

17TLRP
-C138346
-01

한국형

대용량

2층전기버스

선행차량

개발

최종보고서

2019

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

보안 과제(), 일반 과제(●) / 공개(●), 비공개()

교통물류연구사업 최종보고서

R&D / 17TLRP-C138346-01

한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발 최종보고서

2019. 8. 9.

주관연구기관 / 현대자동차(주)남양연구소
공동연구기관 / 한국교통안전공단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발’(연구개발 기간 : 2017. 12. ~ 2019. 6.) 과제의
최종보고서 12부를 제출합니다.

2019. 8. 9.

주관연구기관명 : 현대자동차(주)남양연구소 (대표자) 이 원 희 (인)

공동연구기관명 : 한국교통안전공단 (대표자) 권 병 윤 (인)

주관연구기관책임자: 김형진

공동연구기관책임자: 류기현

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17TLRP-C138 346-01	해당 단계 연구 기간	2017.12 ~ 2019.6	단계구분	1단계 /1단계
연구사업명	세부사업명	교통물류연구사업			
연구과제명	세부과제명	한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발			
연구책임자	김형진	총 연구기간 참여연구원 수	총:77 명 내부:76 명 외부:1 명	총 연구비	정부:3,000,000천원 민간:3,000,000천원 계:6,000,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	현대자동차(주)남양연구소 상용선행개발팀			공동연구기관명 한국교통안전공단	
연구개발성과의 보안등급 및 사유	• 보안등급 분류 : 일반 • 결정 사유 : 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제 24조의4 제2항에 해당				

9대 성과

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
건수	2건	3건									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설 · 장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

보고서 면수

- 국내 운영 환경에 적합한 친환경 신교통수단인 2층 전기버스 베어샤시와 선행차량을 개발하여 대용량 2층 전기버스 관련 기반 기술을 확보하였고, 부품 및 차량 검증을 수행하였음
 - 2층 전기버스 차체 플랫폼/구조 개발 완료
 - 2층 전기버스 전기 구동 시스템 개발 완료
 - 2층 전기버스 샤시 시스템 개발 완료
 - 2층 전기버스 트림 및 내장부품 개발 완료
 - 2층 전기버스 선행차량 제작 및 차량 검증 완료
 - 대용량 2층 전기버스 도입에 따른 자동차 관련 법령을 분석하고, 교통약자 이동편의증진법 제28조 3항에 따른 저상버스 표준모델에 관한 기준과 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 및 시행세칙에 대해 개정안을 제시함
 - 2층버스 운영 환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석 완료
 - 2층 전기버스 특성에 따른 차별성 등을 고려한 법령 개정안 제안 완료
- ※ 화재경보 및 자동소화시스템, 전방 통과높이 장애물 경고장치

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 국내/외 도입된 2층 버스 경쟁차 분석을 실시, 국내 운영 환경에 적합한 2층 전기버스에 대한 기본 제원 및 차량 레이아웃 결정 ○ 차량 레이아웃에 따른 차체 플랫폼, 전기 구동 시스템, 샤시 시스템을 개발하여 2층 전기버스 베어샤시 제작 ○ 베어샤시를 기반으로 차체 구조, 트림/내장부품, 전장 시스템을 개발하여 2층 전기버스 선행차량 제작 ○ 대용량 2층 전기버스 도입에 따른 운영환경, 수요자 및 사용자 니즈를 분석하고 차량 특성에 따른 법령 개정 방안을 분석하여 개선안 제시				
연구개발성과	○ 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 개발 • 경쟁차 벤치마킹 • 2층 전기버스 차량개발 컨셉 및 레이아웃 개발 • 2층 전기버스 차체 플랫폼 개발 • 2층 전기버스 샤시 시스템 개발 • 2층 전기버스 전기 구동 시스템 개발 • 2층 전기버스 베어샤시 제작 ○ 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발 • 2층 전기버스 차체 구조 개발 • 2층 전기버스 내장부품 및 컴포넌트 개발 • 2층 전기버스 안전/편의 시스템 개발 • 2층 전기버스 선행차량 제작 • 2층 전기버스 차량 성능 검증 ○ 대용량 2층 전기버스 도입에 따른 자동차 관련 법령 분석 및 개선안 제시 • 2층버스 운영환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석 • 2층 전기버스 특성에 따른 차별성을 고려한 법령 개정 방안 제시				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 개발을 통해 국내 중소 바디빌더 업체와 연계성을 강화하고 향후 수출을 고려한 사업화 모델 제시할 수 있음 ○ 중소 바디빌더 업체 연계를 통해 중소기업의 기술력을 향상시키고, 새로운 수익창출 기반을 마련 ○ 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량을 개발하여 국내 운행 환경에 적합한 신흥교통수단을 검증하고, 국내 광역버스 노선을 시험 운행하여 차량 제원의 적정성을 판단할 수 있음 ○ 국내 최초의 대용량 2층 전기버스 개발을 통해 국산화 기반 기술력을 확보하고 해외 시장을 선점하여 기술 주도권을 확보할 수 있음 ○ 신흥교통수단 도입에 따른 국내 자동차 관련 법령과 연계성을 고려하여 개정안을 도출하고, 배터리 탑재 공간 화재 경보/자동 소화 시스템, 전방 통과높이 장애물 경고 시스템 등을 개발하여 운전자 및 승객의 안정성을 향상시킬 수 있는 방안 제시				
국문핵심어 (5개 이내)	2층 전기버스	베어샤시	플랫폼	바디빌더	

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

제1장. 연구개발과제의 개요	6
1. 연구개발 목적 및 배경	6
2. 연구개발 필요성	7
3. 연구개발 범위	9
제2장. 국내외 동향	10
1. 국내 동향	10
2. 해외 동향	13
제3장. 연구 수행 내용 및 성과	18
1. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계	18
2. 2층 전기버스 베어샤시 개발	21
가. 경쟁차 벤치마킹	21
나. 2층 전기버스 차량개발 컨셉 및 레이아웃	27
다. 2층 전기버스 차체 플랫폼	29
라. 2층 전기버스 샤시 시스템	31
마. 2층 전기버스 전기 구동 시스템	36
바. 2층 전기버스 베어샤시 개발 결과	41
3. 2층 전기버스 선행차량 개발	47
가. 2층 전기버스 차체 구조 개발	47
나. 2층 전기버스 내장부품 및 컴포넌트 개발	50
다. 2층 전기버스 안전/편의 시스템 개발	60
라. 2층 전기버스 선행차량 개발 결과	63
마. 차량성능 평가 결과	73
4. 2층 전기버스 관련 법령 분석 및 개선안 제시	83
가. 2층 버스 운영환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석	83
나. 2층 전기버스 특성에 따른 차별성을 고려한 법령 개정 방안	97

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 163

제5장. 연구개발성과의 활용 계획 165

제6장. 연구개발과제의 대표적 연구실적 166

- <별첨 1> 주관연구기관의 자체평가 의견서
- <별첨 2> 연구개발성과 활용계획서
- <별첨 3> 실차평가 결과 보고서
- <별첨 4> 구동축전지, 구동전동기, 전자파 안전성 평가 결과 보고서
- <별첨 5> 논문 및 특허

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적 및 배경

- 광역버스의 출퇴근 시간대 정원초과, 자동차전용도로 불법입석 운행은 대형 교통참사를 예고하고 있어 시급히 해결해야 할 문제이고, 광역버스 불법입석 운행에 대한 안전 불감증이 다시금 사회문제로 부각되면서 대용량 운송수단으로 2층버스 개발 도입 필요성이 강력히 대두되고 있음.



그림 1. 정부 정책 현황

- 경기도의 경우 입석운행 금지조치(2014.7.16) 직전 광역버스는 출근 시간대(06:00~09:00)에 운행하는 차량의 46%가 정원을 초과하여 운행 중이며, 이시간대 이용 승객의 10.7%(82,877명/일)가 입석을 이용하고 있어 전국적으로 매일 만 명 이상의 국민이 심각한 상해 및 사망 가능성에 노출되어 있음.
- 국토교통부는 관행화되어 왔던 수도권 광역버스 입석운행 문제를 해결하기 위하여 입석운행 금지를 시행하였고 광역버스 증차를 통한 입석운행 대책을 세웠으나 한 달여 만에 광역버스 입석을 다시 묵인하기로 함으로써 2층버스 도입 등 광역버스 입석문제에 대한 근본적인 대책이 필요하게 되었음
- 또한 국토교통부는 “직행좌석버스 입석운행 개선을 위한 대용량 교통수단 도입” 시범사업 계획을 수립하고 2015년부터 수입 2층버스를 수도권 광역버스 노선에 투입하여 시범사업을 추진하고 있어 장기적 관점에서 수입을 대체하기 위한 2층버스의 국산화 개발이 시급함
- 교통약자의 이동편의 증진법에 의거하여 교통약자의 광역이동을 위한 광역대중교통수단(광역버스)의 저상화에 대한 사회적 관심과 요구가 증대되고 있어 교통약자의 광역적인 사회참여 기회 확대를 위하여 탑승이 용이한 구조의 광역버스의 저상화 방안에 대한 검토와 대책 마련이 필요함
- 현재 EU를 비롯한 선진국/신흥국의 주요 도시들은 친환경차 보급화 정책을 강화중이며, 전세계적으로 자동차 시장의 패러다임이 내연기관에서 전기차 및 수소전기차등으로 급격하게 전환되는 시점으로 글로벌 시장을 선점하기 위해서는 전기동력 시스템을 적용한 2층 전기버스 개발이 필요

2. 연구개발 필요성

- 교통복지의 대상이 과거 장애인, 고령자, 임산부 등 신체적 혹은 물리적 제약이 있는 교통약자의 선택적 복지에서 교통서비스의 제약으로 사회활동이 축소됨으로 인해 삶의 질이 저하되는 사회적 약자까지 포괄하는 개념으로 진화하고 있으며, 최근 세월호 사고 이후 안전이야 말로 교통복지에서 가장 기본이 되는 필수요소라는 인식이 확산되고 있음
- 적절한 광역 대중교통서비스 수단을 확보하지 못한 채 정부 주도형으로 도시의 광역화를 급속히 추진함으로서 다수의 광역권 거주자들이 교통접근성이 떨어지는 사회적 교통약자로 전철 등 광역이동이 용이한 대중교통서비스를 제공받지 못하고 있는 실정임
- 사회적 취약계층 구분시 소득, 주택, 생활환경 등의 조건에 비해 교통환경에 의한 격차는 크게 고려되지 않았으나 교통서비스로 인한 직장, 교육, 의료서비스, 여가시설 및 사회적 네트워크 등 사회참여에 대한 접근 용이성 차이에 따른 사회적 격차가 엄연히 존재하고 있음
- 교통의 양적 질적 사회적 서비스는 분배에 대한 계층간 형평성 문제 및 사회적 배제 현상과 밀접한 관계가 있으므로 계층간 사회적 형평성을 고려하여 반드시 적절한 수준으로 개선되어야 할 사안임
- 광역 대중교통 수단 중 광역철도는 막대한 예산, 건설기간 및 경제성 등에 대한 문제로 적기 적소에 교통서비스를 제공하지 못하고 있고 다수의 광역권 거주자들이 광역이동 대중교통수단으로 민간운영 광역버스를 이용하고 있음
- 광역버스 노선의 운영특성상 자동차전용도로의 운행이 필수적인 상황에서 승차정원을 초과하여 입석으로 자동차전용도로를 운행할 수 없도록 법률로 규정하고 있음에도 불구하고 출퇴근 시간대에 불법 입석운행이 관행화되어 광역권 이용자에게 최소한의 안전도 제공하지 못하고 있는 실정임
- 따라서 사회적 교통약자인 광역권 거주자에게 출퇴근 시간대에 불법 입석운행의 관행을 개선하고 차내혼잡도를 해소하기 위해서는 대용량 대중교통수단의 개발과 보급이 필수적이며, 광역버스 운행목적 및 특성을 고려할 때 도로단위 연장당 수송분담율이 가장 우수한 2층버스의 국산화 개발이 필요함
- 현재 EU를 비롯한 선진국/신흥국의 주요 도시들은 친환경차 보급화 정책을 강화중이기 때문에 향후 글로벌 시장을 선점하기 위해서는 전기차 개발이 필요
 - EU
 - 2020년 전후 EU 주요도시(파리/바르셀로나/함부르크/로마 등) 디젤차 도심진입 억제 정책 시행
 - 노르웨이/네덜란드, 2025년 이후 기존 내연기관차(ICE) 판매 금지

- 독일 2030년, 프랑스 2040년 이후 내연기관차 판매 금지 (승용차)
- 영국
 - 2018년 런던시 ULEZ(Ultra Low Emission Zone) 운영 및 위반 시 벌금 부과 예정
 - 2028년 런던시 시내버스 전량 전기버스로 교체
 - 2040년 이후 내연기관차 판매 금지 (승용차)
- 미국
 - 캘리포니아 주정부, 세계최고 수준의 배기가스 규제 강화 추진
 - 2025년까지 무공해차(EV, FCEV) 판매비중 22%로 확대 규제(승용차)
 - 2030년까지 최소 5만대 친환경 트럭 수요 발생 전망
- 중국
 - 2020년까지 신에너지차(전기/PHEV/수소전기) 500만대 보급 추진중
 - 신차 가격의 최대 60%까지 보조금 지원중
 - 2019년 이후 신에너지차 판매비중 의무화 정책 추진중
- 인도
 - 2030년 이후 승용/LCV/버스를 전기차로 대체 추진 플랜 발표

3. 연구개발 범위

구분	내용
최종 목표	국내의 교통환경 및 세계적인 친환경 트렌드에 적합한 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발
세부 목표	1. 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 개발 2. 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발 3. 대용량 2층 전기버스 도입에 따른 자동차 관련 법령 분석 및 개선안 제시

가. 주관기관 - 현대자동차(주)남양연구소

(1) 개발 목표

- 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 개발
- 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발

(2) 개발 내용 및 범위

- 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 개발
 - 경쟁차 벤치마킹
 - 차량개발 컨셉 및 레아아웃 결정
 - 차체 플랫폼 개발
 - 샤시 시스템 개발
 - 전기 구동 시스템 개발
 - 2층 전기버스 베어샤시 제작 및 점검
- 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발
 - 차체 구조 개발
 - 내장부품 및 컴포넌트 개발
 - 안전/편의 시스템 개발
 - 2층 전기버스 선행차량 제작
 - 차량 성능 평가

나. 공동연구기관 - 한국교통안전공단

(1) 개발 목표

- 대용량 2층 전기버스 도입에 따른 자동차 관련 법령 분석 및 개선안 제시

(2) 개발 내용 및 범위

- 2층버스 운영환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석
- 2층 전기버스 특성에 따른 차별성을 고려한 법령 개정 방안 도출

제2장. 국내외 기술개발 동향

1. 국내·외 동향

가. 국내 대용량 버스 도입 및 운행 사례

- 굴절버스 1차 (1985년)
 - 운행구간 : 서울시청 ↔ 사당
 - 도로 굴곡 등 당시 우리나라 도로 구조 등과 적합지 않아 운행 중단
- 2층버스 (1991년)
 - 운행구간 : 서울시청 ↔ 과천
 - 시내버스의 빈번한 정차 조건에서 승하차시간이 과도하여 교통체증을 유발하고 도로표시물 및 구조물 등 당시 우리나라 도로여건, 차량의 환경인증 문제, 고가의 차량가격 등으로 인하여 운행 중단
- 굴절버스 2차 (2004)
 - 시범운행 및 상업운행
 - 버스출력 저하로 고갯길 운행이 곤란하고, 저효율 냉난방기에 의한 하절기 및 동절기 사용자의 불편, 고가의 수리비용 우리나라 도로 구조와의 미부합 등으로 운행 중단
- 바이모달 트램 개발 (2013)
 - 신에너지 바이모달 수송시스템 개발(철도기술연구원, 한국화이바)
 - 버스의 유연성과 철도의 정시성, 친환경성을 결합한 저비용/고효율 신대중교통 수단인 바이모달 트램 시스템 개발
 - 시범운행 : 대전(반석역)–세종시–오송역
 - 자동운전에 따른 차량 내외부의 안전문제, 고가의 차량가격, 교통체계 구축비용, 정시성 확보 문제로 활성화에 한계
- 2층버스 (2015)
 - 운행구간 : 경기도 광역버스 노선 운행
 - 해외업체 (VOLVO, MAN) 완성차 도입, 디젤엔진 기반 차량
 - 운행대수 : 193대 (‘19.7월 기준)

2층 시내버스(1991)	굴절버스(2004)	바이모달 트램(2013)	2층버스 (2015)
			
전장 : 12 m 전폭 : 2.5 m 전고 : 4.0 m 출력 : - 좌석수 : 87 석 제작사 : NEOPLAN 가격 : 2.7억	전장 : 17.96 m 전폭 : 2.495 m 전고 : 3.250 m 출력 : 310 ps 정원 : 100명(좌석 41/입석 59) 제작사 : IVECO 가격 : 약 7.7억	전장 : 18 m 전폭 : 2.5 m 전고 : 3.4 m 출력 : - 좌석수 : 93명(좌석 29/입석 64) 제작사 : 한국화이바 가격 : 약 18억	전장 : 13 m 전폭 : 2.5 m 전고 : 4.0 m 출력 : 350 ps 좌석수 : 73석 제작사 : VOLVO 가격 : 4.5억

그림 2. 국내 도입 대용량 버스

나. 국내 동향

- 상용차는 승용차와 달리 수익창출의 수단을 목적으로 경제성 및 가성비를 중시하고 경제성 높은 신기술에 수용성이 높음
- 화물/여객 수송을 담당하는 공공인프라 성격을 가지고 있으며, 기간산업과 군수 전용이 용이한 전략 산업으로 법규 및 규제를 통해 정부가 높은 수준으로 시장 및 산업을 관리함
- 따라서, 첨단 기술과의 융합이 승용 이상으로 빠르게 전개되며 신사업 기회가 창출되고 있고, 환경/안전 사양 적용에 대한 사회적 요구 증대는 기존 시장의 진입 장벽을 약화시킴
- 2층버스는 기존 대용량 교통수단의 운영상의 단점을 극복하고 현재까지의 자동차 제작사의 생산 노하우를 토대로 국산화 개발이 가능함
- 현재 국내 2층버스 시장은 형성되지 않았으나 대용량 대중교통수단 또는 관광용 버스로의 사회적 니즈에 따라 일부 지자체에서 수입하여 운행하고 있고 경기도는 2014년 12년 경기도와 서울시를 오가는 광역버스 3개 노선에 대하여 시범운행을 실시하고 승객 89%, 운전자 100%의 도입 지지율로 2015년 광역버스 노선에 해외업체의 2층버스가 도입되어 운행중임
- 국내에서는 2층버스의 개발 실적은 없으나 다년간의 대형 승합 및 화물자동차의 생산 경험 및 하이브리드 기술 등을 바탕으로 하여 배기가스 규제 대응은 물론, 2층버스의 경량화, 저중심 및 저상화 차체기술, 3축 조향 기술 등의 개발이 가능함
- 컨베이어에 의한 라인조립 생산이 일반화된 승용차와 달리 버스의 생산 공정은 정칙 조립이 가능하여 상대적으로 초기 생산 인프라 구축비용이 저렴함
- 개발비용 절감 및 적기 양산을 위하여 초기 핵심요소 기술의 해외도입이 불가피하나

모든 기술개발 요소 기술을 확보할 수 있으며, 장기적으로는 국산화가 가능함

- 현재 한국의 수출용 버스는 가격 대비 디자인, 성능, 편의성 등의 장점으로 해외 시장에서 호평을 받고 있어 2층버스 개발을 통한 추가 라인업은 수출용 버스모델의 다양화 및 고급화의 토대를 마련하여 시장경쟁력 강화가 가능함

구분		VOLVO	MAN
View		  	  
제원 (mm)	전고/전폭/전장	3,995 / 2,490 / 12,990	←
	W/Base	5,150 / 1,400	5,875 / 1,700
인승		72+1 (1층 : 13+1, 2층 : 59)	71+1 (1층 : 12+1, 2층 : 59)
실내고(mm)		1,820(1층) / 1,700(2층)	1,840(1층) / 1,680(2층)
파워트레인	엔진	디젤 7리터(350ps/142kgm)	디젤 12.4리터(460ps/235kgm)
	변속기	6속 ATM	12속 AMT

그림 3. 국내 도입 2층 버스

- 현재 국내는 미세먼지 문제로 각 지자체에서 전기버스 도입을 적극적으로 추진하고 있으나 전기버스 모델이 증가하면서 선택의 폭이 확대된 반면 각 업체간 경쟁도 심화됨
- 공공성이 높은 버스에 대한 보급 예산 확충으로 전기버스 시장 성장이 지속되고, 수소 전기버스 지원 정책 마련으로 보급 기반이 마련됨

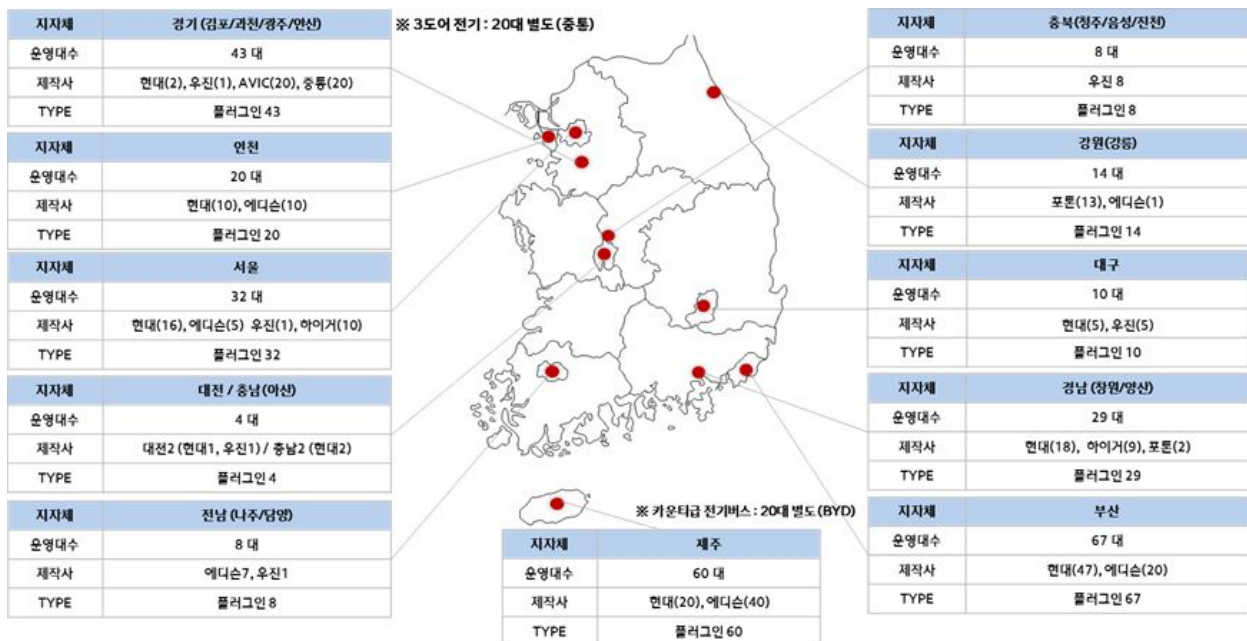


그림 4. 전국 전기버스 보유현황, 총 295대 ('19년 5월 기준)

2. 해외 동향

가. 해외 동향

- 2층버스는 크게 우리나라의 좌석버스(전세, 고속 포함)에 해당하는 Coach 타입, 입석이 허용되는 시내버스 형태인 City-Bus 타입, 오픈탑 형태의 City Tour-Bus 타입의 3가지 형태로 분류되고 있음
- 최초로 2층버스를 도입한 도시는 영국의 런던이며, 2층버스를 운영하는 나라는 빨간색 2층버스(Route-master)로 대표되는 영국을 필두로 독일, 프랑스, 스페인, 스웨덴, 네덜란드, 벨기에 등 유럽 각국, 러시아, 폴란드 등 동구권 국가 그리고 일본, 중국, 홍콩, 싱가포르, 인도네시아, 말레이시아 등 아시아 국가, 미국, 캐나다, 브라질 등 북미 및 중남미와 호주, 뉴질랜드 등 전 세계적으로 일반화 되어 있고 운영 형태로 보면 시티투어 버스, 시내버스, 도시간 장거리 노선버스 등으로 각국 실정에 맞춰 다양한 형태로 운영되고 있음
- 2층버스 전체를 자체 생산할 수 있는 능력을 갖춘 제작사는 볼보 등이 있고 대부분의 2층버스 제작사는 엔진, 변속기, 차축, 새시 등을 도입하여 차체만 제작하여 조립 완성하는 바디빌더 업체임
- 대형승합자동차용 베어새시를 생산하여 바디빌더 업체에 공급하는 제작사로 스카니아, 볼보 등이 있고 볼보는 과거 2층버스를 양산하였으나 현재는 주로 대형승합자동차용 베어새시를 생산하고 있음
- 2층버스 시장은 유럽산 자동차가 시장을 주도해 왔는데 최근 중국이 유럽의 선진기술을 CKT 방식으로 도입하여 저가의 가격경쟁력을 앞세워 내수뿐만 아니라 해외 시장에 진출하고 있음

구 분	BENZ	NEOPLAN	VANHOOL	Alexander Dennis
View				
출시일자	'17	'17	'14	'12
용도	COACH Bus	←	←	City Bus
전고/전폭/전장(mm)	4,000/2,550/14,000	←	4,000/2,550/14,105	4,000/2,550/12,991
승차인원	83(1층:24, 2층:59)	85(1층:26, 2층:59)	91(1층:26, 2층:59)	78석

그림 5. 해외 운행중인 2층 버스

나. 글로벌 전기차 시장 동향

(1) 전기차 시장 동향

- 글로벌 전동차 시장은 불과 4년만에 판매량이 5배 성장할 정도로 빠르게 확대되고 있으며 향후에도 전동차 보급은 더욱 가속화되어 2025년에는 1,000만대를 넘어설 것으로 전망(*Bloomberg New Energy Finance)

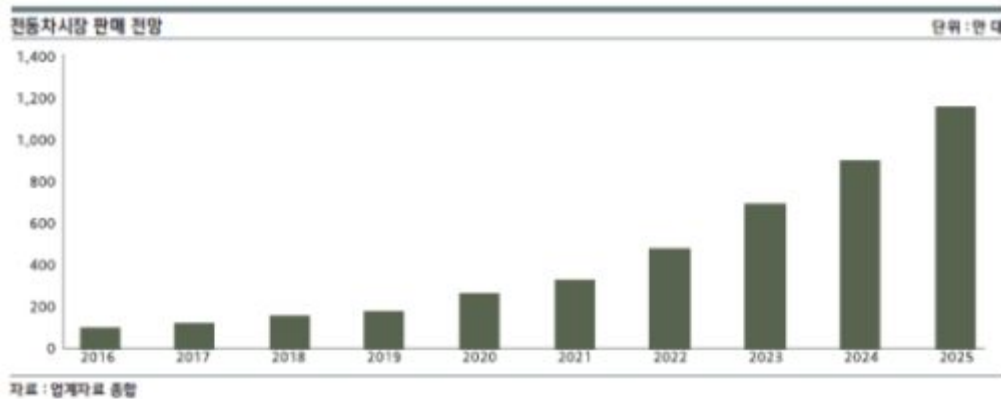


그림 6. 전기차 시장 판매 현황

- 에너지 산업은 탈탄소화·디지털화·분산화 등으로 전환되는 패러다임의 이행이 진행중
- 에너지 산업의 변화는 역사적으로 자동차 대중화를 뒷받침하고 업체 간 경쟁구도를 변화시키는 등 자동차 산업의 근본적 변화를 초래하는 주요 요인으로 작용
- 국가별 환경규제 강화 및 친환경 차량 도입 계획 수립에 따라 시장 변화 가속화
- 법규/인프라/부품사/완성차업체 등 친환경 차량 관련 부분 시장 확대

(2) 지역별 전기차 시장 동향

(가) 중국

- 세계 최대 전동차 시장으로 부상하고 있는 중국은 2017년 1분기 5.1만대가 판매되어 2016년 동기대비 41.6% 성장
- 2016년 4분기 대비해서 판매가 급감했으나, 이는 보조금 제도 변경전에 선수요가 집중되었기 때문이고, 2017년 4분기 판매량은 16만대 예상
- 2017년 중국 전기차 판매 규모는 43.5만대로 추정되어 전세계 전기차 수요의 약 42%를 차지하는 최대 시장이 될 전망이고, 2020년 약 200만대, 2025년 700만대로 2025년 중국 전체 자동차 판매량 중 약 20%를 전기차로 보급할 계획

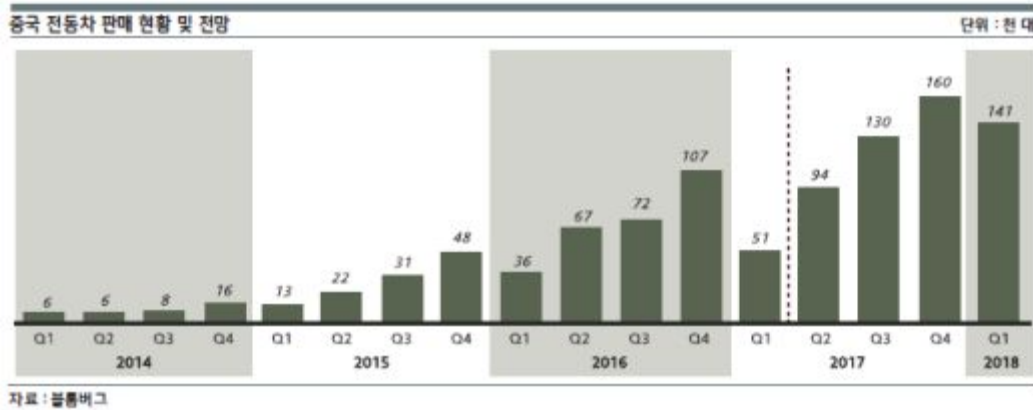


그림 7. 중국 전기차 판매 현황 및 전망

- 2019년 중국은 트럭/버스 보조금을 전년대비 70% 감축하였고, 지방보조금은 폐지 (정부 보조금의 최대 50%)
- 2021년부터 승용 전기차 보조금은 폐지하고, 전기버스/수소차는 별도 보조금 지원방 안 마련 예정
- 공신부에서 도시/단거리/승용차 분야에서는 순수 전기차, 장거리/대형/상용차 분야에 서는 수소전기차량으로 상호 보완하는 수소에너지 및 수소전기차량 발전 계획 발표
- 2019년 상하이에서 하루 2톤 공급이 가능한 세계 최대규모 수소 충전소 가동

(나) 미국

- 2017년 1분기 미국 전기차 판매량은 4.1만대로 2016년 1분기 대비 51.8% 증가하 였고, 2017년 판매량은 21.9만대 예상
- 2020년까지 캘리포니아를 중심으로 약 330만대의 전기차 보급을 목표로 하고 있으 며, 이를 위해 4만5,000달러 이상의 전기차에 대해 7,500달러, 이하인 경우 1만 달 러 세액 공제를 시행
- 총 45억 달러를 투자해 충전 인프라 구축 프로그램 시행중

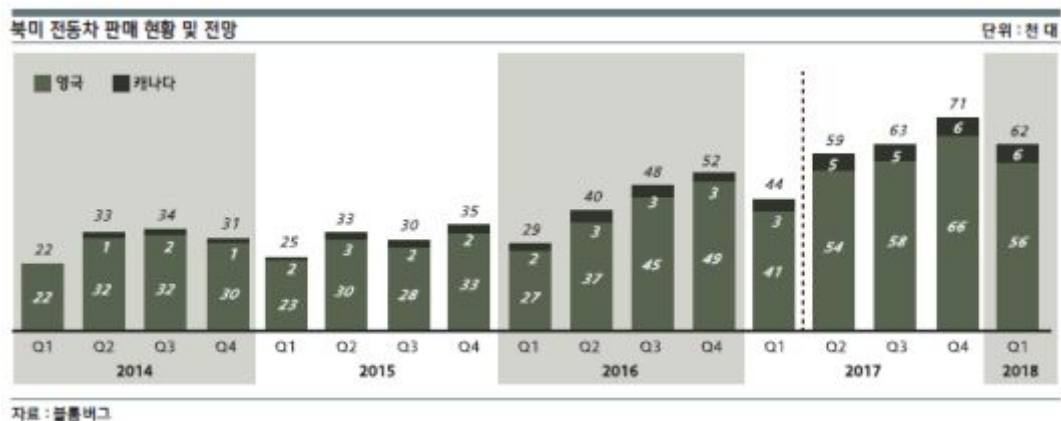


그림 8. 북미 전기차 판매 현황 및 전망

- LA에서 2025년까지 등록차량의 25%, 2035년까지 80%, 2050년까지 100% 전동화차로 대체하는 내연기관 완전 퇴출 계획 발표 (택시·버스 우선 시행 대상)
- 뉴욕 메트로폴리탄교통공사에서는 향후 5년간 500대를 추가 도입하고, 2040년까지 모든 뉴욕시 버스를 전기버스로 대체하는 전기 시내버스 도입 대폭 확대 정책 결정

(다) 유럽

- 2017년 1분기 유럽 전기차 판매 대수는 6.3만대로 2016년 1분기 대비 28.5% 증가하였고, 이에 따라 2017년 유럽의 연간 전기차 판매량은 28만대 예상
- 2025년부터 시행되는 유럽 CO₂ 배출 기준을 맞추기 위한 유력한 방안이었던 클린디젤차는 폭스바겐 사태 이후 전기차에 의해 밀려나는 상황
- 자동차 강국인 독일은 전기차 보급을 활성화하기 위해 2017년 6월 충전 인프라 구축에 4년간 2억달러 이상을 투자하기로 결정
- 자동차 업체들의 신차 개발이 활발하게 진행되고 있어, 경쟁력을 갖춘 전기차 모델이 2020년까지 약 90개 이상 출시 예정

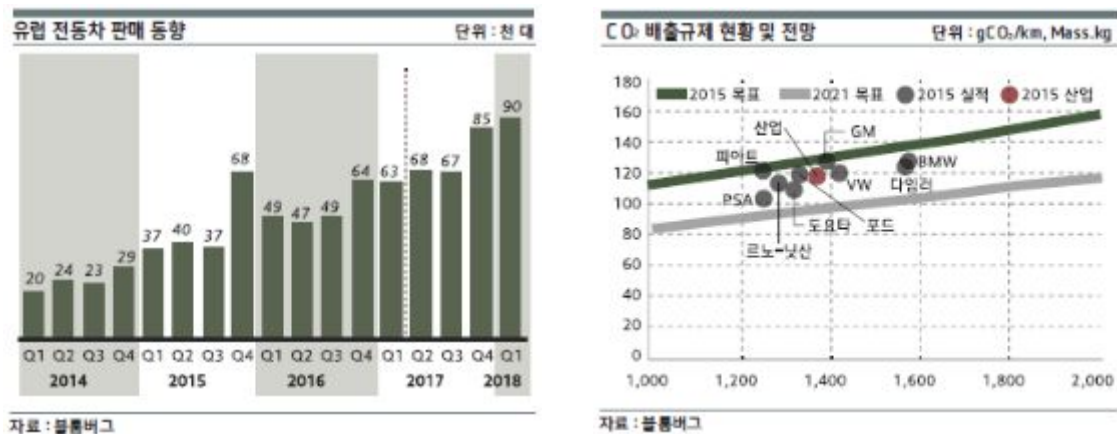


그림 9. 유럽 전기차 판매 동향 및 CO₂ 규제 현황

- 2019년 유럽의회에서 2030년까지 버스 및 대형트럭 CO₂ 배출량을 2021년 대비 31% 감축하는 규제안 통과
- 2019년 스웨덴은 세계 최초 무선충전 전기도로를 건설하고 향후 2,000km 이상 전기 고속도로 건설을 목표 (2020년말 전기버스 시범운행 예정)
- 2019년 독일은 세계 최초 전기트럭 전용 고속도로 개통하고, 2022년까지 테스트 완료 후 확대 여부 결정 예정

