계 최초로 운전석에 아무도 없는 상태에서 소유자가 원격으로 차를 주차공간에 넣거나 뺄 수 있는 원격 자동주차 어시스트(Remote Valet Parking Assist) 기술을 도입함

○ Audi(독일)는 최근 출시된 더 뉴 Q7 차량에 전방 충돌 감지에 추가로 자동으로 스티어링 휠을 조작해 회피하는 충돌 회피 어시스트(Collision Avoidance Assist) 기술(작동범위 30~150km/h), 차량 정체가 심할 시 차선 내에서 자동으로 가속, 제동, 조향을 도와주는 트래픽 잼 어시스트(Traffic Jam Assist) 기술(작동범위 0~60 km/h, 조향은 3km/h 이하) 등을 도입하였음

<그림 2-1-44> BMW 7-series와 Au아 Q7 차량에 탑재되어 있는 자동주행 기술 예시

○ 국내에서도 몇 차례의 버스로 인한 대형사고 이후로 국토교통부가 대형버스, 화물차 등 사업용 차량 관련 대형 사고를 막기 위해 첨단 안전장치 의무화 사업을 진행하였지만 짧은 평가 기간에 따른 미흡한 사고 예방 효과 검증과 성능 평가에서 해외 업체인 모빌아이가 압도적으로 1위를 하였지만 높은 가격으로 인한 비용 문제 등으로 지연되고 있음

○ ADAS와 관련된 국내 기술 확보가 시급하며 특히, 대형사고의 위험성이 큰 대형 BRT 차량에 적용할 수 있도록 넓은 범위를 정밀하게 인식할 수 있는 기술이 필요함

○ 기존의 충돌 예방 시스템 기술 들은 차량의 중량 증감이 거의 없는 경우에 대해서 개발되어 왔기 때문에 많은 승객들이 수시로 탑승하고 내리는 대용량 BRT에 적용하기 어려움, 때문에 큰 폭의 중량 증감이 수시로 일어나는 경우에 대응 가능한 충돌 예방 시스템 기술 개발이 필요함

○ 또한 기존의 LKAS 기술 들은 대부분 승용차, 트럭과 같은 일반 차량에 맞춰 기술 개발이 진행 되고 있어 2량 이상의 굴절버스(연결식 차량)에 적용 가능한 횡방향 제어 기술 개발이 필요함

4. 자동주행 BRT의 승객안전성 및 편의성 확보 기술동향

가. 승객 안전성 확보 기술

○ BRT차량은 대중교통으로 다수의 승객이 탑승함으로 승객의 기술이 요구됨

○ 현재의 자동주행 승용차량의 경우 승객에 대한 고려사항이 없으며, 편의장치 위주로 개념설계가 진행되는 단계임

○ 철도는 승객의 전도를 고려한 가속도, 저크 한계를 설정하고 운행구간별로 구배, 거리에 따른 감가속도 제어를 수행하며 무인운전을 수행중

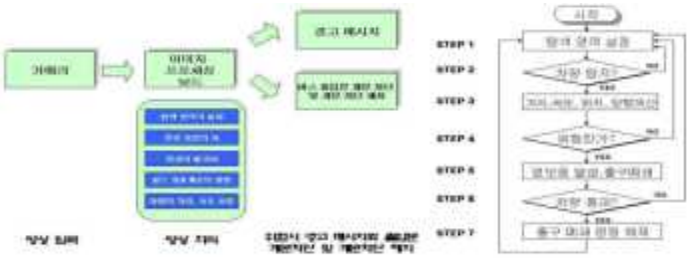
○ 현재 국내 신분당선 무인운전의 경우 비상상황시 관제실에서 차량 내 실시간 영상을 통한 운행제어 가능

<그림 2-1-45> 열차 무인운전 시스템의 원리

○ 승객안전성 확보를 위해 출입문 및 정류장에서의 승객감시기술, 가감속 제어기술, 보행자와의 충돌방지 기술들이 요구됨

○ 현재 버스 승객 승하차시 승객 안전성 확보를 위한 기술 현황은 다음과 같음

- 버스의 하차사고 방지시스템, 출입문 장착 카메라를 이용한 버스 하차 승객 보호방법, 카메라 모듈이 구비된 출입문 모니터링 및 제어시스템, 버스 하차 경고등, 승합자동차용 음성안내장치 및 그 제어방법 등 버스 승하차시 승객 안전성 확보를 위한 다수의 특허가 출원 및 등록되어 있는 실정임. 그러나 비용 및 효율성 문제로 인해 실용화에는 미치지 못하고 있음

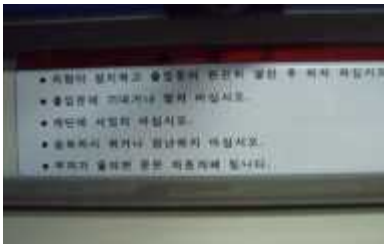


카메라 이용 하차승객 보호 프로세스

출입문 모니터링 및 제어 시스템

<그림 2-1-46> 출입문 자동감시 관련 특허 기술

- 현재 운행중인 버스의 경우, 안내·주의문 부착 및 안전손잡이, 세로봉 등의 승객전도 방지 시설을 설치하여 승객 안전성을 확보하고 있음



버스내 안내문

안전손잡이 및 세로봉

카메라 및 안내 모니터

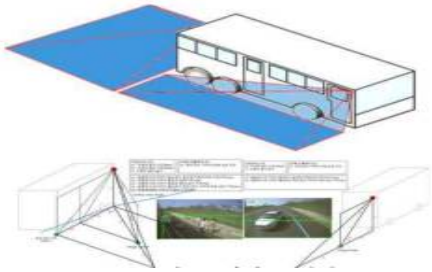
<그림 2-1-47> 버스 안내문 및 안전시설 현황

- 창원시에서는 시내버스 하차문 속도를 3초 이상으로 규제하여 승객 하차시 발생하는 안전사고를 예방하고자 시도함
- 서울시에서는 운행중인 버스의 안전성 확보를 위해 아이디어 공모전을 실시하였으며, “야간 하차조명 설치방법”에 대한 아이디어가 제안되었음. 이는 하차문 하단 또는 상단에 부착된 외부조명을 통해 승객 하차 시 넘어짐, 미하차 출발 등의 사고를 예방하고자 하였으며, 부수적으로 이륜차 등과 승객의 후방 추돌을 방지하고자 하였음
-

출처: 녹색교통 홈페이지 (http://www.greentransport.org/635, 2016)

<그림 2-1-48> 야간 하차조명 설치방법

○ ETRI에서는 상용차용 승하차 보호시스템을 개발하고 있음 (2016년). 이는 차량의 측, 후방에 설치된 카메라 영상 데이터를 기반으로, 차량에 접근하는 이륜자동차, 자전거 등의 위협요소 검출 시 승하차하는 승객에게 경고를 줌과 동시에 Door 제어 및 차량 가속 제어 등을 통하여 승객의 안전성을 확보 할 수 있는 시스템이며, 실제 운행중 버스에 장착하여 필드테스트를 수행하였음



서비스 개념도

시나리오 기반 시험 결과 (보행자 및 차량 인지)

출처: 김광용 외, 차량용 상용카메라를 이용한 승하차 보호시스템 구현 및 실차 테스트 결과, 한국통신학회 2016년 동계종합학술발표회(2016년)

<그림 2-1-49> 상용차용 승하차 보호시스템

❍ 정류장 정밀정차 지원 시스템

- 정류장 정밀정차 지원 시스템은 현재 활발히 개발이 진행되고 있는 자동주행 승용차량에는 해당하지 않으며, 대중교통에 특화된 서비스 기술임

- 클리블랜드 GCRTA(the Greater Cleveland Regional Trasit Authority)은 VAA(Vehicle Automation and Assist) 기술의 일환으로 승하차시 필요한 관련 정보를 직접 수집하기 위해 HealthLine BRT와 the EmX에 'Precision Docking'을 시범적용 하였음. HealthLine BRT는 precision docking(버스가 플랫폼에 정확하게 멈추는 것)을 위해 아래와 같이 3가지 기술을 사용하였음

<표 2-1-10> Precision Docking의 주요기술

기술	내용
Mechanical Guide Wheel (MGW)	Precision Docking을 위한 가장 주요한 도구로서 자동주행버스가 인도와 차도 사이의 경계석에 다다를 때 충돌을 방지하기 위한 기술
the Blue Guide Stripe (BGS)	정류장에 접근시 버스가 정렬할 수 있도록 지원
Docking Assist System (DAS)	2개의 초음파 센서와 한 개의 시스템 컨트롤러로 구성되며, 가청 경고 장치

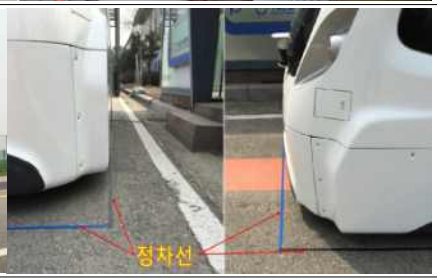
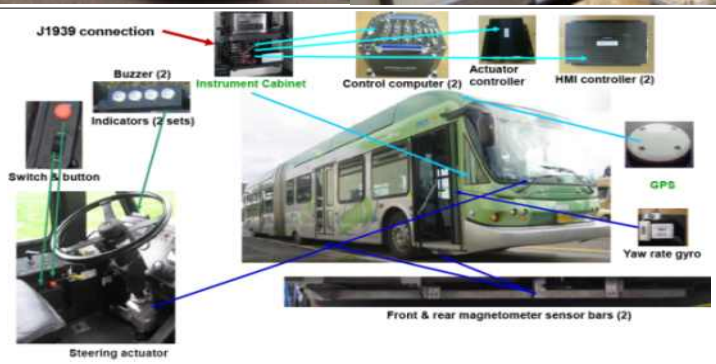
출처: USDOT(2011)

출처: USDOT(2011)

<그림 2-1-50> precision docking 구성요소 (MGW / BGS / DAS)

- 기존 대중교통수단으로 개발된 PRT와 버스의 경우, 정류장 정밀정차를 위해 자석검지 방법을 이용한 기술을 주로 이용하고 있으며, 상세는 아래의 표과 같음

<표 2-1-11> 정밀정차 지원시스템 개발사례

구분	국내		국외	
	바이모달 트램 (KRRI)	PRT (KRRI)	APTS(네덜란드)	PATH(미국)
기술	자석위치검지	자석위치검지	자석위치검지	자석위치검지 DGPS
정밀정차제어	안내제어: **±2cm** (횡방향) 정차제어: **±10cm** (종방향)	종방향/횡방향 정위치 정차: ±5cm	안내제어: ±2cm (횡방향) 정차제어: ±10cm (종방향)	안내제어: ±2cm (횡방향) 정차제어: ±15cm (종방향)
바이모달 트램				
PRT				
APTS				
PATH				

※ 출처: 5th BRT 컨퍼런스(2012), 바이모달트램 보고서, TEC magazine(2007), PRT보고서, Intellimotion(Vol. 15, No. 1, 2009) 재구성

나. 자동주행 BRT의 안전성 확보를 위한 인프라 기술동향

❍ 미국 등에서는 BRT(Bus Rapid Trasit) 주행 효율성을 위한 전용노선 계획에 대한 연구를 수행하였으며, 현재 다수의 노선이 운행중 임. 그러나 이러한 노선들은 대부분 운전자에 의해서 수동으로 운행중 임

❍ 국내에서는 "스마트 협력 자율주행 연구단"에서는 고속도로 내 일반차량의 자율주행 지원을 위한 도로 시설물의 개선을 연구를 진행하고 있음

❍ 선진 자동차 업계에서는 프랑스, 스페인 그리고 라스베가스에서 성공적으로 자동주행을 수행하였으나 차선 및 도로시설이 완전한 인식을 위한 최적의 상태로 유지될 수 있는 도시에서만 수행되었다는 한계가 있음

❍ 또한, 자동주행 차량 운행시 차선 손실/도로 파손으로 인한 문제 및 악천후 시 차량 센서의 도로시설(차선 등) 인식문제로 인한 안전성 확보의 어려움이 보고되고 있는 실정임

<그림 2-1-51> 도로 인프라 손상으로 인한 자동주행 차량 운행의 한계 사례

❍ 버스의 무거운 축중으로 인해 현재 공용중인 버스전용차로의 파손 비율이 높은 실정이며 (i.e., 서울시 전체 포장도로 면적의 약 2.5%차지 하나, 포장 파손비율은 포트홀 개소 기준 18%, 포트홀 면적 기준 27%가 중앙버스전용차로에서 발생), 자동주행 BRT의 경우 전용차로 내에서도 동일한 위치만을 운행하기 때문에 상기의 포장파손을 가속화 시키는 문제가 발생함. 이는 자동주행 BRT 도입시 승객 안전성을 위협하는 요소임

❍ 전용노선 포장 기술 현황

- 도로포장기술관련 국내외 기술동향은 과거 경제성 및 내구성에 주안점을 둔 연구 및 기술 개발이 주로 이루어졌으며, 최근에는 소음, 친환경성, 안전성 등 기능성 개선에

주안점을 둔 다변화된 연구가 이루어지고 있는 추세임

- 콘크리트 포장의 경우 기존 JCP(무근 콘크리트 포장)에서 벗어나 슬래브 내에 철근을 배근하여 조인트 부를 제거하는 CRCP(연속 철근콘크리트 포장)가 활발히 이용되고 있으며, 최근에는 급속시공 및 품질이 우수한 프리캐스트 콘크리트 포장이 활용되고 있음. 또한, 개질아스팔트 등으로 표층부를 형성하는 복합포장 등이 대안으로 제시되고 있으며, 소음 저감 및 미끄럼 저항성 향상을 위한 표면처리공법 등이 연구되었음

연속 철근콘크리트 포장

프리캐스트 콘크리트 포장

표면처리공법-NGCS

<그림 2-1-52> 콘크리트 포장 기술 현황

- 아스팔트 포장의 경우, 소음/진동이 적고 평탄성이 양호하며 교통조기 개방이 가능한 장점으로 인하여 국내 도로포장의 주를 이루고 있음(특히 시내구간). 그러나 중차량이 많은 도로에서 소성변형으로 인하여 잦은 유지보수가 요구되는 단점이 있음. 최근 이러한 문제를 해결하고자 개질아스팔트, 장수명 칼라팔트, 섬유보강 아스팔트, 자기치유형 아스팔트 증에 대한 연구가 진행되었음

SBS개질 아스팔트(SK)

장수명 칼라팔트(NTC)

섬유보강 아스팔트

<그림 2-1-53> 아스팔트 포장기술 현황

- 한국철도기술연구원, 현대엔지니어링에서는 바이모달트램 운행을 위한 “친환경 전용선로”를 개발하여 시험 시공하였음. 개발된 전용노선은 강성포장(콘크리트포장) 기반에 주행경로 이외의 구간에 친환경적인 식생을 적용하는 것을 특징으로 함. 그러나 친환경 전용선로의 경우, 일반차량의 진입이 원천적으로 차단되는 문제, 강성포장의 경우 유지관리시 발생하는 소음문제, 부분 보수의 어려움 등의 한계가 있음

<표 2-1-12> 바이모달트램 전용도로 포장 개념도

충전유형	강성포장	친환경 녹색 포장		
바이모달 트램 포장공법 (1차로)				
	시멘트 콘크리트	인조잔디	천연잔디/변단면	천연잔디/분리단면
자기유도장치		- 바이모달트램 전용도로 포장: 친환경 주행로(잔디)+강성포장 +마그네틱 바 로 구성 - 마그네틱 바 매설에 의한 자기유도방식의 자동주행 - 횡단구성의 요소별 폭원은 도로 및 지역조건에 따라 변동 가능		

출처: 신에너지 바이모달 수송시스템 개발 최종 보고서(한국철도기술연구원, 2014)

○ 인지성능 향상을 위한 도로표식 기술: 자석막대, 자석분말 차선

- 주야간 및 악천후시 자동주행을 위한 센서의 인식성능 한계를 극복하기 위한 방법으로 마그네틱 센서를 활용한 기술이 아래와 같이 개발되어 있음

- 한국철도기술연구원에서는 자석막대를 도로가운데 삽입하여 자성을 감지하여 BRT가 주행하는 기술을 개발함. 또한 한국철도기술연구원에서는 “자성분말이 적용된 주행경로를 생성하는 생성방법과 이를 이용한 검출장치” 에 대한 특허를 보유하고 있음

- VOLVO는 자석센서를 활용하여 고속 주행시에도 검측이 가능한 시스템을 개발함(500 readings/s)

- Honeywell과 3M에서는 자성 페인트 및 센서를 활용한 자동차의 횡방향 가이드 시스템에 대한 특허 및 자성 페인트 제조에 관한 특허를 보유하고 있음.

- 호주의 Traffic Tech에서는 차량이 지나감에 따라 생기는 자성의 변화를 인지하여 신호정보를 주는 시스템(“iStud”)을 개발하여 주차장 차단기 등에 활용하고 있음.

- 네덜란드 FRGO에서는 자석막대 활용한 가이드 시스템을 적용하였으며, 장애물 인식을 위해서 Sick laser scanner 와 체온감지 센서 활용

○ 인지성능 향상을 위한 도로표식 기술: 축광차선 및 표식

- 국내 도로차선 시공시 2011년 9월 9일 개정된 KS M 6080(우천시 휘도 175이상 강제)에 의거하여 야간 및 우천시 필요한 고휘도 반사재료(글라스 비드 등) 필수 사용 및 2, 4, 5종 도료 의무사용화 하고 있음

- 그러나, 차륜에 의한 글라스 비드의 탈락 및 악천후 시 차선의 시인성 확보의 어려움이 있으며 이러한 문제를 해결하기 위해 아래와 같이 다양한 도로표식에 대한 연구가 수행됨

- 국내-민간기업((주)구마이엔씨, 평화엔지니어링, ㈜래도 등)에서는 2014-2018기간 동안

정부R&D를 통하여 야간/우천시 시인성을 가지는 차선도색 소재, 차선도색 기술, 자립형 조명시스템 등을 개발하고 있음. 이를 통해 175 mcd/m2/lux급의 시인성 및 내마모성 향상을 위한 기능성 복합소재(초발수 글라스/고분자 비드 등) 개발, 야광안료를 이용한 야광차선 도색기술 개발(축광안료 및 비드살포), 저가격/고효율 낮은 조명 시스템 및 야간 악천후 대응 최적 시인성 확보 기술 개발을 하였음

- 국내-한국도로공사에서는 야간·우천시 반사성능 향상 및 운전자 졸음방지 기능을 동시에 수행할 수 있는 요철 노면표시를 고속도로에 적용(2009)하였으며, 한국도로공사-도로교통연구원에서는 발광차선 시험체를 개발, 개발된 차선형 발광도료를 고속도로 상에 시험 시공(2014년) 하였음

요철형 노면표시 시공사례

차선형 발광도료 시공 사례

출처 : 한국도로공사 기획보고서 (2013)

<그림 2-1-54> 요철노면표시 및 차선형 발광도료 시공사례

- 국내-한국건설생활 환경시험연구원에서는 Core-Shell 구조의 고반사 유리비드 복합체 제조기술을 활용한 야간 및 우천시 고휘도 성능 확보 기술 및 차선의 내마모성 및 유 지력을 개선하기 위한 기술을 개발(2014)하였음

- 국내-한국건설기술연구원에서는 연구원 주요사업으로 “야간 · 우천시 도로 시인성 증진 및 평가 기술 개발 기획” 수행(2013)하였으며, 이를 통해, 저전력·저비용 야간 최소 조명 기술, 노면표시 시인성 확보 기술(노면표시 재료 및 식별지원 기술), 야간 도로 시환경 자동 평가 시스템을 개발하고자 함

- 국외-네덜란드에서는 Studio Roosegaarde에서는 OSS지역의 N329(Regional Highway) 노선에 야광차선을 500m 시험 시공하였음. 이는 광루미네선스라는 효과를 지닌 분말이 포함된 도료로 도색된 축광 노면표시는 최대 10시간 동안 스스로 빛을 낼 수 있다고 보고하고 있음. 또한 계절 및 온도 변화에 따라 도로 상태를 표시해 주는 능동형 노면표식에 대한 연구개발도 수행하였음

Glowing lines

Van gogh path

Smart highway

출처 : https://studioroosegaarde.net/project/smart-highway

<그림 2-1-55> 야광차선 및 능동형 노면표시사례

- 소결: 국내 다수 업체에서는 야간 운전자의 시인성 향상을 위한 축광차선 및 기상상황 안내 이미지를 노면에 표시하는 기술을 보유하고 있으나, 눈/비와 같은 악천후시의 시인성 향상에는 한계가 있음. 또한 이러한 기술들은 일반 운전자의 시인성 향상만을 고려하고 있으며, 자동주행 차량의 센서기반의 인식은 고려하지 않고 있음

다. 승객 편의성 향상 기술동향 (정류장, 앱 포함)

❍ 최근 미국 권역별로 단순한 버스정류장(bus stop)에서 버스정보시스템(BIS)이 결합된 버스정류장으로 진화하고 있으나, 우리나라에 개발 현황이 유사한 수준으로 자동주행버스 환경에는 적합하지 않은 상태

- 2015년 남 로스엔젤리스의 Central Avenue에 최초의 태양광 동력을 가진 버스정류장이 설치되었으며, 이러한 동력을 활용해 스마트폰 충전, 와이파이(WiFi), USB 충전, LED 전등, 실시간 버스도착 정보시스템 등에 적극 활용함으로써 승객 편의성을 향상시키고자 함

출처 : CURBED 홈페이지

<그림 2-1-56> LA에 설치될 새로운 버스 정류장 모형

○ 브라질 쿠리치바에는 기차모형을 모사한 버스가 튜브같이 생긴 버스 정류장을 통해 빠르게 사람들을 승하차 시키는 대중교통 시스템이 있음

- 일반 자동차들이 다닐 수 없는 버스전용의 도로를 운행
- 요금은 정류장 밖에서 지불하고 들어가야 하기 때문에 버스 도착시 승하차 대기시간이 획기적으로 감소함으로써 승객 편의성을 향상시킴

출처 : 전북일보(2015)

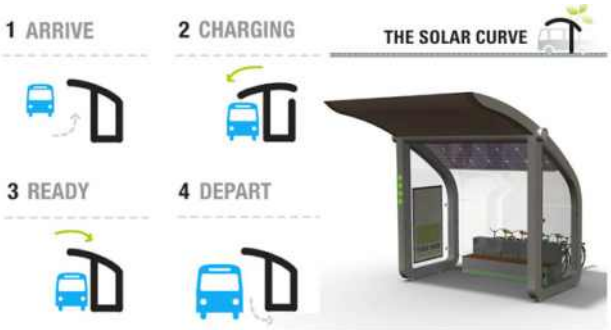
<그림 2-1-57> 브라질 쿠리치바의 버스 정류장

○ 유럽의 버스정류장은 국가별로 차이를 보이고 있는데 우리나라와 유사하게 정보를 제공하는 수준의 국가도 있는 반면, 자동주행버스 환경을 구현하기 위한 무선충전 인프라를 구축하고 있는 국가도 존재함

- 슬로베니아는 수도 류블랴나(Ljubljana)에 승객들에게 버스 정류장에 에너지 저소비 디스플레이를 사용하여 전자신문스크린에 버스 스케줄, 도착정보, 여행자들을 위한 이벤트 및 여행정보 등의 정보를 제공함으로써 승객 편의성을 향상 시키고자 노력함
- 네덜란드의 Noord-Brabant시에 Studio Mango社에서 개발된 ATC Solar Curve Bus Stop를 적용하여 전기버스가 정류장에 정차한 순간 무선충전이 가능한 시스템 구축

출처: VISIONECT(2015)

<그림 2-1-58> 슬로베니아 수도 류블랴나의 버스정류장



출처: ZDNET(2012)

<그림 2-1-59> Studio Mango社의 ATC Solar Curve

○ 국내에서는 하루 평균 10만 명 이상이 이용하는 송내역 환승센터의 혼잡도를 개선하기 위해 2층은 버스만 다니고, 1층은 택시와 승용차가 다닐 수 있는 환승센터를 설치하여 운행하고 있음(2층 버스전용 승강장은 부천의 3개구(오정・원미・소사)별 21개 노선을 배치)

- 2층 버스 진입 때 환승센터 입구에서 번호를 인식하고, 정차면 점유 유무를 판단해 빈 정차 면에 버스를 배정

- 이를 통해 버스승차장에 택시와 승용차가 혼재함으로 인해 발생하는 불편과 불필요한 대기시간이 줄어들고, 지정된 위치에 버스가 정확하게 정차함에 따라 승하차시 승객 안전성 향상 및 이용만족도 향상이 가능

출처 : 부천시 홈페이지

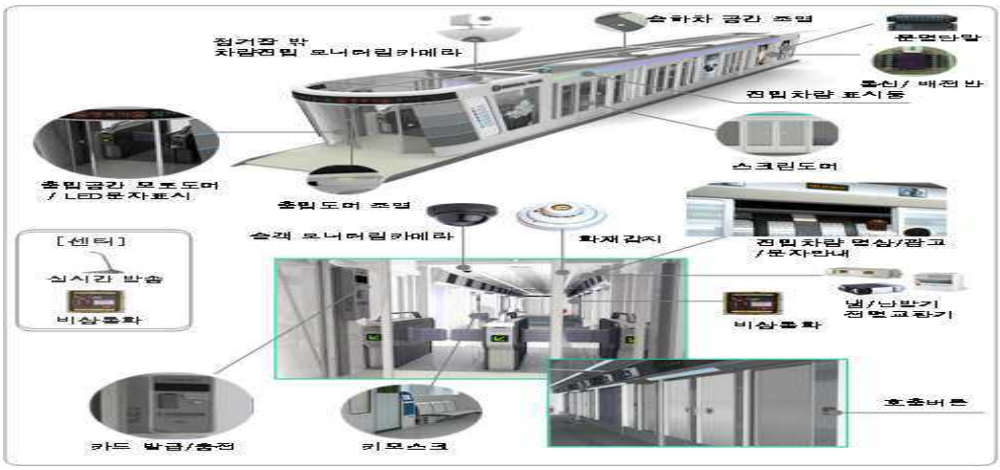
<그림 2-1-60> 송내환승센터 시설 개선 전(좌)과 후(우) 비교

○ 한국철도기술연구원에서는 바이모달트램 적용을 위한 모듈화 정거장을 개발하였으며, 이는 보안기술과 첨단 IT기술이 집적된 무인운영솔루션정거장으로 승객 안전 및 서비스수준 극대화와 수송 분담 효율화를 목적으로 하였음. 바이모달트램 정거장은 다음과 같은 승객편의 서비스를 제공하고 있음

- 승객편의기능: 승객유도, 음성 방송, 정보 안내 단말, 조명제어, 냉난방 및 환기, 교통약자 배려 기능(수평승강, 유도블럭), 발권 및 개표/집표 등

- 승객안전지원 시스템: 영상 모니터링(CCTV), 비상 전화 설비, 스크린도어, 화재 감지

- 운행정보안내 시스템: 행선안내 표시기, 방송설비, 키오스크



출처 : 한국철도기술연구원, 신에너지 바이모달 수송시스템 개발 최종보고서 (2014)

<그림 2-1-61> 바이모달트램 모듈화 정거장 개념도

○ 승객 편의성 향상을 위한 교통정보 제공과 관련된 全세계 시장은 약 20억 유로(약 1.4조)이며, CTS, LTG, Thales, Trapeze ITS, Vix Technology 등이 시장을 주도하고 있음.

○ 승객편의성 향상을 위한 국내외 교통정보 관련 컨텐츠 및 어플리케이션 현황은 다음과 같음

<표 2-1-13> 국내 교통정보제공 컨텐츠 및 어플리케이션 비교

어플/사이트 명칭	내용	특징	한계점
(구)Seoul Bus (현)카카오버스	전국 에 구축된 57개 지역의 BIS 웹사이트의 정보를 실시간으로 접속하여 해당 어플을 통해 제공(무료)	- 복수의 정보제공처의 정보를 통합 제공함 - 즐겨찾기기능을 통한 사용자 맞춤형 정보관리 가능 - 노선검색 및 정류소 검색을 통한 빠른 정보검색 - GPS와 Map 연동을 통한 사용자 위치 기반 주변 정류장 검색 - 승차 알람, 하차알람과 더불어 잔여좌석 까지도 알 수 있다.	- 정보제공 웹사이트에 문제가 있을 경우 정보 수신 불가 - 정보제공처에서 정보를 수정할 경우 정상적인 정보제공이 어려울 수 있음 - 출근시간대의 실시간 업데이트가 느려 버스를 놓치는 일이 자주 발생 - 타 수단과 연계정보 부재
(구)서울 교통정보 (현) 서울빠른길	도심권, 도시고속도로,남산권, 수도권의 교통상황과 우회정보를 실시간으로 제공(무료)	- 도시고속도로, 남산권, 수도권의 교통정보상황을 이미지로 제공 - 돌발/통제 정보를 이미지 및 텍스트로 제공 - 도심권 주요도로의 CCTV영상 제공	- 타 수단과 연계정보 부재 - 서울 및 수도권 도시고속도록 이용자를 위한 교통소통정보만 제공 - 지속적인 업데이트를 하지 않아 이용자들이 불만을 토로
(구)GLORY (iKorail) (현)코레일톡	전국 열차 정보제공 및 승차권 예약(무료)	- 승차권 예매 및 확인, 예약내역 조회, 가까운역 찾기 등 정보제공 - 다양한 열차별, 좌석별 조회 및 예약 가능	- 열차정보만 제공함 - 타 수단과 연계정보 부재 - 승차권이 모바일로만 뜨기 때문에 그에 대한 방

어플/사이트 명칭	내용	특징	한계점
		- 타임 세이브, 특실업그레이드 등 다양한 이벤트	안 부족
하철이:지하철 네비게이션	전국 지하철 노선 정보제공(무료)	- 지하철역 검색 및 지하철역간 최단경로정보 제공 - 지하철출구정보를 구글맵과 연동 - 역별 상세정보(화장실위치,열리는 문 방향,최소 환승열차칸 안내 등) 제공	- 지하철역과 관련된 정적 정보 위주 - 타 수단과 연계정보 부재
고속도로교통정보	전국 고속도로 교통상황정보 제공(무료)	- 전국 고속도로의 교통상황,우회국도를 전국지도, CCTV영상, 교통방송 등을 통해 제공 - 출발지와 목적지간 최적경로,혼잡구간,돌발정도 등 제공 - 예상 소요시간, 미래 교통지도 등 교통예보 정보 제공	- 전국고속도로이용자만을 위한 정보임 - 타 수단과 연계정보 부재 -해상도갤럭시 S3이상 (1280*720) 이상 안드로이드 3.1버전 이상에 최적화 되어있음
경기 버스정보	경기버스정보는 수도권 광역버스와 도내 전체 시내,시외버스,공항버스의 운행정보를 실시간 수집, 버스정보를 제공(무료)	- 경기도 버스의 노선정보, 정류소 정보, 경로 정보, 실시간 버스위치 정보 등을 제공 - GPS와 Map 연동을 통해 정류소 도착알람 설정 및 사용자 위치기반 주변 정류장 검색 가능 - 주로 이용하는 노선 및 정류소에 대한 즐겨찾기 가능 - 심야버스 운행현황 제공	- 타 수단과 연계정보 부재 - 경기도 버스 및 경기도를 지나치는 버스정보만 제공 - 실시간 위치가 바로 업데이트 되지 않는 경우 이용자들의 불편 속출
경기 교통정보	수도권 고속국도, 일반국도, 서울시 간선도로 그리고 경기도내 주요 시내 도로의 실시간 교통상황 제공(무료)	- 지도정보, 구간정보, 영상정보 제공을 통해 이용자가 원하는 도로소통상황 정보를 획득 가능 - 경기도교통정보센터 홈페이지에서 설정한 개인별 맞춤정보와 연동되어 원하는 구간 및 CCTV영상 바로 확인가능	- 승용차 이용자를 위한 경기도 고속도로, 도시고속도로, 일반국도의 도로소통정보 제공 - 영상정보의 경우 로딩시간이 오래 걸림 - 타 수단과 연계정보 부재
네이버 지도	네이버 주식회사의 한국전용 지도 서비스, 교통정보,네비게이션, 출발지와 목적지간의 이동경로 등을 제공(무료)	- 자주 이용하는 버스, 정류장을 즐겨찾기로 등록 - 버스의 현재위치, 도착시간을 알 수 있고 도착알람 설정 가능 - 버스 뿐만 아니라 출발지와 목적지간의 자전거, 도보, 지하철과 같은 다른 수단의 정보도 제공	- 버스나 지하철 종류에 따른 환승시간을 고려하지 않고 경로를 제공.
심야 올빼미버스	늦은 시간 귀가하는 사람들을 위한 어플. 이용객이 많은 곳을 중심으로 노선 제공(무료)	- 늦은 귀가시간의 심야버스들의 교통정보를 제공 - 지도의 실시간 버스위치 표시 - 올빼미버스 노선 리스트 제공	- 심야버스만을 위한 어플리케이션

어플/사이트 명칭	내용	특징	한계점
[공식]고속버스 모바일	고속버스 예매를 모바일로 지원. 예매,결제,탑승까지 한번에 제공(무료)	- 버스 일정표, 터미널 소요시간, 요금조회 정보 제공 - 회원과 비회원 모두 예매가능. - 신용카드,교통카드 등 다양한 결제수단 이용가능 - 매표창구를 거치지 않고 모바일 티케팅으로 탑승	- 고속버스 이용만을 위한 어플리케이션 - 모바일에 문제가 생겼을 시 대처방안 부족

<표 2-1-14> 해외 교통정보제공 컨텐츠 및 어플리케이션 비교

어플/사이트 명칭	내용	특징	한계점
메가버스	영국, 유럽 각국 및 미국,캐나다 전국의 도시들을 연결하는 저가버스의 웹사이트	- 미국 외에도 영국, 유럽, 캐나다에서 이용가능 - 좌석지정 기능 포함	- 예매에 관한 특이사항이 너무 많이 존재 - 타 수단과의 연계정보 부재
JAPAN BUS LINES	각 지역을 대표하는 버스회사가 참여한 일본 전 지역의 도시를 망라하는 일본 최대급 고속버스네트워크	- 일본 전지역의 고속버스를 간단히 예매 가능 - 버스를 예약할 수 있는 기간이 노선에 따라 다름	- 타 수단과의 연계정보 부재
Transit: Real-Time Transit App	뉴욕,시카고,워싱턴DC 등 유럽 전역에 걸쳐 125개 이상의 도시의 지하철 버스의 정보를 제공 (무료)	- 125개 이상의 도시의 지하철, 버스의 교통정보를 제공 - 실시간으로 다음 열차나 버스의 도착을 알려주고 맵에 실시간으로 표시 - 통근중에 서비스중단으로 불편을 겪으면 푸시 알림을 받을 수 있음 - 자전거 대여소의 위치와 사용가능한 자전거 수, 요금과 자전거 잠금장치의 해제 지원 - 가까운 차 대여소를 찾고 예약 가능	
STM: 몬트리올 대중교통 시스템	몬트리울의 대중교통시스템 전반에 걸친 정보를 제공	- 버스의 노선과 지하철의 노선을 볼 수 있고, 정류장에서 환승하는 버스까지 알 수 있음	- 몬트리올에 대중교통 정보만을 제공

5. BRT 차량의 전기동력 시스템 기술관련 시장현황 및 기술동향

가. 이차전지와 충전 방식

(1) 이차전지

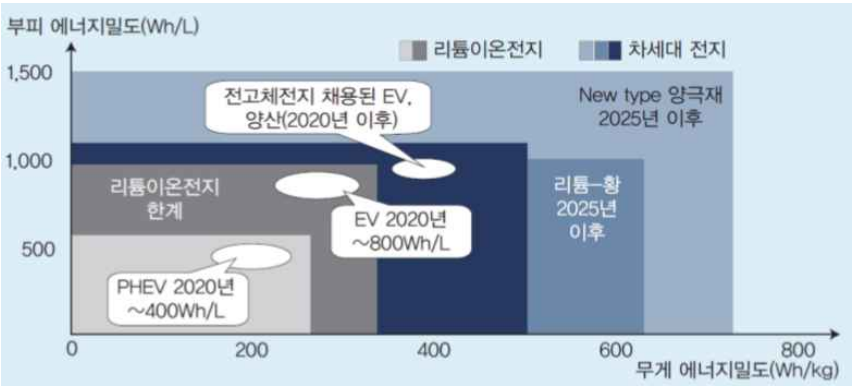
○ 이차 전지는 충전과 방전을 500회 이상 연속적으로 반복 사용한 반 영구적 화학전지를 말하며, 납춘전지, 니켈-카드뮴전지, 니켈 수소 전지, 리튬계열 전지 등이 있음

○ 리튬 계열 전지는 다른 이차전지보다 에너지 저장밀도가 크다는 장점이 있어서, 동일 크기에 비해 큰 용량을 가져 다양한 전자 제품 및 차량용 배터리 등으로 사용되고 있음

○ 리튬 계열 전지는 리튬 산화 물질로 +극성을 만들고, 나머지 -극성 물질에 따라서 리튬 코발트 옥사이드, 리튬 망가니즈 옥사이드, 리튬 니켈 망가니즈 코발드 옥사이드, 리튬 티타네이트, 리튬 인산철 등 다양한 전지가 있음

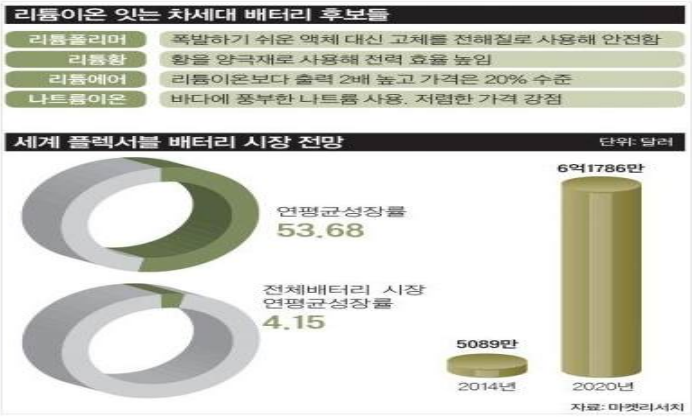
○ 현재 사용되고 있는 리튬이온전지는 발화 및 폭발의 위험성, 낮은 내충격성 등 안전성에 취약하다는 단점이 있으며, 대용량을 필요로 하는 차량에 사용하기 위해 보다 긴 수명 및 빠른 충전속도 등 더욱 향상된 성능이 요구되고 있음

○ 단점을 개선하고 보다 향상된 성능 배터리의 연구로 리튬이온전지의 단점을 극복하고자 다양한 기업에서 전고체전지, 리튬-황 전지, 나트륨/마그네슘 이온 전지, 리튬-공기 전지 등 이차전지 후보 기술들을 개발하고 있음



※ 출처 : 보쉬, University of Michigan Transportation Research Institute Conference(Powertrain strategies for the 21st century : Next generation electric vehicle strategies, 2016. 7.)

<그림 2-1-62> 보쉬의 전지 기술 전망



<그림 2-1-63> 차세대 배터리 후보

<표 2-1-15> 차세대 전지의 구성 요소 및 장·단점

구분	구성요소	장점	단점
리튬-황 전지	-양극 : 황 또는 황화합물 -음극 : 리튬 금속 -전해질 : 유기계/고체 전해질	-고용량 및 낮은 제조 원가 -기존 공정의 활용 가능	-지속적인 충·방전 시 양극재(황)의 감소로 수명 저하 -황에 의한 제조설비의 부식
리튬-공기 전지	-양극 : 공기(산소) -음극 : 리튬 금속 -전해질 : 유기계/고체 전해질	-전지 셀 구조 단순 -고용량 및 경량화 가능	-고순도 산소 확보 필요 -산소여과장치, Blower 등 추가 장치로 인해 부피 증가
나트륨/마그네슘 전지	-양극 : 금속화합물 -음극 : 나트륨/마그네슘 -전해질 : 유기계/고체 전해질	-저가화 및 고용량에 용이	-양극재 후보 물질 부족 -긴 충·방전 시간
전고체전지	-양/음극 : 기존 또는 신 차세대 전지의 양/음극 활용 가능 -전해질 : 세라믹(황화물/산화물), 고분자, 복합재 등	-높은 안전성 및 고용량 가능 -다양한 어플리케이션(초소형 전자기기~전기차)에 활용 가능	-높은 계면저항 -유해 가스인 황화수소 발생(황화물계) 또는 낮은 저온 특성(고분자)

※ 출처 : LG경제연구원, 개발 경쟁 가속되는 차세대 2차전지 2017.01.16

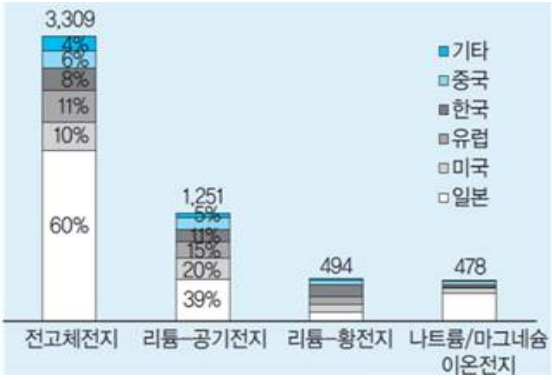
○ 리튬황 전지는 전력 효율이 매우 크고 자원이 풍부하여 생산단가가 낮다는 장점이 있음. 하지만 충방전을 반복할수록 효율이 떨어져 50회의 수명이 한계로, 기술 개발이 필요함

○ 리튬에어 전지는 높은 출력과 저렴한 가격이 강점임. 대기중 산소를 활물질로 사용하는 방식으로 가격이 저렴하고, 리튬이온 배터리 대비 에너지 밀도가 8배 이상 높아 가솔린 수준의 에너지 밀도를 가져 양산화 추진 중. 고순도 산소 확보 및 추가 장치로 인해 부피 증가의 단점 해결 필요

○ 나트륨 이온 배터리는 바다로부터 나트륨을 얻을 수 있어 보다 저가이며, 출력 용량이 1,000배 크다는 장점을 가지고 있음. 리튬이온 배터리보다 적은 에너지 밀도를 가진다는 단점이 있음

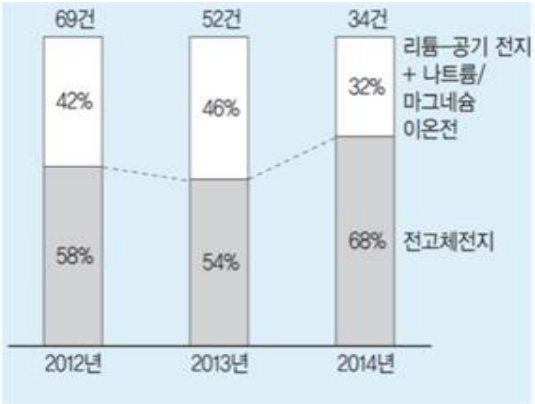
○ 전고체전지는 액체 전해질을 고체 전해질로 대체하는 것으로 기존 리튬이온전지의 액체 전해질이 가지고 있는 발화, 폭발 등의 위험성이 낮고, 외부 충격에도 전해질의 누액이나 폭발의 위험성을 획기적으로 줄일 수 있고 고온이나 고전압의 사용 환경에서도 전지의 성능 저하를 막을 수 있을 것으로 기대됨

○ 특허 출원 건수도 전고체전지관련 출원이 다른 차세대 전지 후보 기술들 보다 압도적으로 많으며, 전고체전지의 특허 출원 건수는 두 번째로 많은 리튬-공기 전지 보다 3배 가까이 높은 수치를 보이고 있고, 차세대 전지 개발에 적극적인 도요타의 경우 차세대 전지 출원 중 70% 정도가 전고체전지에 집중되어 있음



※ 출처 : NEDO, Roland Berger(세계지식포럼, 2016)

<그림 2-1-64> 차세대 전지 관련 특허 출원 건수(2002~2011년)



※ 출처 : LG경제연구원, 개발 경쟁 가속되는 차세대 2차전지 2017.01.16.

<그림 2-1-65> 도요타의 차세대 전지 관련 특허 비중

(2) 충전 방식

❍ 전기버스의 충전 시스템은 전기버스가 가지고 있는 배터리를 충전하기 위한 핵심 요소 기술이며 충전 시스템은 대용량 및 소용량, 완속 및 급속, 직류 및 교류 등 차량 조건에 따라서 다양함

- 충전 방식이 다양한 이유는 전기버스에 적용되는 대용량 배터리의 매우 긴 충전시간을 극복하기 위한 다양한 시도가 있기 때문임

❍ 국내에서 사용되고 있는 충전 방식은 다음과 같음

- 플러그 인 방식
- 배터리 자동 교환 방식
- 무선충전방식

❍ 또한 유럽이나 미국 등 해외에서는 팬터그래프 방식도 사용하고 있음

(가) 플러그 인 방식(Plug-in type)

❍ 플러그 인 타입은 충전기쪽의 충전건과 버스쪽의 인렛을 직접적인 접촉을 통하여 통신 및 충전이 이루어 짐, 구성요소는 충전기, 충전건, 인렛 등으로 되어 있음

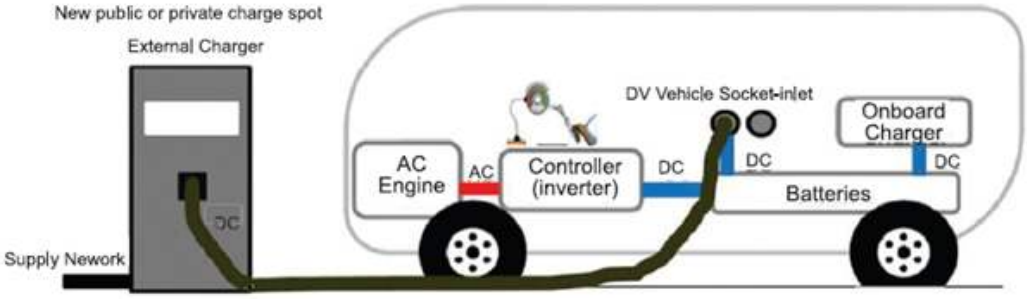
- 전기버스 내부로 고압의 전선이 직접적으로 결속되어 인버터쪽으로 직접 전력을 공급하여 배터리를 충전하도록 함

❍ 플러그 인 방식 장점

- 다른 시스템들에 비해 효율과 안전성이 높음
- 다른 충전 시스템에 비해서 구조가 간단하고 가격이 저렴함

❍ 플러그 인 방식 단점

- 인렛에 무거운 충전건을 결속하고 해제하는 과정에 불편함을 초래함
- 또한 급속충전을 지원하지 않으면 충전하는데 오랜 시간이 걸리고, 사람이 직접 고출력, 고압의 전선을 다루는 과정에서 안전사고의 우려가 있어, 국제표준에서는 많은 안전 사항을 추가하고 있음



<그림 2-1-66> 플러그 인 타입의 자동차의 구조

○ 현재 일반적인 전기버스에 적용되어 있으며, 국내 상용화 사례로 서울 남산과 부산에서 운행중인 전기버스가 있음

<그림 2-1-67> 플러그 인 전기버스

(나) 배터리 자동교환 방식(Battery swapping type)

○ 배터리 자동교환 방식은 배터리 자동교환 정류장에서 미리 충전한 배터리를 로봇을 통하여 교환하는 방식을 사용

○ 배터리 자동교환 방식 장점

- 사전에 충전한 배터리를 교환하는 방식으로 충전시간이 별도로 필요하지 않고 오로지 교환시간만 필요하기 때문에 배터리 관리가 수월하며 충전 시간에 따른 차량 운영 제약이 없음

○ 배터리 자동교환 방식 단점

- 버스 정류장과 버스간의 무선 통신을 하여 배터리 교환 정보를 교류하고, 배터리 교환할 수 있는 지점으로 버스가 정밀 정차가 되어야 함

- 또한 배터리 자동교환 정류장에서의 자동장치가 추가적으로 필요하여 정류장 건설비용이 요구됨

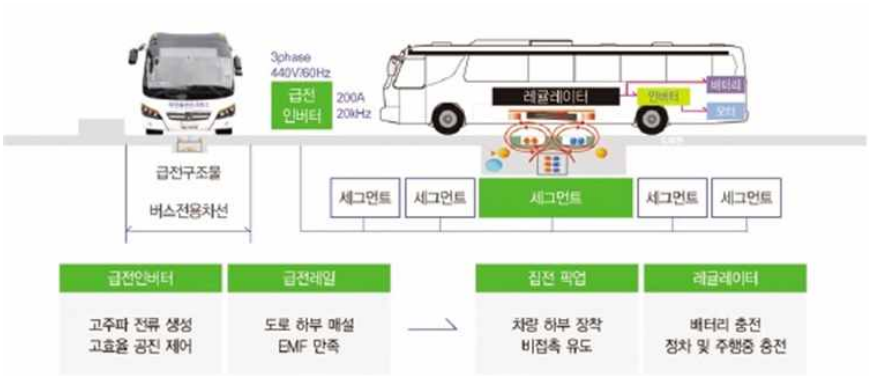
- 상부 교환형의 경우 버스 상부에서도 배터리 교환 장치가 필요로 하여 버스의 상부가 무거워져 무게중심이 높아지는 단점과 추가적인 자동화 장치로 인한 차량 가격이 상승

○ 현재 국내에서는 제주도 서귀포시에 배터리 교환방식의 버스가 상용화 되어 운영 중

<그림 2-1-68> 상부 배터리 자동교환 전기버스

(다) 무선충전 방식

○ 무선충전은 변압기의 원리인 자기 유도방식을 사용하는 것으로, 지면의 권선에서 흐르는 전류가 버스 하부에 있는 권선으로 자기유도를 하여 전기에너지를 전달하는 방식



<그림 2-1-69> 무선충전 전기버스와 원리

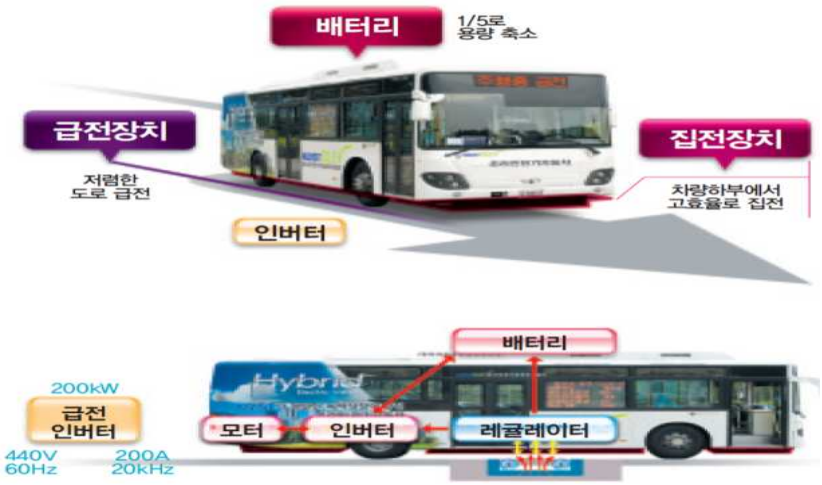
○ 무선충전 방식의 장점

- 버스와 급전장치간에는 물리적인 접촉이 없어 정차뿐만 아니라 주행 중에도 충전이 가능하여 버스의 배터리 용량을 줄일 수 있음

○ 무선충전 방식의 단점

- 높은 효율을 위해 주파수를 높여서 사용되는데, 이는 전자파 장애를 유발할 수 있음
- 이는 전자파 장애뿐만 아니라 고주파수에서 더욱 커지는 무효전력 및 전력품질 문제 발생이 있고 고주파수의 전력을 다시 사용할 수 있도록 정류를 위한 별도의 장치인 정류기가 추가적으로 필요
- 또한 유도방식의 특성상 거리가 떨어질수록 효율이 낮아지는데, 버스와 지면사이의 간격이 존재할 수밖에 없어서 충전효율이 다른 충전방식에 비해 낮음
- 또한 버스뿐만 아니라 도로에 급전할 수 있는 장치를 매설하여 급전도로를 구축해야 하는데, km당 3.07억~3.73억원 정도의 비용 필요

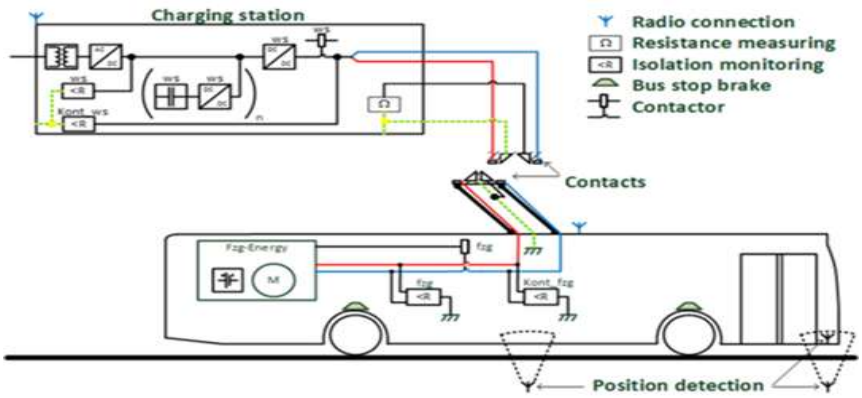
❍ 무선충전 방식의 버스는 국내에서 개발한 카이스트 OLEV(Online Electric Vehicle)가 있으며 구미에서 운행되었고, 세종시에서도 시범 운행 중



http://olev.kaist.ac.kr/_userfiles/2009/board_brochure/1257149034.pdf

<그림 2-1-70> 무선충전 전기버스

(라) 판타그래프식 자동충전 방식



<그림 2-1-71> 판타그래프식 충전기와 버스의 구조

○ 아직 국내에서는 개발 및 연구된 사례는 없으며, 해외에서 급속충전 방식의 전기버스로 많은 연구가 진행 중

- 주행 중에는 트램에 사용되는 판타그래프를 전기버스 상부에 장착하고, 충전 스테이션에서 자동으로 판타그래프가 집전장치로 접촉하여 고전력을 받는 방식

○ 판타그래프 자동충전 방식의 장점

- 급속충전방식에 유리 : 플러그 인 타입의 경우 안전성을 위해 충전건과 인렛이 규격에 따라 전압과 전류에 제한이 있는 반면, 판타그래프는 이보다 더 높은 고압, 고전력의 전기에너지를 전달받을 수 있음

- 또한 사람이 직접 내려서 충전하지 않고 상부의 판타그래프가 자동으로 결속되기 때문에 인체의 직접적인 안전사고의 위험도 낮음

○ 판타그래프 자동충전 방식의 단점

- 판타그래프가 충전할 때에 외부로 노출이 되기 때문에 비가 오는 등의 습한 날씨에서 절연에 문제가 발생할 요지가 있기 때문에 차량과 충전장치에서의 절연 확인이 필수적임

- 판타그래프의 정확한 위치에서 접속을 위해서 정밀정차가 필요할 수 있음

○ 독일 EDDA BUS (Fraunhofer社)

- EDDA Bus는 Fraunhofer社에서 개발한 버스이며 독일 드레스덴에서 시험 중

- 86kWh 용량의 배터리를 6.5분만에 충전이 가능하며 스테이션 바닥에 위치 센서가 있어 버스가 정밀정차를 할 수 있도록 함

(http://www.greencarcongress.com/2015/06/20150601-edda.html)

<그림 2-1-72> Fraunhofer社의 전기버스 충전 사진

○ 미국 Proterra EcoRide electric bus (Proterra社)

- 미국 Proterra社에서 개발한 급속 충전 전기버스는 충전소에서 아래로 내려오는 로봇 팔을 사용하는 방식
- 로봇의 팔이 유도되는 가이드라인을 따라 움직인 후 전기버스의 충전단자에 연결되는 방식이며, 100kWh 용량의 배터리를 충전하는데 약 10분정도 소요

<그림 2-1-73> Proterra社의 전기버스와 충전장치

http://www.digitaltrends.com/cars/proterra-electric-bus-fast-recharge/

<그림 2-1-74> Proterra社의 전기버스 집전장치

○ 스위스의 ABB社

- 스위스의 전력 및 자동화 기술 개발 기업인 ABB社는 전기버스 상단부에 있는 센서와 정류장에 있는 충전장치 연결 시간을 1초 미만으로 앞당겨 세계에서 가장 빠른 급속 충전 연결 기술을 보유하고 있으며, ABB社가 개발한 온보드 배터리는 버스정류장에서 600kW 전력으로 15초 동안 충전이 이루어지고 노선 종착지에서 3~4분 이내에 배터리를 완충 시킬 수 있음
- 현재 TOSA라는 프로젝트로 스위스의 제네바공항과 PALEXPO 사이를 시범운행 중
- 현재 ABB社는 제네바 대중교통 운영사인 TPG와 스위스 버스 제작사인 HESS社에 고용량 급속 충전 및 온보드 전기차 기술을 제공하는 계약을 채결하고 2018년 상업운행을 준비중에 있음

<그림 2-1-75> ABB社의 전기버스 집전장치

○ 프랑스의 PVI社

- 프랑스 상용차 제작사인 PVI사는 WATT(Wireless Alternative Trolley Technology) 시스템이라는 자동충전기술을 개발하여 프랑스 니스공항 두 개의 터미널을 연결하는 노선에서 시범운행 중

<그림 2-1-76> PVI社의 전기버스 집전장치

○ 독일의 Siemens社

- 독일의 Siemens社는 Offboard High-Power Charger라는 자동충전장치를 개발함
- Siemens社의 자동충전장치는 차량이 자동충전장치 아래에 정차하면 상부에서 판타그라프가 자동으로 연결되는 구조로서 여러 차종 간의 호환성이 뛰어남
- 현재 다양한 전기버스로 시범운행 중

<그림 2-1-77> Siemens社의 자동충전장치

(마) 국내 전기버스의 충전장치별 요약

❍ 국내 전기버스의 충전시스템은 플러그인, 배터리 자동교환, 무선충전이 개발・상용화 단계에 있으며 주요사항을 비교해보면 다음과 같음

❍ 판타그래프의 방식의 경우 국내에 개발 및 적용된 사례는 아직 없음

❍ 시스템 가격 비교

<표 2-1-16> 충전유형별 시스템 비교표

충전유형	플러그인	배터리 자동교환	무선충전
배터리용량	100 ~ 163 kWh	52 kWh	100 kWh
충전(교환)시간	1시간 (급속충전시)	90초 (자동교환 충전스테이션)	30분 (급속충전시)
설비가격	8천만~9천만 (급속 200kW)	약 17억원 (충전스테이션, 충전기 9대 포함)	약 1억 2천만
차량 가격	5억~5억5천만원	4억8천만	4억 5천만
적용 지역	부산	포항, 제주, 김포(예정)	구비, 세종

출처: 전자 신문 http://www.etnews.com/20160826000338

❍ 시스템별 특성 비교

<표 2-1-17> 시스템별 특성 비교표

충전유형	플러그인	배터리 자동교환	무선충전	판타그래프
차량무게증가	X	O	O	△
추가 장치	인렛	배터리 자동교환장치	권선, 정류기	집전장치
설비 장치	충전기, 충전건	자동교환 충전소	급전 도로	집전 정류소
장점	가격이 쌈	빠른 교환	급전 도로 위 상시 충전 가능 (정차, 주행)	매우 빠른 급속충전
단점	급속충전 한계 충전시 번거로움 안전성 우려	설비가 비쌈 정밀정차 필요	충전효율 낮음 도로 구축 비쌈 고주파수 전자파	개발 필요

(바) 국내 양산・개발중인 전기버스

❍ 국내 전기버스의 개발은 저상형 시내버스를 베이스로 하여 주로 개발되고 있음

- 저상형 시내버스의 구조는 「저상버스 표준모델 기준」에 따라 국내에서 주로 판매되는 CNG저상버스와 실내는 동일하며 엔진룸을 개조하여 구동전동기와 보조전동기 그리고 인버터 등을 장착하고 지붕에 배터리를 장착하는 구조임

- 장애인과 노약자 등 교통약자 편의를 증대를 목표로 저상버스가 도입이 추진되고 있으며, 교통약자의 이동편의 증진법에 따라서 저상버스에 대한 지원을 하고 있음

❍ 현대자동차㈜社

- 현대자동차㈜社는 현재 시판하고 있는 뉴슈퍼에어로시티 저상버스 모델을 베이스로 하여 엔진룸에 3개의 구동전동기와 서메이션 기어를 조합하여 개발한 모델과 후차축에 인휠모터 타입의 엑슬 일체형 구동전동기를 개발하고 100kWh의 구동축전지를 지붕에 장착한 모델을 개발 및 시험을 실시하고 2018년 초에 리튬폴리머 배터리 256kWh를 탑재하여 1회충전주행거리를 최대 290km 주행할 수 있는 3세대 모델을 출시할 계획임

<표 2-1-18> 현대자동차㈜社 전기버스 제원표

구분			ELEC-CITY (3-MOTOR)	ELEC-CITY (WHEEL MOTOR)	비고
주요 제원	차종		저상버스	←	
	승차인원	명	24+26+1	←	
	사이즈 (전장,전폭,전고)	m	10.99, 2.49, 3.31	←	
	주행거리 (1회충전)	km	109	117	60kph 정속, DOD80 기준
	급속충전	min	60	20	DOD 50
시스템	구동전동기	kW	300	240	
	구동축전지	kWh	95/380V	102/684V	
가속	0→50kph	sec	7.4	6.5	
등판 성능	최대등판능력	%	31.0	27.2	
	5%경사로 최고속도	kph	52.0	42.5	
최고 속도	최고속도	kph	103.9	91.3	
	모터rpm	rpm	12,000	11,000	

출처 : E_BRT 전력공급시스템 실용화 적용을 위한 기초연구, 한국철도기술연구원, 2015

<그림 2-1-78> 현대자동차㈜社의 전기버스 조감도

<그림 2-1-79> 현대자동차㈜社의 휠모터 전기버스와 기술 개략도

❍ ㈜TGM社

- ㈜TGM社는 2010년 PRIMUS CNG저상버스 모델을 베이스로하여 국내 최초로 전기버스를 양산하여 서울 남산, 서울대공원 등 전국 각지에서 20대 정도가 운행 중
- 그리고 2015년 FIBIRD CNG저상버스 모델을 베이스로하여 배터리교환형 전기버스를 개발하여 2016년 제주도 서귀포에 23대가 운영 중에 있음
- 또한 2016년 11월에 휠인모터 타입의 플러그인 전기버스를 부산시에 공급함
-

<그림 2-1-80> ㈜티지엠社의 e-PRIMUS(Plug-in)

<표 2-1-19> ㈜티지엠社의 전기버스 제원표

구분			e-PRIMUS (Plug-in)	e-FIBRID (BSEV)	e-FIBRID (Plug-in)
주요 제원	차종		저상버스	←	←
	승차인원	명	23+24+1	23+20+1	23+20+1
	사이즈 (전장,전폭,전고)	m	11.05, 2.48, 3.41	11.05, 2.49, 3.48	11.05, 2.49, 3.48
	공차중량	kg	10,700	11,720	11,200
	주행거리 (1회충전)	km	110 (60kph)	80 (73kph)	150 (73kph)
	급속충전	min	20	5분 이하 (교체 시)	40
시스템	구동전동기	kW	240	220	250
	구동축전지	kWh	86	100	163
최대등판능력		%	30		27
최고속도		kph		76	85

출처 : TGM 홈페이지(http://tgmkr.com)

<그림 2-1-81> ㈜티지엠社의 e-FIBIRD(Plug-in)

○ 대우버스㈜社

- 대우버스㈜社는 NEW BS110 CNG저상버스 모델을 베이스로하여 무선충전 전기버스를 개발하여 2016년 초 구미시에 공급함

<표 2-1-20> 대우버스㈜社의 전기버스 제원표

구분			NEW BS110 OLEV	비고
주요 제원	차종		저상버스	
	승차인원	명	24+21+1	
	사이즈 (전장,전폭,전고)	m	11.00, 2.49, 3.30	
	공차중량	kg	12,500	
	주행거리 (1회충전)	km	70	
시스템	구동전동기	kW	240	
	구동축전지	kWh	102	
무선 충전		kW	100	20khz 주파수
최고속도		kph	75	

출처 : 상용차신문(http:/www.sangyongcha.co.kr) 2016.03.29

<그림 2-1-82> 대우버스㈜社의 NEW BS110 OLEV

나. 연료전지

❍ 연료전지는 상용화된 이차전지의 단점인 짧은 1회충전 주행거리의 보완할 수 있어 국내는 물론 해외에서도 활발히 연구・개발중이며 주로 수소를 연료로 사용하고 있음

① 수소연료전지 특징

❍ 수소연료전지차의 장점

- 높은 에너지 효율 : 화합물을 연소시켜 화학에너지를 열에너지로 바꾼 뒤 다시 운동에너지로 바꾸는 내연기관과는 달리, 화학에너지를 바로 전기에너지로 바꾸고, 전기에너지는 고효율 모터로 전달되어 운동에너지로 바뀌기 때문에 에너지 효율이 매우 좋음

- <표 2-1-15> 에서 보듯이 수소연료전지차는 내연기관차, 전기자동차보다 연료 효율이 좋음

<표 2-1-21> 동력원에 따른 효율 비교

구분	Well to Tank(%)	Tank to Wheel(%)	Overall Efficiency(%)
가솔린차	88	18	16
디젤차	89	22	20
하이브리드차	88	30	26
전기자동차	26	80	21
수소연료전지차	75	48	36

출처 : 자동차안전연구원, 2012

- 공해가 없음 : 순수한 수소를 고압 수소 봄베에 충전하여 사용하는 경우 배기가스는 수증기뿐임
- <표 2-1-16> 에서 보듯이 가솔린 내연기관차의 이산화탄소 배출량이 km당 140~240g 인데 비해 수소연료전치차는 이산화탄소를 전혀 배출하지 않는 친환경 무공해차량임

<표 2-1-22> 수소연료전지차의 개발 효과

구분	주행비용		CO_2 배출량 (g/km)
	현재	향후(2015년)	
가솔린 내연기관	150원/km	300원/km	140 ~ 240
연료전지	60원/km	25원/km	0

출처 : 현대자동차, 2012.