(3) 중장기 전기차 시장 전망

- 전기차가 소비자의 선택을 받지 못하고 있는 이유는 짧은 주행거리, 충전 인프라 등 여러 가지 문제가 있으나, 결국 가격문제 때문임
- 전동차의 경우 대량 생산체제 구축을 통한 규모의 경제가 이루어지지 않아 생산단가 하락에 제약이 있으며, 여기에 제조원가의 40% 가량을 차지하는 배터리 가격이 전기차 생산단가 하락 제약
- 2015년 기준 전기차용 리튬이온전지 가격은 380달러/kWh이며, 현 배터리 가격을 기준으로 전기차가 내연기관차 대비 가격 경쟁력을 가지기 위해서는 휘발유 가격인 갤런당 6달러 이상에서 결정되어야 하나, 2017년 5월 기준 미국 휘발유 가격은 갤런당 3.3달러에 불과
- 내연기관차와 경쟁할 수 있는 수준으로 떨어지기 위해서는 리튬이온전지 가격이 250달러/kWh 이하로 떨어져야 함
- 전기차 가격 이슈는 수요 증가로 대량 생산체제가 구축되면 빠르게 해결될 수 있으리라 예측되며, 향후 배터리 가격은 매년 큰폭으로 하락할 것으로 예상되어 2020년경에는 목표 가격인 250달러/kWh에 도달 가능할 것으로 전망

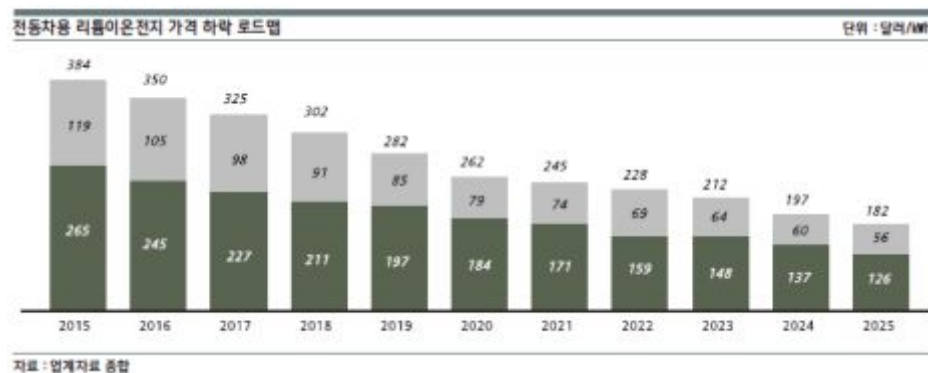


그림 10. 전기차용 리튬이온전지 가격 하락 로드맵

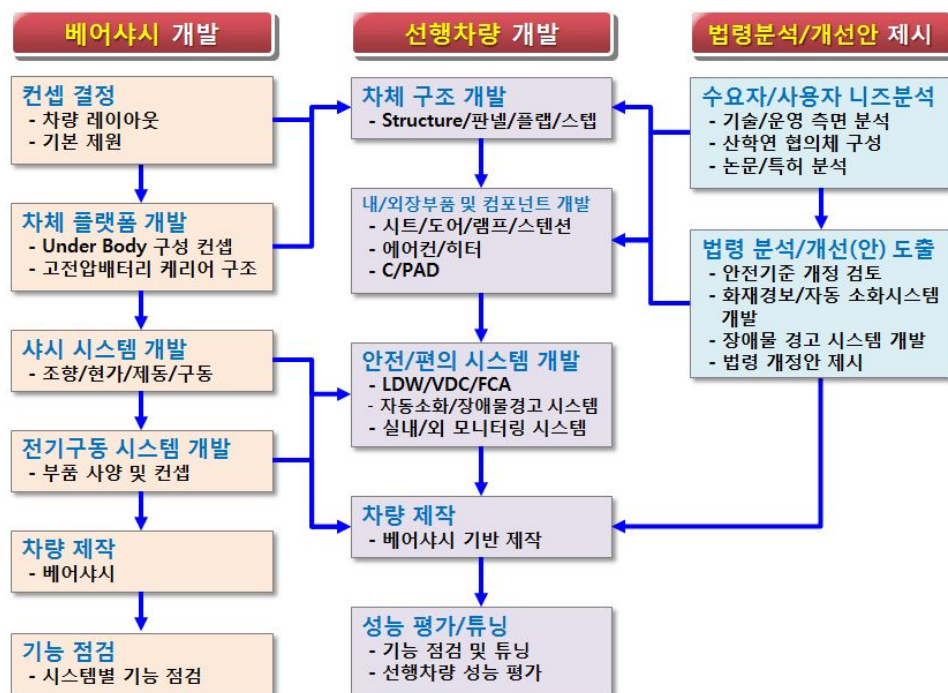
- 글로벌 전기차 시장은 원가 비중이 가장 높은 배터리 가격 하락에 비례해 성장할 것으로 예상되며, 배터리 가격이 250달러/kWh 달성을 기점으로 폭발적인 수요가 증가할 것으로 전망
- 기후 변화 방지를 위한 온실가스 감축 등 친환경 이슈가 자동차 산업에도 불어닥치고 있어 기존 내연기관 기술 위주로 포지셔닝 했던 주요 자동차 업체들의 사업 전략 변화가 불가피
- 전기차는 자동차 산업 패러다임 변화의 대세로 자리매김하고 있고, 글로벌 시장의 주도권 확보를 위한 국가 및 업체간 경쟁은 더욱 치열해질 전망

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계

가. 연구개발 추진 전략·방법

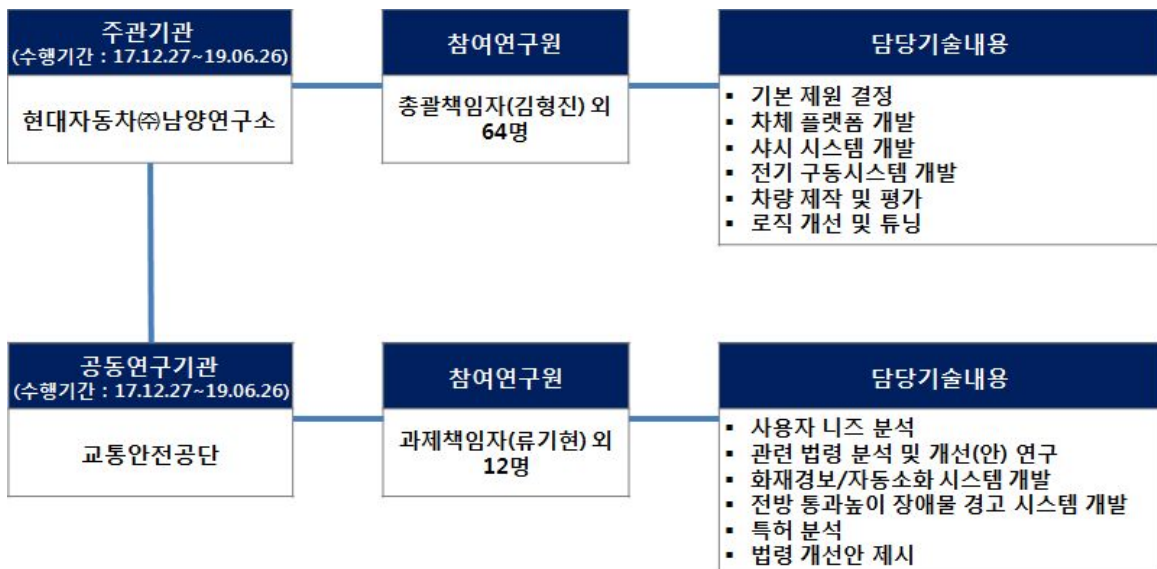
- 국/내외 다양한 수요에 대응하기 위해 한국형 대용량 2층 전기버스 베어샤시 및 선행 차량 개발 진행
- 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발을 성공적으로 수행하기 위해 기술개발 추진 형태를 베어샤시 개발, 선행차량 개발, 법령 분석 및 개정 등 3가지로 분류



- 해외사 차량 및 시스템 상세 분석을 통해 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발 목표를 설정하고, 각 시스템 및 부품 국산화 방안을 수립
- 광역버스 및 잠재수요 차량의 1회 왕복거리 및 1일 주행거리, 1회 운행 후 정차 시간 등 차량의 운행 현황을 조사하여 효율적인 설계안과 운용기술 개발 (사업자, 정비, 운전 부문 등 수요자 의견 청취)
- 선행차량 제작 후, 광역버스 노선 시범운행을 통해 필요 데이터를 확보하고 수집된 데이터를 기반으로 배터리 용량의 적정성 및 배터리 충전을 포함한 전반적인 2층 전기버스 차량 운용 시나리오 수립
- 단계별 진도회의를 진행하여 기술개발 현황을 파악할 계획이며 각 부문별 크로스체크를 실시하여 조기에 문제점을 확인하고 개선안을 도출
- 2층 전기버스 국내 운행에 따른 법/제도 정비 및 개정 필요성 분석

나. 연구개발 추진체계

연구개발과제			
과제명	한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발		
기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	1	65	78
대 학			
국공립(연)			
출 연 (연)	1	13	
기 타			



다. 추진일정

(1) 주관기관 : 현대자동차(주)남양연구소

1차년도																						
일련 번호	연구내용		월별 추진 일정																		연구 개발비 (단위: 백만원)	책임자 (소속 기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	경쟁차 벤치마킹 (※사전 검토 내역 보완)																					김형진 (현대자동차)
2	베어 샤시 개발	기본 제원 및 레이아웃 결정																				
3		차체 플랫폼 개발																				
4		전기구동시스템 개발																			582	
5		샤시 시스템 개발																			439	
7		베어샤시 제작 및 기능 평가																			136	
7	선행 차량 개발	차체 구조 개발																			1121.5	
8		트림 및 내장부품 개발																				
9		전장시스템 개발																			131.5	
10		선행차량 제작 및 평가 (※과제 종료 후, 추가 튜닝 및 평가 진행 예정)																			340	

(2) 공동연구기관 : 한국교통안전공단

1차년도																					
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정																		연구 개발비 (단위: 백만원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	국내 운영 환경에 최적화된 차량 개발 방안																			50	류기현 (공단)
2	수요자 및 사용자 지향적 차량 개발 방안																			50	류기현 (공단)
3	전문가 기술 동향 모니터링 및 수요조사																			20	류기현 (공단)
4	기술환경 파악을 위한 논문 및 특허 분석																			15	류기현 (공단)
5	구동축전지, 구동전동기, 전자파 안전성 확인																			92	류기현 (공단)
7	배터리 탑재공간 화재 경보 및 자동 소화시스템 개발																			150	류기현 (공단)
7	전방 통과높이 장애물 경고시스템 개발																			150	류기현 (공단)
8	법규 분석을 통한 개정 필요성 검토 및 법규간 연계성을 확보한 개정안																			173	류기현 (공단)

2. 2층 전기버스 베어샤시 개발

가. 경쟁차 벤치마킹

(1) 국내 도입 2층버스

(가) 경쟁차 조사



그림 11. 경쟁차 조사 ('18.03.10~03.11, 수원 경진여객)

구분	Volvo	MAN		Volvo	MAN
의장					
클러스터			FRT Body		
냉각					
프레임			RR Body		
			차체 재질	복합재 + 스틸	복합재

그림 12. 시스템별 경쟁차 분석

구분	Volvo		MAN	
View		- 차량 구성 - 샤시 : Volvo - 바디 : 대길(대만)		- 차량 구성 - 샤시 : MAN - 바디 : UNIV(스페인)
구동 방식	6×2		←	
전고(mm)	3,995		←	
전폭(mm)	2,490		←	
전장(mm)	12,990		←	
실내고(mm)	1,820(1층) / 1,700(2층)		1,840(1층) / 1,680(2층)	
담단고(mm)	340		340	
인승	72+1(1층 : 13+1 / 2층 : 59)		71+1(1층 : 12+1 / 2층 : 59)	
시트 피치(mm)	705		710	
파워 트레인	엔진	7.7L/350ps/143kgm (Volvo D8K)	12.4L/460PS/235kgm (MAN D2676 LOH)	
	TM	6단 ATM(ZF Ecolife)	12단 AMT(ZF Astronic)	
서스펜션	FR	Air 차축일체식	Air 독립현가	
	구동	Air 차축일체식	←	
	Tag	Air 차축일체식	←	
타이어	295/80R22.5		←	

그림 13. 경쟁차 제원

(나) 벤치마킹 분석

- A/S 부품이 해외업체이므로 부품조달이 어려우며, 단가 비쌘
- 2층 승객 거주공간 부족 : 거주공간 확보위해 일부차량 시트1열 축소 운행
- 보증기간 : 바디 1년, 샤시 2년
- Volvo 대비 MAN 이층버스에 대한 만족도 높음
- 2층버스 사용자(운전자) 요구사항
 - 실내 카메라 및 운전석 모니터 설치 필요 : 2층 실내, 계단통로부, 전/중문
 - 2층 스텐션 안전바 적용 필요

(2) 해외 2층버스

차종	VDL Futura FDD2-141	비고
인승	90+1	
전장(mm)	14,145	
전폭(mm)	2,550	
전고(mm)	4,000	
휠베이스(mm)	7,255	
실내고(mm)	1,855/1,724	

그림 14. VDL Futura FDD2-141

(가) Under Body 구성

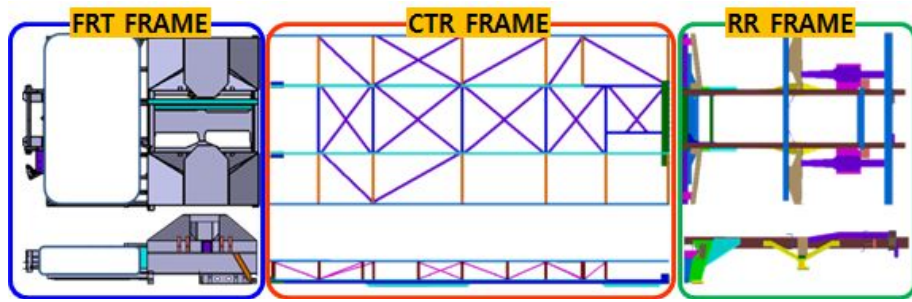


그림 15. VDL FDD2-141 Under Body 구성

○ FRT FRAME



그림 16. VDL FDD2-141 FRT FRAME

○ CTR FRAME

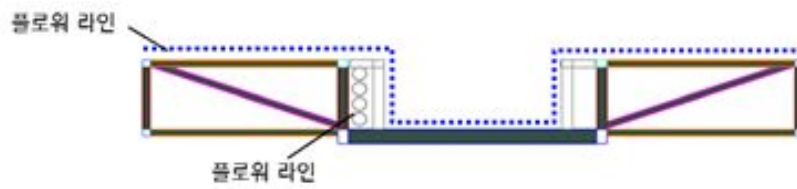


그림 17. VDL FDD2-141 CTR FRAME

○ RR FRAME

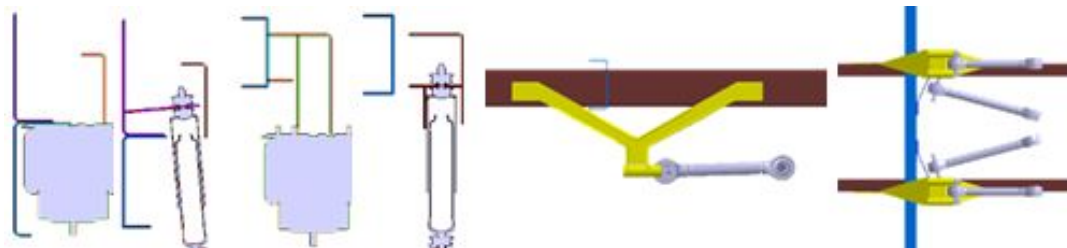


그림 18. VDL FDD2-141 RR FRAME

(나) 외장

○ FRT GLASS / FRT BUMPER / FRT LAMP



그림 19. VDL FDD2-141 FRT

○ RR BUMPER / RR LAMP



그림 20. VDL FDD2-141 RR

○ SIDE GLASS / SIDE LAMP



그림 21. VDL FDD2-141 SIDE

(다) 내장

○ 상부 ROOF TRIM / LAMP

[1층]



[2층]



그림 22. VDL FDD2-141 내장 상부

○ 하부 STEP / FLOOR

[FR]



[MID]



그림 23. VDL FDD2-141 내장 하부

○ SIDE TRIM

[STEP]



[2층 FR]



그림 24. VDL FDD2-141 내장 SIDE

○ 운전석 시트 / 조수석 시트 / 승객석 시트



[운전석]

[조수석]

[승객석]

그림 25. VDL FDD2-141 내장 시트

(라) 컴포넌트

○ C/PAD FACIA



그림 26. VDL FDD2-141 내장 컴포넌트

나. 2층 전기버스 차량 개발 컨셉 및 레이아웃

(1) 개발 컨셉

- 국내법규를 고려하여 전장 13m급 적용 및 실내고 최대 확보
- 휠체어석 2석 적용, 70+1 인승 적용
- 6×2 구동시스템 신규 개발
- 고전압배터리 6팩(384kWh급, 국내 최대 용량) 적용하여 1회충전 주행거리 확보
 - 3구 충전구 적용(충전시간 : 72분)

(3) 차량 제원

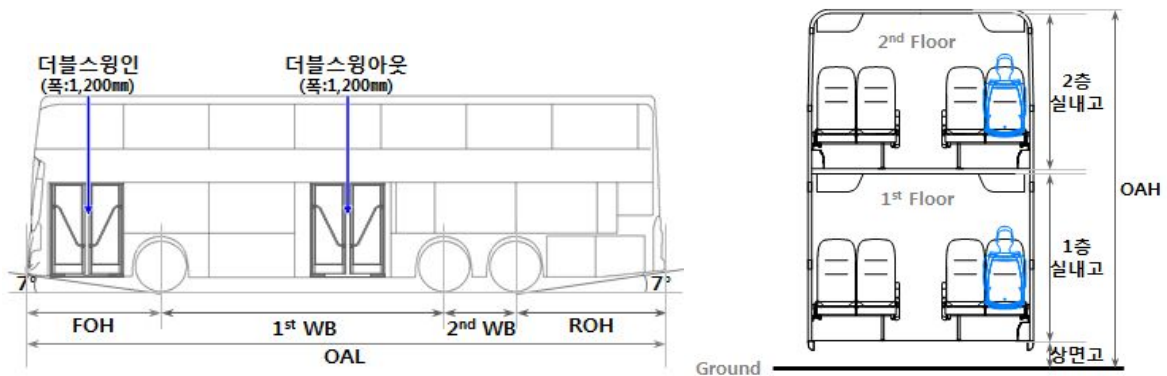


그림 27. 2층 전기버스 주요 제원 항목

- * FOH : Front Over Hang
- * WB : Wheel Base
- * ROH : Rear Over Hang
- * OAL : Over All Length

항목		2층 전기버스	VOLVO 2층버스	MAN 2층버스	※BYD 2층버스
구동방식		6×2	6×2	6×2	4×2
전장(mm)		12,990	12,990	12,990	10,350
전폭(mm)		2,490	2,490	2,490	2,500
전고(mm)		3,995	4,000	3,995	4,200
오버hang (mm)	FR	2,750	2,940	2,590	2,400
	RR	3,040	3,500	3,150	2,150
WB (mm)	1st	5,750	5,150	5,750	5,800
	2nd	1,450	1,400	1,500	-
상면고(mm)		363	370	-	-
답단고(mm)		335	340	340	370(전문)/360(중문)
실내고 (mm)	1층	1,830	1,820	1,840	1,910
	2층	1,700	1,700	1,680	1,725
인승(승객+운전자)		70(좌석)+1 ※휠체어석 : 2EA	72(좌석)+1 ※휠체어석 : 1EA	71(좌석)+1 ※휠체어석 : 1EA	50(좌석)+1 ※휠체어석 : 1EA
시트피치(mm)		710	705	710	-

그림 28. 2층 전기버스 차량 제원

(2) 차량 레이아웃

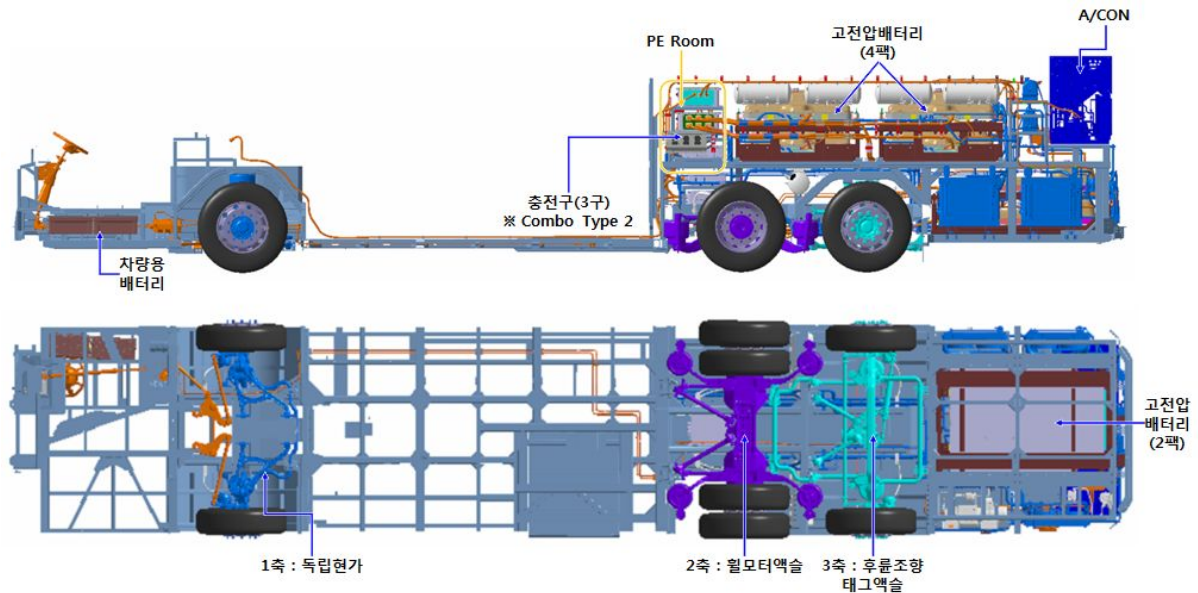


그림 29. 2층 전기버스 차량 레이아웃

다. 2층 전기버스 차체 플랫폼

(1) Under Body 구성

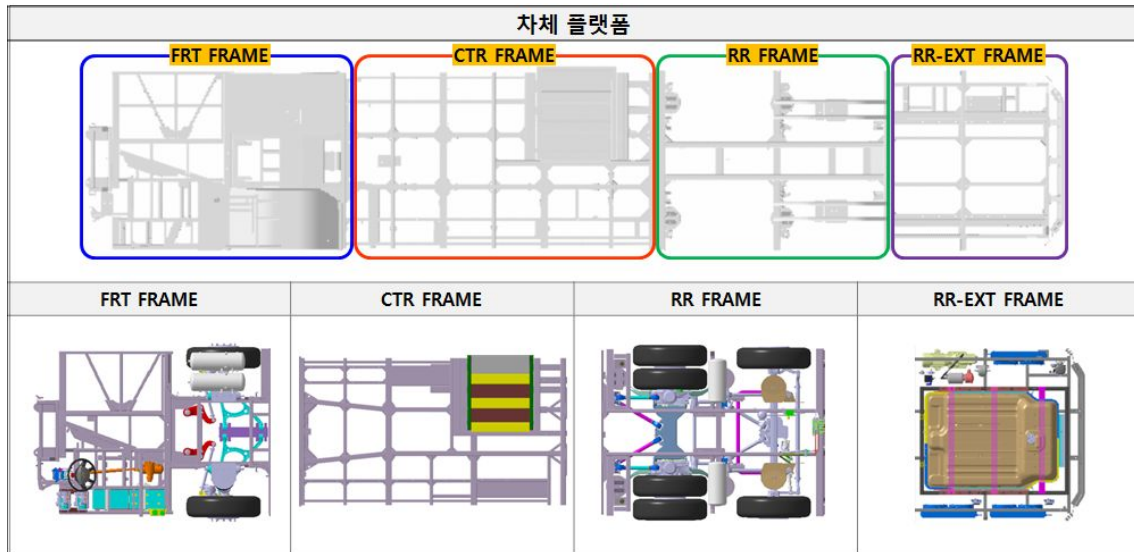


그림 30. 2층 전기버스 Under Body 구성

○ FRT FRAME

- 전문 : 더블스윙인 적용
- 1축 : 독립현가 적용

○ CTR FRAME

- 중문 : 더블스윙아웃 적용

○ RR FRAME

- 태그액슬 고려 프레임 신규
- 2축 : 휠모터액슬 적용
- 3축 : 후륜조향 태그액슬 적용

○ RR-Extend FRAME

- 고전압 배터리 장착 및 프레임 신규
- End Member 탈거구조 적용 (※배터리 탈장착 고려)

(2) 고전압 배터리 장착 구조

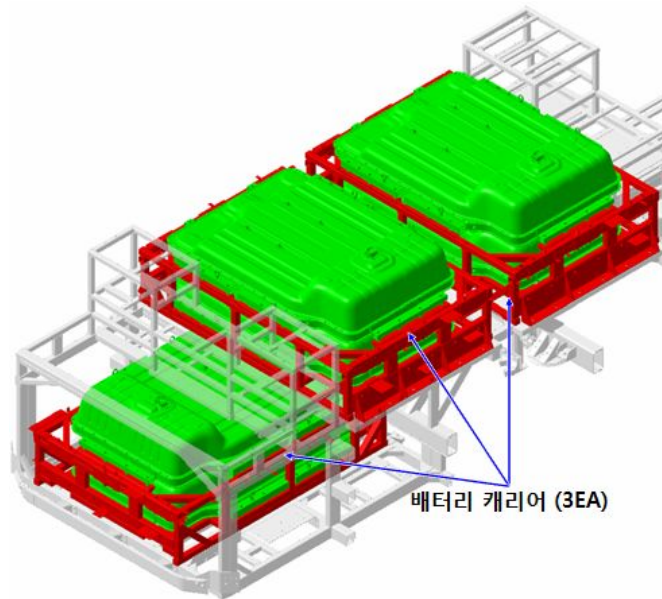


그림 31. 2층 전기버스 배터리 및 배터리 캐리어 구조

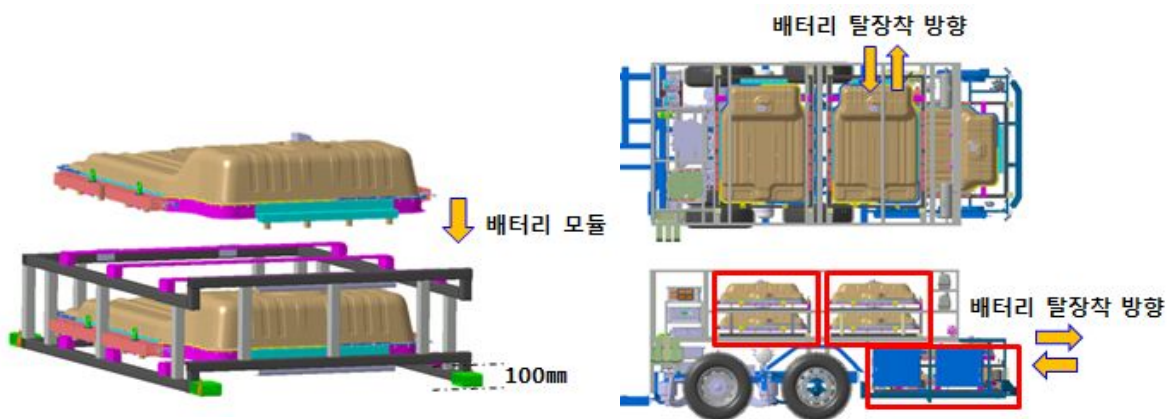


그림 32. 2층 전기버스 배터리 탈장착 구조

○ 고전압 배터리 캐리어

- 배터리 2단 적층 구조
- 작업성/정비성 고려한 슬라이딩 구조 적용
 - RR FRAME에 장착된 배터리 캐리어는 차량 측면으로 탈장착
 - RR-Extend FRAME에 장착된 배터리 캐리어는 차량 후방으로 탈장착

(2) 현가 시스템

(가) 1축 : 독립현가

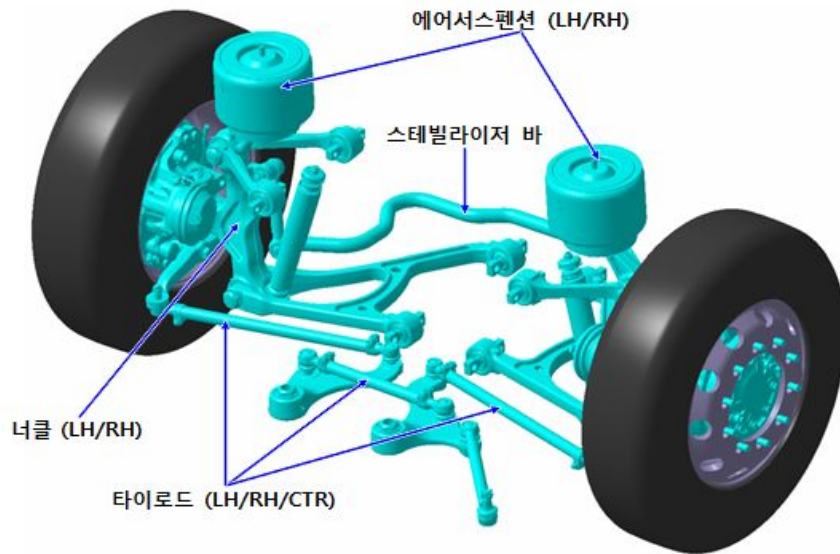


그림 34. 2층 전기버스 1축 독립현가

○ 타입 : 더블위시본

○ 특징

- 승차감 유리 : 적은 Unsprung Mass로 노면 충격감 적음
- Shimmy 현상 감소 및 접지성 높음
- 구조가 복잡하고 리지드액슬 대비 고가

(나) 2축 : 월모터액슬

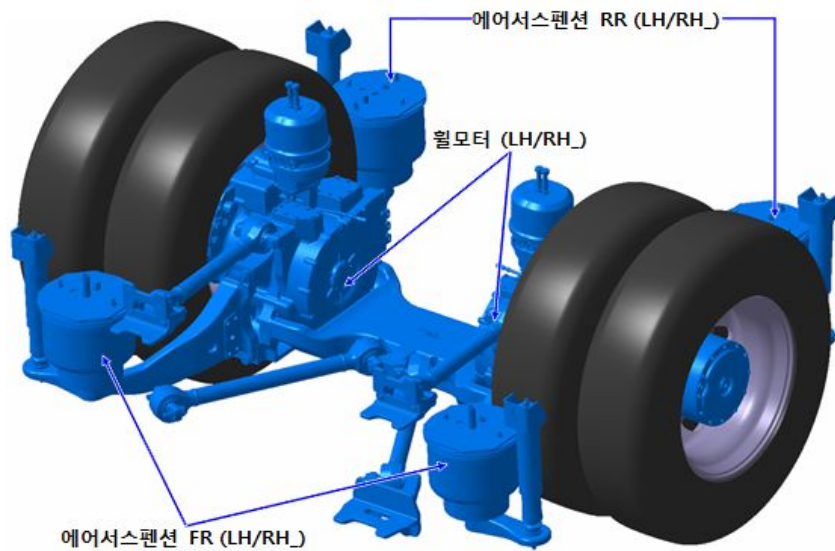


그림 35. 2층 전기버스 2축 월모터액슬

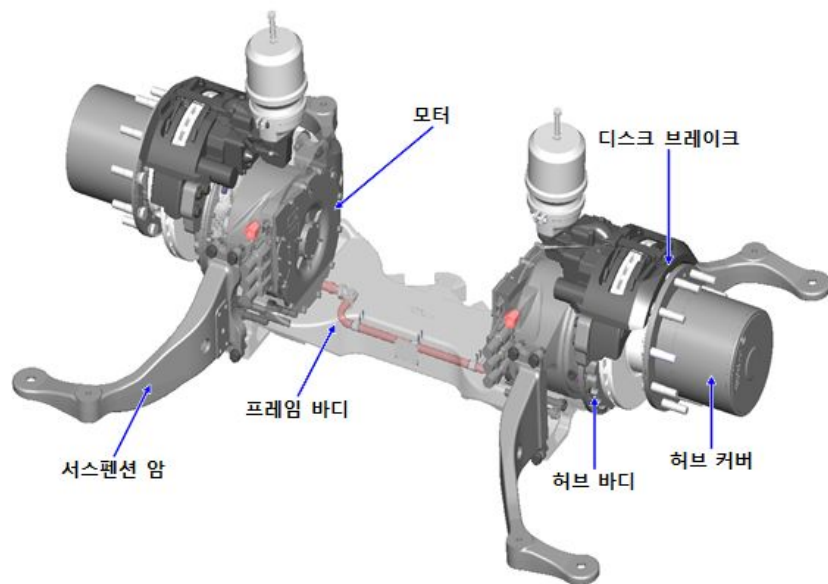


그림 36. 휠모터액슬 ASSY 구성

- 바퀴를 구동하기 위해 모터를 사용
- 모터가 직접 휠을 구동하는 액슬 일체형 모터를 적용하여 동력 전달 과정에서 발생하는 손실을 최소화
- 부품 사양
 - 모터 타입 : 휠모터액슬 (영구자석식)
 - 모터 용량 : 240kW (120kW×2EA)
 - 모터 최대 토크 : 998Nm (499Nm×2EA)
 - 모터 최대 회전수 : 11,000rpm
 - 모터 작동 전압 : 538 ~ 828V
 - 모터 작동 전류 : U, V, W 각 200A
 - 모터 제어 : 3상(U, V, W), 교류전압 제어
 - 액슬 기어비 : 22.914