- 연료 고갈의 걱정이 없음 : 수소연료전지차는 연료전지를 이용한 뒤 남는 배출물도 수증기(H_2O)이며, 수증기를 다시 전기분해하면 수소가 되기 때문에 연료의 제한이 없음

○ 수소연료전지차의 단점

- 차량 가격이 고가 : 최근에는 하이브리드차(HV)의 전기모터 등 부품을 공유하면서 가격이 떨어지고 있으나 경쟁력을 갖기 위해서는 지속적인 노력이 필요함
- 수소충전소 구축 비용이 매우 고가 : 현재 수소충전소가 매우 드물기 때문에 차량 이동이 제한적이고 정부나 기관이 적극적으로 도입할 수 있는 대중교통 수단부터 확산하여 인프라를 구축해야만 함
- 수소 공급 인프라 구축에 문제가 있음 : 수소는 세상에서 가장 가벼운 기체이며, 끓

는점은 영하 260도로 잘 새어나가고, 액화시켜 보관하는 것은 막대한 비용과 폭발 위험을 수반함

※ 폭발성이 있어 수소를 운반하다가 사고가 생기면 유조차 사고와 비교할 수 없을 정도로 피해가 큼

※ 수소는 도시가스처럼 파이프라인으로 '주수소소'로 공급되어야 하며, '주수소소'는 이것을 받아 컴프레서로 압축해 지하탱크에 보관하다가 자동차가 들어오면 내장된 고압 수소통에 다시 가압하면서 주입해야 함

※ 그러므로 수소연료전지차가 보편화되기 위해서는 전국에 수소충전소를 세워야 하기 때문에 기업과 지역 간의 많은 협력이 필요함

- 차내 수소 저장의 문제가 있음 : 수소연료전지차에서 수소는 연료이므로 필요한 주행거리를 달릴 수 있을 만한 충분한 수소를 싣는 것이 중요하며, 수소저장합금 자체의 무게와 부피 때문에 수소를 가득 넣어도 고압 수소 봄베에 비해 불리함

- 수소 가격이 높음 : 현재 국내에서 운영중인 수소스테이션은 무료로 충전 운영하고 있으나 수소충전 가격은 18,000원/kg으로 추정※하고 있으며 수소연료전지버스의 평균 1회충전량은 40kg으로서 1회충전 시 약 70만원의 비용이 예상되고 1회충전 시 500km 정도 주행이 가능함. 현 상황을 비추어 볼 때 내연기관 차량과 비교 시 연료비 면에서 매우 불리할 것으로 예상됨(※ 출처 : 보조금과 수소가격을 고려한 국내 연료전지차의 경제성 분석, 2015, 김봉진, 한국수소 및 신에너지학회 논문집)

② 수소연료전지 버스

❍ 현대자동차㈜社

- 국내 유일하게 수소연료전지 자동차를 개발중이며 2006년 1세대 연료전지버스를 개발하고 2009년 2세대를 개발하여 시범운행중에 있으며 2018년 평창올림픽에 투입하기 위하여 3세대 모델을 개발중임

-

<그림 2-1-83> 현대자동차㈜社의 2세대 연료전지버스

<표 2-1-23> 현대자동차㈜社의 수소연료전지 버스 제원표

구분	1세대	2세대
스텍	160kW / 900V Serial	200kW / 450V Parallel
구동전동기	1 x 240 kW Induction Motor	3 x 100kW Permanent magnet Motor
감속기	Planetary gear	Helical gear
인버터	1 x 240 kW	3 x 100kW
배터리	S/cap, 900V, 240kW	S/cap, 450V, 400kW
수소탱크	8EA x 350bar	←
DC-DC 컨버터	duplex 1ea	one way 3ea

❍ 토요타社

- 토요타社는 일본의 상용차 제작사인 HINO社와 공동으로 수소연료전지버스를 개발하여 왔으며 2020년 도쿄올림픽을 대비해 2017년부터 판매를 시작할 예정
- 토요타社의 수소연료전지버스는 최고출력 9kW와 총용량 235kWh의 전력 공급 능력을 갖추고 있어 비상시에 대용량 외부전원공급 시스템으로 사용 가능

<표 2-1-24> 토요타社의 수소연료전지 버스 제원표

Vehicle	Length/Width/Height	10,525 / 2,490 / 3,340 mm
	Capacity (seated, standing, driver)	77 (26+50+1)
FC stack	Name	Toyota FC stack
	Type	Solid polymer electrolyte
	Maximum output	114 kW × 2 units (155 PS × 2 units)
Motor	Type	AC synchronous
	Maximum output	113 kW × 2 units (154 PS × 2 units)
	Maximum torque	335 N-m× 2 (34.2 kgf-m× 2)
High-pressure hydrogen tank	Number of tanks	10
	Nominal working pressure	70 MPa (approx. 700 bar)
	Tank storage density	5.7 wt%
	Tank internal volume	600 liters
Drive battery	Type	Nickel-metal hydride
High-capacity external power supply system	Maximum output	9 kW
	Power supply amount	235 kWh

<그림 2-1-84> 토요타社의 연료전지버스

③ 국내 수소충전소 인프라

❍ 산업통상자원부는 국토교통부, 환경부 그리고 여러 지자체와 수소 관련업체를 구성하여 수소에너지 확산과 수소전기차 보급 확대, 수소충전소 설치 및 운영사 설립, 수소전기차 연관산업 육성, 국제협력 등의 업무를 추진하기 위해 '수소 융합얼라이언스'를 발족함

❍ 국내 정부는 충전소 규제 완화, 기술개발 및 실증, 충전소 확대, 로드맵을 수립하여 충전소 인프라를 대폭 확충할 계획임

충전소 규제완화	▪ 패키지형 충전소 설치 허용 → 압축 · 저장 · 충전 설비 모듈화 ▪ 융·복합 충전소 설치 허용 (CNG+수소, LPG+수소, 주유소+수소 등 다양한 충전소 모델 가능)
기술개발 및 실증	▪ 패키지형 충전소 국산화 및 가격저감을 위한 기술개발 (9월~) ▪ 패키지형 및 융복합 충전소 실증운영을 통한 안전성 평가 추진
충전소 확대	▪ '16년 융복합 충전소 3개소 설치 (광주 (CNG+수소), 울산 (CNG+수소), 창원(주유소+수소)) ▪ '17년부터 고속도로 휴게소 수소충전소 구축('20년까지 20개소 설치) ▪ '18년 평창 올림픽 수소차(승용, 상용) 시범운영을 위한 충전소 구축
로드맵 수립	▪ 시기별, 지역별 국내 여건에 맞는 최적의 충전인프라 확산 로드맵 마련 ▪ 충전소 설치 · 운영을 위한 SPC 설립 추진

<그림 2-1-85> 국내 정부의 충전소 인프라 확충 계획

다. 소결 및 시사점

❍ 대용량 BRT 차량의 전기동력 시스템은 리튬 계열의 이차전지 또는 수소연료전지를 검토할 필요가 있음

- 현재 이차전지 개발현황을 고려하여 가장 접근이 쉬운 리튬 계열의 이차전지 개발·적

용 또는 수소연료전지를 도입·적용하고 내구시험을 통한 신뢰성 확보와 시범운행을 통한 시장성을 검증할 필요가 있음

○ 리튬 이차전지를 탑재한 대용량 BRT 차량은 운행 여건을 고려하여 적절한 충전시스템을 갖추어야함

- 국내는 플러그인 방식, 배터리자동교환 방식, 무선충전 방식 등 다양한 방식의 충전 시스템을 개발하여 시험하고 있으나 아직 대형 차량의 충전 기술 표준을 정립하지 못하고 있는 실정이며, 유럽은 고전력을 안전하게 운용할 수 있는 판타그래프 집전장치를 응용한 차량 상부 자동충전 방식을 여러 업체에서 개발하여 시험중이며 곧 상용화될 예정임

- 순수전기자동차의 1회충전주행거리의 한계를 극복하기 위하여 운행 중 안전하게 급속으로 충전할 수 있는 시스템이 필요하며 플러그인, 판타그래프, 무선충전, 배터리자동교환 방식 등 각각의 장·단점과 운행 효율성 등을 검토할 필요가 있음

6. 대용량 BRT 차량 내구성 평가 기술 및 안전 인증 기술 현황

가. 내구성 평가 기술

○ 대용량 BRT의 내구성 및 실 노선 투입 시 발생될 수 있는 문제에 대해 미리 보완하고 현 개발 사양에 대한 검증을 위해 내구성 평가를 위한 주행시험이 필요함

○ 내구 시험 방법으로는 가혹도가 측정된 내구시험로를 선정하고 내구시험로를 주행하여 차량 혹은 차량부품은 내구성능을 통해 교환주기 등을 산정하는 방식임

(1) 내구시험로 선정

○ 시내도로, 고속도로, 비포장도로 등을 조합한 내구시험로 선정 또는 PG주행코스 활용함

○ 일반적으로 15~20배의(고속도로 1 기준) 가혹도로 조합하여 내구시험로 선정함

<그림 2-1-86> PG 주행코스 예시

(2) 내구시험 방법

○ 강도가 취약하다고 판단되는 차체의 Frame 및 Body 부위에 각각 필요 수량에 따라 Strain Gages를 부착함

○ 선정된 내구시험로를 주행한 뒤 측정된 Strain 각 재질에 맞는 S-N Curve를 이용하여 내구수명을 계산(단, 위치별 Strain 값이 상이할 경우 평균값을 취하여 결과 산정)

(3) 내구시험 장비

① Real Time Strain Data Acquisition Device : (KYOWA사 EDX-200A)

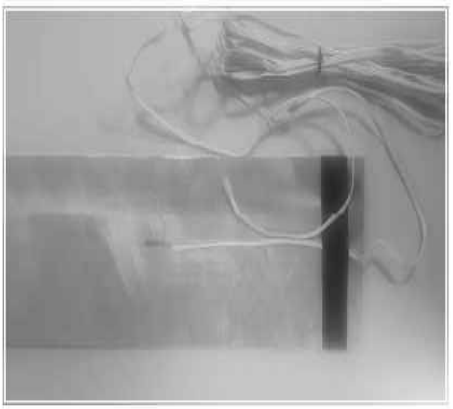
<그림 2-1-87> 계측 장비 (KYOWA사 EDX-200A)

② Strain Gages

❍ KYOWA사 KFG-5-120-C1-23L5M3R (ALUMINUM 용 / BODY 부착)

❍ KYOWA사 KFG-5-120-C1-11L5M3R (STEEL 용 / FRAME 부착)

<그림 2-1-88> BODY용 Strain Gages



<그림 2-1-89> FRAME 용 Strain Gages

(4) 가혹도 계산 방법 및 Flow Chart

① 계산 방법

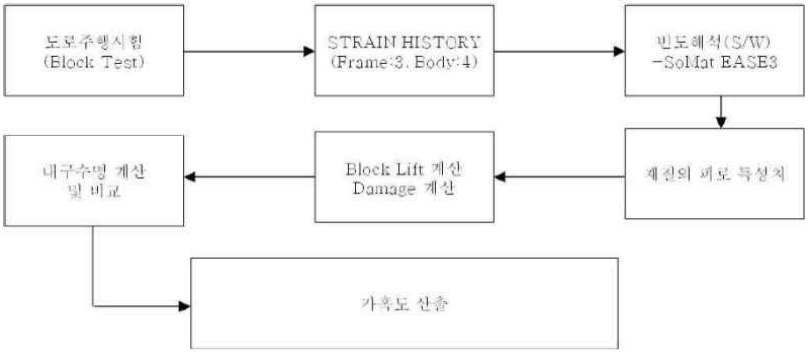
❍ Strain Level 별 Count 측정 (Rain Flow법) = 적차상태로 규정함

❍ S-N Curve 입력 : Body = Class “W”, Frame = Class “E”(BS540 규격)

❍ Damage(누적 손상계수) 계산 : Minnor Rule 적용

❍ Field 내구수명(km) = 1/Damage Field)

② 피로해석 Flow Chart



<그림 2-1-90> 피로도해석 플로우 차트

(5) 내구시험 점검항목

❍ 운행 마일리지에 따른 정기적인 점검을 통하여 차량의 상태를 정밀 하게 점검함

❍ 내구시험으로 인한 차체 및 프레임의 균열을 중점적으로 확인을 하며, 또한 구동계 통의 오일 누유 및 소모량을 꼼꼼히 점검함

❍ 차량의 문제점 발생 시 원인파악 이후 차량의 정비하여 시험을 연속 실시함

<표 2-1-25> 내구시험 점검항목 및 조치사항

내구시험 점검항목 ○계획 ●실행

순번	점검항목		점검시기						비고
			최초	2만km	5만km	10만km	15만km	종료	
1	중량	공차	●						인증 기준 적합
		적차	●						인증 기준 적합
2	최저 지상고	공차	●					○	인증 기준 적합
		적차	●	●	○	○	○	○	인증 기준 적합 (2만 km 주행 후 차이 없음)
3	휠 얼라이먼트	공차	●					○	인증 기준 적합
		적차	●					○	인증 기준 적합
4	연비		●					○	자체 연비 시험 완료
5	가속 성능		●					○	가속 만족
6	요소수 소모율		●					○	이상없음
7	엔진오일 소모율		●			○		○	이상없음
8	냉각수 소모율		●		○	○	○	○	이상없음
9	브레이크 패드 및 라이닝		●	●	○	○	○	○	1축 패드 4mm감소/양호 (최초 30mm/11mm이하 교체)
10	출입문 개폐력		●					○	이상없음
11	타이어 마모량		●	●	○	○	○	○	마모량 상시 체크하여 타이어 교체
12	각종 전기 장치 이상 작동 유무		●	●	○	○	○	○	발생 시 조치 후 양산설계에 반영
13	각종 조작 장치 이상 작동 유무		●	●	○	○	○	○	발생 시 조치 후 VCU개선 프로그램 반영
14	각종 소음 및 진동 유무		●	●	○	○	○	○	최초 소음측정 후 조치 조치 후 인증범위 적합
15	차체 크랙 및 절손 유무		●	●	○	○	○	○	이상 없음
16	각종 오일 누유 여부 -엔진오일 및 냉각수 -연료 및 요소수 -파워스티어링 오일		●	●	○	○	○	○	감속기 기어박스 오일 누유 조치 (오일실 개선) 개선사항 양산설계 반영
17	멜로우즈 처짐		●		○	○	○	○	이상없음

나. 안전인증 기술 현황

❍ 자기인증능력이없는 제작자가 제작, 조립, 수입하는 자동차를 자기인증함에 있어 성능시험대행자로부터 서류상 확인을 받는 과정으로 자동차안전연구원 인증검사실에서 지원함

❍ 안전인증은 기술검토 결과에 따른 차동차 안전기준 적합성 평가를 실시하여 문제가 없다는 것을 증명하여야 함

❍ 자기인증 능력장의 경우 자체 시험 성적서를 제출하는 반면 미능력자의 경우 성능시험대행자에게 용역의뢰 하여 성적서를 제출함

❍ 기존 개발된 바이모달트램의 경우 다음과 같은 안전기준 적합성 평가를 실시함

<표 2-1-26> 바이모달트램 안전기준 적합성 평가 시험항목

순번	안전시험 항목	
	안전기준 NO.	시험명
1	1	충돌시 승객보호시험
2	6	좌석 및 그 잠금장치 강도시험
3	18	좌석안전띠 부착장치 강도시험
4	19	견인장치 강도시험
5	21	등화장치 광도시험
6	22	운전자의 시계범위
7	23	원동기 출력
8	26	소음방지장치시험
9	29	승합화물특수자동차 제동능력시험
10	31	ABS 설치 자동차 제동 능력시험
11	35	조향성능시험
12	36	최고속도제한장치
13	37	속도계 시험
14	38	차실내장재 연소성시험
15	41	전자파적합성시험
16	42	경음기 소음시험
17	47	고전원 안정장치 시험
18	48	구동축전지 안전성 시험
19	49	자동차용 창유리 시험
20	56	공기압고무타이어 시험

○ 이러한 안전기준 적합성평가 항목은 기존의 일반차량을 대상으로 실시되었으나, 자동주행 기능이 포함된 차량에 대한 안전기준 적합성 평가 항목은 존재하지 않는 실정임

다. 소결 및 시사점

○ 대용량 자동주행 전기/수소연료전지 동력 BRT 차량은 자동주행, 전차륜 조향, Full-Flat 저상화와 같은 신기술을 적용함에 따라 차량/차량부품의 내구성 평가가 필요함

○ 이러한 내구성 평가는 실 노선 투입 시 발생될 수 있는 문제에 대해 미리 보완하고 현 개발 사양에 대한 검증을 통해 추후 판매전략을 위한 기초자료가 될 수 있음

○ 또한 차량의 안전기준을 만족하기 위하여 안전인증을 승인받아야 하지만, 현재 자동주행이 고려된 차량안전인증 기술이 존재하지 않는 상황임

○ 자동주행 차량에 대한 차량안전인증 기술 개발과 더불어 대용량 자동주행 BRT의 안전검사를 통한 차량의 기술적 검토를 수행해야 함

7. 대용량 BRT 및 자동주행 법제도 검토

가. 차량 제작 관련

(1) 자동주행BRT 제작 관련

○ 자동주행 기능 탑재를 위해서는 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」에 의거한 차량 제작 필요

※ [국토교통부고시 제2016-46호] 자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정

○ (제16조 최고속도제한 및 전방충돌방지 기능) 자율주행시스템의 시스템우선모드에서는 다음과 같은 기능을 갖추어야 함

- 자율주행시스템의 작동속도를 초과하지 않도록 하는 최고속도제한 기능
- 앞차와의 충돌을 회피하거나 완화시키는 전방충돌방지기능

○ (제17조 운행기록장치 등) 「교통안전법」제55조제1항에 따른 운행기록장치를 장착하여야 하고, 운행기록장치 또는 별도의 기록장치에 다음과 같은 항목을 저장하여야 함

- 자율주행시스템의 작동모드 확인
- 제동장치 및 가속제어장치의 조종장치 작동상태
- 조향핸들 각도
- 자동변속장치 조종레버의 위치

○ (제18조 영상기록장치) 자율주행자동차를 도로에서 주행할 때에는 「도로법」제2조에 따라서 해상도 1280x720(초당 24프레임) 이상의 영상기록장치를 설치하여 사고 전·후 주행상황을 확인할 수 있어야 하며, 설치 위치는 다음과 같음

- 핸들, 변속레버 등의 운전석의 조종장치 작동여부 확인이 가능한 위치
- 주행차로의 전방시야각이 130° 이상으로 좌·우측 차로의 주행상황 확인이 가능한 위치
- 주행차로의 후방시야각이 120° 이상으로 좌·우측 차로의 주행상황 확인이 가능한 위치

(2) 전기버스 제작 관련

○ 「전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정」(제2조 평가항목 및 기준 별표 1)에서는 전기자동차 차종별 평가항목 및 기준을 제시하고 있음

※ [환경부고시 제2016-61호] 전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정

- 전기동력 시스템 탑재를 위해서는 해당 규정에서 제시한 평가항목 및 기준을 만족하는 차량 제작 필요

<표 2-1-27> 전기자동차 차종별 평가항목 및 기준

<table>
<tr><th rowspan="2">항 목</th><th colspan="6">차종 및 기준</th></tr>
<tr><th>고속전기자동차
(승합,주행거리확장차량 포함)</th><th>저속전기자동차</th><th colspan="2">화물전기자동차</th><th colspan="2">전기버스
(주행거리확장차량 포함)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1. 1회충전 주행거리</td><td rowspan="2">-상온: 120km이상
-저온: 90km이상</td><td rowspan="2">-상온: 60km이상
-저온: 48km이상</td><td>경형</td><td>-상온: 60km이상
-저온: 48km이상</td><td>플러그 충전형</td><td>-상온: 80km이상</td></tr>
<tr><td>소형</td><td>-상온: 80km이상
-저온: 60km이상</td><td>무선 충전형, 배터리 교환형</td><td>-상온: 50km이상</td></tr>
<tr><td>2. 최대등판능력</td><td colspan="6">25% 이상</td></tr>
<tr><td>3. 인터록 안전장치</td><td colspan="6">충전기 연결 상태에서는 차량의 구동에 의한 이동이 불가능하여야 함</td></tr>
<tr><td>4. 주 배터리 차단 장치</td><td colspan="6">주 배터리 차단 장치가 설치하고 운전자가 인지할 수 있도록 설치 위치를 알려야 함</td></tr>
<tr><td>5. 비상등 작동 여부</td><td colspan="6">주 배터리가 분리·방전되거나 직류변환장치(DC/DC 컨버터)가 고장인 경우, 비상등이 최소 한 시간의 연속 작동해야 함</td></tr>
<tr><td>6. 배터리 종류</td><td colspan="6">양극소재로 리튬을 사용하는 배터리 또는 동등이상 성능을 가진 배터리를 장착하여야 함</td></tr>
<tr><td>7. 배터리 사용 환경</td><td colspan="6">완전충전 상태에서 주위온도 -10℃~30℃ 사이에 16일간 구동 또는 충전 없이 대기한 후, 별도 기술적 조치 없이 자동차의 구동과 충전이 가능하여야 함</td></tr>
<tr><td>8. 완속충전</td><td colspan="4">KS규격 충전기와 호환되어야 함</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>9. 급속충전</td><td colspan="4">선택적 부착(KS규격 충전기와 호환되어야 함)</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>10. 충전소요시간</td><td colspan="4">10시간 이내</td><td colspan="2">2시간 이내</td></tr>
<tr><td>11. 충전상태 표시 계기판</td><td colspan="6">주 배터리 잔량을 표시하는 계기판이 장착되어야 함</td></tr>
<tr><td>12. 배터리 방전 경고</td><td colspan="6">배터리 잔량이 일정 수준에 도달하면 운전자에게 경고하는 장치가 있어야 함</td></tr>
<tr><td>13. 기타 표시사항</td><td colspan="6">주 배터리 용량 표시, 구동가능 배터리 최저치 표시, 주요 전력소비장치의 소비전력량 표시</td></tr>
</table>

<표 2-1-28> 차량 제작 관련 법제도 검토 결과

구분	관련 법 및 규정	관련조항	검토사항
바이모달 트램 제작 관련	자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙	제4조~제57조	차량 제작 및 자기인증을 위해서 해당 기준을 만족한 차량 제작 필요
	자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙	제4조	자동차의 최대길이를 13미터로 규정하고 있으므로 해당 법 개정 필요
저상버스 제작 관련	저상버스 표준모델의 기준	제3조	해당 행정규칙의 기준에 적합한 차량 제작 필요
자동주행버스 제작 관련	자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정	제16조	최고속도제한 기능 및 전방충돌방지기능 장착 필요
		제17조	운행기록장치 장착 필요
전기버스 제작 관련	전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정	제2조	전기동력 시스템 탑재를 위한 평가항목 및 기준을 만족한 차량 제작 필요

나. 법적 지위 보장 관련

❍ 「자동차 관리법」(제2조 정의)에 따르면 '자율주행자동차'란 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차로 정의하고 있음

※ [법률 제13486호] 자동차 관리법

- 해당 법률에 의거하여 법적 지위를 보장받기 위해서는 자율주행자동차(Autonomous Vehicle)에 해당하는 인지-판단-제어기술 개발 및 차량 제작 필요

❍ 「간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법 시행령」(제3조 전용차량의 종류)에서는 전용차량의 종류를 일반형과 신교통형으로 구분하고 있음

※ [대통령령 제27298호] 간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법 시행령

- 신교통형 전용차량은 일반형 전용차량에 비해서 수송 능력, 승하차 방식 또는 동력발생장치 등이 기술적으로 개선된 자동차를 의미하며, 국토교통부장관이 정하여 고시하도록 되어 있음

- 신교통형 전용차량으로 대용량 BRT의 법적 지위를 보장받기 위해서는 국토교통부장관의 고시가 필요하며, 현재 고시된 신교통형 전용차량은 없는 것으로 파악됨

❍ 「자동차관리법 시행규칙」(제2조 자동차의 종별 구분 별표 1)에 따르면 대용량 BRT는 대형 승합차 일반형에 해당함

※ [국토교통부령 제371호] 자동차관리법 시행규칙

❍ 대용량 BRT와 같은 신교통형 대중교통 수단에 대한 별도 정의를 위한 규칙 개정

필요

※ 규모별 세부기준 : 대형 승합차(승차정원이 36인 이상이거나, 길이.너비.높이 모두가 소형을 초과하여 길이가 9미터 이상인 것)

※ 유형별 세부기준 : 승합자동차 일반형(2개 내지 4개의 문이 있고, 전후 2열 또는 3열의 좌석을 구비한 유선형인 것)

<표 2-1-29> 법적 지위 보장 관련 법제도 검토 결과

관련 법 및 규정	관련조항	검토사항
자동차 관리법	제2조	자동주행 차량으로 지정되기 위해서는 자동주행 차량에 해당하는 인지-판단-제이기술 개발 및 차량 제작 필요
간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법 시행령	제3조	국토교통부장관 고시에 따른 신교통령 전용차량 지정 필요
자동차관리법 시행규칙	제2조	신교통형 대중교통 수단에 대한 별도 정의를 위한 규칙 개정 필요

다. 임시운행 관련

❍ 「자동차관리법」(제27조 임시운행의 허가)에 따르면 자동차를 등록하지 않고 일시운행할 경우 국토교통부장관 또는 시·도지사의 임시운행허가를 받도록 규정하고 있음

※ [법률 제13486호] 자동차 관리법

- 자율주행자동차의 경우 시험·연구목적으로 운행할 경우 국토교통부령(자동차관리법 시행규칙 제26조의2 자율주행자동차의 안전운행요건)으로 정하는 안전운행 요건을 갖추어 국토교통부장관이 임시운행허가를 받도록 규정되어 있음

- 자동주행 BRT에 대한 임시운행을 위해서는 안전운행요건에 따른 임시운행허가번호판 발급 필요

❍ 「자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정」에서는 자율주행자동차의 임시운행과 관련한 규정을 제시하고 있으므로 임시운행을 위해서는 이를 만족할 필요가 있음

※ [국토교통부고시 제2016-46호] 자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정

- (제4조 보험가입) 자율주행자동차를 시험・연구 목적으로 임시운행허가를 받으려는 자는 「자동차손해배상보장법」제5조제1항 및 제2항에 따른 보험 등에 가입하여야 함

- (제7조 시험·연구계획서) 자율주행자동차 임시운행허가 신청인은 시험·연구계획서에 ‘시험·연구의 필요성 및 목적’, ‘임시운행 기간’, ‘자율주행자동차의 주행모드’

를 명시해야 함

- (제8조 자율주행자동차의 표지부착) 자율주행자동차를 운행하기 위해서는 자동차의 후면에 다음 각 호의 규정에 따라 표지를 붙여야 함

※ "자율주행자동차 시험운행"의 글자를 표시하고, 글자의 크기는 길이·너비 각각 70밀리미터 이상으로 할 것

※ 표지는 운전자가 주행 중 후방시계 확보에 지장이 없는 범위 내에서 후방 자동차의 운전자가 용이하게 볼 수 있는 적절한 높이의 위치에 부착하고 쉽게 떨어지지 않도록 하고, 야간에도 식별이 가능하도록 할 것

<표 2-1-30> 임시운행 관련 법제도 검토 결과

관련 법 및 규정	관련조항	검토사항
자동차 관리법	제27조	자동주행 차량 임시운행을 위해서는 안전운행요건에 따른 임시운행허가번호판 발급 필요
자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정	제4조, 제7조, 제8조	자동주행 차량 임시운행을 위한 보험가입, 시험.연구 계획서 제출, 표지부착 필요

라. 자기인증 관련

❍ 자동차의 운행을 위해서는 「자동차관리법」(제29조 자동차의 구조 및 장치 등)에 의거하여 자동차 및 자동차 부품에 대한 안전기준을 만족해야 하며, (제30조 자동차의 자기인증 등)에 따라서 안전기준에 적합함을 스스로 인증하는 '자동차자기인증' 필요

※ [법률 제13486호] 자동차 관리법

❍ 「자동차관리법」(제30조의4 자동차자기인증의 면제 등)에서는 정부, 지방자치단체, 자동차 제작사 또는 시험연구기관이 시험·연구 목적으로 제작하는 경우 자기인증을 면제할 수 있다고 규정하고 있으며, 「자동차관리법 시행규칙」(제40조의3 자기인증의 면제 신청)에 따라서 자기인증을 면제받고자 할 경우 자기인증면제신청서를 교통안전공단에 제출하도록 규정하고 있음

※ [법률 제13486호] 자동차 관리법

※ [국토교통부령 제371호] 자동차관리법 시행규칙

- 추후 대용량 BRT의 상용화를 위해서는 자기인증 절차가 필요하며, 자기인증을 위한 임시운행 또는 시험운행을 위해서는 자기인증면제신청서 제출 필요

<표 2-1-31> 자기인증 관련 법제도 검토 결과

관련 법 및 규정	관련조항	검토사항
자동차 관리법	제29조	자동차 운행을 위해서는 안전기준에 적합함을 인증하는 자동차자기인증 필요
	제30조의4	시험.연구 목적으로 자기인증을 면제받고자 할 경우 교통안전공단에 자기인증면제신청서 제출 필요

마. 자동주행관련 법제도 해외 동향

❍ 『UN 도로교통에 관한 비엔나 협약』제8조 및 제39조 개정안 제출에 따라서 2016년 3월부터 법적 효력을 갖춤

- ‘운전자는 항상 차량을 제어하고 있어야 한다’는 조항을 ‘운전자가 제어할 수 있는’으로 변경하여 자동주행이 가능하도록 함

❍ 이에 따라서 비엔나 협약 가입국 73개국 대부분에서는 자동주행 차량 시험주행 및 상용화가 가능할 전망임

❍ 통과된 자동주행 차량 법안들은 대부분이 테스트베드, 인프라, 도로주행 등과 관련된 사항이며, 테스트를 위한 준수사항, 신청절차, 자격요건 등의 내용을 수록하고 있음

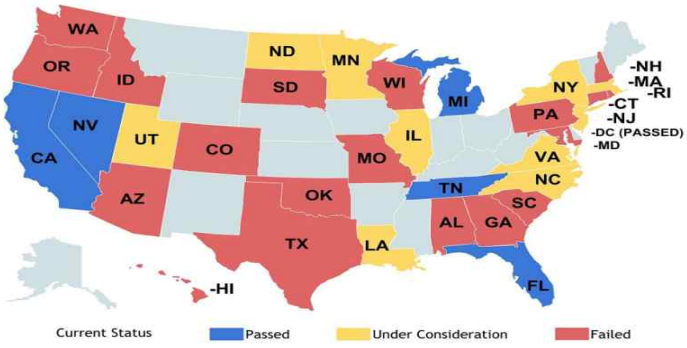
(1) 미국

❍ 연방 차원의 법률은 없으며 2014년 기준 캘리포니아, 네바다, 미시건, 테네시, 플로리다, 워싱턴 D.C.에서 입법이 통과됨

- 네바다 : 세계 최초로 자동주행 차량 운행허가 법안(chapter 482A, autonomous vehicles) 승인 (2011. 6)
- 플로리다 : 자동주행 차량 운행을 승인(2012. 4)
- 캘리포니아 : 자동주행 차량 테스트 차량의 도로주행 허용(2012.10)

※ 자동차 제조업체에 자율주행자동차 생산 승인(2014)

- 미시건 : 자동주행 차량 운행 승인(2013.12)
- 워싱턴 D.C. : 자동주행 차량 운행 승인(2013.4)



출처:
http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action#cite_note-1

<그림 2-1-91> 자동주행 차량 입법 현황(미국)

<표 2-1-32> 미국의 자동주행 차량 관련 법안

구분	청구번호	관련조항
네바다	AB 511 (2011)	-특정 상황에서 운전 중에 휴대 전화 또는 기타 휴대형 무선 통신 장치의 사용을 금지하고 운전 중에 휴대 전화로 텍스트를 읽거나 데이터를 읽는 행위 금지 -자율주행자동차에 있는 사람들은 자동차를 작동시키지 않는 것으로 간주
플로리다	HB 599 (2012)	-"자동 차량"과 "자동 기술"을 정의함 -공공 도로에서 자동 기술을 사용하여 자동차의 안전한 개발, 테스트 및 작동을 장려하는 입법안을 발표하고 주정부가 시험 또는 작동을 금지하거나 특별히 규제하지 않음 -공공 도로에 있는 자동차의 자동 기술. 차량의 자동 기술을 작동시키는 사람이 운전자임을 명시하여 자동 차량을 운전할 수 있는 유효한 운전 면허증을 소지 한 사람에게 권한 부여
캘리포니아	SB 1298 (2012)	-주정부의 공공 도로에서 정의 된 자동 차량의 안전한 작동 및 테스트를 보장하기 위해 안전 표준 및 성능 요구 사항 채택 요구 -이 법안에 따라 채택 될 안전 표준 및 성능 요구 사항이 채택되기까지 공공 도로에서 자동 차량을 작동 또는 시험 할 수 있음
미시건	SB 169 (2013)	-"자율주행 기술", "자율주행자동차", "자율주행 모드"는 특정 조건 하에서 특정 당사자에 의해 자율주행자동차의 테스트를 명시 적으로 허용
워싱턴 D.C.	DC B 19-0931 (2013)	-"자율주행자동차"를 "도로의 도로를 탐색하고 운전자가 차량 제어 시스템을 작동시키지 않고 제어할 수 있는 차량"으로 정의 -자율주행자동차를 제어 할 준비가 된 운전자 필요

○ 미국고속도로교통안전국(NHTSA)에서는 2013년 연방차원의 자율주행 자동차 안전주행 관련 지침인 『Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles』 배포

(2) 유럽

❍ 영국 정부에서는 2015년 자율주행자동차와 관련한 법제도인 『The Pathway to Driverless Cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies』 발표

- 2015년 자율주행자동차의 시험주행에 대한 시행지침인 『The Pathway to Driverless Cars: A Code of Practice for Testing』발표

※ 안전요건, 보험, 인프라, 운영관련 사항들을 포함하고 있음

❍ 네덜란드에서는 자국 내에서 자율주행자동차가 다닐 수 있는 지역 및 도로 확정(2014)

- 2019년 자율주행트럭의 도로 주행 허용 예정

바. 자동주행관련 법제도 국내동향

❍ 국내 도로관련 법제도상 자율주행자동차의 운행을 제한하는 규정은 없음

❍ 2015년 『자동차관리법』 개정을 통해 자율주행자동차의 법적 기틀 마련

- 『자동차관리법』(제2조 정의)를 개정하여 '자율주행차량'을 정의함

- 『자동차관리법』(제27조 임시운행의 허가)를 신설하여 자율주행자동차의 시험·연구 목적을 위한 임시운행 조항을 마련

❍ 『자동차관리법』에서는 구조 및 장치가 안전 운행에 필요한 성능과 기준을 준수하지 아니하면 운행을 못하도록 규정하고 있음

- 구체적인 기준에 대한 사항은 『자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙』에서 규정하고 있음

❍ 자율주행자동차의 경우 자동명령조향기능이 필수적이지만 『자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙』에서는 시속 10km/h(최고 시속 10km/h)로 제한하여 속도 초과 시 자동명령조향기능이 해제되도록 규정하고 있음

※ 이러한 규정으로 인하여 자율주행자동차의 실제 도로 주행에는 제약을 받게 되므로 해당 법 개정 필요

「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」
제89조(조향장치) ② 자동차의 조향장치에 대한 구조 및 성능, 고장 시 기준 및 경고 장치 기준 등은 별표 6의2의 기준에 적합하여야 한다.
[별표 6의2] <개정 2010.11.10> 조향장치에 대한 기준(제89조제2항 관련)

1. 자동차 및 피견인자동차의 조향장치 기준
3) 운전자지원 첨단조향장치는 아래 "가)"부터 "다)"까지의 기준에 각각 적합할 것
가) 장치의 기능이 조향장치의 성능을 저하시키지 아니하여야 하며, 운전자가 항상 인위적으로 기능을 해제할 수 있을 것
나) 자동명령조향기능이 작동되는 경우에는 이를 항상 운전자에게 알려야 하고, 자동차속도가 저속운전 등에서 설정한계인 시속 10킬로미터를 20퍼센트 초과하거나 평가되는 신호를 수신하지 못한 경우에는 자동으로 해제될 것
6) 완전공기식 전달장치를 갖춘 조향장치, 자율조향장치, 작동에 필요한 에너지를 견인자동차에서 받는 피견인자동차의 완전동력조향장치 및 피견인자동차에 장착된 완전동력조향장치의 전기식제어장치(추가조향장치는 제외한다)는 설치할 수 없다.

주) 8. "운전자지원첨단조향장치"란 주조향장치에 추가되어 자동차를 조향하도록 운전자를 보조하지만 운전자가 항상 자동차의 주된 제어를 하는 장치를 말하며, 아래 "1)"과 "2)"의 항목의 기능 중 1항목 또는 2항목 모두로 구성된다.
1) "자동명령조향기능"이란 저속운전 또는 주차운전에서 운전자가 특정경로를 추종하도록 보조하기 위한 지속적인 제어작동을 발생시키기 위하여 수동적인 시설물과 연계하여 자동차 내부에서 발생된 신호를 자동으로 평가하여 조향장치를 작동시키는 복합전자식제어시스템내의 기능을 말한다.
2) "수정조향기능"이란 자동차 내부에서 발생되는 신호를 자동으로 평가하여 제한된 시간동안 자동차의 요구경로를 유지하거나 자동차의 동적거동에 영향을 주기 위하여 1개 이상의 바퀴의 조향각을 변화시키는 복합전자제어시스템내의 비연속적인 제어기능을 말하며, 조향장치를 작동시키지 아니하지만 수동적인 시설물과 연계하여 조향조종장치에 촉각경고를 발생시켜 운전자에게 자동차가 이상적인 경로를 이탈하거나 눈에 보이지 아니하는 위험을 경고하는 시스템 또한 이 기능으로 본다.

○ 『도로교통법』(제80조 운전면허)에서는 운전면허의 취득 주체를 사람으로 규정하고 있음

※ 자율주행자동차 도입 시 운전의 주체는 차량이 되므로 운전면허 취득 주체와 관련한 해당 법 개정 필요

「도로교통법」

제80조(운전면허) ① 자동차등을 운전하려는 사람은 지방경찰청장으로부터 운전면허를 받아야 한다. 다만, 제2조제19호나목의 원동기를 단 차 중「교통약자의 이동편의 증진법」제2조제1호에 따른 교통약자가 최고속도 시속 20킬로미터 이하로만 운행될 수 있는 차를 운전하는 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 『도로교통법』(제49조 모든 운전자의 준수사항 등)의 제1항 6호에서는 운전석을 떠나는 경우에는 차의 정지 상태를 유지하도록 규정하고 있음

※ 자율주행자동차 도입시 해당 법 개정 필요

「도로교통법」

제49조(모든 운전자의 준수사항 등) ① 모든 차의 운전자는 다음 각 호의 사항을 지켜야 한다.

6. 운전자가 운전석을 떠나는 경우에는 원동기를 끄고 제동장치를 철저하게 작동시키는 등 차의 정지 상태를 안전하게 유지하고 다른 사람이 함부로 운전하지 못하도록 필요한 조치를 할 것

❍ 2016년『자율주행자동차 안전운행 요건 및 시험운행 등에 관한 규정』을 제정하여 자율주행자동차의 임시운행에 필요한 세부요건 및 확인방법 등 안전운행요건 규정하고 있음

『자율주행자동차 안전운행 요건 및 시험운행 등에 관한 규정』

○ 일반적 안전운행요건

- 자율주행차는 자동차자기인증이 완료된 자동차를 대상으로 하고, 모든 공공도로 주행 관련 제반 법령을 준수하도록 제작되어야 함 (제3조)
- 자동차손해배상보장법에 따른 보험가입을 의무화 (제4조)
- 자율주행자동차 임시운행허가 신청인은 자율주행 기능의 작동을 확인할 수 있도록 시험시설 등에서 충분한 사전 주행을 실시 의무화 (제5조)
- 허가신청 대상 자동차 제시, 자율주행자동차의 기술단계·구조 및 기능에 대한 설명서, 시험·연구계획서 등 필요한 제출서류 목록 규정 (제6조)
- 후방차량 운전자가 자율주행자동차임을 확인할 수 있는 표지 부착 (제8조)
- 성능시험대행자는 자율주행자동차의 안전운행요건 등을 확인하기 위하여 신청인에게 시험시설 등에서 시험운행을 요청할 수 있음 (제9조)

○ 자율주행자동차의 구조 및 기능

- 자율주행시스템 기능을 쉽게 조작할 수 있는 조종장치와 자율주행시스템의 기능작동여부를 확인할 수 있는 표시장치를 갖추어야 함 (제10조)
- 자율주행시스템의 기능고장 발생을 감지하고 운전자에게 경고를 줄 수 있는 기능고장 감지장치 및 경고장치를 갖추어야 함 (제12조, 제13조, 제14조)
- 자율주행자동차의 안전운행을 위하여 최고속도제한장치 및 전방출동방지 기능을 할 수 있는 장치를 장착하여야 함 (제16조)
- 자율주행자동차 임시운행에 따른 사고발생 시 사고분석을 할 수 있도록 운행기록장치 및 영상기록장치를 갖추도록 함 (제17조, 제18조)

○ 임시운행 관련 요건

- 자율주행시스템의 정상작동 확인 등을 위해 운전자 이외에 1인 이상의 동승자가 탑승하여야 하며, 피연결자동차의 연결 운행 금지 (제19조, 제20조)

8. 스마트 관제 시스템 기술 동향

가. 관제기술

○ BRT 자동주행을 위해서는 승객의 안전성 향상을 위해 차량외부에서 지속적인 상태를 감시하고 적극적으로 개입하여 사전에 위험상황을 대비하는 기술이 필요함

○ 대기업위주의 개인차량의 자동주행 기술에는 관제의 개념이 도입되지 않았지만, 이미 대다수의 대중교통에서는 관제의 개념이 도입되어 있으며 자동주행이 확대될 경우 관제의 개념도 확대되어 더욱 중요한 기술이 될 수 있음

○ C-ITS사업도 인프라의 정보를 비자동차/자동차에 제공하기위한 목적으로 진행되고 있으나, 차량의 운행제어권은 차량제조사에 있어 정보를 활용에 운행제어의 적극 개입은 어려움

○ BRT 사업의 경우 운행에 대한 권한을 정부가 가지고 있으므로 정보를 활용하여 적극적으로 운행제어를 진행할 수 있음

○ 현재까지 버스, 철도, 항만 등에 적용된 관제의 개념은 아래와 같음

○ 버스관제기술 현황

- 중앙에서 모든 차량을 전자적으로 통제할 수 있는 철도교통관제와는 달리, 버스관제는 아직은 지역별로 운영되며, 노선정보나 도착예정시간 등의 정보를 제공

<표 2-1-33> BIS와 BMS의 비교

구분		버스정보시스템(BIS)	버스운행관리시스템(BMS)
정의		이용자에게 버스운행상황 정보제공	버스운행상황 관제
제공매체		정류소/승객용 안내기, 인터넷, Mobile	버스회사 단말기, 상황판, 차량단말기
정보대상		버스이용승객	버스운전자, 운수회사, 시/군청
기대효과		버스이용승객 편의제공	배차관리, 안전운행, 정시성 확보
데이터		정류소 출발-도착데이터	일정한 주기데이터, 운행기록 데이터
정보 활용 전략	수집	버스위치 정보수집	버스운행정보수집
	가공	버스도착예정 정보가공	버스운행 정책자료 가공
	제공	이용자 정보제공, 유관기관정보 연계제공	운영자, 버스회사, 운전자 정보제공

- 버스정보시스템은 관리자 중심의 버스운행관리시스템(Bus Management System, BMS)과 이용자 중심의 버스정보시스템(Bus Information System, BIS)으로 구분

- 버스정보시스템(BIS, Bus Information System)은 버스에 GPS 수신기와 무선통신장비를

설치하여 버스의 운행상황을 실시간으로 파악, 버스위치/운행상태/배차간격/도착예정시간 등의 정보를 제공하는 시스템

- 버스관리시스템(BMS, Bus Management System)은 버스위치를 추적하여 이를 통해 수집되는 버스위치자료와 기타 운행관련 자료를 이용하여 버스의 운행 및 관리하는 시스템

- 국내·외 BIS 사례 현황

<표 2-1-34> 국내·외 BIS 사례 현황

구분		BIS 기능 및 정보제공 내용
한국	서울 (Topis)	-교통정보 및 교통시스템 연계, 통합 -실시간 소통관리 및 대시민 교통정보 서비스 -대중교통운행관리 -첨단 교통시스템 공유의 장
미국	볼티모어 (AVLS)	-현재 버스위치 안내 및 돌발/긴급 상황지원 -이동교통수단 연계정보 -운행 정시성 25% 증가
	휴스턴	-교통상황 안내 -목적지까지의 도착 소요시간 안내 -다음차량 도착안내정보
	콜로라도 (Smart Bus Project)	-버스 운행상황 모니터링 -문자명령 수신기능(20개 저장 메시지 송출)
영국	Countdown	-주요 정류소 400개소, 버스탑재기 1,000대 -도착순서, 노선번호, 목적지, 도착시간
	LLAMD	-18개 노선, 50개 정류소 -예상대기시간, 공공정보 안내
프랑스	ALTAIR	-버스탑재기 4,000대 -버스도착시간 안내, 운행정보 -공공정보 안내, 사고정보, 긴급메세지 송신, 연계 교통수단 시간표 안내
독일	DEAF (Dynamic Electronic Fahrplan Auskunft)	-주요 정류소, 버스 탑재기, 중앙관제센터, 컴퓨터 단말기 -최적 교통수단 안내, 요금안내, 연계 교통망 안내, 사고 정체 안내

○ 철도관제기술현황

- 계획된 열차를 효율적으로 운행하기 위해 열차의 운행상황을 집중적으로 제어,감시, 통제하는 시스템

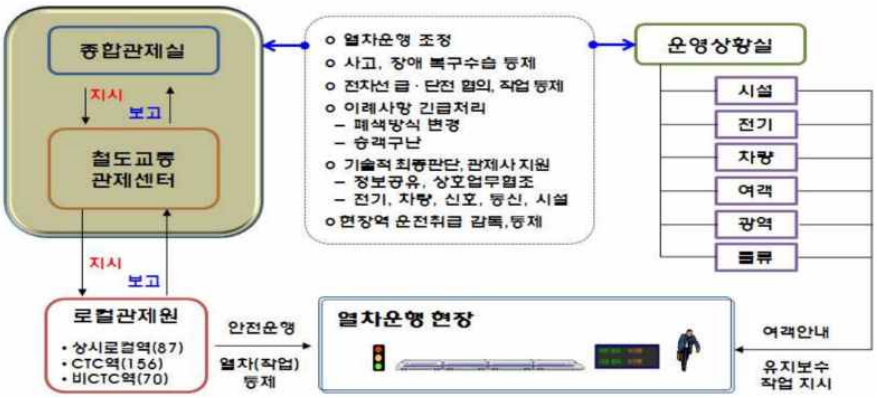
- 정기/임시열차의 운행통제, 열차집중제어장치 운용, 고속선과 기존선의 연계운행 관리업무, 고속선 안전설비 및 신호장치 감시에 관한 업무, 기타 고속선 및 기존선 열차관제 업무 등 종합관제실에서 적극적인 통제가 가능[1)]

- 관제설비와 관제사에 의하여 계획된 열차를 효율적으로 운행하기 위하여 음성, 데이터, 영상데이터 등을 수집하고 열차운행종합제어장치(TTC), 열차운행종합제어장치(CTC) 등을 활용하여 열차의 운행상황을 집중적으로 제어・통제・감시하는 시스템

- 철도관제시스템은 CTC가 도입되면서 체계적인 관제설비를 갖춘 시스템으로 발전하여 CTC에 컴퓨터 시스템의 도입으로 열차운행종합제어장치를 통해 자동열차운전(ATO)시스템에 의한 무인운전도 가능

<표 2-1-35> 철도관제시스템 주요기능

구분	주요 기능
신호관제(TTC)	열차운행 감시 및 자동, 수동제어 시스템
전력관제(SCADA)	전력공급설비의 원격제어 및 감시 시스템
설비관제(EBI)	공조, 소방, 스크린도어, 승강설비 등의 제어 및 감시 시스템
통신관제(DTS)	광전송망, CCTV, 열차무선, 방송장치, 승강장 안내표시기, 음성 및 영상데이터를 관리하는 시스템



<그림 2-1-92> 철도교통관제 업무흐름도

- 국외 철도관제

<표 2-1-36> 국외 철도관제 시스템

구분		특징	상세특징
한국	철도청	-5개 지방 사령실의 장소적 통합 -운전, 전력사령은 별도 운영	-분산된 5개 지역 사령실의 통합 (공간적 통합) -운전(CTC)사령과 전력사령을 분리 -상황실, 홍보실 및 교육실 구축 -운전/전력은 구간별로 정보교환
	도시철도공사	-장소적 통합사령실 운영	-공간적 통합사령실 구축

1) 철도교통관제 운영개선 연구, 국토교통부, 2013.

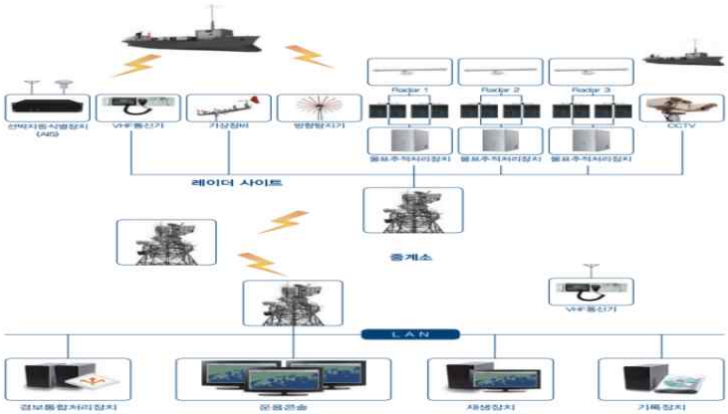
			· 표시반 및 사령탁의 장소적 재배치 · 사령실 내부구조 변경 · 통합에 따른 조직 및 인원의 재정비 -사령업무의 통합 및 근무 환경 조성
	대구2호선	-운영 및 유지보수 통합	-통합관리시스템 구축/통합보수분소 운영 -역통합시스템 구축:종합적인 역관리를 위한 기계, 조명설비 등의 감시제어 시스템 구성 -통합표시반 운영: 운전/전력/설비 표시반을 하나의 프로젝터 시스템으로 구성
미국	**보스톤**	-대형 통합사령실 운영 -운전, 전력사령실 별도 운영	- 지 하 철 : 4개 노선 - 통근열차 : 13개 노선 - 여 객 선 : 5개 지역 - 버 스 : 170개 노선
	워싱턴	-보수사령(신호/전력/통신/기계)에 비중을 두어 운영	- 노선수: 5개 노선(Yellow, Orange, Blue, Red,Green - 역 수 : 78개
프랑스	**리옹**	-Ticketing Machine 고정감시 등 설비감시범위확대	- 노 선 수 : 4(무인운전 1개 노선) - 역 수 : 45개
영국	**맨체스터**	-최신 DLP 프로젝션 시스템 운영 -경찰청 직원이 사령실내 상주	- 차량 1 편성 : 2량 - 일일이동차량: 750편성
일본	**동경**	-4개 사령(운전/전력/차량/설비)간의 정보 연계 -전력회사, 방재센터, 소방청, 기상청, 타노선 지령소와 정보교환	- 노 선 수 : 8개 노선 - 역 수 : 159역 (지상 21역)

○ 항만 자동화 관제

- 레이더, 선박자동식별장치(AIS), 초단파무선통신장비 등 선박의 위치를 탐지하고 선박과 통신할 수 있는 설비를 이용하여 선박교통의 안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위하여 통항선박의 동정을 관찰하고 항행안전 정보를 제공하는 서비스

<표 2-1-37> 항만 자동화 관제 시스템 주요기능

구분	주요기능
1	항로이탈, 위험구역접근, 선박충돌 등의 위험이 있는지를 관찰
2	해양사고 예방과 관련한 정보 제공·조언 및 지시
3	입출항 우선순위 조정 및 선석·정박지·도선·예선 정보 등 항만운영정보 제공
4	조류, 조석, 해상기상, 해상사격 등 선박 안전운항을 위한 항행안전정보 제공
5	해양사고 및 비상상황 발생 시 신속한 초동조치 및 전파



<그림 2-1-93> 해상교통관제

- Dubai Jebel Ali Terminal3 에서 내부 컨테이너 트럭과 외부 컨테이너 트럭의 터미널 내 3차원 자동화 관제 및 항만 터미널의 실시간 상황 모니터링 제공 (DGPS 및 RFID 활용)
- 컨테이너 차량의 사고 발생 및 운행지연시간 확인으로 각 컨테이너 차량간 운행지연 최소화

<그림 2-1-94> Dubai Jebel Ali Terminal3 3차원관제

나. 통신기술

❍ 자동주행을 위한 인프라는 V2X를 기반으로 하여 C-ITS를 구현하는 것이 핵심으로, 각 국은 국가차원의 과제와 표준 기관을 통해 V2I 통신 시스템 및 신규 서비스를 개발 중

- 미국, EU, 일본 등은 시제품 개발 완료 및 일부 상용화 단계로 우리나라 보다 약 3~5년 정도 앞선 상황(현대증권, 2015)
- V2X기술은 주행상황 인지, 교통신호 인식, 실시간 교통정보 등을 제공함으로써 도심 및 고속도로에서의 안전운전을 지원

(1) 미국

❍ 미국은 1999년부터 5.9GHz를 V2X 통신을 위한 WAVE용 주파수로 할당하였으며, 2010년에는 IEEE에서 WAVE를 통신표준으로 확정시키고 시범사업을 진행

- 미국은 유럽과는 다르게 V2V를 중점적으로 개발 및 도로 실증실험을 진행

❍ 미국에서 V2X 관련 사업은 교통부(DOT) 산하 RITA(Research & Innovative Technology Administration)에서 'Connected Vehicle' 프로젝트를 통해 추진

※ 프로젝트는 기술(technology), 애플리케이션(application), 정책·관련 조직(policy & institution) 등 3 항목으로 나누어 진행되었고, 그 중 V2X 통신과 관련된 연구는 애플리케이션 항목의 안전성(safety) 부문에 해당(사각지대/차선변경경고/교차로 이동지원 등)

- V2X 통신의 유효성 및 실현가능성을 검증하기 위해 도로교통안전국(NHTSA)은 'Safety Pilot Driver Clinics'와 'Model Deployment' 등 2단계로 진행된 'Safety Pilot'을 실시(2011.8.~2013.8.)

<표 2-1-38> Safety Pilot 프로젝트 주요내용

구분	내용
Safety Pilot Driver Clinics	- 테스트베드에서 700명의 일반운전자를 대상으로 V2X기술의 유효성 검증
Model Deployment	- 약 2,800대의 승용차, 트럭, 버스, 오토바이와 자전거 등을 대상으로 실제 도로상에서의 WAVE 기술을 활용한 V2X 기술의 실현 가능성을 검증

출처 : 한국자동차산업연구소(2014)

※ 미국은 해당 테스트 결과를 바탕으로 V2V 적용을 모든 신차에 의무화하는 법안을 추진

❍ 2006~2010년에는 안전성과 이동성을 극대화하고 환경을 개선하기 위해 전국에 차량간(V2V) 및 차량-노변 간(V2I)의 무선 통신과 인프라 시스템을 구축하는 'IntelliDrive' 프로젝트를 DOT 주도하에 실시

<표 2-1-39> IntelliDrive의 주요 추진일정

시기	내용
2002	DSRC 기반의 ITS 서비스 및 표준개발 착수
2006-2008	ITS 서비스 및 표준 테스트 진행
2009	VII에서 'IntelliDrive' 로 프로젝트명 변경
2010	미국 전역에 20만개의 노변 기지국과 같은 통신 인프라 구축.운용

출처 : USDOT(2016)

- 차량안전서비스를 통한 충돌, 추돌사고가 없는 교통시스템과 운전자들의 주행상황에 맞는 교통정보를 제공할 수 있는 인프라 구축을 위해 북미 업체뿐만 아니라 Nissan, BMW와 같은 주요 완성차社가 참여

- 신호·정지선 위반경고, 곡선도로속도 경고, 전자 브레이크, 램프미터링, 신호시간 변경, 도로-날씨에 따른 정보제공 등 교통안정성과 이동성 확보를 위한 프로젝트

- IntelliDrive에서 구현하고자 하는 주요서비스는 V2V통신과 V2I통신, V2O(Others) 통신으로 구분하여 경고나 위급상황 시 자동으로 긴급제동이 가능하도록 조치를 취하는 것

<표 2-1-40> IntelliDrive의 주요 응용서비스

구분	내용
V2V	• 도로주행 중 차량 고장시, 후속차량에 사고정보 전달 • 충돌위험이 있는 경우 운전자에게 경고를 하거나 자동으로 브레이크를 작동
V2I	• 사고가 발생한 차량의 사고시간, 사고종류 및 심각성 등 사고관련 정보를 도로변 인프라를 이용하여 중앙시스템에 전송 • 사고지역 인근에 사고정보를 전파, 타 차량의 감속 유도
V2O	• 자전거, 오토바이 등과의 충돌방지를 위해 휴대전화, 이륜차 수신기에 경고

출처 : IRS Global(2015)

- V2V와 V2I 기술, 인프라 기반 센싱기술, 교차로 및 교통인프라 서비스 기술을 활용하여 신호위반경고, 정지선 위반경고, 곡선도로 속도 경고, 전자 브레이크뿐만 아니라 램프 미터링, 신호시간 변경, 도로-날씨에 따른 정보제공 등 ITS 기술을 개발

출처 : 디트로이트뷰로

<그림 2-1-95> IntelliDrive 프로젝트

○ IntelliDrive 프로젝트 이후 안전성(Safety)과 이동성(Mobility), 환경성(Environment)을 향상시키기 위해 V2V, V2I 통신시스템 및 인프라를 구축하는 'Connected Vehicle Initiative'를 실시

- 'Connected Vehicle Initiative'는 2011년 IntelliDrive를 변경한 것으로 C-ITS의 응용

프로그램 선정, 프로토타입 개발, 시험주행, 수용성평가 등을 실시

❍ Connected Vehicle 응용분야 중 안전부문을 강화하기 위해 Safety Pilot 프로그램을 실시

- 실제주행 환경에서의 차량간 연계기술 시험, 차량기반의 안전시스템에 대한 운전자 반응 및 대응 분석, DSRC기술의 타당성(feasibility), 확장성(scalability), 안전성(security), 상호운영성(interoperability) 등을 평가

<표 2-1-41> Safety Pilot의 주요 응용서비스

구분	내용
V2V	• 긴급 브레이크 경고 / 전방향 추돌 경고 / 교차로 안전 지원 / 사각지대경고 / 차선 변경 경고 / 추월 경고 / 제어 불능 경고
V2I	• 긴급차량 우선신호지원 / 신호 타이밍 정보 제공 / 보행자 경고

출처 : 소프트웨어정책연구소(2015)

(2) EU

❍ 2000년대 중반부터 CVIS(Cooperative Vehicle Infrastructure System)와 SAFESPOT, COOPERS, COMeSafety 등의 프로젝트를 통해 각 국가별로 실제 도로에서 실증실험을 진행하는 방식으로 V2X 중심의 자동주행 인프라 기술개발을 추진

- 민간업체, 연구기관 등과 함께 다양한 프로젝트를 진행, CVIS는 통신 시스템 핵심기술개발, SAFESPOT은 도로안전을 위한 V2X 서비스 개발, COOPERS는 V2X를 통한 도로운영을 목표로 추진하는 등 체계적으로 V2X 기술을 개발

- CVIS 프로젝트는 유럽 ITS 전문기관인 ERTICO 주관 하에 2006년 2월~2010년 1월 사이에 실시되었고, EU가 약 2억 유로의 지원금을 제공

※ 차량간(V2V), 차량-인프라(V2I)간 통신을 위해 차량과 기지국에 대한 개방형 표준기반 통신, 측위, 네트워크 플랫폼 개발 등 V2X 관련 단말 표준화, 차량과 도로장비의 트래픽 및 네트워크 모니터링 시스템 구축 등을 목표로 추진

- SAFESPOT은 '스마트 도로 상의 스마트 차량(Smart Vehicles on Smart Roads)'이라는 슬로건을 바탕으로 ECIST(European Commission Information Society Technologies)의 지원 하에 실시된 통합 연구 프로젝트

※ 차량과 도로상의 인프라를 활용해 안전한 교통시스템을 구축하는 것이 목표로, 범유럽 자동차 연구조직인 EUCAR가 주도적인 역할을 수행, 컨소시엄에는 유럽 12개국의 차량 제조업체, 도로 운영업체, 연구기관 등 52개 회원사들이 참여

- COOPERS(CO-OPERrative System for intelligent road safety)는 차량-인프라간 지속적인 통신환경 구축을 통한 도로안전성 향상 및 교통관리 시스템을 구축하는 것이 목표로 추진(2006.2.~2010.1.)