(다) 3축 : 후륜조향 태그엑슬

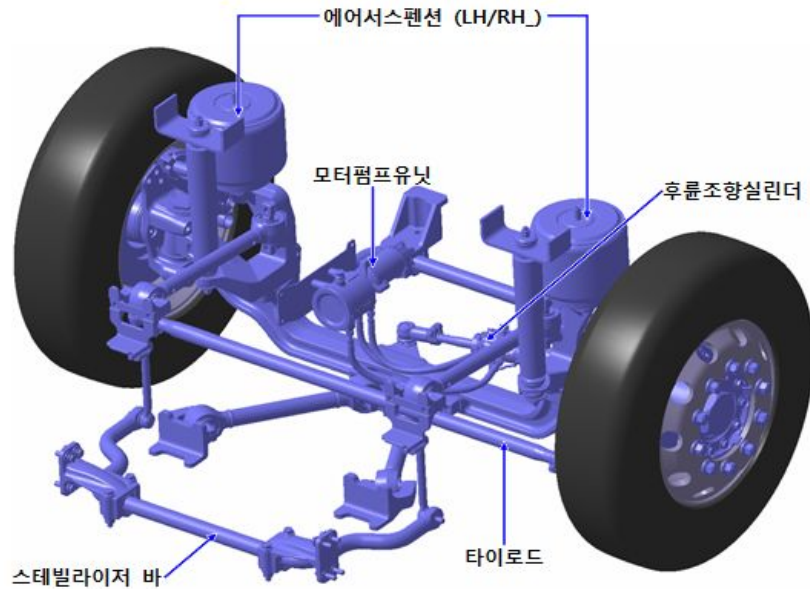


그림 37. 2층 전기버스 3축 후륜조향 태그엑슬

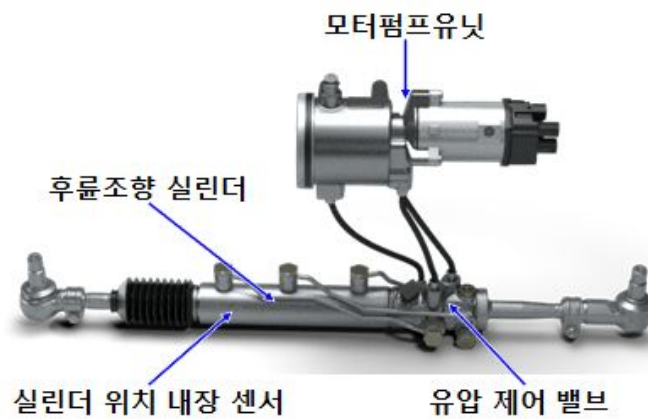


그림 38. 후륜조향 시스템 구성

○ 타입 : 리지드 엑슬 (후륜조향 시스템 적용)

○ 후륜조향시스템

- 차량의 최소회전반경 축소하여 조향성능 향상 (※법규 : 반경 12.5m/5.3m 동심 원 통과)
- 펌프 사양 (양방향 전동기어 타입)
 - 압력 : Max. 185bar
 - 유량 : 8.5L/min
- 실린더 사양
 - 내경 : $\varnothing 60$
 - 스트로크 : 95mm

(3) 제동 시스템

(가) 브레이크

구분	1축	2축	3축
형상			

그림 39. 브레이크 구성

- 1축, 2축, 3축 공압 디스크 브레이크 적용
- 부품 사양
 - 캘리퍼 :
 - 1축 : Axial, Twin Piston 22.5"
 - 2축 : Radial, Twin Piston 22.5"
 - 3축 : Axial, Twin Piston 22.5"
 - 마찰재 : Textar T7400 (1, 2, 3축 동일)

(나) VDC (Vehicle Dynamic Control)

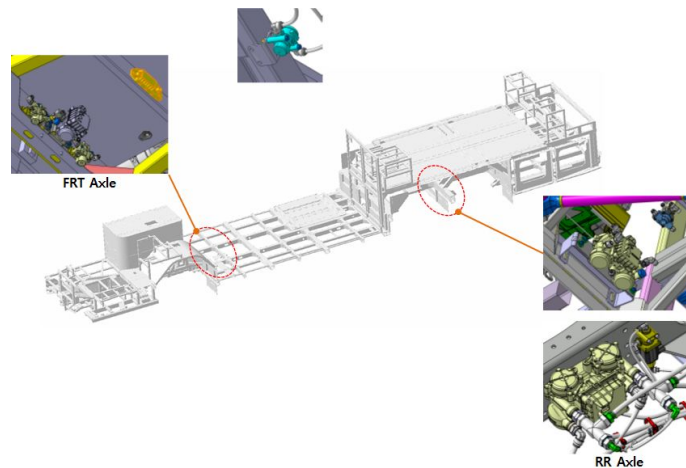


그림 40. VDC 구성

- 주요 기능
 - ABS 기능 : 슬립 제어
 - EBS 기능 : 감속도 제어, 주/보조 브레이크 Combination등
 - VDC 기능: YAW 제어(조향 안정성 향상), ROLL 제어 (차량 전복예방)

마. 2층 전기버스 전기구동 시스템

(1) 고전압 배터리



그림 41. 고전압 배터리

- 고전압 배터리는 고효율, 고품질의 수냉식 리튬 폴리머 배터리를 적용
- 64kWh의 용량을 가진 배터리 팩 6개로 구성되어 총 384kWh의 용량 적용
- 부품 사양
 - 공칭전압 : 711V
 - 정격 전압 : 355.74V
 - 정격 용량 : 180Ah
 - 작동온도 : $-35^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$

(2) PE (Power Equipment) 부품

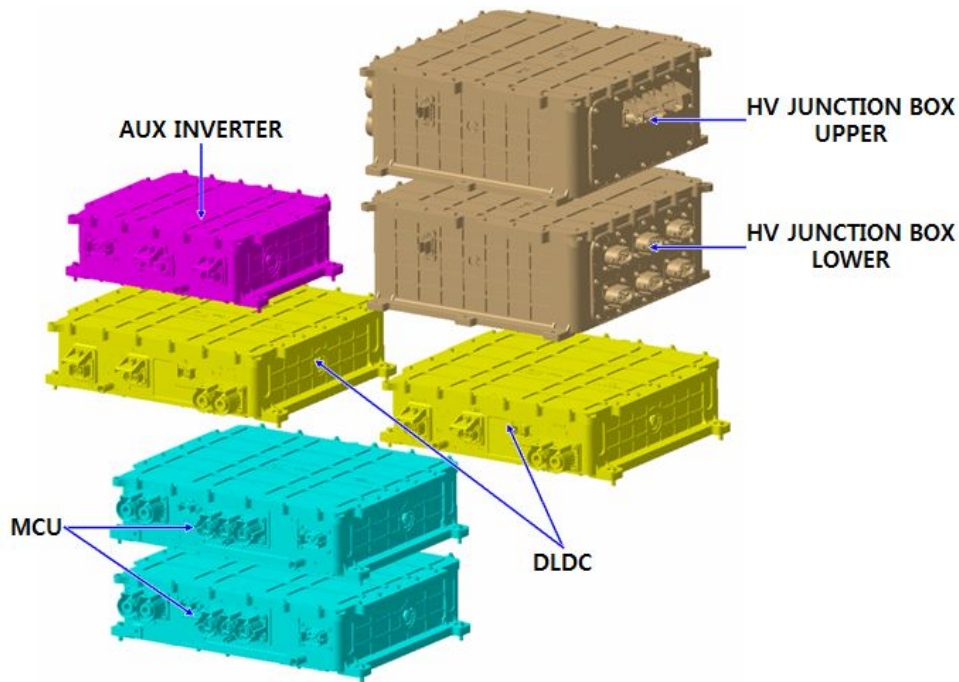


그림 42. 2층 전기버스 PE 부품

(가) HV JUNCTION BOX

- 고전압배터리에서 발생하는 전원을 정선박스 내부의 버스바를 통해 각 디바이스에 전력을 분배

(나) MCU (Motor Control Unit)

- 고전압 배터리에서 온 직류고전압을 교류 고전압으로 변환하여 구동모터 구동

(다) DLDC (Dual Low voltage DC-DC Converter)

- 고전압 배터리에서 공급 받은 전원을 24V 전원으로 변환하여 24V 차량 전장 부하와 EHPS 작동 및 보조배터리 충전

(라) Aux Inverter

- Electric Air-Comp.를 구동시키기 위해 고전압 정선박스에서 인가된 720V 직류전압을 270V 교류전압으로 변환

(3) 냉각시스템

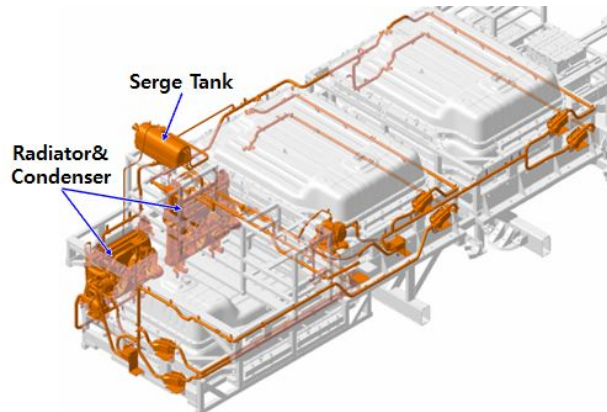


그림 43. 2층 전기버스 배터리 냉각시스템

(가) 배터리 냉각시스템

○ 주요 부품

- 히터 : 냉간 시 배터리 성능이 저하되는 것을 방지하기 위해 고전압 배터리 라인
의 냉각수를 가열
- E-Comp. : 고전압 배터리를 냉각시키는 냉매 압축
- 칠러(Chiller) : 배터리 냉각수를 냉매를 이용해서 냉각시키는 열교환기 장치
- EWP(Electric Water Pump) : 냉각수 강제 순환

○ 냉각수 흐름

- 배터리 온도 30℃ 이하 :
 - 배터리 → 리저버 탱크 → 라디에이터 → 워터펌프 → 배터리 냉각
- 배터리 온도 30℃ 이상:
 - 배터리 → 3Way Valve → 워터펌프 → 칠러 → 배터리
 - 냉매흐름 : 에어컨 콤프레셔 작동 → 콘덴서 → 팽창밸브 → 칠러 → 콤프레셔
 - 콤프레셔가 작동하면 냉매는 콘덴서와 팽창밸브를 거쳐 냉각된 후 칠러에서 냉
각수를 냉각하고 배터리의 온도를 낮춤

(나) PE 냉각시스템

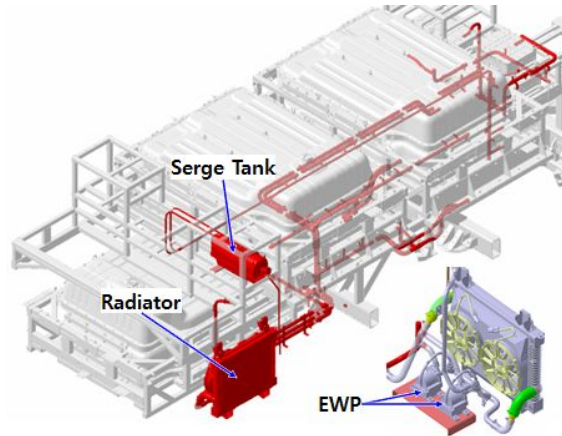


그림 44. 2층 전기버스 PE 냉각시스템

- PE 부품인 MCU, H/V Junction Box, DLDC, 휠모터 등 냉각
- 고전압 배터리 냉각시스템과 별개로 구성장착

(4) 고전압 케이블

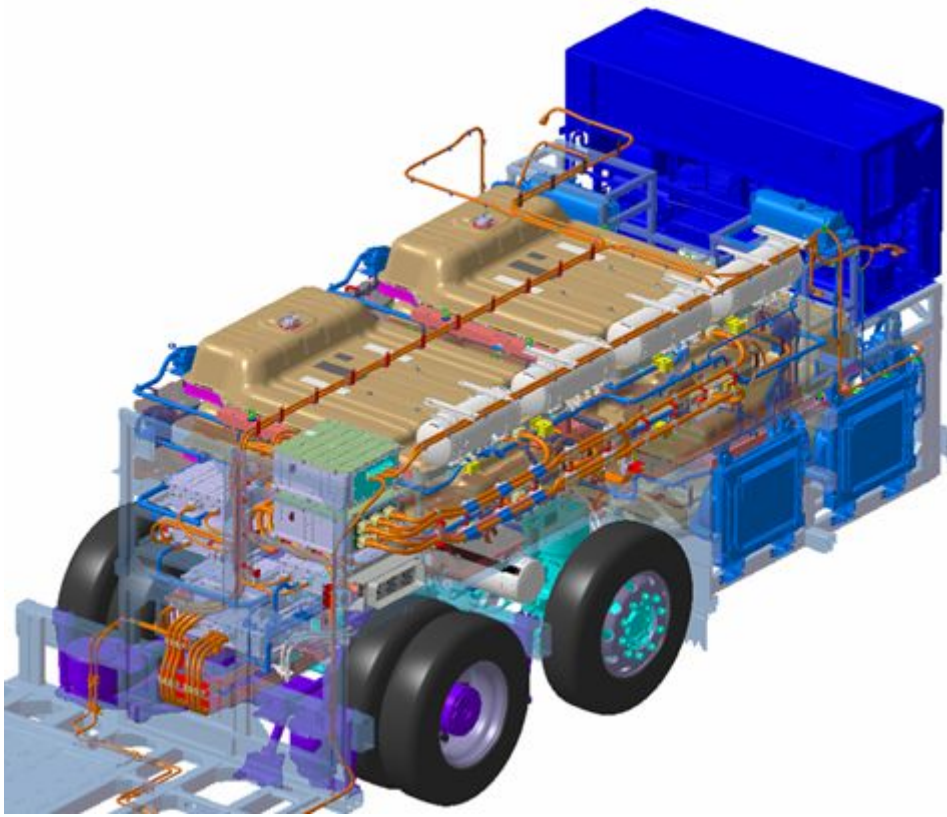


그림 45. 2층 전기버스 고전압 케이블 구성

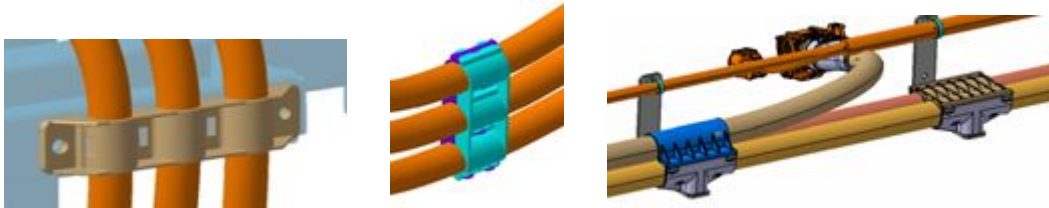


그림 46. 2층 전기버스 고전압 케이블 연결 구조

- 고전압 케이블 중간연결 구조배제(※법규사항)
- 케이블 유동 및 쓸림 없도록 개별 고정구조 적용

바. 2층 전기버스 베어샤시 개발 결과

(1) 제작 결과

(가) 정부과제 중간보고 및 진도점검 회의

- 일시 및 장소 : '18.09.14, 남양연구소
- 참석자 : 국토교통과학기술진흥원 / 한국교통안전공단 / 현대자동차
- 주요 안건
 - 베어샤시 점검
 - 정부과제 진행현황 보고

(나) 경기도 굿모닝버스 추진단 (現 공공버스과) 설명회

- 일시 및 장소 : '18.09.17, 남양연구소
- 참석자 : 굿모닝버스 추진단 / 현대자동차
- 주요 내용
 - 베어샤시 확인 및 이슈 협의(경기도 2층버스 도입 계획 등)



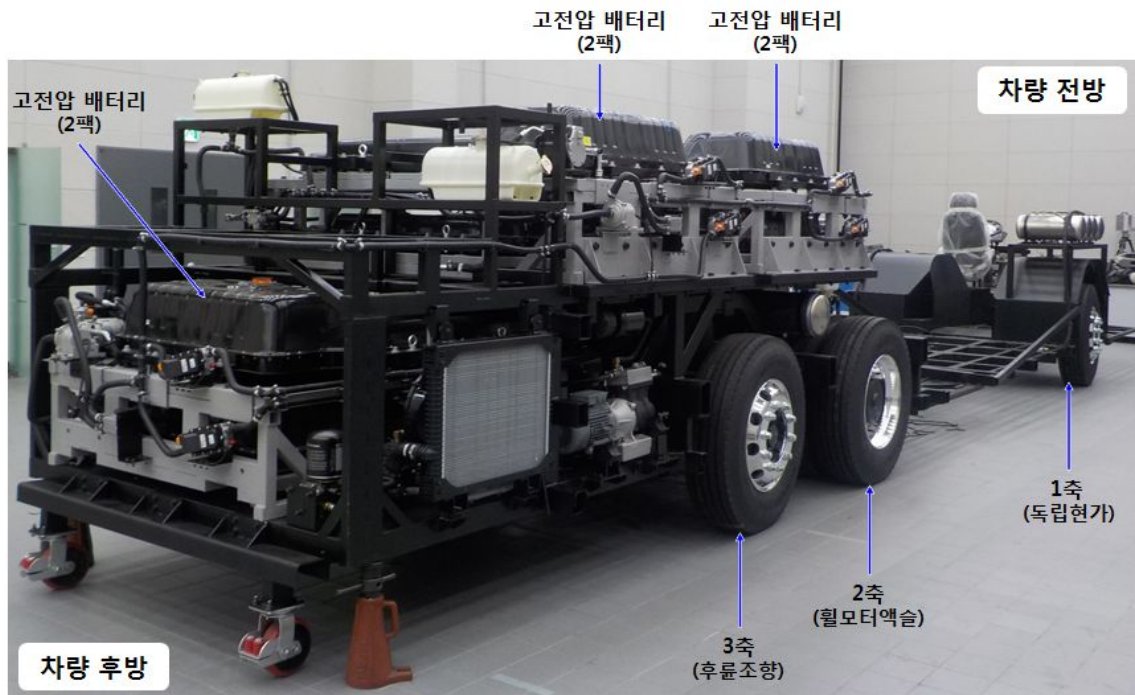


그림 47. 2층 전기버스 베어사시 (차량 후방)



그림 48. 2층 전기버스 베어사시 (차량 RH 측면)

(2) 상세 설계 및 제작 결과

(가) PE 부품



그림 49. 2층 전기버스 베어샤시 PE 부품 구성

(나) 고전압 배터리 : 차량 RR부

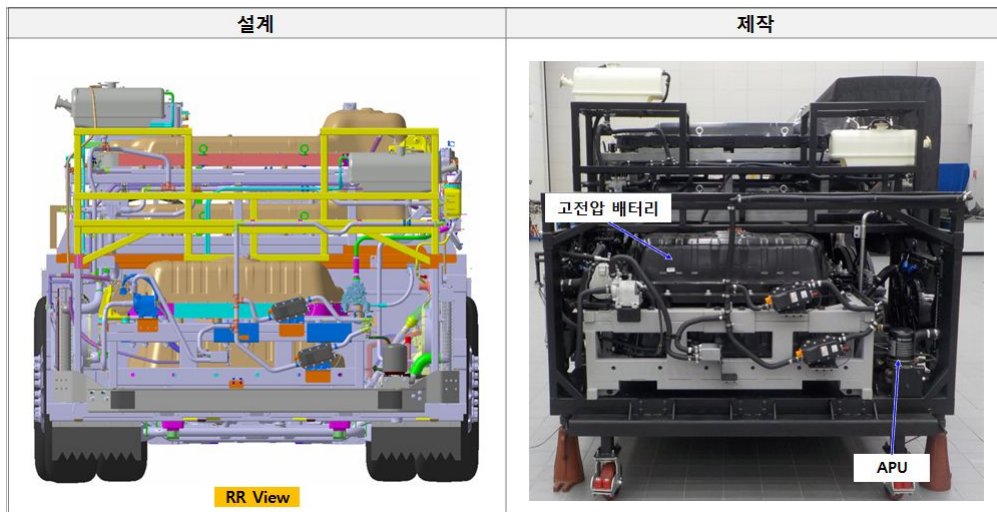


그림 50. 2층 전기버스 베어샤시 차량 RR부 구성

(다) 고전압 배터리 : 차량 RH 상단부 (뒷측)

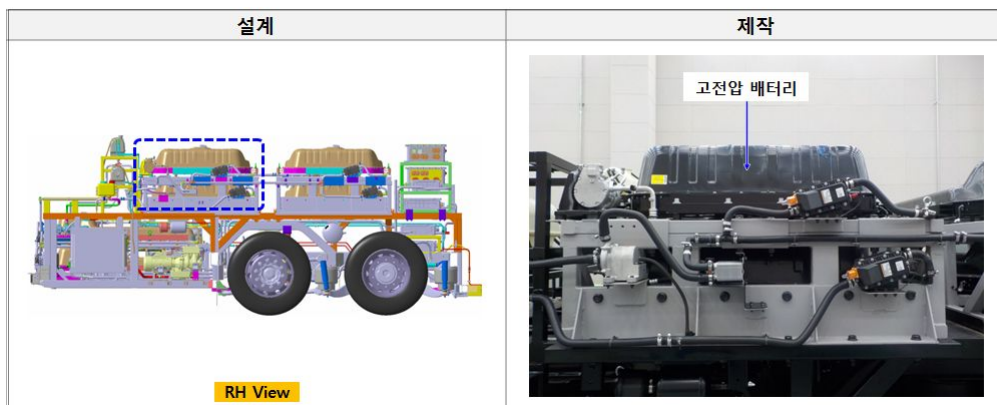


그림 51. 2층 전기버스 베어샤시 차량 RH 상단부 (뒷측) 구성

(라) 고전압 배터리 : 차량 RH 상단부 (앞측)



그림 52. 그림 55 2층 전기버스 베어샤시 차량 RH 상단부 (앞측) 구성

(마) PE 냉각부



그림 53. 2층 전기버스 베어샤시 차량 RH 하단부 (뒷측) 구성

(바) 전동식 에어컴프레서

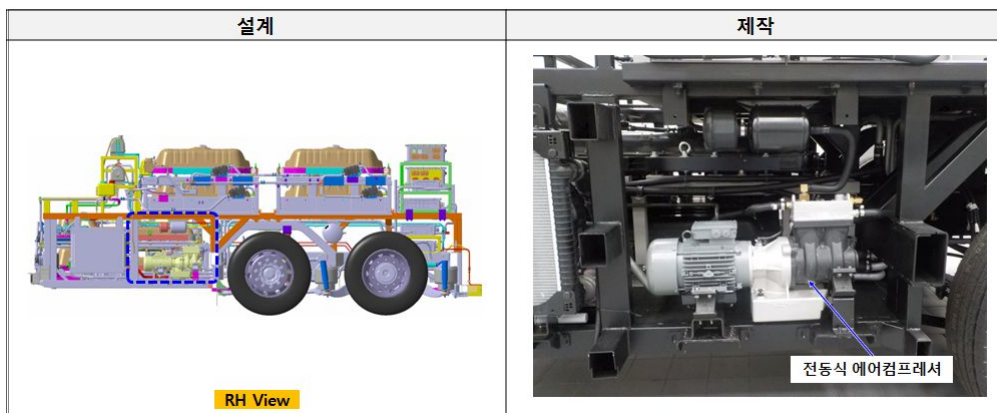


그림 54. 2층 전기버스 베어샤시 차량 RH 하단부 (앞측) 구성

(사) 배터리 냉각부 : 차량 LH 하단

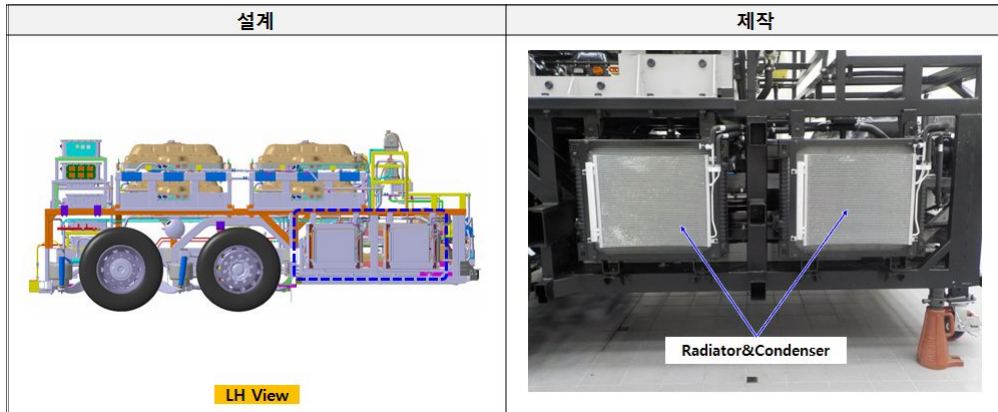


그림 55. 2층 전기버스 베어샤시 차량 LH 하단부 (뒷측) 구성

(아) 조향 시스템

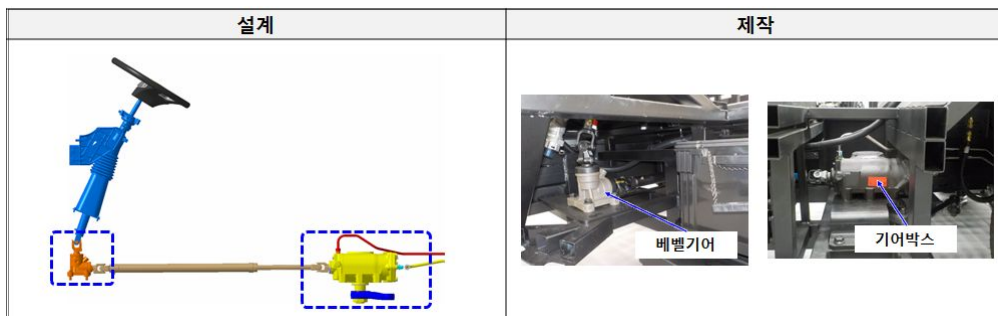


그림 56. 2층 전기버스 베어샤시 조향 시스템 구성

(자) 현가 시스템 : 1축 (독립현가)

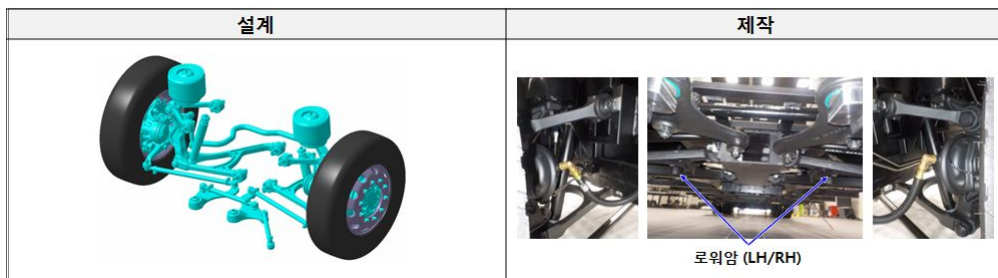


그림 57. 2층 전기버스 베어샤시 1축 독립현가 구성

(차) 현가 시스템 : 2축 (휠모터액슬)



그림 58. 2층 전기버스 베어샤시 2축 휠모터액슬 구성

(카) 현가 시스템 : 3축 (후륜조향 시스템)

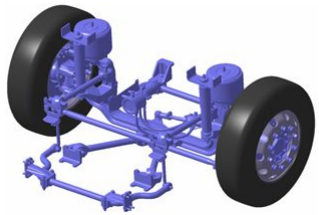
설계	제작
	 후륜조향 실린더

그림 59. 2층 전기버스 베어샤시 3축 후륜조향 시스템 구성

3. 2층 전기버스 선행차량 개발

가. 2층 전기버스 차체 구조 개발

(1) FR/RR/SIDE/ROOF Structure

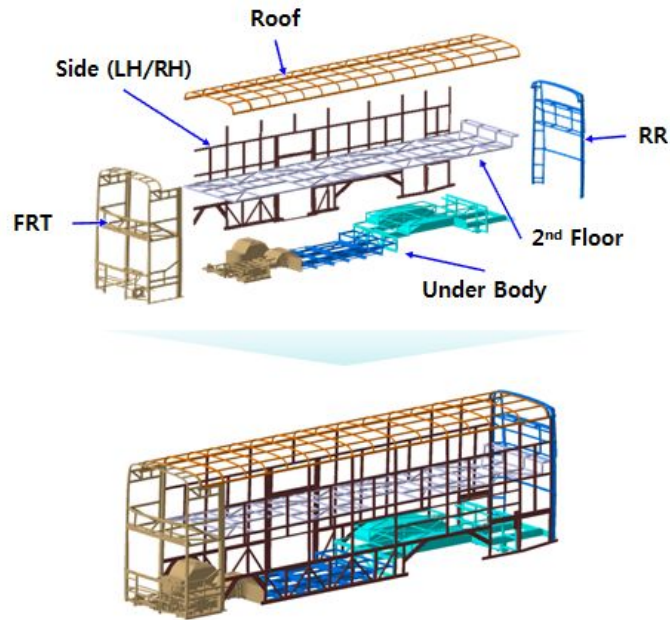


그림 60. 2층 전기버스 차체 구조

(가) FRT Body

- A-Pillar : 1 PIECE 일체화 적용

(나) RR Body

- A/CON 점검구 및 커버 장착부 적용

(다) Side Structure

- 1 PIECE 사이드 바디 필라 적용

(라) Roof Structure

- 루프 해치 적용

(마) 2nd Floor

- Support Member 구성 최적화

(2) 차체 외부 판넬 및 플랩



그림 61. 2층 전기버스 FRT/RR Body 판넬 구조

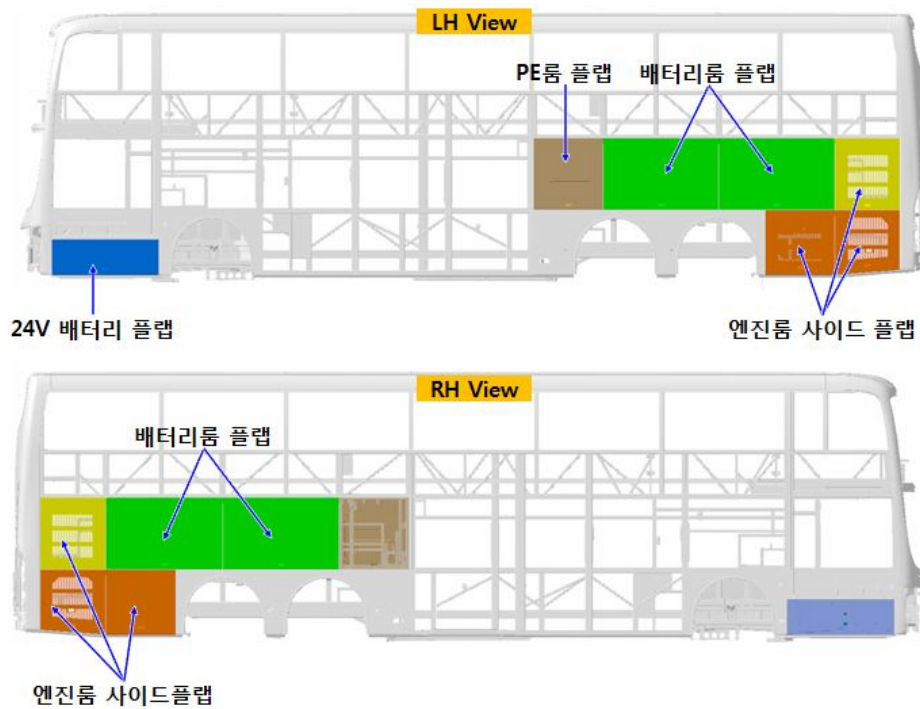


그림 62. 2층 전기버스 차체 플랩 구조

- FR body 판넬 : 신규 FRP 적용
- RR body 판넬 : 신규 FRP 적용
- 루프 판넬 : 신규 GFRP 적용
- Side 판넬 : Al 복합판넬 적용 (Inner : Al frame + outer : FRP)
- 엔진룸 정비구 플랩 : Al 판넬 적용
- 에어컨 정비 플랩 : 신규 FRP 적용

(3) 계단

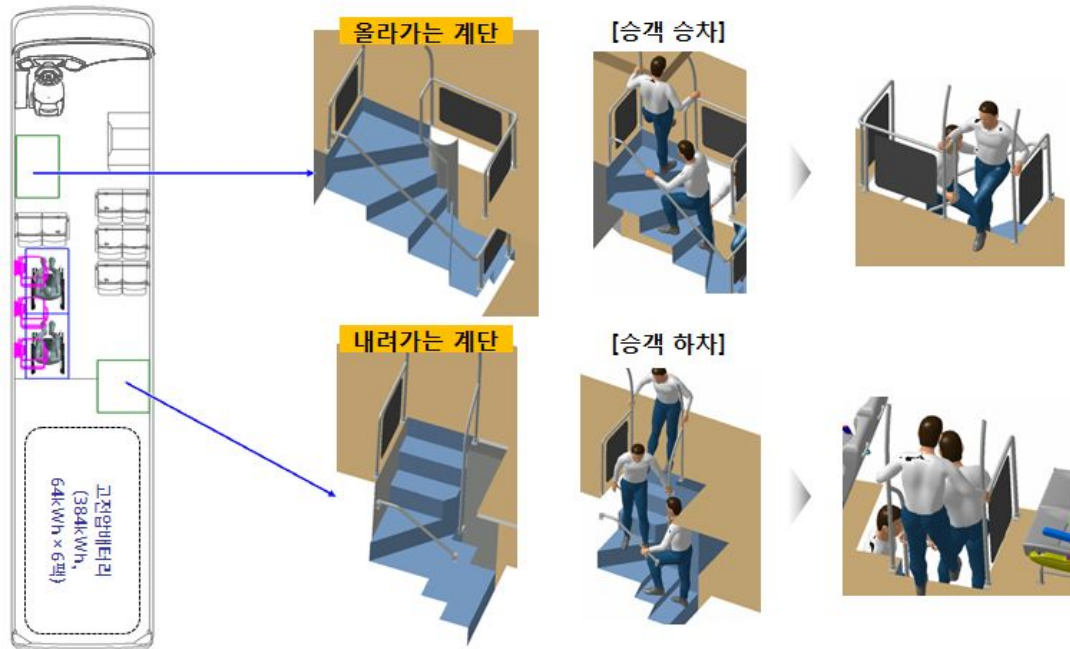


그림 63. 2층 전기버스 1층 ↔2층 계단 구조 및 승객이동 시뮬레이션

- 올라가는 계단 : 차량 LH측 구성
- 내려오는 계단 : 차량 RH측 구성
- 2층 시트레이아웃 고려하여 통로 제원 설정
 - 유효폭 700mm, 높이 270mm, 깊이 300mm
- 승객 통행시 안정성 증대하기 위해 통로부 스텝션바 및 핸드레일 적용