※ 기존의 V2V, IVN, V2I 등 다양한 연구개발과 교통운영 시설들 간의 정보교환체계를 결합하여 통합운영이 가능한 운영환경을 구현

❍ COMeSafety 프로젝트는 C-ITS의 구현 및 확장을 지원하는 EU의 표준을 마련하기 위해 추진된 프로젝트로 교통안전 교통효율성, 부가서비스 분야에서 주로 연구개발을 진행(2006.1.~2009.12)

<표 2-1-42> COMeSafety의 주요 연구개발

구분	내용
교통안전	• 협조형 주의환기 : 전방관리 / 차로출발경고 / 속도관리 / 차로보행자감지 • 위험경고 : 도로상태감지 / 위험감지 / 교통행렬감지 / 기상악화감지
교통효율성	• 경로안내 / 교통신호최적화
부가서비스	• 타지역 연결 접속 / 무선통신을 활용한 다른 정보 제공

출처 : IRS Global(2015)

❍ 2008년부터 고속주행에 대응할 수 있는 통신기술로 WAVE 기술을 수용하여 미국과 동일한 표준으로 V2X 기술을 개발

- 유럽은 WAVE 기술에만 집중하고 있는 미국과 달리 빠르게 변하는 통신기술에 대응하여 다양한 무선통신 매체를 수용할 수 있도록 2001년부터 차량용 무선 통신 플랫폼(CALM)을 구축

※ CALM(Communications, Air-interface, Long and Medium range)은 DSRC, 셀룰러 통신, WAVE 등의 기술을 포괄

❍ 이외에 C2C-CC*는 12개의 완성차업체가 모인 컨소시엄으로 2016년 이후 V2X 시스템 상용화를 위해 독일과 네덜란드 등의 지역에서 메시지 표준화, 보안 표준 제정, 장비인증 규격 정의 등의 프로젝트를 진행 중

※ Car-to-Car Communication Consortium

(3) 일본

❍ 세계 최고의 상용화기술을 보유하고 있는 일본은 V2I를 중심으로 체계적인 연구개발(ITS-Safety 2010)과 상용화(ITS SPOT)를 추진

- 1990년부터 시작된 ITS 사업과 연계하여 본격적으로 교통혼잡 완화, 교통사고와 사상자수 감소, 교통난으로 인한 환경오염 절감 등 지속적으로 증가하는 교통문제를 혁신적으로 해결

❍ ‘ITS-Safety 2010’은 V2I, V2V를 사용하는 협력안전지원시스템을 실현하기 위하여 2008년 4월부터 2011년 3월 사이에 진행된 민관협력 프로젝트로, 기능·개념정립과 테스트베드를 운영

※ 경찰청의 DSSS(Driving Safety Support System), 국토교통성의 Smartway, ASV(Advanced Safety Vehicle) 등의 프로젝트를 추진했고, 민간부문에서는 14개 자동차 제조사와 2개 해외 자동차 제조사가 협력

<표 2-1-43> ITS-Safety 2010의 주요 실도로 검증실험

구분	내용
Smartway	• 국토교통성 도로국이 추진하는 프로젝트 • 도로와 차량이 연계하여(차로협조), 센서와 차로간 통신 등에 의해 교통사고와 혼잡구간을 줄이는 것이 목표 • ITS-Safety 2010 대응 기술 : 전방상황 정보제공, 합류지원 정보제공, 전자표식 정보제공 기술 등
DSSS	• 신호가 설치되어 있지 않은 예측이 어려운 교차점 등에 광비콘에 의한 도로-차량간 통신에 의해 주의해야 할 차량의 존재를 운전자에 알려줌으로써 안전운전이 가능 • DSSS의 주요기술 : 신호간과방지지원, 추돌방지지원, 주정차위반방지지원, 충돌 방지지원, 차선변경 정보제공지원 기술 등
ASV	• 차량용 환경센서와 V2X 무선통신을 통합, 주변위험물과 추돌/충돌 가능성이 있는 경우, 주변위험물의 존재를 운전자에게 음성과 표시로 경고하여 안전운전을 지원 • ASV 주요기술 : 추돌방지시스템, 좌회전시 추돌방지시스템, 긴급차량 정보시스템 등

출처 : 글로벌 오토뉴스(2013)

❍ ITS SPOT은 Smartway의 통합시스템 및 서비스 제공을 위한 실제 전국 고속도로에 구축 및 적용을 목적으로 시행된 사업

- 5.8Ghz DSRC를 이용, 도로에 설치된 ITS SPOT과 차량의 단말기간 고속·대용량통신을 통해 안전운전지원, 경로안내, 혼잡감소 등이 가능

<표 2-1-44> ITS SPOT 주요 서비스

구분		내용
안전운전지원	**재해/낙하물/사고다발 경고**	• ITS SPOT을 통해 지진 등 재난발생시 정보를 제공하여 자동차를 유도 • 전방 도로상의 낙하물 존재를 ITS SPOT을 통과하는 차량에 제공 • ITS SPOT 통과차량에 전방 정체정보, 사고다발지역 정보 등을 제공
	화상정보 제공	• 전방의 기상정보나 정체다발구간의 정체상황 등을 실시간 사진으로 제공
경로안내		• ITS SPOT에서 현재 경계를 넘어 광역 도로 교통정보를 실시간으로 송신하여 원거리 최적경로를 제공
혼잡감소		• 센서를 통해 도로 상황을 수집하고, ACC 장착차량은 ITS SPOT으로부터 최적속도, 차량간격 정보를 제공받아 자동으로 속도 및 차량간격을 제어

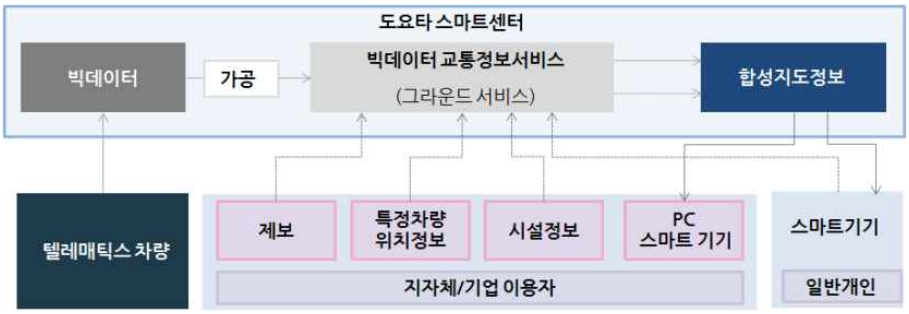
출처 : IRS Global(2015)

❍ 빅데이터와 관련해서 도요타는 텔레매틱스를 통해 수집한 교통정보를 가공하여 지자체 및 기업을 대상으로 유료서비스를 운영하는 등, 자동주행차 분야에 활용

- 텔레매틱스 서비스를 통해 수집·축적한 차량의 위치나 속도, 주행상황 등의 정보를 담고 있는 '빅데이터 교통정보서비스'는 빅데이터를 기본으로 가공한 교통정보/통계

데이터 등을 지자체·기업이 활용, 교통흐름개선이나 방재대책 등에 활용

※ 빅데이터를 가공한 도요타의 T Probe 교통 정보, 실제 차량 주행 실적 데이터를 근거로 재해발생 시 통행가능도로를 보여주는 맵, 교통량 맵 등의 정보를 지자체・기업에 제공하고, 응용해서 사용할 수 있는 플랫폼도 제공하여 폭넓은 활용이 가능하도록 여건을 마련



출처 : 동아일보(2013)

<그림 2-1-96> 도요타의 빅데이터 활용사례

(4) 한국

○ 스마트 하이웨이사업의 IT기반 교통기술, 자동차연계기술은 자동주행차의 센서만으로는 검지가 어려운 돌발상황 등을 검지하고, 도로정보 기반의 차량 제어가 가능하도록 기술을 개발 중

<표 2-1-45> 스마트하이웨이사업의 주요개발기술

구분	기술	내용
IT기반 교통기술	자동돌발 검지시스템	• 발생가능한 돌발상황 실시간 검지 및 추적
	SMART 통신시스템	• 복합기지국 및 연속적 정보교환
자동차 연계기술	도로-자동차 상황관리 시스템	• 도로 노면정보와 자동차 이상정보의 검지 및 제공
	주행로 이탈예방 지원기술	• 정밀측위기술(DGPS)을 활용한 주행로 이탈방지지원
	도로정보 기반의 차량제어 지원기술	• 도로-차량정보연계를 통한 자동차 자동제어

출처 : IRS Global(2014)

제2절 3P(특허, 표준화, 논문) 분석

1. BRT 자동주행 특허 및 논문 동향

가. 특허 분석 범위

❍ 2010.1~2016.12까지 톰슨로이터를 이용하여 기술별 및 기업별 특허 현황을 추출하여 정리함

<표 2-2-1> 자동주행 특허분석 기준

구분	분석기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색 국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
분석구간	2000.01.01. ~ 2016.12.31.				
검색범위	Title, Abstract, Claim				

나. 기술 분류 및 검색 조합식

<표 2-2-2> 자동주행 기술분류

대분류	중분류	소분류	키워드
BRT 자동주행 기술 (Bus automatic driving)	*A 기술* 자동주행기술 (Automatic driving)	*AA 기술* 하드웨어기술 (Hardware)	Advanced Driver Assistance System Lidar, Radar, GPS Motor Driven Power Steering Integrated sensor
		AB 기술 인식 및 편의기술 (Recognition and convenience technology)	Deep learning Lane keeping Multiple sensors Passenger recognition Autonomous mode switching
		AC 기술 제어 및 충돌방지 기술 (Control and anti-collision technology)	Autonomous Emergency Braking Adaptive Smart Cruise Control Stop and Start control
	B 기술 승객안전성 기술	*BA 기술* 승객안전성 기술 (Passenger safety)	Door monitoring Bus stop guide Speed control for passenger

	(Passenger safety)	*BB 기술* 인프라 기술 (Bus only lanes)	pavement lane marking load signs Road structure and facility
		BC 기술 정류장 및 앱기술 (Bus Stop and app technology)	Fee collection Display vehicle information Lighting facility Anti-collision facility Apps
자동주행 관제 기술 (Automatic Driving Control Center)	*C 기술* 관제시스템기술 (control system)	*CA 기술* 운영소프트웨어 (Software)	Detection of an unexpected situation Judging speed Bypass route calculation Dynamic scheduling
		CB 기술 관제시스템 기술 (Control system)	controlling multiple vehicles monitoring system Operational Scheduler
	D 기술 V2X 통신기술 (V2X communication system)	*DA 기술* BRT-관제통신기술 (Inter-vehicle communication technology)	communication between BRT and control center Vehicle condition Traffic information Information collection Multi-vehicle communication
		DB 기술 차량-인프라 통신기술 (V2I communication)	C-ITS V2X WAVE

<표 2-2-3> 자동주행 검색 조합식(특허분석)

기술구분		검색 조합식	검색 특허
A 기술	AA	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or (self adj driving) or autonomous) and ((advanced adj driver adj assistance adj system) or (Lidar or Radar or GPS) or (motor adj driven adj power adj steering) or (integrated adj sensor))	322
	AB	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or (self adj driving) or autonomous) and ((deep adj learning) or (lane adj keeping) or (multiple adj sensors) or (passenger adj recognition) or (autonomous adj mode adj switching))	33
	AC	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or (self adj driving) or autonomous) and ((autonomous adj Emergency adj braking) or (adaptive adj smart adj cruise adj control) or (stop adj start adj control))	5
B	BA	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or	29

기술		(self adj driving) or autonomous) and ((Door adj monitoring) or (Bus adj stop adj guide) or (Speed adj control))	
	BB	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or (self adj driving) or autonomous) and (pavement or (lane adj marking) or (load adj signs) or (Road adj structure adj facility))	27
	BC	((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram) and ((automatic adj driving) or (self adj driving) or autonomous) and ((Fee adj collection) or (Display adj vehicle adj information) or (Lighting adj facility) or (Anti-collision adj facility) or Apps)	2
C 기술	CA	((Intelligent adj transportation) or (Centralized adj Traffic adj Control) or (control adj center)) and ((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram or shuttle or train) and (automatic or (self adj driving) or autonomous) and ((Detection adj unexpected) or (Judging adj speed) or (route adj calculation) or scheduling)	50
	CB	((Intelligent adj transportation) or (Centralized adj Traffic adj Control) or (control adj center)) and ((bus) or (bus adj rapid adj transit) or tram or shuttle or train) and (automatic or (self adj driving) or autonomous) and ((controlling adj vehicles) or (monitoring adj system) or Scheduler)	66
D 기술	DA	(V2X adj communication) and ((Vehicle adj condition) or (Traffic adj information) or (Information adj collection) or (vehicle adj communication))	46
	DB	(V2X adj communication) and ((Intelligent adj transportation) or wave or V2I)	26

○ BRT의 자동주행 기술(A, B 기술) 전체로는 총 2,882개의 기술이 검색이 되었으며, 세부기술로, 하드웨어 기술로는(AA 기술) 322건, 인식 및 편의기술 (AB 기술) 33건, 제어 및 충돌방지기술(AC 기술)은 5건, 승객안전성 기술(BA기술) 29건, 인프라 기술(BB기술) 27건, 정류장 및 앱기술(BC기술) 2건으로 검색이 됨

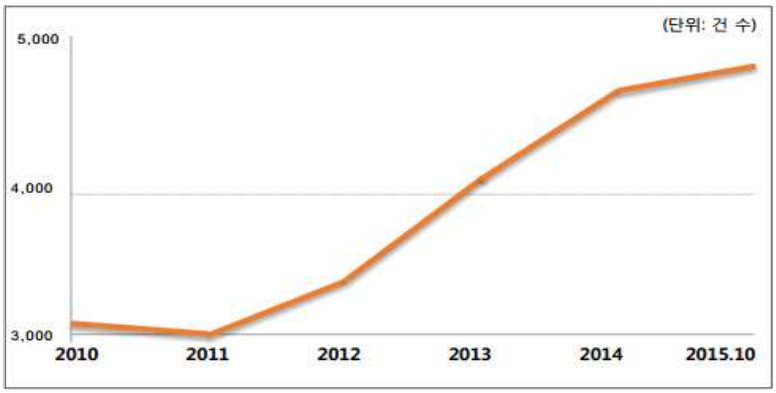
○ 자동주행의 스마트 관제 시스템(C기술) 전체기술로는 430개의 특허기술이 검색되었으며, 관제의 응용소프트웨어 기술(CA기술)은 50건, 관제시스템 기술은 66건이 검색이 되었음.

○ V2X 통신기술(D기술) 전체로는 119개의 특허가 검색이 되었으며, 그중 BRT-관제간 통신기술은 (DA기술) 46건, 차량-인프라간 통신기술은 26건으로 검색이 되었음.

○ 자동주행의 하드웨어 기술이 가장 활발히 연구가 되는 것으로 판단이 되며, 상대적으로 승객안전성기술과, 관제기술은 자동주행에서 낮은 비중을 차지함

다. 기술별 특허 동향

○ 우선 승용차 자동주행 기술은 기존에 정리가 잘 되어 있는 보고서가 많이 있으므로 보고서를 활용하여 간략히 정리를 하였음



출처: 톰슨로이터 DWPI(Derwent World Patents Index)

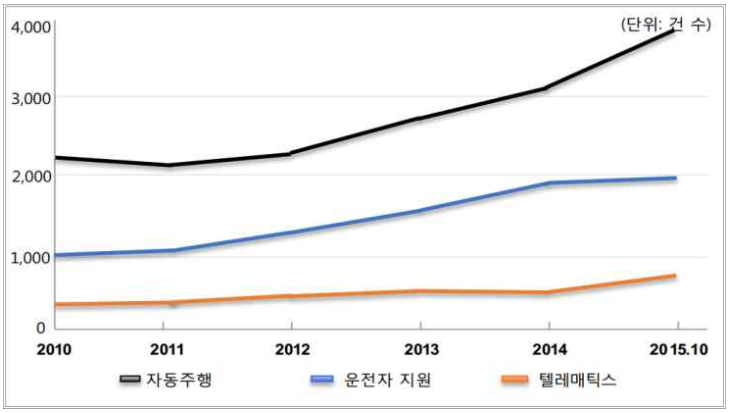
<그림 2-2-1> 자동주행차량 관련 글로벌 특허 출원 추이

○ 2010~2015년 10월까지의 기간 동안에 자동주행 관련 특허 등록 건수를 분석하여 톰슨로이터가 발표한 '2016 자동주행차량 혁신(2016 State of Self-Driving Automotive Innovation)'보고서에서는 세 가지의 자동주행관련 기술 특허 중심으로 이뤄져 있었으며, 이는 자동주행(Automated driving)과 운전자 지원(Driver assistance) 그리고 텔레매틱스(Telematics) 등 총 2만 2,000여 건의 특허가 출원된 것으로 파악됨

○ 자동주행기술특허는 2010~2011년 연간 대략 3,000건의 수준이었고 2014년에서는 5,000건에 다다르는 등 완성차 업체와 자동차 부품 업체 그리고 ICT업체 등 특허 출원에 전 세계 기업들이 경쟁을 벌이고 있음

○ 국가별로 비교해보면 일본이 2010년부터 2015년 10월까지의 기간 동안 자동주행 특허 보유수가 가장 높은 것으로 나타났으며, 기업별로는 도요타가 2,000건을 넘으며 압도적인 1위를 차지하였음

○ 2위 보쉬와 3위 덴소 다음으로 국내기업인 현대자동차가 4위를 차지, 2위와 3위의 특허출원 수와 별 차이가 없었으며 완성차 업체로는 도요타 다음으로 2위를 차지했음



출처: 톰슨로이터 DWPI(Derwent World Patents Index)

<그림 2-2-2> 자동주행차량 관련 글로벌 특허 출원 추이

○ 현대자동차의 경우 자동주행 부문에서 6위에 있었으나, 운전자 지원(500여 건)과 텔레매틱스(170여 건) 관련 특허 출원은 각각 3위와 2위로 상당히 높은 위치를 차지함

○ 그 외의 국내 기업으로는 270여건의 자동주행기술 특허 출원으로 만도가 14위에 위치하였으며 특정 기술로는 제네시스 EQ900에 적용된 고속도로주행지원 시스템(HAD)의 핵심 부품을 공급하였고 삼성과 엘지는 각 160여 건의 특허로 22위와 23위에 위치함

○ 자동주행차량 개발에서 강세를 보이고 있는 ICT기업인 구글, 인텔, 애플 등은 관련 특허 출원에서 실질적으로 기존 완성차 업체와 자동차 부품 업체에 밀리는 것으로 나타났으며 실제로 구글은 130여건으로 26위, 애플은 순위권에도 들지 못함

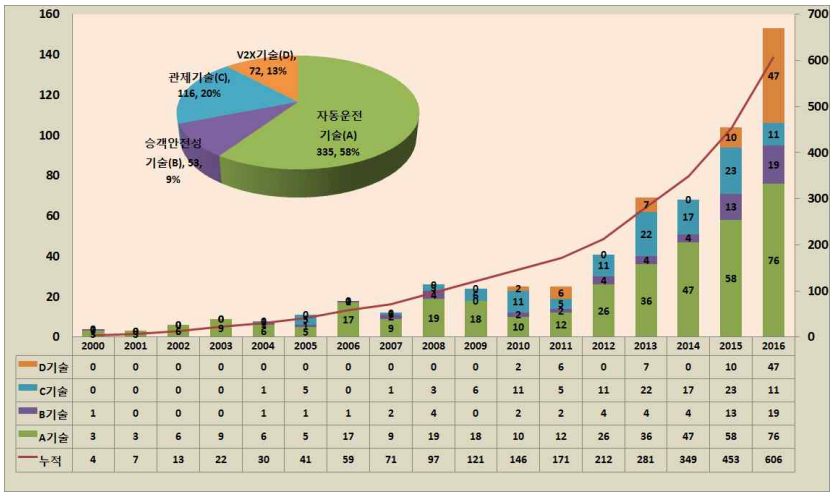
○ 자동주행 관련 개발에 앞장선 기업들은 자동주행 기술을 중심으로 개발 및 특허 출원을 하고 있으며, 그 예로 운전자 지원 및 텔레매틱스 기술 보다 특허 출원 수의 상승폭이 큼

○ 또한, 보유하고 있는 특허의 수가 자동주행차량개발에서 우위를 점할 수 있는 것이 아니라 얼마나 핵심적인 그리고 높은 질의 특허를 보유하고 있느냐가 관건임

○ 대중교통의 자동주행기술에 관련하여서는 승용차에 비해 상대적으로 수량이 작은 편임

○ Thomson Innovation 특허 분석 사이트를 통하여 2000년 1월부터 2016년 12월 까지 대중교통 버스나 BRT의 자동주행기술에 대해서 분석을 진행하였음.

○ 각 세부기술별 연도별 특허출원현황을 살펴보면, 전체적으로 년도가 증가할수록 특허의 출원건수도 증가하는 것을 확인할 수 있다.



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
D기술	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	7	0	10	47
C기술	0	0	0	0	1	5	0	1	3	6	11	5	11	22	17	23	11
B기술	1	0	0	0	1	1	1	2	4	0	2	2	4	4	4	13	19
A기술	3	3	6	9	6	5	17	9	19	18	10	12	26	36	47	58	76
누적	4	7	13	22	30	41	59	71	97	121	146	171	212	281	349	453	606

<그림 2-2-3> 세부 기술별 특허출원 동향

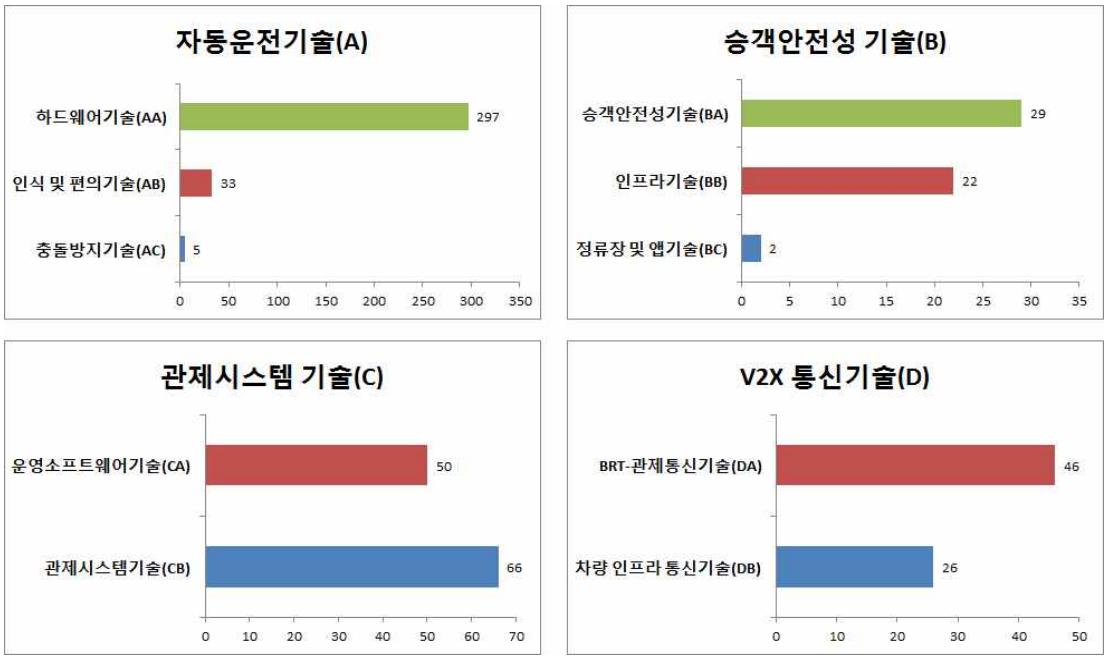
○ 승용차 자동주행기술이 BRT차량에서도 가장큰 비중을 차지하는 것을 확인할 수 있다.

○ 승객 안전성 기술의 경우 상대적으로 자동차 위주로 연구가진행이되고 대중교통쪽으로는 많은 연구가 되지 않았기 때문에 상대적으로 특허 출원비중이 낮다.

○ V2X 통신기술의 경우, 최근들어 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 점점 기술이 증가하는 추세임을 알 수 있다.

○ 관제기술의 경우 2010년이후 비슷한 비중을 지속적으로 차지 하고 있으며, 꾸준히 기술수요가 있음을 알 수 있다.

○ 특허 출원동향을 분석하건데, 승용차 기술대비 상대적으로 특허출원양이 적으며, 특히 대중교통을 고려하여 승객의 안전성, 관제 기술등은 특허출원양이 작아 대중교통으로는 아직 깊이있는 연구가 진행이 되지 않은 것으로 판단이 된다.



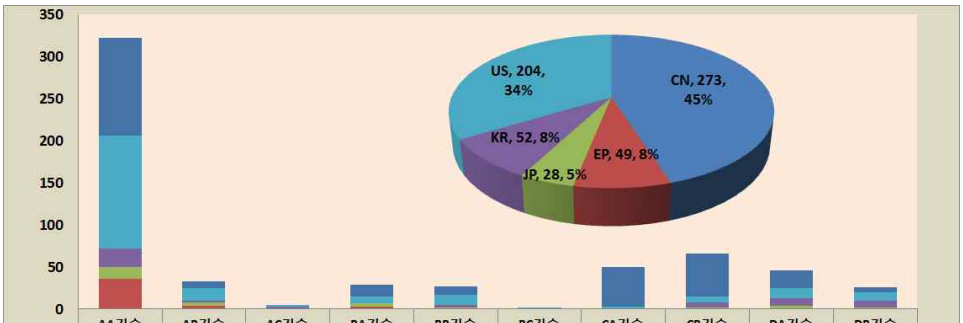
<그림 2-2-4> 세부 기술내 세세부 기술의 비중

○ 각 세부기술내에 세세부 기술의 비중을 살펴보았다.

○ 자동주행기술의 경우 하드웨어 기술이 가장 많은 비중을 차지 하였으며, 승객인식이나 편의 기술로는 비중이 작은 것을 확인 할 수 있다 충돌 방지기술의 경우 상대적으로 적은 양이 검색이 되었으며 이는 승용차 위주의 개발이 주로 이루어 졌기 때문일 것으로 판단이 된다.

○ 승객안전성 기술의 경우 전체적으로 특허양이 적었으며, 정류장 및 앱 기술의 경우는 대중교통에 적용된 자동주행 차량이 없기 때문에 아직출원이 진행이 안된 것으로 보이며 향후 기술개발이 될 경우 차츰 늘어날 것으로 판단이 된다.

○ 관제시스템의 경우 운영 소프트웨어나 관제시스템이 유사한 양으로 검색되는 것을 확인 할 수 있었고, 통신기술의 경우 차량-관제간 통신기술이 좀 더 높게 출원되었다.

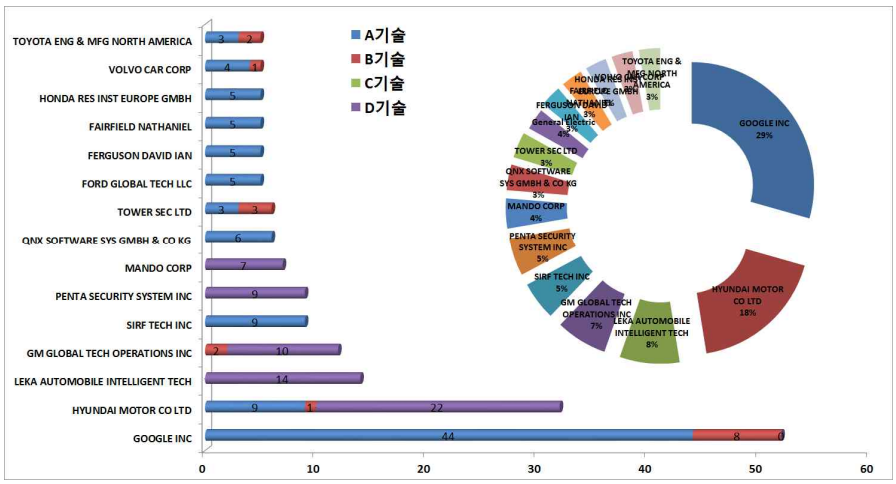


	AA기술	AB기술	AC기술	BA기술	BB기술	BC기술	CA기술	CB기술	DA기술	DB기술
CN	116	8	0	14	10		47	51	21	6
US	134	15	2	8	12	2	2	7	12	10
KR	22	2	2	0	3	0	0	6	9	8
JP	14	4	0	4	1	0	0	1	3	1
EP	36	4	1	3	1	0	1	1	1	1

<그림 2-2-5> 기술별 출원국비중

○ 각 세부기술별로 출원국의 비중을 분석하였다.

○ 전체적으로는 중국이 가장많은 특허를 출원하였고, 미국 한국순의 순서이다. 특히 관제쪽에는 중국이 강한 특허출원비중을 보이며, 자동주행에서는 미국이 가장큰 비중을 차지하고 있다. V2X쪽 통신기술쪽은 전반적으로 미국과 한국의 비중이 높은 편이다.



<그림 2-2-6> 주요출원인별 기술

○ 특허를 많이 출원한 상위 출원인(Top 15 Assignee)을 살펴보면, 미국의 구글이 52건으로 최다 출원인이며, 국내 현대자동차가 32건으로 차순위 최다 출원인임. 대체로 GM, MANDO, FORD, HONDA, VOLVO, TOYOTA 등 자동차 완성차 업체위주로 많은 특허들이 출원되고 있다.

○ 구글은 자동주행 분야에 주된 특허들이 출원되는 것에 반해 현대자동차는 V2X통신 기술쪽으로 특허의 출원 비중이 많이 차지한다.

○ 주요 자동차 완성차 업체의 경우 자동주행기술쪽에 특허 출원이 주류를 이루고 있다.

○ 중국의 경우 관제 및 자동주행쪽으로 많은 특허를 보유하고 있으나 메이저 회사에서 출원하기 보다는 학교 및 다양한 연구기관에서 소량으로 출원을 하기 때문에 주요 출원인으로는 나타나고 있지 않다.

○ 관제기술의 경우 주요 출원인에서는 특허가 출원된 바가 없으며, 일부 철도관련 기관 및 중국의 기관들이 출원하는 추세이며, STATE GRID CORP CHINA 등에서는 순위안에 들지는 못했지만, 관제관련 기술로 3건 출원이 되어 있다.

○ 상기 결과를 바탕으로 자동주행 기술은 꾸준히 기술개발이 증대하고 있으며, 주로 완성차 기업 위주로 개발이 되고 있다. 그리고 승객안전성 기술은 아직 특허출원이 많지 않은 상태이며, 최근들어 조금씩 증대하는 추세이다. 향후 대중교통의 자동주행이 활성화 된다면 많은 특허가 출원될 것으로 판단이 된다.

○ 관제기술은 완성차 기업에서는 아직은 관심이 없는 상태이며, 주요 대중교통 운영기관들에서 특허가 출원되나 자동주행과 접목은 되지않은 상태로 보이며 향후 대중교통 자동주행이 활성화 되면 특허가 크게 증가할 것으로 판단이 된다.

○ V2X 통신기술은 자동주행과 더불어 최근 급격히 특허량이 증가하고 있으며, 국내에서도 C-ITS 기술의 상용화를 앞두고 증가하는 추세이다.

○ BRT의 자동주행 세부기술들은 전체적으로 승용차의 자동주행 기술에 비해 특허량이 적은편이며, 항후 기술개발등을 통해 점점더 발달할 것으로 판단이 된다.

○ 주요핵심특허 현황은 표 2-2-4에 도시하였다.

<표 2-2-4> 자동주행 세부기술별 관련 주요 핵심특허 현황표

공개번호	특허 명칭	출원인	피인용 수
US6427122B1	Positioning and data integrating method and system thereof	American GNC Corporation,Simi Valley,CA	95
US20030105566A1	Automated vehicle inspection system	INT TRUCK INTELLECTUAL PROPERTY CO LLC	42
US20070219666A1	Versatile robotic control module.	DEERE & CO | IROBOT CORP	51
US8504233B1	Safely navigating on roads through maintaining safe distance from other vehicles	GOOGLE INC	16
CN1588476A	Taxi service safety and dispatching monitor system	CHINA TELECOM CO LTD,CN	47
US20070217670A1	ON-TRAIN RAIL TRACK MONITORING SYSTEM	BAR-AM M	51
US20100250346A1	USING V2X IN-NETWORK MESSAGE DISTRIBUTION AND PROCESSING PROTOCOLS TO ENABLE GEO-SERVICE ADVERTISEMENT APPLICATIONS	GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC	36
US20150023668A1	LIGHT-BASED COMMUNICATIONS UTILIZING A GOSSIP NETWORK IN A VEHICLE/ROADWAY ENVIRONMENT	OSRAM SYLVANIA INC	10

다. 논문분석방법

❍ BRT 자동주행 기술은 현재 자동주행차량의 기술을 바탕으로 하고 있으므로 자동주행 차량의 기술에 대해서 동향을 정리함

❍ 국내논문 현황은 NTIS DB를 활용하여 국내에서 수행된 자동주행관련 R&D 과제에서 도출된 성과물 위주로 2013년까지 정리를 진행함

❍ 2012~2016년까지 논문 동향은 Web of science 전문검색사이트를 이용하여 검색을 통해 추출하였으며, autonomous car로 검색을 하였을 경우 199건이 검색이 되었으며 자동주행관련 핵심저널지인 IEEE 저널 중심으로 추출 그리고 추출된 논문에 대해서 인지, 판단, 제어 기술로 분류하였으며, 추출된 핵심은 30건으로 정리됨

라. 국내 자동주행차량 연구 관련 논문 현황

❍ 2009~2013년의 기간 동안 한국과학기술정보연구원에서 제공한 DB를 활용한 자동주행차량 관련 연도별 국내 논문 현황을 조사 및 분석한 결과 총 167건의 논문이 확인됨

❍ 국내외를 가리지 않고 다양한 학술지 및 학술대회에서 논문이 발표되었으며, 2009년을 시작으로 지속적인 증가 추세를 나타내고 있음

<표 2-2-5> 자동주행차량 관련 연도별 국내 논문 현황

SCI 구분	2013	2012	2011	2010	2009	계
국외전문학술지	4	10	6	6	2	28
국외학술대회발표	0	21	23	16	3	63
국내전문학술지	3	6	6	3	1	19
국내학술발표대회	0	24	19	9	3	55
국외기타논문집	0	0	0	0	0	0
국내기타논문집	1	0	1	0	0	2
	8	61	55	34	9	167

출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

마. 자동주행 논문 동향 분석

❍ 전문검색사이트 Web of science를 활용하여 2012~2016년까지의 프로세스별 논문 동향을 검색 후 인지, 판단, 제어의 형태로 분석하여 논문을 표4에 정리하였으며, 대체적으로 인지관련 기술이 많은 부분을 차지하고 있음

❍ 인지는 주로 위치인식에 대한 논문이 주류를 이루며 위치인식에 대한 정확도를 향상시키는 연구가 주를 이룸

❍ 판단은 경로판단을 위해 알고리즘을 이용하여 효율적으로 하는 방법에 대해서 제시함

❍ 제어는 센서들을 정보르 융합하여 하이브리드 형식으로 제어하는 방법 혹은 지정된 패스에 대해서 추종하여 제어방법에 대한 논문들이 검색됨

<표 2-2-6> 프로세스(인지, 판단, 제어)별 기술 논문 동향 분석(2012~2016.10)

번호	프로세스	제목	저자	저널	초록
1	인지	A Low-Cost Solution for Automatic Lane-Level Map Generation Using Conventional In-Car Sensors	C. Z. Guo, K. Kidono, J. Meguro, Y. Kojima, M. Ogawa, T. Naito,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, a low-cost solution is proposed for automatic generation of a precise lane-level map by using conventional sensors that have been already installed in contemporary cars.
2		Where Does the Driver Look? Top-Down-Based Saliency Detection in a Traffic Driving Environment	T. Deng, K. F. Yang, Y. J. Li, H. M. Yan,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we analyzed the eye-tracking data of 40 subjects consisted of nondrivers and experienced drivers when viewing 100 traffic images.
3		Real-Time Global Localization of Robotic Cars in Lane Level via Lane Marking Detection and Shape Registration	D. X. Cui, J. R. Xue, N. N. Zheng,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we propose an accurate and real-time positioning method for robotic cars in urban environments.
4		Precise Localization of an Autonomous Car Based on Probabilistic Noise Models of Road Surface Marker Features Using Multiple Cameras	K. Jo, Y. Jo, J. K. Suhr, H. G. Jung, M. Sunwoo,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents a Monte Carlo localization algorithm for an autonomous car based on an integration of multiple sensors data.
5		An Autonomous Driving System for Unknown Environments Using a Unified Map	I. Shim, J. Choi, S. Shin, T. H. Oh, U. Lee, B. Ahn, D. G. Choi, D. H. Shim, I. S. Kweon,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	we propose algorithms and systems using Unified Map built with various onboard sensors to detect obstacles, other cars, traffic signs, and pedestrians.
6		Potential Cyberattacks on Automated Vehicles	J. Petit, S. E. Shladover,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we investigate the potential cyberattacks specific to automated vehicles, with their special needs and vulnerabilities.
7		Recognition of Highway Workzones for Reliable Autonomous Driving	Y. W. Seo, J. Lee, W. D. Zhang, D. Wettergreen,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we present a set of computer vision methods that recognize, through identification of workzone signs, the bounds of a highway workzone and temporary changes in highway driving environments.
8		Autonomous Visual Navigation and Laser-Based Moving Obstacle Avoidance	A. Cherubini, F. Spindler, F. Chaumette,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we propose and validate a framework for avoiding moving obstacles during visual navigation with a wheeled mobile robot.
9		Generation of a Precise Roadway Map for Autonomous Cars	K. Jo, M. Sunwoo,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper proposes a map generation algorithm for a precise roadway map designed for autonomous cars.
10		Multilevel Modeling of the Traffic Dynamic	P. Kumar, R. Merzouki, B. Conrard, V. Coelen, B. O. Bouamama,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we provide a review of the four types of models (submicro, micro, meso, and macro) and then propose a multilevel model of traffic, which combines submicroscopic, microscopic, and macroscopic levels of traffic model.
11		Combining Priors, Appearance, and Context for Road Detection	J. M. Alvarez, A. M. Lopez, T. Gevers, F. Lumbreras,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, road priors and contextual information are introduced for road detection.
12	인지	Development of a Small-Scale Research Platform for Intelligent Transportation Systems	H. M. La, R. S. Lim, J. H. Du, S. J. Zhang, G. F. Yan, W. H. Sheng,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we propose and develop a small-scale research platform for intelligent transportation systems (ITSs).
13		Environment-Detection-and -Mapping Algorithm for Autonomous Driving in Rural	J. Choi, J. Lee, D. Kim, G. Soprani,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT	This paper presents an environment-detection-and-mapping algorithm for autonomous driving

		or Off-Road Environment	P. Cerri, A. Broggi, K. Yi,	TRANSPORTATION SYSTEMS	that is provided in real time and for both rural and off-road environments.
14		How Much of Driving Is Preattentive?	N. Pugeault, R. Bowden,	IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY	This paper proposes a novel vision-based approach to autonomous driving that can predict and even anticipate a driver's behavior in real time, using preattentive vision only.
15		Autonomous Platoon Control Allowing Range-Limited Sensors	G. Guo, W. Yue,	IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY	This paper investigates control design for the platoon of automated vehicles whose sensors have limited sensing capability.
16	판단	Robust H-infinity Path Following Control for Autonomous Ground Vehicles With Delay and Data Dropout	R. R. Wang, H. Jing, C. Hu, F. J. Yan, N. Chen,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents a robust H-infinity path following control strategy for autonomous ground vehicles with delays and data dropouts.
17		Autonomous-Vehicle Public Transportation System: Scheduling and Admission Control	A. Y. S. Lam, Y. W. Leung, X. W. Chu,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	In this paper, we propose a new public transportation system based on AVs. It manages a fleet of AVs to accommodate transportation requests, offering point-to-point services with ride sharing.
18		A Review of Motion Planning Techniques for Automated Vehicles	D. Gonzalez, J. Perez, V. Milanes, F. Nashashibi,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents a review ofmotion planning techniques implemented in the intelligent vehicles literature.
19		Randomized Bidirectional B-Spline Parameterization Motion Planning	M. Elbanhawi, M. Simic, R. Jazar,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents a motion planner tailored for particular requirements for robotic car navigation.
20		Recursive Path Planning Using Reduced States for Car-Like Vehicles on Grid Maps	S. Yoon, S. E. Yoon, U. Lee, D. H. Shim,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	We present a recursive path-planning method that efficiently generates a path by using reduced states of the search space and taking into account the kinematics, shape, and turning space of a car-like vehicle.
21		Constrained Global Path Optimization for Articulated Steering Vehicles	J. W. Choi, K. Huhtala,	IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY	This paper proposes a new efficient path-planning algorithm for articulated steering vehicles operating in semi-structured environments, in which obstacles are detected online by the vehicle's sensors.
22		A Hybrid Controller for Vision-Based Navigation of Autonomous Vehicles in Urban Environments	D. A. de Lima, A. C. Victorino	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents a new hybrid control approach for vision-based navigation applied to autonomous robotic automobiles in urban environments.
23		Cooperative Car-Following Control: Distributed Algorithm and Impact on Moving Jam Features	M. Wang, W. Daamen, S. P. Hoogendoorn, B. van Arem,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	We design controllers and derive implementable algorithms for autonomous and cooperative car-following control (CFC) systems under a receding horizon control framework.
24	제어	PROUD-Public Road Urban Driverless-Car Test	A. Broggi, P. Cerri, S. Debattisti, M. C. Laghi, P. Medici, D. Molinari, M. Panciroli, A. Prioletti,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents an autonomous driving test held in Parma on urban roads and freeways open to regular traffic.
25		Autonomous Reverse Parking System Based on Robust Path Generation and Improved Sliding Mode Control	X. X. Du, K. K. Tan,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper proposes a low-cost vision-based approach to a fully self-reverse parking system.
26	제어	Longitudinal Model Identification and Velocity Control of an Autonomous Car	J. E. A. Dias, G. A. S. Pereira, R. M. Palhares,	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS	This paper presents the model identification and the velocity control of an autonomous car.
27		Semiautonomous Vehicular Control Using Driver	V. A. Shia, Y. Q. Gao,	IEEE TRANSACTION	In this paper, we describe a real-time semiautonomous system that utilizes

		Modeling	R. Vasudevan, K. D. Campbell, T. Lin, F. Borrelli, R. Bajcsy,	S ON INTELLIGENT TRANSPORT ATION SYSTEMS	empirical observations of a driver's pose to inform an autonomous controller that corrects a driver's input when possible in a safe manner.
28		Safety Benefits of Forward Collision Warning, Brake Assist, and Autonomous Braking Systems in Rear-End Collisions	K. D. Kusano, H. C. Gabler,	IEEE TRANSACTION S ON INTELLIGENT TRANSPORT ATION SYSTEMS	This paper examines the potential effectiveness of the following three precollision system (PCS) algorithms.
29		Path Following of Autonomous Vehicles in the Presence of Sliding Effects	S. A. Arogeti, N. Berman,	IEEE TRANSACTION S ON VEHICULAR TECHNOLOGY	In this paper, a new controller for the path-following problem of a car-like autonomous vehicle is proposed.
30		Multiple-Model Switching Control of Vehicle Longitudinal Dynamics for Platoon-Level Automation	S. E. Li, F. Gao, D. P. Cao, K. Q. Li,	IEEE TRANSACTION S ON VEHICULAR TECHNOLOGY	This paper presents a new robust acceleration tracking control of vehicle longitudinal dynamics toward platoon-level automation.

2. 대용량 BRT 전기동력 차량 기술의 특허 및 논문 동향

가. 특허기술 분석 방법

○ 대용량 BRT 전기동력 차량의 기술은 ‘A. 노면 신교통 시스템’, ‘B. 차량 연결’, ‘C. 관절 구동시스템’, ‘D. 전력공급시스템’으로 구성어있으며 다음과 같이 기술을 분류할 수 있음

<표 2-2-7> 기술의 분류

대분류(영문)	중분류(영문)	소분류(영문)	키워드(영문)
신교통 시스템 기술 (Technologies for mew transportation system)	A.새로운 차량시스템 기술 (New transportation)	AA.로드 트레인 (Road train)	Road train/Tram on tire/Articulated vehicle
		AB.고무바퀴 트램 (Tram on tire)	
		AC.다관절 차량 (Articulated vehicle)	
	B. 차량연결 기술 (Coupler)	BA.연결 시스템 (Articulation system)	Articulation system/Sequency coupling vehicle control
		BB.중련 차량 제어 기술 (Sequency coupling vehicle control)	
	C.관절 구동시스템 기술 (Power train technology for articulated vehicle)	CA.전체차륜구동장치 (All wheel steering system)	All wheel steering system/Traction motor for driving system
		CB.구동시스템 (Traction motor for driving system)	
	D.전력공급시스템 기술 (Power supply by on-off line)	DA. 급전 기술 (Electric power supply)	Electric power supply/ Serial hybrid
		DB. 직렬하이브리드 기술 (Serial hybrid)	

○ Thomson Innovation를 활용하여 분석하였으며 분석 기준은 다음과 같음

<표 2-2-8> 특허분석 기준

구분	분석기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색 국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
분석구간	1999.01.01. ~ 2014.01.20.				
검색범위	Title, Abstract, Claim				

나. 기술 분류 및 검색 조합식

<표 2-2-9> 기술 분류 및 검색 조합식(7특허분석)

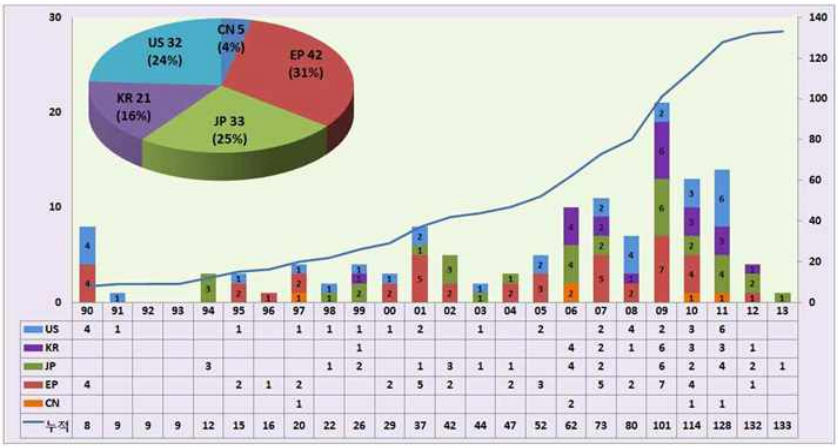
기술구분		검색 조합식	검색 특허	대상 특허
A 기술	AA	(TAB=((road adj train) or roadtrain or (Double adj stacked adj trailer) or (multiple adj loaded adj trailer) or (Turnpike adj doubles) or (Rocky adj Mountain adj doubles) or (land adj train) or (long adj combination adj vehicle) or LCV);	340	46
	AB	(TAB=((railway or railroad or locomotive or train*1 or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or transit or tram or (rolling adj stock) or subway or metro))) AND (TI=(rubber and tire));	271	
	AC	※ C기술에 포함하여 함께 검색함	-	
B 기술	BA BB	(TAB=((railway or railroad or locomotive or trains or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or tram or (rolling adj stock))) And TI=((coupling or coupler))) AND (CTB=(articulat*));	298	46
C 기술	CA CB	(CTB=((railway or railroad or locomotive or trains or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or tram or (rolling adj stock)))) AND (TAB=(articulate*) and TI=((wheel near3 steer*) or driv* or motor));	208	-
D 기술	DA	(TI=(((railway or railroad or locomotive or trains or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)))) AND (TI=(((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) NEAR2 (power adj (supply or charg* or transfer or feed* or collect*))));	683	41
	DB	(TI=(((railway or railroad or locomotive or trains or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)))) AND TI=((hybrid) near2 (power adj (supply or charg* or transfer or feed*)));	1133	

다. 특허 기술 동향

(1) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

❍ 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 2014년 1월까지 총 133건의 관련 유효특허가 출원되었고, 유럽이 42건으로 가장 많았으며 일본, 미국, 한국, 중국 순으로 출원됨

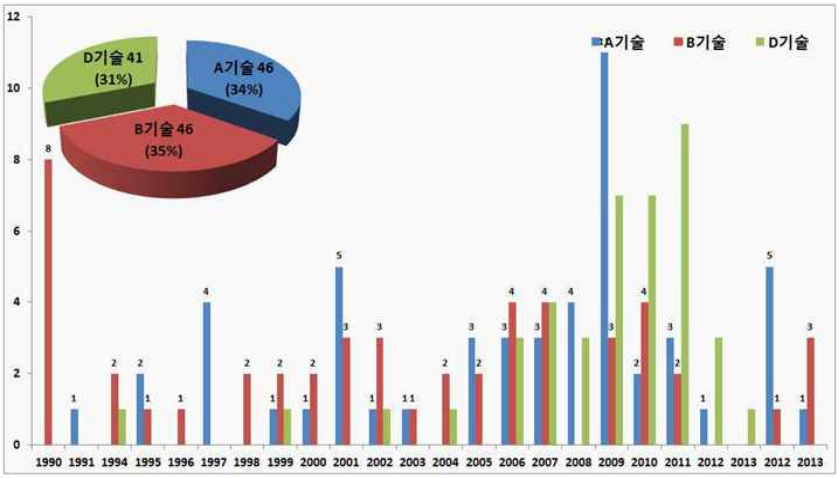
❍ 한국의 경우는 2006년부터 출원되는 등 최근 이 분야에 대한 관심이 높아지고 있음을 확인할 수 있음



<그림 2-2-7> 출원년도 및 국가별 출원

(2) 세부기술별 특허출원 동향

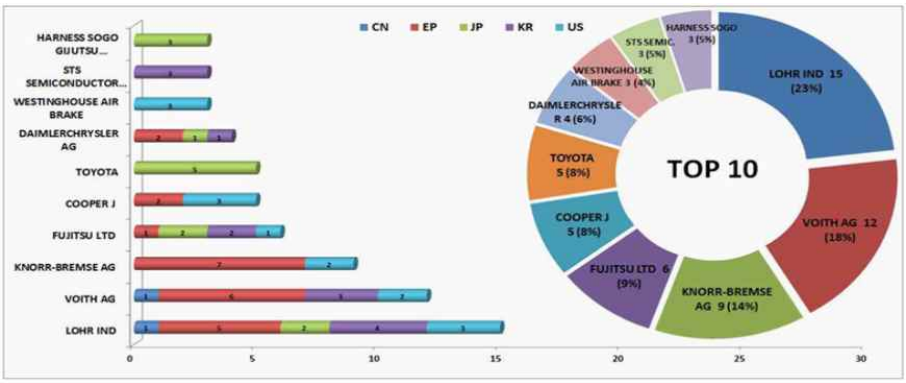
❍ 세부기술별로 보면 A, B, D 기술이 비슷하게 출원되고 있으며 2010년부터 무선급전과 연계한 D기술의 특허출원이 가장 많이 나타나고 있음



<그림 2-2-8> 세부 기술별 특허출원 동향

(3) 주요 출원인 분석

❍ 상위 10개의 특허 출원인을 분석해보면 LOHR IND, VOITH AG, KNORR-BREMSE, TOYOTA, DAIMLER CHRYSLER 등 철도 및 자동차 부품 제조사들의 출원이 많은 추세임

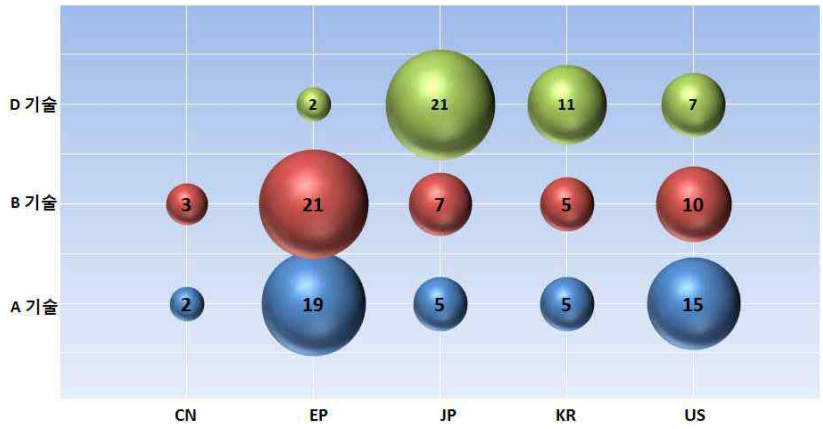


<그림 2-2-9> 주요 출원인 동향

(4) 국가별 기술 분포

❍ 출원국가별 기술 분포를 보면 유럽과 미국은 노면 신교통 시스템(A기술), 차량 연결(B기술)이 상대적으로 많으며, 일본은 전력공급시스템(D기술)에 대한 특허 출원 집중도가 높음

❍ 한국은 일본과 마찬가지로 전력공급시스템(D기술)에 특허가 가장 많으며, 상대적으로 노면 신교통 시스템(A기술), 차량 연결(B기술) 분야의 특허가 적은 것으로 나타나 향후 관련 분야의 개술개발이 필요할 것으로 여겨짐



<그림 2-2-10> 국가별 기술 분포

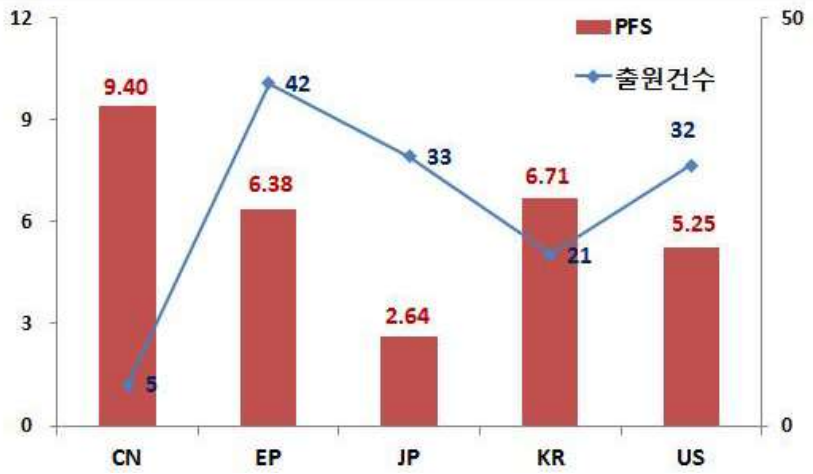
(5) 국가별 특허분포 지수 분석

❍ 시장확보지수(PFS : Patent Family Size)

- 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 수가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 활용함

국가별 시장확보지수(PFS) = (∑ 해당국가 특서별 패밀리) / (해당국가 특허건수)

- 분석결과, 중국의 시장확보지수(PFS)가 9.40으로 가장 높고, 다음으로 한국이 높게 나타났지만, 중국과 한국의 특허건수가 작기때문에 일반화된 결론으로 보기 어려우며, 유럽의 경우, 특허건수 및 시장확보력이 비교적 높게 나타남



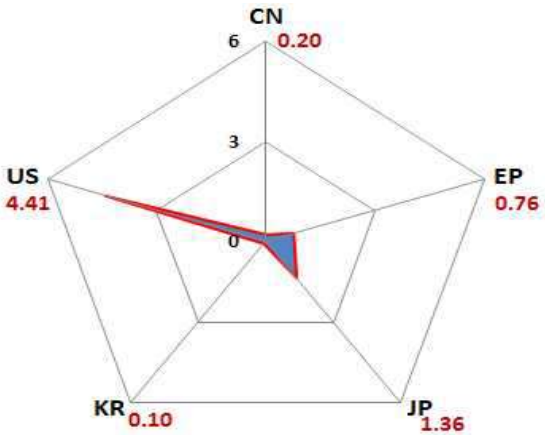
<그림 2-2-11> 국가별 출원건수 및 시장확보지수

❍ 인용도지수(CPP : Cites Per Patent)

- 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 횟수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허 및 핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함

국가별 인용도지수(CPP) = (∑해당국가 특허별 피인용수) / (해당국가 특허건수)

- 분석결과, 미국의 인용도지수(CPP)가 4.41으로 가장 높으므로 원천특허 및 핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있으며, 유럽의 경우 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 낮아, 원천특허 및 핵심특허의 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



<그림 2-2-12> 국가별 인용도지수

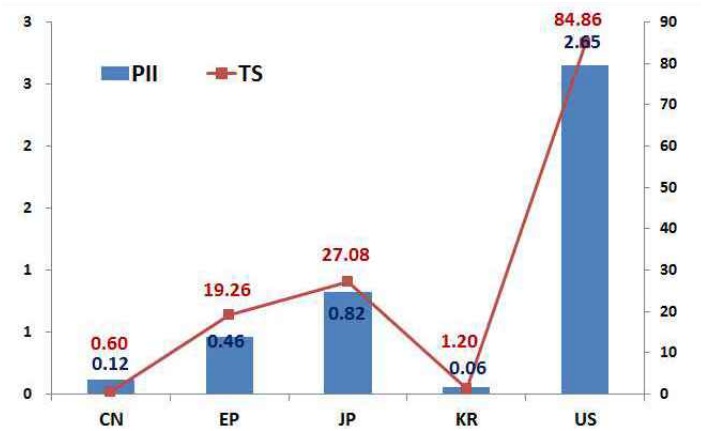
❍ (다) 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strenght)

- 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)을 함께 나타냄

  국가별 영향력지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 모든국가 특허 인용도지수

  국가별 기술력지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

- 분석결과, 미국의 영향력지수(PII)가 2.65로 가장 높게 나타나 질적 수준에서 우수하며, 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 84.86으로 가장 높게 나타났으며, 우리나라의 경우 영향력지수와 기술력 지수 모두 매우 낮은 수준으로 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



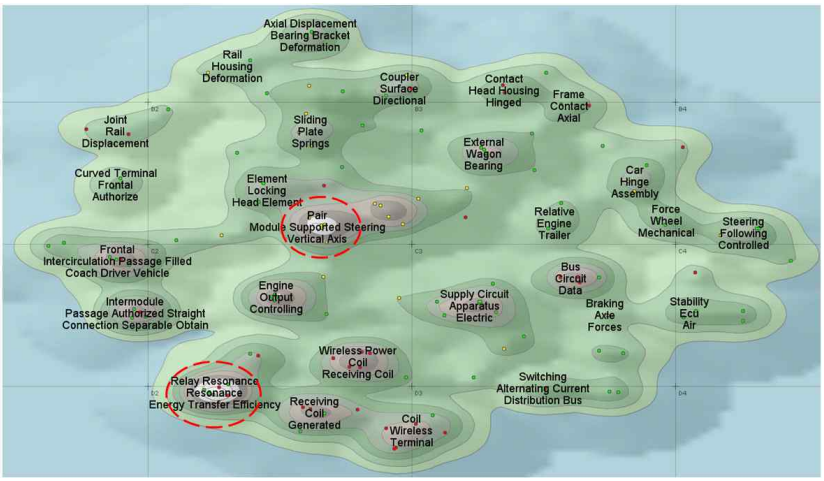
<그림 2-2-13> 국가별 영향력지수 및 기술력지수

(4) 기술분야 특허 분포도

❍ Text mining을 통한 특허 분포

- 노면 신교통 시스템의 요소기술 개발 분야 관련 검색 결과 2327건의 특허 중 최종 133건의 유효 특허기술이 분포하고 있으며, 등고선 꼭지점이 높은 Pair/Module Supported steering/Vertical Axis, Relay Resonance/ Energy Transfer Efficiency 등 2개 Text에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술로 판단할 수 있음

- 특히 분석구간 상 최근에 공개된 특허 기술을 보면 Wireless power supply system(Fujitsu), Wireless charging device(goole) 등 무선전력공급시스템 기술이 많이 나타나고 있어 관련 분야 기술이 최근에 주목받고 있음을 알 수 있음



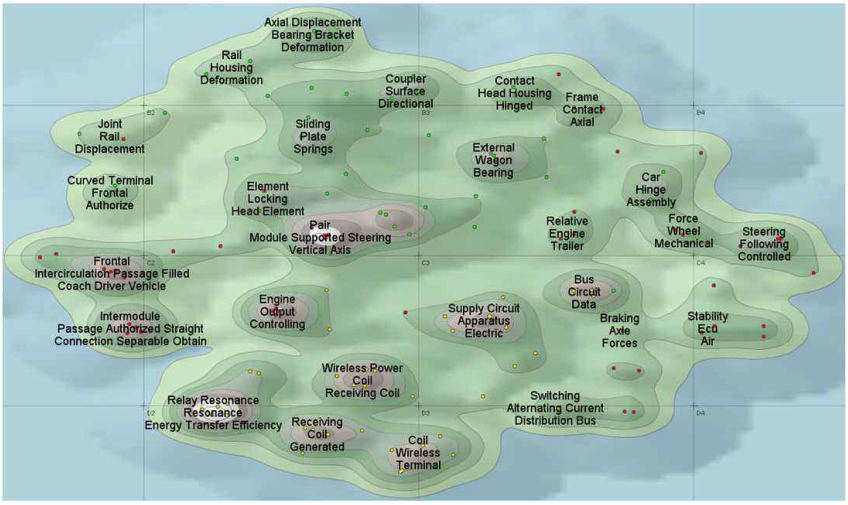
● 2010년 이후 ● 2000-2009 ● 1990-1999

<그림 2-2-14> Text mining의 특허 등고선 지도

○ 핵심기술을 통한 특허 분포

- 노면 신교통(A기술) 분야의 경쟁이 치열하며, VOITH, LOHR, HARNESS SOGO등 자동차 및 자동차 부품 제조사가 기술을 주도하고 있음

- 한국은 전체 출원건수가 21건에 불과하여 향후 관련 분야 기술 개발이 시급한 것으로 판단되며, 2012년 KAIST가 관련 분야에 2건의 특허를 출원함에 따라, 해당 특허 등을 기반으로 관련 분야의 지속적인 연구·개발이 필요할 것으로 판단됨



● A 노면 신교통 시스템 ● B 차량 연결 ● C 다관절 구동시스템 ● D 전력공급시스템

<그림 2-2-15> 핵심기술의 특허 등고선 지도

(5) 주요 핵심특허 현황

○ 전력공급시스템과 관련된 특허들의 피인용 건수가 많은 것으로 분석되어 전력공급 시스템에 관심이 집중되고 있음을 확인할 수 있음

<표 2-2-10> 주요 핵심특허 현황표

공개번호	특허 명칭	출원인	피인용 수
US6419037B1	Multi-unit articulated road train propulsion system	MERITOR HEAVY VEHICLE YSTEMS	23
US5267473A	Self powered end of train unit	PULSE ELECTRONICS INC	13
EP417594A1	Extreme short high-performance draw gear for central couplings.	BERGISCHE STAHL IND	10
JP2008131769A	The control apparatus of a power supply circuit	TOYOTA	10
US6237785B1	Retainer member for use in railway coupling devices	WESTINGHOUSEA IRBRAKECO	9
US20090309537A1	Battery-charging method and battery-charging apparatus	MAZDAKK	9
US5105955A	Spherical connector apparatus in an articulated slackless-type coupler arrangement used in a railway application	SARGENTINDSINC	8
JP2001114103A	CAR END COUPLER | Car-end coupling device	MITSUBISHI JUKOGYO KK	6
US20060031590A1	Communication circuit for a vehicle	CATTERALLC	5

라. 논문기술 분류 및 검색 조합식

<표 2-2-11> 기술 분류 및 검색 조합식 (논문분석)