나. 2층 전기버스 내/외장부품 및 컴포넌트 개발

(1) 시트 레이아웃

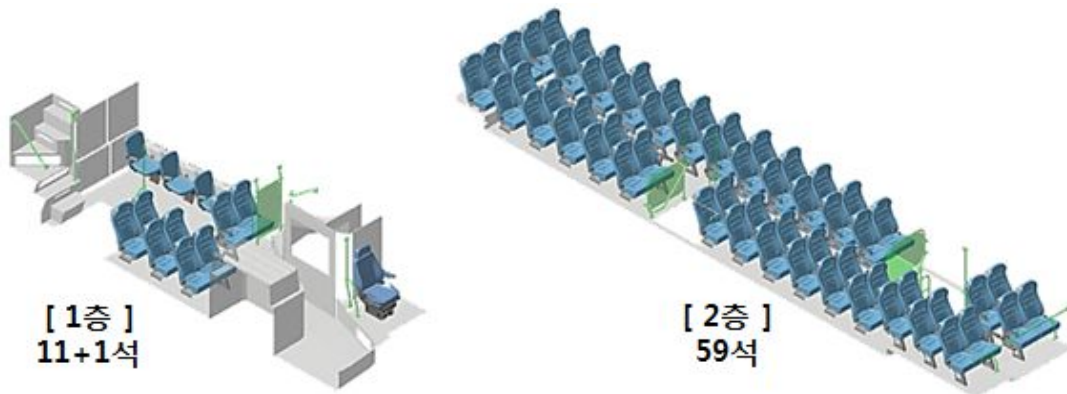


그림 64. 2층 전기버스 시트 레이아웃



그림 65. 2층 전기버스 1층 휠체어 탑승 공간 구성

- 멀티평션(에어서스 높이조절+가변식 댐핑조절 기능) 운전석 시트 적용
- 2점식 시트벨트 적용
- 승객용 USB 충전포트 적용 (2인석 기준 1EA)
- 휠체어 공간에 폴딩시트 3EA 적용(시트벨트 적용)

(2) 내/외장 부품

(가) 도어

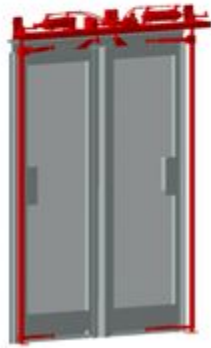
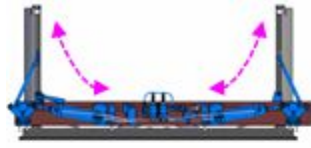


그림 66. 더블 스윙인 타입

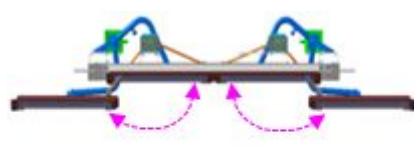


그림 67. 더블 스윙아웃 타입

- 도어 컨셉 : 차체 프로파일 일체형 도어
- 도어 프레임 비노출 타입
- 외부 비상밸브 적용하여 안전성 확보
- 전문 : 더블 스윙인 타입 적용 (유효폭 : 1,200mm×1,800mm)
- 중문 : 더블 스윙아웃 타입 적용(유효폭 : 1,200mm×1,800mm)
- 전/중문 저상버스 유효폭 법규 만족

저상버스	국내법규	유럽법규
전문(싱글도어)	900mm × 1,800mm	650mm × 1,800mm
전문(더블도어)	900mm × 1,800mm	1,200mm × 1,800mm
중문	1,200mm × 1,800mm	1,200mm × 1,800mm

그림 68. 저상버스 도어 유효폭 법규

(나) 루프헤치



그림 69. 2층 전기버스 루프 해치 구성

○ 탈출구 사이즈(600mm×700mm), 2개소 적용

(다) 와이퍼

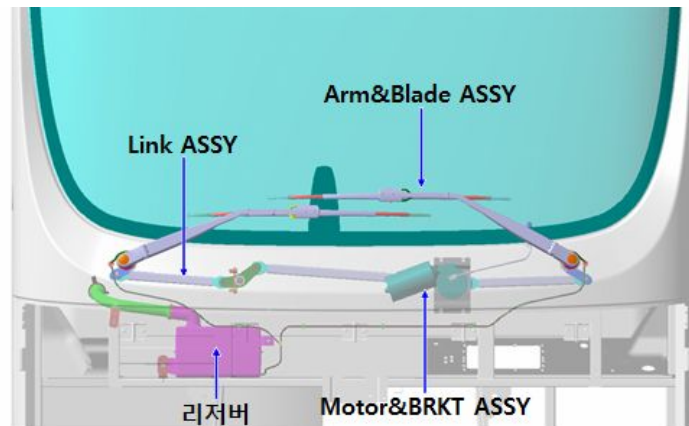


그림 70. 2층 전기버스 와이퍼 구조

○ 오버랩 와이퍼 적용 (※경쟁차(MAN, VOLVO) 오버랩 와이퍼 적용)

(라) 램프

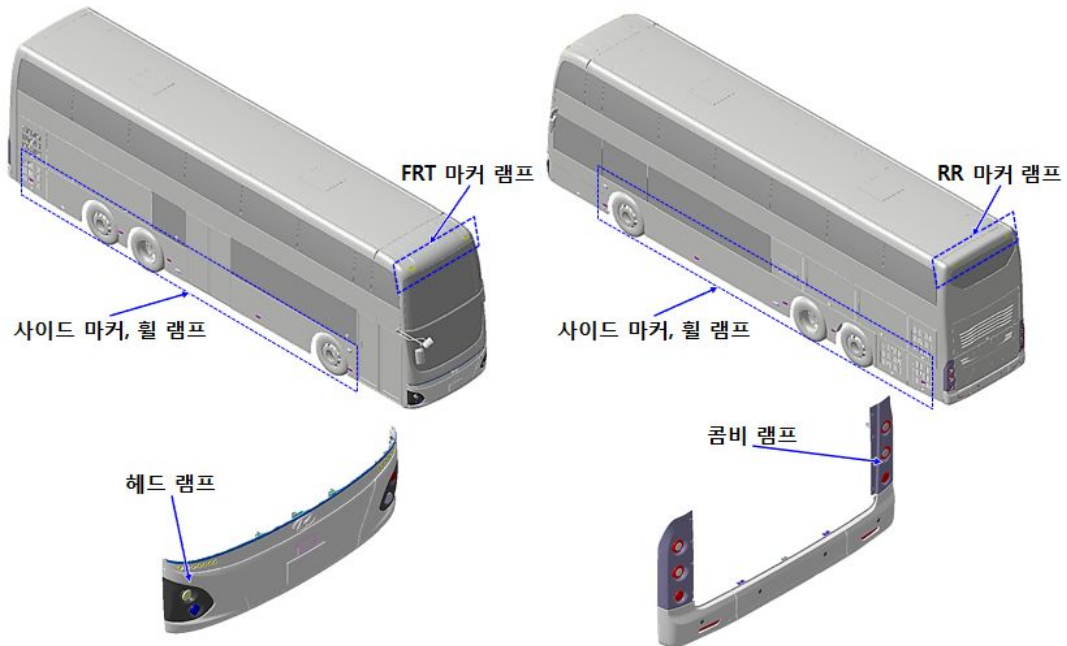


그림 71. 2층 전기버스 램프 구성

○ 주요 구성 부품

- 헤드 램프
 - DRL&Position : LED 적용, 일체형 타입
 - H&L beam : LED 적용, 일체형 타입
 - Turn Signal : Bulb 광원
- 콤비 램프
 - Tail / Stop : LED 적용
 - Turn Signal : Bulb 광원
 - B/up : Bulb 광원
 - RR Fog : Bulb 광원
- FRT, RR, SIDE 마커램프 및 휠램프

(마) 스텐션

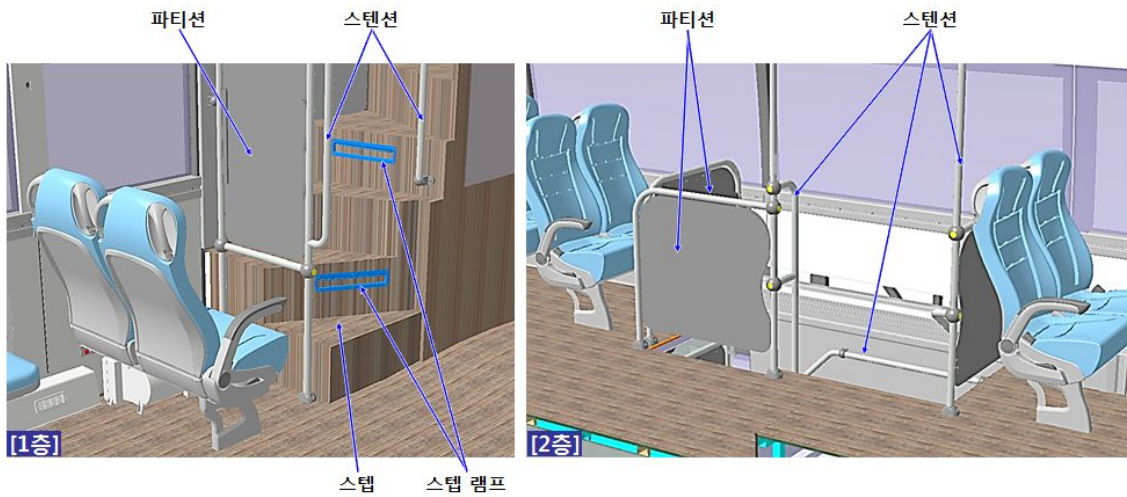


그림 72. 2층 전기버스 스텐션 구성

- 주요 이동 통로부 핸드레일 설치
 - 계단부 승객 승/하차 가드 겸용 핸드레일 설치
- 승객 안전 파티션 & 가드 바 적용
 - 2층 FRT 글라스앞 안전바, 2층 계단부 파티션 적용

(바) 실내 트림류



그림 73. 2층 전기버스 1층 실내 트림 구성



그림 74. 2층 전기버스 2층 실내 트림 구성

○ 실내 트림류 주요 부품

- 윈도우 필러 커버, 벨트라인, 실링 판넬
- 스텐션, 파티션
- 에어컨/히터 덕트

(사) 글라스

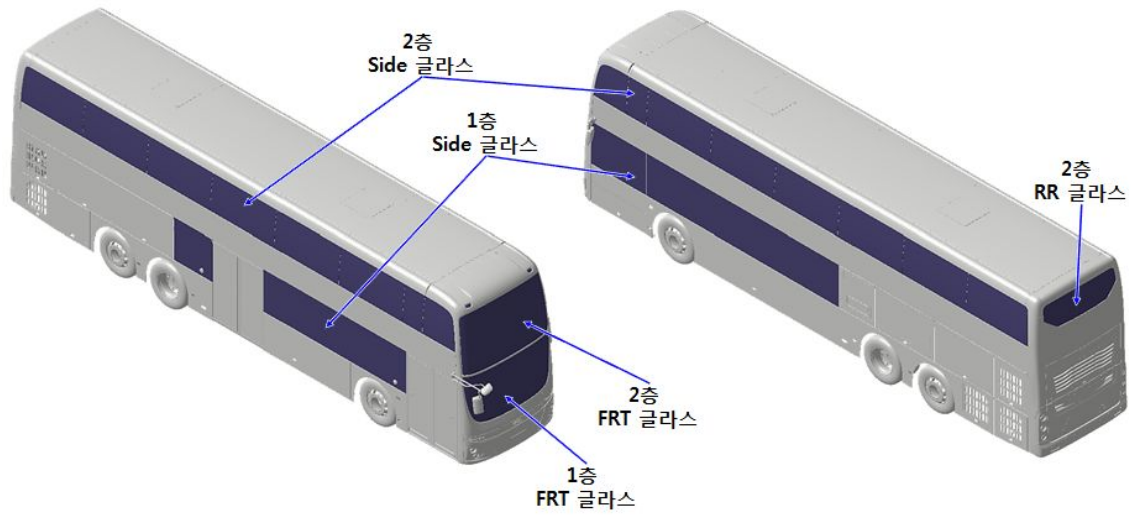


그림 75. 2층 전기버스 글라스 구성

- FRT/RR 글라스 : 1-Piece 글라스 적용 (시계성 확보)
- Side 클라스 통유리 적용

(3) 컴포넌트

(가) 에어컨

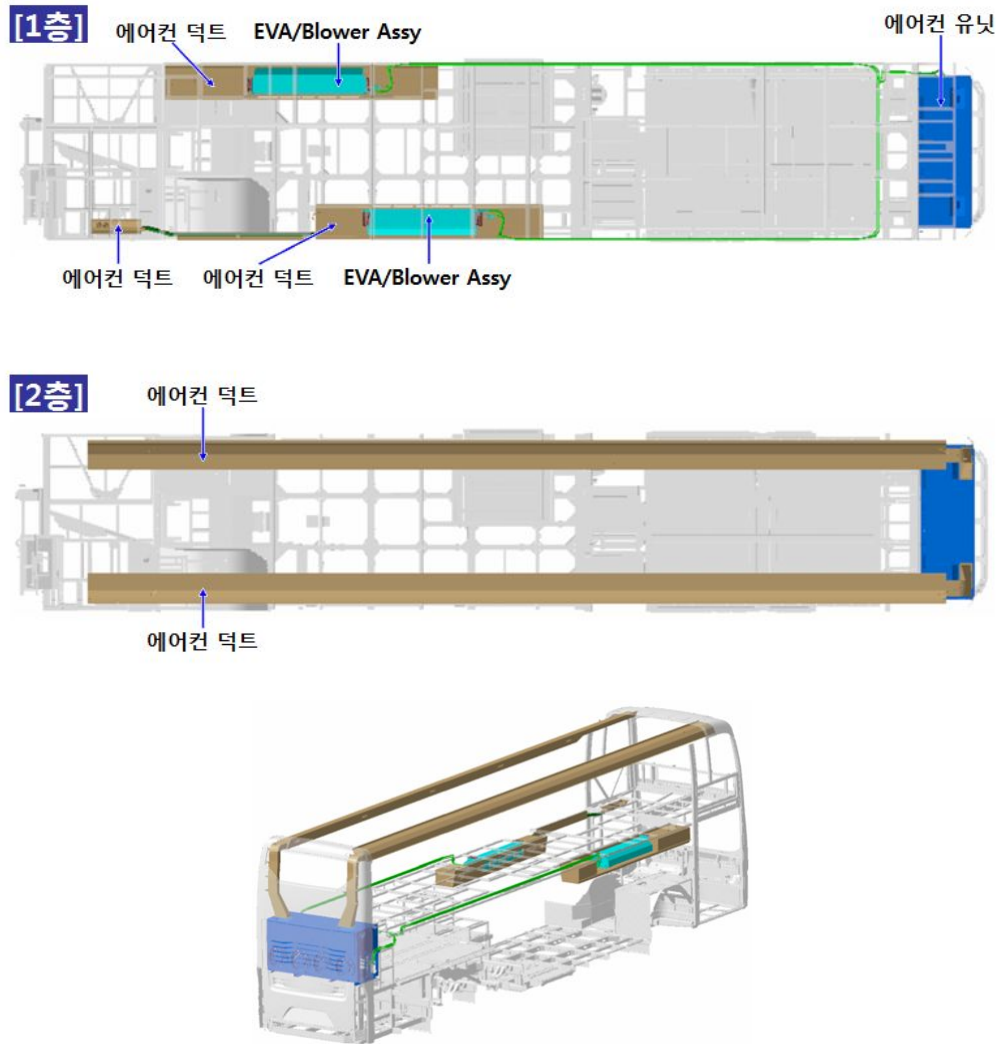


그림 76. 2층 전기버스 에어컨 구성

- 에어컨은 기존의 엔진 구동 에어컨 컴프레서 대신 전기 모터를 이용한 에어컨 컴프레서 구동하여 작동
- 고전압 배터리로부터 720V 직류 전압 인가 받아 인버터에서 전압을 360V 교류와 24V 직류로 변환
 - 360V 교류: 컴프레서 구동
 - 24V 직류 : 블로워 팬 모터, 컨덴서 팬 모터를 구동

(나) 히터

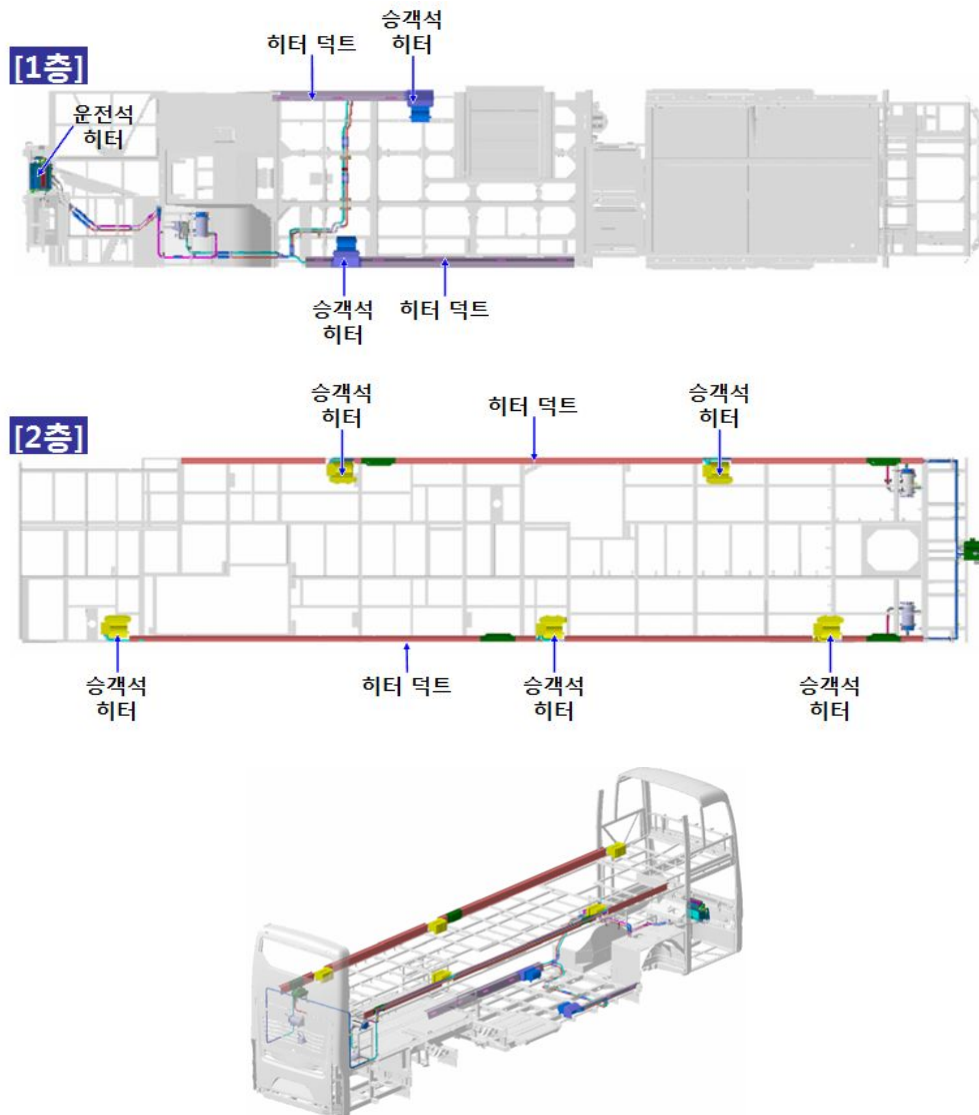


그림 77. 2층 전기버스 히터 구성

- 기존 엔진 구동 열을 사용하는 히터 대신 전기식 히터 시스템 적용
- 1층 난방
 - 승객석/운전석 독립난방 시스템 구성
 - 입석공간(휠체어) SIDE WALL 히터 적용
- 2층 난방
 - 수가열히터 2EA적용 : LH/RH 2-SYSTEM
 - 승객석 히터 권역별 풍량 및 출력(온도) 독립 제어

(다) C/PAD

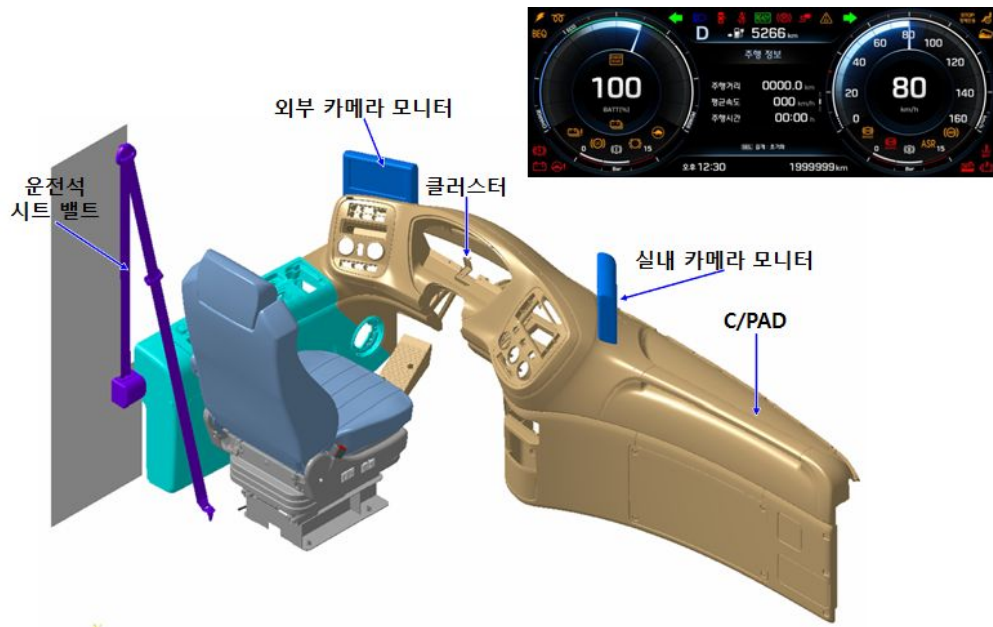


그림 78. 2층 전기버스 운전석 및 C/PAD 구성

- 운전석 : 멀티평선 시트 적용
- 클러스터 : 디지털 클러스터 적용 (운전자 시인성 및 편의성 확보)
- 운전자 편의를 위한 차량 내/외부 카메라 적용
 - 외부 카메라 (4EA) : 차량의 전/후/좌/우 모니터링
 - 실내 카메라 (6EA) : 1층 3개소, 2층 3개소 차량 내부 모니터링

다. 2층 전기버스 안전/편의 시스템 개발

(1) LDW (Lane Departure Warning)

- 카메라를 이용하여 주행 차선을 인식하고 차량의 차로 이탈여부 감지 후 운전자에게 경고



그림 79. LDW

(2) VDC (Vehicle Dynamic Control)

- 급제동, 급선회 등 운전자가 차량을 통제하기 어려운 위험 상황을 운전자보다 먼저 인식하여 모터 토크 및 브레이크 능동 제어를 통한 주행 안정성 확보



그림 80. VDC

(3) FCA (Forward Collision Assist)

- 레이더/카메라를 이용하여 전방충돌 발생 판단 시 제동장치를 자동으로 작동하여 ‘충돌회피’ 또는 ‘피해경감’

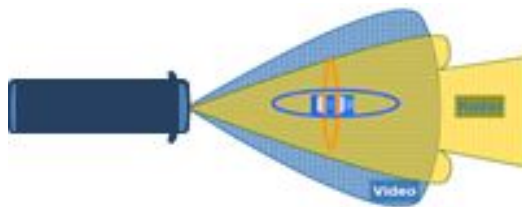


그림 81. FCA

(4) 화재경보 및 자동소화시스템

- 2층 전기버스 엔진룸 화재를 감지하고 자동으로 소화

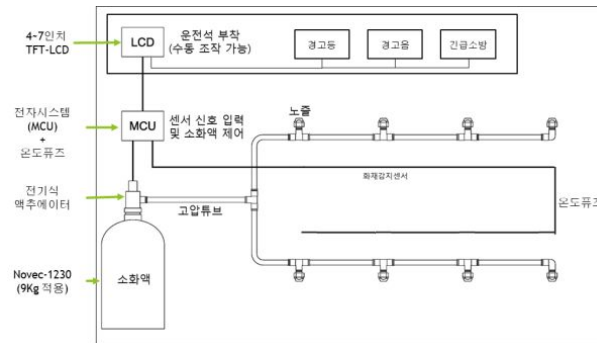


그림 82. 화재경보 및 자동소화 시스템

(5) 전방 통과높이 장애물 경고시스템

- 센서를 이용하여 차량의 상부 충돌을 사전에 운전자에게 경고

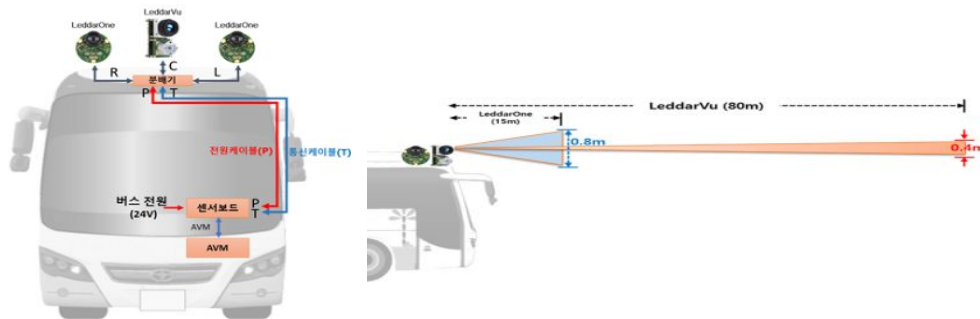


그림 83. 전방 통과높이 장애물 경고시스템

(6) 실내/외 모니터링 시스템

- 차량 주변 보행자 또는 다른 차량 감지하여 충돌 사전 방지
- 차량 내부 모니터링을 통해 승객 안전 확보

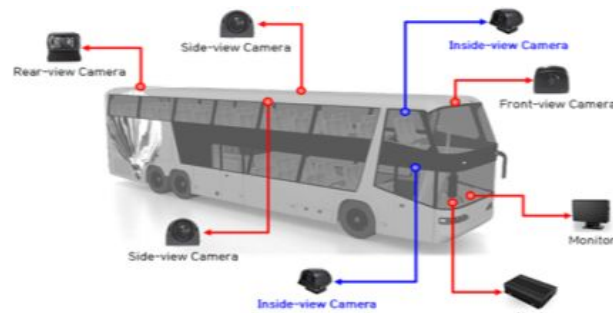


그림 84. 실내/외 모니터링 시스템

(7) 자율주행 적용 검토

(가) 자율주행 요소 기술

- 경로 계획 기술 : GPS, 정밀맵, 인프라 등
- 주행환경 인식 및 판단 기술 : 센서(레이더, 라이다 등), 제어기 등
- 경로 추종 기술 : 횡방향(조향)/종방향(구동/제동) 제어

(나) 2층 전기버스 자율주행 검토 현황

- 횡방향 제어 : MAHS (Motor Assist Hydraulic Steering) 시스템 적용
 - MAHS 컨셉 : 유압식 + 전동식 파워스티어링 시스템

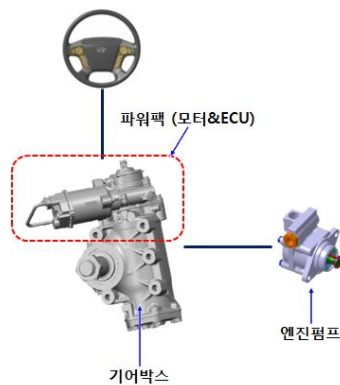


그림 85. MAHS 시스템 구성

- 파워팩 (모터&ECU)을 이용하여 횡방향 제어 기능 구현
- 2층 전기버스 MAHS 부품 사양 및 패키지 검토 완료

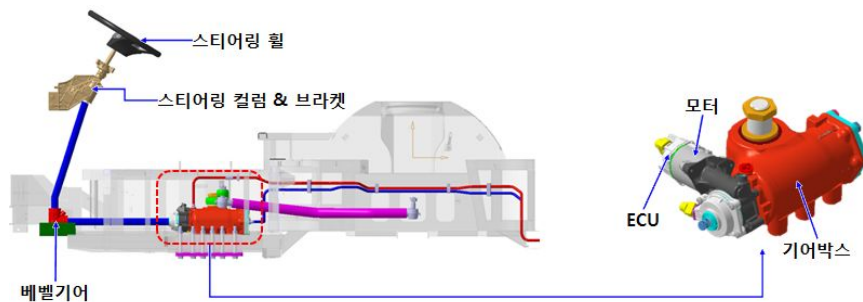


그림 86. 2층 전기버스 MAHS 시스템 컨셉 설계

- 종방향 제어 및 센서, 제어기
 - 2층 전기버스 VCU, EBS/VDC 등 구동/제동 시스템 기본성능 육성중
 - 협조제어 S/W 및 센서, 제어기, 정밀맵 등은 “자율주행기반 대중교통시스템 실증 연구” 정부과제 활용 예정

라. 2층 전기버스 선행차량 개발 결과

(1) 차량 제작 과정

1. 베어샤시 셋팅 	2. 베어샤시 및 정반 수평 작업 
3. 메인벽 지그 셋팅 	4. Side Body 조립 
5. 2층 Floor Structure 조립 	6. FRT Body 조립 
7. RR Body 조립 	8. Roof 조립 

9. FR Body 판넬 조립 	10. Roof 조립 
11. Side 판넬 조립 	12. 도장 및 샌딩 
13. 1/2층 Floor 조립 	14. 플랩/도어 등 조립 
15. 하도/중도/상도 작업 	16. 글라스, 미러등 조립 

그림 87. 2층 전기버스 선행차량 제작 과정

(2) 차량 제작 결과

(가) 외관

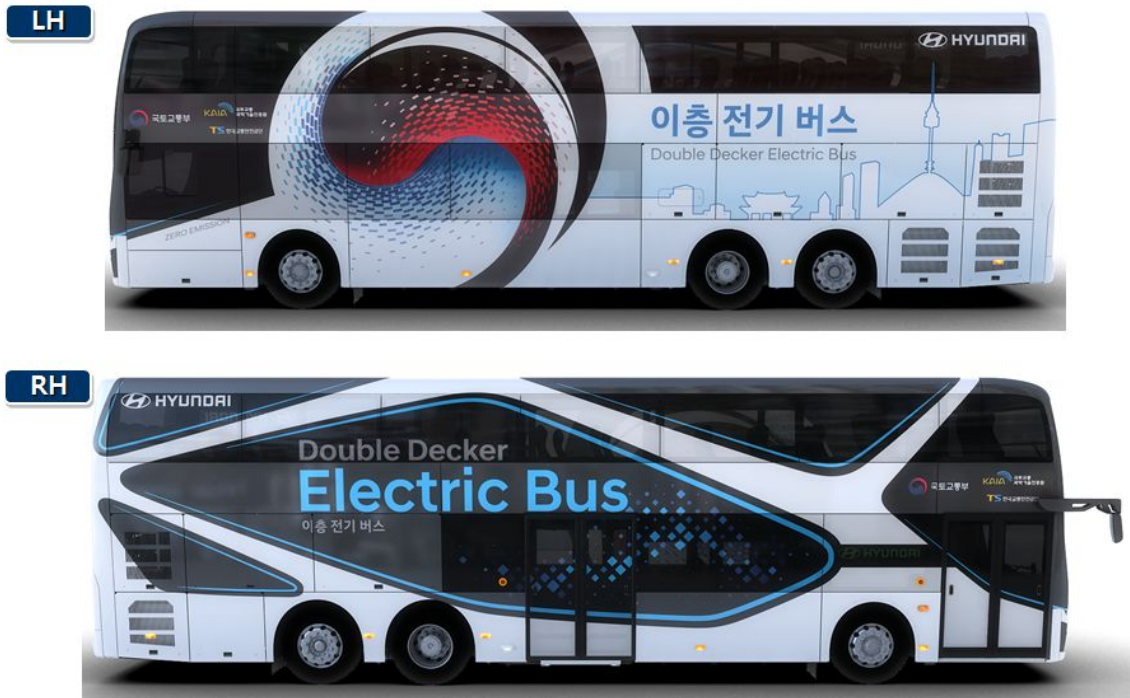


그림 88. 2층 전기버스 선행차량 좌/우측면 디자인



그림 89. 2층 전기버스 선행차량 전/후면 디자인

(나) 실내



그림 90. 2층 전기버스 선행차량 운전석 시트 및 C/PAD



그림 91. 2층 전기버스 선행차량 1층 실내



그림 92. 2층 전기버스 선행차량 1층 승객석 시트 및 휠체어 탑승 공간



그림 93. 2층 전기버스 선행차량 1층↔2층 계단

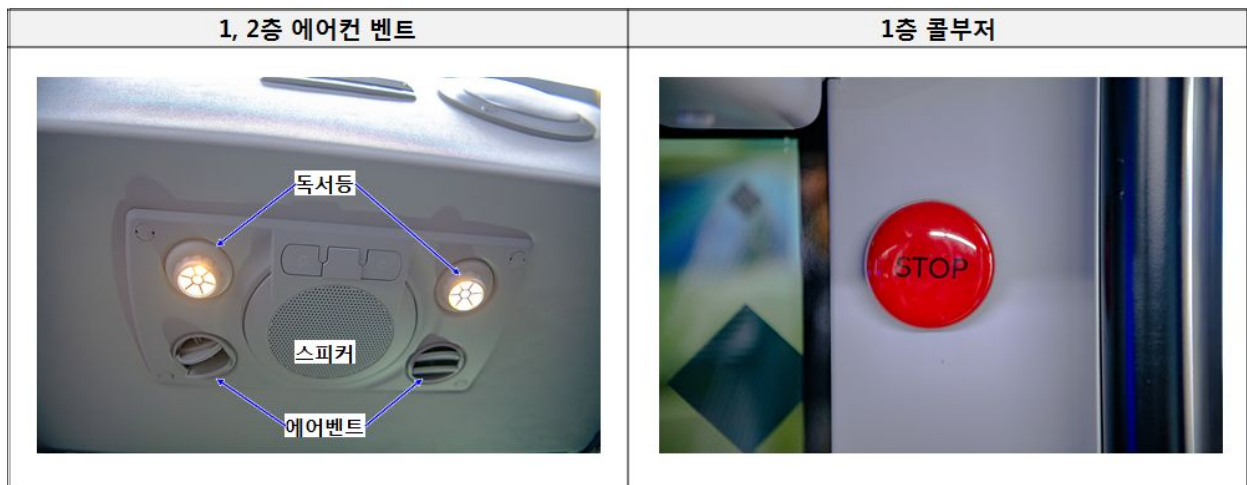


그림 94. 2층 전기버스 선행차량 에어컨 벤트 및 콜부저

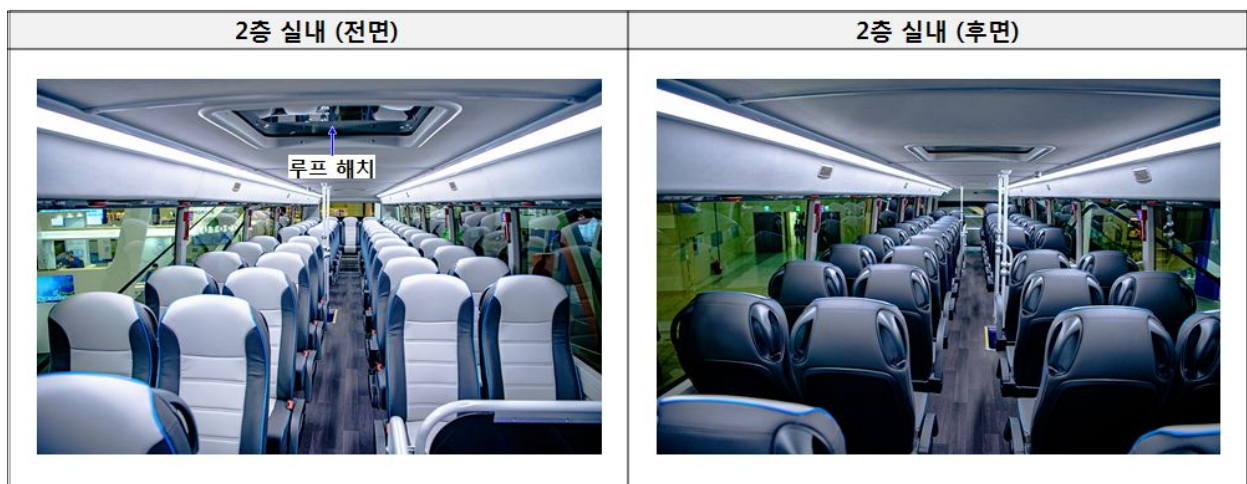


그림 95. 2층 전기버스 선행차량 2층 실내



그림 96. 2층 전기버스 선행차량 2층 승객석 시트



그림 97. 2층 전기버스 선행차량 2층 에어컨 덕트 & 콜부저



그림 98. 2층 전기버스 선행차량 루프 해치 및 USB 충전구

LDW (Lane Departure Warning)	VDC (Vehicle Dynamic Control)	FCA (Forward Collision Assist)
		

그림 99. 2층 전기버스 안전시스템

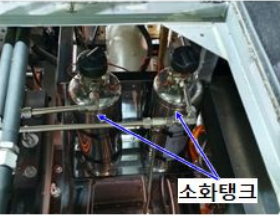
화재경보 및 자동소화시스템	전방 통과높이 장애물 경고시스템
 소화탱크  분사노즐  온도퓨즈 	 LeddarOne  LeddarVu  LeddarOne  이층 전기 버스 Double Decker Electric Bus Lidar 센서 3EA 적용

그림 100. 화재경보 및 자동소화시스템 / 전방 통과높이 장애물 경고시스템

슬라이딩 램프	휠체어 고정장치 (2개소)
	

그림 101. 2층 전기버스 선행차량 슬라이딩 램프 및 휠체어 고정장치



그림 102. 2층 전기버스 실내/외 카메라 및 운전석 모니터

(4) 2019 국토교통기술대전 전시

(가) 전시 개요

- 일정 및 장소 : '19.5.29 ~ 31, 일산 킨텍스 2전시장 10홀
- 전시 항목 : 2층 전기버스 선행차량, 자동소화시스템, 전방 통과높이 장애물 경고시스템 등

(나) 전시 결과



YTN NEWS (19.06.01)



BBS NEWS (19.05.30)



KTV (19.05.30)



중앙일보



2층 전기 버스 국토교통기술대전이 오는 31일까지 경기도 고양시 킨텍스에서 열린다. 29일 전시장을 찾은 학생들이 현대자동차에서 만든 2층 전기버스에 오르고 있다. 총 70석(1층 11석·2층 59석)의 이 버스는 1회 충전으로 약 300km를 주행할 수 있다. [뉴시스]

한국경제



한번 충전에 300km... 현대차 2층 전기버스 첫선 현대자동차의 2층 전기버스(기종명: 2019년 2월 29일)가 킨텍스에서 열린 국토교통기술대전에서 처음 공개됐다. 이 버스는 1회 충전으로 약 300km를 주행할 수 있다. 29일 전시장을 찾은 학생들이 현대자동차에서 만든 2층 전기버스에 오르고 있다. 총 70석(1층 11석·2층 59석)의 이 버스는 1회 충전으로 약 300km를 주행할 수 있다. [뉴시스]

그림 103. 2019 국토교통기술대전 전시

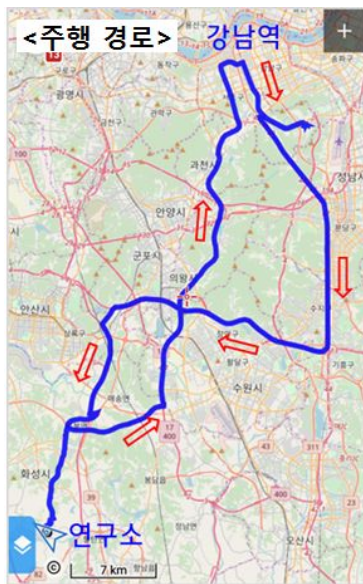
(5) 2층 전기버스 실도로 주행 평가

(가) 평가 개요

- 목적 : 실도로 주행 문제점 사전 점검
- 일정 및 장소 : '19.6.20, 남양연구소 ↔ 강남역 (왕복 약 120km)
- 탑승인원 : 총 55명 (설계/시험/해석 등 담당자)

(나) 평가 결과

- 실시간 CAN 데이터 로깅을 통해 주행 데이터 확보 (배터리, 구동모터 등)
- 각 시스템별 선행차량 주행 점검
- 실도로 주행 시 문제 여부 예측



① 화성비보 TG



② 의왕 TG



③ 우면산 터널



⑥ 경부고속도로



⑤ 만남의 광장



④ 양재

그림 104. 2층 전기버스 실도로 주행 평가 (남양연구소 ↔ 강남역)

마. 2층 전기버스 차량 성능 평가

(1) 평가 항목

- 최소회전반경
- 1회충전 주행거리
- 최고속도
- 등판성능

(2) 평가 방법 : 공인인증기관(한국교통안전공단) 참관평가



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국교통안전공단



수신 (주)현대자동차 남양연구소

(경유)

제목 2층 전기버스 선행차량 성능 평가 성적서 송부

1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 관련근거 : 부품연구처-69('18.1.10) 「한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발과제 수행계획 보고」

3. 위와 관련하여 실시한 2층 전기버스 선행차량 성능 평가에 대한 공인시험 성적서를 붙임과 같이 송부합니다.

붙임 : 2층 전기버스 선행차량 성능 평가 공인시험 성적서 1부(별도송부). 끝.

한국교통안전공단이사장



선임연구원

류지일

연구위원

이호상

처장

이현우

실장

전달 2019. 9. 9.
류기현

협조자

시행 부품연구처-2101

(2019. 9. 9.)

접수

주 18247 경기도 화성시 송산면 삼촌로 200

/ www.kotsa.or.kr

전화번호 031-369-0365

팩스번호 031-367-4980

/ cocu0310@kotsa.or.kr

/ 비공개(6)

사람중심 교통안전을 선도하는 최고의 전문기관

이층 전기버스 선행차량 평가결과 보고서

1. 최소회전반경
2. 1회 충전 주행거리
3. 최고속도
4. 등판성능

2019. 7. 24.



1 평가개요

□ 목 적

한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발 과제의 수행성과로 개발된 2층 전기버스 선행차량에 대한 평가

□ 시험명 : 2층 전기버스 선행차량 평가

□ 일 시 : 2019. 6. 19(수), 6. 26(수), 7. 18(목)

□ 장 소 : ㈜현대자동차 남양연구소

□ 평가방법 : 연구원담당자 입회시험 및 서류검토

□ 수행자

- 연구원 : 부품연구처 정혁 연구위원, 류지일 선임, 이승준 연구원
/ 자율주행연구처 민경찬 책임 / 인증검사처 박찬규 선임
- 현대자동차 : 장병재 책임, 문종섭 책임, 이정훈 연구원, 방진석 책임

□ 평가항목 및 일정

일자	평가항목	수행자	
		현대	연구원
'19.6.19 (수)	○ 최소회전반경 - 선행차량의 최소회전반경 기준 적합여부 확인	장병재	정 혁 이승준 (박찬규)
'19.6.26 (수)	○ 1회 충전 주행거리 : 160 km 이상 - 선행차량의 1회 충전 주행거리 확인 - 공차상태, 73km/h 평가	문종섭 이정훈	정 혁
	○ 최고속도 : 70km/h 이상 - 선행차량의 최고속도 확인		정 혁 민경찬
'19.7.18 (목)	○ 등판성능 : 25% 이상 - 선행차량의 등판성능 확인 - 공차상태	방진석	정 혁

(3) 최소회전반경

(가) 평가 기준

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙” 제9조(최소회전반경) 만족

(나) 평가 방법

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준 시행세칙” [별표2]의 24. 자동차최소회전반경 측정

(나) 평가 결과 : **기준 만족**

- 선회 시 2개의 동심원을 침범하지 않았고 진행하는 구간에서 지면과 수직하는 면이 외측 동심원의 법선의 바깥쪽으로 0.6미터 이내 조건을 충족하여(측정값 0.43m) 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제9조 기준에 적합함

	
* 내측 원 거리 측정 : 5.3 m	* 외측 원 거리 측정 : 12.5m

그림 105. 내/외측 동심원 설정

	
* 좌회전 시 차량외측 동심원 이격거리 측정 값 (0.43m)	* 우회전 시 차량외측 동심원 이격거리 측정 값 (0.43m)

그림 106. 차량회측 동심원 이격거리 측정값

(4) 1회충전 주행거리

(가) 평가 기준

- 160 km 이상 (공차상태, 73 km/h 정속 주행)

(나) 평가 방법

- 전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정” [별표2] 항목별 평가방법 I -1. 1회충전주행거리
 - KS R 1135의 정속주행 시험방법 준용

(다) 평가 결과 : 175.4km (성과지표 달성 확인 후 주행 종료)

※1회충전 주행 가능 거리 : 약 420km

대기온도(℃)	시험모드	SOC(%)		누적주행거리 (km)	누적방전전력량 (Wh)
		시험전	시험후		
상온조건 (23.9 ~ 27.1)	정속주행 (72.96±2 km/h)	90.0	51.5	175.4	136,298

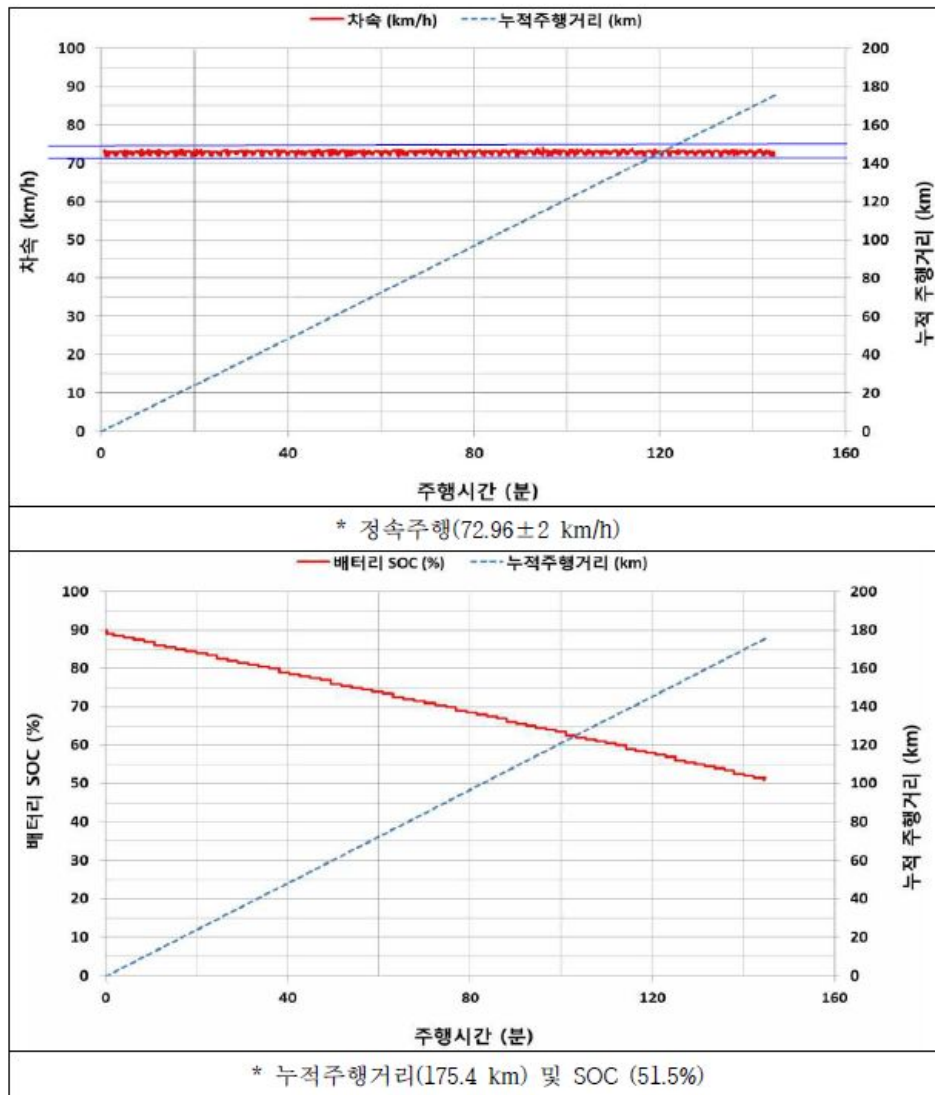


그림 107. 1회충전 주행거리 계측 결과

차량

한전 → 변압기 → 충전기/충전구 → 배터리 → 인버터 → 모터

- 384kWh : 3구 충전(450kW)

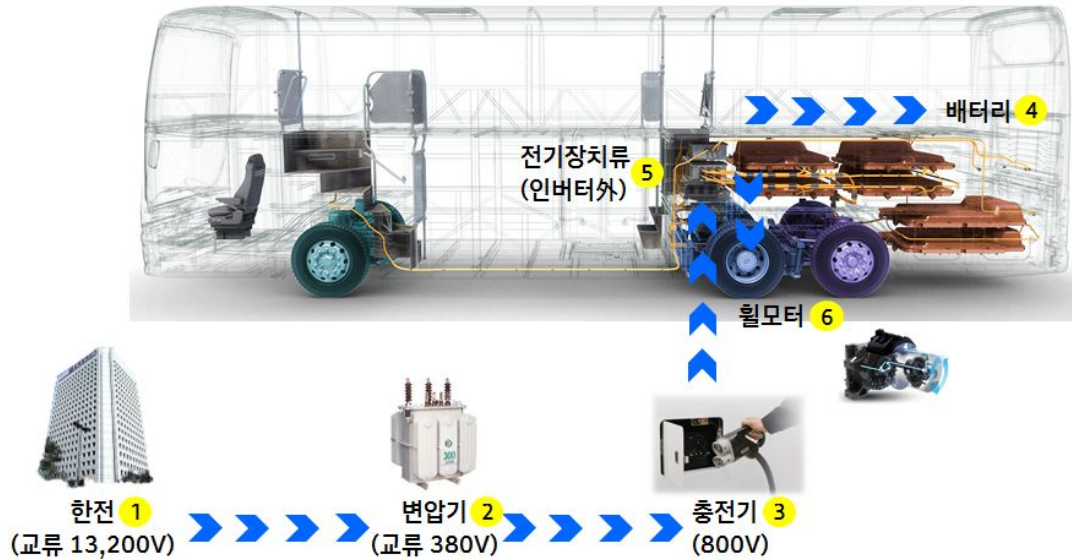


그림 108. 2층 전기버스 전기 에너지 흐름도

(라) 2층 전기버스 차량 에너지 소비율

○ 고전압 배터리 타입별 에너지 저장 용량

- 리튬이온폴리머 : 100~200Wh/kg (※2층 전기버스 적용 사양)
- 리튬인산철 : 90~100Wh/kg
- 리튬티타늄 : 89Wh/kg

○ [환경부] “전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정” (환경부 보조금 지급 대상 인정 기준)

- 기 수행된 1회충전 주행거리는 환경부 전기자동차 보급대상 평가 규정으로 실시
- 차량 전비 : 1.28km/kWh

$$\blacksquare \text{ 차량 전비} = \frac{\text{주행거리 (175.4km)}}{\text{누적방전전력량 (136.298kWh)}}$$

○ [산자부] “환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정” (부가가치세 10% 면제 대상 인정 기준)

▪ 에너지 소비율

- 특정 거리를 주행하기 위해 차량이 소비하는 에너지를 말하며, 축전지를 사용하고 있는 전기 자동차에서는 충전기나 축전지의 비효율성 때문에 축전지에 공급

되었지만, 차량 주행에 사용할 수 없는 어느 정도의 교류 에너지가 발생

- 시스템 교류 에너지 소비율 : 0.93kWh/km

■ 시스템 교류에너지 소비율 (kWh/km) = $\frac{\text{충전기로 공급되는 교류에너지 (kWh)}}{\text{주행거리 (km)}}$

- 시스템 직류 에너지 소비율 : 0.88kWh/km

■ 시스템 직류에너지 소비율 (kWh/km) = $\frac{\text{충전기에서 공급되는 직류에너지 (kWh)}}{\text{주행거리 (km)}}$

- 차량 직류 에너지 소비율 : 0.78kWh/km

■ 차량 직류에너지 소비율 (kWh/km) = $\frac{\text{주행 중 축전지에서 공급되는 직류에너지 (kWh)}}{\text{주행거리 (km)}}$

○ 에너지 소비율 기준 차량 전비 분석

- 시스템 교류 에너지 소비율 기준 차량 전비 : 1.08km/kWh
- 시스템 직류 에너지 소비율 기준 차량 전비 : 1.14km/kWh
- 차량 직류 에너지 소비율 기준 차량 전비 : 1.28km/kWh

(5) 최고속도

(가) 평가 기준

- 70 km/h 이상

(나) 평가 방법

- KS R 1136 “전기자동차 가속 및 최고속도 시험방법 준용

(나) 평가 결과 : **92.4km/h**

대기온도(℃)	차량상태	시험전 SOC(%)	최고속도(km/h)	
상온조건 (27.0 ~ 28.8)	공차상태 (시험자 4명, 시험장비 탑재)	60.0	1회	92.4
			2회	92.4
			평균	92.4

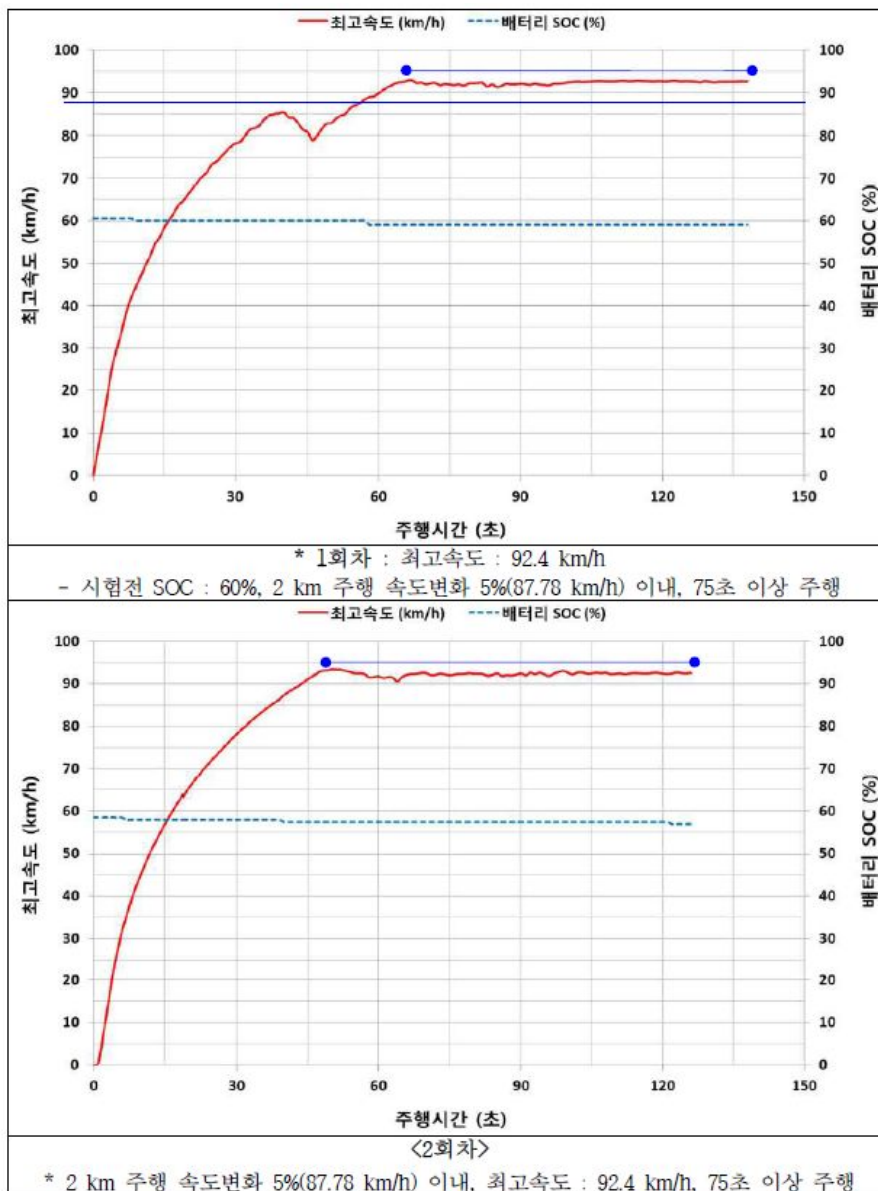


그림 109. 최고속도 계측 결과

(6) 등판성능

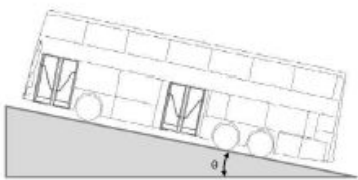
(가) 평가 기준

- 25 % 이상 (공차상태)

(나) 평가 방법

- 동력성능, 동력전달장치 효율 등 실측 또는 설계치 계산결과 검토

(다) 검토 결과 : **22.5% (최고속도 상향 개발에 따라 목표 하향 조정, 81p 참조)**



$$\sin \theta = \frac{Te \times Rt \times Rr \times \eta}{Rd \times G.V.W} - Res$$

Te : 최대 토크 (kg·m)
 Rt : 변속기 1속 변속비
 Rr : 종감속비
 η : 기계효율
 Rd : 타이어 동하중반경(m)
 $G.V.W$: 차량총중량(kg)
 Res : 주행저항

항목			초기 사양	최종 사양
최대토크	Te	kg·m	101.84	101.84
변속기 1속 변속비	Rt	-	1	1
종감속비	Rr	-	26	22.914
기계효율	η	-	0.9	0.9
타이어 동하중반경	Rd	m	0.511	0.511
차량 총중량	GVW	kg	18,051	18,051
주행저항	Res	-	0.008	0.008
등판성능 계산 결과			$\sin \theta = \frac{101.84 \times 26 \times 0.9}{0.511 \times 18,051} = 0.2503$ $\sin^{-1}(0.2503) = 0.2530$ $\tan(0.2530) = 0.2586$	$\sin \theta = \frac{101.84 \times 22.914 \times 0.9}{0.511 \times 18,051} = 0.2197$ $\sin^{-1}(0.2197) = 0.2215$ $\tan(0.2215) = 0.2252$
			25.9%	22.5%

(라) 등판성능 목표 변경

- 정부과제 착수보고회 및 지자체 설명회, 2층버스 운행환경 분석 결과 등을 반영하여 최고속도 증대 사양 검토

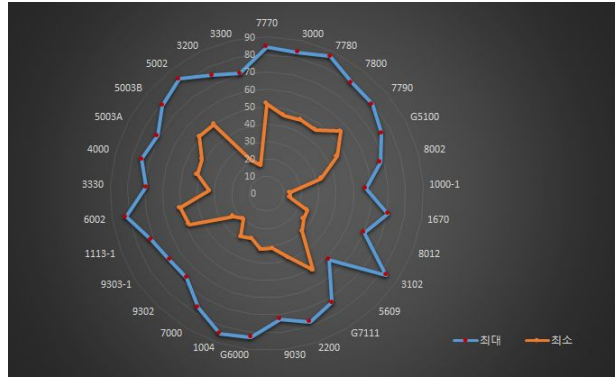
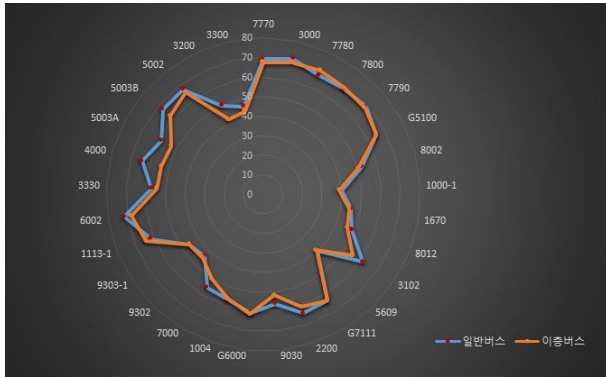
- 정부과제 착수보고회
 - 일시 및 장소 : '18.01.25, 국토교통과학기술진흥원
 - 참석자 : 국토교통부 및 진흥원 담당자 약 10여명
 - 주요 내용

안전	진행 현황 및 결과
최고속도 증대	휠모터 감속비 변경하여 최고속도 증대 (목표 : 70km/h, 성과 : 92.4km/h)
사업화 계획 (차량 가격 책정)	'20년말 양산 목표로 사업화 진행중이며, 차량 가격 결정을 위한 상세 투자비 검토 진행 중
홍보 계획 수립	국토교통기술대전 전시 완료 ('19.05) HMC 비즈니스페어 전시 완료 ('19.08)
배터리 용량	차량 운영 등을 고려하여 용량 선정 : 256kWh → 384kWh 적용
1층 좌석 배치	휠체어석 2EA 적용, 경쟁차 동등 수준 개발

- 경기도 굿모닝버스 추진단 (現 공공버스과) 설명회
 - 일시 및 장소 : '18.09.17, 남양연구소
 - 참석자 : 굿모닝버스 추진단장, 정책팀장 외 10여명
 - 주요 내용

안전	진행 현황 및 결과
최고속도 증대	휠모터 감속비 변경하여 최고속도 증대 (목표 : 70km/h, 성과 : 92.4km/h)
경기도 2층 버스 도입 계획	광역버스 전체 20%를 2층버스로 대체하는 계획 추진 대용량 광역버스 수요 증가 예상
안전시스템 적용	자동소화시스템 적용
1층 좌석 배치	휠체어석 2EA 적용, 경쟁차 동등 수준 개발

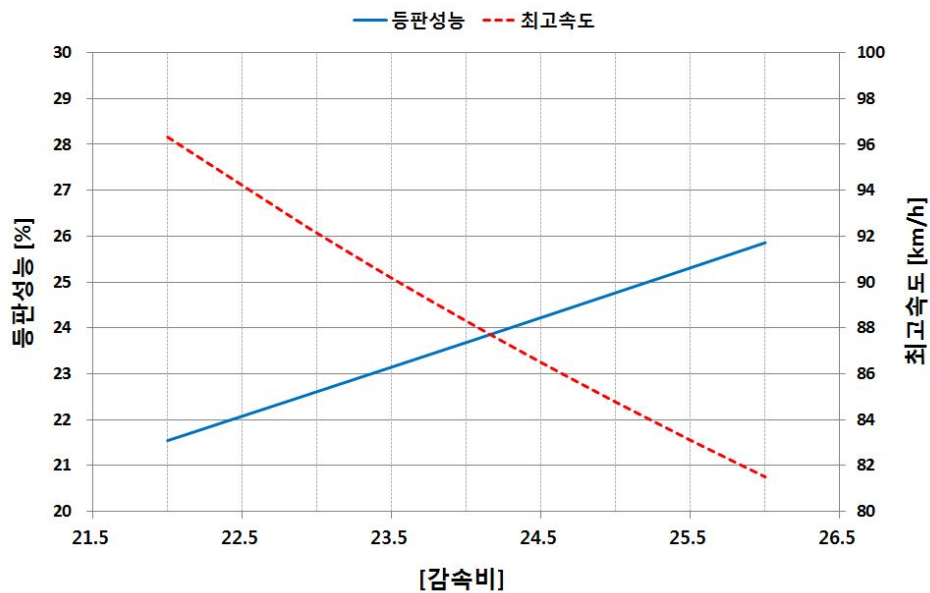
- 2층버스 운행환경 분석
 - 고속도로 평균 운행 속도 : 56.2km/h
 - 고속도로 최고 운행 속도 : 86.9km/h (수원 7780버스)
 - 현재 운행중인 2층버스 운행환경에 적합한 2층 전기버스 개발을 위해서 차량의 최고속도 증대 필요 (목표 상향 : 70km/h → 90km/h 이상)



○ 최고속도 증대 방안 검토 결과

- 휠모터엑슬 감속비 변경 (초기 26 → 변경 22.914)
 - ※ 등판성능 vs 최고속도 trade-off 관계
 - 감속비 증가 : 등판성능 향상되나, 최고속도 낮아짐
 - 감속비 감소 : 최고속도 향상되나, 등판성능 낮아짐
- 휠모터엑슬 내구/강도 및 NVH 성능 등을 고려하여 최적의 감속비 선정

		최종 사양							초기 사양
감속비	22.0	22.914	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0
등판성능 [%]	21.5	22.5	22.6	23.1	23.7	24.2	24.8	25.3	25.9
최고속도 [km/h]	96.3	92.5	92.1	90.2	88.3	86.5	84.8	83.1	81.5



4. 2층 전기버스 관련 법령 분석 및 개선안 제시

가. 2층 버스 운영환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석

(1) 국내 운영 환경에 최적화된 차량 개발 방안

(가) 2층버스 노선별 운행 특성 (※국내 운행중인 차량 97대 기준 분석 결과)

- 운행형식은 노선 일치형 및 노선 분리형으로 운영
 - 노선 일치형 : 2층버스와 일반버스가 함께 운행하는 형태로 대부분의 운행형식
 - 노선 분리형 : 일반버스 노선과 다른 노선을 신설하여 운행하는 형식
- 제한속도
 - 올림픽대로 강변북로 노선 : 80km/h
 - 의왕 과천 노선 : 90km/h
 - 경부/중부 고속도로 : 100km/h
- 차량대수 및 운행횟수 분담 (일반버스 : 2층버스)
- 차량대수 분담 : 평균 79 : 21
- 운행횟수 분담 : 83 : 17
- 평균 운행횟수 : 일반버스 5.0회/대, 2층버스 4.6회/대
- 총 운행시간 평균 : 일반버스 681.5분/일, 2층버스 651.4분/일
- 1회 왕복 평균 노선거리 : 일반버스 74.4km, 2층버스 73.1km
- 1일 총 운행거리 : 일반버스 375.3km, 2층버스 341.1km
- 평균 운행 속도 : 대부분 노선에서 일반버스가 2층버스 대비 평균속도 높음
- 고속도로 운행속도 : 일반버스 평균 59.4km, 2층버스 평균 56.21km
- 회당 이용 승객수 : 일반버스 평균 53명, 2층버스 평균 61명
- 1일 운행대기 시간 : 일반버스 평균 228.1분, 2층버스 평균 180.1분

표 1. 2층버스 노선별 운행구간 및 제한속도

구분	노선번호	운수업체	운행구간		이용고속도로	이층버스 제한속도
			기점	종점		
수원	7770	경진여객	수원역	사당역	의왕~과천	90
	3000		수원역	강남역	의왕~과천	90
	7780		웃거리	사당역	의왕~과천	90
	7800		호매실 14단지	사당역	의왕~과천	90
	7790		호매실 14단지	사당역	의왕~과천	90
	G3007	용남고속	아이파크	신논현역	용인~서울	100
	G5100		경희대	강남역	경부고속	100
남양주	8002	대원운수	대성리	잠실역	서울양양,올림픽로	100
	1000-1		호평동	잠실역	강변북로	80
	1670		도곡리	잠실역	강변북로	80
	1001		청학리	잠실역	강변북로	80
	8012	경기버스	내촌	잠실역	강변북로	80
	3102	경원여객	안산	강남역	의왕~과천	90
안산	300(주말)	경원여객	안산(중앙역)	대부도	—	
	5609	경원여객	안산	여의도	서해안고속	100
파주	G7111	신성교통	교하	서울역	—	60
	7700(주말)		금촌역	감악산	—	
	2200		맥금동	홍대입구역	강변북로	80
	9030		교하	영등포	강변북로	80
	7500(주말)		교하	마장호수	—	
김포	G6000	김포운수	한강신도시	서강대	올림픽대로	80
	8601A	김포운수	대포리	서울시청	올림픽대로	80
	8600	김포운수	양곡터미널	시청앞	올림픽대로	80
	1004	김포운수	완정사거리	시청앞	올림픽대로	80
	3000A	강화운수	강화터미널	신촌역	—	60
	7000	선진버스	구래리차고지	당산역	올림픽대로	80
하남	9302	경기상운	하남BRT	잠실역	올림픽대로	80
	9303-1		하남BRT	잠실역	올림픽대로	80
광주	1113-1	대원고속	동원대	강변역	중부고속	100
화성	6002	화성여객	동탄2	강남역	경부고속	100
	G4403		동탄1	강남역	경부고속	100
성남	3330	대원버스	도촌동	안양역	외곽순환	100
	4000	성남시내	성남 사송동	수원버스터미널	용인서울	100
고양	1100	명성운수	가좌동	서울역,YTN	강변북로	80
용인	5003	경남여객	명지대	강남역	경부고속	100
	5002		명지대	강남역	경부고속	100
시흥	3200	시흥교통	능곡지구	강남역	강남순환	100
	3300	시흥교통	능곡지구	강남역	강남순환	100

표 2. 1회 운행시 운행시간 비교

번 호	지역 구분	노선번 호	일반버스			이층버스		
			평균(분)	최소(분)	최대(분)	평균(분)	최소(분)	최대(분)
1	수원	7770	98	48	147	103	85	125
2		3000	147	69	177	133	105	158
3		7780	122	72	181	108	91	125
4		7800	143	86	173	120	104	153
5		7790	141	117	166	118	104	133
6		G5100	0	0	0	113	105	121
7	남양주	8002	111	93	148	112	93	129
8		1000-1	101	41	137	107	94	140
9		1670	84	64	122	89	72	117
10		8012	125	104	159	131	116	153
11	안산	3102	146	108	186	157	132	180
12		5609	192	163	221	202	181	219
13	파주	G7111	0	0	0	155	135	171
14		2200	149	123	171	152	143	168
15		9030	170	139	218	189	161	237
16	김포	G6000	125	103	151	124	100	144
17		8601A	0	0	0	181	144	211
18		1004	143	117	170	150	136	166
19		3000A	0	0	0	232	210	260
20		7000	102	84	134	110	96	133
21	하남	9302	101	78	153	103	81	149
22		9303-1	0	0	0	102	82	122
23	광주	1113-1	162	77	187	166	153	183
24	화성	6002	136	102	159	138	124	150
25	성남	3330	150	121	205	158	140	179
26		4000	193	71	284	194	177	228
27	고양	1100	169	144	193	163	157	168
28	용인	5003A	129	106	149	138	121	149
29		5003B	154	120	174	166	151	186
30		5002	153	115	188	160	121	196
31	시흥	3200	162	125	203	169	137	199
32		3300	177	137	215	187	155	210
평 균			136	41	291	139	72	260