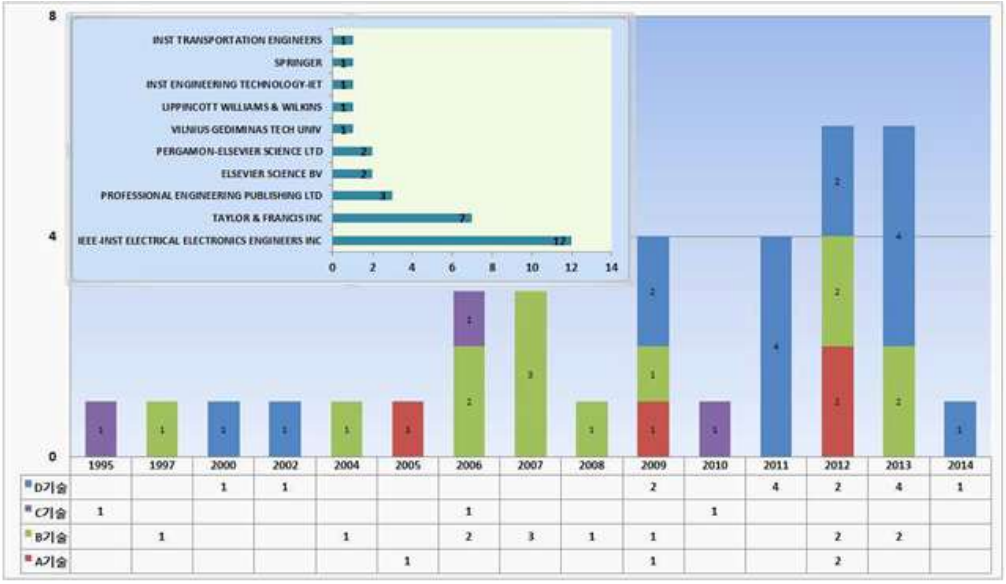
기술구분		검색 조합식	검색 논문	대상 논문
A 기술	AA	TI=((road adj train) or roadtrain or (Double adj stacked adj trailer) or (multiple adj loaded adj trailer) or (Turnpike adj doubles) or (Rocky adj Mountain adj doubles) or (land adj train) or (long adj combination adj vehicle) or LCV);	47	4
	AB	(ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or transit or tram or (rolling adj stock) or subway or metro))) AND (ALL=(rubber and tire));	14	
	AC	※ C기술에 포함하여 함께 검색함	-	
B 기술	BA BB	(ALL=((railway or railroad or locomotive or trains or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or tram or (rolling adj stock))) And TI=((coupling or coupler)));	109	13
C 기술	CA CB	(ALL=((railway or railroad or locomotive or trains or (rail NEAR2 (car or vehicle)) or tram or (rolling adj stock)))) AND (ALL=(articulat*) and ALL=((wheel AND steer*) or driv* or motor));	21	3
D 기술	DA	(ALL=(((railway or railroad or locomotive or trains or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)))) AND (ALL=(((Contactless* or wireless or (non adj contact))) AND (power adj (supply or charg* or transfer or feed* or collect*))));	97	15
	DB	(TI=(((railway or railroad or locomotive or trains or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)))) AND ALL=((hybrid) AND (power AND (supply or charg* or transfer or feed*)));	179	

마. 논문 기술 동향

❍ 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널 동향

- 논문 추이를 살펴보면 1990년부터 2014년 1월까지 총 35건의 논문이 발표되었으며, 2006년부터 증가하는 추세로 나타나고 있으나 논문 건수가 작아 일반화하기에는 다소 어려움이 있음

- 저널별로는 IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS, TAYLOR INC,PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD 등 미국, 유럽의 저널에서 많은 논문이 발표됨



<그림 2-2-16> 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

바. 주요 핵심 논문 분석

❍ 피인용 건수별로 논문을 정리해보면 Hirai, J 박사(일본 Yasakawa Elect Corp)의 Wireless transmission of power and information (WTPI)의 최적의 배터리 충전과 효율적인 시스템에 관한 연구 논문이 피인용 건수가 가장 많은 것으로 나타남

<표 2-2-12> 주요 핵심 논문 분석

번호	논문 제목	저널명	발표년도	피인용 수
1	Study on intelligent battery charging using inductive transmission of power and information	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2000	40
2	Narrow-Width Inductive Power Transfer System for Online Electrical Vehicles	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2011	25
3	Techniques to control the electricity generation in a series hybrid electrical vehicle	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2002	25
4	Routine use of microvascular coupling device for arterial anastomosis in breast reconstruction	LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS	2006	16
5	Current sourced bi-directional inductive power transfer system	INST ENGINEERING TECHNOLOGY-IET	2011	14
6	Energy and Battery Management of a Plug-In Series Hybrid Electric Vehicle Using Fuzzy Logic	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS	2011	14

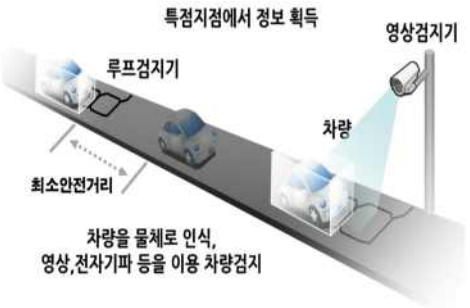
		ENGINEERS INC		
7	Simulated comparisons of wagon coupler systems in heavy haul trains	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	2006	8
8	Equivalent fuel consumption optimal control of a series hybrid electric vehicle	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	2009	7
9	Understanding high coupler forces at metro vehicles	TAYLOR & FRANCIS INC	2007	5
10	Steering control for advanced guideway bus system with all-wheel steering system	TAYLOR & FRANCIS INC	2006	5

3. 자동주행 기술관련 표준화 동향

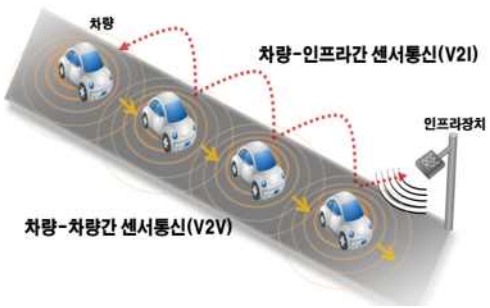
가. C-ITS 표준화 동향

(1) C-ITS 및 기존 표준화 기술

- 지능형교통시스템(ITS)은 기존 교통시설물(도로 신호시스템, 도로안전시설 등)에 전자-통신-제어기술을 접목하여 기존 도로의 처리용량을 100% 활용토록 하는 시스템으로, C-ITS는 ITS를 대체하는 시스템이 아니라 기술적/시스템적으로 진화해가는 과정에 있는 것
- ITS기술은 사후 관리 중심으로 도로와 차량을 분리하여 교통정보의 수집·제공 장치가 설치된 특정 도로지점에 차량이 통과해야 교통서비스가 가능하기에 도로와 차량, 차량과 차량 간 분리된 상황에서 운전자(차량) 인지반응의 한계로 교통사고 시 신속한 대응이 어려운 것이 단점
- C-ITS기술은 사전대비/회피 또는 사후대응 중심으로 도로, 차량, 운전자/보행자 간 실시간 연결이 이루어져 차량이 주행하면서 도로 인프라 및 다른 차량과 끊김 없이 상호 통신하며 교통서비스의 교환·공유가 가능하여 교통상황별 현장중심의 능동적 대응이 가능



[ITS기술 개념도]



[C-ITS기술 개념도]

출처 : 국가경쟁력강화위원회(2012), 지능형교통체계(ITS) 발전전략

<그림 2-2-17> 기존 ITS와 C-ITS의 비교

○ 국제표준화기구(ISO)와 유럽표준화위원회(CEN)는 협력적 지능형교통시스템(C-ITS)을 '무선의 양방향 통신과 교통정보공유(수집/제공) 안전성·지속성·효율성 및 편리성을 위한 권고(안내)나 행위(통행)가 용이하도록 만든 오픈플랫폼'으로 정의

○ C-ITS는 자동차-도로간 상호 협력적 관계를 통해 첨단도로 시스템 인프라를 구축하기 위한 것으로, 자동차는 자체적으로 할 수 없는 기능상의 한계(차량 간 직접적 연계, 인지 영역의 제한, 가시 공간의 제약 등)를 극복하고 도로는 개별차량 주행정보를 취득함으로써 신뢰성 있는 정보수집이 가능

○ C-ITS가 실현되기 위해서는 다중 센서 융·복합 기반 교통정보 수집, 교통정보를 쌍방향으로 유통하기 위한 통합 무선 통신망, 스마트 기기와 이동통신망을 활용한 실시간 교통정보 수집 및 전달 등의 핵심기술개발이 필요

<표 2-2-13> C-ITS의 핵심기술

기술	세부기술	특징
다중 센서 융·복합 기반 교통정보수집 기술	매립식 VDS(Vehicle Detection System) 센서	• 루프 검지기가 대표적 • 교통량 증가에 따라 교체 주기 짧아지고 있으며 보수비용 증가로 운용 효율성에 문제 발생
	비매립식 VDS 센서 기술	• 매립식 센서의 단점을 극복하기 위하여 유럽과 미국 기업을 중심으로 개발 • 영상, 레이저, 레이더, 초단파, 적외선, 초음파 검지기 등 다양한 검지방식의 비매립식 VDS 센서 장비가 개발 • 기존 루프검지기를 대체할 비매립식 센서로 영상검지기가 대표적
	센서 통합 기술	• 도로노면센서, 결빙센서, 비접촉센서 등 다양한 센서가 개별 모듈로 존재하였던 것을 영상검지기를 중심으로 통합된 VDS 검지기에 대한 연구가 진행 중
교통정보 통신 및 통합 기술	UTIS 기술 (Urban Traffic Information System)	• 도시교통정보시스템(UTIS)은 도로상에서 차량탑재장치(OBE)와 노변기지국(RSE)간에 무선 통신으로 교통정보 등을 주고받기 위해 우리나라에서 개발한 ITS 기술 • 중장거리 고속통신을 추구하며 이를 통해 실시간 교통정보를 달리는 차내에 정밀하게 제공할 수 있고, GPS등으로 측량된 차량의 위치 및 속도 등 구간 소통정보를 교통정보 센터로 송신 가능
	DSRC 기술 (Dedicated Short Range Communication)	• 통신 반경이 수십미터 정도로, 노변기지국(RSE)과 RSE가 만들어 내는 통신영역을 지나가는 차량 탑재장치(OBE) 사이 양방향으로 고속의 데이터 송수신이 가능한 시스템 • 자동요금징수(ETC)와 버스 정보시스템(BIS) 등이 대표적인 응용서비스 분야
	WAVE 통신기술 (Wireless Access in Vehicular Environments)	• WAVE통신기술은 미국 ASTM의 DSRC 표준을 기반으로 IEEE802.11p 및 IEEE1609에서 지난 2003년부터 국제표준화가 진행된 무선통신규격
실시간 모바일 교통정보 시스템		• 실시간으로 운전자, 보행자 등에게 안전 및 경제 운행을 위한 정보를 제공 • 보행자-차량 간 충돌 방지, 실시간 경로 안내, 빅데이터 기술을 적용한 도로통행량 예측 및 차량고장예측 서비스 등에 활용

○ 자동주행차량 관련 표준 기술은 주로 C-ITS를 중심으로 연구 및 (상용) 개발이 이루어짐

○ 자동주행차량 관련 국제 표준화는 ISO가 대표적이며 TC22(자동차부품관련)와 TC204(지능형교통망 관련)에서 주도하고 있음

○ 대표적인 스마트카 관련 표준화 분과는 총 7개 SC, 42개 WG으로 이루어져 있음

○ 참고로, 미국 교통부에서는 V2X 기술이 사고를 혁신적으로 줄이는 잠재력을 갖고 있다는 판단 하에 조만간 이에 기반을 둔 안전 시스템을 의무화하는 것을 추진(예상)

○ 유럽에서는 도로 인프라 정보의 ICT화를 다루는 협력형 ITS 기술과 관련한 표준화 전략을 세우고 이를 토대로 ISO 표준화 작업을 진행

○ BMW 같은 완성차 업체들은 적극적으로 자체 표준을 공개 사실상 표준포럼을 조직해 개방형 혁신의 개념으로 완성도를 높이는 전략을 선보임

○ 이 외에 아우디, BMW, 크라이슬러, 피아트, 르노, 폭스바겐 등 6개 자동차 제조업체가 중심이 되어 결성한 산업단체인 C2C-CC역시 V2V 및 V2I 기반의 C-ITS 구현을 통해 도로 교통의 안전성 및 효율성을 높이고, 차량 통신 관련 유럽 산업 표준을 제정하는 것을 목표로 관련 산업 진행

○ 국내 표준화 방향은 자동차, ITS, 통신 등 세 가지 관련 부분으로 구분돼 진행

○ 국가기술표준원(KATS)’과 ‘한국표준협회(KSA)’가 발표한 ‘표준기반 R&D 로드맵(스마트카)’은 스마트카의 표준 동향을 잘 보여주고 있음

<표 2-2-14> 스마트카 관련 국제 표준화 동향 (ISO)

기관	WG	업무내용	비고
ISO/ TC204	WG1	시스템 기능 구성	용어의 표준화, 서비스의 효과, 리스크 판정방법 및 아키텍처 등에 관한 개념공유, 데이터의 기술방식의 통일 등 ITS 관계자가 공유해야만 하는 정보와 방법에 대한 규격 제정 실시
	WG3	ITS Database 기술	지리정보의 교환을 위한 인터페이스 규격 안을 다양한 경우로 상정하여 검토 실시
	WG4	차량&화물 자동인식	차량 및 적재화물을 Tag 등 simple한 매체를 자동 인식하는 시스템인 AVI, AEI에 관한 시스템간의 상호운용에 필요한 사항의 표준화를 담당
	WG5	자동요금접수	자동요금지불 표준화 담당

	WG7	상용차 운행관리	위험물 운송관리는 일본 ITS 시스템 아키텍처 개발 분야인 '도로관리효율화'에 관한 이용자 서비스의 '특수차량관리'로서 정착
	WG8	공공교통	버스, 지하철, 전철의 공공교통기관 외에 긴급차량을 포함한 구체적인 표준화 담당
	WG9	교통관리	ITS의 교통관리 표준화
	WG10	여행자정보	FM 방송, DSRC, 휴대전화, 디지털 방송 등의 다양한 통신매체를 통한 정보제공
	WG11	네비게이션 경로취득	네비게이션, 경로유도 시스템 표준화 담당
	WG14	주행제어	자율형 시스템, 인프라 협조시스템의 경보와 제어에 의한 표준화 담당
	WG15	협력통신	ETC등 ITS 어플리케이션에 사용하는 무선협력통신의 표준화
	WG16	광역통신	ITS 분야의 이동 무선통신의 통신 프로토콜 및 파라미터 표준 책정
	WG17	노매딕장치	ITS를 위한 노매딕 및 휴대용 장치의 표준화 담당
	WG18	협조시스템	V2X 기반의 협조제어시스템 및 부품간 상호운영의 표준화 담당

출처: 한국지식재산전략원

(2) ADAS/자동주행 기술

❍ 국제 표준에서는 다양한 ADAS 제품들에 대한 시스템 및 시험평가 표준이 개발되고 있으며, 센서 등의 요소부품에 대한 표준화 추진이 논의되고 있음

<그림 2-2-18> 스마트 안전 차량 기술의 발전

❍ ADAS 시스템과 관련한 표준은 ISO TC204 WG14에서 주로 다루고 있으나, 통합 안전 및 자동주행 시스템에 관한 부분은 통신, 인프라, 네트워크, 디지털 맵 등 다양한 요소기술이 포함되고 있어, ITS 전반을 다루는 TC204 및 산하 WG들의 역할이 점차 중요해지고 있음

<표 2-2-15> 완성차기업의 자동주행 차량 개발 현황

주요 완성차	자율주행 자동차 개발 현황
Audo/VW	* 네바다주 자동주행 면허 취득, TAP、TJA 등 자동주행 기능 개발/ 탑재 * HAVEit Project, Temporary Auto Pilot
BMW	* 고속도로 중심 High Automate Vehicle개발 * 컨티넨털과 공동으로 자동주행 시스템 2020년까지 상용화 발표
VOLVO	* 2014년 까지 교통체증 시 사용할 자동주행 차량 개발 * EU 각 기관과 고속도로 Road Train SARTRE 과제, 2020년 상용화
GM	* 캐딜락 차종 2015년 까지 고속도로 부분 자동주행 차량 생산 * 2020년 까지 완전 자동주행 출시 계획
Toyota	* 경로추종 자동주행 및 장애물 회피, 스마트폰 연동 자동주차, 차량호출
Nissan	* 2015년 자동주차 개발, 2020년 다양한 모델 무인자동차 출시 계획

(3) V2X 기반 차량통신 서비스

❍ 대표적인 표준화 기구는 ISO, ETSI, IEEE 등이 있음

❍ ITU-R에서는 Advanced-ITS 응용을 위한 차량 간 통신 (V2V) 및 차량과 인프라 통신의 (V2I) 인터페이스 권고를 개발하고 있음

❍ 유럽의 ETSI, 일본의 ARIB, 우리나라 TTA에서 표준을 제안하고 있음. ETSI는 C-ITS 표준 제정을 위하여 ETSI TR 101 607 등 일련의 표준화 작업을 추진에 왔으며 이를 권고에 포함하였음

❍ 일본의 차량 안전을 위한 700MHz 대역의 통신 표준인 ARIB T-109 규격을 제출하였고, 우리나라는 TTA 차량통신표준을 제출함. 미국은 IEEE 1609 및 IEEE 802.11P 규격을 제출할 것으로 예상됨

❍ 가장 대표적인 V2X관련 표준은 ISO TC204 WG18의 협력형 ITS (Cooperative-ITS)를 들 수 있으며, C-ITS 서비스 제공을 위하여 7개의 표준초안개발팀을 운영하여 광범위한 표준 제정을 추진하고 있음

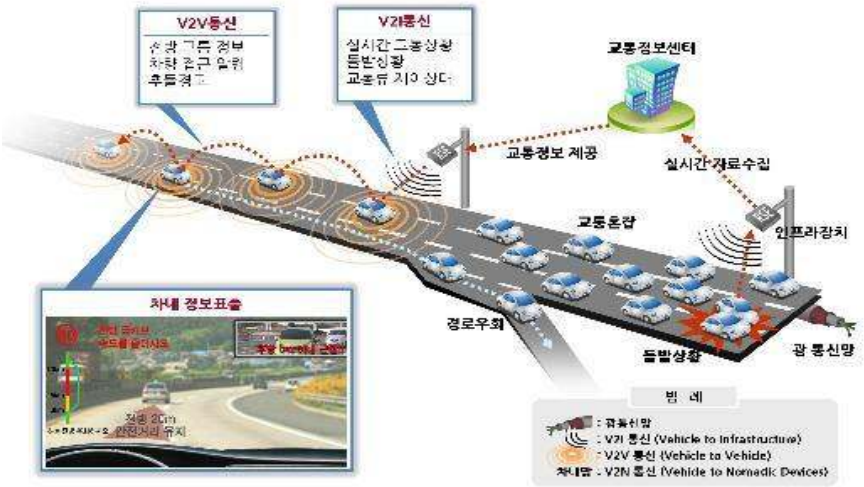
❍ 주요 내용은 교차로 정보제공 표준화를 담당하고 있는 SPaT(Signal Phase and Timing) 표준, 교차로 등에서의 신호 정보 표준을 논의하고 있음

❍ 교차로 주변 지도 데이터 표준과 주행의 우선순위가 높은 차량이 특별한 이유로 먼저 통과 신호를 받고자 할 때 교차로 신호제어기에 요청하는 신호 요청 메시지 표준과 신호제어기의 상태정보를 요청하는 신호 상태 메시지 표준도 논의하고 있음

○ 실시간 교통정보 제공을 위하여 운행관련 특정지역의 지도 및 상황정보를 제공하는 Local Dynamic Map 표준화도 진행하고 있음

○ 차량통신제공을 위한 프로파일 표준화와 함께 메시지 전송 관리를 담당하는 메시지 핸들러 표준도 다루고 있음

○ 교통정보를 차량 내에 전송하는 차내 정보표시용 데이터전송 프로토콜과 함께 도로의 상황에 따라 적정한 운행속도를 제공하는 상황인지 속도 표준화도 추진 중에 있음



<그림 2-2-19> ITS구축계획2020

(4) 차량스테이션 게이트웨이 표준

○ 차량 내부망 구성 원리 및 제어구조에 최적화된 차량 인터페이스 표준 개발을 위해 ISO TC204와 ISO TC22가 협력하여 차량 스테이션 게이트웨이 ISO 국제 표준 개발을 시작

○ 여러 클라이언트 요청에 대한 스케줄링, 인증 및 보안 프레임 워크, 표준화된 차량 데이터 포맷 등에 대한 표준 개발 진행될 예정

○ 차량 데이터 액세스를 위한 차량 인터페이스 표준은 ISO TC22와 SAE를 중심으로 개발되어 왔으며, 관련 표준들은 차량 진단 응용 서비스에 국한되어 적용되어 있거나 차량 정보 전달을 위한 메시지 포맷만을 정의하고 있음

○ V2X 통신 기반 응용 서비스가 활성화됨에 따라 차량 네트워크 모니터링하고 제어하기 위한 차량 데이터 교환 포맷과 차량 내부 망 구성 원리에 최적화된 접근 방법에 대한 표준기술개발 요구

(5) ITS-Nomadic Device

❍ 다양한 ITS 및 텔레매틱스 서비스를 구현하기 위해 전 세계적으로 여러 가지 무선 통신시스템과 차량 시스템을 연계하는 시스템(C-ITS, Cooperative ITS) 개발 사업이 추진되고 있음

❍ 차량에 부착이 가능한 무선휴대장치인 Nomadic 혹은 Mobile Device의 정보, 안전 및 멀티미디어 응용서비스에 관한 국제표준의 필요성 또한 대두되고 있음

❍ 따라서 국제 자동차 시장과 ITS 시장에 공통으로 적용될 수 있는 ITS 정보서비스, 안전운전 지원 및 차량 내 방송수신 등 멀티미디어 응용서비스 등의 기술 개발 및 시장 진출을 위해서는 스마트폰 등 멀티미디어 단말기에 대한 국제표준을 주도할 필요가 있음

❍ Nomadic Device에 대한 ISO/TC204(ITS) 내 작업 그룹은 WG17이고 ITS 서비스를 위한 멀티미디어와 휴대용 장치에 대한 표준을 다룸

(6) ISO TC Road Vehicles : 도로차량

❍ SC9의 차량 동역학은, 차량 능동안전 제어시스템에서 반드시 필요한 표준 내용들을 담당하며, SC12에서는 스마트 에어백 등을 담당

❍ ISO TC22의 SC13 WG8은 스마트카의 운전자 인터페이스 관련 주요 표준을 제정하고 있어 주목할 필요가 있으며, 이는 Visual Distractions 표준인 ISO 16673과 Visual Behavior 표준인 ISO 15007 등을 포함

(7) ISO TC204 Intelligent Transportation systems

❍ 스마트카와 직접적인 연관이 있는 WG3, WG14, WG16, WG17, WG18에 대한 중요 내용

<표 2-2-16> ISO TC204의 WG구성

WG	Title	Lead country
WG1	Architecture	U.K
WG3	ITS Database Technology	Japan
WG4	Automatic Vehicle Ident./Automatic Equipment Ident.	Norway
WG5	Electric Fe Collection	Sweden
WG7	General Fleet management and Commercial/ Freight Operations	Canada
WG8	Public Transport and Emergency U.	U.S
WG9	Integrated Transport Information, Management and Control	Australia
WG10	Traveller Information systems	U.K
WG11	Route Guidance and Navigation Systems	Vacant
WG14	Vehicle/Roadway Warning and controls	Japan
WG15	DSRC	Vacant
WG16	Wide Area communication	U.S
WG17	Nomadic Device	Republic of Korea
WG18	Cooperative Systems	Germany

(8) ISO TC204 WG16 Wide Area Communications

❍ WG16은 1년에 4차례 이상 회의를 진행하면서 매우 활발하게 표준화를 추진하고 있고 주요 안건 중 하나는 다양한 ITS 서비스를 수용하기 위한 ITS 광역 통신 기술

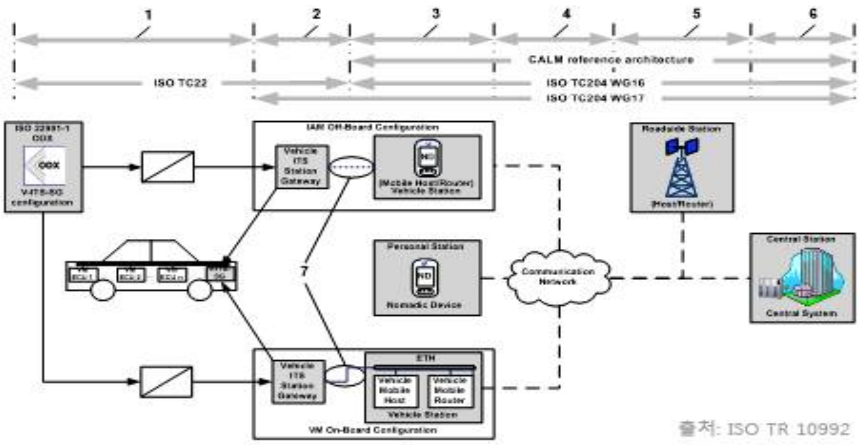
❍ WG16의 표준은 V2X 통합안전 및 스마트카 전반에 활용되는 통신의 기반이 됨

(9) ISO TC204 Nomadic Device

❍ WG17은 Nomadic Device, 즉 스마트폰과 같이 차량 내에 들어올 수 있는 IT 제품들에 대한 표준을 담당

❍ 한국에서는 ISO 13184-2, ISO 13185-2, ISO 17438-1, ISO 17438-4에 대한 Work Item Leader를 수행하고 있으며, 다양한 아이템들에 대한 표준화 대응 업무를 수행

❍ WG17은 한국이 의장국으로써 이점을 잘 살려, 활발히 주요 표준을 주도



㈜ 1 : Road vehicle technology

2 : Vehicle interface technology

3 : ITS host applications & mobile routing technology (vehicle station)

4 : Short & wide range communication technology

5 : ITS host applications & mobile routing technology (roadside station)

6 : ITS back office technology

7 : Vehicle – ITS – Station Gateway (V-ITS-SG) protocol

<그림 2-2-20> 차량과 인프라간의 기술 체인

(10) ISO TC204 WG18 Cooperative Systems

❍ EU의 표준을 ISO로 진입시키기 위한 창구 역할을 하는 의미가 강하기 때문에, 기존의 WG들과의 업무 조정도 세부적인 부분까지 서로 조율되고 있는 상황

❍ SWG1을 일반 조정 업무로 두고, DT(Drafting Team)을 2에서 7까지 운영하는 것으로 되어있음

<표 2-2-17> WG18의 주요표준화 아이템

ISO NO. & Status	Title
NP 17419	Classification and management of ITS applications in a global context
NP 17423	ITS application requirements for selection of communication profiles
NP 17424	Definition of Local Dynamic Map concept
NP 17425	Data exchange specification for in vehicle presentation of external road and traffic related data
NP 17426	contextual speeds
NP 17427	Roles and responsibilities in the context of cooperative ITS based on architecture(s) for cooperative systems

NP 17428	Data exchange specification for in vehicle presentation of external road and traffic related data
NP 17429	Profiles for processing and transfer of information between ITS stations for applications related to transport infrastructure management, control and guidance
NP 17434	Contextual speeds – Optimum traffic throughput via speed limits
NP 17435 **ISO/DTR 17465-1** **NP TR 17465-2**	Definition of Local Dynamic Map concept Part 1: Terms and definitions Part 2: Guidelines for standards documents
NP 17436	Data exchange specification for in vehicle presentation of external road and traffic related data

나. 3GPP 표준화 동향

(1) 3rd Generation Partnership Project 중심의 최근 표준화 기술

❍ 2016년 상반기에, 3GPP를 중심으로 Long Term Evolution (LTE) 기반의 Vehicle to Everything (V2X) service 기술에 관한 technical study가 완료된 상태임

❍ 2016년 하반기부터는 자동주행 기술을 포함한 enhanced V2X (eV2X) 서비스에 대한 Use Case 및 기능/성능 요구사항에 대한 논의가 활발해질 것으로 예상됨

❍ eV2X 서비스에서는, 일반 차량뿐만 아니라, 대중교통에 대한 자동주행 서비스 및 기타 다양한 서비스에 대한 논의가 활발하게 이루어질 것으로 예상됨.

❍ 본 기획과제에서 초점을 맞추고 있는 대중교통수단으로서의 BRT차량에 대한 연구/개발이 현 진행되고 있는 3GPP의 표준화의 work item과 많은 부분이 대응되어 있음

<표 2-2-18> 3GPP eV2X 서비스에서 논의될 아이템

내용	비고
Advanced non-safety V2X 서비스의 지원	Connected car, mobile high-speed 서비스, mobile hot spot, dynamic map update 등에 적용
Advanced safety V2X 서비스의 지원	자동주행, 군집주행, 및 서비스들 간의 우선권 조정 등에 적용
Multiple 3GPP RAT들에 대한 V2X 서비스 지원	LTE, New RAT 지원 및 기존 ITS 시스템과의 연동 및 이동성 지원

제3절 국내 연구개발 인프라 분석

1. 연구개발 비용

가. 최근 5년간 연구개발비 현황

○ 2013년 자율주행 관련 연구개발비는 7억3천만원 수준이며, 2009년부터 2012년까지 지속적으로 상승 추세를 나타내고 있음

○ 2011년에 비해 2012년의 경우 두 배가량 큰 폭으로 상승하였으나 2013년에서 잠시 주춤하며 감소추세를 보임

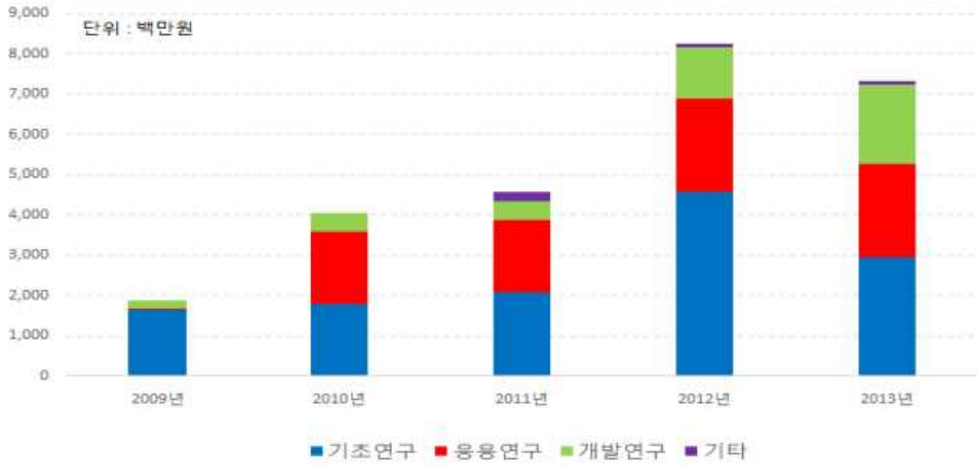
출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

<그림 2-3-1> 자율주행차량 연구비 현황

나. 연구개발단계별 현황

○ 연구개발단계별 비용을 살펴보면 연구개발비용의 그림 2-141와 유사한 추세를 보이고 있으며, 기초연구 및 개발연구 분야가 두드러지는 증가를 보이고 있음

○ 2013년에는 기초연구 비용은 큰 폭으로 감소하였으며, 이를 제외하고 응용연구 및 개발연구 비용이 소폭 상승함



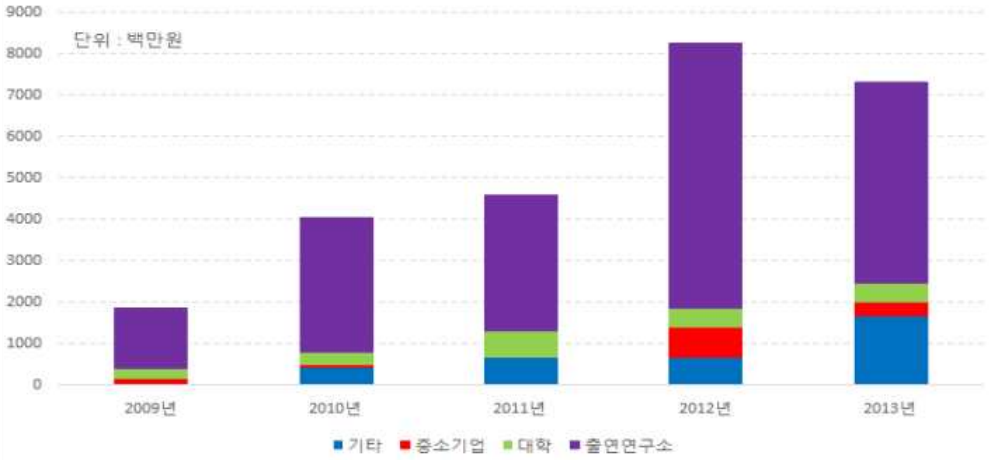
출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

<그림 2-3-2> 연구개발단계별 비용 현황

다. 연구수행주체별 현황

❍ 연구수행주체별에서의 연구개발비는 출연연구소 중심으로 전체적인 증가추세를 보이다가 2013년에서는 그림 2-141와 동일하게 소폭 하락하면 증가세가 꺾임

❍ 그 외의 대학 및 중소기업의 연구개발비는 전체적으로 미미하여 흐름을 판다하기 어려움



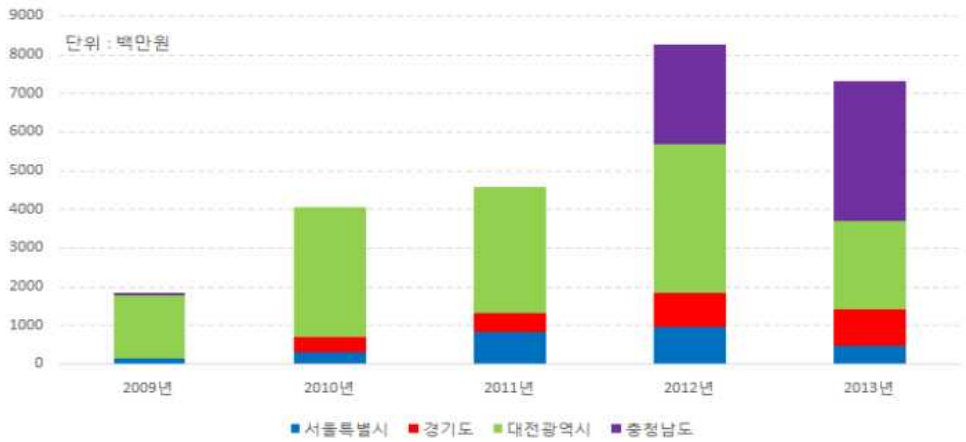
출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

<그림 2-3-3> 연구수행주체별 비용 현황

라. 지역별 현황

○ 지역별 연구개발비의 경우는 연구개발단지가 형성된 대전을 중심으로 전체적으로 증가 추세를 보이다가 2013년에 대폭 하락함

○ 서울과 경기도는 연구개발비가 전체에 비해 크지는 않지만 그림 2-141, 2-142, 2-143 과 비슷한 추세이며, 충청남도를 살펴보면 그 이전까지는 잠잠하다가 2012년부터 연구개발비용가 큰 폭으로 상승해 2년 연속 증가하는 추세를 보이고 2013년에는 대전을 추월함



출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

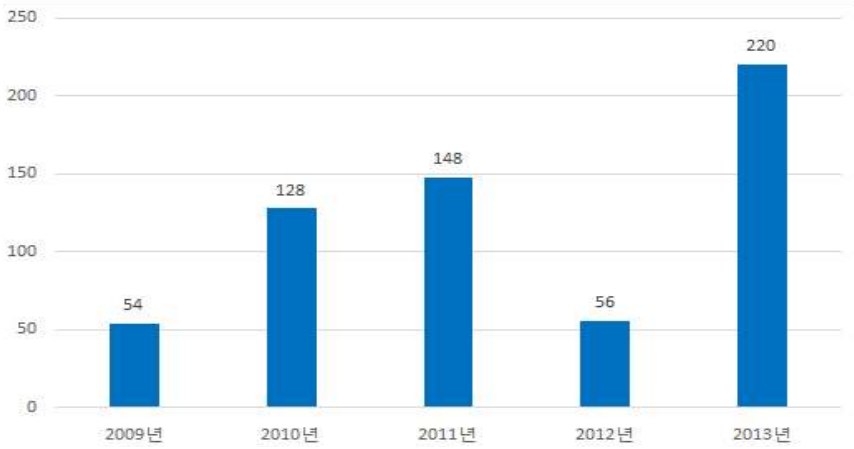
<그림 2-3-4> 지역별 비용 현황

2. 연구 현황

가. 연구인력 현황

○ 자동주행 관련 연구 인력 규모는 전체적으로 증가추세를 보이고 있으며, 2013년에는 220명의 인력이 유지되고 있음

○ 연구개발 비용의 증가 추세와는 상이하게 2011년에 148명이었던 인력 수가 2012년에 56명으로 대폭 감소 후 다시 2013년에는 4배정도의 인원이 증원됨



출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

<그림 2-3-5> 참여 인력 수

나. 연구기관별 현황

○ 연구기관별로 살펴보면 한국전자통신연구에서 자동주행차량 관련 연구개발에 큰 관심과 투자를 하고 있으며, 또한 꾸준하게 진행되면서 2010년부터 2013년까지 1위를 놓치지 않고 있음

○ 다음으로는 전자부품연구원과 자동차부품연구원 그리고 서울대학교 산학협력단 등 여러 기관에서 자동주행차량 과련 연구개발에 관심을 갖고 투자를 하고 있음

<표 2-3-1> 자동주행차량 관련 연구기관별 현황

순위	2010	2011	2012	2103
1	한국전자통신연구원 32.9억원 81.1%	한국전자통신연구원 32.9억원 717%	한국전자통신연구원 64.2억원 77.7%	한국전자통신연구원 49.0억원 66.8%
2	전자부품연구원 4.0억원 97%	전자부품연구원 4.7억원 10.1%	전자부품연구원 5.6억원 68%	자동차부품연구원 9.4억원 128%
3	서울대학교 산학협력단 3.1억원 7.5%	서울대학교 산학협력단 3.2억원 6.9%	(주)모본 3.7억원 4.5%	전자부품연구원 6.0억원 8.2%
4	(주)정진하이테크 0.7억원 1.6%	고려대학교 산학협력단 2.6억원 57%	(주)필컴 3.4억원 4.1%	(주)필컴 3.4억원 4.6%
5		한국자동차공업협회 2.0억원 4.4%	고려대학교 2.6억원 3.1%	고려대학교 2.6억원 35%
6		전남대학교 0.6억원 1.2%	서울대학교 2.1억원 2.6%	한국자동차산업협회 1.0억원 14%
7			한국자동차산업협회 1.0억원 1.2%	연세대학교 1.0억원 14%
8				남서울대학교 산학협력단 1.0억원 1.3%

출처: 한국과학기술정보연구원(2015.05)「이슈로 보는 R&D 자율주행자동차」

3. BRT 자동주행의 잠재적 수요처의 도로시설 인프라 현황

가. 국내 잠재적 수요처

(1) 청라국제도시

○ 청라국제도시는 인천시 서구 경서동, 연희동, 원찬동 일원에 위치하며, 면적 : 17.8㎢, 인구 75,110명(2014년 9월말 기준)이 거주하고 있음

- 청라국제도시의 계획인구는 2020년에 90,000명임

○ 청라국제도시에서는 신교통수단을 염두해 두고 도시개발이 이루어졌으며, 계획 중인 신교통수단의 개요는 다음과 같음

- 노선 길이(왕복 노선 연장)

· 1단계 : 18.4km (청라역~가정오거리역)

· 2단계 : 23.6km(청라역~석남역)

- 총 운행대수 : 14대(1단계), 16대(2단계)

<그림 2-3-6> 청라국제도시 신교통수단 예정 노선

○ 현재 신교통수단 차량 선정이 인천경제자유구역청, LH공사, 지역 주민들 간에 진행 중임

- 대용량 BRT의 선정이 유력하고, 대용량 BRT의 도입에 필요한 기반시설(전용차로, 전용 정거장, 전용 교통신호 등)이 잘 갖추어져 있음

구분		첨두시 배차간격 (분)	비첨두시 배차간격 (분)	회차 여유시간 (분)	왕복 노선연장 (km)	속도 (km/h)	왕복 운행시간 (분)	소요 차량수	예비 차량수	총 차량수
1단계	북측	10	15	10	18.4	25.0	54.2	6	1	7
	남측	10	15	10	18.4	25.0	54.2	6	1	7
	소계							12	2	14
2단계	북측	10	15	10	23.6	25.0	66.6	7	1	8
	남측	10	15	10	23.6	25.0	66.6	7	1	8
	소계							14	2	16

출처: 인천경제자유구역청

<그림 2-3-7> 청라국제도시 신교통수단 운행 개요

<그림 2-3-8> 청라국제도시 신교통수단 기반 시설

○ 인천경제자유구역청장의 거취문제가 결정되지 않아 구체적인 신교통수단 차종 선정이 늦어지고 있음

- 이 외에도 청라국제도시 거주민 대표들이 차종 선정에 적극적으로 참여하고 있고, LH 공사와 인천경제자유구역청 간의 비용 부담 및 대용량 BRT 운영 문제 등에 대한 의견 조율이 이루어지지 않아 차종 선정이 답보 상태임

(2) 세종시

○ 세종시(행정중심복합도시) 구축사업

충남 연기군 남면, 금남면, 동명 일원 및 공주시 장기면, 반포면 일원에 총 연장 23km의 구간으로 대용량 BRT 및 다른 운송수단과 혼합운영이 가능함

<그림 2-3-9> 세종시 구축사업

○ 행정도시 ~ 대전유성 도로확장

- 대전광역시 유성구 외삼동 ~ 충남 연기군 금남면 대평리까지 총연장 8.78km의 왕복8차로의 대용량 BRT 전용노선을 설치가 가능함

<그림 2-3-10> 행정도시 ~ 대전유성 도로확장 구축사업

(3) 대전

○ 대전시는 도시철도 2호선 건설방식 결정을 위해 1단계 전문가회의, 2단계 시민 의견 수렴, 3단계 종합검토 및 결정 순으로 계획을 마련할 예정임

- 현재 대전 지하철 2호선 차종 선정과 관련된 논의가 진행되었음

- 후보 차종으로는 노면트램, 자가 부상, 대용량 BRT 등이 포함되어 있음

○ 현재 대전도시철도 2호선은 ‘트램(노면전차)’로 확정되었음

- 실제 트램으로서 활용 가능한 수단은 무가선트램과 대용량 BRT가 있음

네이버 블로그 (http://blog.naver.com/cluva/220246013850)

<그림 2-3-11> 대전시 2호선 노선도

❍ 향후 도입 타당성에 대한 심도 있는 검토 후 차종 선정이 이루어질 전망임

- 차종 선정의 경우 권선택시장의 향후 거취가 영향을 미칠 수도 있다고 판단됨

(4) 경북 도청이전 신도시

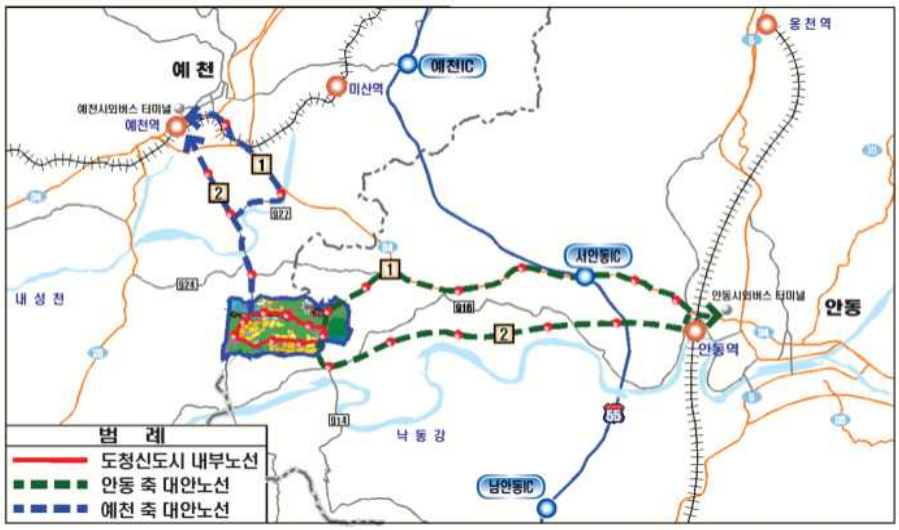
❍ 경북 도청이전 신도시는 안동시 풍천면과 예천군 호명면 일원에 부지면적 10.966㎢로 2027년까지 인구 10만 명을 목표로 단계별로 개발

❍ 도청이전 신도시의 교통부문 목표는 '대중교통 중심의 명품 녹색교통도시' 조성

❍ 도입 노선은 제반여건을 고려하여 내부순환노선과 외부노선(안동축, 예천축)으로 구상

- 안동노선은 경유지를 따라 주요시설이 다수 입지해 있는 대안1로 제안

- 예천노선은 주변 토지이용과 노선연장을 고려하여 대안2로 제안



<그림 2-3-12> 경북 도청신도시 예정 순환노선도

○ 도입 시기는 수송수요, 이용자 편리성, 상징성 등을 고려하여 3단계 개발(2027년) 이후, 주변도시를 포함하여 인구30만 명 정도가 되는 시점에 도입 제안

- 국가의 지원 하에 향후 15년 후에는 일반적 대중교통수단으로 자리매김 예상

- 현재 국회에 계류 중인 '복합형 교통수단의 등록 및 운행에 관한 법률' 통과 이후부터 도입 사례 증가 전망

○ 수송능력과 정시성을 결정짓는 기반시설 설치의 경우, 주행로는 도시내부와 외부노선 공히 중앙버스전용차로를 확보(외부노선은 도로여건에 따라 가로변 버스전용차로 병행)하고, 교차로는 부분입체 또는 신호우선처리가 가능하도록 정비 필요

- 자동주행을 위한 전자석 매설은 투자대비 효율성이 낮을 것으로 판단되어 정류소 주변에만 설치 제안

- 신도시 조성 단계에서 기반시설 설치를 위한 도로부지 확보 필요

○ 대용량 BRT의 운영방식은, 국가 및 지자체는 시설의 공급·관리 및 노선소유권을, 민간업체는 운영을 담당하는 방식을 제안

- 공공성을 유지하면서 이용자에게 지속적 편익 제공이 가능한 대안

(5) 동대구 역세권 개발

○ 동대구역세권 개발의 일환으로 동대구역 복합환승센터 개발이 원활히 추진 중

○ 부산 센텀시티(293,906㎡)를 상회하는 규모의 개발로 대규모 교통유발 예상

○ 동대구역세권 연계 대용량 BRT 도입 구상안

- 기존 도시철도와의 연계로 도입 효과 극대화 및 대중교통 활성화 유도가 가능한 노선 검토

- 동대구로의 동대구역(1호선환승)~범어네거리(2호선환승) ~ 궁전맨션삼거리(3호선 환승)~두산오거리 구간 우선 검토

○ 동대구역 복합환승센터 개통과 연계한 대용량 BRT시스템으로 단계별 시행 검토

- 1단계로는 환승센터 개통(2015년)에 맞추어 중앙버스전용차로제와 교차로 전용신호 운영을 시행하고, 운행차량은 친환경 CNG하이브리드 버스 운행

- 2단계로는 대용량 BRT의 타 도시 시범운행 결과, 이용수요, 재정여건 등을 충분히 검토한 후, 적당한 시점에 대용량 BRT 도입 결정 필요

<그림 2-3-13> 동대구역 환승센터 개발안

나. 청라, 세종시의 도로시설 인프라 현황

○ 신호등

- 현장에 기 구축된 신호등 타입을 현시타입, 신호등 형태로 구분하였고, 세부적으로 현시타입은 3구, 4구, 버스전용 신호등의 형태는 단봉형, 양봉형으로 구분하였음

- 각각 사진, 설명, 설치장소 및 개수 정보를 추가함

- 버스전용 차선에는 개별적으로 버스전용 신호등이 설치되어 있는 특징이 있음

- 청라 노선에 설치된 신호등의 경우 일반적인 단봉형 신호등이 설치되어 있으며, 세종시 노선의 경우 특이하게 양봉형 형태의 신호등이 설치되어 있음

- 청라 노선의 경우 총 41개 신호등이 설치되어 있으며, 세종시 노선의 경우 총 53개의

신호등이 설치되어 있음

<표 2-3-2> 청라, 세종시 신호등 현황 및 분류

신호등 유형	구분	사진	설명	설치장소 및 개수
현시 타입	3구		직진, 정지, 예비 정지로 구분	청라, 세종
	4구		직진, 정지, 예비 정지, 좌회전or직좌로 구분	청라, 세종
	버스전용		직진, 정지, 예비 정지로 구분	청라, 세종
신호등 형태	단봉형		가로등의 횡형 단봉에 신호등이 고정된 일반적인 형태	청라 41개소
	양봉형		일반적인 단봉형신호등과 달리 가로등의 횡형 양봉에 신호등이 고정된 형태	세종 53개소

❍ 정류장

- 현장에 구축된 버스정류장 유형을 ‘가차선 타입’, ‘전용도로 타입’ 두 가지로 구분하였고, 세부적으로 가차선 타입은 ‘일자형’, ‘오목형’, ‘일자소멸형’, ‘생성일자형’으로 분류하고 전용도로 타입은 ‘중앙형’으로 구분함
- 각각 사진, 설명, 정류장 길이, 연석 높이, 전용/혼용 여부, 정류장 개수 정보를 추가함
- 청라 노선의 경우 총 29개소의 버스정류장이 설치되어 있으며 현재 운영 중인 정류장은 23개소, 운영되고 있지 않은 정류장이 6개소이며, 중앙형 타입의 버스정류장은 8개소가 설치되어 있음
- 세종시 노선의 경우 왕복 총 21개소의 버스정류장이 설치되어 있으며, 이 중 5개소를 제외하고 모두 중앙형 타입의 버스 정류장이 설치되어 있음

<표 2-3-3> 청라, 세종시 정류장 현황 및 분류

정류장 유형	구분	사진	설명	정류장 개수
가차선 타입	일자형		정류장의 형태가 일자이면서 가차선인 정류장	청라 6개소 세종시 2개소
	오목형		가차선 보다 안쪽으로 오목하게 들어간 형태의 정류장	청라 9개소
	일자 소멸형		가차선이 버스정류장의 끝 부분에서 소멸되는 형태의 정류장	청라4 개소
	생성 일자형		버스정류장이 시작하면서 가차선이 생성되는 정류장	청라 4개소
전용도로 타입	중앙형		중앙에 있는 버스 전용차로 상에 일자 형태로 설치되어 있는 정류장	세종시 9 개소

○ 교차로

- 현장에 구축된 교차로의 유형을 크게 3갈래 교차로인 ‘3지 타입’, 4갈래 교차로인 ‘4지 타입’ 두 가지로 분류하였고, 세부적으로 ‘일반형’, ‘도류형’으로 나누어 구분함
- 도류형 교차로란 우회전 교통을 위해 주행로에서 연석을 이용해 독립한 차도 또는 차선의 형태를 갖춘 교차로를 의미함
- 각각 사진, 설명, 교차로 개수 정보를 추가하여 작성함
- 청라 노선의 경우 총 35개의 교차로가 있으며 이중 3지 타입은 18개, 4지 타입은 17개 존재
- 세종시 노선의 경우 왕복 총 19개의 교차로가 있으며 이중 3지 타입은 10개 4지 타입은 9개 존재

<표 2-3-4> 청라, 세종시 교차로 현황 및 분류

교차로 유형	구분	사진	설명	개수
3지 타입	일반		일반적인 세 갈래 교차로로 횡단보도, 신호등, 좌회전 차선 등으로 구성된 교차로	청라 13개 세종 9개
	도류형		일반적인 세 갈래 교차로에서 연석을 이용한 우회전 별도 차선이 존재하는 교차로 형태	청라 5개 세종 1개
4지 타입	일반		일반적인 네 갈래 교차로로 횡단보도, 신호등, 좌회전 차선 등으로 구성된 교차로	청라 12개 세종 8개
	도류형		일반적인 네 갈래 교차로에서 연석을 이용한 우회전 별도 차선이 존재하는 교차로 형태	청라 5개 세종 1개

○ 차선

- 현장에서 사용되고 있는 도로의 차선 형태를 혼용차선, 버스전용차선, BRT 전용차선으로 구분함
- 청라 노선의 경우는 버스전용 차선의 형태와 일반차선의 형태가 6:4의 비율로 번갈아 나타남
- 세종시 노선의 경우는 종점부근을 제외하고 버스전용 차선이 BRT 전용 차선의 형태가 4: 6의 비율로 번갈아 나타남

<표 2-3-5> 청라, 세종시 차선 현황 및 분류

차선의 유형	구분	사진	설명	이용차량	지역
일반 차선	혼용		비연속적 흰선이 반복되는 형태로 나타남	승용차 이륜차 일반버스 BRT	청라 세종 종점 부근
전용 차선	버스 전용		파란색선이 두 줄의 형태로 연속되거나 또는 연속 비연속 파란선이 두 줄의 형태로 나타남	일반버스 BRT	청라 세종
	BRT 전용		연속적 흰선 형태의 차선과 교차로 부근에서 연속적 파란선의 형태로 나타남	BRT	세종

○ 기타 도로시설물

- 신호등, 정류장, 교차로 이외의 기타 도로시설물에는 지하차도와 고가도로가 있음
- 지하차도의 경우 공용 지하차도와 전용 지하차도로 구분하였으며, 고가도로의 경우 전용 고가도로 한 개로만 구분 함
- 각각 사진, 설명, 차선, 개수 정보를 추가로 작성함
- 청라 노선의 경우 지하차도는 1개뿐이며, 현재 다른 차량들과 공용으로 사용하고 있음
- 세종시 노선의 경우 BRT 운행의 효율성을 위해, BRT 전용 도로 및 지하차도, 고가도로 인프라를 갖추고 있음
- 세종시 노선은 왕복 10개의 전용 지하차도와 4개의 전용 고가도로가 사용되고 있음

<표 2-3-6> 청라, 세종시 기타 도로시설물 현황 및 분류

기타 도로 시설물	구분	사진	설명	차선	개수
지하차도	공용 지하차도		승용차, 버스, 오토바이 등 다양한 이동수단들이 공용으로 이용하는 지하차도	3차선	청라 1개
	전용 지하차도		BRT 버스만 이용할 수 있는 BRT 전용 지하차도	1차선	세종 10개
고가도로	전용 고가도로		BRT 버스만 이용할 수 있는 BRT 전용 고가도로	1차선	세종 4개

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

1. SWOT 분석

○ 내부환경과 외부 환경을 분석하여 강점(strength), 약점(weakness), 기회(opportunity), 위협(threat) 요인을 각각 분석하였음

<그림 3-1-1> SWOT 분석

○ 세계적 수준의 IT 기술과 인력, 차량제작 및 배터리 기술을 보유하고 있고, 정부 정책의지가 확고하며, 개발초기부터 출연(연)과 민간기업의 공동개발을 통한 시너지 효과 등은 강점으로 판단됨

○ 상대적으로 열세인 대중교통산업 및 내수시장, 기업의 영세성으로 인한 전문연구 인력부족, 해외시장 진출에 대한 경험 부족 등은 약점으로 판단됨

○ 편리하고 안전한 대중교통에 대한 지자체의 요구가 증가하고 있고, 대중교통 이용만족도가 낮아 사회적 개발 요구가 증가하고 있으며, 환경인지 센서, AI플랫폼 등 하드웨어 재원의 급속한 발달로 인해 고성능의 기술 개발이 가능한 점은 기회요인임

○ 자동주행을 위한 영업운전 기준이 미비하고, 기업제의 성장이 미흡하고, 해외 선진기업의 국내 진출이 가속화됨에 따라 국내 기술 경쟁력이 약화되고 기술격차가 지

속적으로 확대대고 있어 시장 독점 가능성이 있는 점은 위협요인임

❍ SWOT 분석 결과에 따라서 외부로부터 온 기회는 최대한 살리고 위협은 회피하는 방향으로 SO전략(강점-기회 전략), ST전략(강점-위협 전략), WO전략(약점-기회 전략), WT전략(약점-위협 전략)을 수립하였음

<그림 3-1-2> SWOT 분석 기반의 추진전략

❍ SO전략(강점-기회 전략)으로는 IT, 통신, 저자 분야의 기술 및 인프라를 활용하여 BRT 자동주행 기술 및 산업에서 선도적인 위치를 선점하고 수요자 중심의 개발을 통해 지자체 및 민간기업의 활용 분야를 확대함

❍ ST전략(강점-위협 전략)으로는 기 보유한 첨단 기술 및 고급 연구인력을 적극 활용하여 선진국과의 기술력 격차를 경감시키고, 기술 우위를 점유하고 있는 주요국의 연구기관가 교류를 통해 우위 기술 확보 시기를 단축하며, 특허회피전략을 수립하여 지적재산권을 안정적으로 확보함

❍ WO전략(약점-기회 전략)으로는 개발된 기술의 기술이전으로 연구비 중복투자를 줄이고, 지자체를 대상으로 사업을 추진하여 내수시장 확보여 주력하며, 시장세분화를 통해 공백기술 개발에 주력함

❍ WT전략(약점-위협 전략)으로는 원천기술 확보와 기술의 활용성 증가를 위해 비즈니스 모델 발굴을 확대하고, 정부의 정책의지가 반영된 지원책을 정립하며, 민간에 제공 가능한 보유 기술을 적극 지원하여 국내 기술기반을 구축함

2. 연구비전 및 목표

○ (비전) 본 연구개발의 핵심가치와 비전은 2020년 자율주행차 상용화를 목표로 하는 국토부의 추진의지에 따라 대중교통 BRT의 자동주행을 상용화하여 국제적으로 대중교통 자동주행기술을 선도하기 위함임

○ (목표) 본 연구를 통한 기술개발의 최종목표는 대중교통을 이용하는 승객의 안전성, 정시성, 친환경성을 위해 BRT의 친환경 동력화를 하고 전용노선내에서 자동주행 기술을 적용하여 상용화를 추진하는 것임

<그림 3-1-3> 연구개발 과제의 목표

○ (중점추진 목표 #1) BRT 자동주행시스템 개발

- 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발

  * 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술

  * 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술

  * 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술

- 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발

  * 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발

  * 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발

* 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발

❍ (중점추진 목표 #2) 전기동력 자동주행 차량 개발

- 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발

* 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발
* 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가
* 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발

- 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발

* 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합시스템 기술
* 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발
* 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발
* 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발

- 급속충전 배터리 및 충전기 개발

* 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발
* 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가
* 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발

❍ (중점추진 목표 #3) 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발

- 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발

* 시범노선 운영 시나리오 개발
* 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발
* 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발
* 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발

- V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발

* C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축
* 제어정보 차량 전송 기술 개발
* 시범사업을 통한 현장평가

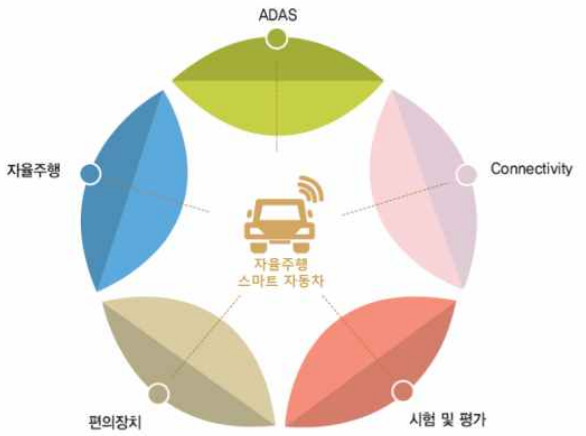
제2절 기술개발에 따른 미래상

1. 기술 예측 전망

○ BRT 자동주행 기술 예측은 미국의 도로교통안전국(NHTSA)에서 정의한 자율주행차량의 기술개발 수준과 국가기술표준원(KATS)의 스마트자동차 표준기반 R&D 로드맵을 토대로 전망함

○ 기준 Level 2에 해당하는 요소기술 대다수의 연구개발을 완료한 상태이며, NHTSA는 2020년까지 제한적인 자율주행자동차의 양산을 목표로 정책을 발표함

○ 국가기술표준원(KATS)의 스마트 자동차 기술개발 로드맵에 따르면 자동주행 스마트 차량 개발을 위해 필요한 기술은 크게 자동주행 요소기술, ADAS 기술, Conectivity 기술, 편의장치 기술, 시험 및 평가 기술 5가지로 구분하였음

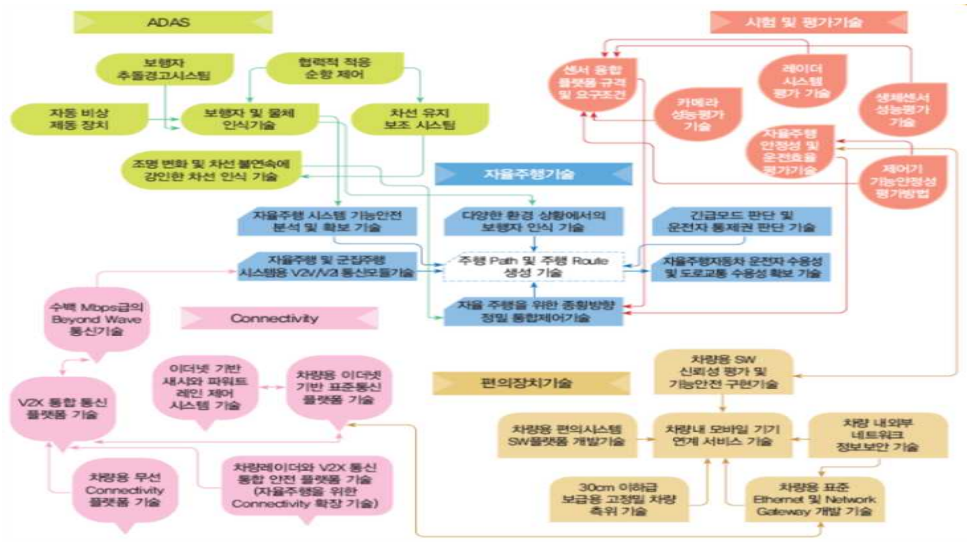


<그림 3-2-1> 자동주행 차량 요구 기술

○ 5가지 기술들의 구현을 위해 필요한 요소 기술들은 총 30개로 정의하고 있으며, 각 요소기술의 연관성은 아래 그림과 같음

○ 세부기술의 연관도에 따르면 ADAS 기술의 경우 자동주행 시스템의 기능안전, 보행자 인식, 정밀 통합제어 기술 개발을 위해 필요로 되며, Connectivity 기술의 경우 자동주행 및 군집주행의 V2V/V2I 통신 모듈 개발에 연관되어 있음을 확인 할 수 있음

○ 그 밖의 각 요소 기술 간의 연관성 또한 자동주행 차량 세부기술의 연관도를 통해 확인이 가능



<그림 3-2-2> 자동주행 차량 세부기술의 연관도

○ BRT 자동주행의 경우 5개의 주요기술들 중 BRT 차량에 맞도록 설계하는 기술로 국가기술표준원의 자동주행 요소기술, ADAS 기술, Conectivity 기술, 편의장치 기술은 BRT의 자동주행 기술내의 전용차로 자동주행, 승객안전성 기술, 관제기술, 인프라 개선기술 등으로 매핑이 되며, 시험 및 평가 기술은 내구성 및 인증평가 기술로 매핑이 됨.

○ 각 기술별 실현 예상시기를 국가기술표준원의 스마트자동차 기술개발 로드맵에 따라 BRT차량의 긴급자동제동, 스마트크루즈컨트롤, 차선유지시스템, 전용차로내 자동주행 기술등은 2021년 요소기술이 완료되어 시제차량으로 시범운행이 될것으로 예측이되고, 관제기술 역시 WAVE기술의 상용화가 진행이 되는 2022년 이전에 완성이 될것으로 판단됨. 또한 인증평가 기술의 경우 지속적인 보완이 이루어질 것이며, 2021년 시제차량의 시범운행등을 통해 2024년경에 개발 완료될 것으로 예상됨

2. 대용량 BRT 자동주행의 미래상(As-is Vs To-be)

○ BRT 자동주행은 Level 3에 해당하는 기술로 운전자가 포함이 되며, 전용노선 및 일부구간에서 운전자의 개입없이 자동으로 차량을 운전하는 기술로 기술개발이 완료가 되면 다음과 같은 미래상이 예측이 됨.

○ BRT 자동주행의 현재(As-is)와 미래상(To-be)을 다음과 같이 제시함

<그림 3-2-3> 대용량 BRT 자동주행시스템의 미래상

○ 중점추진분야 1: 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발

<그림 3-2-4> BRT 자동주행을 위한 인식/판단기술의 미래상

○ 중점추진분야 2: 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발

<그림 3-2-5> 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보기술의 미래상

3. 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량의 미래상(As-is Vs To-be)

○ 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량의 현재(As is)와 미래상(To be)을 다음과 같이 제시함

<그림 3-2-6> 순수전기동력 대용량 BRT의 미래상

○ 중점추진분야 1 : 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발

<그림 3-2-7> 친환경 순수전기동력방식의 미래상

○ 중점추진분야 2: 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발

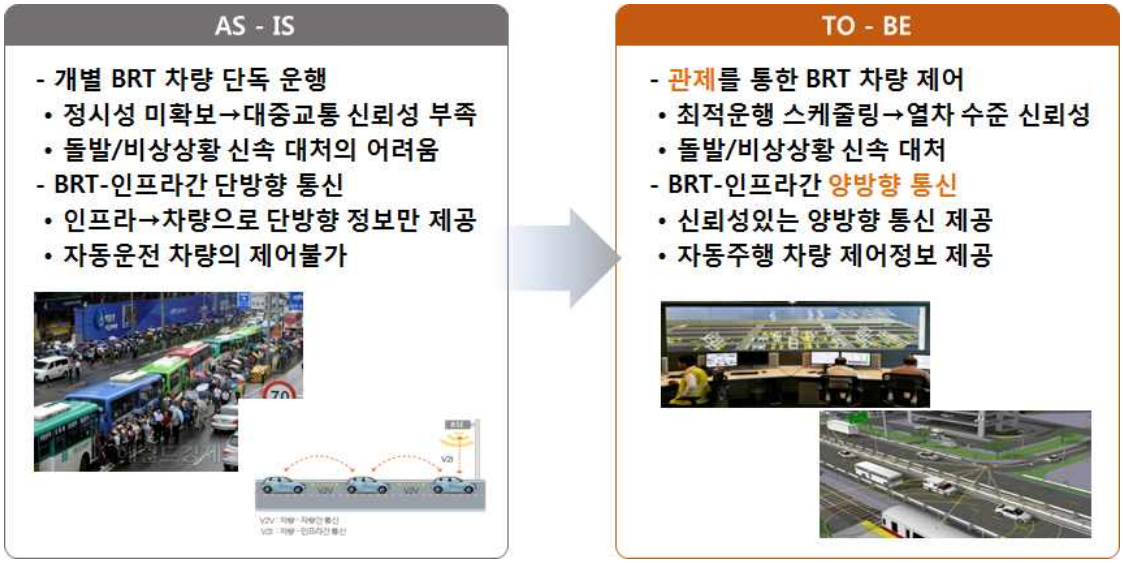
<그림 3-2-8> BRT 자동주행 액추에이터 및 제어시스템의 미래상

○ 중점추진분야 3 : 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발

<그림 3-2-9> 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기의 미래상

4. 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발의 미래상(As-is Vs To-be)

○ 스마트 관제 시스템의 현재(As-is)와 미래상(To-be)을 다음과 같이 제시함



<그림 3-2-10> 스마트 관제시스템 기술의 미래상

○ 중점추진분야 1: 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발

<그림 3-2-11> 대용량 BRT 관제서비스 기술의 미래상

○ 중점추진분야 2: V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발

<그림 3-2-12> V2X기반 자동주행 BRT 통신 기술의 미래상

제3절 연구개발 과제구성

1. 후보과제 도출

가. 기술수요조사의 목적 및 수행방법

❍ 대용량 BRT 자동주행 및 전기동력 시스템 실증연구에 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부기술과제 수준에서 도출하는 것

❍ 기술개발의 우선순위를 파악하고 기술개발과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당함

❍ 기술수요조사의 편의성을 위해 크게 ‘BRT 자동주행 기술’과 ‘대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 기술’그리고‘대용량 BRT의 스마트관제기술’의 세 분야로 나누어 전문가 집단에게 기술 수요조사 자문 및 설문 조사를 실시하였음

나. BRT 자동주행 기술수요조사

(1) 기술 수요조사 발송 및 응답 결과

❍ 기획 참여 기관 및 연구원, 자문위원, 외부전문가 등 관련분야의 전문가들을 대상으로 메일발송을 통해 조사함

<표 3-3-1> BRT 자동주행 기술수요조사 내용 및 응답 결과

구분	내용
조사기간	2016년 11월 7일(월)~2016년 11월 25일(금) 19일간
조사대상	참여기관 및 연구원, 자문위원, 외부전문가
조사방법	이메일 발송 및 자문회의 참여 전문가 대상으로 설문조사
응답자 수	11명
기술수요조사 응답건수	• 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발: 4건 • 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술: 7건

(2) 기술 수요조사 결과 요약

❍ 회신된 기술수요조사서의 결과를 분석한 결과 총 11개의 제안과제가 도출이 되었음

<표 3-3-2> BRT 자동주행 기술수요조사 결과 도출된 11개 제안과제

제 안 과 제
① BRT 자동주행 지원을 위한 도로 시설 개선 연구 ② 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발 ③ 도로 인프라의 상태 모니터링 및 결함 진단 기술 개발 ④ 영상처리를 이용한 차선/연석 인식 및 파손상태 인식 ⑤ 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 ⑥ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발 ⑦ 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 ⑧ 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술 ⑨ 자동주행 BRT 전용노선 계획 및 포장 개선 연구 ⑩ 다중 복합 센서(GNSS, 모션센서, 차량센서, 고정밀 지도) 기반 BRT 자세 및 위치 측정 기술 ⑪ 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발

❍ 중점기술분야별/연구수행기관별로 요구되는 기술 수요는 아래 표와 같음

- 승객 안전성 및 편의성 확보 기술의 경우가 많은 수요를 나타내고 있음을 확인 할 수 있으며, 인식 및 판단기술이 그 뒤를 이어 높은 수요를 나타내고 있음

<표 3-3-3> 중점기술분야별/ 기관별 기술 수요

구분	중점기술분야		계
	인식 및 판단기술	승객 안전성 및 편의성 확보 기술	
기업	-	2	2
대학	3	2	5
연구기관	1	3	4
계	4	7	11

(3) 기술 수요조사 결과 분류

❍ 기술분류체계 내의 기술수요조사 제안과제명 매칭 결과는 다음과 같음

<표 3-3-4> BRT 자동주행 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭

중분류	소분류	기술수요조사 제안과제명
대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	인식/판단 기술개발	⑦ 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 ⑤ 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 ⑩ 다중 복합 센서(GNSS, 모션센서, 차량센서, 고정밀 지도) 기반 BRT 자세 및 위치 측정 기술
	권한이양 기술개발	⑧ 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술
자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	안전성 확보 기술	⑥ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발 ③ 도로 인프라의 상태 모니터링 및 결함 진단 기술 개발
	전용노선 인프라 기술	④ 영상처리를 이용한 차선/연석 인식 및 파손상태 인식 ⑨ 자동주행 BRT 전용노선 계획 및 포장 개선 연구 ⑪ 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발 ① BRT 자동주행 지원을 위한 도로 시설 개선 연구
	정류장 기술	② 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발

❍ 기술수요조사 제안 과제명 및 세부 연구개발 내용은 아래 표와 같음

<표 3-3-5> BRT 자동주행 기술수요조사 제안과제명 및 연구개발내용

중점분야	기술수요조사 제안 과제명	연구개발내용
대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술	- BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술 - BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술 - 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬 처리 기술
	멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술	- BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술

		- 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술 - 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술
	다중 복합 센서(GNSS, 모션센서, 차량센서, 고정밀 지도) 기반 BRT 자세 및 위치 측정 기술	- VRS 기반의 저가형 고정밀 GNSS와 모션센서, 차량센서 기반의 측위 및 자세 측정 기술 - BRT 운행을 위한 고정밀 지도 연동 측위 정확도 향상 기술 - 다중 GNSS를 이용한 전후 차량간 자세 위치 측정 기술
	안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술	- 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술 - 수동주행/자동주행 모드 및 ADAS 모드 전환
자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	도로 인프라의 상태 모니터링 및 결함 진단 기술 개발	- 다중 센싱시스템 활용 도로 인프라 상태 모니터링 기술 개발 - 인프라 센싱 핵심 기술 및 진단평가 기술 개발 - 통합형 자율주행 인프라 모니터링 다중 모듈 시스템 개발 - 도로 인프라 모니터링 모듈 현장 적용 기술 개발 - 도로 상태 자동 진단 빅데이터 시스템 구축 및 성능 평가
	영상처리를 이용한 차선/연석 인식 및 파손상태 인식	- 영상처리를 이용한 차선/연석 인식 - 영상처리를 이용한 차선/연석의 파손상태 인식
	자동주행 BRT 전용노선 계획 및 포장 개선 연구	- BRT 운행 안전성 및 효율성을 위한 전용노선 계획 및 설계기준 개발 - BRT의 주행 환경을 고려한(노선내 동일 wheel pass를 주행) 전용노선 형식 및 포장 기술 개발 - BRT 전용노선 차로 구분 시설 및 포장기술 개발 - 자동주행 BRT 전용노선 급속 유지보수 기술 개발 - BRT 전용노선 현장 적용성 평가 및 장기 거동 모니터링
	자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발	- 야간, 악천후시 센서 인지성능 향상을 위한 고반사율의 전용차선 및 도로표식(표지판, 표지병 등) 기술 - 정류장, 교차로, 진출입지점에서의 일반차량과 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선 - 주행 환경(노선내 동일 wheel pass 주행)을 고려한 전용노선 형식 및 포장 기술
	BRT 자동주행 지원을 위한 도로 시설 개선 연구	- 자동주행 BRT 주행 안전성 및 효율성 향상을

		위한 교차로 형식 개발(입체 교차로 등) - 정류장, 교차로, 진/출입지점에서의 BRT-일반차량 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선 방안 연구 - 보행자 안전 확보를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선 방안 연구 - 개선된 도로 시설물의 현장 적용기술 개발 및 설계 가이드라인 개발
	자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발	- 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 형식 - 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등) - 자동주행 BRT 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설
	자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발	- 자동주행 BRT의 정류장 진입 및 진출 유도 기술 - 차량 위험도 판단에 따른 차량 내 위험 경고 HMI(시각, 촉각, 청각) 기술 - 가속도, 저크를 고려한 승객전도 방지 속도제어 프로파일

다. 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량의 기술수요조사 개요

(1) 기술 수요조사 발송 및 응답 결과

❍ 기획 참여 기관 및 연구원, 자문위원, 외부전문가 등 관련분야의 전문가를 대상으로 메일발송을 통해 조사함

<표 3-3-6> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량의 기술수요조사 내용 및 응답 결과

구분	내용
조사기간	2016년 11월 7일(월)~2016년 11월 25일(금) 19일간
조사대상	참여기관 및 연구원, 자문위원, 외부전문가
조사방법	이메일 발송을 통한 설문조사
응답자 수	15명
기술수요조사 응답건수	• 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 기술 : 6건 • 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 기술 : 5건 • 배터리 및 충전 기술 : 4건

(2) 기술 수요조사 결과 요약

❍ 회신된 기술수요조사서 분석 결과 총 15개의 제안과제가 도출되었음

<표 3-3-7> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량의 기술수요조사 결과 도출된 15개 제안과제

제 안 과 제
① 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발
② 국내 차량 차고 제한 규정에 적합한 2층버스
③ 대용량 수송이 가능한 이중굴절버스 개발
④ 국내 BRT 수송 수요에 적합한 저상 굴절버스 개발
⑤ 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가
⑥ 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발
⑦ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발
⑧ BRT 순수전기동력 시스템의 자동화 Pantograph 급속충전 장치 개발
⑨ 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가
⑩ 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발
⑪ 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발
⑫ 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술
⑬ 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발
⑭ 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발
⑮ 정류장 정밀정차를 위한 자동제어 기술

○ 중점기술분야별/연구수행기관별 요구되는 기술 수요는 아래 표와 같음

- 순수전기동력 대용량 BRT 차량의 기술수요는 4개, 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발은 6개, 급속충전 배터리 및 충전기의 기술 수요는 각 5개로 나타남

<표 3-3-8> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량의 중점기술분야별/연구수행기관별 기술 수요

구분	중점기술분야			계
	순수전기동력 BRT 차량	자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	급속충전 배터리 및 충전기	
기업	3	1	2	6
대학	1	3	0	4
연구기관	2	1	2	5
계	6	5	4	15

(3) 기술 수요조사 결과 분류

○ 기술분류체계 내의 기술수요조사 제안과제명 매칭 결과는 다음과 같음

<표 3-3-9> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량의 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭

중분류(중점기술)	소분류	기술수요조사 제안과제명
친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	굴절버스	④ 국내 BRT 수송 수요에 적합한 저상 굴절버스 개발
	3축 저상버스	③ 대용량 수송이 가능한 이중굴절버스 개발
	이층버스	② 국내 차량 차고 제한 규정에 적합한 2층버스
	순수전기동력	① 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 ⑤ 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가 ⑩ 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발
대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	하드웨어 기술개발	⑪ 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발 ⑫ 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술
	제어 기술개발	⑬ 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발 ⑭ 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발 ⑮ 정류장 정밀정차를 위한 자동제어 기술
급속충전 배터리 및 충전기 개발	순수전기동력 충전	⑥ 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발 ⑦ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발 ⑧ BRT 순수전기동력 시스템의 자동화 Pantograph 급속충전 장치 개발 ⑨ 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가

○ 기술수요조사 제안 과제명 및 세부 연구개발 내용은 아래 표와 같음

<표 3-3-10> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 자동주행 차량 기술분류체계 기술수요조사 제안과제명 매칭

중분류	기술수요조사 제안 과제명	연구개발내용
친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	대용량 수송이 가능한 이중굴절버스 개발	- 대량의 승객 이송 가능한 HOV (High Occupancy Vehicle) 개발 - 차량의 디자인 및 차량 설계 - 이중굴절버스의 Articulation System 개발 - 노선의 회전반경과 회전점유폭을 고려한 조향시스템 개발 - 대용량 차량의 추진시스템(인버터, 모터, 감속기 등) 개발 - BRT 노선에 적합한 충전시스템(급속충전장치, 구동축전지) 개발
	국내 차량 차고 제한 규정에 적합한 2층버스	- 국내 차량 높이 제한 적합한 차량 설계 적용 - 차량 최대 하중에 적합한 차축 설계 적용 - 차량 성능에 맞는 추진 시스템 설계
	순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발	- 자동주행시스템 및 급속충전형 배터리 장착 설계 기술 개발 - 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발 - 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발
	국내 BRT 수송 수요에 적합한 저상 굴절버스	- 전차륜 조향 시스템 적용 - 단일 굴절 장치 적용 - 저상 차체 적용 - 차량 성능에 맞는 추진 시스템 설계
	순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가	- 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 - 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등) - 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가
	순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발	- 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행 - 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발 - 시험운행 데이터 기반 경제성 분석계
대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발	- 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술 - 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술
	자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발	- 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증 - Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술

	대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발	- 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원시스템 및 통신기술 - 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발
	탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술	- BRT 자동주행용 액추에이터 개발 - 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증
	정류장 정밀정차를 위한 자동제어 기술	- 정류장과 차량의 간격제어를 위한 센서 기술(위치센서, 자석검지 등) - 다양한 환경에(먼지, 눈, 비 등) 에 둔감한 정위치 정차용 센서기술 - 출입문에 정확히 정차를 위해 센서신호를 통한 차량정차 제어기술 - 정차시 불편 최소화를 위한 승객의 수에 따른 차량 무게를 고려한 부드러운 정차 및 출발제어기술 - 정류장 구조(정류장 마다 다른 구조일 경우)에 따른 정위치 정차를 위한 유동적인 차량제어기술
급속충전 배터리 및 충전기 개발	대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발	- 운행시나리오 기반 배터리 및 충전기 상세 사양 검토 - 급속충전 배터리 및 충전기 상세 설계 기술 개발 - 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술(과충전/방전 방지, 온도 제어 등) 개발
	급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가	- 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 - 충전기 배치 최적화 및 충전기 설치 인프라 설계/제작 - 배터리 및 충전기 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가
	BRT 순수전기동력 시스템의 자동화 Pantograph 급속충전 장치 개발	- Electrical contact system 개발 - 급속 충전 장치 개발 - 자동화 Pantograph 구동 및 충전 제어 시스템 개발 - 안전장치 검토
	급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발	- 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집 - 운행 데이터 기반 배터리 및 충전기 설계 보완 - 환경 영향성(온도 등) 고려한 배터리 성능 향상 기술 개발

라. 스마트 관제시스템 기술수요조사 개요

(1) 기술 수요조사 발송 및 응답 결과

❍ 기획 참여연구원, 자문위원, 외부전문가 등 관련분야의 전문가들을 대상으로 메일발송을 통해 조사함

<표 3-3-11> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 내용 및 응답 결과

구분	내용
조사기간	2017년 1월 2일(월)~2017년 1월 13일(금) 13일간
조사대상	참여기관 및 연구원, 자문위원, 외부전문가
조사방법	이메일 발송 및 자문회의 참여 전문가 대상으로 설문조사
응답자 수	10명
기술수요조사 응답건수 (과제에 따라 기술 수요가 중복으로 발생 될 경우도 Counting 하였음)	대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발: 5건 V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발: 4건

(2) 기술 수요조사 결과 요약

❍ 회신된 기술수요조사서의 결과를 분석한 결과 총 9개의 제안과제가 도출이 되었음

<표 3-3-12> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 결과 도출된 9개 제안과제

제 안 과 제
① 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 ② 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 ③ 시범노선 운영 시나리오 개발 ④ 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발 ⑤ 제어정보 차량 전송 기술 개발 ⑥ C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축 ⑦ 자동주행 BRT 인프라 방재기술 개발 ⑧ 실시간 고정밀 지도 정보 생성 및 공유 기술 ⑨ 시범사업을 통한 현장평가

❍ 중점기술분야별/연구수행기관별로 요구되는 기술 수요는 아래 표와 같음

- 스마트 관제 서비스 기술 수요는 5개로 나타났으며, 차량 인프라간 V2X 통신기술에 대한 기술 수요는 4개로 나타남

<표 3-3-13> 스마트관제 중점기술분야별/ 연구수행기관별 기술 수요

구분	중점기술분야		계
	스마트 관제 서비스기술	V2X기반 통신 및 제어 기술	
기업	2	1	3
대학	1	1	2
연구기관	2	2	4
계	5	4	9

(3) 기술 수요조사 결과 분류

❍ 기술분류체계 내의 기술수요조사 제안과제명 매칭 결과는 다음과 같음

<표 3-3-14> 자동주행 BRT의 스마트 관제시스템 기술수요조사 제안과제명 매칭

중점기술 분야	소분류	기술수요조사 제안과제명
대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	관제시스템 기술	① 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 ② 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 ④ 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발
	인프라 기술	③ 시범노선 운영 시나리오 개발 ⑧ 실시간 고정밀 지도 정보 생성 및 공유 기술
V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발	V2X 통신기술	⑤ 제어정보 차량 전송 기술 개발 ⑥ C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축
	운영기술	⑦ 자동주행 BRT 인프라 방재기술 개발 ⑨ 시범사업을 통한 현장평가

○ 기술수요조사 제안 과제명 및 세부 연구개발 내용은 아래 표와 같음

<표 3-3-15> 스마트 관제시스템 기술수요조사 제안과제명 및 연구개발내용

중분류	기술수요조사 제안 과제명	연구개발내용
대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	시범노선 운영 시나리오 개발	- 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발 - 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발 - 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발
	비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발	- 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발 - 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발
	전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발	- 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발 - 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어기술 개발 - 차량 상태 모니터링 기술개발
	정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발	- 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발 - C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술개발
	실시간 고정밀 지도 정보 생성 및 공유 기술	- 고정밀 위치 자세 데이터와 자체 탑재 센서를 이용한 실시간 지도 갱신 기술 - 실시간 고정밀 지도 기반 안전 루트 안내 기술(공사구간, 사고 구간 회피 기술)
V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발	C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축	- 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술 개발 - C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발 - C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발
	제어정보 차량 전송 기술 개발	- 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발 - 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발
	자동주행 BRT 인프라 방재기술 개발	- 지진/홍수와 같은 자연재해시 BRT 운행 안전성 확보 기술 개발 - 차량 폭발 및 테러시 BRT 주행로 안전성 확보기술 개발 - 방재시설물 설계 가이드라인 및 현장 적용기술 개발
	시범사업을 통한 현장평가	- 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련 - 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축 - 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영

2. 우선순위 도출

❍ 후보과제로부터 우선순위를 도출하기 위하여 1) 우선순위 조사항목 도출 → 2) AHP 분석을 통한 조사항목간 가중치 도출 → 3) 중요도 전문가 설문조사 → 4) 조사결과 분석을 통한 중점연구분야별 우선순위 도출 순으로 진행

❍ (우선순위 조사항목 도출) 각 조사항목간 우선순위 가중치는 기술성, 경제성, 정책 및 사회성의 3개 평가항목 및 평가 항목별 세부 평가항목으로 구성함

<표 3-3-16> 우선순위 조사 항목

평가항목	세부평가항목	정의
기술성	기술확보(실현) 가능성	국내외 기술수준, 기술의 난이도 및 완성도, 인프라, 보급화 수준(예측) 등을 고려하여 향후 5년 이내 기술 개발 통한 확보 가능성에 대한 평가
	기술 파급성	현장 적용 가능성, 원리적 측면의 응용에 의한 관련 산업에 적용가능성, 세계 표준 선도 등 기술 적용 범위 및 응용성에 대한 평가
	기술 시급성	기술의 중요도, 기술적 수요, 기술보급 단계 등을 감안하여 해당 기술이 즉시 필요한지 여부 평가
경제성	시장 수요성	해당 기술 분야의 연구개발이 시장 니즈를 적절히 반영하는지 여부 평가
	시장 규모성	해당 기술이 적용될 기술 시장의 규모에 대한 평가
	시장 파급성	기술의 개발 또는 연구과정에서 얻어지는 경제성장 효과, 시장성, 고용창출효과 등 경제적 파급효과에 대한 평가
정책 및 사회성	사회·정책적 중요성	해당 기술이 단기 집중투자로 적시 시장진입 필요기술인지 장기 지속투자로 기초원천 확보 필요기술인지 여부를 국가중장기로드맵 등과 견주어 정책적 판단
	정부지원의 타당성	공익적으로 매우 중요하나 민간부문에서 사적 전유성 부족, high risk, 공공재적 성격 등으로 투자를 회피하는 경우 국가가 주도적으로 연구개발에 개입해야하는 지 여부 평가
	사회적 영향성	지식기반 확충, 산업경쟁력 강화, 삶의 질 향상(교통사고 감소 등), 국가경쟁력 제고의 목표 실현에 적합한 지 여부 평가

❍ (AHP분석기법을 이용한 조사항목 간 가중치 도출) 조사항목 간 중요도를 고려한 가중치 도출을 위하여 관련분야 전문가를 대상으로 설문조사를 수행하고 AHP분석을 수행함

<표 3-3-17> 평가항목별 가중치 산정 결과

평가항목	가중치(a)	세부평가항목	가중치(b)	누적가중치(a*b)
기술성	0.61	기술확보(실현) 가능성	0.44	0.27
		기술 파급성	0.10	0.06
		기술 시급성	0.46	0.28
경제성	0.15	시장 수요성	0.58	0.09
		시장 규모성	0.11	0.02
		시장 파급성	0.31	0.05
정책 및 사회성	0.24	사회·정책적 중요성	0.42	0.10
		정부지원의 타당성	0.45	0.11
		사회적 영향성	0.13	0.03

○ (우선순위 도출결과) 중요도 설문조사 결과에 상기 우선순위 평가항목 가중치를 적용하여 각 대분류별 우선순위를 도출함

<표 3-3-18> BRT 자동주행 핵심기술 개발 중요도 및 우선순위 조사 결과

중분류	기술수요조사 제안 과제명	구성기술 중요도			합계	순위
		기술성	경제성	정책/사회성		
대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술	6.70	5.86	5.35	6.25	2
	멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술	6.13	5.52	5.91	5.99	6
	다중 복합 센서(GNSS, 모션센서, 차량센서고정밀 지도) 기반 BRT 자세 및 위치 측정 기술	4.06	3.50	3.17	3.76	11
	안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술	6.13	4.97	6.35	6.01	5
자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	도로 인프라의 상태 모니터링 및 결함 진단 기술 개발	5.78	5.17	5.26	5.56	8
	영상처리를 이용한 차선/연석 인식 및 파손상태 인식	4.20	4.75	4.58	4.37	9
	자동주행 BRT 전용노선 계획 및 포장 개선 연구	4.13	4.75	4.00	4.19	10
	자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발	6.28	5.91	6.04	6.17	3

	BRT 자동주행 지원을 위한 도로 시설 개선 연구	5.99	5.61	5.97	5.93	7
	자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발	6.17	5.75	6.32	6.14	4
	자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발	6.58	5.47	6.14	6.31	1

<표 3-3-19> BRT 전기동력 시스템 및 차량 개발의 중요도(우선순위) 조사 결과

중분류	기술수요조사 제안 과제명	구성기술 중요도			합계	순위
		기술성	경제성	정책/사회성		
친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	대용량 수송이 가능한 이중굴절버스 개발	4.56	3.67	3.67	3.97	15
	국내 차량 차고 제한 규정에 적합한 2층버스	4.67	4.67	4.78	4.69	11
	순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발	5	4.56	4.33	4.77	9
	국내 BRT 수송 수요에 적합한 저상굴절버스 개발	4.56	4.11	3.67	4.11	13
	순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가	5.78	5.67	5.56	5.71	5
	순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발	5.78	5.67	5.44	5.68	6
대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발	6.00	5.11	6.61	6.01	3
	자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발	6.66	6.27	6.48	6.56	1
	대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발	6.27	5.58	6.78	6.29	2
	탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술	6.00	5.66	6.00	5.95	4
	정류장 정밀정차를 위한 자동제어 기술	3.83	4.91	4.04	4.04	14
급속충전 배터리 및 충전기 개발	급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발	4.67	5.00	4.89	4.77	9
	대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발	5.33	4.67	4.67	5.07	7
	BRT 순수전기동력 시스템의 자동화 Pantograph 급속충전 장치 개발	4.44	4.11	4	4.29	12
	급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가	5.33	3.67	5.11	5.03	8

<표 3-3-20> 스마트 관제시스템 중요도 및 우선순위 조사 결과

중분류	기술수요조사 제안 과제명	구성기술 중요도			합계	순위
		기술성	경제성	정책/사회성		
대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	시범노선 운영 시나리오 개발	6.44	5.58	5.42	6.07	1
	실시간 고정밀 지도 정보 생성 및 공유 기술	3.45	3.66	3.83	3.57	9
	전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발	6.46	5.07	5.45	6.01	2
	비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발	5.44	5.00	6.32	5.59	6
	정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발	3.83	3.53	3.52	3.71	7
V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발	제어정보 차량 전송 기술 개발	6.36	5.94	5.10	5.99	3
	C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축	5.88	5.85	6.00	5.90	4
	자동주행 BRT 인프라 방재기술 개발	3.66	3.50	3.47	3.59	8
	시범사업을 통한 현장평가	5.92	5.62	5.45	5.76	5

3. 중점추진과제 선정

❍ 상기 도출된 기술수요조사 제안 과제의 중요도(가중치)와 함께 본 과제의 추진 순서, 조사항목간 중요도 중 가장 중요한 평가항목으로 도출된 '기술성' 등을 종합적으로 고려하여 과제별 추진 단계(시점)를 아래와 같이 설정하였음

❍ 제안과제 35개 중 중점추진과제 23개를 선정하였음

<표 3-3-21> 중점추진과제 선정 결과

중분류	제안기술명	1단계	2단계	3단계	4단계
1-1. 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술	■	■	■	■
	멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술	■	■	■	■
	안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술	■	■	■	■
1-2. 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발	■	■	■	■
	자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발	■	■	■	■
	자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발	■	■	■	■
2-1. 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발	■	■		
	순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가		■	■	
	순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발			■	■
2-2. 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술	■	■	■	■
	대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 통합 모듈화 기술 개발	■	■	■	■
	자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발	■	■	■	■
	대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발	■	■	■	■
2-3. 급속충전 배터리 및 충전기 개발	대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발	■	■		
	급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가		■	■	
	급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발			■	■

3-1. 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	시범노선 운영 시나리오 개발				
	정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발				
	비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발				
	전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발				
3-2. V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발	C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신 시스템 구축				
	제어정보 차량 전송 기술 개발				
	시범사업을 통한 현장평가				

4. 과제구성

□ 본 과제는 연구단(3세부과제) 및 일반과제로 구성함

○ (연구단) 연구기획 총괄 및 기술개발 평가, 실용화 방안 연구

- 연구개발의 기획관리, 평가조정, 성과의 활용 및 홍보전략 수립
- 대용량 전기동력 BRT의 자동주행 기술 전략 수립 및 관리

○ (1세부) BRT 자동주행시스템 개발

- 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발
- 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발

○ (2세부) 전기동력 자동주행 차량 개발

- 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발
- 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발
- 급속충전 배터리 및 충전기 개발

○ (3세부) 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발

- 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발
- V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발

○ (일반과제) 대용량 BRT 자기유도기반 자동운전 실용화 연구

- 자성기반 자동운전시스템 기술검증 및 평가
- 자성기반 자동운전 운행정보시스템 개발
- 자성기반 차상 자동운전시스템 개발
- 자성기반 노선정보시스템 개발

※ 일반과제는 현재 인천청라국제도시에 보급·활성화를 위한 수요로 '신에너지 바이모달 수송시스템 개발' 사업을 통하여 시연한 자동운전 기술(컴퓨터화된 차량에 자석마커 기반의 티칭프로세스에 의한 노선 및 동력정보를 탑재하여 자동운전기술을 구현하는 것)의 실용화를 위한 개발 및 인증을 포함함

❍ R&D 과제카드는 아래와 같음

과제명	자동주행기반 전기동력 대용량 BRT 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	○ BRT는 도심과 외곽을 잇는 주요 간선도로에 전용차로를 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 신대중교통 시스템임 ○ 자동주행, 승강장·환승정거장·정보체계 등 지하철의 시스템을 BRT 운행에 적용하여 의 BRT의 정시성과 지하철의 신속성·수송능력을 모두 갖게 하는데 개발 목표가 있음 - 전체 도로 교통사고의 90%는 인적오류에 의해서 발생하고 있어, 자동주행 도입시 교통사고에 의한 인명피해가 획기적으로 저감될 것으로 기대 - 주변 교통상황 정보를 주고받으며 안전하게 최적 경로로 이동하기 위해서 전용노선 자동주행 시스템을 개발할 필요가 있음 ○ BRT 자동주행을 위해서는 승객의 안전성 향상을 위해 차량외부에서 지속적인 상태를 감시하고 적극적으로 개입하여 사전에 위험상황을 대비하는 기술이 필요함 ○ 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통의 활성화가 필요 - 대용량 BRT 차량의 경우 구동축전지를 순수전기동력 버스 보다 많은 용량을 탑재할 수 있으며 복잡하지 않은 전용노선을 운행하기 때문에 운행패턴에 적합한 배터리 용량과 충전시간을 산출하여 효과적으로 활용 가능
	국내외 동향	○ 해외 선진국에서는 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있고, 정시성이나 안전성을 확보할 수 있는 친환경 무인자동 여객운송체계 개발시도를 꾸준히 전개 중이며 테스트 단계를 거쳐 실용화를 앞두고 있음 - 이지마일(스위스), 올리(미국), 퓨처버스(독일), 나비야(프랑스), 게이트웨이(영국), 로봇셔틀(일본) 등 ○ 벤츠사는 자동주행 시내버스 퓨쳐 버스(Future Bus)를 네덜란드 암스테르담에서 시험주행에 성공하였음. 운전자는 평소 수동으로 버스를 주행하다가 자동주행이 가능한 상황에서 시티파일럿 모드를 작동시켜 최고시속 70km까지 자동주행으로 주행 ○ 순수전기동력 시스템을 이용한 BRT는 전세계적으로 개발되고 있음 - 중국은 극심한 대기오염으로 주요도시의 시내버스를 전기버스로 전환하는 프로젝트를 추진중에 있으며, 유럽과 북미 지역을 중심으로 급속충전방식의 전기버스를 개발하여 보급중임

	- 국내의 경우 다양한 충전방식의 전기버스를 양산화하여 여러 지자체에서 구매하여 활용하고 있으나 11m급 시내저상버스 모델로만 개발되어 보급·활용에 제약이 많음
과제목표	○ 센서를 통해 주변 상황을 스스로 인지하고 도로교통 정보를 수신하여 승객의 안전성을 확보하면서 전용차선에서 전기동력으로 자동주행이 가능한 BRT 시스템 개발 - 중대형 BRT 차량에 적용 가능한 자동주행 및 전기동력 시스템을 개발하고, 실증사업을 수행해 시범운영 - 관제시스템을 통해 승객의 안전성을 향상시키고 효율적인 운용을 수행할 수 있는 기술 확보
연구내용	○ 대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발 - 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발 · 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 · 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 · 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술 - 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발 · 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발 · 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발 · 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발 ○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 - 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 · 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 · 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가 · 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발 - 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 · 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술 · 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발 · 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발 · 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발 - 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발 · 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발 · 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가 · 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발 ○ 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발 - 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발 · 시범노선 운영 시나리오 개발 · 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 · 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 · 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발 - V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발 · C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축 · 제어정보 차량 전송 기술 개발

	· 시범사업을 통한 현장평가
산출물	○ BRT 차량용 자동주행 시스템 ○ 자동주행 BRT용 인프라(포장, 형식, 도로표식, 랜드마크 등) ○ BRT 이용 승객 편의성이 향상된 정류장 및 앱 ○ 대용량 BRT 자동주행 순수전기동력 차량 - 순수전기동력과 자동주행 요소기술이 적용된 대용량 BRT 시제 차량 ○ 대용량 BRT용 급속충전 구동축전지 및 충전기 - 구동축전지 및 충전기 시제품 ○ 스마트 관제를 위한 핵심 소프트웨어 ○ 자동주행 BRT 차량 운행관제시스템 ○ 관제 및 차량간 데이터 전송장치 ○ 호환기능을 갖는 차상 및 지상간 통신장비

예산

총 소요금액 : (266.7)억 원 (정부출연금(200.0)억 원+민간매칭(66.7)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	42.1	68.6	51.5	37.8	-	200.0
민간(25%)	14.0	22.9	17.2	12.6	-	66.7
합계	56.1	91.4	68.7	50.4	-	266.7

산출내역

구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고
1차년도	56.1	- 대용량 BRT의 자동주행 시스템 설계 - 순수전기동력방식 대용량 BRT차량 설계 - 시범노선 운영 시나리오 개발 - 스마트 관제시스템 요소기술 설계	
2차년도	91.4	- 자동주행 시스템 모듈 제작 - 전기동력방식 대용량BRT 시제차량 제작 - 급속충전 배터리 시제품 제작 - 스마트 관제서비스 구현 및 판단 알고리즘 개발	
3차년도	68.7	- 자동주행 시스템 시제품 제작 및 차량 탑재 - 전기동력방식 대용량BRT용 충전기 제작 - 시제차량 실차 성능 및 내구성 시험 - 스마트 관제시스템 구축	
4차년도	50.4	- Test Bed 선정 및 시범 운영 - 자동주행기반 전기동력 대용량 BRT 운용을 통한 성능 평가 및 검증 - 경제성 평가 - 상용화를 위한 연계 기술 개발	
합계	266.7		

연구성과	○ 지자체에서 운용중이거나 신규 도입예정인 대용량 BRT에 적용하여 대

활용방안 및 기대효과	중교통의 경쟁력 강화 ○ 자동주행 도입에 따른 대용량 BRT의 교통사고 최소화(최근 빈번하게 발생하고 있는 졸음운전에 의한 사고 미연에 방지) ○ 도시의 대기환경 개선과 교통 혼잡 완화대책을 위한 첨단 대중교통 차량으로 활용 - 초저공해(1종) 차량을 보급함으로서 환경개선부담금 절감 - 일반버스를 대용량 차량으로 대체시킴으로서 도심지 도로혼잡비용 및 환경부하비용 절감 ○ 대중교통의 정시성, 안전성, 친환경성의 획기적 향상 ○ 대중교통분야의 자동주행 신산업 육성으로 4차 산업혁명관련 양질의 일자리 창출

과제명	대용량 BRT의 자동주행 시스템 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	○ BRT는 도심과 외곽을 잇는 주요 간선도로에 전용차로를 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 신대중교통 시스템임. ○ 자동주행, 승강장·환승정거장·정보체계 등 지하철의 시스템을 BRT 운행에 적용하여 의 BRT의 정시성과 지하철의 신속성·수송능력을 모두 갖게 하는데 개발 목표가 있음 - 전체 도로 교통사고의 90%는 인적오류에 의해서 발생하고 있어, 자동주행 도입시 교통사고에 의한 인명피해가 획기적으로 저감될 것으로 기대 - 주변 교통상황 정보를 주고받으며 안전하게 최적 경로로 이동하기 위해서 전용노선 자동주행 시스템을 개발할 필요가 있음
	국내외 동향	○ 국제 교통 포럼의 Automated and Autonomous Driving Regulation under uncertainty 에 따르면 도심지역의 자동주행에 대해서 대중교통인 버스가 자동주행이 되는 시기를 약 2020년 경으로 보고 있음 ○ Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (NHTSA, '13.5) 정책보고서에 따르면 2020년 말까지 안전도 향상, 화물 물류 및 환경 개선 등을 위해 업계와 공기관이 협업하여 광범위한 부분 자동주행 시스템(Partially automated vehicle system) 도입을 예측함 ○ 해외 선진국에서는 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있고, 정시성이나 안전성을 확보할 수 있는 친환경 무인자동 여객운송체계 개발시도를 꾸준히 전개 중이며 테스트 단계를 거쳐 실용화를 앞두고 있음 - 이지마일(스위스), 올리(미국), 퓨처버스(독일), 나비야(프랑스), 게이트웨이(영국), 로봇셔틀(일본) 등 - 순수 국내 기술로 개발될 경우 글로벌 BRT 시장선점은 물론 우리나라가 해당 분야를 선도하는 역할을 수행 가능 ○ 벤츠사는 자동주행 시내버스 퓨쳐 버스(Future Bus)를 네덜란드 암스테르담에서 시험주행에 성공하였음. 운전자는 평소 수동으로 버스를 운전하다가 자동주행이 가능한 상황에서 시티파일럿 모드를 작동시켜 최고 시속 70km까지 자동주행으로 주행
과제목표		○ 주변 상황을 스스로 인지하고 도로교통 정보를 수신하여 승객의 안전성을 확보하면서 전용차선에서 자동주행이 가능한 자동주행 BRT 시스템 개발 - 주변환경 인식 및 판단 시스템 개발 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 요소기술 개발 - 승객 안전성 확보 및 전용노선 인프라 개선 기술 개발 - 이용 편의성 향상을 위한 지원 기술 개발

<table>
<tr><td>연구내용</td><td>○ 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발
- 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술
· BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술
· BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술
· 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술
- 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술
· BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술
· 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술
· 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술
- 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술
· 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술
· 수동주행/자동주행 모드 및 ADAS 모드 전환
○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발
- 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발
· 자동주행 BRT의 정류장 진입 및 진출 유도 기술
· 차량 위험도 판단에 따른 차량 내 위험 경고 HMI(시각, 촉각, 청각) 기술
· 가속도, 저크를 고려한 승객전도 방지 속도제어 프로파일
- 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발
· 야간, 악천후시 센서 인지성능 향상을 위한 고반사율의 전용차선 및 도로표식(표지판, 표지병 등) 기술
· 정류장, 교차로, 진출입지점에서의 일반차량과 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선
· 주행 환경(노선내 동일 wheel pass 주행)을 고려한 전용노선 형식 및 포장 기술
- 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발
· 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 형식
· 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등)
· 자동주행 BRT 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설</td></tr>
<tr><td>산출물</td><td>○ BRT 차량용 자동주행 시스템
○ 자동주행 BRT용 인프라(포장, 형식, 도로표식, 랜드마크 등)
○ BRT 이용 승객 편의성이 향상된 정류장 및 앱</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>총 소요금액 : (98.7)억 원 (정부출연금(74.0)억 원+민간매칭(24.7)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>16.2</td><td>20.6</td><td>21.1</td><td>16.2</td><td>-</td><td>74.0</td></tr>
<tr><td>민간(25%)</td><td>5.4</td><td>6.9</td><td>7.0</td><td>5.4</td><td>-</td><td>24.7</td></tr>
<tr><td>합계</td><td>21.6</td><td>27.4</td><td>28.1</td><td>21.6</td><td>-</td><td>98.7</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">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>21.6</td><td>- 대형 BRT의 주행 및 정차환경 인식 시스템 설계
- 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술 설계
- BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축
- 정류장 진입 및 진출 유도 기술 설계</td><td></td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>27.4</td><td>- BRT 주행환경 및 BRT 정차상황 인식 기술 개발
- 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술
- 승객 전도방지를 위한 가감속 제어 프로파일 및 위험알림 기술 개발</td><td></td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>28.1</td><td>- 대용량 BRT 자동주행 시스템 시제작
- 전용노선 안전성 확보 인프라(포장, 형식, 도로표식) 개발</td><td></td></tr>
<tr><td>4차년도</td><td>21.6</td><td>- Test Bed 시범 운영
- 시험데이터를 통한 자동주행 성능 평가
- 승객 편의성 향상을 위한 정류장 및 앱 시범적용</td><td></td></tr>
<tr><td>합계</td><td>98.7</td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연구성과
활용방안
및
기대효과</td><td>○ 운전자에 의해서만 주행가능한 대용량 BRT를 자동주행이 가능한 대용량 BRT로 업그레이드하는데 활용
○ 자동주행 시스템 도입에 따른 대용량 BRT의 교통사고 최소화(운전자의 실수 또는 운전미숙이 도로 교통사고의 90%를 차지)
○ 자동주행 시스템 도입시 교통사고의 90% 저감
○ 신호위반, 난폭운전, 졸음운전의 해소
○ 정위치 정차를 통한 교통약자 서비스 향상</td></tr>
</table>

과제명	대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 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	○ 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통의 활성화가 필요 - 동력계를 전기 시스템으로 바꿈으로서 PM배출량을 원천적으로 해결 가능 - 타이어 마모에 의한 먼지 발생이 배출가스의 20배 이상으로서 승용차 사용 억제 및 대중교통의 활성화 전환 필수 ○ 그동안 시내노선용으로 순수전기동력 버스를 활용하기 위해 정부와 민간에서 다양한 충전 방식의 전기저상버스를 개발하여왔으나 구동축전지의 에너지밀도(Wh/L, Wh/kg)와 급속충전 기술의 한계로 널리 활성화 되지 못하고 있는 실정으로서 대용량 BRT 차량에 적용 시 효과적 활용이 가능함 - 대용량 BRT 차량의 경우 구동축전지를 순수전기동력 버스 보다 많은 용량을 탑재할 수 있으며 복잡하지 않은 전용노선을 운행하기 때문에 운행패턴에 적합한 배터리 용량과 충전시간을 산출하여 효과적으로 활용 가능 ○ 순수전기동력과 자동주행 시스템 개발 시 실차 장착을 통한 성능과 내구성 확인 필요 - 대용량 BRT 차량용으로 개발된 순수전기동력 시스템과 자동주행 시스템을 실차에 장착하기 위하여 차량 설계 및 제작 필요 - 제작된 차량은 국내 자동차 안전기준의 적합여부와 상용화 가능여부를 확인하기 위하여 성능시험, 내구성 확인, 시범 운영 필요
	국내외 동향	○ 대용량 BRT 차량 - 국외는 BRT 노선에서 운행중인 차량은 일반버스, 굴절버스, 이중굴절버스, 2층 버스 등 다양한 차량을 활용하고 있으며 도시의 계획 단계부터 목적에 맞게 차량을 개발하여 공급하는 경우도 있음(Brazil Curitiba, France Metz 등) - 국내의 경우 첨단 BRT 노선에 보급할 수 있도록 정부과제를 통하여 개발된 신교통수단인 ‘바이모달 트램’이 있으나 2006년 사업 당시 개발된 자동주행이나 정밀정차와 같은 첨단 기능은 법적•제도적인 문제와 10여년 전의 기술로 신뢰성 및 안전성의 문제로 실용화 사업의 바이모달 트램에서는 그 기능들이 옵션화 되었고, 바이모달 트램이 일반버스와 같이 분류되어 일반 버스와 비교 시에 고가의 차량으로 인식되어 외면 받고 있는 실정임

		○ 순수전기동력 시스템 - 중국은 극심한 대기오염으로 주요도시의 시내버스를 전기버스로 전환하는 프로젝트를 추진중에 있으며, 유럽과 북미 지역을 중심으로 급속충전방식의 전기버스를 개발하여 보급중임 - 국내의 경우 다양한 충전방식의 전기버스를 양산화하여 여러 지자체에서 구매하여 활용하고 있으나 11m급 시내저상버스 모델로만 개발되어 보급·활용에 제약이 많음
과제목표		○ 대용량 BRT용 순수전기동력 요소기술 개발 - BRT용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전 시스템 개발 - 급속충전 배터리 및 충전기 안전성 향상기술 개발 ○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 - 대용량 BRT 차량용 자동주행 제어시스템 개발 - 자동주행시스템 및 급속충전 배터리 장착 설계 기술 개발 - 신규 장착된 요소기술의 성능 및 내구성 확인 - 시범운행 및 운행데이터 기반 설계 보완 기술 개발
연구내용		○ 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 - 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 · 자동주행시스템 및 급속충전형 배터리 장착 설계 기술 개발 · 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발 · 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발 - 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가 · 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 · 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등) · 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가 - 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발 · 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행 · 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발 · 시험운행 데이터 기반 경제성 분석 ○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 - 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술 · BRT 자동주행용 액추에이터 개발 · 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증 - 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발 · 멀티 센서용(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원 시스템 및 통신 기술 · 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 - 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발 · 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증 · Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술 - 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발 · 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술 · 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술

	○ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발 - 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발 · 운행시나리오 기반 배터리 및 충전기 상세 사양 검토 · 급속충전 배터리 및 충전기 상세 설계 기술 개발 · 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술(과충전/방전 방지, 온도 제어 등) 개발 - 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가 · 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 · 충전기 배치 최적화 및 충전기 설치 인프라 설계/제작 · 배터리 및 충전기 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가 - 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발 · 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집 · 운행 데이터 기반 배터리 및 충전기 설계 보완 · 환경 영향성(온도 등) 고려한 배터리 성능 향상 기술 개발
산출물	○ 대용량 BRT 자동주행 순수전기동력 차량 - 순수전기동력과 자동주행 요소기술이 적용된 대용량 BRT 시제 차량 ○ 대용량 BRT용 급속충전 구동축전지 및 충전기 - 구동축전지 및 충전기 시제품

예산

총 소요금액 : (101.3)억 원 (정부출연금(76.0)억 원+민간매칭(25.3)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	15.4	32.5	17.3	10.8	-	76.0
민간(25%)	5.1	10.8	5.8	3.6	-	25.3
합계	20.6	43.3	23.1	14.4	-	101.3

산출내역	구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고
	1차년도	20.6	- 순수 전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 - 승차감 향상 및 탑승객 수 증감에 안전한 자동주행 액추에이터 설계 - 급속충전 배터리 장착 설계 - 차량 중량 분포 최적화 설계	
	2차년도	43.3	- 전기동력방식 시제 차량 제작 - 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 컨트롤러 모듈 제작 - 급속충전 배터리 개발 및 시제품 제작 - 부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가	
	3차년도	23.1	- 자동주행 시스템의 BRT 차량 적용 - 실차기반 차량 성능 평가 - 멀티센서 데이터 처리장치 통합 모듈화 - 급속충전기 시제품 제작 및 안전성 평가 - 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술 개발	
	4차년도	14.4	- Test Bed 노선선정 및 시범 운행 - 시험운행 데이터기반 차량 보완 및 실용화 기술 개발 - 경제성 분석	
	합계	101.3		

연구성과 활용방안 및 기대효과	
	○ 도시의 대기환경 개선과 교통 혼잡 완화대책을 위한 첨단 대중교통 차량으로 활용 - 초저공해(1종) 차량을 보급함으로서 환경개선부담금 절감 - 일반버스를 대용량 차량으로 대체시킴으로서 도심지 도로혼잡비용 및 환경부하비용 절감 ○ 지하철이나 경전철의 연계교통수단으로 투입하여 운영개선 대책에 활용 - 연계교통 활성화를 통한 매출 창출 및 경전철의 운영효율 향상

과제명	대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 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	○ BRT 자동주행을 위해서는 승객의 안전성 향상을 위해 차량외부에서 지속적인 상태를 감시하고 적극적으로 개입하여 사전에 위험상황을 대비하는 기술이 필요함 ○ 사고발생 상황에 대해서 운행 스케줄 변동 및 사고 대책을 위한 판단알고리즘 기반의 관제 시스템이 필요 ○ 자동차 제작사 주도의 자동주행 기술에는 관제의 개념이 도입되어 있지 않지만, 이미 대다수의 대중교통에서는 정시성, 안전성 확보를 위해서 관제의 개념이 도입되어 있으며 자동주행이 확대될 경우 관제의 개념도 확대되어 더욱 중요한 기술이 될 수 있음. ○ BRT 사업의 경우 운행에 대한 권한을 정부가 가지고 있으므로 정보를 활용하여 적극적으로 운행제어를 진행할 수 있음 ○ 관제에 기반한 운행제어를 위해서는 지연시간을 최소화한 실시간 무선통신기술이 기반이 되어야 함 ○ 국내 산자부 전기자율주행차 기술로드맵에 따르면 인프라 차량간 통신기술을 통해 중앙센터에서 원격으로 제어해 교통체증을 해결하는 것을 제시함
	국내외 동향	○ 현재까지 버스, 철도, 항만 등에 적용된 관제의 개념은 아래와 같음 - 버스: 지역별로 운영되며, GPS와 무선통신장비등을 설치하여 버스위치, 배차간격, 도착예정시간 등의 정보를 제공 - 철도: 정기/임시열차의 운행통제, 열차집중제어장치 운용, 고속선과 기존선의 연계운행 관리업무, 고속선 안전설비 및 신호장치 감시에 관한 업무, 기타 고속선 및 기존선 열차관제 업무 등 종합관제실에서 적극적인 통제 - 항만: Dubai Jebel Ali Terminal3 에서 내부 컨테이너 트럭과 외부 컨테이너 트럭의 터미널내 3차원 자동화 관제 및 항만 터미널의 실시간 상황 모니터링 (DGPS 및 RFID 활용) ○ 국내 신분당선 무인주행의 경우 비상상황시 관제실에서 차량 내 실시간 영상을 통한 운행제어 가능 ○ C-ITS기술은 국내 고속도로 일부구간(서울-세종, 서울-덕평)에 WAVE통신기술을 이용하여 도로정보나 돌발상황에 대한 정보를 제공하는 시범서비스를 하고 있음. ○ 미국 및 유럽에서는 V2X를 미래 주요통신기술로 판단하고 있으며, 서비스 기술개발 및 표준화와 인증을 위한 활동을 적극적으로 진행하고 있음.
과제목표		○ 대용량 자동주행 BRT의 관제 서비스 기술 개발 - 시범노선 운영 시나리오 개발

	- 정류장, 교차로, 전용노선 운행을 위한 관제 요소기술 개발 ○ 관제시스템과 대용량 자동주행 BRT와의 통신 및 제어 기술 개발 - C-ITS 연계기반 통신 및 제어정보 전송시스템 구축 - 시범노선 운용을 통한 현장 적용성 검증
연구내용	○ 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발 - 시범노선 운영 시나리오 개발 · 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발 · 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발 · 버스 BMS 통합운영 방안수립 · 비상상황 대응 시나리오 수립 · 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발 - 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 · 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발 · 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발 · C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술개발 - 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 · 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발 · 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발 - 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발 · 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발 · 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어기술 개발 · 차량 상태 모니터링 기술개발 ○ V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발 - C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축 · C-ITS 통신보안기술 분석 및 V2X 인터페이스 방안수립 · 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술 및 관제보안 기술개발 · C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발 · C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발 - 제어정보 차량 전송 기술 개발 · 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발 · 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발 - 시범사업을 통한 현장평가 · 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련 · 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축 · 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영
산출물	○ 스마트 관제를 위한 핵심 소프트웨어 ○ 자동주행 BRT 차량 운행관제시스템 ○ 관제 및 차량간 데이터 전송장치 ○ 호환기능을 갖는 차상 및 지상간 통신장비

예산	총 소요금액 : (66.7)억원 (정부출연금(50)억원+민간매칭(16.7)억원)

	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
	정부(75%)	10.5	15.5	13.1	10.9	-	50.0
	민간(25%)	3.5	5.2	4.4	3.6	-	16.7
	합계	14.0	20.7	17.5	14.5	-	66.7

산출내역

구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용	비고
1차년도	14.0	- 스마트 관제를 위한 시범노선 운영 시나리오 개발 - 관제서비스 구축을 위한 설계 - 자동주행 대중교통을 위한 BRT-관제, BRT-인프라간 무선통신시스템의 요구사항 도출	
2차년도	20.7	- 돌발상황 감지를 통한 주행속도 판단, 우회경로 산출 등의 판단 알고리즘 개발 - 관제서비스 제공을 위한 서버 및 모니터링 장치 개발 - BRT와 관제간 실시간 무선데이터 전송시스템 기술개발 - C-ITS 호환성을 가진 V2X 통신 기술개발	
3차년도	17.5	- 정류장 및 도로인프라 정보관리, 교차로 통과지원, 전용노선 주행 등의 서비스 알고리즘 고도화 및 스마트 관제 운영 소프트웨어 기술 개발 - 관제시스템 자동운행 스케줄러, 차량지시정보 등의 장치 개발 - 현장 인프라 시험을 통한 BRT-관제간 통신 신뢰성 향상 - C-ITS 호환성 테스트 및 BRT-인프라간 통신신뢰성 테스트 및 향상	
4차년도	14.5	- 현장 시범적용을 통한 스마트 관제시스템 성능검증 - 안정적인 운용을 위한 통신시스템 최적화 - 시범사업을 통한 현장평가 및 개선안 도출	
합계	66.7		

연구성과 활용방안 및 기대효과	○ 대용량 자동주행 BRT의 시범 운영을 위한 관제 시스템으로 활용 ○ 정해진 노선 및 자동주행을 통해 철도와 같은 정시성 확보 ○ 돌발상황 등 이벤트 발생시 신속한 대처를 통해 승객 안전성 확보 ○ 기존 관제시스템을 자동주행 대중교통으로 확장하여 신산업 육성 및 일자리 창출 ○ 자동주행 BRT 안전성 확보로 인한 인명 및 재산피해 최소화

과제명	대용량 BRT 자기유도기반 자동운전 실용화 연구

과제구분	기존과제(계속)	신규과제	예타과제
		√	

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

연구배경	필요성	○ 정부의 「교통사고 사상자 절반 줄이기 프로젝트」 추진 등 지속적인 노력에도 불구하고 OECD국가중 교통안전 순위는 최하위 수준 - 연간 교통사고 225,163건, 사망자수 4,762명 발생('14년)으로 OECD 국가 중 교통사고 사망자수 최고수준 - 교통사고 감소율도 5.7%로 OECD 회원국 평균(7.7%)보다 낮음 ○ 최근 들어 대중교통(고속도로 및 전용차로 버스)의 운전자 과실에 따른 치명적인 교통사고가 빈번히 발생함에 따라 사망 및 부상자 감소를 위한 기술개발 추진 필요 ○ 또한 사고관련 통계에서 누락된 대중교통(버스)의 승하차 승객의 상해사고, 차량 및 보행자와의 접촉사고, 급가감속에 따른 탑승객 부상 등에 대한 기술적인 해결방안을 마련하여야 함 ○ 이와 같은 기술수요에 대하여 국내에서 추진되고 있는 대부분의 자동운전시스템은 승용차에의 적용을 전제로 진행되거나, 같은 부류의 기술을 미니버스에 적용시도하고 있음 ○ 개인용 차량을 넘어 50~100명이 탑승하는 대중교통은 시스템적인 안전감시 및 기능을 확보하여야 하며, 국내에서는 무인자동운전 경전철시스템의 기술체계를 참고할 수 있는 상황임 ○ 국지적이고 갑작스런 국내 운행환경(강우, 강설, 낙엽)에 대하여 충분히 안정된 자동운전 성능을 보장할 수 있는 기술을 개발하여야 함
	국내외 동향	○ 국내에서 대중교통의 자동운전은 '신에너지 바이모달 수송시스템 개발'사업을 통하여 처음 시도되었으며, 자동운전이 가능하도록 컴퓨터화된 차량에 자석마커 기반의 티칭프로세스에 의한 노선 및 동력정보를 탑재하여 자동운전기술을 시연한 바 있음 ○ 미국이나 유럽에서 다양한(자석마커 또는 태그 추종, 중앙선 영상 추종) 자동운전 시연사례가 있었으나, 실용화되어 보급된 사례는 찾아보기 어려움 ○ 최근 들어 국내에서는 대중교통(고속도로 및 전용차로 버스)의 치명적인 사고가 빈발하고 있으므로 이와 관련된 운전자 과실 예방, 급가·감속 방지, 차량 및 보행자와의 추돌사고 방지, 승하차 안전사고 예방 및 대중교통의 서비스 향상을 위한 대용량 BRT의 자동운

	전시스템 실용화 연구가 조속히 추진되어야 함 ○ 자동운전기술의 개발 및 시연단계를 넘어 개발된 자동운전시스템을 실용화하기 위해서는 객관적인 안전도 평가 및 인증이 필요하며, 인증을 전제로 한 개발프로세스가 수행되어야 함
과제목표	○ 정해진 운영노선과 전용차로를 운행하는 BRT차량의 안전도를 대폭 향상시키기 위하여 운영센터에서 송신된 운행정보와 정거장으로부터 수신된 노선정보에 따라 자동으로 운행되는 대용량 BRT용 자성기반의 자동운전시스템을 실용화가 가능하도록 개발 및 인증하는 것을 목표로 함. ○ 전체노선에 대하여 구간별로 노선정보를 창출한 후 필요에 따라 부분적인 개정으로 운영·유지하게 함으로써 노선정보의 경제적인 유지관리가 가능하고, 유사차량에 통합운영이 가능하게 함으로써 BRT 자동운전을 위한 노선정보 인프라 표준을 제시하고자 함.
연구내용	○ 시스템 개요 - 정원 90-100명, 길이 20m미만, 최고속도 80km/h - 동력은 (친환경)직렬 하이브리드 또는 순수 배터리동력 - 조향은(운전대에 의한)수동모드 또는(차량컴퓨터에 의한)자동모드에서 1축 차륜 기반으로 모든 차륜이 조향됨 ○ 현장평가 요구사항 - 노선길이 : 편도 3km(정거장 6-7개소) - 노선특징 : 신교통형 BRT 노선 및 동등조건 - 운행환경 : 비·눈·낙엽 노면, 온도 -30～45℃ - 정차조건 : 최소1개 출입문과 정거장 간격(6cm±1cm) - 운행속도 : 최고 60km/h ○ 자동운전시스템 구성 및 기술(TRL 7~8) - 자성기반 자동운전시스템 기술검증 및 평가 • 자성기반 자동운전시스템 통합 및 시험 • 시험노선 및 시범운행 구축 기술시연 • 자성기반 자동운전시스템 기술검증 및 인증 (주요기능(인식,제동,조향,정거장 추돌) H/W및 S/W에 대한 SIL인증) - 자성기반 자동운전 운행정보시스템 개발 • 센터 운행정보 컴퓨터 개발(차량운영,BIS 인터페이스) • 정거장 운행정보 컴퓨터 개발(노선정보 운영) • 차량 운행정보관리 및 사고대응 시나리오 개발 - 자성기반 차상 자동운전시스템 개발 • 노선정보 추종 차량 자동운전시스템 개발 • 차량 및 사람의 노선침입 모니터링 및 연동(감속,제동)

	• 신호등의 신호 인식 및 자동운전 연동(감속→제동, 감속→가속) • 자성기반 자동조향시스템 개발 - 자성기반 노선정보시스템 개발 • 기준노선정보 개발 및 검증 • 노선정보 섹션분할 및 통합 기술 개발 • 신호등 및 지장물 대응 기술 개발 • 원방감시형 노선정보 운영체계 개발
산출물	○ 자동운전이 가능한 대용량BRT 차량 개조 및 매뉴얼 - 모든 차륜이 조향되고, (발전 또는 배터리)전기동력으로 구동되며, 전방의 위험상황에 감응하고, 탑재된 정보에 의하여 자동운행되는 차량 ○ 개발시스템의 시제품, 기술사양서 및 평가보고서 - 자성기반 자동운전 운행정보시스템 - 자성기반 차상 자동운전시스템 - 자성기반 노선정보시스템 - 자동운전 지원 전차륜 조향시스템 ○ 자성기반 자동운전시스템 현장평가 결과보고서 ○ 노선정보 공용화체계 및 표준화(안) ○ 개발시스템의 SIL인증서 - 인증을 수행한 H/W 및 S/W 개발

예산	총 소요금액 : (50.7)억 원 (정부출연금(38)억 원+민간매칭(12.7)억 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
정부(75%)	18	20	-	-	-	38
민간(25%)	6	6.7	-	-	-	12.7
합계	24	26.7	-	-	-	50.7

산출내역	구분	예산(억원) 정부+민간	연차별 연구내용
	1차년도	24	○ 자동운전시스템 H/W 및 S/W의 기본·상세설계 현장평가 요구사항 정의 및 기본·상세설계 - 시제품 개념설계, 기본설계, 상세설계 및 사양검증 - 구성품 시험평가 기준 및 현장평가 설계(전략수립 - 인증범위 확정 및 핵심기술 인증개발 컨설팅/평가관리 - 자동운전가능 차량개조 설계 및 구성품 제작/구매 - 시제품 제작 및 구성품 시험평가 - 현장평가 상세설계(실증계획)
	2차년도	26.7	○ 자동운전시스템 시연, 현장평가 및 기술인증 확정 - 실용화 전략수립, 노선정보 공유/표준화(안) 개발 - 자동운전 차량 제어시스템 환경시험 - 구성품 차량통합 및 현장평가 - 자동운전시스템 인증 기술개발 및 인증목록 정립 - 핵심기술 인증개발 컨설팅/평가관리 및 인증서 획득
	합계	50.7	

연구성과 활용방안 및 기대효과	○ 국내 대중교통용 자동운전기술개발 사례연구 및 개발 경험 확보 가능 ○ 연구개발의 기술・정책적 보완사항을 확인하여 국내 연구개발 전문성 강화 ○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 확보 가능 ○ 자기유도 기술 적용 자동운전시스템의 기술고도화에 따른 다양한 수요처 대응 가능 ○ 관제시스템·스마트도로 인프라와 연계된 승객과 운전자의 안전성·편의성 확보 가능