표 3. 1회 운행시 총 운행 거리 비교

번호	지역	노선번호	전체(km)	일반버스(km)	2층버스(km)
1	수원	7770	52.5	52.7	50.6
2		3000	73.7	75.3	65.5
3		7780	58.5	59.6	52.7
4		7800	78.1	79.1	62.1
5		7790	74.3	75.5	62.1
6		G5100	72.1	0.0	72.1
7	남양주	8002	73.9	74.5	70.7
8		1000-1	56.4	55.3	57.7
9		1670	40.1	40.0	40.2
10		8012	73.6	74.0	72.2
11	안산	3102	90.5	90.1	90.8
12		5609	72.2	72.2	72.3
13	파주	G7111	92.9	0.0	92.9
14		2200	106	105.7	107.7
15		9030	101.2	101.2	101.1
16	김포	G6000	69.3	69.4	69.3
17		8601A	66.1	0.0	66.1
18		1004	71.3	71.3	71.2
19		3000A	101	0.0	101.0
20		7000	70.4	70.2	71.1
21	하남	9302	40.3	40.4	39.8
22		9303-1	42.7	0.0	42.7
23	광주	1113-1	90.8	90.7	91.4
24	화성	6002	86.6	86.6	87.4
25	성남	3330	58.8	58.9	58.6
26		4000	68.2	67.9	70.3
27	고양	1100	66.6	66.8	65.3
28	용인	5003A	80.9	80.8	81.2
29		5003B	92.7	92.4	93.3
30		5002	98.8	98.0	99.6
31	시흥	3200	77.4	77.5	77.4
32		3300	82	81.9	82.3
전체 평균			74.4	74.4	73.1

(단위: km/h)

표 4. 고속도로에서의 운행속도 분석

번호	지역구분	노선번호	버스 전체	일반 버스	2층버스			
			평균	평균	평균	최소	최대	오전침두 평균
1	수원	7770	68.9	69.0	67.6	51.8	84.5	63.2
2		3000	70.6	70.9	69.0	46.2	83.2	63.8
3		7780	67.4	67.1	69.7	46.8	86.9	62.3
4		7800	67.9	67.8	68.4	46.3	80.4	62.8
5		7790	68.8	68.9	68.1	55.6	79.6	60.6
6		G5100	65.2	—	65.2	45.8	74.7	57.4
7	남양주	8002	52.1	52.3	50.4	32.4	67.8	43.0
8		1000-1	39.5	40.1	38.9	13.6	57.1	14.0
9		1670	45.4	45.5	44.4	13.7	70.6	27.6
10		8012	48.4	48.8	46.3	25.1	60.2	36.7
11	안산	3102	57.9	61.4	55.2	25.6	83.0	35.2
12		5609	39.8	39.9	39.3	29.6	52.0	35.7
13	파주	G7111	63.5	—	63.5	51.1	73.0	55.8
14		2200	63.5	64.1	60.7	38.7	77.8	48.8
15		9030	55.5	56.2	51.9	31.5	72.5	43.2
16	김포	G6000	61.3	61.2	61.6	32.0	82.8	40.5
17	김포	8601A	—	—	—	—	—	—
18		1004	56.6	56.7	56.3	27.1	84.7	37.9
19		3000A	—	—	—	—	—	—
20		7000	54.7	55.7	50.4	28.7	76.3	38.0
21	하남	9302	43.7	43.4	44.7	19.7	66.6	30.9
22		9303-1	45.5	—	45.5	23.2	67.4	25.5
23	광주	1113-1	61.5	61.5	64.2	48.0	71.3	63.1
24	화성	6002	71.4	71.6	68.3	50.3	81.8	63.2
25	성남	3330	56.8	57.0	54.2	33.0	69.2	59.5
26		4000	62.6	64.0	53.8	41.5	74.5	56.0
27	고양	1100	—	—	—	—	—	—
28	용인	5003A	57.3	58.8	52.9	42.0	71.1	54.8
29		5003B	65.3	67.3	62.1	50.6	78.5	—
30		5002	66.2	67.3	65.3	50.0	83.0	59.8
31	시흥	3200	48.2	49.9	42.1	21.4	74.9	35.4
32		3300	45.6	46.1	43.7	17.0	70.7	29.2
전체			58.4	59.4	56.2	13.6	86.9	49.2

(2) 수요자 및 사용자 지향적 차량 개발 방안

(가) 2층버스 사용자 니즈 분석

- 이층버스 이용자를 대상으로 설문조사한 결과 경기도 이층 광역버스의 호감도가 매우 높은 것으로 나타남
 - “이층버스가 차내 혼잡률 해소에 도움이 된다고 생각하는가?” 질문에 혼잡 완화에 매우 효과적이라는 응답이 39.9%, 대체로 효과적이라는 응답이 38.2%로 긍정적 응답이 매우 높은 것으로 나타남
 - “동시에 일층버스(일반버스)와 이층버스가 정류장에 도착하였을 때 어떤 버스를 탈 것인가?” 질문에 이층버스를 탑승하겠다는 응답이 35%로 일층버스 선호도 29.9%보다 높게 나타남
- 이층버스의 차량높이, 계단, 좌석, 냉난방, 하차벨 등 11개 항목에 대하여 만족도를 5점 척도(매우 불만족 1점, 불만족 2점, 보통 3점, 만족 4점, 매우만족 5점)로 조사한 결과, 좌석의 면적 관련 항목(좌석의 앞뒤간격, 좌석의 좌우폭원)을 제외한 모든 항목에서 만족하는 것으로 나타남
- 이층버스 내 이용자들의 편의와 안전 증진을 위해 설치한 USB충전기, 독서등, 안전벨트, 비상탈출구 등 차내 부대시설을 인지하고 이용 여부를 조사한 결과, USB충전기 이용률 15.9%, 독서등 이용률 6.7%, 안전벨트 이용률 34.4%, 비상탈출구 인지율 30.3%로 나타남
- USB충전기 이용률은 29세 이하에서 19.2%이나 연령이 높아지면 꾸준히 감소하여 60세 이상에서는 3.7%로 나타났으며, 안전벨트 착용률은 29세 이하에서는 28.1%이나 연령이 높아지면 꾸준히 증가하여 50대는 47.9%로 가장 높고, 60세 이상에서는 다시 40.7%로 감소함
- 이층버스의 차량 내 시설 선호도 조사결과, 좌석배치는 한방향의 좌석배치, 좌석 등받이는 머리끝까지 오는 형태, 창문은 열고 닫을 수 있는 형태, 계단은 계단의 높이를 낮춰 개수를 높이는 형태를 선호하는 것으로 나타남
- 2층 계단 통행에서 여자 응답자의 63.7%가 신체부위 노출 때문에 조심했던 경험이었다고 응답하였으며, 9.6%가 이층버스에서 범죄의 위협을 느낀 경험이 있다고 응답함
- 결론적으로, 이층버스의 시설 만족도를 높이기 위해서 좌석의 앞뒤 간격을 적정하게 개선해야 하며, 부대시설(USB충전기, 독서등)은 유지 하고, 안전 측면에서 안전벨트 착용을 강화하고 비상 탈출구의 인지도를 높일 수 있는 방안을 마련해야 함

(나) 운전자/정비사 및 경영자 니즈 분석

- 이층 버스의 냉난방장치가 우리나라 상황에 부합하지 않아 운전자와 이용자가 모두 불편을 느끼고 있음
 - 운전석 공간에 냉난방 공기가 순환하지 않음(운전석 공간 냉난방 안됨)
 - 엔진 열을 이용한 난방시스템은 따뜻한 공기가 나오는데 너무 많은 시간이 소요 시간 됨(대책으로 프리히터를 장착하였으나 연비가 낮아지는 부작용이 발생함)
- 고장이나 사고발생시 부품가격이 높고, 운송업체의 정비인력이 고장원인을 찾고 수리하는 능력을 갖추기 위한 지원(교육, 시간 등)이 필요함
 - 외국산 차량의 부품가격이 국산에 비해 터무니없이 높으며, 운전기사가 사고발생시 수리비용을 일부책임 지고 있는 우리나라 시스템 상 운전기사가 이층 버스 운전을 기피하는 현상 발생
- 이층 버스는 차량의 높이가 4.0m로 높으나, 가로수가 적기에 정비되지 않아 차량의 유리를 파손하는 상황이 발생함
 - (중양버스전용차로 제외) 시내버스의 운행차로는 가장 바깥쪽 차로이며 버스정류장 주변에는 도로변에 근접하여 운행하여함
 - 우리나라의 도로변 가로수 정비 시기는 일반적으로 식물의 성장이 멈추는 늦가을(초겨울)로 정해져 있어 바깥쪽 차로의 도로변 운행에 방해가 되는 상황이 많이 발생함
- 운전기사가 이층버스 운전에서 가장 만족도가 높은 항목은 자동변속장치기로 나타남. 광역버스 노선도 시내구간 운행시간이 상당히 길고, 연속류 도로도 정체가 발생하기 때문에 자동변속기는 운전기사에게 편리한 장치임
- 운송업체 경영자들은 이층버스가 일층버스에 비해 운영효율(비용) 측면에서 경쟁력이 있는 것으로 평가하고 있음
 - 이층버스는 좌석수가 일층버스의 1.5배 수준이나 연료소모량은 일반버스의 80% 수준으로 연비가 양호함
 - 이층버스는 일반버스 3대 수송량을 2대로 수송할 수 있기 때문에 운전기사 인건비가 절약됨
- 이층버스는 차량길이가 12m이나 3축으로 되어 있어 회전반경이 약10.5m수준으로 양호하여 교차로나 곡선부 운전이 양호함

(다) 행정기관 요구사항 종합

- 현재 이층 광역버스가 저상버스로 인증받을 수 있도록 휠체어 좌석을 현재 1석에서 2석으로 개선할 필요가 있음
 - 휠체어석은 접이식이나 슬라이드식으로 설계하여 휠체어이용자가 탑승하지 않는 경우 일반인 이용자가 이용할 수 있도록 해야 함
- 이층버스의 안전강화를 위한 설계방안으로 이층의 맨 앞좌석과 앞 유리 간의 일정 이격거리가 필요하며, 이층 맨 앞좌석 바닥에 구배를 두어 급정차 시 승객의 중심이 뒤쪽으로 오도록 설계해야 함
- 이층버스의 개별 냉방시스템은 승객 별 온도에 대한 개인차가 발생하기 때문에 개별 냉방시스템과 중앙관리 냉방시스템의 장·단점을 파악하여 설계시 반영해야 함
- 이층버스의 기본옵션이 탑재되어 있는 차량과 추가옵션이 탑재되어 있는 차량을 구분하여 개발 및 판매가 이루어져야 하며 향후 이층버스의 보급화를 위해 시내버스와 고속버스의 새시를 구분하여 개발해야 함

(3) 전문가 기술 동향 모니터링 및 수요조사

(가) 2층 전기버스 지자체 수요조사

※ 2층버스 및 전기버스 보급사업 계획이 있는 지자체를 대상으로 함

○ 경기도

- 현재 경기-서울간 운행중인 2층 광역버스는 약190대로 2층 광역버스의 경우 2015년부터 지속적으로 도입이 이루어짐
- 친환경 차량 도입 및 교통약자 이동편의 증진 계획에 따라 저상버스를 연간 100대 이상 도입 추진계획이 있으며 이를 친환경 동력의 버스로 도입할 예정
- 2층 전기버스의 경우 도입의사가 있으나 전기버스의 성능(충전시간, 속도, 충전거리 등)이 면밀히 검토 되어야 될 것으로 판단

○ 서울특별시

- 서울시에서 운행하는 전기 시내버스는 총 39대로 ‘친환경 전기 시내버스 도입 추진계획’에 따라 2025년까지 3000대의 전기버스를 도입계획에 있음
- 서울시의 시내버스 노선은 터널 및 도로구조물로 인해 2층버스가 다니기 적합하지 않아 현재 전기버스 도입 추진계획에 2층버스는 고려하지 않고 있음

○ 인천광역시

- 시내 전기버스가 15대가 운행 되고 있으며 2022년까지 150대 도입계획에 있음
- 출퇴근 시간 혼잡 등 2층버스 도입의 필요성도 인지하고 있고 도입의사도 있으나 2층버스 도입에 소요되는 예산부족으로 실행에 어려움이 있음

○ 부산광역시

- 부산시에서 운행하는 전기 시내버스는 총 69대로 전기버스 및 저상버스를 지속적으로 도입중이나 광역버스 미운행, 도로환경 등의 이유로 2층버스 도입계획 없음

○ 대전광역시

- ‘18.10 시내 전기버스 2대를 최초 운행 시작으로 2층 전기버스의 도입계획까지는 고려하는 바가 없음

○ 광주광역시

- 시내 전기버스 30대가 운행되고 있으며 2022년까지 220대 도입을 목표로 하고 있으나 2층 전기버스의 도입계획 까지는 고려하는 바가 없음

○ 대구광역시

- ‘18.10 시내 전기버스 10대 보급이후 2022년 까지 130대 도입을 목표로 진행중이나 2층 전기버스의 도입계획 까지는 고려하는 바가 없음

○ 제주도

- 시내버스 88대중 전기버스는 83대가 운행중이며 전기저상버스의 도입은 매년 20대씩 이루어지고 있음

(4) 기술환경 파악을 위한 논문/특허 분석

(가) 2층버스에 관련 게재 논문 분석

○ 2층버스 관련 논문 리스트

표 5. 2층버스 관련 논문 리스트

No.	발행 년도	저자명	논문명	학술지명	권호사항
1	1988	HANCOCK, BS; WOODCOCK, EJ	THE HISTORY AND DESIGN OF DOUBLE-DECK BUSES AND COACHES	INTERNATIONAL JOURNAL OF VEHICLE DESIGN	Vol.9 No.1
2	2009	Hemida, Hassan; Krajnovic, Sinisa	Transient Simulation of the Aerodynamic Response of a Double-Deck Bus in Gusty Winds	JOURNAL OF FLUIDS ENGINEERING -TRANSACTIONS OF THE ASME	Vol.131 No.3
3	2011	김채만, 김대 호, 송제룡, 류 시균, 이진우, 김서정, 전중 수, 김지은,	경기도 2층버스 차내 서비스 모니터링 및 개선방안	정책연구	Vol.2011 No.10
4	2012	김채만, 이진 우, 오동환	경기도 2층 광역버스 도입방안	교통기술과정책	Vol.9 No.1
5	2014	Prochowski, Leon; Zielonka, Karol	ANALYSIS OF THE RISK OF DOUBLE-DECK BUS RO LLOVER AT THE AVOIDANCE OF AN OBSTACLE (ANALYTICAL APPROACH AND COMPUTER SIMULATION)	EKSPLOATACJA I NIEZAWODNOSC-MAINTENANCE AND RELIABILITY	Vol.16 No.4
6	2015	김대호, 신도겸	2층 광역버스, 높이제한 4.3m까지 높이차	이슈&진단	Vol.- No.186
7	2015	김철호, 한진우	2층버스의 주행안전성 평가를 위한 공력특성 분석에 관한 수치해석 연구	한국전산유체공학회 학술대회논문집	Vol.2015 No.5
8	2015	한진우, 이승현, 김철호	2층버스의 공기역학적 주행안전성에 관한 수치해석연구	한국자동차공학회 부문종합 학술대회	Vol.2015 No.5
9	2016	한진우, 박형수, 김철호	선회 주행 2층버스의 측풍과 편경사에 의한 공기역학적 주행안전성에 관한 수치해석연구	한국자동차공학회 부문종합 학술대회	Vol.2016 No.5
10	2017	송제룡, 김점 산, 김현주	경기도 2층버스 차내 서비스 모니터링 및 개선방안	정책연구	-
11	2018	Li, Yongle; Tang, Haojun; Wu, Bing; 외	Flutter performance optimization of steel truss girder with double-decks by wind tunnel tests	Vol.21 No.6	Vol.21 No.6

(나) 2층버스에 관련 특허 분석

○ 2층버스 관련 특허 기술동향

표 6. 2층버스 관련 특허 기술동향

구분	주요 IP 시장국	주요내용
특허동향	1975년부터 해당 기술에 대한 특허가 출원되기 시작함 - 현재까지 출원되는 특허건수는 증가하는 추세 - 중국이 전체 출원특허의 59%를 차지하고 있으며, 가장 많은 특허를 출원함	- 중국에서 가장 꾸준히 특허가 출원됨 - 미국 및 유럽에서 출원되는 특허건수는 매우 적으며, 출원되지 않은 기간이 매우 길
내·외국인 특허출원	대부분 출원인은 자국으로 특허를 출원함	- 한국, 일본, 유럽 및 중국은 내국인에 의해 특허가 출원됨 - 미국은 외국인에 의한 특허 출원비율이 높음. 특히, 유럽 국가에서 출원하는 특허건수가 많음
기술시장 성장단계	3구간 내지 4구간을 제외한 나머지 구간에서 출원인 수와 출원건수가 증가함	- 일본 및 중국: 가장 오랜기간에 걸쳐 특허가 출원됨 - 한국: 출원인 수 및 출원건수가 증가하는 기술성장기에 해당 - 미국: 출원건수는 증가하나, 출원인 수는 유지됨 - 유럽: 출원인 수 및 출원건수의 증감이 큼 - 대체로, 출원건수가 적어 유의미한 기술성장 단계 파악이 어려움

○ 대형버스 관련 특허 기술동향

표 7. 대형버스 관련 특허 기술동향

구분	세부기술 동향	주요내용
대형버스 제조 기술(B)	- 특허가 처음 출원된 시점 이후 현재까지 출원된 특허건수는 증가하는 추세 - 대부분의 세부기술에 대하여, 가장 많은 특허를 출원한 국가는 중국 - 실내공조시스템에서는 한국에서 출원된 특허건수가 가장 많음	3축 조향 기술에 대한 세부기술을 제외한 모든 세부기술에서 출원건수가 증가하는 동향을 보임 - 미국, 일본: 대형버스에 대한 특허 출원 활동이 저조함 - 대형버스 외에 일반 차량에도 적용되는 기술의 경우, 대형버스로 한정된 검색식으로 검색되지 않은 특허 건수도 다수 있을 것으로 예상됨. - 출원건수가 적은 분야라도, 검색식을 확장하여 검색하면 다른 결과가 나타날 수 있음을 유의해야 함

○ 자동차 안전 관련 특허 기술동향

표 8. 자동차 안전 관련 특허 기술동향

구분	세부기술 동향	주요내용
자동차 안전 관련 기술개발 분야(C)	- 자동차 안전 관련 기술분야에 대한 특허출원 동향을 분석한 결과, 최근들어 출원건수가 급격하게 증가하는 것을 알 수 있음 - 모든 세부기술 분야에서 중국에서 출원되는 특허건수가 가장 많음 - 지속적으로 다수 개의 특허가 출원되는 국가는 한국 및 중국인 것으로 조사됨	- 각 세부기술 분야에 대한 기술성장 단계는 성장기인 것으로 판단됨 - 가장 많은 특허를 출원한 출원인들은 대부분 자동차관련 대기업인 것으로 조사됨. 즉, 사업성이 우수한 기술분야임을 알 수 있음

(5) 수요자 및 사용자 니즈분석 종합 결론

(가) 이용자 요구사항 적용 현황

○ 좌석 면적 및 배치

- 좌석의 앞뒤간격은 현재 승차인원 70+1석 기준 VOLVO, MAN과 동등 수준인 710mm
- 옵션으로 64+1석 운영 가능하며, 이경우 시트피치는 770mm 수준으로 증대 가능 (※시트 레이아웃 검토 완료)
- 좌석은 이용자가 선호하는 한방향 배치 적용

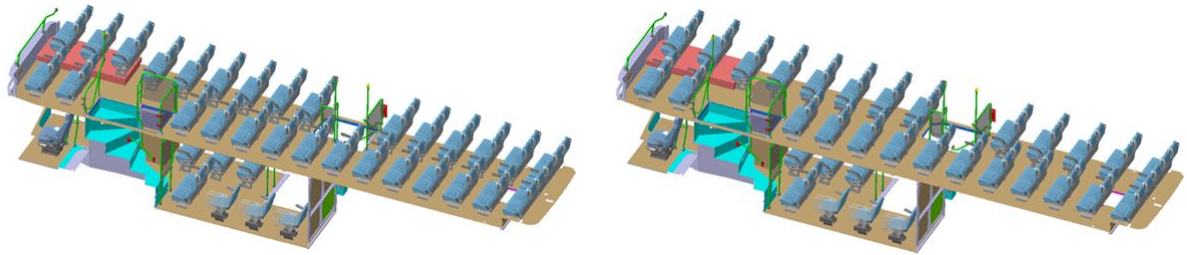


그림 110. 70+1석 좌석 배치(좌), 64+1석 좌석배치(우)

○ USB 충전기, 독서등, 안전벨트, 비상탈출구

- 각 시트마다 USB 충전기, 독서등 및 안전벨트 적용 완료
- 비상탈출구 관련 비상탈출용 해머 적용 및 루프해치 2개소 적용

(나) 운전자/정비사 및 경영자 요구사항 적용 현황

○ 냉난방 시스템

- 운전석 공간에 냉/난방 기능 적용 (승객석 운전석 독립 난방 시스템 구성)
- 2층 난방은 권역별로 풍량 및 온도 독립 제어가 가능한 시스템 적용

○ 정비

- 국산화 부품을 사용하므로 해외도입 차량 대비 고장/수리비가 저렴
- 기존 상용차 정비 인프라를 활용하여 정비인력 교육/지원 가능

○ 차량 높이(4m)에 따른 유리 파손 (가로수 충돌)

- 2층 글라스 둘레에 프로텍터 장착 예정
- 2층 전기버스 투입 노선에 가로수 최소화 및 정비 협조 요청 예정 (지자체 협의)

○ 자동변속장치

- 2층 전기버스는 휠모터구동으로 주행하므로 별도의 변속장치 없이 자동변속기와 동일하게 운전자가 편리하게 조작할 수 있음

(다) 행정기관 요구사항 적용 현황

○ 휠체어 좌석 2석 필요

- 2층 전기버스는 1층에 폴딩시트 3석을 적용하여 일반인이 3석을 이용하거나 휠체어 좌석 2석으로 사용할 수 있음 (경쟁차 1석)

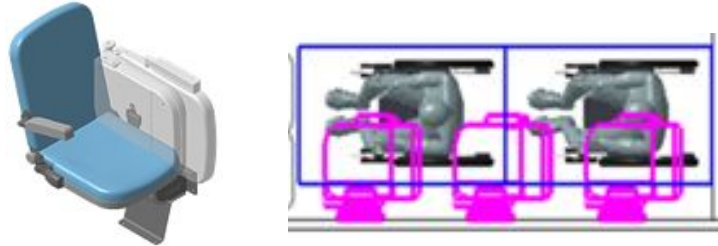


그림 111. 폴딩시트 및 휠체어석

○ 2층 안전 강화

- 2층 맨 앞좌석과 앞 유리간 최대한 이격거리 확보하였으며, 스텐션을 장착하여 승객 안전 강화

○ 냉/난방 시스템

- 운전석 공간에 냉/난방 기능 적용 (승객석 운전석 독립 난방 시스템 구성)
- 2층 난방은 권역별로 풍량 및 온도 독립 제어가 가능한 시스템 적용

(라) 2층버스 운행특성 분석 결과 적용 현황

○ 하루 운행거리 : 341.1km (최소 124.1km, 최대 502.6km)

○ 회당 운행거리 : 평균 71.9km (최소 28.1km, 최대 107.9km)

- 2층 전기버스 1회충전 주행거리 약 420km 확보 (73km/h 정속주행, 공차상태)
- 운행 조건(계절, 승객 수, 주행노선 등)에 따라 주행가능 거리 확인 필요

○ 회당 대기시간 : 평균 70분

- 2층 전기버스 충전시간 : 72분 (3구 충전)
- 배터리 잔량이 남은 상태에서 충전 시, 72분 이내 완충 가능

○ 운행속도 : 평균 56.2km/h (최소 13.6km/h, 최대 86.9km/h)

- 2층 전기버스 최고속도 92.4km/h 확보 (공차상태)

나. 2층 전기버스 특성에 따른 차별성을 고려한 법령 개정 방안

(1) 구동축전지 안전성 평가

(가) 평가 기준

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 및 시행세칙 48. 구동축전지 안전성시험

(나) 평가 항목 및 결과

- 낙하 안전시험 : 기준 적합
- 액중투입 안전시험 : 기준 적합
- 과충전 안전시험 : 기준 적합
- 과방전 안전시험 : 기준 적합
- 단락 안전시험(2회) : 기준 적합
- 열노출 안전시험 : 기준 적합
- 연소 안전시험 : 기준 적합
- 배터리 용량 확인 측정 : 68kWh (목표 만족)
※정량적 목표 : 384kWh (64kWh×6EA)

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	낙하안전시험		
제조사	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	25 °C	SOC	100 %
--------	-------	-----	-------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	410 V	시험 후 전압	- V
---------	-------	---------	-----

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격)	폭 발	☐ 예(불합격)
	☒ 아니오		☒ 아니오

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 17일

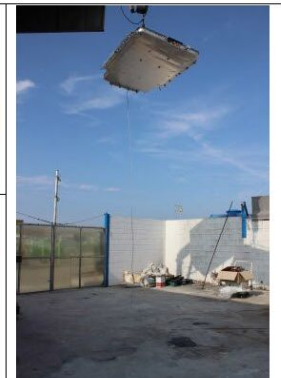
책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광원

5. 시험 장면



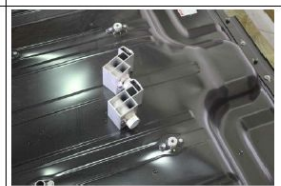
시험 전 전압 및 낙하높이



시험장치 구성



시험 후 시험품



파손부품

그림 112. 낙하안전시험 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	액중투입안전시험		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	24 ℃	SOC	100 %
--------	------	-----	-------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	411 V	시험 후 전압	- V
---------	-------	---------	-----

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격) ☒ 아니오	폭 발	☐ 예(불합격) ☒ 아니오
-----	--	-----	--

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 18일

확인자 책임연구원 신민철

연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험장치 구성

시험 후 시험품

그림 113. 액중투입안전시험 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	과충전안전시험		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	25 ℃	SOC	50 %
--------	------	-----	------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	357.5 V	시험 후 전압	423.1 V
---------	---------	---------	---------

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격) ☒ 아니오	폭 발	☐ 예(불합격) ☒ 아니오
-----	--	-----	--

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 07월 02일

확인자 책임연구원 신민철

연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험장치 구성

릴레이 차단 후 전압

릴레이 재연결 후 전압

그림 114. 과충전안전시험 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	과방전안전시험		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	0 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	25 ℃	SOC	50 %
--------	------	-----	------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	357.9 V	시험 후 전압	272.4 V
---------	---------	---------	---------

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격) ☒ 아니오	폭 발	☐ 예(불합격) ☒ 아니오
-----	--	-----	--

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 19일

확인자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험장치 구성



릴레이 차단 후 전압

릴레이 재연결 후 전압

그림 115. 과방전안전시험 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	단락안전시험(6팩)		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 2, 병렬 : 3	정격모듈전압	355.74 V
정격용량	540 Ah	정격전압	711.48 V
목표 SOC	100 %	정격전류	540 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack x 3P2S		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	25 ℃	SOC	100 %
--------	------	-----	-------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	821 V	시험 후 전압	0.306 V
---------	-------	---------	---------

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격) ☒ 아니오	폭 발	☐ 예(불합격) ☒ 아니오
-----	--	-----	--

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 19일

확인자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험장치 구성



단락회로 저항

시험 후 전압

그림 116. 단락안전시험(6팩) 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	단락안전시험(1팩)		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	26 ℃	SOC	100 %
--------	------	-----	-------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	409 V	시험 후 전압	1.415 V
---------	-------	---------	---------

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격)	폭 발	☐ 예(불합격)
	☒ 아니오		☒ 아니오

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 20일

확인자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험장치 구성

단락회로 저항

시험 후 전압

그림 117. 단락안전시험(1팩) 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	열노출안전시험		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	80 ℃	SOC	100 %
--------	------	-----	-------

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	410 V	시험 후 전압	410 V
---------	-------	---------	-------

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	☐ 예(불합격)	폭 발	☐ 예(불합격)
	☒ 아니오		☒ 아니오

담당자 의견

발화 및 폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

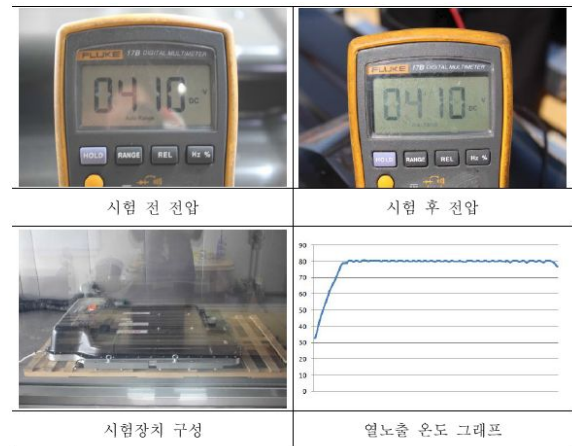
담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 14일

확인자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

5. 시험 장면



시험 전 전압

시험 후 전압

시험장치 구성

열노출 온도 그래프

그림 118. 열노출안전시험 결과

“구동축전지 안전성시험 결과기록표”

1. 주요제원

시험항목	연소안전시험		
제작자	현대모비스	모델명	-
형 식	Li-ion	형 상	파우치형
모듈 수량	직렬 : 5	정격모듈전압	72.6 V, 68.97 V
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
목표 SOC	100 %	정격전류	180 A
BMS	有	안전장치	有
비 고	(20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		

2. 시험조건 측정값

시험실 온도	25 ℃	SOC	100 %
연소 온도	829 ℃		

3. 구동축전지 전압 측정값

시험 전 전압	410 V	시험 후 전압	- V
---------	-------	---------	-----

4. 시험조건에서 발화 또는 폭발이 발생하였는가?

발 화	-	폭 발	☐ 예(불합격) ☒ 아니오
-----	---	-----	--

담당자 의견

폭발은 발생하지 않았으며 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제18조의3 기준에 적합함

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 19일

책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

5. 시험 장면

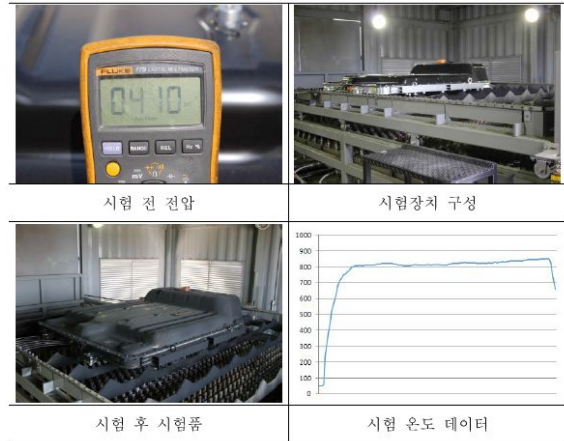


그림 119. 연소안전시험 결과

“구동축전지 최고 출력 측정 결과기록표”

1. 주요제원

모델명	-	제작자	현대모비스
형 식	Li-ion	셀 형상	파우치형
구 성	294 셀 / 1Pack = (20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
설정 SOC	100 %	최고 출력	120 kW
비 고		최고 출력 유지 시간	9 s

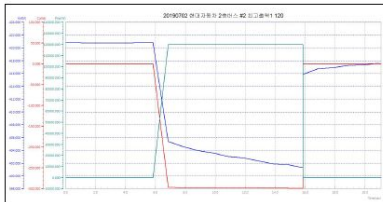
2. 측정조건

시험실 온도	298(25) K(℃)
--------	--------------

3. 측정결과

최고 출력	120 kW
-------	--------

4. 출력선도



담당자 의견

최고출력 120kW가 9초 이상 측정됨

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 20일

확인자 연구위원 김광일

“구동축전지 용량확인 측정 결과기록표”

1. 주요제원

모델명	-	제작자	현대모비스
형 식	Li-ion	셀 형상	파우치형
구 성	294 셀 / 1Pack = (20S3P cells / module x 3S modules + 19S3P cells / module x 2S modules) / pack		
정격용량	180 Ah	정격전압	355.74 V
비 고			

2. 측정조건

시험실 온도	298(25) K(℃)
--------	--------------

3. 측정결과

배터리 용량	68082.9 Wh
--------	------------

4. 출력선도



담당자 의견

배터리 용량 68kWh가 측정됨

담당자 책임연구원 문보현

시험일자 2019년 06월 12일

확인자 연구위원 김광일

그림 120. 최고 출력 및 용량 확인 측정 결과

(2) 구동전동기 안전성 평가

(가) 평가 기준

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제111조 및 시행세칙 23. 구동전동기 출력시험

(나) 평가 항목 및 결과

○ 최고출력시험 : **120kW/2,300~6,038rpm**

○ 최고 30분 출력시험 : **58.9kW/4,000rpm**

(다) 평가 결과

“구동전동기 최고 출력시험 결과기록표”

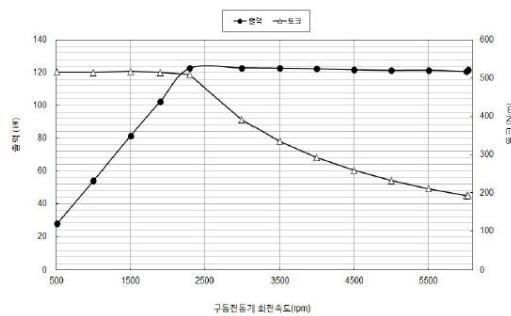
1. 주요제원 및 시험조건

구동전동기	제조사	종류	형식	제작번호
	현대모터	영구자석동기전동기	영구자석동기전동기	HMC 30430-SKECO ROTEM 원모터 조립체, R41 EVBM2000
	변속기 감속비	변속기 동력 전달효율		
	-	-		
동력계	동력계 명칭 또는 형식	동력계 용량 (kW/min ⁻¹)	동력계 감도 (m)	동력계 계수 및 감속비
	EN 60034-1	330 / 10,000	1.02	-
시험조건	시험에 사용한 장치	냉각액 온도 측정점	윤활유 온도 측정점	
	냉각장치 전원공급기	-	-	

2. 측정결과

회전속도 (min ⁻¹ , {rpm})	토크 (N·m)	출력 (kW)	전동기 온도 (K, {°C})	제어기 온도 (K, {°C})	냉각공기 온도 (K, {°C})	냉각액 온도 (K, {°C})	비고
514	515.4	27.75	51	35	24.2	26.9	
1,001	515	53.98	58	38	24.2	27.3	
1,503	517.8	81.51	70	40	24.2	27.6	
1,900	515	102.47	88	41	24.1	28.8	
2,299	509.7	122.72	116	42	24.1	29.4	
3,001	391.3	122.95	154	40	24.2	30.1	
3,500	335	122.80	160	38	24.2	30.3	
4,000	292.3	122.41	159	37	24.3	30.5	
4,500	258.6	121.84	153	35	24.3	30.3	
5,000	231.9	121.42	146	35	24.4	30.3	
5,502	210.9	121.52	141	34	24.4	30.5	
6,017	191.8	120.85	133	34	24.4	30.6	
6,038	192.6	121.79	133	34	24.4	30.2	
최고 출력(kW/min ⁻¹)			120 / 2,300 ~ 6,038				
최대 토크(N·m/min ⁻¹)			517.8 / 1,503				

“구동전동기 성능 곡선도”