제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

❍ 대용량 BRT 자동주행 시스템 개발 주요내용

<표 3-4-1> BRT 자동주행의 세부과제 주요내용

과제	대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발
목표	○ 센서를 통해 주변 상황을 스스로 인지하고 관제 정보를 수신하여 승객의 안전성을 확보하면서 전용차선에서 자동주행이 가능한 BRT 자동주행 시스템 개발 - 주변환경 인식 및 판단 시스템 개발 - 주행 및 정차 상황 판단 기술 개발 - 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술개발 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 요소기술 개발 - 승객 안전성 확보 및 전용노선 인프라 개선 기술 개발 - 이용 편의성 향상을 위한 지원 기술 개발 ○ 본 연구에서는 대용량 BRT용 자동주행 시스템을 제작하여 차량에 탑재하여 시범노선에서 그 성능과 안전성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
주요 연구내용	○ 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발 - 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 · BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술 · BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술 · 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술 - 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 · BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술 · 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술 · 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술 - 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술 · 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술 · 수동주행/자동주행 모드 및 ADAS 모드 전환 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발 - 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발 · 자동주행 BRT의 정류장 진입 및 진출 유도 기술 · 차량 위험도 판단에 따른 차량 내 위험 경고 HMI(시각, 촉각, 청각) 기술 · 가속도, 저크를 고려한 승객전도 방지 속도제어 프로파일 - 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발 · 야간, 악천후시 센서 인지성능 향상을 위한 고반사율의 전용차선 및 도로표식(표지판, 표지병 등) 기술 · 정류장, 교차로, 진출입지점에서의 일반차량과 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선 · 주행 환경(노선내 동일 wheel pass 주행)을 고려한 전용노선 형식 및 포장 기술 - 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발

	· 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 형식 · 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등) · 자동주행 BRT 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설

○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 주요내용

<표 3-4-2> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량의 세부과제 주요내용

과제	대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발
목표	○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 - 자동주행시스템 및 급속충전 배터리 장착 설계 기술 개발 - 신규 장착된 요소기술의 성능 및 내구성 확인 - 시범운행 및 운행데이터 기반 설계 보완 기술 개발 ○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 - 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술 개발 - 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발 ○ 대용량 BRT용 순수전기동력 요소기술 개발 - BRT용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전 시스템 개발 - 급속충전 배터리 및 충전기 안전성 향상기술 개발 ○ 본 연구에서는 대용량 BRT용으로 개발된 순수전기동력과 자동주행 요소기술을 적용한 차량 제작하여 그 성능과 내구성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
주요 연구내용	○ 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 - 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 · 자동주행시스템 및 급속충전형 배터리 장착 설계 기술 개발 · 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발 · 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발 - 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가 · 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 · 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등) · 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가 - 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발 · 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행 · 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발 · 시험운행 데이터 기반 경제성 분석 ○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 - 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술 · BRT 자동주행용 액추에이터 개발 · 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증 - 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발 · 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원시스템 및 통신기술 · 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발 - 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발

	· 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증 · Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술 - 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발 · 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술 · 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술 ○ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발 - 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발 · 운행시나리오 기반 배터리 및 충전기 상세 사양 검토 · 급속충전 배터리 및 충전기 상세 설계 기술 개발 · 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술(과충전/방전 방지, 온도 제어 등) 개발 - 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가 · 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 · 충전기 배치 최적화 및 충전기 설치 인프라 설계/제작 · 배터리 및 충전기 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가 - 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발 · 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집 · 운행 데이터 기반 배터리 및 충전기 설계 보완 · 환경 영향성(온도 등) 고려한 배터리 성능 향상 기술 개발

❍ 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발의 주요내용

<표 3-4-3> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발의 세부과제 주요내용

과제	대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발
목표	○ 대용량 자동주행 BRT의 관제 서비스 기술 개발 - 시범노선 운영 시나리오 개발 - 정류장, 교차로, 전용노선 운행을 위한 관제 요소기술 개발 ○ 관제시스템과 대용량 자동주행 BRT와의 통신 및 제어 기술 개발 - C-ITS 연계기반 통신 및 제어정보 전송시스템 구축 - 시범노선 운용을 통한 현장 적용성 검증 ○ 본 연구에서는 대용량 자동주행 BRT의 실제 노선 운행시 안전성을 확보하고 운영을 효율화시키기 위한 관제 서비스 및 통신, 제어 기술을 개발하여 시범노선에서 성능을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
주요 연구내용	○ 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발 - 시범노선 운영 시나리오 개발 · 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발 · 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발 · 버스 BMS 통합운영 방안수립 · 비상상황 대응 시나리오 수립 · 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발 - 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 · 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발

	· 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발 · C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술개발 - 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 · 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발 · 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발 - 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발 · 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발 · 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어기술 개발 · 차량 상태 모니터링 기술개발 ○ V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발 - C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축 · C-ITS 통신보안기술 분석 및 V2X 인터페이스 방안수립 · 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술 및 관제보안 기술개발 • C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발 • C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발 - 제어정보 차량 전송 기술 개발 • 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발 • 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발 - 시범사업을 통한 현장평가 · 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련 · 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축 · 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영

2. 과제 추진전략

○ 2021년 상용화가 가능한 대용량 자동주행 BRT을 개발하도록 추진함

○ 단기목표달성을 감안하여 시급성 및 기술구현성에 근거한 추진과제를 선정함

- 기술개발 현황, 제작사의 기술수준, 현재 지원가능한 인프라 기술, 국내외 정책 등을 고려하여 기술 수준 및 목표 설정

○ 산,학,연 이 유기적으로 결합하여 과제를 추진하되, 차량기술은 산업체 위주, 자동주행기술은 연구원과 학계 중심, 그리고 스마트 관제기술은 연구원 위주로 추진

- 연구원: 자동주행 하드웨어 구성, 자동주행 운영환경 분석, 전용구간내 자동주행 테스트 수행, 전용노선 대중교통 연동 V2X 무선통신 수립 및 표준화 방향 수립, 자동주행 기술 개발, 승객안전성 기술 확보, 과제 및 전용노선 인프라 기술 개발
- 대학교: 전용노선내에서 자동주행을 위한 최신 자율주행 판단 알고리즘 작성 및 다양한 환경에서 시뮬레이션을 통한 검증
- 산업체: 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 시제품 제작, 단위장치 성능시험, 제작사양 작성등

○ 국내 자율주행 기술 인프라를 적극 활용함

○ 기존기술의 활용 및 부족역량 보완

- 기존 선행연구기술을 분석하고 중복성을 피하며, 적용할 수 있는 기술은 바로 적용하여 부족한 부분의 완성도를 높임
- 전문가 자문등을 통해 각 연구내용별 최적의 컨소시엄 구성 및 인력배치
- 국내외 기술에 뒤처지지 않도록 세미나 포럼등을 추진
- 국내외 전문가 활용 및 기존 개발 기술의 벤치마킹
- 학계, 산업계, 연구계 전문가 활용을 통한 융복합연구 수행
- 자율주행자동차 특화 기관과 협력
- End user와 기술 교류를 통한 현장 적용성 지속적 논의

제5절 연구추진체계

○ 본 과제는 국토교통부가 사업을 총괄하며 국토교통과학기술진흥원이 과제의 관리・평가를 담당하며, 연구단은 본 연구목표 달성을 위하여 효율적인 계획 및 체계를 구성・추진하여 연구를 수행함

○ (국토교통부) 본 과제 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정, 기본 및 시행계획 수립등의 역할을 담당함

○ (국토교통과학기술진흥원) 수요 발굴·기획·평가·성과관리 등 과제 전주기의 실무를 담당

○ (연구단) 본 연구목표 달성을 위하여 필요한 연구 활동 및 연구 지원활동 등 효율적인 계획 및 체계를 구성하여 추진함

○ (세부과제) 연구단 핵심과제를 구성하는 개발 단위과제로, 실제 기술개발이 이루어지는 과제의 최소단위임

○ 본 연구의 효율적 수행을 위해 각 세부과제별로 관・산・학・연 협동 연구체계를 구축하도록 함

○ 연구기반의 효율적 활용 위해 세부과제 간 조율을 통해 장비 및 인프라 등을 공유하도록 함

○ 연구단 내 세부과제 사이의 상호 정보 교류를 위한 정기적인 발표회(세미나 포함) 및 워크숍 추진 함

○ 수요자의 요구사항을 반영하기 위하여 과제를 추진하는데 있어 수요자 중심의 협의체를 구성하여 기술개발 내용에 대한 피드백을 받을 수 있도록 함

○ 관・산・학・연 각각의 특성에 맞는 독자적 연구분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 유기적으로 종합하여 연구효율 극대화함

○ 본 과제는 향후 주 동력의 변화를 대응하여 2가지 추진체계(순수전기동력, 수소연료전지)로 구성함

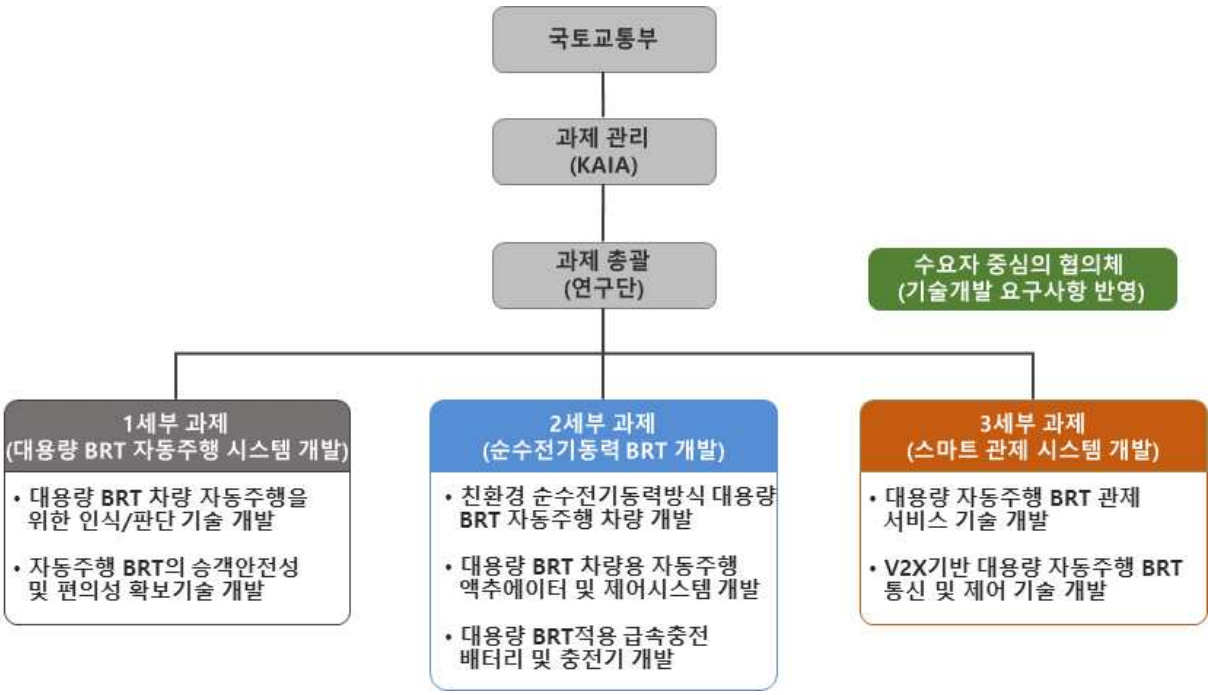
○ 전용노선 자동주행 부분은 동일하게 적용되며 자동주행부분과 관제부분으로 나누며, 관제부분은 기존의 소량수송 PRT의 온디멘드 형태의 관제와 차별되는 대용량 수송 및 안전성 향상을 위한 관제시스템을 추진함

○ 대용량 BRT의 자동주행은 전용노선내에서 주변장애물을 감지하며 스스로 이동하는

기술로 돌발상황시 긴급제동, 순항제어, 차선유지등의 기능을 하며 일부구간에서는 사람의 개입없이 주행이 가능한 기능을 구현하는 것으로 학계와 연구원이 중심이 되어 진행을 함

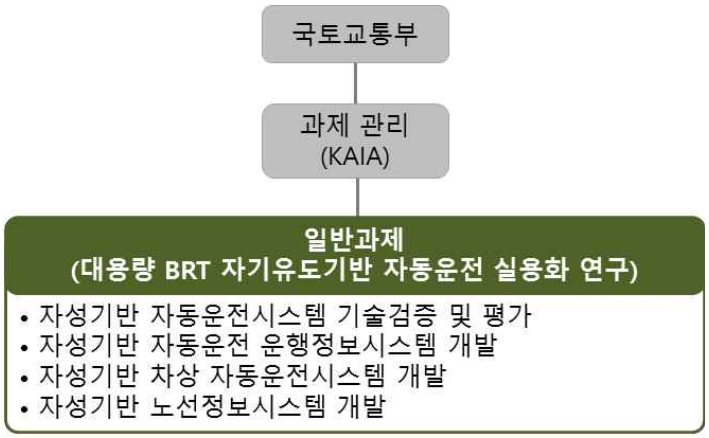
○ BRT의 동력다변화는 순수전기동력 또는 수소연료전지를 사용하는 것으로 실차의 제작 및 운영이 필요하기 때문에 산업계에서 진행이 필요함

○ 연구단 과제추진체계



<그림 3-5-1> 연구단과제 연구추진체계도

○ 일반과제 추진체계

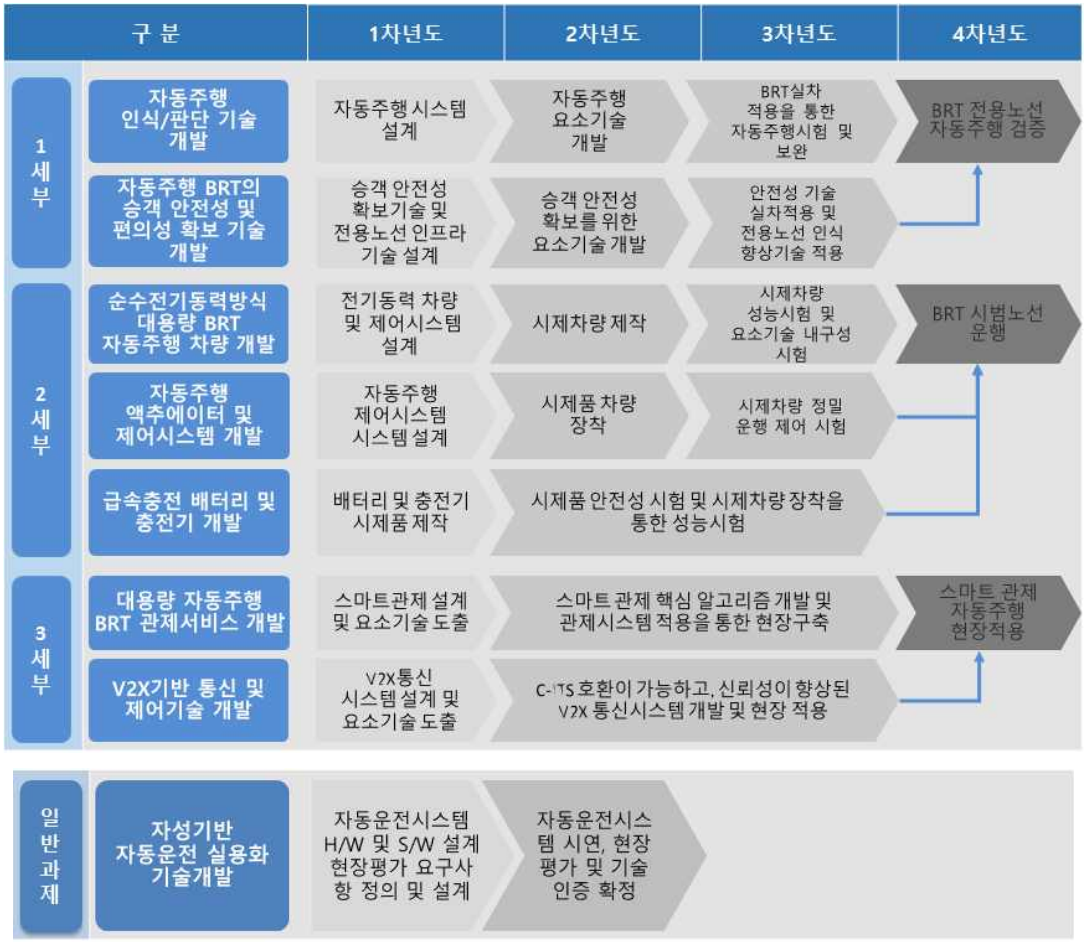


<그림 3-5-2> 일반과제 연구추진체계도

제6절 기술/성과 로드맵

1. 총괄기술성과 로드맵

○ 3개의 세부과제와 일반과제로 구성된 연차별 총괄로드맵은 아래와 같음



<그림 3-6-1> 총괄 로드맵

○ 1세부는 BRT의 자동주행을 담당하며, 총 4차년도에 걸쳐 자동주행기술을 완성시키고 시운전을 통해 신뢰성을 검증함

○ 2세부는 자동주행에 필요한 시스템을 장착한 BRT을 대용량화 하고 전기동력으로 동력다변화를 통해 친환경적으로 만드는 역할을 하며 4차년도에 걸쳐 차량제작과 상용화를 개발함

○ 3세부는 스마트 관제시스템을 개발하는 것으로 자동주행 BRT의 효율적인 운영을 위한 관제시스템과 차량-인프라간 신뢰성있는 통신시스템을 개발하는 것임

○ 일반과제는 대용량 BRT용 자성기반의 자동운전시스템을 실용화가 가능하도록 개발 및 인증하는 것을 목표로 하며 2년으로 구성이 됨.

2. 대용량 BRT의 자동주행시스템 성과 로드맵

❍ 1세부 연차별 연구목표, 내용, 성과

<표 3-6-1> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 단계별 연구내용 및 성과

연차	연구목표	연구내용	성과
1차년도	자동주행 시스템 및 탑승객 수 증감에 안전한 가감속 설계	**[대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발]** ○ BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술 개발 **[자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발]** ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개념설계 ○ 자동주행 BRT 전용노선 안전성 확보 인프라 개선 기술 설계 ○ 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 설계	○ BRT 자동주행 시스템 설계도 ○ 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 감시기술 및 인프라 개선기술
2차년도	승객안전성 향상을 위한 요소기술 개발	**[대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발]** ○ BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술 ○ BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술 **[자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발]** ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 요소기술 개발 ○ 자동주행 BRT 전용노선 안전성 확보 인프라 개선 요소 기술 개발 ○ 자동주행 BRT 승객 편의성 향상을 위한 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등) 개발	○ BRT 자동주행 시스템 요소기술(긴급자동제어, 순항제어, 차선유지) 제작 ○ 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 승하차 안전장치 및 시설물
3차년도	멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술개발 및 전용노선 안전성 확보 인프라 개발	**[대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발]** ○ 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술개발 ○ 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술개발 ○ 수동주행/자동주행 모드 및 운전자 모드 전환기술 설계 **[자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발]** ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 실차적용 ○ 자동주행 BRT 전용노선 안전성 확보 인프라 개선 기술 도로적용 ○ 자동주행 BRT 승객 편의성 향상을 위한 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설 개발	○ 전용노선 자동주행 시스템 이 적용된 BRT차량 및 운영 소프트 웨어 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 시스템(차량내 경고시스템, 인프라 등)

4차년도	자동주행을 위한 신뢰성 평가 기술 개발 및 승객 편의성 향상을 위한 정류장내 앱 시범적용	**[대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발]** ○ 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술 ○ 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술개발 ○ 수동주행/자동주행 모드 및 자동주행 모드 전환 기술 개발 **[자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발]** ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보를 위한 가속도에 따른 BRT 승객전도 시험평가 ○ 자동주행 BRT 승객 편의성 향상을 위한 정류장 현장 적용 및 문제점 개선	○ 전용노선 자동주행 시스템 성능테스트 결과 보고서 및 시범구간내 운영 데이터 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 승객전도 시험평가서

○ 1세부 연차별 로드맵

<그림 3-6-2> 대용량 BRT의 자동주행시스템 단계별 로드맵

3. 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술성과 로드맵

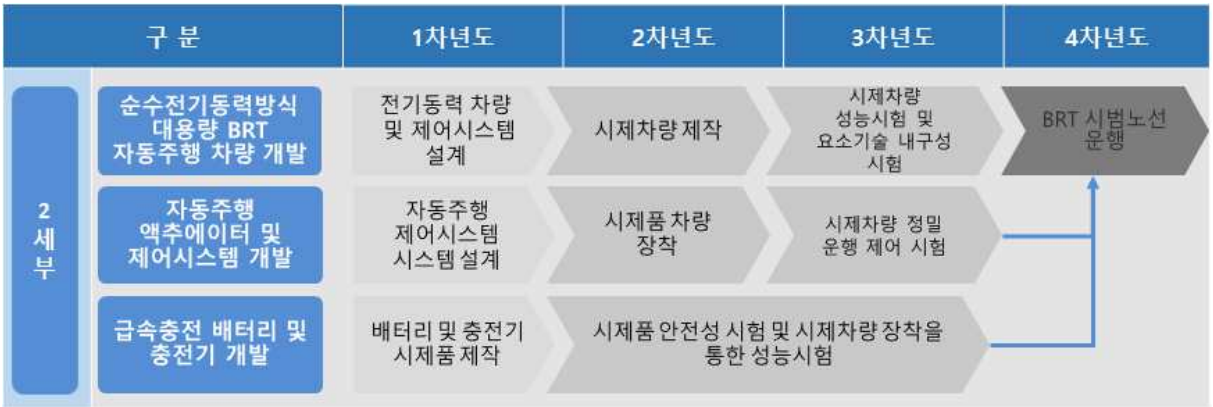
❍ 2세부 연차별 연구목표, 내용, 성과

<표 3-6-2> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 기술의 단계별 연구내용 및 성과

연차	연구목표	연구내용	성과
1차년도	전기동력 대용량 BRT 차량 및 제어설계	**[순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발]** ○ 급속충전 배터리 장착 설계 ○ 시트 레이아웃 및 개정 법규 적용 설계 ○ 차량 중량 분포 최적화 설계 ○ 자동주행 요소기술 장착 설계 **[BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발]** ○ 중대형 자동주행 BRT 차량에 적용 가능한 엑츄에이터 및 요소기술 도출 및 제작 **[급속충전 배터리 및 충전기 개발]** ○ 급속충전 배터리 개발 및 시제품 제작 ○ 급속충전기 개발 및 시제품 제작	○ 전기동력 차량설계도면 ○ 배터리 및 충전기 시제품
2차년도	전기동력 대용량 BRT 시제차량 및 충전기 시제품 제작	**[순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발]** ○ 설계 시제품 제작 및 부품 구매 ○ 시제차량 제작 * 수소연료전지 시스템 도입(수소연료전지 시스템 적용 시) **[BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발]** ○ 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증 기술 개발 ○ 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원시스템 및 통신기술 ○ 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술개발 **[급속충전 배터리 및 충전기 개발]** ○ 배터리 및 충전기 시제품 안전성 시험 및 시제 차량 장착	○ 전기동력 BRT 시제차량 ○ 충전기 성능시험 결과
3차년도	BRT 시제차량 성능 및 내구성 시험과 배터리 및 충전기 실차 적용	**[순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발]** ○ 시제차량 성능 시험 ○ 개발 요소기술의 실차 성능 및 내구 시험 **[BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발]**	○ BRT 시제차량 운행데이터 및 주요 개발품 내구성 및 성능 시험결과 ○ 배터리 및 충전기 실차시험 결과

		○ 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발 ○ 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증 ○ 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술 개발 **[급속충전 배터리 및 충전기 개발]** ○ 시제차량에 장착후 배터리 및 충전기 성능시험 ○ 운행에 따른 소모량 분석 및 최적화	
4차년도	BRT 노선 현장 시험운행 및 상용화를 위한 보완	**[순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발]** ○ BRT노선 시험운행 지원 ○ 차량 상용화를 위한 개선 설계 및 적용 **[BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발]** ○ Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술 **[급속충전 배터리 및 충전기 개발]** ○ 운행 노선내 시운전에 따른 배터리 및 충전기 보완을 통한 상용화	○ 시범노선 운행 보고서

❍ 2세부 연차로드맵



<그림 3-6-3> 대용량 BRT 전기동력 시스템 및 차량 기술의 단계별 로드맵

4. 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술성과 로드맵

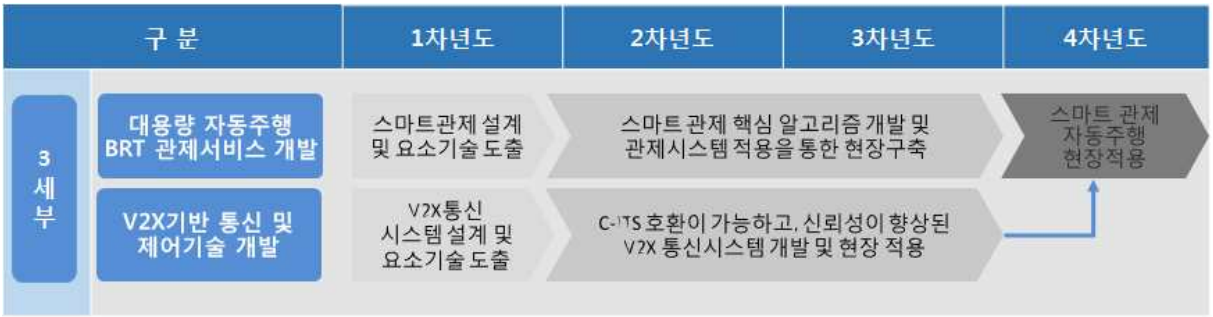
❍ 3세부 연차별 연구목표, 내용, 성과

<표 3-6-3> 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 단계별 연구내용 및 성과

연차	연구목표	연구내용	성과
1차년도	스마트 관제 및 차량-인프라간 통신기술설계 및 요소기술도출	**[스마트 관제 서비스 기술개발]** ○ 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발 ○ 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발 **[V2X기반 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발]** ○ 자동주행 대중교통을 위한 BRT-관제, BRT-인프라간 무선통신시스템의 요구사항 도출 ○ 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련	○ 스마트 관제시스템 요구사항 도출 및 설계서 ○ BRT-인프라간 통신기술 요구사항 도출 및 설계서
2차년도	스마트관제 서비스 기술 및 V2X 통신기술 개발	**[스마트 관제 서비스 기술개발]** ○ 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발 ○ 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발 ○ 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발 ○ 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발 **[V2X기반 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발]** ○ 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술개발 ○ C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발 ○ 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발	○ 스마트 관제 판단 소프트 웨어 및 운행관제 모니터링 장치 ○ 인프라-관제-차량간 무선데이터 전송장치
3차년도	스마트 관제시스템 현장 구축 및 V2X 통신 인프라 설치 시험	**[스마트 관제 서비스 기술개발]** ○ 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발 ○ C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술개발 ○ 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발 ○ 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어 기술 개발 ○ 차량 상태 모니터링 기술개발 **[V2X기반 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발]** ○ C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발 ○ 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발 ○ 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축	○ 운영소프트웨어를 포함한 스마트 관제 시스템 ○ 신뢰성이 향상된 C-ITS호환가능한 V2X통신시스템
4차년도	현장적용을 통한 관제시스템 및 통신시스템	**[스마트 관제 서비스 기술개발]** ○ 현장적용을 통한 관제시스템 성능검증 및 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발	○ 현장적용이 가능한 스마트 관제시스템 및 통신시스

	성능검증	**[V2X기반 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발]** ○ 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영	템

○ 3세부 연차별 로드맵



<그림 3-6-4> 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 단계별 로드맵

제4장 자원투입 계획

제1절 연구시설 및 장비 투입계획

○ 차량 인프라간 연계시험은 지능형 자동차부품 주행시험장(대구, 자동차부품연구원)을 활용하여 자동주행에 해당하는 시험들에 대해서 시험을 진행

○ 자동주행을 위한 핵심부품등에 대해서 기존에 구축된 장비를 최대한 활용하여 시험평가를 수행

<표 4-1-1> 지능형 자동차 부품주행시험장의 시험항목

No	장비명	시험항목
1	Vehicle Dynamic Tester & Analysis System	자동차 및 부품의 일반성능 시험
2	Road Load Data Acquisition & Analysis System	자동차 및 부품의 내구 시험
3	Steering Test System	ADAS(ACC, LDWS, APS, LKAS 등)의 성능시험 차량전복시험 (Roll-over) 등
4	Brake & Acceleration Test System	
5	차량 동특성 측정 장비	
6	지능형자동차용 NVH 평가시스템	NVH 및 소음 법규 시험 등
7	지능형자동차 및 부품의 구동력 측정 시스템	차량 내구, 브레이크, Suspension 특성 시험 등
8	지능형자동차용 단축 복합환경진동시험기	자동차 부품 및 시스템의 진동내구 시험
9	지능형자동차용 3축 복합환경진동시험기	
10	차선감지 및 분석시스템	차선감지 및 분석(BSD, LDWS 등) 시험
11	능동안전시스템 평가 장비	ESC, Ride & Handling, Vehicle Dynamics test
12	무인 Moving Target 시험용 차량	AEB, FCW 성능 시험
13	4륜 구동 통합시뮬레이션 시스템	ADAS(ACC, LDWS, APS, LKAS 등)의 성능시험 , 배출가스 및 연비 시험

<그림 4-1-1> 지능형 자동차 부품시험장 구조

○ 자동주행 실 도로환경 테스트를 수행하기 전에 실증주행시험은 경기도 화성에 구축중인 K-City를 활용하여 시험평가를 수행

○ K-City는 실도로 및 시가지 상황을 반영하여 구축함

<그림 4-1-2> 현재 시공중인 K-City 조감도

○ 차량자체의 안전시험은 자동차 안전연구원의 연구시설을 활용하여 수행을 하며, 아래의 항목에 대해서 시행함

○ 수소연료전지 차량의 경우 21번 항목시험과 내압용기 관련 기술검토 및 안전검사를 추가로 실시함

<표 4-1-2> 차량 안전시험항목

순번	안전시험 항목		비고	
	안전기준 NO.	시험명	시험	성적서 제출
1	1	충돌시 승객보호시험		○
2	6	좌석 및 그 잠금장치 강도시험	○	
3	18	좌석안전띠 부착장치 강도시험	○	
4	19	견인장치 강도시험	○	
5	21	등화장치 광도시험		○
6	22	운전자의 시계범위	○	
7	23	원동기 출력		○
8	26	소음방지장치시험	○	
9	29	승합화물특수자동차 제동능력시험	○	
10	31	ABS 설치 자동차 제동 능력시험	○	
11	35	조향성능시험	○	
12	36	최고속도제한장치	○	
13	37	속도계 시험	○	

14	38	차실내장재 연소성시험		○
15	41	전자파적합성시험	○	
16	42	경음기 소음시험	○	
17	47	고전원 안정장치 시험	○	
18	48	구동축전지 안전성 시험		○
19	49	자동차용 창유리 시험		○
20	56	공기압고무타이어 시험		○
21	91	기체연료 내압용기 및 안전장치 고정성 시험	○	

제2절 인력투입계획

❍ 2017년 학술연구용역인건비 기준단가의 책임연구원 기준으로 50% 참여시 인력 인원 수를 산정함

<표 4-2-1> 년도별 인력투입계획

구분			'18	'19	'20	'21	합계
1세부	대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발	대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	8.4	8.8	8	8	33.2
		자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	8	10	9	9	36
2세부	대용량 BRT 순수전기 동력 자동주행 차량 개발	친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	6	10	7	3	26
		대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	7.6	6.4	6.4	6.4	26.8
		대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발	2.6	5	2.5	0.5	10.6
3세부	대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발	대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	7	8	6	5	26
		V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발	4	6	8	6	24
전체인원							183

제3절 소요예산 투입계획

1. 소요예산 산정방법

○ 기타경비 및 간접비 기준 : 연구비 표준식 활용

○ 인건비 기준 : 학술연구용역인건비 기준단가의 책임연구원 기준(월 3,018천원, 50% 기준)

2. 세부과제별 소요예산

○ 1세부

<표 4-3-1> 1세부 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	`18	`19	`20	`21	소 계
인건비	594	681	616	616	2,506
연구장비 및 재료비	667	964	1127	630	3,388
기타경비 및 간접비	358	411	364	373	1,506
총 계	1,619	2,056	2,106	1,619	7,400

- 1세부 인건비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동	연구기간	수행연도	① 투입 인원수	② 참여기간 (개월수)	③ 참여율 (%)	④ M/M산출 (①x②x③)	인건비 단가	⑥ 인건비 (④x인건비 단가)
1-1. 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발							소계	1,202,371
1-1-1. 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술	4년	1차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
		2차년	4	12	40%	19.2	6,036	115,891
		3차년	4	12	40%	19.2	6,036	115,891
		4차년	4	12	40%	19.2	6,036	115,891
1-1-2. 멀티 센서 기반 BRT 주	4년	1차년	3	12	50%	18	6,036	108,648

	행 및 정차 상황 판단 기술		2차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
			3차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
			4차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
	1-1-3. 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술	4년	1차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
			2차년	4	12	40%	19.2	6,036	115,891
			3차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
			4차년	3	12	40%	14.4	6,036	86,918
1-2. 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발								소계	1,303,776
	1-2-1. 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발	4년	1차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			2차년	4	12	50%	24	6,036	144,864
			3차년	4	12	50%	24	6,036	144,864
			4차년	4	12	50%	24	6,036	144,864
	1-2-2. 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발	4년	1차년	3	12	50%	18	6,036	180,648
			2차년	3	12	50%	18	6,036	144,864
			3차년	3	12	50%	18	6,036	144,864
			4차년	3	12	50%	18	6,036	180,648
	1-2-3. 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발	4년	1차년	2	12	50%	18	6,036	72,432
			2차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			3차년	2	12	50%	18	6,036	72,432
			4차년	2	12	50%	18	6,036	72,432

- 1세부 연구장비 및 재료비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동	연구기간	수행연도	규격	수량	단가	소계
1-1. 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발					총계	1,447,000
1-1-1. 멀티 센서 심층학습 기	4년	1차년	환경인식 성능 계측장비	3	20,000	60,000

	반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술			멀티 센서	10	3,000	30,000
			2차년	알고리즘 구현 서버	3	20,000	60,000
			3차년	시뮬레이터	4	25,000	10,000
			4차년	데이터 처리 장치	3	20,000	60,000
				알고리즘 개발용 GPU	10	2,000	20,000
	1-1-2. 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술	4년	1차년	상황판단 계측장비	3	20,000	60,000
				시험 소모품	10	2,000	20,000
			2차년	알고리즘 구현 서버	3	20,000	60,000
				시험품 및 용역	10	10,000	100,000
			3차년	시뮬레이터	3	25,000	75,000
				시험 소모품	11	2,000	22,000
			4차년	데이터 처리 장치	3	20,000	60,000
				빅데이터처리용 전산소모품	10	2,000	20,000
	1-1-3. 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술	4년	1차년	신호전환 측정장비	3	20,000	60,000
				모드전환 모듈	10	2,000	20,000
			2차년	컨트롤러	3	20,000	60,000
				시험품 및 용역	10	10,000	100,000
			3차년	시뮬레이터	3	20,000	60,000
				알고리즘 개발용 전산재료	10	2,000	20,000
			4차년	데이터 처리 장치	3	20,000	60,000
				관제권 이상 현시 모듈	10	2,000	20,000
1-2. 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발						총계	1,941,000
	1-2-1. 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발	4년	1차년	승객 감지, 객체검지 센서 및 모듈 제작	2	70,000	140,000
				승객감지 및 객체검지 알고리즘 개발용 전산재료	5	3,000	15,000
			2차년	알고리즘 구현 서버	1	2,000	2,000
				승객감지 및 객체검지 알고리즘 구현	2	70,000	140,000
			3차년	승객 승하차 지원 시설 및 충동방지시설 시제품 제작	2	80,000	160,000
				알고리즘 검지 성능 평가 및 개발 시제품 성능 평가	2	75,000	150,000
			4차년	승객감지 모듈, 승하차 지원	2	50,000	100,000

				시설 설계보완 및 설치			
				개발 시제품 내구성 평가	2	50,000	100,000
	1-2-2. 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발	4년	1차년	랜드마크 인식 장치 모듈, 포장/표식장치 물성시험 시편제작	3	50,000	150,000
				랜드마크 인식 알고리즘 구현	1	50,000	50,000
			2차년	알고리즘 구현 서버	1	2,000	2,000
				실험용 랜드마크 제작 및 설치	2	50,000	100,000
				랜드마크 인식 성능, 포장/표식장치 물성시험	5	30,000	150,000
			3차년	인프라(패널 등), 도로표식 시제품 제작	3	30,000	90,000
				개발 시제품 구조성능, 내구성 평가	4	40,000	160,000
			4차년	인프라(패널 등), 도로표식 현장 적용성 평가	3	30,000	90,000
				도로표식 및 인프라(패널 등) 설계 가이드라인 개발	2	20,000	40,000
	1-2-3. 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발	4년	1차년	알고리즘 구현 서버	1	2,000	2,000
				정류장 앱 알고리즘 설계	1	30,000	30,000
				정류장 설계	1	30,000	30,000
			2차년	정류장 앱 프로그램 개발	1	30,000	30,000
				정류장 시제품 제작	2	30,000	60,000
			3차년	정류장 앱 알고리즘 보완 및 프로그램 버그 수정	1	30,000	30,000
				정류장 시제품 구조성능 및 내구성 평가	2	30,000	60,000
			4차년	및 앱 연동 구현	1	30,000	30,000
				정류장 시제품 현장 적용 및 설계 가이드라인 개발	1	30,000	30,000

❍ 2세부

<표 4-3-2> 2세부 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	`18	`19	`20	`21	소 계
인건비	587	775	517	358	2,237
연구장비 및 재료비	604	2,015	913	522	4,054
기타경비 및 간접비	354	456	300	199	1,309
총 계	1,545	3,246	1,731	1,079	7,600

- 2세부 인건비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동	연구기간	수행연도	① 투입 인원수	② 참여기간 (개월수)	③ 참여율 (%)	④ M/M산출 (①x②x③)	인건비 단가	⑥ 인건비 (④x인건비 단가)
2-1. 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발							소계	941,616
2-1-1. 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발	2년	1차년	6	12	50%	36.0	6,036	217,296
		2차년	6	12	50%	36.0	6,036	217,296
		3차년						
		4차년						
2-1-2. 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가	2년	1차년						
		2차년	4	12	50%	24.0	6,036	144,864
		3차년	4	12	50%	24.0	6,036	144,864
		4차년						
2-1-3. 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발	2년	1차년						
		2차년						
		3차년	3	12	50%	18.0	6,036	108,648
		4차년	3	12	50%	18.0	6,036	108,648
2-2. 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발							소계	970,589
2-2-1. 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		2차년	2	12	40%	9.9	6,036	57,946
		3차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946

			4차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
	2-2-2. 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
			2차년	2	12	40%	14.4	6,036	57,946
			3차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			4차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
	2-2-3. 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
			2차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			3차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			4차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
	2-2-4. 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발	4년	1차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			2차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			3차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
			4차년	2	12	40%	9.6	6,036	57,946
2-3. 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발								소계	382,586
	2-3-1. 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발	2년	1차년	3	12	43.4%	15.6	6,036	94,306
			2차년	3	12	50%	18.0	6,036	108,648
			3차년						
			4차년						
	2-3-2. 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가	2년	1차년						
			2차년	2	12	50%	12.0	6,036	72,432
			3차년	2	12	50%	12.0	6,036	72,432
			4차년						
	2-3-3. 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발	2년	1차년						
			2차년						
			3차년	2	12	12%	2.88	6,036	17,384
			4차년	2	12	12%	2.88	6,036	17,384

- 2세부 연구장비 및 재료비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동	연구기간	수행연도	규격	수량	단가	소계
2-1. 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발					총계	2,188,000
2-1-1. 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발	2년	1차년	차량 설계 SW	2	30,000	60,000
			P3 V5	10	3,000	30,000
			전기동력 부품 모듈	2	30,000	60,000
		2차년	조립 지그	1	120,000	120,000
			시제품 제작 및 차량조립	4	100,000	400,000
			전기동력 차량 부품	6	120,000	720,000
		3차년				
		4차년				
2-1-2. 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가	2년	1차년				
		2차년	성능 시험 시설 및 장비	2	80,000	160,000
		3차년	시제차량 제작	1	30,000	30,000
			P3 V5	3	3,000	9,000
			전기동력 개선 부품	4	50,000	200,000
		4차년				
2-1-3. 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발	2년	1차년				
		2차년				
		3차년	부품단위 시험장비	2	50,000	100,000
			시험품 및 용역	1	60,000	60,000
		4차년	실차단위 평가 시험장비	1	30,000	30,000
			시험재료	3	3,000	9,000
			차량 제어 부품	4	50,000	200,000
2-2. 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발					총계	1,212,000
2-2-1. 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술	4년	1차년	제어 시험장비	1	50,000	50,000
			액추에이터 모듈	2	20,000	40,000
			소형 시제품 제작	1	50,000	50,000
			시험품 및 설계 용역	5	10,000	50,000

			2차년	제어신호 측정장비	1	25,000	25,000
				실차용 시제품 제작	2	50,000	100,000
				시험품 및 제작 용역	5	10,000	50,000
			3차년	성능 시험 시설 및 장비	1	50,000	50,000
				2차 실차 시제품 제작	2	50,000	100,000
				성능 시험	5	20,000	100,000
			4차년	시범운용용 시제품 제작	2	50,000	100,000
				시제품 유지보수	10	5,000	50,000
	2-2-2. 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 통합 모듈화 기술 개발	4년	1차년	전원 안정화 계측장비	1	20,000	20,000
				전원시스템용 소모품	10	2,000	20,000
			2차년	알고리즘 구현 서버	1	20,000	20,000
				알고리즘 개발용 전산재료	10	2,000	20,000
			3차년	데이터 처리 장치	1	20,000	20,000
				멀티센서 소모품	10	2,000	20,000
			4차년	시뮬레이터	1	20,000	20,000
				시험 소모품	5	2,000	10,000
	2-2-3. 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발	4년	1차년	제어기 설계 용역	3	1,0000	30,000
			2차년	제어기 1차 시제품	1	30,000	30,000
				모드변환모듈 설계 용역	3	1,0000	30,000
			3차년	모드변환 탑재 제어기 시제품	1	30,000	30,000
				제어기 성능 인증	2	20,000	40,000
			4차년	제어기 상용화 시제품	1	30,000	30,000
				제어기 유지보수	5	5,000	25,000
	2-2-4. 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발	4년	1차년	정밀제어 계측장비	1	10,000	10,000
				시험 소모품	8	2,000	16,000
			2차년	운행제어 컨트롤러	1	10,000	10,000
				알고리즘 개발용 전산재료	9	1,000	9,000
			3차년	운행제어 시뮬레이터	1	10,000	10,000
				제어 알고리즘 전산용품	9	1,000	9,000
			4차년	데이터 처리 장치	1	10,000	10,000
				데이터처리 부품	8	1,000	80,000
2-3. 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발						총계	654,000

	2-3-1. 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발	2년	1차년	배터리 설계 SW	6	3,000	18,000
				베터리 시작품	2	60,000	120,000
				배터리 모듈	2	15,000	30,000
			2차년	베터리 시작품	2	60,000	120,000
				배터리 모듈	2	15,000	30,000
			3차년				
			4차년				
	2-3-2. 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가	4년	1차년				
			2차년	안전성 계측장비	3	15,000	45,000
				차량 조립	1	66,000	66,000
				시험품 및 용역	1	60,000	60,000
			3차년	시험 재료	1	30,000	30,000
			4차년				
	2-3-3. 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발	2년	1차년				
			2차년				
			3차년	충전성능 계측장비	3	15,000	45,000
				시험품 및 용역	1	60,000	60,000
			4차년	충전기 성능 시험 재료	1	30,000	30,000

❍ 3세부

<표 4-3-3> 3세부 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	`18	`19	`20	`21	소 계
인건비	398	507	507	398	1,811
연구장비 및 재료비	420	750	505	460	2,135
기타경비 및 간접비	229	297	301	228	1,054
총 계	1,047	1,554	1,313	1,086	5,000

- 3세부 인건비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동	연구기간	수행연도	① 투입 인원수	② 참여기간 (개월수)	③ 참여율 (%)	④ M/M산출 (①x②x③)	인건비 단가	⑥ 인건비 (④x인건비 단가)
3-1. 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발							소계	941,616
3-1-1. 시범노선 운영 시나리오 개발	2년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		2차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		3차년						
		4차년						
3-1-2. 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		2차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		3차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		4차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
3-1-3. 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발	4년	1차년	1	12	50%	6	6,036	36,216
		2차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		3차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		4차년	1	12	50%	6	6,036	36,216
3-1-4. 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		2차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		3차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
		4차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
3-2. V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발							소계	869,184

	3-2-1. C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신 시스템 구축	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
			2차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			3차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			4차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
	3-2-2. 제어정보 차량 전송 기술 개발	4년	1차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
			2차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			3차년	3	12	50%	18	6,036	108,648
			4차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
	3-2-3. 시범사업을 통한 현장 평가	2년	1차년						
			2차년						
			3차년	2	12	50%	12	6,036	72,432
			4차년	2	12	50%	12	6,036	72,432

- 3세부 연구장비 및 재료비 상세

(단위 : 천원)

세부기술별 연구활동		연구기간	수행연도	규격	수량	단가	소계
3-1. 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발						총계	1,130,000
	3-1-1. 시범노선 운영 시나리오 개발	2년	1차년	운영시나리오 용역	1	50,000	50,000
			2차년	알고리즘용 전산소모품	10	2,000	20,000
			3차년				
			4차년				
	3-1-2. 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발	4년	1차년	서버급 컴퓨터, 모니터외	1	20,000	20,000
				기본 관제운용 엔진 구매	1	100,000	100,000
			2차년	운영SW 제작	1	100,000	100,000
				소프트웨어 개발툴 구매	1	80,000	80,000
			3차년	알고리즘설계용 전산소무품	10	2,000	20,000
			4차년	관체-차량 연동테스트를 위한 재료 구매	1	80,000	80,000
	3-1-3. 비자동주행차량과의 혼	4년	1차년	혼용운행을 위한 교차로	1	20,000	20,000

	용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발			운영 시나리오 개발			
			2차년	관제시스템 구축	1	100,000	100,000
				관체-차량 연동테스트를 위한 재료 구매	1	50,000	50,000
			3차년	관제-차량 연동시험	1	60,000	60,000
			4차년	업그레이드 및 유지보수 구매		50,000	50,000
	3-1-4. 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발	4년	1차년	알고리즘 구현 서버급 컴퓨터	1	20,000	20,000
				알고리즘설계용 전산소모품	10	2,000	20,000
			2차년	운영소프트웨어 제작	1	100,000	100,000
				소프트웨어 개발툴 구매	1	80,000	80,000
			3차년	인공지능, 인식 모듈 구매	1	80,000	80,000
			4차년	업그레이드 및 유지보수 구매		80,000	80,000
3-2. V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발							1,005,000
	3-2-1. C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신 시스템 구축	4년	1차년	통신네트워크 성능 측정장비 및 시뮬레이터	1	50,000	50,000
				케이블, 안테나등 무선재료 구매	1	50,000	50,000
			2차년	통신 송수신 인프라 시제품 제작	1	50,000	50,000
			3차년	전용구간 내 통신장비 제작 및 설치	1	50,000	50,000
			4차년	통신장비 보완 제작 및 설치	1	50,000	50,000
				통신설비 운영 및 유지보수	1	50,000	50,000
	3-2-2. 제어정보 차량 전송 기술 개발	4년	1차년	통신네트워크 설계용 서버	1	20,000	20,000
				V2X 부품 구매(보드, 케이블, 무선모듈 등)	1	70,000	70,000
			2차년	C-ITS 호환 V2X 송수신 모듈 시제품 제작	1	100,000	100,000
				현장설치용 지그제작	1	70,000	70,000
			3차년	C-ITS 호환 V2X 송수신	1	100,000	100,000

				모듈 보완 제작			
				성능검증	1	80,000	80,000
			4차년	시제품 유지보수	1	50,000	50,000
	3-2-3. 시범사업을 통한 현장 평가	2년	1차년				
			2차년				
			3차년	통신 송수신 인프라 시제품 제작	1	50,000	50,000
				케이블, 안테나등 무선재료 구매	1	65,000	65,000
			4차년	전용구간 내 통신장비 제작 및 설치	1	50,000	50,000
				통신설비 운영 및 유지보수	1	50,000	50,000

제4절 타당성 검토

1. 정책적 타당성 검토

가. BRT 자동주행 기술관련 국내외 정책동향

(1) 미국

❍ 미국은 NHTSA(National Highway Trafic Safety Adminstration, 도로교통안전국)기준 Level 2에 해당하는 요소기술 대다수의 연구개발을 완료한 상태이며, NHTSA는 2020년까지 제한적인 자동주행 차량의 양산을 목표로 정책을 발표함

<표 4-4-1> NHTSA 자율주행차량의 단계

구분	Level 0	Level 1 Automated Assisted	Level 2 Monitored Automation	Level 3 Conditional Automation	Level 4 Full Automation
Driver Mode	일반차량	Hands-On Feet-On Eye-On	Hands-Off Feet-Off Eye-On	Hands-Off Feet-Off Conditionally Eye-Off	Hands-Off Feet-Off Eye-Off
Driver Role		직접운전	운전자 주행상황 항상 주시	운전자 자동운전 결정	목적지 입력
Control		운전자 및 차량	차량	차량	차량
책임		운전자	운전자	운전자 또는 차량	차량

출처: NHTSA

❍ 2015년 10월 미국 혁신전략(Strategy for American Innovation)을 발표, 전략의 9개 중점 육성분야 중 “첨단자동차” 포함

- 미국 정부는 자동주행 차량의 핵심 요소기술인 센서, 인공지능, 빅데이터 등에 대한 R&D 예산을 지속적으로 확대

- 2015년 10월 오바마 대통령은 세계에서 혁신적인 경제 국가 지위 유지와 국가적 과제 해결을 목표로 하는 新미국 혁신전략(New Strategy for American Innovation) 을 발표

- 이 전략은 ①첨단제조업, ②정밀의학, ③뇌 과학, ④첨단자동차,⑤스마트시티, ⑥청정에너지, ⑦교육용 기술, ⑧우주, ⑨새로운 첨단 컴퓨팅 총 9개 분야를 전략의 중점 육성분야로 선정

❍ 자율주행 기술개발 투자 확대

- 16년 1월 버락 오바마 美 대통령은 자신의 임기 중 마지막 국정 연설에서 “21세기

청정 운송 시스템(The 21st Century Clean Transportation System)을 강조

- 연설 이틀 뒤 폭스(Anthony Foxx) 美 교통부 장관은 미국 정부의 무인차 개발 촉진을 위해 향후 10년간 40억 달러(약 4조 8540억원)의 투자계획을 발표, 2017년 예산 반영 예정

- 지원예산 내용에는 온실가스 배출 감소, 교통체계 정비, 국가적 교통인프라의 최신화, 자율주행차 기술개발을 지원한다는 내용이 포함됨

- 무인차 개발 지원 투자계획과 별도로 교통 인프라와 통신 기능이 지원되는 커넥티드 차량 테스트 실시를 위해 10년간 39억달러(약 4조 7000억원)별도의 예산 투자 예정

❍ 인프라 지원

- 미국 미시간 대학 내에 116억 원을 투자하여 자율주행자동차를 테스트할 수 있는 테스트베드를 구축 (5개 차로, 교차로, 원형교차로, 보행신호, 보행도로, 버스 등 다른 대중교통수단, 가상 건물 그리고 로봇 보행자까지 완비된 주행 테스트베드, 인위적 악조건을 다양하게 설정하고 반복 실험이 용이)

- 미국 캘리포니아, 네바다, 콜롬비아 주 등에서는 공공도로에서의 자율주행자동차 테스트를 허용하고 있으며, Google은 실제로 완성차업체의 차량을 개조하여 공공도로 테스트를 실시함

- 2016년 미국 포드자동차는 정부지원 하에 적극적인 실증 테스트를 수행을 위해 공공도로 실험용 자율주행자동차의 수를 현재의 3배 이상 늘릴 것을 발표

- 교통부는 보다 안전하고 편리하고 믿을 수 있는 미래 교통 시스템을 혁신적 데이터 및 분석 기법을 통해 제시하는 도시에 최대 4,000만 달러의 상금을 수여하는 “스마트 시티 챌린지(Smart City Challenge)” 개최

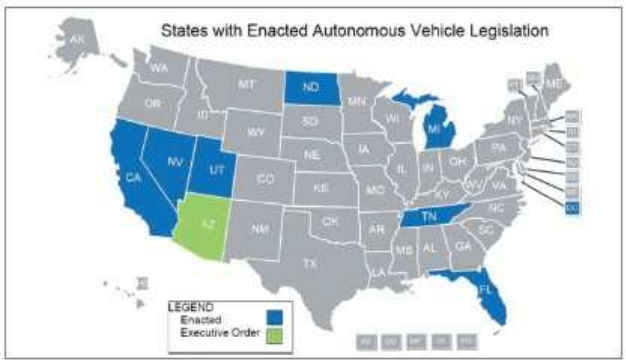
❍ 법, 제도 개정 및 규제완화 지원

- 2015년 11월 美도로교통안전국에 법규상 운전자의 개념을 사람이 아닌 인공지능 까지 확장 가능함을 Google에 회신. 세계 각국들은 1968년 제정된 도로교통국제협약에 따라 모든 차량에는 반드시 운전자가 탑승하도록 하고 있는데, 이번 결정은 인공지능이 탑재된 자율주행차의 경우 사람이 탑승하지 않아도 된다는 의미로 해석됨

- 16년 09월 미 교통국(DOT)산하 도로교통안전국(NHTSA)는 자율주행자동차 안전기준과 관련된 15개 분야의 가이드라인 발표함. 주마다 상이한 자율주행자동차에 대한 규제를 발표된 지침에 맞춰 표준화하도록 권고

- 미국은 2016년 3월을 기준으로 네바다, 캘리포니아, 플로리다, 미시간, 노스다코다, 테네시, 워싱턴DC, 유타, 애리조나 등 9개 州에서 시험주행이 가능

▶ 자율주행 시험주행이 가능한 주 현황(2016. 03월 기준)



출처 : http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-legislation.aspx

<그림 4-4-1> 자율주행 시험이 가능한 States

▶ 캘리포니아 州 자율주행자동차 관련법 주요 내용

조항	주요 내용
(a) 용어정의	자율주행기술, 자율주행자동차, 자동차관리국(DMV), 운전작동자, 제조자
(b) 일반도로 시험주행 요건	(1) 주체 : 시험주행 운전자 자격 등 (2) 주행방법 : 운전자(driver)의 배석 의무 (3) 보험구비 : 대물 · 대인보험 등 약 5백만 달러 상당을 담보할 수 있는 자기 보험서류 제출 의무
(c) DMV 인증에의한 일반도로 시험주행 요건	(1) 자율주행기술제조자에 의한 인증서 ○ 인증서 발급요건 – 운전자에 의한 결합 · 분리가 쉬운 자율주행기술 메커니즘 장착 – 자율주행기술 작동시, 자동차 내부의 시각인지장치 포함 – 위험감지나 결함발생시, 운전자에 대한 경고시스템 장착 – 자율주행기술 해제시 기존과 동일한 방식으로 운전가능 – 자율주행 작동시 충돌발생 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 시험운행 허가를 받은 제조자의 허가증
(d) DMV 세부지침 마련	(1) 세부지침 마련 시한 : 2015년1월1일 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) 무인 자율주행자동차의 운행을 위한 공청회 개최 의무

출처 : https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous

<그림 4-4-2> 캘리포니아주 자율주행차 관련 주요내용

(2) 유럽

○ 2015년 유럽의 자율주행 자동차 기술로드맵 (EPoSS, ERTRAC) 보고서 발간

- 전문가들은 EPoSS(European Technology Platform on Smart Systems Integration)를 현재 자율주행자동차의 기술개발 수준과 사회 제도적 측면까지 고려한 현실적인 보고서로 평가함

| 2015년 4월 1일 발행 (EPoSS) | | 2015년 7월 21일 발행 (ERTRAC) |

출처: KEIT(한국산업기술평가관리원/ 유럽의 자율주행 자동차 기술로드맵(EPoSS, ERTRAC) 분석 보고서)

<그림 4-4-3> EPoSS, ERTRAC 보고서

- 해당 보고서는 요소기술의 R&D뿐만 아니라 유럽 내 국가별 도로체계, 관련법규, 환경, 제도 등을 다방면에서 고려한 기술개발이 필요함을 명시
- 해당 보고서는 자율주행 로드맵을 3단계의 마일스톤으로 정의하고 있으며 이를 달성하기 위해서는 R&D, 데모, 양산 3단계 과정이 필요하다고 예측. 고속도로 자율주행의 시점은 2025년이며, 다소 복잡한 교통환경인 도심내 자율주행자동차 운행은 2030년에 상용화되는 것을 목표로 설정

<표 4-4-2> 유럽 EPoSS 자율주행 자동차 기술개발 마일스톤 3단계

마일스톤	대상도로	교통상황	인식대상	기술 및 자율주행 시나리오
Milestone1 (2020)	주차장, 자동차 전용도로	저속 주행, 덜 복잡한 주행환경	-	-Traffic Jam Chauffeur(차선변경포함)
Milestone1 (2022)				-Highway Chauffeur
Milestone2 (2025)	자동차 전용도로	중,고속 주행	-	-Higher AD(Automation Driving) highway autopilot -구간 자율주행 및 운전자 자유도 제공
			동물	-동물충돌회피 -철길건널목 주행
Milestone3 (2030)	도심	복잡한 교통환경	교통신호, 보행자, 이륜차 등	-highly AD(driverless 지향기술혁명) -지역/도시별 자율주행기술 요구사양 상이

출처: KEIT(2015)

○ EU중심의 R&D 프로젝트 및 범국가적 기술개발협력을 지속적으로 진행 중

- EU, 자동차 완성업체 및 부품업체가 공동으로 저속용, 고속용으로 이원화하여 기술개발 추진 중
- EU는 완성차업체와 부품업체가 공동으로 참여하는 R&D 프로젝트인 SARTRE(Safe Road Trains for the Environment)를 유럽지역 연구개발 프로젝트인 FP7에 따라 추진(자동차 제조회사인 볼보를 주축으로 영국, 스웨덴, 독일, 스페인 등 7개 국가가 자율

주행자동차의 핵심 기술을 개발, 궁극적으로 일렬 주행을 통해 개별 운송수단을, 친환경적인 형태의 플래툰이라 불리는 로드 트레인으로 전환하는 것을 목표로 함)

- 2018년부터 EU와 일본은 자율주행자동차 개발에 속도를 내기 위해 GPS위성을 공동 사용할 예정임(EU와 일본이 개발 중인 자율주행자동차 기술의 핵심이 위성에서 파악한 위치정보를 통해 차량의 움직임을 제어하는 것이며 이를 위해 일본의 GPS 위성인 준텐초(準天頂)와 EU의 갈릴레오 위성의 신호를 일원화해 사용할 방침임)

- 2018년까지 유엔 전문가회의 참가국인 한국과 영국, 프랑스, 독일, 일본이 손잡고 자율주행 자동차의 공통 기준 마련 추진

❍ EU-유럽자동차 업계 “암스테르담 선언(Declaration of Amsterdam)

- 유럽연합과 유럽자동차 제조업체들이 유럽지역에서 커넥티드 차량과 자율주행 차량 상용화에 관련한 최초의 합의를 도출해 냄

- 국가간 일관성 있는 규칙마련, 데이터 사용, 사생활 및 데이터 보호법, 차량 간 커뮤니케이션 능력향상, 보안, 대중의 관심과지지, 커넥티드 및 자율주행 차량에 대한 일반화 된 정의, 국제적인 협력 등 자율주행 차량 도입을 위해 개선해야 할 공통 안건 8가지 선정

❍ 2014년 비엔나 도로교통협약 수정

- 비엔나 도로교통협약 수정을 통해 유럽연합 국가들과 러시아 등 72개 국가에서 자율주행자동차 테스트주행이 가능

❍ 영국

- 영국 정부는 자율주행자동차와 도로 간 정보 수집, 도시 정보, 새로운 음성 인식 서비스 등 자율주행과 관련된 8개 프로젝트를 지원하기 위해 2,000만 파운드를 투자

- 영국 재무장관은 자율주행자동차 시험운전계획과 규제완화계획을 통해 2017년부터 자율주행자동차 상용화를 위한 고속도로 시험운행 예정을 발표. 2025년까지 자율주행자동차가 도로에서 상용화되는 것을 목표로 2016년 지방도로를 시작으로 2017년에는 고속도로 시험운행까지 확대 예정

- 영국 정부의 적극적인 자율주행자동차 정책 추진으로 미국만을 중심으로 테스트를 진행 중이던 구글이 영국 내 자율주행자동차 도로주행 테스트 착수를 발표

- 2015년 9월부터 영국은 자율주행자동차와 관련한 법제화를 추진 중이며 정부 주도로 개발 프로젝트 입찰을 개시

❍ 독일

- 최근 독일 프라운호퍼 연구에 의하면 2025년까지 독일 자율주행 기능 및 주행보조 시스템은 약 840만 유로 규모로 추정되며 독일 연방교육연구부(BMBF)는 이를 위해 5

천만 유로 지원계획을 발표

- BMBF의 첫 프로젝트인 “자동 SWIFT“에 800만 유로 지원을 발표하였으며, 자동차 완성업체 아우디와 부품업체 보쉬 그리고 카를스루에 컴퓨터과학연구센터 등이 참여

- 본 프로젝트는 신기능이 도입된 자동차에 집중하는 독일 자동차 생산 시스템 개발을 진행, 독일 교통부는 자율주행자동차 시범 운행을 위한 첫 번째 케이스로 뮌헨과 베를린 사이를 연결하는 아우토반 일부 구간에서 자율주행자동차 운행을 승인

- 독일 정부는 해당 구간에 실증 테스트를 위한 V2I(Vehicle to Infrastructure) 시스템 설치를 계획

❍ 프랑스

- 프랑스는 2016년 미래를 이끌어갈 9대 유망산업 중 자율주행자동차를 선정하였으며, 이에 대한 집중육성계획을 발표하고 국가차원의 기술개발을 적극 추진 중

(3) 일본

❍ 일본 자율주행 자동차 기술개발 로드맵

- 일본은 총리실 산하 IT종합전략본부에서 “세계최첨단IT국가창조선언”을 발표하였으며 자율주행을 포함한 지능형 교통시스템 추진을 위한 로드맵이 포함됨

- 2020년 도쿄올림픽 개최 시기에 맞춰 선수, 관중 및 관광객 등의 이동수단에 이를 활용하여 기술력을 입증하고 자율주행자동차의 상용화를 실현할 계획

❍ 2016년 일본정부는 자율주행자동차 시장 선점을 위한 “ All Japan” 체제를 가동

- 경제산업성, 국토교통성, 자동차고업협회 등이 ‘자율주행운전연구소’를 설립해 국제표주화기구 안전기술과 통신표준 논의를 일원적으로 파악할 수 있는 체제를 정비할 예정

- 일본 경제산업성은 일본자동차연구소 부지 안에 전용규모 15만㎡의 테스트 주행도로를 설치하며, 이를 위해 34억 엔의 예산을 상정하고 2017년부터 본격 운용에 돌입할 예정

<표 4-4-3> 일본 자율주행자동차 기술개발 로드맵

<table>
<tr><th colspan="2">분류</th><th>개요</th><th colspan="2">실현 시스템</th></tr>
<tr><td colspan="2">정보제공</td><td>운전자에게 주의환기 등</td><td colspan="2">운전안전 지원 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="4">자동화</td><td>Level1
단독형</td><td>가속/조향/제동 중 하나를 자동차가 제어</td><td>준 자율주행 시스템</td><td rowspan="4">자율주행 시스템</td></tr>
<tr><td>Level2
시스템 복잡화</td><td>가속/조향/제동 중 복수 조작을 한 번에 자동차가 제어</td><td rowspan="3">완전자율주행 시스템</td></tr>
<tr><td>Level3
시스템 고도화</td><td>가속/조향/제동 중 모든 조작을 자동차가 제어(긴급 대응은 운전자가 수행)</td></tr>
<tr><td>Level4
완전자율주행</td><td>가속/조향/제동 중 모든 조작을 자동차가 제어</td></tr>
</table>

출처: 일본고도정보통신네트워크사회 추진전략본부(2015)

❍ 자율주행사업화검토회 출범을 통해 자율주행시대 대응방안 발표

- 15년 2월 일본 정부는 민간이 공동 참여한 ‘자율주행사업화 검토회’ 출범 이후 다섯 차례의 회의를 거쳐 16년 3월 “자율주행시대 대응방안 발표” 하였고 2020년까지 규제 완화를 추진할 계획

- 검토회는 테스트베드 인프라, 법·제도 및 규제 외에도 트럭 플래투닝 기술 상용화 그리고 지도, 통신 등 8개 공통분야의 요소기술 R&D 추진을 발표

<표 4-4-4> 일본 정부의 자율주행자동차 상용화 방안

일본 정부의 자율주행자동차 상용화 방안
-정부주도로 지도,통신 등 8개 공통분야 연구개발 추진 -자율주행기술 활용한 사업모델 구체화 추진 -일본 주도의 국제적인 자율주행 규정 제정 -2016년 내 이바라키현 쓰쿠바시에 자율주행차 시험주행장 건설 -2018년 고속도로 자율주행 시행 실현 -2020년 전용주차장 등 자동주차, 과소지역 등 지정구역 자동 주행 -2020년 야간장거리트럭운송 등에 후속차량 대열 자율주행 실현

출처: 일본경제산업성, 국토교통성

❍ 2012년부터 일본은 자율주행과 관련한 기술개발 투자를 위해 지속적인 관련 정책을 추진하고 있음

- 일본정부가 주도하여 자율주행 시스템, 안전운전지원시스템 등을 핵심전략으로 지정하고 산학연이 협력하는 R&D 프로젝트를 지속적으로 전개

- 일본 국토교통성, 경제산업성 등 관계부처와 자동차회사, 대학, 연구기관으로 구성된 자동차주행시스템 추진위원회가 자율주행 해킹 대책을 마련하고 안전강화 기술 개발을 추진

<표 4-4-5> 일본 자율주행자동차 정책변화

연도	정책	실현시스템
2012	오토파일럿 시스템 위원회	-고속도로 자율주행 실현을 위한 "오토파일럿 시스템 위원회" 설치 -미래 자동차 시장의 근본적인 해결방안 모색이 주요 목적
2013	일본 재흥전략 상정	-안전운전지원시스템, 자율주행 시스템 등과 관련한 산학연 프로젝트 추진 -운전자가 전혀 관여하지 않는 자율주행시스템 구현이 목표
2014	관민 ITS 구상 및 로드맵	-자율주행자동차 기술개발 및 보급 촉진 -"세계에서 가장 안전한 도로교통 사회 실현"을 목표로 로드맵 설계 -정량적 목표로 2018년 교통사고 사망자수 2,500명 이하를 선정
	전략적 혁신창조 프로그램	-자율주행 스스템과 관련한 기술을 선정하여 기초연구에 상용화까지 연계되는 로드맵을 구상하고 이를 추진

출처: 일본경제산업성, 국토교통성

(4) 한국(국내)

❍ 2016년 4월 산업통상사업부 장관은 2017년부터 5년간 1455억 원을 투자해 '자율주행자동차 핵심기술 개발 사업'을 통해 8대 핵심부품과 시스템 개발을 지원해 나가겠다고 발표함

❍ 16년 2월 국토부는 자율주행차 실도로 운행을 위한 임시 운행허가제도를 시행함을 발표

- 시험운행구역은 경부고속도로 서울요금소~신갈분기점~영동고속도로 호법분기점 구간 41km에 이르는 고속도로 1개 구간과 수원 용인, 고양, 광주 등 수도권 5개 구간 총 319km

- 시험, 연구를 위한 임시운행허가를 받은 자율주행차에는 운전자를 포함한 최소 2명의 시험요원이 탑승해야하며, 자율주행 중 언제라도 운전자가 수동 조작을 통해 자율주행 기능이 해제될 수 있어야 함

❍ 국토부는 미국의 자율주행차를 위한 가상도시 M-city를 벤치마킹 한 위성도시 K-City를 경기도 화성에 착공 2019년 완공예정

- 미국에서는 이미 엠시티(Mobility Transformation Center)라는 가상도시를 구축해 자율주행차가 다양한 환경에서 실험을 진행하고 있음

- 180억 예산을 책정, 민간기업들에게 투자를 받아 자금을 조달할 예정이며 규모는 M-City의 2배 규모로 건립할 계획

❍ 국토부와 교통안전공단이 국내 대학에 ITS(지능형교통체계)시험도로를 무상으로 제공하여 기술개발 지원

❍ 국토부와 한국항공우주연구원은 2009년부터 150억 예산을 들여 오차 크게 줄인 위

성항법기술 연구한 끝에 도로교통용 정밀 위성항법기술을 세계 최초로 개발

- 현행 위성항법기술의 오차가 15-30m인데 반해 새로운 위성항법기술은 오차를 최대 90cm까지 줄임

○ 2015년 5월, 규제개혁장관회의에서 '자율주행차 상용화 지원방안'을 발표하여, 국내 자율주행 기술개발을 위한 정부의 향후 지원계획을 발표함

출처: 자율주행 상용화 지원방안 (정부 관계부처 제3차 규제개혁방안회의)

<그림 4-4-4> 정부 자율주행 상용화 추진 로드맵

○ 우선적으로 우리 실정에 맞는 자율주행자동차의 도로 시험운행을 위한 허가 요건을 마련하고, 시험운행시 자율주행시스템 장착을 허용하는 등 규제를 과감히 개선하기로 함

○ 또한, 2020년 상용화를 대비하여 자율주행장치 관련 자동차 기준을 마련하고, 관련 보험상품과 리콜·검사 제도를 마련하는 등 제도를 정비해 나갈 계획임

○ 레이더 등 센서의 신뢰성과 인지 범위의 한계를 극복하기 위해서는 정밀 수치지형도를 제작하여 차선정보를 제공하고, 정밀 위성항법 기술 개발을 통해 GPS 위치 정확도를 개선해나갈 계획

○ 도로면 레이더를 통해 수 km 전방 교통정보를 차량에 제공(V2I) 할 수 있는 시범도로와 차량간 교통정보를 교환(V2V)할 수 있는 전용 주파수를 배분할 예정

○ 높은 수준의 자율주행 실현을 위한 인프라도 지속적으로 구축해 나갈 예정

○ 2017년 말까지 정밀 수치지형도 등 관련 인프라를 조기 구축하여 2018년 평창 동계올림픽 기간에는 레벨3 기술의 대규모 시범운행을 통해 자율주행차의 기술력과 함께 안전성을 종합적으로 입증할 계획

○ 2020년에는 상용화 제도를 완비한 후 자율주행 레벨3 수준에서의 부분적인 상용화를 통해 자율주행차의 생산과 판매가 이루어지도록 적극 지원할 계획

나. BRT 차량의 전기동력 시스템 기술관련 국내·외 정책동향

(1) 해외

○ 중국정부는 전기버스 보급을 위해 막대한 보조금을 지급하였으나 2017년에 접어들면서 보조금을 40~60% 삭감하고 배터리의 에너지소모율, 에너지밀도, 주행거리 등의 기술적 요건들을 강화하는 등 전기차 산업의 진입 장벽을 높여 공급과잉을 막고 있음

<표 4-4-6> 중국 전기버스의 보조금 규정(2016. 1.)

<table>
<tr><th rowspan="2">차량 유형</th><th rowspan="2">중앙 재정 보조금 기준 (위안/kWh)</th><th rowspan="2" colspan="3">중앙 재정보조금 조정 계수</th><th colspan="3">중앙 재정보조금 상한선(만위안)</th></tr>
<tr><th>6<L≤8m</th><th>8<L≤10m</th><th>L>10m</th></tr>
<tr><td rowspan="3">비급속 충전 순수 전기버스</td><td rowspan="3">1,800</td><td colspan="3">시스템 에너지 밀도</td><td rowspan="3">9</td><td rowspan="3">20</td><td rowspan="3">30</td></tr>
<tr><td>85~95</td><td>95~115</td><td>115 이상</td></tr>
<tr><td>0.8</td><td>1.0</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td rowspan="3">급속 충전 순수 전기버스</td><td rowspan="3">3,000</td><td colspan="3">급속 충전 배율</td><td rowspan="3">6</td><td rowspan="3">12</td><td rowspan="3">20</td></tr>
<tr><td>3C~5C</td><td>5C~15C</td><td>15C 이상</td></tr>
<tr><td>0.8</td><td>1.0</td><td>1.4</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PHEV</td><td rowspan="3">3,000</td><td colspan="3">연료 절약률</td><td rowspan="3">4.5</td><td rowspan="3">9</td><td rowspan="3">15</td></tr>
<tr><td>40~45%</td><td>45~60%</td><td>60% 이상</td></tr>
<tr><td>0.8</td><td>1.0</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술적 요건</td><td colspan="7">1) 에너지소모량 Ekg는 0.24wh/km.kg 이하일 것
2) 비급속 충전의 순수전기버스의 주행거리는 200km 이상이어야 함</td></tr>
</table>

※ 출처 : MIIT, 중국재정부, 한국투자증권

○ 중국정부의 2017년 신에너지차 보조금 정책으로, 전기버스 보조금은 축소되었으나 수소연료전지 버스 보조금은 유지됨

○ 또한 중국정부는 친환경자동차로 중점 지원해 온 전기자동차의 차량가격이나 2차전지개발, 인프라 등의 한계가 있음을 확인하고, 친환경자동차의 최종목표인 수소연료전지 자동차부문으로 탈바꿈하기 위하여 중국정부 및 관련기관이 중심이 되어 연료전지스택 및 관련부품 개발에 박차를 가하고 있음

○ 중국 포톤에서 수소연료전지 버스 100대 판매로 세계에서 가장 먼저 수소연료전지

버스 사용화에 성공함 (2016년)

○ 일본은 2020년 동계올림픽과 연계하여 연료전지 승용차, 버스 및 충전소 보급 확대를 위한 경제성 향상 개발에 주력하고 있음. 일본 정부는 2025년까지 수소 충전소를 320개로 늘리고, 2030년까지 80만대로 확대 계획. 인프라 시설비용 감소를 위해 기술 개발과 셀프 충전 허용 등 규제 완화 검토 중

○ 유럽이나 미국에서도 연료전지차, 수소인프라와 더불어 신교통수단과 연계하여 개발에 주력하고 있음. 독일은 2019년 말까지 100여개의 수소충전소 설치하여 인프라 확대 예정

(2) 국내

○ 우리나라 정부는 미세먼지 관리 특별대책을 확정 발표하면서 미세먼지 발생원을 수도권의 경우 경유차가 29%를 차지하는 것으로 분석하여 이를 해결하고자 경유차 운행제한 조치를 추진하면서 2020년까지 신차 판매의 30%를 친환경차로 보급하는 등 획기적으로 확대하고, 충전인프라를 확충할 계획이며, 친환경버스(전기·수소버스)보급과 함께 BRT 노선 확대 등 친환경 대중교통체계 구축도 동시에 추진할 계획임

- (전기버스) 시범사업 중인 전기버스 보급지역을 단계적으로 확대(김포, 포항 등 4개 도시에서 10개 선도도시) 및 전기버스 구매비용(5~5.5억원/대)을 고려한 지원금액 상향조정 계획 중. 정부의 미세 먼지 저감 정책으로 노후 디젤 차량을 줄이고, 친환경 차량의 적극 지원 및 규제 완화 기대

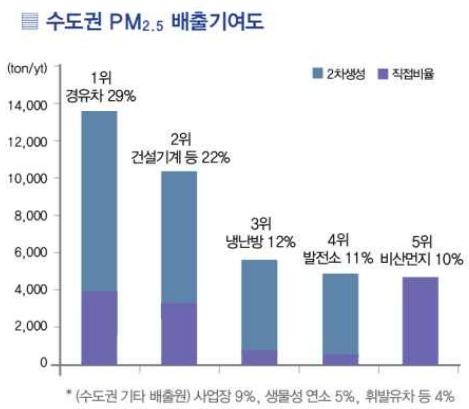
- (수소버스) 2021년 상용화를 목표로 도심주행용 수소전기버스 개발(~'19년)과 노선버스에 수소버스 시범보급 확대 및 실증을 거쳐 내구성능 개선. 2018년 평창동계올림픽에 3세대 수소 전기버스를 지원을 목표로 함. CNG충전소에 수소충전이 가능한 복합시설을 병행 설치할 수 있도록 규제 풀어 수소 충전 인프라 확충 방안 제시 중

- (BRT) 지자체 중심으로 친환경대량운송 수단인 BRT를 단계적으로 노선수 확충 및 연장하여 확대. 5개 대도시권의 광역 교통망을 확충 및 운영 효율화를 위해 국토교통부에서 3조 7888억 규모의 '제 3차 대도시권 광역교통시행' 을 계획 하여, BRT등 사업 확대 추진 예정

<표 4-4-7> 친환경차 및 충전인프라 확대계획(~ `20년)

구 분		현 재	2020 기존목표	2020 확대계획
친환경차	합 계	총 17.4만대 (신차판매 중 2.6%)	총 108만대 (신차판매 중 20%)	총 150만대 (신차판매 중 30%)
	전기차	0.6만대	20만대	25만대
	수소차	0.01만대	0.9만대	1만대
	하이브리드차	16.8만대	87만대	124만대
충전 인프라	합 계	총 347기	총 1,480기	총 3,100기
	전기	337기	1,400기	3,000기
	수소	10개소	80개소	100개소

출처 : 정부합동 보도자료 160603 미세먼지 관리 특별대책 확정 발표(국무조정실등)



수도권 배출량

(unit : ton/yr)

배출원		대기오염물질		
		$PM_{2.5}$	SOx	NOx
에너지산업연소	발전소	697(4%)	11,088(29%)	24,406(7%)
사업장	제조업연소	300(2%)	3,941(10%)	11,507(4%)
	생산공정	206(1%)	4,657(12%)	4,056(1%)
	폐기물처리	63(0.4%)	689(2%)	2,945(1%)
냉난방 등	비산업연소	383(2%)	8,653(23%)	42,724(13%)
	기타면오염원	90(1%)		57(0.02%)
도로이동오염원	경유차	3,769(24%)	46(0.1%)	143,474(44%)
	휘발유차 등		30(0.1%)	25,027(8%)
비도로이동오염원	건설기계 등	3,328(21%)	8,837(23%)	68,355(21%)
생활주변오염원	비산먼지	4,775(30%)		
	생물성연소	2,122(13%)	24(0.1%)	1,072(0.3%)
합 계		15,733(100%)	37,965(100%)	323,623(100%)

출처 : 대기오염물질 배출량 통계(`13, 국립환경과학원)

<그림 4-4-5> 수도권 PM 배출기여도 및 배출량

다. 소결

○ 국내외 정책을 조사 분석한 결과 정책적으로 자동주행기반 전기동력 대용량 BRT의 과제수행은 타당함

2. 기술적 타당성 검토

○ 본 보고서의 2장 국내외 동향 및 환경분석에서 상세하게 제시한 바와 같이 대중교통의 자동주행기술이 이미 미국 및 유럽에서 기술개발중에 있으며 성숙단계에 접어들고 있음

○ 최근 고급승용차에는 차선유지보조시스템과 긴급제동장치등이 포함되어 있으며 다만 상용차에는 아직 적용이 미흡한 실정임

○ 2020년까지 부분자율주행차의 상용화 추진의 목표가 있으며, 이에 맞춰 기술이 개발되고 있음

(1) 규제개선 및 제도정비

○ 도로 시험운행 규제개선

- 시험운행 허가제도 마련: 시험도로 구간 지정, 관리방안 마련
- 자율주행 시스템 임시운행 허용
- 시험운행 보험상품 개발
- 자율주행자동차 부품 테스트 및 기능안전성 강화지원(산자부): 지능형자동차 주행시험장 활용(대구, 자동차부품연구원), 기능안전(ISO 26262) 확보지원체계 구축 등

○ 상용화 제도정비

- 자율주행 장치 관련 ‘자동차기준’ 마련: 차선이탈경고장치, 자동비상제동장치 등
- 자동차 보험 및 리콜 검사 제도 마련
- 제네바 도로협약 개정에 참여

(2) 자동주행 기술개발 지원

○ 자율주행 핵심 부품기술 개발 고도화(산자부): ~2019년 레벨3 기반기술 확보, 2020~2022 레벨3 기술확보 추진

○ 자율주행자동차 실증지구 지정(국토부, 산자부): 시험운행을 위한 실정도로 지정, 관리방안 마련

○ 자율주행 실험도시 구축(국토부): 자율주행 실험이 가능하도록 소규모 실험도시

○ 자율주행차 근거리 시험서비스 사업(미래부)

(3) 자동주행 지원인프라 확충

○ 정밀 위치파악을 위한 위성항법 기술개발

○ 차선 표기 정밀 수치지형도 제작

○ 자율주행 지원 도로 인프라 개발 및 확충: C-ITS 사업등 (서울TG~신갈JC~호법JC, 1단계 ~2019년)

○ 차량의 통신 주파수 분배: V2V 5.9GHz 대역, 충돌방지 레이다 77.5~78GHz

○ 자율주행자동차 수용의 사회적 공감대 마련

○ BRT차량의 자동주행 기술은 레이다, 라이다, 영상 등의 센서융합기술과 전용노선 개선, 인프라정보 제공, 관제를 통한 종합 운영으로 현재 승용차에 적용되고 있는 기술의 고도화와 인프라 정보의 융합을 통해 안전성을 높인 기술개발이 가능한 상황이며, 순수전기동력 시스템은 최근들어 구동축전지의 에너지밀도(Wh/L, Wh/kg)와 급속충전 기술의 발전으로 버스에 적용되어 상용화되고 있는 추세임.

○ 따라서 기술적으로 자동주행기반 전기동력 대용량 BRT의 과제수행은 타당함

3. 경제적 타당성 검토

가. 개요

○ 경제적 타당성 평가란 공공사업의 비용과 편익을 국가 전체적(사회적) 입장에서 측정하고 이에 따라 경제적 수익성을 계산하여 타당성 여부를 결정하는 것임

○ 일반적으로 교통관련 투자사업을 시행함으로서 파생될 수 있는 편익의 경우 교통측면의 편익인 직접편익과 교통개선으로 인한 사회적 편익인 간접편익으로 구분함

○ 직접편익은 교통시설을 이용하는 교통주체들이 도로사업 시행과 관련하여 직접적으로 얻게 되는 편익으로서 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통 쾌적성, 정시성, 안정성 증대 등이 일반적임

○ 간접편익은 교통관련사업 시행으로 인한 비이용자들이 얻게 되는 파급효과로서 이중 지역개발, 시장권 확대, 산업구조 개편 등이 있으나 이를 실현하기 위해 교통관련사업 이외의 분야에 대한 투자가 병행되어야 하므로 계량화에 어려움이 있음

○ 기본계획의 특성과 자료수집 및 분석의 용이성을 동시에 고려하여 편익산정 방법론이 기 정립되어 있고 계산이 용이한 직접편익(차량운행비용 감소, 교통사고건수 감소, 대기오염 발생량 감소)만을 경제성 분석의 편익으로 반영하였음

○ 세종특별자치시의 BRT 990번 노선에 전기동력 방식의 무인운전 BRT 도입하는 경우의 경제적 타당성 분석을 실시함. 비교대상은 현재 개발하여 양산중인 디젤하이브리드 방식의 유인운전 BRT 차량임

○ 대용량 BRT 전기동력 차량의 운영을 위해서는 전기를 충전하는 인프라가 필요하며, 현재 국내에서 실용화된 기술인 무선충전과 플러그인 방식에 대해서 경제성을 비교분석함

나. 분석의 전제

○ 경제적 타당성 분석의 전제조건은 “한국개발연구원, 「도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제4판)」, 한국개발연구원, 2004”에서 제시한 기준을 적용함

○ 기준년도: 2017년

○ 개통년도: 2019년

○ 평가기간: 2019년~ 2038년 (20년)

○ 사회적 할인율: 5.5% (분석은 위에서 산정한 편익 및 비용을 근거로 수행하였음)

○ 현가의 기준이 되는 시점은 2019년도로 가정한다.

○ 할인율은 과거와 미래의 가격을 현재 가치로 전환하는데 사용되는 계수를 의미하며 경제성 평가에서 모든 비용과 편익을 기준년도의 불변가격을 표시하기 위한 것임

○ 철도・도로 부문사업의 예비타당성 표준지침(제5판) (2008) 에서는 지금까지 사용되어 온 할인율 수치에서 지나치게 벗어남으로써 나타나는 혼란을 방지하고, 또 물가상승에 기대가 크지 않다는 사실을 근거로 하여 경제성 분석을 위한 실질할인율을 최종적으로 5.5% 수준을 제안하고 있으며 본 분석에서도 이를 수용함

다. 분석 범위

○ 시범운영 실적이 있는 세종특별자치시의 BRT 990번 노선 32km를 분석 대상으로 함

○ 본 보고서에서는 기존 BRT 사업에 무인운전 시스템 도입 및 구동방식을 전기동력으로 변경함에 따른 추가적인(incremental) 비용과 혜택만을 근거로 경제성 분석을 실시함

○ 전기동력 시스템 충전 인프라 1대당 차량 2대를 충전할 수 있으므로, 인프라 설치비를 고려하여 2대의 대용량 BRT에 무인운전 및 전기동력 시스템이 도입될 경우에 대하여 경제성 분석을 실시함

○ 실제 도입단계에서 도입 대수가 정해지면 본 보고서의 경제성 분석을 활용하여 경제성을 분석할 수 있음

<표 4-4-8> 세종특별자치시 BRT 990번 노선 정보

노선 정보	내용
노선명	세종시 990번 BRT 노선(오송 - 세종 - 대전, 왕복 운행)
운행 횟수	258회/일
차량 운영 대수	23대(+4대 대차 분, 총 27대)
노선 길이	32km
이용 현황	8,693명/일
평균 속도	52km/h
1일 운행 거리	360km/차량
연간 운행 거리	131,400km/차량(360km × 365일)

출처 : 세종시 교통정보시스템 빅데이터(17/06/13)

<그림 4-4-6> 세종특별자치시 BRT 990번 노선도

라. 분석 가정

○ 기존 BRT의 대당 운행인력은 운전자 1인으로 구성되며, 무인 BRT가 도입될 경우에도 운용기간인 20년은 운전자 1인을 유지함

○ 평균속도 50 km/h로 노선길이 32km 구간을 운행하며, 여유시간을 감안하여 편도 1회 운행에 걸리는 시간은 1시간으로 가정함

○ 1일 운행거리는 360km이며, 연중무휴 운행으로 연간 131,400km를 운행한다고 가정함

○ 여객사업용으로 사용하는 대용량 BRT 차량의 최대 운영 가능 기간은 기본 9년에서 추가로 최대 2년 연장이 가능하므로 차량의 운영기간은 10년으로 가정함

○ 현재 리튬이온폴리머 구동축전지의 수명은 약 50만km 정도로 예상되어 5년에 1회 교체하는 것으로 가정함

○ 디젤하이브리드 시스템을 갖춘 BRT가 위 노선에서 시범운행을 통해 확인된 에너지소비효율은 2.4km/l 임(출처 : (주)우진산전社 자체 자료)

○ 대용량 BRT 전기동력 차량의 BRT 노선에서 에너지소비효율의 경우 현재 전기버스의 에너지소비효율이 약 1kWh/km 정도로서 차량의 총중량(전기버스 16ton, 바이모달트램 26ton)을 고려하여 1.6kWh/km로 가정함

○ 무선충전 방식은 BRT 도로에서 주행중 무선급전되는 방식이 아닌 차고지의 주차구역에서 차량이 자동으로 주차되면 정해진 위치에서 무선으로 충전되는 방식을 의미함

마. 비용 분석

(1) 무인운전 시스템의 비용

○ 무인운전 BRT 사업의 경제성 분석 시 비용항목으로는 무인운행 BRT버스의 도입 비용이 있음

○ 무인운행 BRT 도입 비용(대당)은 자동주행 BRT의 대당 가격에 기존 BRT의 대당 가격을 뺀 비용으로 추정함

○ 현재 세종시에 시범운행 중인 BRT 버스는 유인운행을 전제로 개발된 것이며, 무인운행 BRT버스는 기존 BRT버스에 무인 시스템을 탑재하게 되므로 비용이 추가적으로 발생함

○ 본 보고서에서는 유인BRT 버스대비 무인 BRT 버스의 추가비용을 추정하기 위해, 다음과 같은 기법을 사용함

○ 현재 개발되어 사용되고 있는 무인 BRT가운데 프랑스 Navya사의 ARMA모델이 200,000유로에 판매되고 있음

○ 현재 국내 시판중인 현대자동차의 타우니 버스모델 가운데 ARMA 모델과 크기가 유사한 DLX 15인승 장축 버스의 가격은 49,300천원임

○ ARMA모델의 대당 가격은 250,800천원 (= 200,000유로 x 1,254 원/유로, 2017년 1월 19일 기준) 임

○ ARMA 모델에서 타우니 DLX 15인승 장축모델의 가격을 제외한 가격을 무인운행 시스템 가격으로 추정함.

○ 무인운전 시스템 비용 (대당) = 201,500천원→403,000천원/2대/년

○ 도입비용과 별도로 무인 운행 시스템의 유지보수비용을 도입 2년차부터 도입비용의 10%로 가정함→40,300천원/2대/년

(2) 전기동력 시스템의 비용

① 동력 시스템별 차량 및 차량 유지보수 비용

○ 현재 (주)우진산전社가 양산중인 디젤하이브리드 방식의 BRT 가격은 약 15억원임

○ BRT 시리즈타입 디젤하이브리드(배터리 50kWh 탑재중) 시스템과 플러그인충전 방

식 전기동력(배터리 250kWh 탑재 시) 시스템의 두 차종의 양산 비용은 비슷할 것으로 추정됨((주)우진산전社 자체 검토 결과)

○ 무선충전 차량의 경우 플러그인충전 차량과 비교하여 픽업(Pick up) 장치, 정류(Rectifier) 장치, 전압 안정(Regulator) 장치가 추가로 장착되어야 하며 그 가격은 약 1억원으로 예상됨((주)우진산전社 자체 검토 결과)

○ 차량내 전기동력 시스템의 유지보수비용을 도입 2년차부터 도입비용의 10%로 가정함

<표 4-4-9> 각 시스템을 장착한 차량의 예상 가격

<단위: 천원>

구분	디젤하이브리드	전기동력(플러그인)	전기동력(무선충전)
차량 가격(1대)	1,500,000	1,500,000	1,600,000
동력 시스템 유지보수 비용(1대)	150,000	150,000	160,000

※ (주)우진산전社 자체 검토 결과

○ 따라서, 기존 디젤하이브리드 시스템 대비 전기동력-플러그인 시스템의 도입비용은 0원이며, 전기동력-무선충전 시스템의 도입비용은 100,000천원임→200,000천원/2대

○ 전기동력 시스템의 유지보수 비용도 마찬가지로, 전기동력-무선충전 시스템의 경우만 10,000천원이 매년 발생함→20,000천원/2대/년

② 구동축전지 교체 비용

○ 무선급전 방식의 경우 주행 노선에서 실시간으로 충전하는 컨셉으로서 구동축전지 용량이 일반 플러그인충전 방식보다 1/2수준으로 탑재가 가능하였으나, 무선충전의 경우 일반 플러그인충전 방식과 동일하게 주행 후 차고지에서 충전하는 방식이므로 구동축전지의 용량을 동일하게 250kWh으로 가정하여 산출함

<표 4-4-10> 각 시스템의 구동축전지 교체 비용

<단위: 천원>

구분	디젤하이브리드	전기동력(플러그인)	전기동력(무선충전)
구동축전지 용량	50kWh	250kWh	
구동축전지 교체 비용(1회)	27,500	137,500	

※ 구동축전지 단가 : 500$/kWh(1$=1,100원 가정, 출처 : Journal of Industrial Ecology, "Integrated Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost Model for Comparing Plug-inversus Wireless Charging for an Electric Bus System" Volume 21, Number 2)

❍ 따라서, 구동축전지 교체에 발생하는 비용은 플러그인 및 무선충전 방식 모두 110,000천원/5년 발생함→220,000천원/2대/5년

③ 충전인프라 구축 및 유지보수 비용

❍ 급속충전을 위하여 충전 장치는 개당 300kW급으로 차량 2대당 1개를 설치할 필요가 있으며, 충전 장치 설치를 위한 수전 공사비용과 디젤 충전소 설치비용은 고려하지 않음

❍ 300kW급 플러그인 충전기의 개당 단가는 약 85,000천원으로 조사됨(출처 : (주)우진산전社의 300kW 충전기 가격)

❍ 무선충전 방식의 인프라 구성은 선로와 인버터로 구성되어있으며 급전 선로의 단가는 1개 구간이 약 3천만원이며, 급전 인버터의 단가는 36만원/kW임(출처 : 저비용 무선충전 전기버스 시스템 상용화 기술 개발 최종보고서)

❍ 충전 인프라 유지보수 비용은 인프라 구축비용의 10%로 산정, 디젤 충전소의 유지보수는 충전횟수가 적고 전국 인프라의 사용이 가능하므로 고려하지 않음

❍ 플러그인충전 방식은 충전에 필요한 현장운영 및 관리인원을 1일 2명으로 운영할 필요가 있으며, 관리인원 2인의 연간 인건비는 다음과 같음

- 1인당 월평균급여 * 12개월 * 2인 * (1 + 임금 오버헤드)

= 2,105,736 * 12 * 2 * 1.206 = 60,948,423원/년

❍ 무선충전 방식은 차고지의 주차 구역에서 차량이 자동으로 주차되면 자동으로 무선충전되는 방식이므로 별도의 현장운영 및 관리인원이 필요 없을 것으로 예상됨

<표 4-4-11> 전기동력 시스템의 충전인프라 구축비용

<단위: 천원>

구분	디젤하이브리드	전기동력(플러그인)	전기동력(무선충전)
충전인프라 구축(1개)	-	85,000(300kW 충전기)	-30,000(급전선로, 1대 주차구역) -108,000(급전 인버터, 300kW, 36만원/kW)
충전인프라 유지보수	-	8,500/년	13,800/년
충전소 운영 인력(2인)	-	60,948/년	-

※ 한국과학기술원, "저비용 무선충전 전기버스 시스템 상용화 기술 개발 최종보고서", 2016

❍ 따라서, 전기동력-플러그인 방식은 충전인프라 구축비용 85,000천원/개, 충전인프라 유지보수 비용 8,500천원/년, 충전소 운영 인력 비용 60,948천원/년 발생

❍ 전기동력-무선충전 방식의 경우, 인프라 구축비용 138,000천원/개, 충전인프라 유지보수 비용 13,800천원/년 발생

(3) 비용산정 결과

❍ 제시된 비용은 기존 디젤하이브리드 방식의 유인운전 BRT를 전기동력 방식의 무인운전 BRT로 변경했을 때 추가적으로 소모되는 비용이며, BRT 2대 운행에 대한 비용임

<표 4-4-12> 비용 산정 결과 (BRT 2대 기준)

<단위: 천원>

연도	전기동력(플러그인) 방식 무인운전 BRT	전기동력(무선충전) 방식 무인운전 BRT	비고
2019	557,448	774,800	차량구매, 무인운전 시스템 도입, 자동주행충전인프라 구축, 차량/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2020	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2021	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2022	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2023	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2024	329,748	294,100	구동축전지 교체, 무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2025	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라

			유지보수, 충전소 관리 인력
2026	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2027	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2028	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2029	472,448	636,800	차량구매, 무인운전 시스템 도입, 자동주행충전인프라 구축, 차량/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2030	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2031	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2032	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2033	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2034	329,748	294,100	구동축전지 교체, 무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2035	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2036	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2037	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력
2038	109,748	74,100	무인운전 시스템/전기동력 시스템/충전 인프라 유지보수, 충전소 관리 인력

바. 혜택 분석

❍ 편익은 크게 직접편익과 간접편익으로 구분할 수 있으며 직접편익만 분석함

❍ 직접편익은 다시 사용자 편익과 비 사용자 편익으로 구분하는데, 사용자 편익은 도로 사용자가 운전 중에 얻게 되는 경제적. 시간적 및 심리적 요소들을 포함함

(1) 무인운전 시스템의 편익

❍ 무인운전 시스템의 편익은 현실적으로 계량화가 가능한 차량운행비용 감소편익, 대기오염비용 절감, 교통사고 절감이 중요 항목으로 적용함

❍ 본 연구의 편익 산정방법 및 원단위는 “한국개발연구원, 「도로・철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완연구(제5판)」, 2008”에서 제시하고 있는 지표를 활용하였음

① 차량운행비용 절감편익

❍ 차량운행비용은 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비, 감가상각비로 이루어짐

❍ 차량운행비 분석은 임금, 보험표 및 차량검사료를 제외한, 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비, 감가상각비를 대상으로 함

❍ BRT 평균속도가 50km이므로 대형버스 기준 시속 50km의 차량운행비용을 이용하여 다음과 같이 추정할 수 있다.

❍ 무인 BRT 도입으로 인한 유류비와 타이어 마모비의 절감비율은 최소 20%에서 최대 50%로 추정됨.

❍ 최소치와 최대치의 중간값인 35%를 기준치로 사용

<표 4-4-13> 기존 BRT 대비 차량운행비용

평균시속 50km	유류비	엔진오일비	타이어 마모비	유지관리비	감가상각비	합계 (원/km)
기존 BRT	512.08	9.50	4.90	21.57	169.99	718.04
무인 BRT	332.85	9.50	4.90	21.57	169.99	538.81

※ 무인 BRT의 유류비, 타이어 마모비 절감 비율 : 35%

❍ 분석대상 BRT의 연간 총운행 거리는 131,400 km 이므로 각 대안별 연간 운행비용은 다음과 같다

- 기존 BRT = 131,400 km * 718.04 원/km = 94,350,456원

- 무인 BRT = 131,400 km * 538.81 원/km = 70,799,634원

- 무인 BRT 도입으로 인한 연간 절감비용 = 23,550,822원→47,102천원/2대/년

② 환경비용 절감편익

❍ 매킨지 보고서 (2015)에 따르면 무인자동차 도입 시 최적화된 운행으로 인해 절감되는 $C0_2$ 가 최대 60%에 이를 것으로 예측함

○ 무인 BRT 도입 시 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOX), 미세먼지(PM)도 이산화탄소(CO2)와 같은 비율로 절감된다고 가정함

○ BRT 평균속도가 50km이므로 대형버스 기준 시속 50km의 대기오염비용은 최소 0%에서 최대 60%로 추정됨.

○ 무인 BRT 도입으로 인한 대기오염비용 절감비율은 30%를 기준치로 사용함

<표 4-4-14> 기존 BRT 대비 대기오염비용

<단위: 원/km>

평균시속 50km	합계
기존 BRT	200.41
무인 BRT	140.29

○ 분석대상 BRT의 연간 총운행 거리는 131,400 km 이므로 각 대안별 연간 비용은 다음과 같다

- 기존 BRT = 131,400 km * 200.41 원/km = 26,333,874원

- 무인 BRT = 131,400 km * 140.29 원/km = 18,434,106원

- 무인 BRT 도입으로 인한 연간 절감비용 = 7,899,768원→15,800천원/2대/년

③ 교통사고 비용 절감

○ 교통사고비용은 교통사고로 발생하는 모든 경제적 손실을 화폐적 가치로 환산한 것임

○ 경제적 손실이은 교통사고로 인해 개인 및 사회 전체에 발생하는 손실까지 포함하여야 함

○ 직접 손실비용, 교통사고처리비용, PGS 비용 등을 교통사고비용으로 정의함

○ 그 외에도 도로상에서 지체가 발생함으로써 도로 이용자에게도 시간 및 경제적 비용이 발생되지만, 이는 일반적으로 분석에서 제외함

○ Morgan Stanley 보고서(2013)에 따르면 교통사고의 90%는 인적오류(human error)에

의한 것으로 분류되며, 무인 자동차 도입 시 최대 90%의 교통사고 절감효과가 있을 것으로 추정됨

❍ 본 연구에서는 경제성분석을 위해 최소치(0%)와 최대치(90%)의 중간값인 45%를 기준치로 사용함

❍ 분석대상 BRT의 연간 총운행 거리는 131,400 km이고, 적용도로를 '지방도'라고 가정할 때 각 대안별 연간 비용은 다음과 같다

- 따라서 교통사고 절감에 따른 혜택은 연간 1,686,742원으로 추정됨→3,373천원/2대/년

<표 4-4-15>기존 BRT 대비 교통사고 사망자 및 부상자 수

<단위: 명>

지방도	1억대-km당 사망자 수	기존 BRT	무인 BRT (45% 절감 시)
사망자 수	2.4	0.0026	0.0014
부상자 수	73.6	0.079	0.043

<표 4-4-16> 기존 BRT 대비 교통사고 비용

<단위: 원>

지방도	기존 BRT	무인 BRT
사망자 비용	1,663,240	914,782
부상자 비용	2,085,076	1,146,792
합계	3,748,316	2,061,574

※ 1) 무인 BRT 교통사고 사망률을 45%로 가정.
2) 교통사고 절감율은 최대 90% 향상될 수 있음.

(2) 전기동력 시스템의 편익

❍ 기존 디젤하이브리드 시스템 BRT를 전기동력 시스템 BRT로 대체함으로써 얻게 되는 편익중 현실적으로 계량화가 가능한 차량운행비용 감소편익, 환경비용절감 편익을 중요 항목으로 적용함. 구동시스템 변화에 따른 교통사고 절감의 편익은 없음

① 차량 운행비용 절감 편익

❍ 차량운행비 분석은 임금, 보험표 및 차량검사료를 제외한, 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비, 감가상각비를 대상으로 함. 여기서, 타이어 마모비, 감가상각비는 구동방식의 변경에 따른 차이가 없으며, 전기동력 방식의 경우 유지관리비가

디젤하이브리드 방식에 비해 증가하므로 앞선 “(5) 비용 분석”에서 유지관리비를 산정함

❍ 각 시스템의 운행비용(유류비+엔진오일비)은 다음의 에너지소비효율, 연간 연료의 사용량으로부터 다음과 같이 산정함

<표 4-4-17> 각 시스템의 운행비용

<단위: 천원>

구분		디젤하이브리드 시스템	전기동력 시스템
유류비	에너지소비효율	2.4km/ℓ	1.6kWh/km
	연료 단가	1229.0원/ℓ	173.8원/kWh
	단위 유류비	512.1원/km	278.1원/km
엔진오일비		9.5원/km	-
운행비 소계		521.6원/km	278.1원/km
연간 주행거리		131,400km(360km × 365일)	
시스템별 운행비용		68,536천원/년	36,540천원/년

※ 전기자동차의 전기 충전 단가 출처 : http://ev.or.kr (17/07/10)
※ 자동차용 경유 단가 출처 : http://www.knoc.co.kr (17/07/10)

❍ 따라서, 전기동력 시스템의 운행비용 편익은 31,996천원/년 발생→63,993천원천원/2대/년

② 환경비용 절감 편익

❍ BRT 평균속도가 50km에서의 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_X), 미세먼지(PM)도 이산화탄소(CO_2)를 고려한 대기오염 비용은 200.41원/km 발생. 전기동력 버스의 경우, 질소산화물등의 유해 배기가스가 발생하기 않으므로 기존 BRT의 대기오염 비용이 모두 편익으로 산정됨 (서울특별시, “2차 수도권 대기환경관리 서울특별시 시행계획, 2016년)

- 200.41원/km * 131,400km = 26,333,874원/년→52,668천원/2대/년

(3) 편익 산정 결과

❍ 제시된 편익은 기존 디젤하이브리드 방식의 유인운전 BRT를 전기동력 방식의 무인

운전 BRT로 변경함으로 인해 발생하는 편익이며, BRT 2대 운행에 대한 편익임

○ 계량화가 비교적 용이한 차량운행비용 절감편익, 환경비용 절감편익, 교통사고 절감편익을 대상으로 하였으며, 전기동력 방식 변경에 따른 교통사고 절감 편익은 발생하지 않음

<표 4-4-18> 편익 산정 결과 (BRT 2대 기준)

<단위: 천원>

연도	무인운전 시스템의 편익				전기동력 시스템의 편익 (플러그인 및 무선충전 동일)			비고
	운행비용 절감	환경비용 절감	교통사고 절감	소계	운행비용 절감	환경비용 절감	소계	
2019	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2020	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2021	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2022	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2023	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2024	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2025	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2026	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2027	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2028	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2029	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2030	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2031	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2032	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2033	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2034	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2035	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2036	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2037	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	
2038	47,102	15,800	3,373	66,275	63,993	52,668	116,660	

사. 경제적 타당성 분석 결과

(1) 개요

○ 대부분의 투자에 있어서 비용의 발생은 한 시점에서만 발생하는 것이 아니라 일정 기간 중 적절한 시기에 나누어서 지출하게 되는데 이러한 비용의 지출 시기와 각 시점에 지출되는 액수를 현금 흐름(cash flow)이라 함

○ 이 때 서로 다른 시점에 지출되는 비용의 가치는 액수가 같더라도 이자율 때문에 달라짐. 즉 같은 액수의 지출이라도 언제 지출하느냐에 따라 그 가치가 달라짐. 예를 들면 현시점에서 10,000원을 투자하는 것은 이자율을 10%라고 가정할 때 1년 뒤에 11,000원을 투자하는 것과 같은 비용을 수반하게 됨

○ 따라서 서로 다른 대안의 경제성 분석을 위해서는 현금 흐름 상에 나타난 지출 시기와 비용을 같은 시점에서 지출할 때의 가치로 환산하여 비교하는 것이 타당함

○ 할인율(discount rate), 편익/비용 비율(Benefit-Cost ratio, B/C ratio), 순현가 (Net Present Value : NPV), 그리고 내부수익률(Internal Rate of Return : IRR)을 기준으로 편익을 계산함

○ 경제적 타당성 분석 결과: 전기동력-무선급전 시스템의 편익/비용비(B/C)=1.034, 순현재가치(NPV)=71,239천원으로 B/C=0.998, NPV=-3,976천원인 전기동력-플러그인 시스템에 비해 선호되는 것으로 확인됨.

○ 플러그인 시스템 대비 무선충전 시스템은 경제성이 더 우수할 것으로 예측됨. 또한, 플러그인 방식의 경우 사람이 직접 고전원의 충전기를 조작함으로 인한 안전 문제와 아직 대형 전기 차량에 대해서 충전 규격이 정해지지 않음으로 인하여 차량 제작사마다 충전기의 호환성 문제가 제기되고 있음

○ 정차장내 정위치 정차 기술과 배터리 잔량에 따라서 자동으로 충전하는 기술이 병행이 된다면 무선충전의 경우 사람의 개입 없이 지속적으로 충전 및 운행이 가능할 것으로 판단됨

<표 4-4-19> 경제적 타당성 분석 결과

<단위: 천원>

연도	전기동력(플러그인) 방식 무인운전 BRT		전기동력(무선충전) 무인운전 BRT	
	비용	편익	비용	편익
2019	557,448	182,935	774,800	182,935
2020	109,748	182,935	74,100	182,935
2021	109,748	182,935	74,100	182,935

2022	109,748	182,935	74,100	182,935
2023	109,748	182,935	74,100	182,935
2024	329,748	182,935	294,100	182,935
2025	109,748	182,935	74,100	182,935
2026	109,748	182,935	74,100	182,935
2027	109,748	182,935	74,100	182,935
2028	109,748	182,935	74,100	182,935
2029	472,448	182,935	636,800	182,935
2030	109,748	182,935	74,100	182,935
2031	109,748	182,935	74,100	182,935
2032	109,748	182,935	74,100	182,935
2033	109,748	182,935	74,100	182,935
2034	329,748	182,935	294,100	182,935
2035	109,748	182,935	74,100	182,935
2036	109,748	182,935	74,100	182,935
2037	109,748	182,935	74,100	182,935
2038	109,748	182,935	74,100	182,935
현가(PV)	2,190,119	2,186,143	2,114,904	2,186,143
B/C	**0.998**		**1.034**	
NPV	**-3,976**		**71,239**	
IRR	**5.3%**		**7.3%**	

제5장 과제공모 방안

제1절 과제제안 요구서

1. (연구단) 총괄 RFP

연구과제명	자동주행기반 전기동력 대용량 BRT 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 센서를 통해 주변 상황을 스스로 인지하고 관제 정보를 수신하여 승객의 안전성을 확보하면서 전용차선에서 자동주행이 가능한 BRT 자동주행 시스템 개발 ○ 대용량 BRT용 순수전기동력 요소기술 및 전기동력 자동주행 차량 개발 ○ 대용량 자동주행 BRT의 관제 서비스 기술 및 관제시스템과 대용량 자동주행 BRT와의 통신 및 제어 기술 개발 ○ 본 연구에서는 대용량 BRT용 자동주행 시스템, 순수전기동력 시스템을 제작하여 차량에 탑재하고, 관제 서비스 및 통신·제어 기술을 개발하여 시범노선에서 그 성능과 안전성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ BRT는 도심과 외곽을 잇는 주요 간선도로에 전용차로를 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 신대중교통 시스템임 ○ 승강장·환승정거장·정보체계 등 지하철의 시스템을 버스운행에 적용하여 버스의 정시성과 지하철도의 신속성·수송능력을 모두 갖게 하는데 개발 목표가 있음 - 주변 교통상황 정보를 주고받으며 안전하게 최적 경로로 이동하기 위해서 전용노선 자동주행 시스템을 개발할 필요가 있음 ○ 대중교통 자동주행기술은 미국과 유럽에서 연구가 활발히 되고 있으며 테스트 단계를 거쳐 실용화를 앞두고 있음 - 이지마일(스위스), 올리(미국), 퓨처버스(독일), 나비야(프랑스), 게이트웨이(영국), 로봇셔틀(일본) 등 ○ 국제 교통 포럼의 Automated and Autonomous Driving Regulation under uncertainty 에 따르면 도심지역의 자동주행에 대해서 대중교

통인 버스가 자동주행이 되는 시기를 약 2020년 경으로 보고 있음.

○ Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (NHTSA, '13.5) 정책보고서에 따르면 2020년 말까지 안전도 향상, 화물 물류 및 환경 개선 등을 위해 업계와 공기관이 협업하여 광범위한 부분 자동주행 시스템(Partially automated vehicle system) 도입을 예측함

○ A 2050 Vision for London - what are the implications of driverless transport에 따르면 자동주행버스의 도입으로 평균 40% 버스 운송원가 절감이 가능하고, 자동주행 택시 등은 아이들타임이 감소하고, 요금이 줄어들 것으로 봄

○ 중국 바이두는 자동주행 버스가 자율차의 첫번째 웨이브가 될 것으로 예측함, 그리고 2019년에는 일부지역에 2021년에는 전방위적으로 적용될 것으로 예측함

○ 국토부는 제2차 자동차정책 기본계획을 수립하면서 2020년 레벨 3 (제한적인 수동제어만 허용하는 단계) 자율주행차를 상용화하고 결함 있는 신차를 교환, 환불하는 제도를 도입하겠다고 확정함

○ 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통의 활성화가 필요 (전기 동력 전환을 통한 PM 배출량 해결 및 타이어 마모에 의한 먼지 발생 저감을 위해 대중교통 활성화 필요)

○ 그동안 시내노선용으로 순수전기동력 버스를 활용하기 위해 정부와 민간에서 다양한 충전 방식의 전기저상버스를 개발하여왔으나 구동축전지의 에너지밀도(Wh/L, Wh/kg)와 급속충전 기술의 한계로 널리 활성화 되지 못하고 있는 실정으로서 대용량 BRT 차량에 적용 시 효과적 활용이 가능함

- 대용량 BRT 차량의 경우 구동축전지를 순수전기동력 버스 보다 많은 용량을 탑재할 수 있으며 복잡하지 않은 전용노선을 운행하기 때문에 운행패턴에 적합한 배터리 용량과 충전시간을 산출하여 효과적으로 활용 가능

○ 순수전기동력과 자동주행 시스템 개발 시 실차 장착을 통한 성능과 내구성 확인 필요

- 대용량 BRT 차량용으로 개발된 순수전기동력 시스템과 자동주행 시스템을 실차에 장착하기 위한 차량 설계 및 제작, 제작된 차량의 안전기준의 적합여부와 상용화 가능여부를 확인하기 위하여 성능시험, 내구성 확인, 시범 운영 필요

	○ BRT 자동주행을 위해서는 승객의 안전성 향상을 위해 차량외부에서 지속적인 상태를 감시하고 적극적으로 개입하여 사전에 위험상황을 대비하는 기술이 필요함 ○ 자동차 제작사 주도의 자동주행 기술에는 관제의 개념이 도입되어 있지 않지만, 이미 대다수의 대중교통에서는 정시성, 안전성 확보를 위해서 관제의 개념이 도입되어 있으며 자동주행이 확대될 경우 관제의 개념도 확대되어 더욱 중요한 기술이 될 수 있음. ○ BRT 사업의 경우 운행에 대한 권한을 정부가 가지고 있으므로 정보를 활용하여 적극적으로 운행제어를 진행할 수 있음 - 새로운 제어정보와 기존의 C-ITS 기술과 연계하는 것이 필요하며 또한 차량내 제어단말기와 인터페이스 하는 기술이 필요함 - 다수의 승객이 이용하므로 좀더 엄격한 통신보안기술이 필요함 ○ 국내 산자부 전기자동주행차 기술로드맵에 따르면 인프라 차량간 통신기술을 통해 중앙센터에서 원격으로 제어해 교통체증을 해결하는 것을 제시함 - 중앙센터의 판단제어기술 개발이 필요하며, 기타환경에 따라서 스마트하게 운용할 수 있는 방법이 필요함. - 유지관리측면에서도 자동화된 기능과 원격제어 기술들이 필요함 ○ 대용량 BRT는 자동주행에 따른 정류장의 안전성을 높이는 방법이 필요하며, 이를 위해 정류장 감시와 대응 기술들이 필요함
□ 기술동향	○ 대중교통의 자동주행 시스템 개발 동향 - 프랑스 나브야가 개발한 자동주행버스는 승객 11명을 태우고 최대 시속 20km로 운행하였으며, 영국 런던, 프랑스 리옹 등에서 일반도로를 주행 시험 성공 - 일본 DeNA의 로봇셔틀은 최고 속도 40km/h로 지바현 마쿠하리 신도심 이온몰에서 서비스를 수행하였고, 센보쿠시에서 장기 실증시험 시작 - 벤츠사는 자동주행 시내버스인 퓨쳐 버스(Future Bus)를 네덜란드 암스테르담에서 시험주행에 성공하였음. 시티파일럿 시스템이 탑재되어 최고 시속 70km/h로 자동주행 운전 수행 - 긴급제동시스템(AEB), 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC), 차선유지지원시스템(LKAS) 등 자동주행 핵심 기능은 승용차에 적용되기 시작하였고, 상용차에 적용하기 위한 SW 기술 개발중 ○ 국내에서는 국토교통부에서 12월부터 판교역 ~ 판교창조경제밸리의 2.5km 구간에서 12인승 자동주행 셔틀버스를 시범 운행하겠다고 발

표하였음

○ 대용량 BRT 차량 개발 동향

- 국외는 BRT 노선에서 운행중인 차량은 일반버스, 굴절버스, 이중굴절버스, 2층 버스 등 다양한 차량을 활용하고 있으며 도시의 계획 단계부터 목적에 맞게 차량을 개발하여 공급하는 경우도 있음(Brazil Curitiba, France Metz 등)
- 국내의 경우 첨단 BRT 노선에 보급할 수 있도록 정부과제를 통하여 개발된 신교통수단인 '바이모달 트램'이 있으나 2006년 사업 당시 개발된 자동주행이나 정밀정차와 같은 첨단 기능은 법적•제도적인 문제와 10여년 전의 기술로 신뢰성 및 안전성의 문제로 실용화 사업의 바이모달 트램에서는 그 기능들이 옵션화 되었고, 바이모달 트램이 일반 버스와 같이 분류되어 일반 버스와 비교 시에 고가의 차량으로 인식되어 외면 받고 있는 실정임

○ 순수전기동력방식 BRT 개발 동향

- 중국은 극심한 대기오염으로 주요도시의 시내버스를 전기버스로 전환하는 프로젝트를 추진중에 있으며, 유럽과 북미 지역을 중심으로 급속충전방식의 전기버스를 개발하여 보급중임
- 국내의 경우 다양한 충전방식의 전기버스를 양산화하여 여러 지자체에서 구매하여 활용하고 있으나 11m급 시내저상버스 모델로만 개발되어 보급·활용에 제약이 많음

○ 급속충전 배터리 및 충전기 개발 동향

- 국내외 다수의 기업을 중심으로, 리튬이온전지의 단점을 개선하고자 전고체전지, 리튬-황 전지, 나트륨/마그네슘 이온 전지, 리튬-공기 전지 등 이차전지 후보 기술들을 개발하고 있음
- 전기버스에 적용되는 대용량 배터리의 긴 충전시간을 극복하기 위해 다양한 충전방식에 대한 검토가 시도되고 있음. 특히 국내에서는 플러그 인 방식, 배터리 자동 교환 방식, 무선충전방식 등이 사용되고 있으며, 유럽 및 미국 등 해외에서는 팬터그래프 방식도 사용이 되었음

○ 관제 서비스 기술의 기술개발동향

- 버스:
  - · 국가대중교통정보센터(TAGO): 전국대중교통정보를 연계하기 목적으로 운영되나 신뢰성 문제가 있으며, 시내버스를 제외하고 실시간 위치정보 제공을 하지 않음
  - · 대중교통관제시스템(TOPIS, BIS/BMS): GPS와 무선통신장비등을 설치하여 버스위치, 배차간격, 도착예정시간 등의 정보를 제공하나 사고예방

정보와 사고시 차량제어기능은 없음

- 철도:
  - · 중앙에서 집중 제어하는 CTC(Centralized Traffic Control) 장치를 운영하고 있음 (운행스케줄관리, 열차운행, 신호설비를 통한 열차진로/간격 등을 제어)
  - · 국내 신분당선, 용인경전철, 부산4호선, 김해경전철 등 무인운전의 경우 양방향 실시간 통신을 구축하여 비상상황시 관제실에서 차량 내 실시간 영상을 통한 운행제어

○ 자동주행을 위한 통신 및 제어기술의 기술개발 동향

- C-ITS기술은 국내 고속도로 일부구간(서울-세종, 서울-덕평)에 WAVE통신기술을 이용하여 도로정보나 돌발상황에 대한 정보를 제공하는 시범서비스를 하고 있으나 차량으로의 정보제공에 국한됨
- 미국 및 유럽에서는 V2X를 미래 주요통신기술로 판단하고 있으며, 서비스 기술개발 및 표준화와 인증을 위한 활동을 적극적으로 진행하고 있음.