담당자 의견 시험 대상 구동전동기의 사양(제조사 제시)은 최대 회전속도 11,000rpm, 최고 출력 120kW(해당 회전속도 2,300rpm ~ 8,000rpm)인, 해당 시험을 수행하는 과정에서 회전속도를 증가시켜 6,000rpm을 초과하자 진동수가 급격히 증가하였고, 회전속도를 더 증가시킬 경우 전기모터 동력계에 손상을 줄 수 있을 정도의 진동수에 도달할 것으로 예상되는 상황이 발생함. 이는 구동전동기 무게가 전기모터 동력계가 허용할 수 있는 무게를 초과하였기 때문 이라고 판단하여 본 시험을 안전하게 수행할 수 있도록 시험계획을 수정함. 이에 따라 회전속도 0에서부터 약 6,000rpm까지 구동전동기 출력을 측정함. 그러므로 해당 구동전동기의 안전한 성능을 확인하기 위해선 향후 6,000rpm ~ 11,000rpm 구간의 출력 성능 확인(6,000rpm ~ 8,000rpm 구간의 최고 출력 120kW 측정 포함)이 별도로 수행되어야 할 것으로 보임

시험일자

담당자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

그림 121. 최고출력시험 결과

“구동전동기 최고 30분 출력시험 결과기록표”

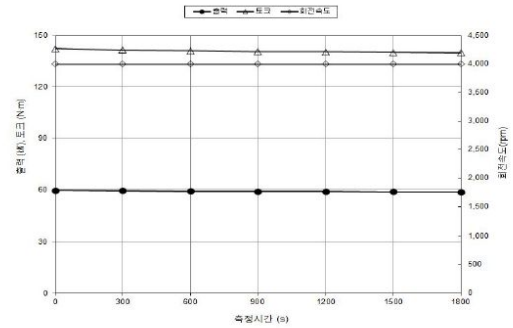
1. 주요제원 및 시험조건

구동전동기	제조사	종류	형식	제작번호
	현대로템	영구자석동기전동기	영구자석동기전동기	HMC Wat Mir Ass. RH 30450-SKECO ROTEM 원모터 조립체 RH EVHM43000
	변속기 감속비	변속기 동력 전달효율		
	-	-		
동력계	동력계 명칭 또는 형식	동력계 용량 (kW/min ⁻¹)	동력계압 길이(m)	동력계 계수 및 감속비
	EN 60034-1	330 / 10,000	1.02	-
시험조건	시험에 사용한 장치	냉각액 온도 측정점	윤활유 온도 측정점	
	냉각장치 전원공급기	-	-	

2. 측정결과

회전속도 (min ⁻¹ , (rpm))	토크 (N·m)	출 력 (kW)	전동기 온도 (K _a (°C))	제어기 온도 (K _e (°C))	냉각공기 온도 (K _a (°C))	냉각액 온도 (K _a (°C))	비고
4,000	142.3	59.5	36	28	23.8	26.6	시작
4,000	141.6	59.3	60	29	24.7	27.5	5분 경과
4,000	141.1	59.1	68	30	25.3	28	10분 경과
4,000	140.6	58.9	72	30	25.1	28.4	15분 경과
4,000	140.5	58.8	74	31	24.3	28.7	20분 경과
4,000	140.1	58.6	76	31	23.9	29	25분 경과
4,000	140.0	58.6	78	31	24	29.2	30분 경과
최고 출력(kW/min ⁻¹)			58.9 / 4,000				
최대 토크(N·m/min ⁻¹)			140.8 / 4,000				

“구동전동기 최고 30분 출력 곡선도”



담당자 의견

시험일자

담당자 책임연구원 신민철

확인자 연구위원 김광일

그림 122. 최고 30분 출력시험 결과

(3) 전자파 적합성 평가

(가) 평가 기준

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제111조의2 및 시행세칙 41. 전자파적합성

(나) 평가 항목

- 광대역 전자파 방사시험
 - 자동차 조건 : 모든 전장품은 정상동작 상태이며 속도는 1,500rpm을 유지하였고 Blower 및 창닫기 등은 최대
 - 30MHz ~ 1,000MHz 주파수 범위에서 측정
- 협대역 전자파 방사시험
 - 자동차 조건 : 차량은 Ignition On 상태이며 기타 전장품은 정상동작 상태
 - 30MHz ~ 1,000MHz 주파수 범위에서 측정
- 전자파 내성시험
 - 자동차 조건 : 차량은 50km/h $\pm$ 20% 주행상태이며 자동차 계기판 및 주행상태를 제어실에서 모니터링
 - 20MHz ~ 2,000MHz 주파수 범위 내에서 최대 전계강도를 24V/m로 시험

(다) 평가 결과

- 광대역 전자파 방사시험 : 기준 적합
- 협대역 전자파 방사시험 : 기준 적합
- 전자파 내성시험 : 기준 적합

측정 거리 : 3미터

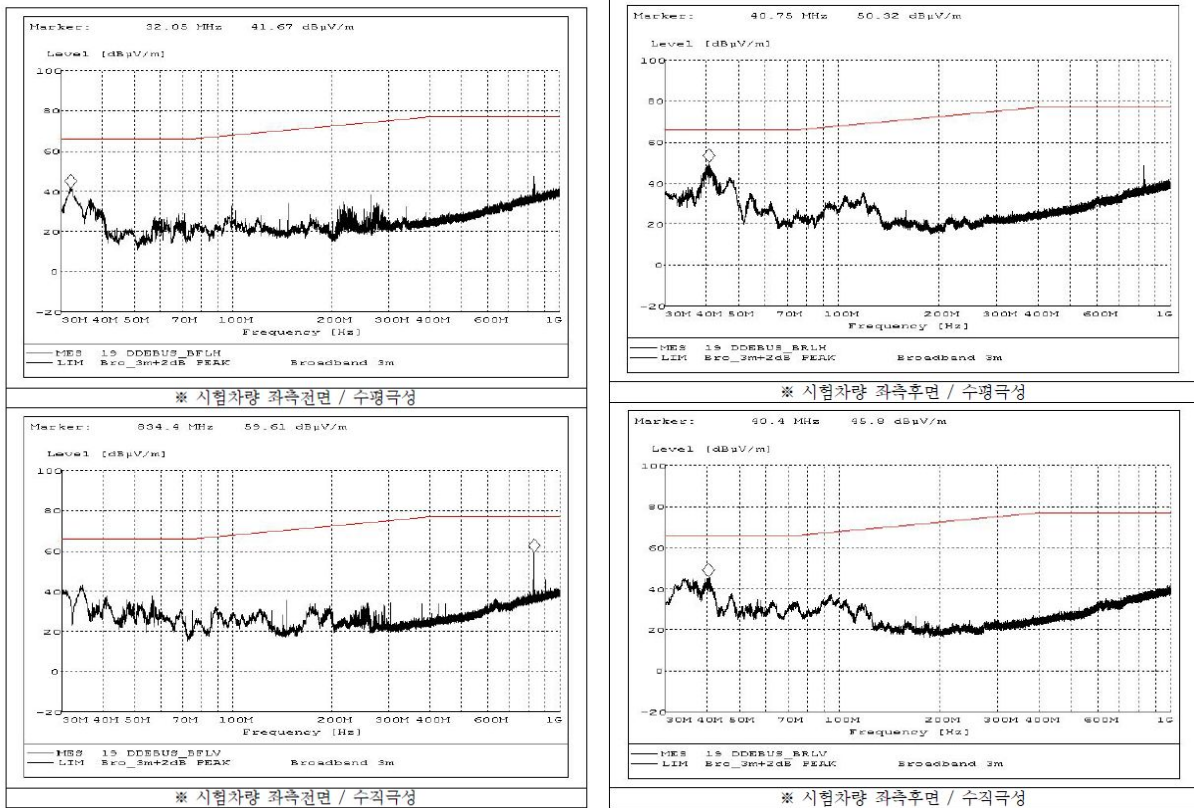


그림 123. 광대역 전자파 방사시험 결과(1)

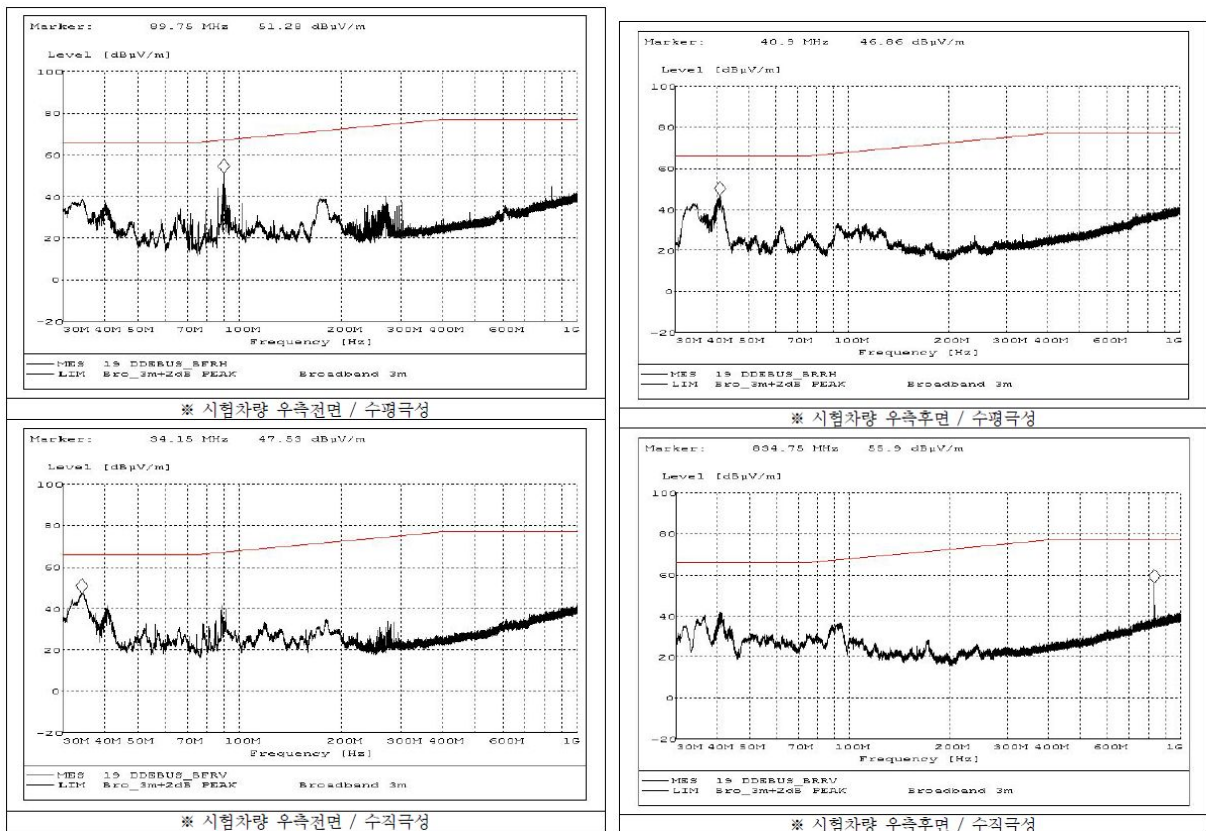


그림 124. 광대역 전자파 방사시험 결과(2)

측정 거리 : 3미터 검파방식

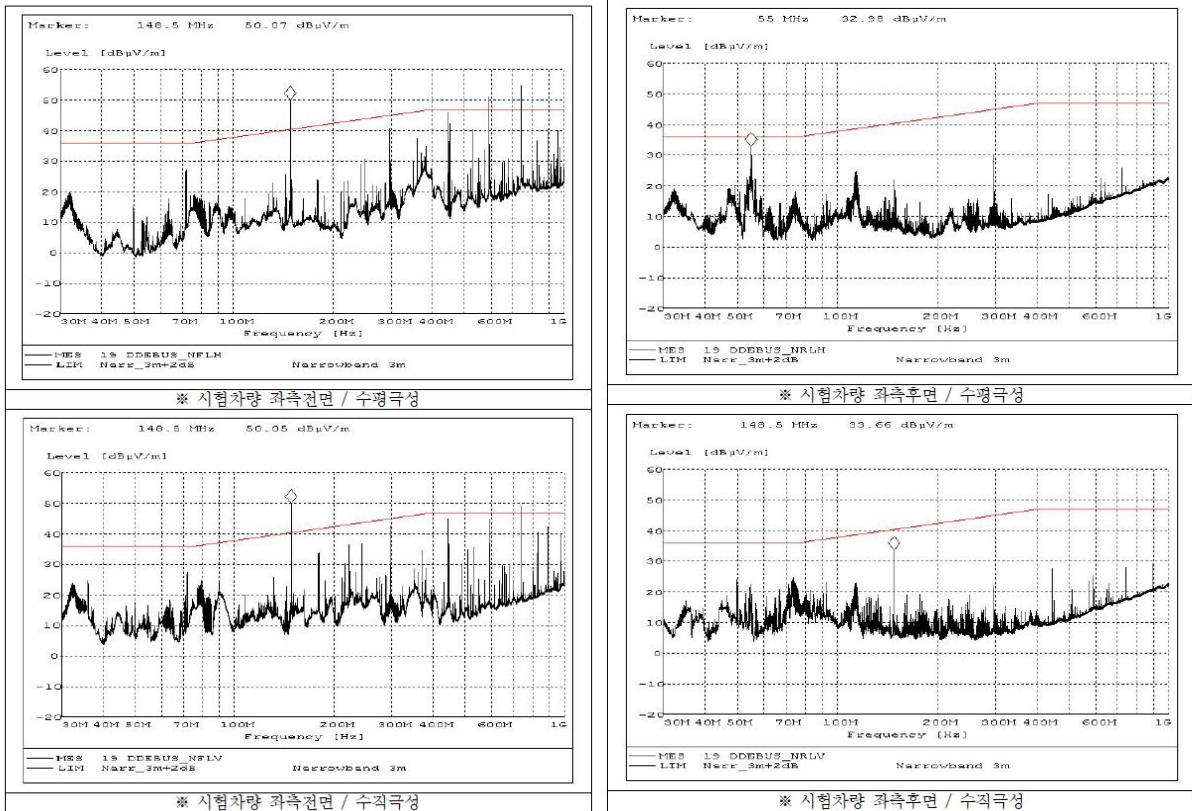


그림 125. 현대역 전자파 방사시험 결과(1)

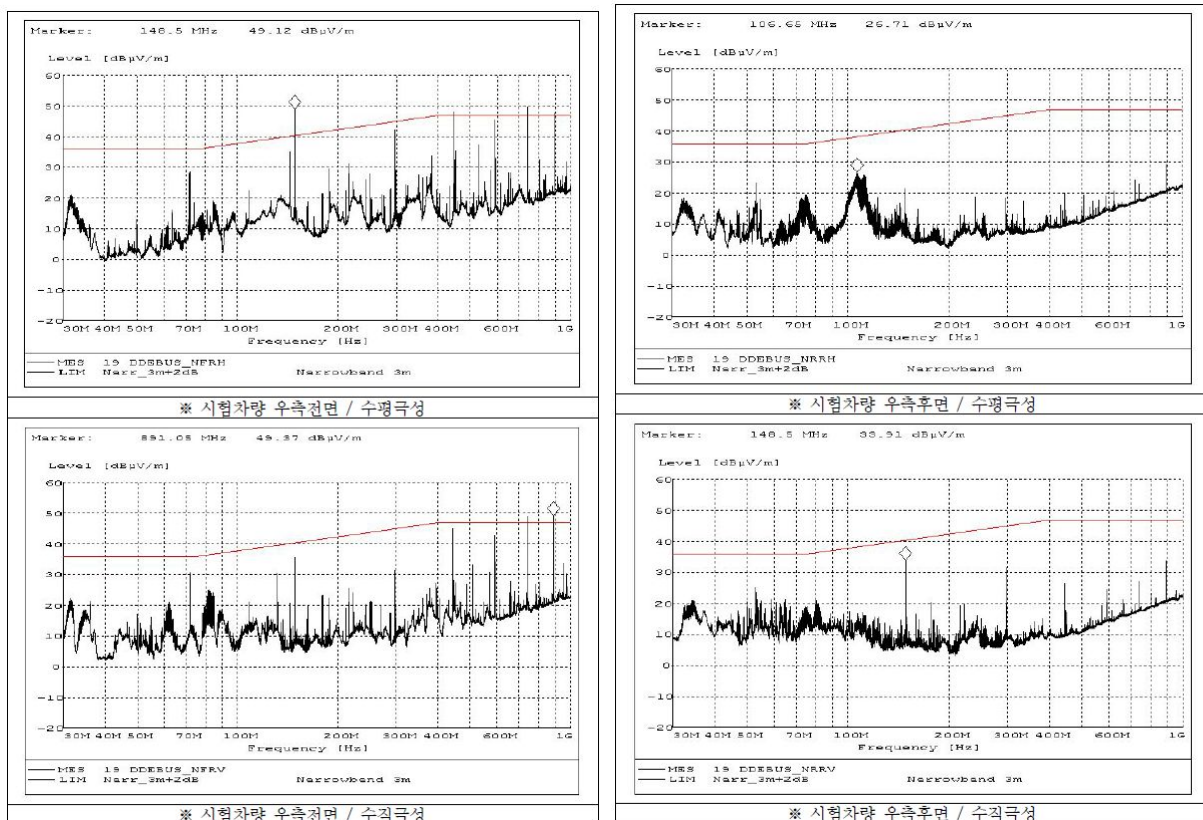


그림 126. 현대역 전자파 방사시험 결과(2)



○ 전자파 내성시험 결과

시 험 기 준	오작동여부	판 정
자동차의 직접 제어와 관련한 기능에 이상이 없을 것	정 상	적 합
운전자, 승객 또는 다른 운전자의 보호와 관련한 기능에 이상이 없을 것	"	"
운전자나 다른 운전자에게 혼란을 유발할 수 있는 장애를 발생 시키지 않을 것	"	"
자동차의 데이터 버스 기능성 및 자동차의 법정 데이터에 영향을 미치는 기능에 이상이 없을 것	"	"

그림 127. 전자파 내성시험 결과



그림 128. 광대역/협대역 방사 시험 사진

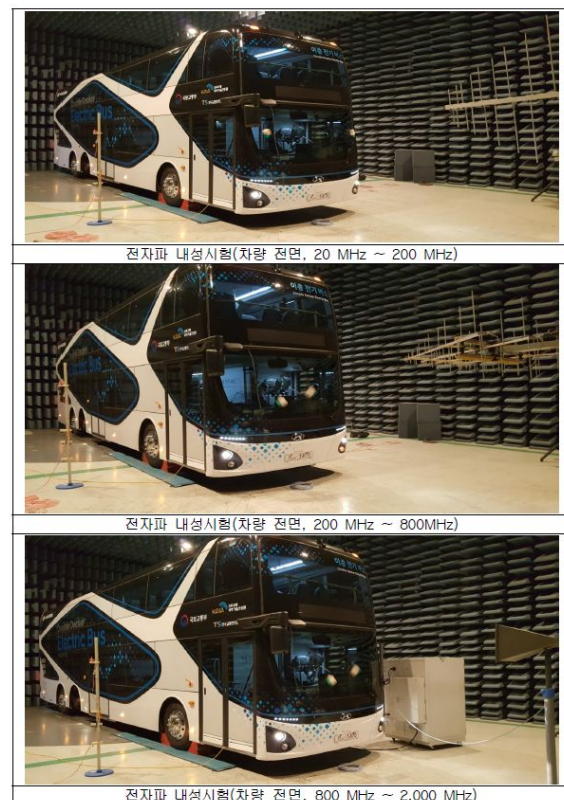


그림 129. 전자파 내성 시험 사진

(4) 배터리 탑재공간 화재 경보 및 자동소화시스템 개발

(가) 개발 내용

○ 시스템 구성

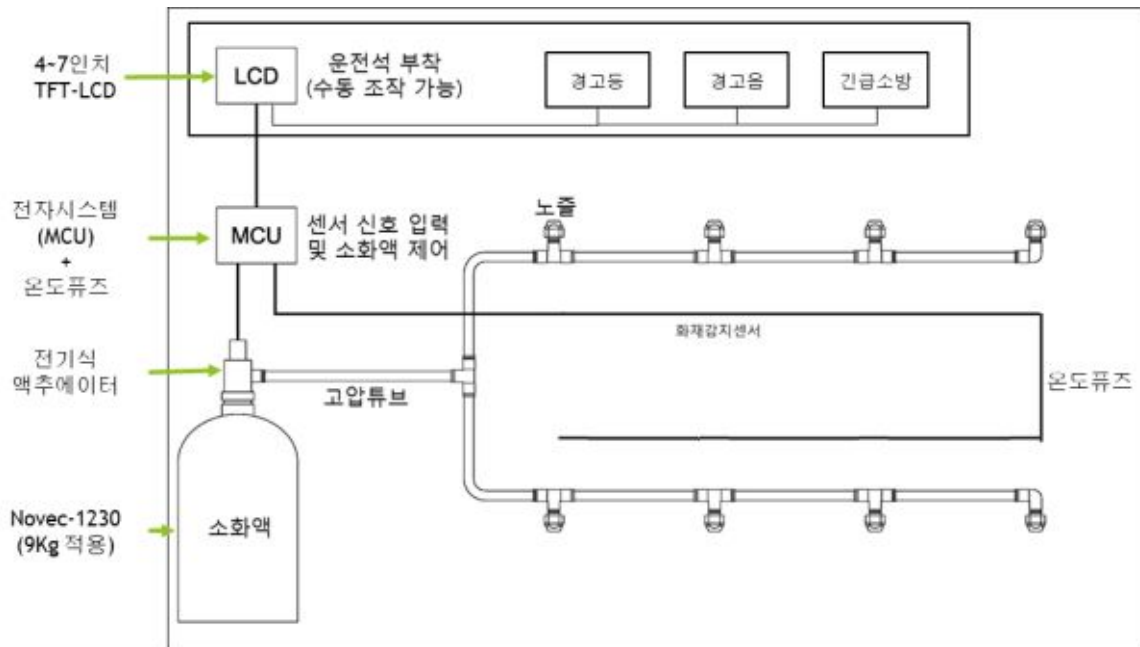


그림 130. 2층 전기버스 자동소화시스템 구성도

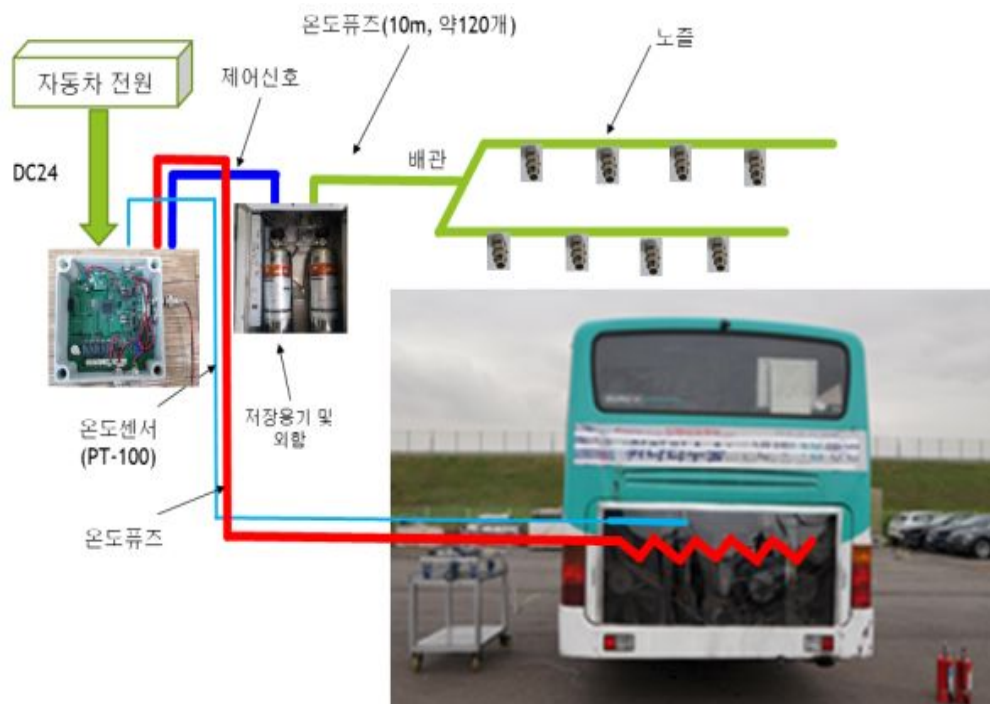


그림 131. 자동소화시스템 실차 테스트 구성도

○ 자동소화시스템 기능별 구성

- 소화기 작동(MCU 기반)
 - 자동작동 : 온도퓨즈의 동작을 통하여 소화시스템이 자동으로 작동하도록 개발
 - 수동작동 : 사용자가 임의로 소화시스템을 작동하도록 개발
- 센서모듈(온도퓨즈 기반)
 - 온도퓨즈를 150~180℃ 사이의 온도퓨즈를 선택하여 엔진룸의 화재 발생을 검출할 수 있도록 센서모듈을 개발하여 구성
 - 온도퓨즈 120개를 직렬로 연결하여 10m 길이의 온도센서 라인을 구성
 - 온도퓨즈 라인을 수축튜브에 넣어서 온도퓨즈를 보호하도록 하여 화재감지 라인을 구성
- 통신(RS-485) 모듈
 - PT-100 온도센서를 통하여 엔진룸 온도변화를 계측하여 메인 MCU로 엔진룸 온도 데이터를 전송하여 시스템을 구성
 - 엔진룸의 이상온도를 감지하여 운전자에게 엔진룸의 온도 정보를 표시하도록 자동소화시스템을 구성
- 엔진룸 상태정보를 운전자에게 표시 모듈
 - 경고등 : 엔진룸 화재 발생 및 이상온도 발생 시 상태정보 경고등을 통하여 표시
 - 경고음 : 엔진룸 화재 발생 및 이상온도 발생 시 상태정보 경고음을 통하여 표시
 - 긴급소방(수동) 작동 : 자동/수동으로 동작할 수 있도록 개발

○ 자동소화시스템 세부 구성

- 전원모듈
 - 차량용 전원을 사용하기 위하여 별도의 SMPS를 구성하여 전원을 공급
 - 정전압 스위칭 레귤레이터 LM2576-5.0을 사용하여 정전압 회로를 구성
 - 일반 승용차 및 승합차 내부전원인 DC 12V, 24V 전원을 사용하기 위한 DC/DC Step Down 전원부를 설계하여 구성
 - 메인 제어기 구동은 DC 5V 전원으로 구동
- 소화약제
 - 친환경 적이며 인체에 해가 없는 Novec-123을 사용
- 소화탱크
 - Novec-123을 9Kg을 담을 수 있도록 2개의 소화탱크에 나누어 구성
 - 9바 이상의 압력으로 소화액을 분사할 수 있도록 구성

- 배관 및 분사 노즐
 - 배관 : 동관 6A를 사용하여 엔진룸 내부 영역에 설치
 - 분사노즐 : 설치된 배관을 따라 8개의 분사노즐을 설치하여 엔진룸 내부를 분사
- 온도퓨즈
 - 엔진룸 화재를 감지하기 위하여 150℃~180℃ 사이에 동작할 수 있도록 온도 퓨즈를 선택하여 온도퓨즈 센서라인을 구성
 - SW-118T : 169℃에 동작하는 온도퓨즈를 선택
 - 120개를 직렬로 연결하여 10m 길이로 구성하며, 온도퓨즈 라인은 수축튜브를 통하여 온도퓨즈를 보호
- 엔진룸 온도계측
 - PT-100 온도센서는 RS-485 기반의 ModeBus 통신방식으로 메인 제어기로 엔진룸 온도 데이터를 전송하도록 구성

○ 소프트웨어

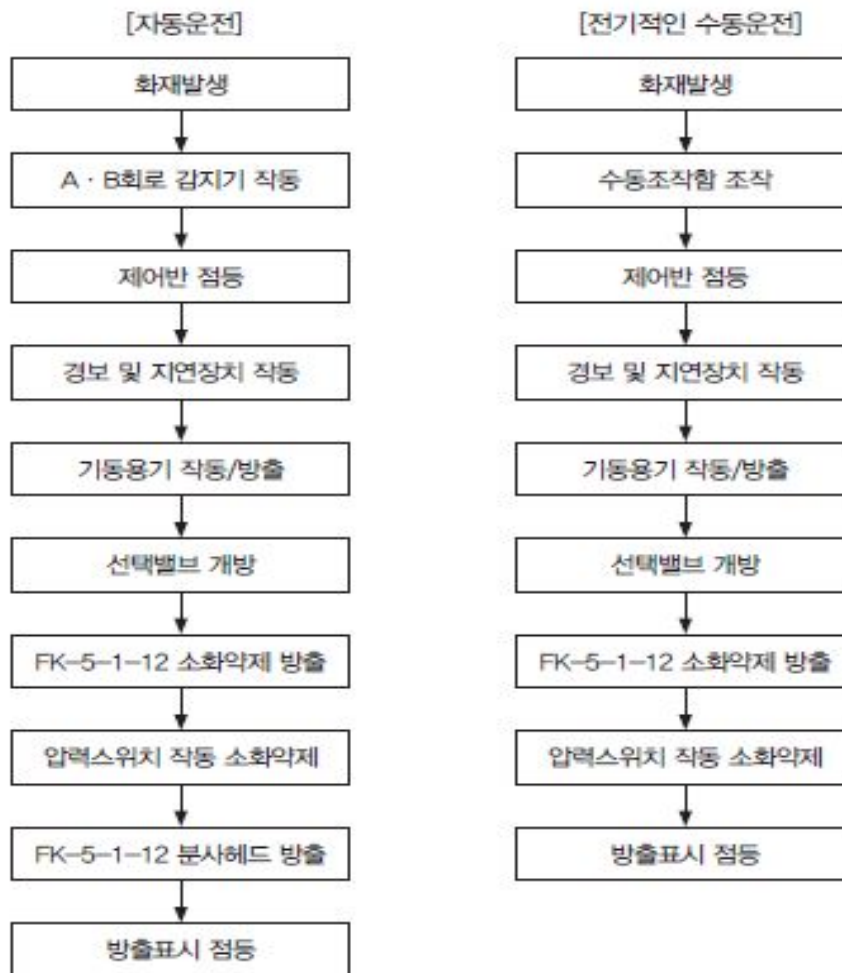


그림 132. 자동소화시스템 제어 알고리즘 및 동작 흐름도

(나) 개발 결과

○ 1차 평가

- 평가 목적 : 차량용 소방시스템 구성을 위한 자체 성능 테스트
- 평가 조건
 - 엔진룸 화재 감지를 위한 연기센서, 불꽃감지센서, 온도센서 설치
 - 화재 감지를 통한 메인 제어기 설치
 - 임의의 화재 발생
- 평가 결과
 - 메인 제어기의 동작은 정확하였으며, 충분히 활용할 수 있음을 확인하였음
 - 차량 엔진룸 내부에 연기센서, 불꽃감지센서 등을 사용하기에는 부적합하다는 결과를 도출하였음
 - 소화약제에 대한 용량에 대한 고려가 필요한 것으로 평가됨
 - 동작을 모니터링 할 수 있는 프로그램이 필요함

○ 2차 평가

- 평가 목적 : 실차 적용을 위한 엔진룸 내부의 온도 변화 계측(1차)
- 평가 조건
 - 디젤 버스 엔진룸 내부의 온도를 계측하도록 온도센서(PT-100)을 8개 설치
 - RS-485통신을 통하여 원격지 PC에 온도변화를 기록하도록 구축
 - 최소 2시간 이상 운행하여 디젤 버스 엔진룸 내부의 온도변화를 측정
- 평가 결과
 - 온도변화를 실시간으로 관측하여 정상적인 상태에서의 온도변화를 계측하여 이상적인 운전 상태에 대한 온도변화를 확인할 수 있음
 - 온도변화의 경우 최대 95℃ 이하인 것으로 나타났으며, 화재 발생시 130℃ 이상의 고온이 계측 될 것으로 예측

○ 3차 평가

- 평가 목적 : 실차 적용을 위한 엔진룸 내부의 온도 변화 계측(2차)
- 평가 조건
 - 1차 실험 때와 같은 조건으로 2차 실험을 수행하였음
 - 모든 조건은 1차 때와 같은 조건으로 실시하였음
- 평가 결과
 - 실험 데이터는 1차 때와 유사한 결과가 나타났음
 - 실차 온도변화 측정은 2회 실시하여 디젤 버스 엔진룸 내부 온도변화에 대한 신뢰성 있는 데이터를 확보하였음

○ 4차 평가

- 평가 목적 : 온도센서로 사용될 온도퓨즈 성능 실험

- 평가 조건
 - 건조기 내부 온도를 200℃ 까지 올릴 수 있는 건조기 준비
 - 건조기 내부 온도를 측정할 수 있도록 온도센서 PT-100 설치
 - 온도변화에 따른 온도퓨즈의 동작 특성을 계측할 수 있는 모니터링 프로그램 준비
- 평가 결과
 - 건조기 내부 온도변화에 따라 온도퓨즈의 동작을 확인한 결과 약 5℃ 정도 낮은 온도에서 동작하는 것을 확인
 - 온도 허용오차 $\pm 3\sim 5\%$ 허용 오차를 만족하는 것으로 나타남
 - 152℃, 163℃, 172℃, 180℃ 등의 다양한 온도퓨즈를 실험하여 모든 온도퓨즈는 허용오차 이내에서 작동한 것을 확인
 - 온도퓨즈 동작 특성 파악을 통하여 자동소화시스템의 화재감지 센서로 활용할 수 있음을 확인

○ 5차 평가

- 평가 목적 : 온도퓨즈 동작과 소화시스템 동작 실험(1차)
- 평가 조건
 - 화재 발생을 대처할 수 있는 시스템 구축(TS 지원)
 - 온도퓨즈 설치
 - PC 기반의 온도변화 계측 시스템 구축
 - 온도변화에 따른 온도퓨즈 동작 확인
 - 소화액은 질소가스로 치하여 소화액을 준비
- 평가 결과
 - 화재 발생에 대한 온도퓨즈에 대한 동작을 확인
 - 측정장비의 오차와 화재 및 화염에 대한 온도 특성 변화로 인하여 정확한 동작의 타이밍은 찾기에는 어려움이 있었지만 전체적인 온도퓨즈의 동작이나, 소화기 액추에이터 동작에는 이상이 없는 것으로 확인
 - 가스버너(화재발생)에 진입하는 속도와 가스버너의 온도가 너무 높아 동작 특성을 파악하기에는 다소 힘들었지만 대략적인 온도 분포에 대한 동작특성은 제시된 데이터 특성에 적합한 것으로 평가

○ 6차 평가

- 평가 목적 : 온도퓨즈 동작과 소화시스템 동작 실험(2차)
- 평가 조건
 - 소방시스템 모의실험 1차 때의 조건과 동일한 조건으로 수행(TS 지원)
 - 모니터링 프로그램을 통하여 정확한 동작을 모니터링 하도록 프로그램을 수정하여 동작을 표시하도록 시스템을 구축

- 평가 결과
 - 1차 실험 결과와 유사하게 나왔으며, 차후 실차 테스트를 수행할 수 있는 근거를 마련
 - 온도퓨즈의 동작특성 파악을 통하여 적용 가능성을 확인