○ 현재 관제시스템은 대중교통의 효율적인 운영관리를 위한 시스템으로 활용되고 있어 자동주행을 위한 관제시스템으로 운영하기 위해서는 연구개발을 통해 양방향 정보의 양을 늘리고 적극적인 개입이 가능하도록 연구개발을 해야 함

○ 통신시스템의 경우 자동주행을 도와주는 방향으로 연구개발이 진행되고 있으나 대중교통보다는 소형 개인차 위주로 연구개발이 되기 때문에 대중교통의 승객 및 정류장을 고려한 안전성을 높이는 연구가 필요한 실정임

3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	□ (1세부) 대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발 ○ 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발 (TRL 7단계) - 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 · BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술 · BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술 · 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술 - 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 · BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술 · 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술 · 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술

- 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술
  · 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술
  · 수동주행/자동주행 모드 및 ADAS 모드 전환

○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발 (TRL 7단계)

- 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발
  · 자동주행 BRT의 정류장 진입 및 진출 유도 기술
  · 차량 위험도 판단에 따른 차량 내 위험 경고 HMI(시각, 촉각, 청각) 기술
  · 가속도, 저크를 고려한 승객전도 방지 속도제어 프로파일
- 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발
  · 야간, 악천후시 자동주행 센서의 인지성능 향상을 위한 전용차선 및 도로표식 기술 개발 및 성능 평가
  · 정류장, 교차로, 진출입지점에서의 일반차량과 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선
  · 주행 환경(노선내 동일 wheel pass 주행)을 고려한 전용노선 형식 및 포장 기술
- 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발
  · 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 형식
  · 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등)
  · 자동주행 BRT 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설

□ (2세부) 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발

○ 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 (TRL 8단계)

- 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발
  · 자동주행시스템 및 급속충전형 배터리 장착 설계 기술 개발
  · 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발
  · 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발
- 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가
  · 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작
  · 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등)
  · 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가
- 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발
  · 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행
  · 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발
  · 시험운행 데이터 기반 경제성 분석

○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 (TRL

7단계)

- 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술
  - · BRT 자동주행용 액추에이터 개발
  - · 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증
- 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발
  - · 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원 시스템 및 통신기술
  - · 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발
- 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발
  - · 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증
  - · Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술
- 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발
  - · 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술
  - · 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술

○ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발 (TRL 8단계)

- 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발
  - · 대용량 BRT 운행시나리오 기반 배터리 및 충전기 상세 사양 검토
  - · 급속충전 배터리 및 충전기의 대용량 BRT 적용기술 개발
  - · 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술(과충전/방전 방지, 온도 제어 등) 개발
- 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가
  - · 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작
  - · 충전기 배치 최적화 및 충전기 설치 인프라 설계/제작
  - · 배터리 및 충전기 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가
- 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발
  - · 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집
  - · 운행 데이터 기반 배터리 및 충전기 설계 보완
  - · 환경 영향성(온도 등) 고려한 배터리 성능 향상 기술 개발

□ (3세부) 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발

○ 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발 (TRL 7단계)

- 시범노선 운영 시나리오 개발

· 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발
· 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발
· 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발
- 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발
· 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발
· 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발
· C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술 개발
- 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발
· 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발
· 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발
- 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발
· 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발
· 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어기술 개발
· 차량 상태 모니터링 기술개발
○ V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발 (TRL 7단계)
- C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축
· 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술개발
· C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발
· C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발
- 제어정보 차량 전송 기술 개발
· 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발
· 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발
- 시범사업을 통한 현장평가
· 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련
· 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축
· 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영

4. 연구개발 추진방법	

□ 추진전략

○ 연차별로 목표를 수립하고 적절한 추진전략을 수립해야함
- 1차년도 : 조사, 분석, 설계, 요소기술 개발
· 자동주행, 승객안전성 기술, 편의성 향상 기술등의 요소기술 개발
· 자동주행 및 순수전기동력 시제차량 설계, 급속충전 배터리 및 충전기 개발
· 스마트 관제 모니터링 요소기술 도출, V2X에서 자동주행 대중교통의 요구사항 도출
- 2~3차년도: 시제품 제작, 성능검증, 시험구간 운행

	· 차량적용을 통한 개별테스트, 시험구간 운행등을 통한 문제점 도출 · 순수전기동력방식 시제차량 제작 및 성능 평가, 개발 요소기술의 실차 성능 평가 및 내구성 평가 · 이벤트 발생 상세 정보 확인을 위한 스마트관제 모니터링 기술 개발, 자동주행 최적화를 위한 판단 알고리즘 기술 개발, 차량 관제간 수집을 위한 통신 시스템 개발, 신뢰성 있는 자동주행 대중교통 통신 방법개발 - 4차년도 : 통합 실증시험 및 테스트베드 구축·운용 · 통합 실증시험을 통한 문제점해결 및 인증 · BRT 전용도로 시범 운행 및 상용화 전략 수립 · 현장적용을 통한 관제시스템 성능검증 및 안정적인 운용을 위한 통신시스템 최적화 ○ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 - 특히 성능 확인을 위한 기준, 성능 시험 절차 등 구체적 제시 ○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 기존 선행연구 분석을 통하여 중복성을 피하고 연계방안 제시 ○ 요소부품들의 기성품이 존재하는 경우, 국내외 기술도입을 통하여 최대한 단기간에 상용화 할수 있도록 기술개발 진행 ○ 자동주행 현장테스트 베드는 지자체와 협의를 통해 시험노선 확보 또는 자동주행 전용인프라(K-city 등) 등을 적극적으로 활용 ○ 연구시험 장비의 경우 국내 출연연구기관이나 기업연구소의 보유장비들을 적극적으로 활용하여 중복투자를 예방해야함
□ 추진체계	○ 연구개발 해당 기술에 대해 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문 ○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등) ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모
5. 최종성과물	

□ 주요 최종 성과물	○ 대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발 - 긴급자동제어, 순항제어시스템, 차선유지 기능을 포함한 BRT 차량용 자동주행 시스템 - 차량 가감속시 및 정류장에서의 승객 안전성 확보 시스템 - 자동주행 지원 도로 표식, 포장, 랜드마크를 포함한 BRT 자동주행 지원을 위한 전용노선 인프라 - BRT 이용승객 편의성이 향상된 정류장 및 앱 ○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 - 개발된 순수전기동력과 자동주행 요소기술이 적용된 대용량 BRT 시제 차량 - 자동차안전기준 적합 확인 시험 보고서 및 내구성 확인 시험 보고서 - 차량 상용화를 위한 설계도 및 상용화 전략 보고서 - 구동축전지·충전기 시제품 및 안전성 시험 보고서 ○ 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발 - 스마트 관제를 위한 핵심 소프트웨어 - 자동주행 BRT 차량 운행관제시스템 - 관제 및 차량간 데이터 전송장치 - 호환기능을 갖는 차상 및 지상간 통신장비

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2021. 12 (48개월)

○ 총 정부출연금 : 20,000 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12 (12개월)	4,210 이내
2차	2019. 1 ~ 2019. 12 (12개월)	6,856 이내
3차	2020. 1 ~ 2020. 12 (12개월)	5,150 이내
4차	2021. 1 ~ 2021. 12 (12개월)	3,784 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부설명 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

○ 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

○ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

2. (연구단) 세부 과제별 RFP

연구과제명	중점분야 1: 대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 센서를 통해 주변 상황을 스스로 인지하고 관제 정보를 수신하여 승객의 안전성을 확보하면서 전용차선에서 자동주행이 가능한 BRT 자동주행 시스템 개발 - 주변환경 인식 및 판단 시스템 개발 ○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보를 위한 요소기술 개발 - 승객 안전성 확보 및 전용노선 인프라 개선 기술 개발 - 이용 편의성 향상을 위한 지원 기술 개발 ○ 본 연구에서는 대용량 BRT용 자동주행 시스템을 제작하여 차량에 탑재하여 시범노선에서 그 성능과 안전성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ BRT는 도심과 외곽을 잇는 주요 간선도로에 전용차로를 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 신대중교통 시스템임 ○ 승강장·환승정거장·정보체계 등 지하철의 시스템을 버스운행에 적용하여 버스의 정시성과 지하철도의 신속성·수송능력을 모두 갖게 하는데 개발 목표가 있음 - 주변 교통상황 정보를 주고받으며 안전하게 최적 경로로 이동하기 위해서 전용노선 자동주행 시스템을 개발할 필요가 있음 ○ 대중교통 자동주행기술은 미국과 유럽에서 연구가 활발히 되고 있으며 테스트 단계를 거쳐 실용화를 앞두고 있음 - 이지마일(스위스), 올리(미국), 퓨처버스(독일), 나비야(프랑스), 게이트웨이(영국), 로봇셔틀(일본) 등 ○ 국제 교통 포럼의 Automated and Autonomous Driving Regulation under uncertainty 에 따르면 도심지역의 자동주행에 대해서 대중교통인 버스가 자동주행이 되는 시기를 약 2020년 경으로 보고 있음. ○ Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (NHTSA, '13.5) 정책보고서에 따르면 2020년 말까지 안전도 향상, 화물 물류 및 환경 개선 등을 위해 업계와 공기관이 협업하여 광범위한 부분 자동주행 시스템(Partially automated vehicle system) 도입을 예측함

	○ A 2050 Vision for London - what are the implications of driverless transport에 따르면 자동주행버스의 도입으로 평균 40% 버스 운송원가 절감이 가능하고, 자동주행 택시 등은 아이들타임이 감소하고, 요금이 줄어들 것으로 봄 ○ 중국 바이두는 자동주행 버스가 자율차의 첫번째 웨이브가 될 것으로 예측함, 그리고 2019년에는 일부지역에 2021년에는 전방위적으로 적용될 것으로 예측함 ○ 국토부는 제2차 자동차정책 기본계획을 수립하면서 2020년 레벨 3 (제한적인 수동제어만 허용하는 단계) 자율주행차를 상용화하고 결함있는 신차를 교환, 환불하는 제도를 도입하겠다고 확정함
□ 기술동향	○ 대중교통의 자동주행 시스템 개발 동향 - 프랑스 나브야가 개발한 자동주행버스는 승객 11명을 태우고 최대 시속 20km로 운행하였으며, 영국 런던, 프랑스 리옹 등에서 일반도로를 주행 시험 성공 - 일본 DeNA의 로봇셔틀은 최고 속도 40km/h로 지바현 마쿠하리 신도심 이온몰에서 서비스를 수행하였고, 센보쿠시에서 장기 실증시험 시작 - 벤츠사는 자동주행 시내버스인 퓨쳐 버스(Future Bus)를 네덜란드 암스테르담에서 시험주행에 성공하였음. 시티파일럿 시스템이 탑재되어 최고 시속 70km/h로 자동주행 운전 수행 - 긴급제동시스템(AEB), 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC), 차선유지지원시스템(LKAS) 등 자동주행 핵심 기능은 승용차에 적용되기 시작하였고, 상용차에 적용하기 위한 SW 기술 개발중 ○ 국내에서는 국토교통부에서 12월부터 판교역 ~ 판교창조경제밸리의 2.5km 구간에서 12인승 자동주행 셔틀버스를 시범 운행하겠다고 발표하였음
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발 (TRL 7단계) - 멀티 센서 심층학습 기반 고정밀 BRT 주행환경 및 상황 인식 기술 · BRT 주행환경(차량, 보행자, 전용차선, 횡단보도, 교차로 등) 인식 기술 · BRT 정차상황(사각지대 물체 출현, 승객 승하차 시 돌발상황 등의 비상상황 포함) 인식 기술 · 심층학습을 위한 상황별 Big Data 구축 및 병렬처리 기술 - 멀티 센서 기반 BRT 주행 및 정차 상황 판단 기술 · BRT 주행 및 정차를 위한 다계층 지도 구축 기술

· 멀티 센서 기반 BRT 고정밀 측위 기술
· 주행 및 정차상황에 대한 위험도 예측 기술
- 안정적인 자동주행 BRT 차량과 운전자 간 운행 관제권 이양 기술
· 3단계 자동주행 구현 시 안정적인 운전 제어권 이양 기술
· 수동주행/자동주행 모드 및 ADAS 모드 전환

○ 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발 (TRL 7단계)
- 자동주행 BRT의 승객 안전성 확보 기술 개발
· 자동주행 BRT의 정류장 진입 및 진출 유도 기술
· 차량 위험도 판단에 따른 차량 내 위험 경고 HMI(시각, 촉각, 청각) 기술
· 가속도, 저크를 고려한 승객전도 방지 속도제어 프로파일
- 자동주행 BRT 안전성 향상을 위한 전용노선 인프라 개선 기술 개발
· 야간, 악천후시 자동주행 센서의 인지성능 향상을 위한 전용차선 및 도로표식 기술 개발 및 성능 평가
· 정류장, 교차로, 진출입지점에서의 일반차량과 혼재 방지를 위한 도로 기하구조 및 시설물 개선
· 주행 환경(노선내 동일 wheel pass 주행)을 고려한 전용노선 형식 및 포장 기술
- 자동주행 BRT 승객 편의성 지원기술 개발
· 자동주행 BRT 운행 및 승객 편의성을 고려한 정류장 형식
· 정류장내 승객 편의성 지원 시설 및 시스템(요금징수, 차량 운행정보 표시, 조명시설 등)
· 자동주행 BRT 정밀정차 지원 및 충돌방지 시설

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 연차별로 목표를 수립하고 적절한 추진전략을 수립해야함 - 1차년도 : 자동주행, 승객안전성 기술, 편의성 향상 기술등의 요소기술 개발 - 2~3차년도: 차량적용을 통한 개별테스트, 시험구간 운행등을 통한 문제점 도출 - 4차년도 : 통합 실증시험을 통한 문제점해결 및 인증 ○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 기존 선행연구 분석을 통하여 중복성을 피하고 연계방안 제시 ○ 요소부품들의 기성품이 존재하는 경우, 국내외 기술도입을 통하여 최대한 단기간에 상용화 할수 있도록 기술개발 진행

○ 자동주행 현장테스트 베드는 지자체와 협의를 통해 시험노선 확보 또는 자동주행 전용인프라(K-city 등) 등을 적극적으로 활용

○ 연구시험 장비의 경우 국내 출연연구기관이나 기업연구소의 보유장비들을 적극적으로 활용하여 중복투자를 예방해야함

□ 추진체계

○ 연구개발 해당 기술에 대해 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문

○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

○ BRT 차량용 자동주행 시스템

- 긴급자동제어, 순항제어시스템, 차선유지 및 전용노선내 자동주행 시스템
- 차량 가감속시 및 정류장에서의 승객 안전성 확보 시스템

○ BRT 자동주행 지원을 위한 전용노선 인프라

- 자동주행 지원 도로 표식, 포장, 랜드마크

○ BRT 이용승객 편의성이 향상된 정류장 및 앱

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2021. 12 (48개월)

○ 총 정부출연금 : 7,400 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12 (12개월)	1,619 이내
2차	2019. 1 ~ 2019. 12 (12개월)	2,056 이내
3차	2020. 1 ~ 2020. 12 (12개월)	2,106 이내
4차	2021. 1 ~ 2021. 12 (12개월)	1,619 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부설명 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

○ 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

○ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

연구과제명	중점분야 2-1 : 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 대용량 BRT용 순수전기동력 요소기술 개발 - BRT용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전 시스템 개발 - 급속충전 배터리 및 충전기 안전성 향상기술 개발 ○ 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발 - 대용량 BRT 차량용 자동주행 제어시스템 개발 - 자동주행시스템 및 급속충전 배터리 장착 설계 기술 개발 - 신규 장착된 요소기술의 성능 및 내구성 확인 - 시범운행 및 운행데이터 기반 설계 보완 기술 개발 ○ 본 연구에서는 대용량 BRT용으로 개발된 순수전기동력과 자동주행 요소기술을 적용한 차량 제작하여 그 성능과 내구성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통의 활성화가 필요 - 동력계를 전기 시스템으로 바꿈으로서 PM배출량을 원천적으로 해결 가능 - 타이어 마모에 의한 먼지 발생이 배출가스의 20배 이상으로서 승용차 사용 억제 및 대중교통의 활성화 전환 필수 ○ 그동안 시내노선용으로 순수전기동력 버스를 활용하기 위해 정부와 민간에서 다양한 충전 방식의 전기저상버스를 개발하여왔으나 구동축전지의 에너지밀도(Wh/L, Wh/kg)와 급속충전 기술의 한계로 널리 활성화 되지 못하고 있는 실정으로서 대용량 BRT 차량에 적용 시 효과적 활용이 가능함 - 대용량 BRT 차량의 경우 구동축전지를 순수전기동력 버스 보다 많은 용량을 탑재할 수 있으며 복잡하지 않은 전용노선을 운행하기 때문에 운행패턴에 적합한 배터리 용량과 충전시간을 산출하여 효과적으로 활용 가능 ○ 순수전기동력과 자동주행 시스템 개발 시 실차 장착을 통한 성능과 내구성 확인 필요 - 대용량 BRT 차량용으로 개발된 순수전기동력 시스템과 자동주행 시스템을 실차에 장착하기 위하여 차량 설계 및 제작 필요 - 제작된 차량은 국내 자동차 안전기준의 적합여부와 상용화 가능여부를 확인하기 위하여 성능시험, 내구성 확인, 시범 운영 필요

□ 기술동향	○ 대용량 BRT 차량 개발 동향 - 국외는 BRT 노선에서 운행중인 차량은 일반버스, 굴절버스, 이중굴절버스, 2층 버스 등 다양한 차량을 활용하고 있으며 도시의 계획 단계부터 목적에 맞게 차량을 개발하여 공급하는 경우도 있음(Brazil Curitiba, France Metz 등) - 국내의 경우 첨단 BRT 노선에 보급할 수 있도록 정부과제를 통하여 개발된 신교통수단인 '바이모달 트램'이 있으나 2006년 사업 당시 개발된 자동주행이나 정밀정차와 같은 첨단 기능은 법적•제도적인 문제와 10여 년 전의 기술로 신뢰성 및 안전성의 문제로 실용화 사업의 바이모달 트램에서는 그 기능들이 옵션화 되었고, 바이모달 트램이 일반 버스와 같이 분류되어 일반 버스와 비교 시에 고가의 차량으로 인식되어 외면 받고 있는 실정임 ○ 순수전기동력방식 BRT 개발 동향 - 중국은 극심한 대기오염으로 주요도시의 시내버스를 전기버스로 전환하는 프로젝트를 추진중에 있으며, 유럽과 북미 지역을 중심으로 급속충전방식의 전기버스를 개발하여 보급중임 - 국내의 경우 다양한 충전방식의 전기버스를 양산화하여 여러 지자체에서 구매하여 활용하고 있으나 11m급 시내저상버스 모델로만 개발되어 보급·활용에 제약이 많음 ○ 급속충전 배터리 및 충전기 개발 동향 - 국내외 다수의 기업을 중심으로, 리튬이온전지의 단점을 개선하고자 전고체전지, 리튬-황 전지, 나트륨/마그네슘 이온 전지, 리튬-공기 전지 등 이차전지 후보 기술들을 개발하고 있음 - 전기버스에 적용되는 대용량 배터리의 긴 충전시간을 극복하기 위해 다양한 충전방식에 대한 검토가 시도되고 있음. 특히 국내에서는 플러그 인 방식, 배터리 자동 교환 방식, 무선충전방식 등이 사용되고 있으며, 유럽 및 미국 등 해외에서는 팬터그래프 방식도 사용이 되었음
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 (TRL 8단계) - 순수전기동력방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 · 자동주행시스템 및 급속충전형 배터리 장착 설계 기술 개발 · 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발 · 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발 - 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가

· 순수전기동력방식 대용량 BRT 시제차량 제작
· 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등)
· 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가
- 순수전기동력방식 대용량 자동주행 BRT 현장 적용성 기술 개발
· 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행
· 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발
· 시험운행 데이터 기반 경제성 분석

○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 (TRL 7단계)

- 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술
· BRT 자동주행용 액추에이터 개발
· 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증
- 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발
· 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원 시스템 및 통신기술
· 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발
- 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발
· 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증
· Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술
- 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발
· 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술
· 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술

○ 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발 (TRL 8단계)

- 대용량 BRT적용 급속충전 배터리 및 충전기 개발
· 대용량 BRT 운행시나리오 기반 배터리 및 충전기 상세 사양 검토
· 급속충전 배터리 및 충전기의 대용량 BRT 적용기술 개발
· 배터리 및 충전기 안전성 향상 기술(과충전/방전 방지, 온도 제어 등) 개발
- 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작 및 안전성 평가
· 급속충전 배터리 및 충전기 시제품 제작
· 충전기 배치 최적화 및 충전기 설치 인프라 설계/제작
· 배터리 및 충전기 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가

	- 급속충전 배터리 및 충전기 실용화 기술 개발 · 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집 · 운행 데이터 기반 배터리 및 충전기 설계 보완 · 환경 영향성(온도 등) 고려한 배터리 성능 향상 기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 - 1차년도 : 자동주행 및 순수전기동력 시제차량 설계 급속충전 배터리 및 충전기 개발, 시제품제작 - 2 ~ 3차년도 : 순수전기동력방식 시제차량 제작 및 성능 평가 개발 요소기술의 실차 성능 평가 및 내구성 평가 - 4차년도 : BRT 전용도로 시범 운행 및 데이터 수집 상용화 설계 및 전략 수립 ○ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 - 특히 성능 확인을 위한 기준, 성능 시험 절차 등 구체적 제시 ○ 세부과제단위 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 ○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴 ○ 관련분야 전문가 자문 - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
□ 추진체계	○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문 ○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등) ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모
5. 최종성과물	

□ 주요 최종 성과물	○ 대용량 BRT 자동주행 순수전기동력 차량 - 개발된 순수전기동력과 자동주행 요소기술이 적용된 대용량 BRT 시제 차량 - 차량의 국내 인증을 위한 자동차안전기준 적합 확인 시험 보고서 - 개발 부품 내구성 검증을 위한 내구성 확인 시험 보고서 - 차량 상용화를 위한 설계도 및 상용화 전략 보고서 ○ 급속충전 구동축전지 및 충전기 - 구동축전지 및 충전기 시제품 - 부품의 국내 인증을 위한 구동축전지 안전성 시험 보고서

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2021. 12 (48개월)

○ 총 정부출연금 : 7,600 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12(12개월)	1,545 이내
2차	2019. 1 ~ 2019. 12(12개월)	3,245 이내
3차	2020. 1 ~ 2020. 12(12개월)	1,731 이내
4차	2021. 1 ~ 2021. 12(12개월)	1,079 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
  ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
  ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(공법, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부설명 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

○ 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

○ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

연구과제명	중점분야 2-2 : 대용량 BRT 수소연료전지 자동주행 차량 개발

1. 연구개발 목표

○ 대용량 BRT용 수소연료전지 요소기술 개발
- BRT용 수소연료전지 시스템 개발
- 수소연료전지 시스템 안전성 향상기술 개발

○ 대용량 BRT 자동주행 차량 개발
- 대용량 BRT 차량용 자동주행 제어시스템 개발
- 자동주행시스템 및 수소연료전지 장착 설계 기술 개발
- 신규 장착된 요소기술의 성능 및 내구성 확인
- 시범운행 및 운행데이터 기반 설계 보완 기술 개발

○ 본 연구에서는 대용량 BRT용으로 개발된 수소연료전지와 자동주행 요소기술을 적용한 차량 제작하여 그 성능과 내구성을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□연구개발의 필요성

○ 미세먼지의 근본적인 대책은 차량의 동력계를 바꾸는 것에서 시작하여 대중교통의 활성화가 필요
- 동력계를 수소연료전지 시스템으로 바꿈으로서 PM배출량을 원천적으로 해결 가능
- 타이어 마모에 의한 먼지 발생이 배출가스의 20배 이상으로서 승용차 사용 억제 및 대중교통의 활성화 전환 필수

○ 그동안 시내노선용으로 순수전기동력 버스를 활용하기 위해 정부와 민간에서 다양한 충전 방식을 개발하여왔으나 구동축전지의 에너지 밀도(Wh/L, Wh/kg)와 급속충전 기술의 한계로 널리 활성화 되지 못하고 있기때문에 대용량 BRT 차량에 수소연료전지 요소기술을 적용 시 근본적으로 해결 가능
- 대용량 BRT 차량의 동력계통을 수소연료전지를 적용할 경우 배출가스 문제와 순수전기동력의 짧은 1회충전주행거리와 충전시간의 한계를 근본적으로 해결할 수 있음

○ 수소연료전지 시스템 도입과 자동주행 시스템 개발 시 실차 장착을 통한 성능과 내구성 확인 필요
- 대용량 BRT 차량용으로 도입 및 개발된 수소연료전지 시스템과 자동주행 시스템을 실차에 장착하기 위하여 차량 설계 및 제작 필요
- 제작된 차량은 국내 자동차 안전기준에 적합여부와 상용화 가능여부를 확인하기 위하여 성능시험, 내구성 확인, 시범 운영 필요

□ 기술동향	○ 대용량 BRT 차량 - 국외는 BRT 노선에서 운행중인 차량은 일반버스, 굴절버스, 이중굴절버스, 2층 버스 등 다양한 차량을 활용하고 있으며 도시의 계획 단계부터 목적에 맞게 차량을 개발하여 공급하는 경우도 있음(Brazil Curitiba, France Metz 등) - 국내의 경우 첨단 BRT 노선에 보급할 수 있도록 정부과제를 통하여 개발된 신교통수단인 '바이모달 트램'이 있으나 2006년 사업 당시 개발된 자동주행이나 정밀정차와 같은 첨단 기능은 법적•제도적인 문제와 10여년 전의 기술로 신뢰성 및 안전성의 문제로 실용화 사업의 바이모달 트램에서는 그 기능들이 옵션화 되었고, 바이모달 트램이 일반 버스와 같이 분류되어 일반 버스와 비교 시에 고가의 차량으로 인식되어 외면 받고 있는 실정 ○ 수소연료전지 대형차량 - 유럽과 북미 지역을 중심으로 급속충전 전기버스의 개발을 완료하여 판매중이며, 수소연료전지버스의 개발이 활발히 진행중임 - 일본은 수소연료전지버스를 2018년도에 양산화 할 계획 - 국내 유일하게 현대자동차社가 수소연료전지버스를 2019년 양산화를 목표로 개발 중 - 정부는 '수소충전 인프라 확충 계획'을 수립하고 수소충전소를 구축 중
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 친환경 수소연료전지방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발 (TRL 7단계) - 수소연료전지방식 대용량 BRT 차량 설계 기술 개발 · 자동주행시스템 및 수소연료전지 장착 설계 기술 개발 · 차량 레이아웃 및 차량 중량분포 최적화 기술 개발 · 기존 차량 시스템-전기동력시스템 인터페이스 기술 개발 - 수소연료전지방식 대용량 BRT 시제차량 제작 및 성능평가 · 수소연료전지방식 대용량 BRT 시제차량 제작 · 실차기반 차량 성능 평가(안전성, 배기가스, 연비 등) · 주요 개발부품 및 모듈단위 구조 안전성 및 내구성 평가 - 수소연료전지방식 대용량 BRT 현장 적용성 기술 개발 · 대용량 BRT 가상 노선 선정 및 시범 운행 · 시험운행 데이터 기반 차량 설계 보완 및 실용화 기술 개발 · 시험운행 데이터 기반 수소연료전지방식 대용량 BRT 경제성 분석 ○ 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발 (TRL

7단계)

- 탑승객 수(중량) 증감에 대응 가능한 가속, 감속, 조향 액추에이터 통합 시스템 기술
  - · BRT 자동주행용 액추에이터 개발
  - · 액추에이터 하드웨어 성능 및 안전성/내구성 인증
- 대용량 BRT용 광범위 인식을 위한 멀티 센서용 전원 및 계측 시스템 통합 기술 개발
  - · 멀티 센서(Camera, LIDAR, RADAR, GPS 등)의 통합 관리를 위한 전원 시스템 및 통신기술
  - · 멀티 센서의 빅데이터 관리를 위한 통합 계측 및 모듈화 기술 개발
- 자동주행 알고리즘 탑재를 위한 일체형 제어 컨트롤러 개발
  - · 제어기 성능 및 안전성/내구성 인증
  - · Passive(운전자 경고) 또는 Active(자동조작) 모드 변환 모듈 기술
- 대용량 BRT 차량의 정밀 운행 제어 기술 개발
  - · 차선 유지, 정밀 정차, 충돌 방지 및 회피를 위한 종/횡방향 정밀 제어 기술
  - · 탑승객 수(중량) 증감 변화와 연결식 차량(굴절 버스)의 동역학적 운동 특성을 반영한 자동주행 제어 기술

○ 대용량 BRT적용 수소연료전지 시스템 개발 (TRL 7단계)

- 대용량 BRT적용 수소연료전지 시스템 요소기술 개발
  - · 운행시나리오 기반 수소연료전지 상세 사양 검토
  - · 수소연료전지 시스템(수소탱크, 연료공급장치, 스택&BOP 등) 상세 설계 기술 개발
  - · 수소연료전지 안전성 향상 기술(폭발 방지 등) 개발
- 수소연료전지 시스템 시제품 제작 및 안전성 평가
  - · 수소연료전지 시스템 시제품 제작
  - · 수소연료전지 시스템 주요 부품 및 모듈단위 안전성/내구성 평가
- 수소연료전지 시스템 실용화 기술 개발
  - · 시제차량 장착 및 시험운행 데이터 수집
  - · 운행 데이터 기반 수소연료전지 시스템 설계 보완
  - · 환경 영향성(온도 등) 고려한 수소연료전지 성능 향상 기술 개발

4. 연구개발 추진방법	

□ 추진전략

○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

- 1차년도 : 자동주행 및 순수전기동력 시제차량 설계
  수소연료전지 시스템(수소탱크, 연료공급장치, 스택&BOP 등) 요소 기술 개발

	- 2 ~ 3차년도 : 수소연료전지방식 시제차량 제작 및 성능 평가 개발 요소기술의 실차 성능 평가 및 내구성 평가 - 4차년도 : BRT 전용도로 시범 운행 및 데이터 수집 상용화 설계 및 전략 수립 ○ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함 - 특히 성능 확인을 위한 기준, 성능 시험 절차 등 구체적 제시 ○ 세부과제단위 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 ○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴 ○ 관련분야 전문가 자문 - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
□ 추진체계	○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문 ○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등) ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모
5. 최종성과물	
□ 주요 최종 성과물	○ 대용량 BRT 수소연료전지 자동주행 차량 - 도입 및 개발된 수소연료전지와 자동주행 요소기술이 적용된 대용량 BRT 시제 차량 - 차량의 국내 인증을 위한 자동차안전기준 적합 확인 시험 보고서 - 개발 부품 내구성 검증을 위한 내구성 확인 시험 보고서 - 차량 상용화를 위한 설계도 및 상용화 전략 보고서 ○ 수소연료전지 시스템(수소탱크, 연료공급장치, 스택&BOP 등)

- 수소연료젼 시스템 시제품
- 국내 인증을 위한 내압용기 장착 검사서 및 구동축전지 안전성 시험 보고서

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2021. 12 (48개월)

○ 총 정부출연금 : 13,107 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12(12개월)	4,410 이내
2차	2019. 1 ~ 2019. 12(12개월)	4,938 이내
3차	2020. 1 ~ 2020. 12(12개월)	2,378 이내
4차	2021. 1 ~ 2021. 12(12개월)	1,382 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어

진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

- 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

○ 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

○ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가

	활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

연구과제명	중점분야 3: 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발

1. 연구개발 목표

○ 대용량 자동주행 BRT의 관제 서비스 기술 개발
- 시범노선 운영 시나리오 개발
- 정류장, 교차로, 전용노선 운행을 위한 관제 요소기술 개발

○ 관제시스템과 대용량 자동주행 BRT와의 통신 및 제어 기술 개발
- C-ITS 연계기반 통신 및 제어정보 전송시스템 구축
- 시범노선 운용을 통한 현장 적용성 검증

○ 본 연구에서는 대용량 자동주행 BRT의 실제 노선 운행시 안전성을 확보하고 운영을 효율화시키기 위한 관제 서비스 및 통신, 제어 기술을 개발하여 시범노선에서 성능을 검증하고 상용화하는 것을 목표로 함

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□연구개발의 필요성

○ BRT 자동주행을 위해서는 승객의 안전성 향상을 위해 차량외부에서 지속적인 상태를 감시하고 적극적으로 개입하여 사전에 위험상황을 대비하는 기술이 필요함

- 사고발생 상황에 대해서 운행 스케줄 변동 및 사고 대책을 위한 판단 알고리즘 기반의 관제 시스템

- 운행제어를 위해서는 지연시간을 최소화한 실시간 무선 통신기술

○ 자동차 제작사 주도의 자동주행 기술에는 관제의 개념이 도입되어 있지 않지만, 이미 대다수의 대중교통에서는 정시성, 안전성 확보를 위해서 관제의 개념이 도입되어 있으며 자동주행이 확대될 경우 관제의 개념도 확대되어 더욱 중요한 기술이 될 수 있음.

○ BRT 사업의 경우 운행에 대한 권한을 정부가 가지고 있으므로 정보를 활용하여 적극적으로 운행제어를 진행할 수 있음

- 새로운 제어정보와 기존의 C-ITS 기술과 연계하는 것이 필요하며 또한 차량내 제어단말기와 인터페이스 하는 기술이 필요함

- 다수의 승객이 이용하므로 좀더 엄격한 통신보안기술이 필요함

○ 국내 산자부 전기자동주행차 기술로드맵에 따르면 인프라 차량간 통신기술을 통해 중앙센터에서 원격으로 제어해 교통체증을 해결하는 것을 제시함

- 중앙센터의 판단제어기술 개발이 필요하며, 기타환경에 따라서 스마트하게 운용할 수 있는 방법이 필요함.

	- 유지관리측면에서도 자동화된 기능과 원격제어 기술들이 필요함 ○ 대용량 BRT는 자동주행에 따른 정류장의 안전성을 높이는 방법이 필요하며, 이를 위해 정류장 감시와 대응 기술들이 필요함
□ 기술동향	○ 관제 서비스 기술의 기술개발동향 - 버스: · 국가대중교통정보센터(TAGO): 전국대중교통정보를 연계하기 목적으로 운영되나 신뢰성 문제가 있으며, 시내버스를 제외하고 실시간 위치정보 제공을 하지 않음 · 대중교통관제시스템(TOPIS, BIS/BMS): GPS와 무선통신장비등을 설치하여 버스위치, 배차간격, 도착예정시간 등의 정보를 제공하나 사고예방 정보와 사고시 차량제어기능은 없음 - 철도: · 중앙에서 집중 제어하는 CTC(Centralized Traffic Control) 장치를 운영하고 있음 (운행스케줄관리, 열차운행, 신호설비를 통한 열차진로/간격 등을 제어) · 국내 신분당선, 용인경전철, 부산4호선, 김해경전철 등 무인운전의 경우 양방향 실시간 통신을 구축하여 비상상황시 관제실에서 차량 내 실시간 영상을 통한 운행제어 ○ 자동주행을 위한 통신 및 제어기술의 기술개발 동향 - C-ITS기술은 국내 고속도로 일부구간(서울-세종, 서울-덕평)에 WAVE통신기술을 이용하여 도로정보나 돌발상황에 대한 정보를 제공하는 시범서비스를 하고 있으나 차량으로의 정보제공에 국한됨 - 미국 및 유럽에서는 V2X를 미래 주요통신기술로 판단하고 있으며, 서비스 기술개발 및 표준화와 인증을 위한 활동을 적극적으로 진행하고 있음. ○ 현재 관제시스템은 대중교통의 효율적인 운영관리를 위한 시스템으로 활용되고 있어 자동주행을 위한 관제시스템으로 운영하기 위해서는 연구개발을 통해 양방향 정보의 양을 늘리고 적극적인 개입이 가능하도록 연구개발을 해야 함 ○ 통신시스템의 경우 자동주행을 도와주는 방향으로 연구개발이 진행되고 있으나 대중교통보다는 소형 개인차 위주로 연구개발이 되기 때문에 대중교통의 승객 및 정류장을 고려한 안전성을 높이는 연구가 필요한 실정임
3. 연구개발내용	

□ 세부과제별 연구내용	○ 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발 (TRL 7단계) - 시범노선 운영 시나리오 개발 · 운영 환경(차고지, 노선, 교차로, 정류장)을 고려한 시범운행 시나리오 개발 · 차량 유지관리 서비스 시나리오 개발 · 버스 BMS 통합운영 방안수립 · 비상상황 대응 시나리오 수립 · 승객수송수요기반(타교통수단 연계) 탄력운용 시나리오 개발 - 정류장 및 도로인프라 정보관리 기술 개발 · 스마트 관제를 위한 정류장 센서시스템 개발 · 정류장내 승객 승하차 안전확보 서비스 개발 · C-ITS 연계기반 도로 상태정보 모니터링 및 환경에 따른 차량제어 기술 개발 - 비자동주행차량과의 혼용운행을 위한 교차로 운영 서비스 개발 · 교차로 주행차량 인지 및 충돌 위험도 평가 기술 개발 · 교차로 신호의 자동주행 BRT로의 무선통신 적용 기술 개발 - 전용노선내 대용량 자동주행 BRT 운영 관리 기술 개발 · 대용량 자동주행 BRT 운영 스케줄러 및 배차관리 시스템 개발 · 머신러닝 기반 전용노선내 이벤트상황 관제판단 제어기술 개발 · 차량 상태 모니터링 기술개발 ○ V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어 기술 개발 (TRL 7단계) - C-ITS 연계기반 관제와 대용량 자동주행 BRT간 통신시스템 구축 · C-ITS 통신보안기술 분석 및 V2X 인터페이스 방안수립 · 대용량 자동주행 BRT 차량제어용 통신보안 기술 및 관제보안 기술개발 · C-ITS 정보와 BRT 제어정보간 연계기술개발 · C-ITS와 관제간 통신인터페이스 기술개발 - 제어정보 차량 전송 기술 개발 · 관제제어정보와 차량제어정보간 연계를 통한 스마트 안전정보기술 개발 · 차량통신단말과 제어모듈간 인터페이스 기술개발 - 시범사업을 통한 현장평가 · 인프라(정류장, 통신, 전기 등) 설비들의 기준 검토 및 적용기술 마련 · 시범지역(도로, 정류장) 통신시스템 및 스마트 관제센터 구축 · 시범노선 운영을 통한 개선안 도출(기술, 정책, 서비스) 및 반영
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 연차별로 목표를 수립하고 적절한 추진전략을 수립함 - 1차년도 : 스마트 관제 모니터링 요소기술 도출, V2X에서 자동주행 대중교통의 요구사항 도출

	- 2~3차년도: 이벤트 발생 상세 정보 확인을 위한 스마트관제 모니터링 기술 개발, 자동주행 최적화를 위한 판단 알고리즘 기술 개발, 차량 관제간 수집을 위한 통신 시스템 개발, 신뢰성 있는 자동주행 대중교통 통신 방법개발 - 4차년도 : 현장적용을 통한 관제시스템 성능검증 및 안정적인 운용을 위한 통신시스템 최적화 ○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 ○ 기존 선행연구 분석을 통하여 중복성을 피하고 연계방안 제시 ○ 요소부품들의 기성품이 존재하는 경우, 국내외 기술도입을 통하여 최대한 단기간에 상용화 할수 있도록 기술개발 진행 ○ 자동주행 현장테스트 베드는 지자체와 협의를 통해 시험노선 확보 또는 자동주행 전용인프라(K-city 등) 등을 적극적으로 활용 ○ 연구시험 장비의 경우 국내 출연연구기관이나 기업연구소의 보유장비들을 적극적으로 활용하여 중복투자를 예방해야함
□ 추진체계	○ 연구개발 해당 기술에 대해 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문 ○ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등) ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모
5. 최종성과물	
□ 주요 최종 성과물	○ 스마트 관제를 위한 핵심 소프트웨어 ○ 자동주행 BRT 차량 운행관제시스템 ○ 관제 및 차량간 데이터 전송장치 ○ 호환기능을 갖는 차상 및 지상간 통신장비
6. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2021. 12 (48개월) ○ 총 정부출연금 : 5,000 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12(12개월)	1,047 이내
2차	2019. 1 ~ 2019. 12(12개월)	1,554 이내
3차	2020. 1 ~ 2020. 12(12개월)	1,313 이내
4차	2021. 1 ~ 2021. 12(12개월)	1,086 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 "국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정"의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 "일반 과제"임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- 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

○ 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

○ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동방안을 제시할 것

○ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

3. (일반과제) 총괄 RFP

연구과제명	대용량 BRT 자기유도기반 자동운전 실용화 연구
1. 연구개발 목표	
	정해진 운영노선과 전용차로를 운행하는 BRT차량의 안전도를 대폭 향상시키기 위하여 운영센터에서 송신된 운행정보와 정거장으로부터 수신된 노선정보에 따라 자동으로 운행되는 대용량 BRT용 자성기반의 자동운전시스템을 실용화가 가능하도록 개발 및 인증하는 것을 목표로 함. 또한 전체노선에 대하여 구간별로 노선정보를 창출한 후 필요에 따라 부분적인 개정으로 운영·유지하게 함으로써 노선정보의 경제적인 유지관리가 가능하고, 유사차량에 통합운영이 가능하게 함으로써 BRT 자동운전을 위한 노선정보 인프라 표준을 제시하고자 함.
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	◦ 정부의 「교통사고 사상자 절반 줄이기 프로젝트」 추진 등 지속적인 노력에도 불구하고 OECD국가중 교통안전 순위는 최하위 수준 - 연간 교통사고 225,163건, 사망자수 4,762명 발생('14년)으로 OECD 국가 중 교통사고 사망자수 최고수준 - 교통사고 감소율도 5.7%로 OECD 회원국 평균(7.7%)보다 낮음 ◦ 최근 들어 대중교통(고속도로 및 전용차로 버스)의 운전자 과실에 따른 치명적인 교통사고가 빈번히 발생함에 따라 사망 및 부상자 감소를 위한 기술개발 추진이 필요 ◦ 또한 사고관련 통계에서 누락된 대중교통(버스)의 승하차 승객의 상해사고, 차량 및 보행자와의 접촉사고, 급가감속에 따른 탑승객 부상 등에 대한 기술적인 해결방안을 마련하여야 함 ◦ 이와 같은 기술수요에 대하여 국내에서 추진되고 있는 대부분의 자동운전시스템은 승용차에의 적용을 전제로 진행되거나, 같은 부류의 기술을 미니버스에 적용시도하고 있음 ◦ 개인용 차량을 넘어 50~100명이 탑승하는 대중교통은 시스템적인 안전감시 및 기능을 확보하여야 하며, 국내에서는 무인자동운전 경전철 시스템의 기술체계를 참고할 수 있는 상황임 ◦ 또한 국지적이고 갑작스런 국내 운행환경(강우, 강설, 낙엽)에 대하여 충분히 안정된 자동운전 성능을 보장할 수 있는 기술을 개발하여야 함
□ 기술동향	◦ 국내에서 대중교통의 자동운전은 '신에너지 바이모달 수송시스템 개발' 사업을 통하여 처음 시도되었으며, 자동운전이 가능하도록 컴퓨터화된 차량에 자석마커 기반의 티칭프로세스에 의한 노선 및 동력정보를 탑재

하여 자동운전기술을 시연한 바 있음

◦ 미국이나 유럽에서 다양한(자석마커 또는 태그 추종, 중앙선 영상 추종) 자동운전 시연사례가 있었으나, 실용화되어 보급된 사례는 찾아보기 어려움

◦ 최근 들어 국내에서는 대중교통(고속도로 및 전용차로 버스)의 치명적인 사고가 빈발하고 있으므로 이와 관련된 운전자 과실 예방, 급가·감속 방지, 차량 및 보행자와의 추돌사고 방지, 승하차 안전사고 예방 및 대중교통의 서비스 향상을 위한 대용량 BRT의 자동운전시스템 실용화 연구가 조속히 추진되어야 함

◦ 자동운전기술의 개발 및 시연단계를 넘어 개발된 자동운전시스템을 실용화하기 위해서는 객관적인 안전도 평가 및 인증이 필요하며, 인증을 전제로 한 개발프로세스가 수행되어야 함

3. 연구개발내용	
□ 일반과제	□ 시스템 개요 · 정원 90-100명, 길이 20m미만, 최고속도 80km/h · 동력은 (친환경)직렬 하이브리드 또는 순수 배터리동력 · 조향은 (운전대에 의한)수동모드 또는 (차량컴퓨터에 의한)자동모드에서 1축 차륜 기반으로 모든 차륜이 조향됨 □ 현장평가 요구사항 · 노선길이 : 편도 3km(정거장 6-7개소) · 노선특징 : 신교통형 BRT 노선 및 동등조건 · 운행환경 : 비·눈·낙엽 노면, 온도 -30～45℃ · 정차조건 : 최소1개 출입문과 정거장 간격(6cm±1cm) · 운행속도 : 최고 60km/h □ 자동운전시스템 구성 및 기술(TRL 7~8) - 자성기반 자동운전시스템 기술검증 및 평가 · 자성기반 자동운전시스템 통합 및 시험 · 시험노선 및 시범운행 구축 기술시연 · 자성기반 자동운전시스템 기술검증 및 인증 (주요기능(인식,제동,조향,정거장 추돌) H/W및 S/W에 대한 SIL인증) - 자성기반 자동운전 운행정보시스템 개발 · 센터 운행정보 컴퓨터 개발(차량운영,BIS 인터페이스) · 정거장 운행정보 컴퓨터 개발(노선정보 운영) · 차량 운행정보관리 및 사고대응 시나리오 개발 - 자성기반 차상 자동운전시스템 개발

· 노선정보 추종 차량 자동운전시스템 개발
· 차량 및 사람의 노선침입 모니터링 및 연동(감속,제동)
· 신호등의 신호 인식 및 자동운전 연동(감속→제동, 감속→가속)
· 자성기반 자동조향시스템 개발
- 자성기반 노선정보시스템 개발
· 기준노선정보 개발 및 검증
· 노선정보 섹션분할 및 통합 기술 개발
· 신호등 및 지장물 대응 기술 개발
· 원방감시형 노선정보 운영체계 개발

4. 연구개발 추진방법	

□ 추진전략

◦ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
- 1차년도 : 자동운전시스템 H/W 및 S/W의 기본·상세설계
현장평가 요구사항 정의 및 기본·상세설계
· 시제품 개념설계, 기본설계, 상세설계 및 사양검증
· 구성품 시험평가 기준 및 현장평가 설계(전략수립)
· 인증범위 확정 및 핵심기술 인증개발 컨설팅/평가관리
· 자동운전가능 차량개조 설계 및 구성품 제작/구매
· 시제품 제작 및 구성품 시험평가
· 현장평가 상세설계(실증계획)
- 2차년도 : 자동운전시스템 시연, 현장평가 및 기술인증 확정
· 실용화 전략수립, 노선정보 공유/표준화(안) 개발
· 자동운전 차량 제어시스템 환경시험
· 구성품 차량통합 및 현장평가
· 자동운전시스템 인증 기술개발 및 인증목록 정립
· 핵심기술 인증개발 컨설팅/평가관리 및 인증서 획득

◦ 국내 규정 및 향후의 동향(제도, 통신기술, 미래차량 기술 및 장치)에 따른 호환성 및 확장성을 고려한 개발 추진

◦ 연구성과품 및 서비스에 대하여 목표가격 및 예상 매출액 등을 분석하여 연구성과품 및 서비스가 시장경쟁력을 확보할 수 있도록 하여야 함

◦ 산·학·연 공동연구 수행을 통한 기술개발 상용화 및 성능수준 기술기준 제안
- 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
- 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
- 이동통신 및 자동차 전장부품 제조 등 전문가 그룹의 현장적용·검증시 참여

◦ 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보

- 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행

◦ 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험 등을 수행. 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출 추진

□ 추진체계

◦ 국내 대중교통용 자동운전기술개발 사례연구 및 개발 경험 활용

◦ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문

◦ 산·학 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요지향적 기술개발 및 수행 체계(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)

◦ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

◦ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 자동운전이 가능한 대용량BRT 차량 개조 및 매뉴얼

- 모든 차륜이 조향되고, (발전 또는 배터리)전기동력으로 구동되며, 전방의 위험상황에 감응하고, 탑재된 정보에 의하여 자동운행되는 차량

◦ 개발시스템의 시제품, 기술사양서 및 평가보고서

- 자성기반 자동운전 운행정보시스템
- 자성기반 차상 자동운전시스템
- 자성기반 노선정보시스템
- 자동운전 지원 전차륜 조향시스템

◦ 자성기반 자동운전시스템 현장평가 결과보고서

◦ 노선정보 공용화체계 및 표준화(안)

◦ 개발시스템의 SIL인증서

- 인증을 수행한 H/W 및 S/W 개발

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2018. 1 ~ 2020. 6 (30개월)

○ 총 정부출연금 : 3,800 백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차	2018. 1 ~ 2018. 12 (12개월)	1,800 이내
2차	2019. 1 ~ 2020. 6 (18개월)	2,000 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성
※ 정부출연금 및 연구기간은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 "국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정"의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

◦ 1차년도 연구 성과에 대한 연차평가 결과에 따라 2차년도 계속지원여부 결정

◦ 본 과제의 보안등급은 "일반 과제"임

◦ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 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
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

◦ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화/가시화하여 제시

◦ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

◦ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정) 계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- 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

◦ 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

◦ 본 과제 기술개발 및 실용화와 관련, 국제 표준화 추진계획과 구체적인 활동 방안을 제시할 것

◦ 필요시 본 기술의 전국 서비스 확대를 위하여 전국망 구축계획(안)과 구체적 서비스 계획을 제시할 것

◦ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

◦ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함

◦ 추후 연구개발계획 등은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 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 과제 추진시 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) 대용량 BRT의 자동주행 시스템 개발

<표 5-3-1> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 기술의 질적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1-1 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	1	멀티센서 융합기반 인식범위	실험결과 제시	m	160	0.4	안전 제동거리 고려
	2	보행자 및 차량 인식률	실험결과 제시	%	95	0.6	세계 최고 수준
1-2 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	1	출입문 자동감시 정확도	실험결과 제시	%	90	0.2	외부보행자 고려
	2	보행자 및 외부차량에 따른 가감속제어 정확도	실험결과 제시	%	95	0.4	승객안전 확보
	3	정밀정차 간격	실험결과 제시	cm	10	0.4	세계 최고 수준

<표 5-3-2> 대용량 BRT의 자동주행 시스템 기술의 양적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1-1 대용량 BRT 차량 자동주행을 위한 인식/판단 기술 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	10	0.2	기술개발 관련 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	5	0.2	기술개발 관련 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	1	0.5	긴급자동제어, 순항제어시스템, 차선유지 및 전용노선내 자율주행 기능이 포함된 SW
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	1	0.1	시험결과보고서
1-2 자동주행 BRT의 승객 안전성 및 편의성 확보 기술 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	5	0.2	기술개발 관련 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	10	0.2	기술개발 관련 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	2	0.5	정류장 및 BRT차량 내부 승객감시 모듈 및 소프트웨어, BRT용 정류장 및 앱
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	1	0.1	시험결과보고서

❍ (2세부) 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 개발

<표 5-3-3> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술의 질적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
2-1 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	1	1회 충전시 주행거리	실험결과 제시	km	80	0.3	BRT노선 1회 주행거리
	2	최고속도	실험결과 제시	kph	80	0.2	현재 대용량 BRT 운용속도
	3	급속충전시간	실험결과 제시	분	20	0.3	운영시격 고려
	4	최대등판능력	실험결과 제시	%	17	0.2	도심지 구배 고려
2-2 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	1	최고속도 범위	실험결과 제시	kph	80	0.6	현재 대용량 BRT 운용속도
	2	차량의 절대위치 정확도	실험결과 제시	cm	50	0.4	차로구분을 위한 최소치
2-3 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발	1	용량	실험결과 제시	kWh	200	0.6	1회 충전시 주행거리 고려
	2	충전시간	실험결과 제시	시간	1	0.4	운영시격 고려

<표 5-3-4> 대용량 BRT 순수전기동력 자동주행 차량 기술 연구의 양적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
2-1 친환경 순수전기동력방식 대용량 BRT 자동주행 차량 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	2	0.2	차량 제작과 시험결과에 대한 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	1	0.3	기술개발 및 차량제작에 대한 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	1	0.3	시제 차량 제작
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	3	0.2	차량 및 주요 개발품의 시험 보고서
2-2 대용량 BRT 차량용 자동주행 액추에이터 및 제어시스템 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	5	0.2	기술개발 관련 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	5	0.2	기술개발 관련 특허

	3	시작품	시작품 제작 건수	건	1	0.5	긴급자동제어, 순항제어시스템, 차선유지 및 전용노선내 자율주행 기능이 포함된 HW
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	1	0.1	시험결과보고서
2-3 대용량 BRT적용 급속충전 배터리(구동축전지) 및 충전기 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	2	0.2	시스템 개발과 차량 장착 시험결과에 대한 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	1	0.3	기술개발 및 차량제작에 대한 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	2	0.3	시작품 개발
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	3	0.2	개발 부품의 시험 보고서

❍ (3세부) 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술 개발

<표 5-3-5> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제기술의 질적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
3-1 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	1	운영 시나리오	현장운용 실적 제시	개	1	0.5	시범운영 노선
	2	동시 운용 차량	현장운용 실적 제시	대	6	0.3	1개노선 동시투입 대수
	3	이벤트 상황	시뮬레이션 평가	건	5	0.2	다양한 돌발상황 고려
3-2 V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어기술 개발	1	통신시스템 연결율	실험결과 제시	%	99	0.6	상시 연결성 확보
	2	현장 평가	현장운용 실적 제시	건	1	0.4	시범운영 노선

<표 5-3-6> 대용량 자동주행 BRT의 스마트 관제 시스템 기술의 양적 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
3-1 대용량 자동주행 BRT 관제 서비스 기술 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	3	0.2	기술개발 관련 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	5	0.2	기술개발 관련 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	1	0.5	자동주행 BRT 차량 운행관제를 위한 HW 및 SW
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	1	0.1	시험결과보고서
3-2 V2X기반 대용량 자동주행 BRT 통신 및 제어기술 개발	1	논문	학술지 게제 건수(국내외)	편	3	0.2	기술개발 관련 논문
	2	지식재산권	특허출원 건수	건	5	0.2	기술개발 관련 특허
	3	시작품	시작품 제작 건수	건	2	0.5	관제 및 차량간 데이터 전송장치
	4	보고서	관련 문서 작성 건수	건	1	0.1	시험결과보고서

참고문헌

1. IEEE, A Security Credential Management System for V2V Communications, 2013.12.
2. IRS Global, IoT 융합기반의 커넥티드 카 개발동향과 시장전망, 2014.9.3.
3. IRS Global, 차세대 교통수단으로 주목받는 스마트 퍼스널 모빌리티 신사업전략모색을 위한 종합분석, 2015.9.17.
4. NHTSA, Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles, 2013.
5. OPTEX, Multi-layered Intrusion and Obstacle Detection Systems, 2015.
6. USDOT, An Evaluation of the Cleveland HealthLine Mechanical Guide Wheel, 2011.3.
7. USDOT, Vehicle Assist and Automation (VAA) Demonstration Evaluation Report, 2016.1.(a)
8. USDOT, HISTORY OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2016.5.(b)
9. 국토교통과학기술진흥원, 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발, 2015.4.
10. 국토교통부, 철도교통관제 운영개선 연구, 2013.
11. 김민우・이희영. PRT 기술개발현황 및 궤도기술연구. 대우엔지니어링 기술보 25(1): 83-103. 2013.
12. 김진태 외, C-ITS환경의 자전거 및 이륜차 안전서비스 연구, 한국ITS학회논문지, 15(1): 28-38. 2016.
13. 방성훈, 스마트카 기술 동향 및 기능안전 사례 분석, 자동차공학회 발표자료, 2014.
14. 백종현, IoT 융합서비스 보안위협 및 대응기술 동향, 2015.8.12.
15. 산업연구원. 중국 스마트 자동차 개발 동향과 시사점, 2015.
16. 산업통상자원부, 글로벌 선도 중소?중견기업 육성을 위한 자율주행 자동차 핵심기술개발사업, 2016.
17. 삼성증권, 밤샘 토론 “스마트카”, Issue Report, 2015.11.24.(a)
18. 삼성증권, 앞으로 10년, 투자할 기업 찾기, Samsung Market Strategy, 2015.9.1.(b)
19. 서병민・조준서, 서울시 버스정보시스템(BIS) 사례연구: 이용자관점의 효과분석을 중심으로, 글로벌경영연구, 24(2) : 29-52, 2012.
20. 서울특별시 도시교통본부, 2015 서울특별시 차량통행속도보고서, 2016.
21. 서울특별시, 2015년 버스서비스 만족도 조사 결과 보고서, 2016.
22. 소프트웨어정책연구소, 소프트웨어 융합 동향, 2015.1.
23. 심영일, 전기자동차의 배터리 관리 시스템, GTNET 기술동향보고서, 2012.
24. 이기영, 자율주행 도로시스템 개발 동향, 2014.
25. 임송규・최성환, 한국형 바이모달트램 소개, 대우엔지니어링 기술보, 26(1):54-69, 2014.
26. 한국자동차산업연구소, 자율주행차 성능 향상을 위한 기술 개발 전략, 2014.10.31.
27. 한국자동차산업연구소, 자율주행차 핵심기술 및 업체 전략, 2015.
28. 한국전자통신연구원, 자율주행 자동차 기술 동향, 2013.

29. 한국전자통신연구원, 국내외 자율주행차 정책동향, 2015.2.
30. 한국철도공사, 2014 철도통계연보(제52회), 2015.
31. 한국철도기술연구원, 2015우수기술 모음집100, 2015.
32. 한국철도기술연구원, 신에너지 바이모달 수송시스템 개발, 2014.
33. 현대증권, 자동차 진화의 새물결(2), 2015.5.13.
34. GTNET, 전기자동차의 배터리 관리 시스템, 기술동향보고서, 2012.
35. 국토교통부, 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 기획보고서, 2015.4.
36. 월간SW 중심사회, 소프트웨어 융합 동향, 2015.1.
37. IRS Global, 자율주행차의 핵심 기술로 주목받는 자동차용 센서 시장전망과 개발동향 및 참여업체 사업전략, 2015.8.11
38. IRS Global, 차세대 스마트카 개발동향과 시장전망, 2014.7.17
39. Google Car's Next Move, EETimes, 2014.4.30.
40. LA's Great Streets are getting new bus stops with WiFi and Phone chargers, CURBED, 2015.9.29.
41. McAllen resurrects electric bus project, the brownsville herald, 2013.08.07.
42. Metro McAllen completes Electric Bus Project, City of McAllen News, 2016.01.29.
43. Smart cities on electronic paper: digitalized public transport information in Slovene capital, VISIONECT, 2015.8.27
44. SMART 도로-차량 연계 사고예방 기술, 글로벌 오토뉴스, 2013.12.12.
45. The First Look at How Google's Self-Driving Car Handles City Streets, CITYLAB, 2014.4.28.
46. Wireless solar charging for electric buses?, ZDNET, 2012.02.20.
47. 구글 자율차 'Sorry'…330만㎞ 주행 첫 판단 미스 사고, JTBC, 2016.3.2.25.
48. 국토교통부, 자율주행 실험도시 K-City 홍보동영상(https://youtu.be/sCva4CwZrDU), 2016.8.1.
49. 도시 이미지 개선・친환경 버스로 각광, 상용차, 2016.6.27.
50. 도요타, 빅데이터 활용한 토탈 정보서비스 제공, 동아일보, 2013.6.7.
51. 브라질 쿠리치바 '사람 중심' 대중교통 시스템…생태도시 모델, 전북일보, 2015.1.6.
52. 서울시 "버스기사 연봉 4424만원… 높은 수준", 머니투데이, 2015.06.23.
53. 자율주행과 사고예방・대응까지, 자동차업계 "빅데이터야 도와줘", 디지털타임스, 2016.1.7.
54. Autoc one KK 홈페이지 : http://autoc-one.jp/launch/2798570/photo/0014.html
55. Google Self-Driving Car Project 홈페이지 : https://www.google.com/selfdrivingcar/where
56. LA Trobe University 홈페이지 : http://www.latrobe.edu.au
57. Living on Earth 홈페이지 : http://loe.org/
58. Local motors 홈페이지 : https://www.localmotors.com
59. McAllen市 홈페이지 : http://www.mcallen.net/
60. MERMEC 홈페이지 : http://www.mermecgroup.com
61. Navya 홈페이지 : http://navya.tech
62. NEXT future transportation inc. 홈페이지 : http://www.next-future-mobility.com

63. Oregon 홈페이지 : https://www.orcity.org
64. TeleEye 홈페이지 http://teleeye.co.za
65. WEpod 홈페이지 : http://wepods.com
66. 국토교통부 홈페이지 : http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35391/DTL.jsp
67. 다임러 홈페이지 : http://media.daimler.com
68. 디트로이트뷰로 홈페이지 : http://www.thedetroitbureau.com
69. 부천시 홈페이지 : http://btv.bucheon.go.kr
70. 서울 통계정보시스템 : http://stat.seoul.go.kr
71. 서울대중교통 홈페이지 : http://bus.go.kr
72. 서울특별시 시내버스 현황 : http://traffic.seoul.go.kr/archives/310
73. 양진텔레콤 홈페이지 : http://www.yangjintel.com/korea/business/sub01.html
74. 위키트리 : http://www.wikitree.co.kr
75. 퀄컴홈페이지 : https://www.qualcomm.com
76. 현대자동차 블로그 : http://blog.hyundai.co.kr/Tech/Item/adas-02.blg#.V5lrM9KLTIU
77. 녹색교통 홈페이지 : http://www.greentransport.org/635
78. 김광용 외, 차량용 상용카메라를 이용한 승하차 보호시스템 구현 및 실차 테스트 결과, 한국통신학회 2016년 동계종합학술발표회, 2016.
79. Fortune 홈페이지 : http://fortune.com/2016/03/31/confusing-self-driving-cars/
80. Reuters 홈페이지 : https://www.reuters.com/article/us-autos-autonomous-infrastructure-insig/wheres-the-lane-self-driving-cars-confused-by-shabby-u-s-roadways-idUSKCN0WX131
81. 배윤신・신성일, 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발, 서울시정개발연구원 보고서, 2011.
82. 배윤신・안재모, 서울시 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안 연구, 서울연구원 보고서, 2013.
82. 국토교통부, 장수명친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발 연구보고서, 2010.
83. 건설교통부, 야간 시인성 증진을 위한 도로안전시설 개발 연구보고서, 2006.
84. 한국건설기술연구원, 야간우천시 도로 시인성 증진 및 평가 기술 개발 기획, 2013.
85. 한국도로공사 블로그 : http://blog.naver.com/openex?Redirect=Log&logNo=60093307736
86. 이용문 등, 도로의 야간 교통사고 저감을 위한 야광형 포장노면표시 기술개발의 적용성 연구, 한국도로학회 논문집, 17(3):59-68, 2015.
87. 이용문 등, 도로의 축광차선 도료 개발을 위한 축광안료 최적 배합비 산정에 관한 연구, 한국도로학회 논문집, 17(5):67-73, 2015.
88. 이용문 등, 축광 노면표시의 야간 시인성 평가를 위한 기초 연구, 한국도로학회 논문집, 18(4):69-75, 2016.
89. Studioroosegaarde 홈페이지 : https://studioroosegaarde.net/project/smart-highway
90. 인사이터스 TI 최솔지 컨설트 : http://www.insightors.com/portfolio_page/column_autonomous -vehicle/
91. 링크드인 홈페이지 : https://www.linkedin.com/pulse/iot-ml-av-using-chaos-can-solve-traffic-jams- boby-joseph

92. 한국산업기술진흥원, 유럽의 자율주행자동차 기술 및 정책 동향, 2017.4.
93. 엔비디아 공식 블로그 : http://blogs.nvidia.co.kr/2016/03/13/history_of_ai/
94. Convolutional Neural Network (CNN) : https://sites.google.com/site/5kk73gpu2013/assignment/cnn
95. 모빌아이 홈페이지 : http://www.mobileye.com/our-technology/
96. Understanding LSTM Networks : http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/
97. Anandtech - NVIDIA @ ISC 2013: CUDA 5.5 Released & More :https://www.anandtech.com/show/7080/nvidia-isc-2013-cuda-55-more
98. Mayland Univ. 홈페이지 : http://www.umiacs.umd.edu/~sshekha/robustmulti.html
99. Brian Ka-Jun Mok, "Timing of Unstructured Transitions of Control in Automated Driving", IEEE, Intelligent Vehicles Symposium, 2015.6.
100. Mishel Johns, "The Driver has Control : Exploring Driving Performance with Varying Automation Capabilities", the Eighth International Driving Symposium on Human Factor in Driver Assessment, 2015.
101. 한국 자동차 산업 연구소, 자율주행차 성능 향상을 위한 기술 개발 전략 - HMI 중심, 2015.2.
102. 현대 모비스 블로그 : http://hyundaimobis.tistory.com/298
103. 자율주행자동차의 DVI 관련 동향 및 이슈, 오토저널, 2016.9.26.
104. 김형준, "운전자 특성을 고려한 부분자율주행 제어권 이양 알람 시점 설계 및 평가(1/2)", 국민대 박사 학위논문, 2016.5.
105. 3GPP TR 22.885 V14.0.0, "Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services," 2015.
106. 3GPP TS 22.185 V0.2.0, "Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for V2X services; Stage 1," 2016.
107. 3GPP TR 36.885 V0.4.0, "Technical Specification Group Radio Access Network; Study on LTE-based V2X Services," 2015.
108. ETSI RT 102 638 V1.1.1, "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definitions, " 2009.
109. ETSI TS 102 637-1 V1.1.1, "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications;Basic Set of Applications;Part 1: Functional Requirements, " 2010.
110. National Highway Traffic Safety Administration, "Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application," 2014.
111. 송재윤 외, RF-CBTC 무인운전 시스템 기능구현, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2012.
112. 엄진기 외, 신교통 바이모달트램의 도시규모별 도입타당성 분석, 한국철도학회 논문집, 12(6)・1067-1075. 2009.
113. 한국철도기술연구원, 한국철도표준 규격제정 검토서, 2015.
114. 정보통신산업진흥원, 국내외 수소연료전지차 개발동향, 2013
115. 국토교통부, 철도교통관제 운영개선 연구, 2013

116. 현대엔지니어링, 신에너지 바이모달 저상굴절차량 시스템의 국내도입 적용성 검토, 2008
117. “서울 교통신호체계 ’IT’ 도움받아 ’똑똑하게’ 바꾼다”, 연합뉴스, 2016.07.12

별첨. 기획과제 참여 전문가 리스트

연번	성명	직급	소속	전공(학위)	연락처
1	윤혁진	팀장	한국철도기술연구원	항공우주공학(박사)	scipio@krri.re.kr
2	서승일	본부장	한국철도기술연구원	조선공학(박사)	siseo@krri.re.kr
3	조봉관	책임연구원	한국철도기술연구원	전자공학(박사)	bkcho@krri.re.kr
4	안치형	선임연구원	한국철도기술연구원	전자공학(박사)	chahn@krri.re.kr
5	김재희	선임연구원	한국철도기술연구원	전자공학(박사)	jaehee@krri.re.kr
6	최상원	선임연구원	한국철도기술연구원	전자공학(박사)	swchoi@krri.re.kr
7	신현오	선임연구원	한국철도기술연구원	구조공학(박사)	hyunoh@krri.re.kr
8	문경호	책임연구원	한국철도기술연구원	기계공학(박사)	khmoon@krri.re.kr
9	민재홍	책임연구원	한국철도기술연구원	교통공학(박사수료)	jhmin@krri.re.kr
10	목재균	수석연구원	한국철도기술연구원	기계공학(박사)	jkmok@krri.re.kr
11	윤희택	책임연구원	한국철도기술연구원	토목공학(박사)	htyoon@krri.re.kr
12	배창한	책임연구원	한국철도기술연구원	전기공학(박사)	chbae@krri.re.kr
13	이강원	책임연구원	한국철도기술연구원	전기공학(박사)	wklee@krri.re.kr
14	김정국	책임연구원	한국철도기술연구원	재료공학(박사)	jkim@krri.re.kr
15	김정현	책임연구원	한국철도기술연구원	교통공학(박사)	kimjh@krri.re.kr
16	유소영	선임연구원	한국철도기술연구원	교통공학(박사)	syyou@krri.re.kr
17	이재선	선임연구원	한국철도기술연구원	기계공학(박사)	jaesun@krri.re.kr
18	이종화	책임연구원	㈜우진산전	기계공학(석사)	jonghwalee@wjis.co.kr
19	김기범	선임연구원	㈜우진산전	전자공학(학사)	kbkim@wjis.co.kr
20	김기훈	주임연구원	㈜우진산전	전기공학(학사)	khkim@wjis.co.kr
21	김형수	선임연구원	㈜우진산전	기계공학(석사)	kimhs@wjis.co.kr
22	문현종	연구원	㈜우진산전	기계공학(학사)	hjm@wjis.co.kr
23	박정석	선임연구원	㈜우진산전	전기공학(학사)	jspark@wjis.co.kr
24	반재홍	주임연구원	㈜우진산전	기계공학(학사)	jhban@wjis.co.kr
25	백태종	선임연구원	㈜우진산전	기계공학(학사)	tjbaek@wjis.co.kr
26	신대영	연구원	㈜우진산전	화학공학(학사)	dyshin@wjis.co.kr
27	유형석	주임연구원	㈜우진산전	심리학(학사)	syhs@wjis.co.kr

28	이양훈	주임연구원	㈜우진산전	기계공학(학사)	yhlee1@wjis.co.kr
29	이정선	선임연구원	㈜우진산전	전기공학(학사)	ejungsun@wjis.co.kr
30	한형석	책임연구원	한국기계연구원	기계공학(박사)	hshan@kimm.re.kr
31	이종민	책임연구원	한국기계연구원	기계공학(박사)	lee_jm@kimm.re.kr
32	김동성	책임연구원	한국기계연구원	기계공학(박사)	dskim@kimm.re.kr
33	김창현	선임연구원	한국기계연구원	전자공학(박사)	chkim78@kimm.re.kr
34	임재원	선임연구원	한국기계연구원	기계공학(박사)	einses@kimm.re.kr
35	황성호	교수	성균관대학교	기계설계(박사)	hsh0818@skku.edu
36	박기홍	교수	국민대학교	기계공학(박사)	kpark@kookmin.ac.kr
37	서승우	교수	서울대학교	전기공학(박사)	sseo@snu.ac.kr
38	손성효	대표	트리즈 엔지니어링	자동차공학(박사)	shson@treeze-eng.com
39	정성희	팀장	(주) 만도	전자공학(박사)	seonghee.jeong@halla.com
40	유창배	수석연구원	(주) 포윈	전자공학	kmyu73@naver.com
41	이임평	교수	서울시립대	측지과학(박사)	iplee@uos.ac.kr
42	임기택	센터장	전자부품연구원	전자공학(박사)	limkt@keti.re.kr
43	하종은	교수	서울과학기술대학교	기계공학(박사)	jeha@seoultech.ac.kr
44	장태우	교수	경기대학교	산업공학(박사)	keenbee@kgu.ac.kr
45	윤일수	부교수	아주대학교	토목공학(박사)	ilsooyun@ajou.ac.kr
46	김경현	Post-Doc	한국도로공사 도로교통연구원	교통공학(박사)	kk6661@ajou.ac.kr
47	한 음	연구원	도로교통공단 교통과학연구원	교통공학(박사)	hano3106@koroad.or.kr
48	박상민	박사과정	아주대학교	교통공학(석사)	stylecap@ajou.ac.kr
49	정하림	석사과정	아주대학교	교통공학(학사)	gkfla0731@ajou.ac.kr
50	송제룡	연구위원	경기개발연구원	교통계획학(박사)	songjr@gri.re.kr
51	빈미영	선임연구위원	경기개발연구원	교통공학(박사)	mybin@gri.re.kr
52	장원재	연구위원	한국교통연구원	교통공학(박사)	jwj@koti.re.kr
53	박지형	연구위원	한국교통연구원	교통공학(박사)	jhpark@koti.re.kr
54	조남욱	교수	서울과학기술대학교	산업공학(박사)	nwcho@seoultech.ac.kr
55	문지호	조교수	강원대학교	토목공학(박사)	jmoon1979@kangwon.ac.kr

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.