○ 7차 평가

- 평가 목적 : 실차 적용을 위한 최종 모의실험
- 평가 조건
 - 디젤버스 엔진룸에 해당하는 모의실험 지그를 준비
 - R107 실험 규격에 따라 모의실험을 실시
 - R107 실험 규격에 따라 화재를 발생시켜 Novec-1230의 소화성능을 검토
 - 온도센서(온도퓨즈)를 배치하여 화재를 감지하도록 준비
 - 배관은 동파이프를 설치하여 모의실험을 수행
 - 노즐은 9개를 배치하여 소화약제를 분사
 - 소화 범위에 따라 소화약제(Novec-1230) 9Kg을 준비하여 화재를 진압 정도를 관측
- 평가 결과
 - 소화약제의 분사시간은 13sec 동안 9kg을 분사되는 것을 확인
 - 모의실험을 통하여 화재를 완전 소화됨을 확인
 - 나머지 30sec동안 재 발화 현상이 없음을 확인
 - 온도분포는 부분적으로 최대 170℃ 까지 상승되는 것을 확인, 170℃ 근방에서 소화시스템이 작동되는 것을 확인

○ 8차 평가

- 평가 목적 : 실차 실험
- 평가 조건
 - 시험차량(디젤버스) 엔진룸 내 화재 감지라인(온도퓨즈)를 설치
 - 화재 감지라인과 병행하여 소화라인(동파이프)을 설치
 - 소화노즐은 8개를 설치하여 동시에 분사되도록 설치
 - 소화액은 Novec-1230 9Kg을 제어기의 동작신호에 따라 동시에 분사하도록 구성
 - 외부 상태 모니터링 프로그램을 동작시켜 온도변화에 따른 상태 데이터를 확보하도록 모니터링 시스템 구축
 - 시험 영상을 촬영하여 실차 실험 데이터를 확보하고 전시회 참가 동영상 자료 확보
- 평가 결과
 - 화재 발생 후 완전 소화까지 시제품으로서의 성능은 확인

- 자동소화시스템 동작 온도에 대한 검토가 필요
- 최적의 배관 구성을 위하여 화재감지 범위에 대한 분석이 필요
- 소화약재의 사용량 및 소화방식 등은 다양한 엔진룸의 형태를 파악한 후 자동소화시스템의 최적 성능 구현을 위한 면밀한 검토가 필요

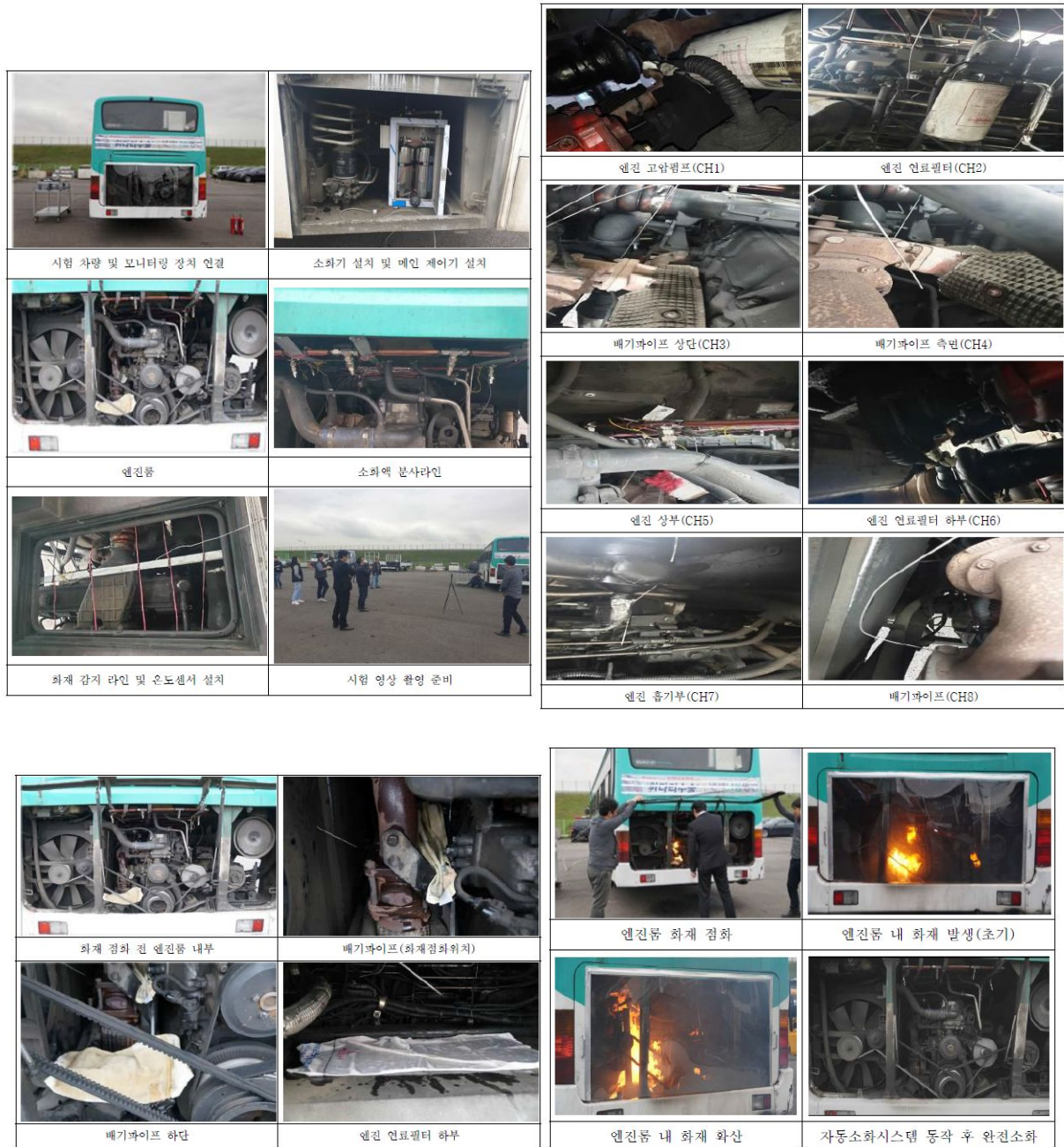
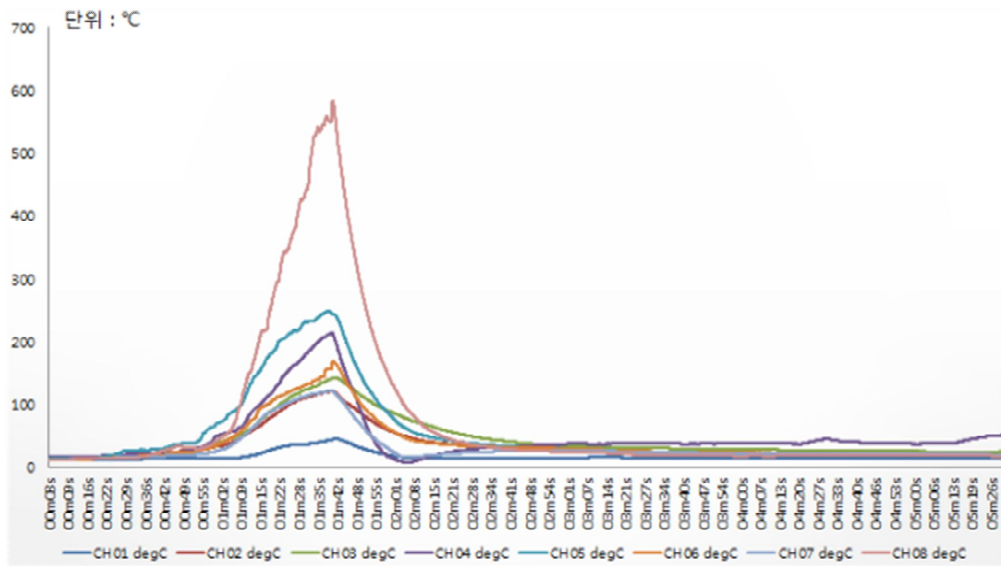


그림 133. 실차 실험 장비 구성 및 결과



	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8
MAX	44.111	120.66	142.17	214.66	248.15	168.8	121.21	584.15

그림 134. 실험 결과 - 측정부위별 온도 변화

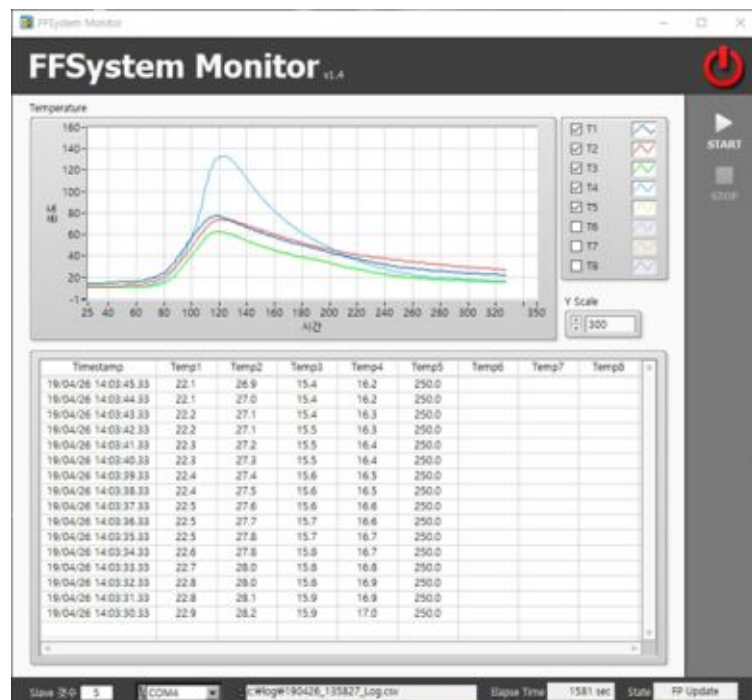


그림 135. 실험 결과 - 실차 실험 온도 변화 곡선

(다) 결론

○ 최종 8차 실차 평가시험까지의 다양한 실험 및 데이터 확보를 통하여 다음과 같은 몇 가지 결론을 확인

- 온도퓨즈를 통하여 2층 전기버스 엔진룸의 화재를 감지할 수 있음을 확인
- 화재감지를 통하여 2층 전기버스 엔진룸에서 발생한 화재를 Novec-1230(소화약제)를 통하여 화재발생을 초기에 진압할 수 있음을 확인
- 화재발생 상황을 운전자에게 알릴 수 있도록 운전자 관리 시스템을 구성
- 3Port 데이터 연결 모듈을 통하여 기타 다른 모듈과 연결하여 데이터를 표시할 수 있음을 확인

○ 한계점

- 과업의 초기목표는 전기버스 엔진룸의 화재를 진압하는 자동소화시스템의 개발이었으나 현재 배터리 화재 발생에 대한 소화능력의 한계가 있는 것으로 확인
- 이에 따라 본 과업에서는 자동소화시스템의 개발을 완료하고 시제품의 성능을 내연기관 차량을 대상으로 검증하였으며 전기동력 차량의 경우 지속적인 연구 및 검토가 요구 됨
- 화재 계측구간의 넓이에 따라 온도센서(온도퓨즈)의 수량과 설치 방법에 대한 최적 설치 방법을 찾아야 하는 제한요소가 있음
- 자동차 엔진룸에 대한 체적대비 소화약제에 대한 정확한 용량 계산이 필요

○ 시스템 개선 방안

- 차량의 엔진룸의 화재발생을 계측할 수 있는 보다 편리하고 정확한 센서 개발이 필요
- 센서 개발과 동시에 소화약제에 대한 개발이 필요함

○ 총평

- 개발된 자동소화시스템은 소화약제의 한계로 인하여 고가의 Novec-1230을 사용하였지만, 가격의 경쟁력을 확보하기 위해 같은 성능의 저가 소화약제가 필요한 것으로 평가
- 배터리의 경우 독립된 국내 안전기준이 존재하고 있고, UN R.107에 의거 자동소화시스템 적용차종을 내연기관 차량으로 한정하는 점을 바탕으로 자동소화시스템의 적용 대상은 내연기관으로 한정된 뒤 전기동력 차량의 경우 면밀한 검토이후 적용 진행하는 것이 바람직 함
- 소화약제의 문제는 기술의 발전과 다양한 실험을 통하여 극복이 가능할 것으로 평가

(5) 전방 통과높이 장애물 경고시스템 개발

(가) 개발 내용

○ 센서 구성

- 아래 그림과 같이 LeddarOne과 Leddar Vu를 이용한 하이브리드형 센서로 구성

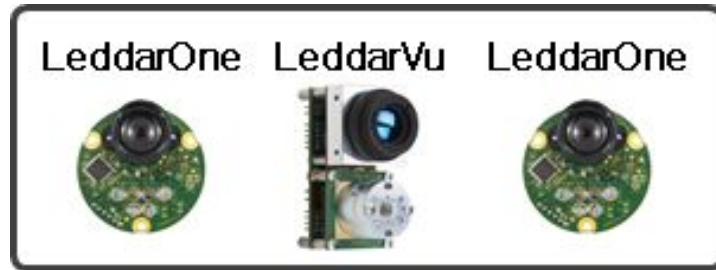


그림 136. 센서 구성

■ 센서 구성 사유 및 목적

- Leddar Vu의 8개의 Segment를 가장 효율적으로 사용하기 위해 버스 중앙에 배치
- Leddar Vu가 중간에 설치됨으로써 생기는 사각지대를 보완 및 측정하기 위하여 LeddarOne을 양 측면에 배치, 각 3개의 센서가 독립적으로 경고를 발생함
- 하이브리드형 센서 구성을 통해 전방 장애물 경고 및 사각지대 상화 보완 가능
- 총비용(센서 수) 및 성능 trade-off를 고려하여 센서 구성

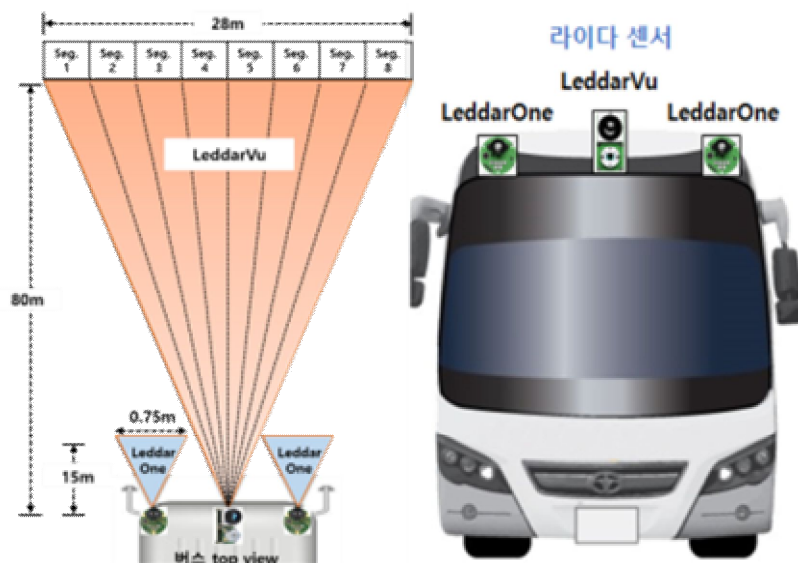


그림 137. 센서 구성 시 Beam의 모습(Top View)과 Front View

○ 시스템 구성 및 동작

- 전방 통과 높이 감지부 및 SVM 모니터를 통한 경고 출력부

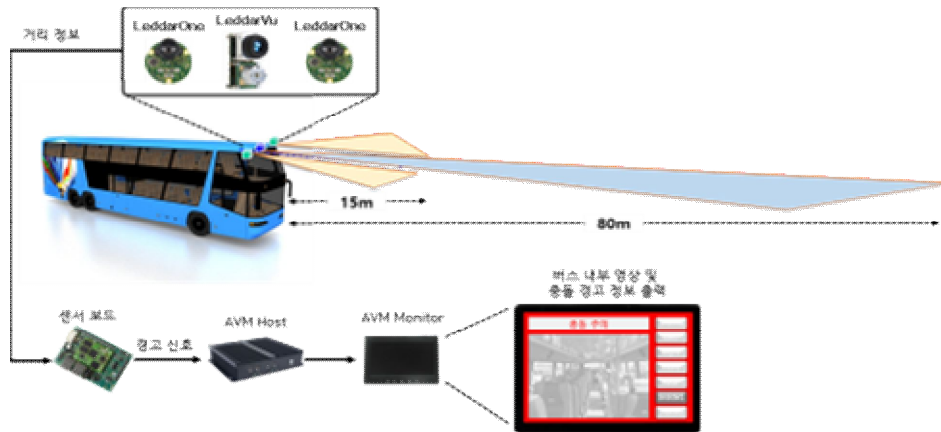


그림 138. 높이 경고 및 경고 출력부

- Leddar Vu를 통해 최대 전방 80m의 거리정보를 각 8개의 Segment 별로 수신
- LeddarOne을 통해 최대 전방 15m의 거리정보를 수신
- 각 센서의 거리정보를 센서 보드로 송신
- 각 센서로 부터 받은 정보를 센서 보드를 통해 현재 경고레벨(상, 중, 하) 및 전방 충돌 감지 물체와의 거리정보를 SVM Host로 전달
- SVM Host에 취합된 데이터를 SVM Monitor를 통해 경고레벨 및 거리정보를 출력
- 시스템 동작
 - 버스 정격 전압(24V) 케이블을 센서 보드에 연결
 - 센서 보드의 전원 스위치를 ON 상태로 변경
 - 2층 버스의 전기장치 및 시동을 ON 시킴
 - 약 3~5초가 지나고 난 후 자동으로 시스템이 동작
 - SVM Host를 통해 외부 데이터를 모두 수신 후 SVM Monitor를 통해 최종 출력
- 시스템 설치
 - 버스에서 나오는 Power(24V)가 버스 내부에 설치된 센서 보드에 연결
 - 센서 보드의 6Pin(통신 케이블)과 4Pin(전원 케이블)을 통해 2층버스 전방 상단부 중앙에 설치된 Distributor로 연결
 - Distributor에서 각 5Pin 2개와 6Pin을 통해 LeddarOne 2개와 Leddar Vu로 연결

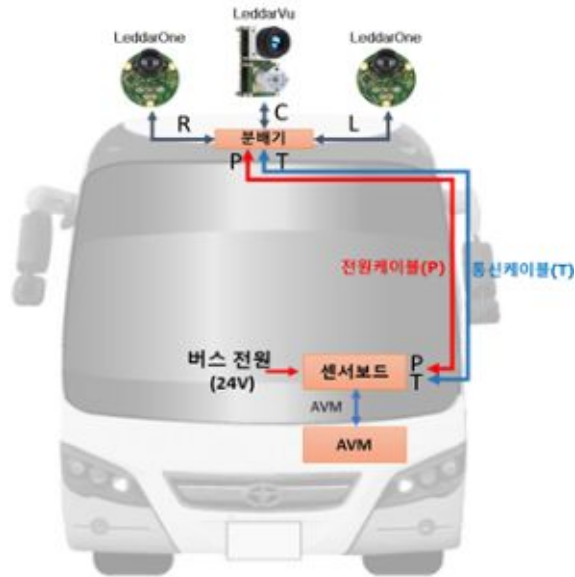


그림 139. 센서 및 센서 보드 연결도

- 2층버스 장애물 경고시스템 경고 레벨 범위 및 센서 빔의 각도에 따른 측정 범위

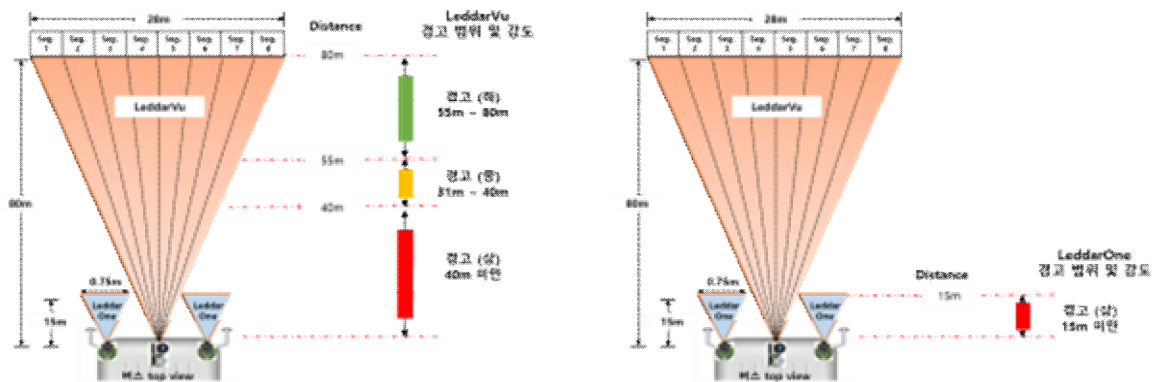


그림 140. Leddar Vu & LeddarOne Top View

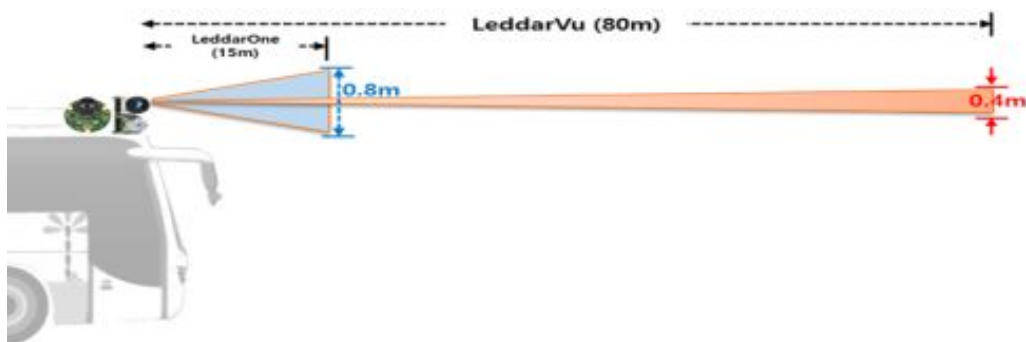


그림 141. Leddar Vu & LeddarOne Side View

(나) 개발 결과

○ 1차 로드테스트

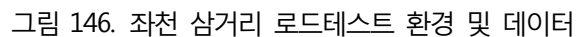
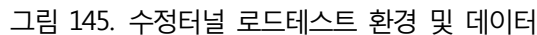
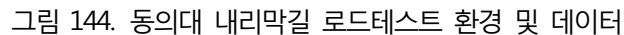
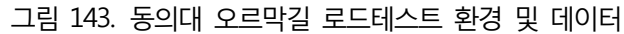
- 평가 목적 : 오르막길, 내리막길, 터널, 커브 등 다양한 도로 환경에서 시스템 테스트
- 평가 결과
 - 센서 잠음이 심해 경고가 울리지 않아야 할 상황에서도 경고를 출력



- ㈜한국시스템
- 개좌터널
- 기장.철마.C
- 철마4터널
- 기장.일광 T.G
- 송정터널
- 좌동지하차도
- 장산고가교
- 장산3터널
- 장산2터널
- 장산1터널
- 광안대교(다이아몬드브릿지)
- 대남지하차도
- 광안터널
- 수영터널
- 원동 IC
- ㈜한국시스템



그림 142. 로드테스트 경로 및 평가 차량



○ 2차 로드테스트

- 평가 목적 : 경고가 울리지 않아야 하는 상황에서 나뭇가지나, 허공 등으로 인해 경고가 울리는 잡음을 제거하기 위해 low-pass-filter를 적용해 테스트함
- 평가 결과
 - low-pass-filter가 적용된 후 0m와 86.3m 사이에서 반복적으로 바뀌는 잡음의 거리값이 필터링 됨
 - 심한 잡음은 필터링 되지만 불필요한 경우에 경고를 띄우는 문제가 있음

○ 3차 로드테스트

- 평가 목적 : Correlation Filter 적용하여 개선된 알고리즘을 통하여 로드테스트함
- 평가 결과
 - Correlation Filter를 적용함에 따라 거리 데이터가 잡음 없이 정확히 나옴
 - 출력되는 거리 데이터의 신뢰도가 높아짐에 따라 불필요한 경고가 줄어들음
 - Segment가 많은 Leddar Vu에 대해서 잡음이 완벽히 제거되지 않음

○ 4차 로드테스트

- 평가 목적 : Time Series Filter 적용하여 개선된 알고리즘을 통하여 로드테스트함, 충돌이 가정된 도로에서 경고 알림이 발생하는지 테스트
- 평가 결과 : Time Series Filter를 적용함에 따라 Leddar Vu의 경고 출력이 정확해짐



그림 151. 평가 차량 및 센서 장착 사진

표 9. 자동차 안전 연구소 로드테스트 목차

	주행속도	장애물 높이	장애물 색상	주행차선
Set 1	20 km/h	3.5 m	회색	오른쪽 차선
Set 2	30 km/h	3.5 m	회색	오른쪽 차선
Set 3	40 km/h	3.5 m	회색	오른쪽 차선
Set 4	20 km/h	4 m	회색	중앙 차선
Set 5	30 km/h	4 m	회색	중앙 차선
Set 6	40 km/h	4 m	회색	중앙 차선
Set 7	20 km/h	4 m	회색	오른쪽 차선
Set 8	30 km/h	4 m	회색	오른쪽 차선
Set 9	40 km/h	4 m	회색	오른쪽 차선
Set 10	30 km/h	4 m	회색	왼쪽 차선
Set 11	20 km/h 30 km/h 40 km/h	3.5 m	흰색	오른쪽 차선

- Set 1 : 주행속도 20km/h, 장애물 높이 3.5m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 높이의 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력하는 것을 확인

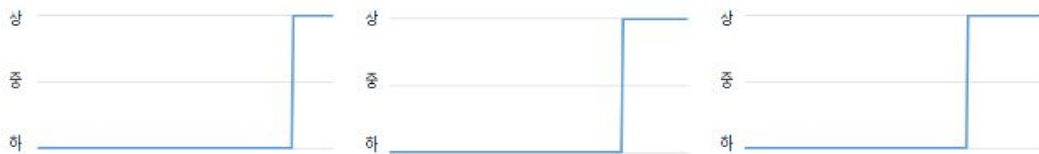


그림 152. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 2 : 주행속도 30km/h, 장애물 높이 3.5m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 높이의 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인

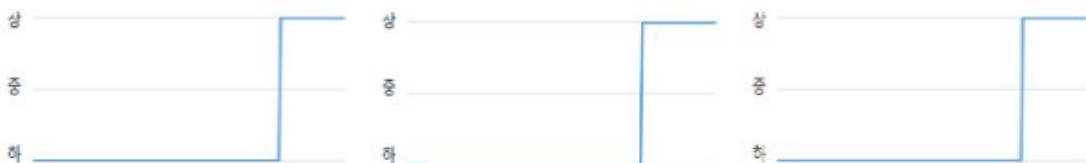


그림 153. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 3 : 주행속도 40km/h, 장애물 높이 3.5m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 높이의 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력하는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 154. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 4 : 주행속도 20km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 중앙 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력되다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고(하)가 출력하는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 155. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 5 : 주행속도 30km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 중앙 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력되다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고(하)가 출력하는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인

- 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 156. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 6 : 주행속도 40km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 중앙 차선
 - 현수막에 다가올수록 버스 높이와 같은 장애물에 대하여 경고 (상)이 출력되다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고 (하)가 출력하는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 157. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 7 : 주행속도 20km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 장애물 높이가 3.5m로 버스 높이보다 낮은 오른쪽 차선에서 주행하여 장애물에 근접함에 따라 경고 (상)이 출력되었다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고 (하)가 출력 되는 것을 확인
 - 2차 테스트에서 현수막이 바람에 의해 경고 (상)이 출력되지 않을 만큼 움직여 잠시 감지가 안 되었다가 다시 원래 자리로 돌아와 감지되어 경고 (상)이 출력 되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 158. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 8 : 주행속도 30km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 장애물 높이가 3.5m로 버스 높이보다 낮은 오른쪽 차선에서 주행하여 경고 (상)이 출력되었다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고 (하)가 출력 되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 159. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 9 : 주행속도 40km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 장애물 높이가 3.5m로 버스 높이보다 낮은 오른쪽 차선에서 주행하여 경고 (상)이 출력되었다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고 (하)가 출력 되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 160. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 10 : 주행속도 30km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 회색, 장애물 높이가 3.5m로 버스 높이보다 낮은 오른쪽 차선에서 주행하여 경고 (상)이 출력되었다가 버스가 후진함으로 인해 장애물과 멀어져서 다시 경고 (하)가 출력되는 것을 확인
 - 1차 테스트에서 장애물을 감지해 경고 (상)이 출력되지만 바람으로 인해 현수막이 경고 (상)으로 감지되지 않을 만큼 움직여 2회 경고 (하)가 감지되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인



그림 161. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

- Set 11 : 주행속도 20km/h, 30km/h, 40km/h, 장애물 높이 4m, 장애물 색상 흰색, 주행차선 오른쪽 차선
 - 장애물 색상에 따라 출력 데이터가 최종 경고를 판단하는 데 영향을 미치지 않는지 확인
 - 오른쪽 차선에서 주행했기 때문에 장애물 높이가 3.5m로 버스 높이보다 낮은 곳에서 주행하여 경고 (상) 출력되는 것을 확인
 - 시계열 필터와 센서값 상관도 판단으로 인해 잡음이 사라진 것을 확인
 - 잡음으로 인한 경고 오류가 없는 것을 확인
 - 최종 경고 레벨에 따른 장애물 판별이 가능한 것을 확인

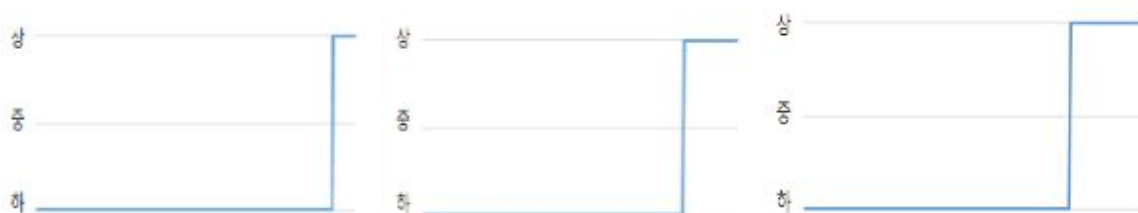


그림 162. 테스트 결과 (좌측부터 1차, 2차, 3차)

(다) 결론

○ 시스템 운용 안전성 확인

- 1~4차 실험으로 테스트 결과를 통해 시스템 사양 검증
- 40km/h로 주행 시 40m 전방의 장애물 경고 및 차량 제동 가능 확인
- 본 시스템은 전방 통과 높이 장애물이 회색일 경우 최대 40m 전방의 장애물 감지 가능(현재 상용화된 센서 성능의 한계)
- 반사판의 경우 최대 215m, 흰색의 경우 60m 전방의 장애물 감지 가능
- Leddar Vu의 경우 센서 사양 및 특성에 따라 감지거리가 달라짐

Configurations		20° Beam		48° Beam		100° Beam	
Vertical FoV		0.3°	3°	0.3°	3°	0.3°	3°
	Dimensions	70 mm x 35.2 mm x 67.5 mm		70 mm x 35.2 mm x 45.8 mm		73 mm x 40 mm x 65 mm	
	Weight	80 g		75 g		97 g	
	Range						
Retro-Reflector ¹		215 m	121 m	118 m	85 m	61 m	34 m
	White Target ²	60 m	34 m	31 m	19 m	12 m	9 m
	Grey Target ³	38 m	22 m	18 m	13 m	7 m	6 m

그림 163. Leddar Vu 센서 스펙

○ 제품개발 요구사항

- 상용화된 센서 성능의 한계
- 센서의 성능에 따라서 시스템의 사양이 결정 됨
- 시스템 비용 및 성능 trade-off로 인해 적절한 센서 선정에 어려움이 있음

○ 시스템 개선 방안

- 차량에 적용 가능한 온도 조건(-40° C~+85° C)을 만족하면서 전방 장애물의 색 및 표면 특성 변화에도 강인한 센서 개발이 필요함

○ 총평

- 본 과업을 통해 개발 시스템은 센서의 한계로 인해 회색 장애물의 경우 최대 40km/h 속도로 주행 시 40m 전방의 장애물을 경고 가능
- 개발된 시스템의 경우 시내 주행 속도 규정이 50km/h로 개정이 되고, 전방 충돌이 일어날 수 있는 환경에서 운전자로 하여금 충돌 가능성을 사전에 인지 시켜주는 시스템으로는 적합하다고 사료됨
- 향후 색 또는 재질에 관계 없이 80~100m 전방의 장애물을 정밀하게 감지하는 센서가 개발되어 시스템에 적용된다면 안정성이 더욱 향상될 것으로 사료됨

(6) 2층 전기버스 도입에 따른 관련 법령 개선안 제시

(가) 현행 법령 검토

○ 저상버스 관련 현행 법규 검토

■ 대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률

- 제12조제2항에 따라 대중교통수단의 고급화나 다양화로 지원 가능

제12조(대중교통육성을 위한 재정지원) 국가 또는 지방자치단체는 대중교통의 육성 및 이용촉진을 위하여 지방자치단체 또는 대중교통운영자에게 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 사업에 필요한 소요자금의 전부 또는 일부를 대통령령이 정하는 바에 따라 보조하거나 융자할 수 있다. <개정 2008. 3. 28.>

1. 제10조의 규정에 의한 대중교통수단의 우선통행을 위한 조치

2. 저상(底床)버스의 도입 등 대중교통수단의 고급화·다양화

3. 환승시설 등 대중교통시설의 확충·개선

4. 제10조의5에 따른 전국호환 교통카드의 설치·운용

5. 그 밖에 대통령령이 정하는 대중교통의 육성 및 이용촉진을 위한 사업

■ 교통약자 이동편의 증진법

- 제14조제3항과 제4항 및 제26조에 저상버스 관련내용 의거, 저상버스를 도입하고 재정지원을 의무화하며, 이에 따른 저상버스 표준모델을 개발하도록 함

제14조(노선버스의 이용 보장 등) ① 「여객자동차 운수사업법」 제3조제1항제1호에 따른 노선 여객자동차운송사업을 경영하는 자(이하 "노선버스 운송사업자"라 한다)는 교통약자가 안전하고 편리하게 버스를 이용할 수 있도록 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다. <개정 2018. 2. 21.>

1. 교통약자에게 승하차 시간을 충분히 줄 것
2. 교통약자에게 승하차 편의를 제공할 것
3. 저상버스 및 휠체어 탑승설비를 장착한 버스 등 교통약자가 편리하고 안전하게 이용할 수 있는 구조를 가진 버스(이하 "저상버스등"이라 한다)를 보유하고 있는 경우 일반버스와 저상버스등의 배차순서를 적절히 편성할 것

② 국토교통부장관 또는 시·도지사는 「여객자동차 운수사업법」 제4조에 따른 여객자동차운송사업 면허를 할 때에는 같은 법 제5조에 따른 면허기준을 갖추고 저상버스등을 대통령령으로 정하는 대수(臺數) 이상 운행하려는 자에게 우선적으로 노선 여객자동차운송사업 면허를 할 수 있다.<개정 2013. 3. 23., 2018. 2. 21.>

③ 시장·군수가 지방교통약자 이동편의 증진계획을 수립하거나 도지사가 교통약자 이동편의 증진 지원계획을 수립할 때에는 저상버스등 도입 및 저상버스등의 운영을 위한 버스정류장과 도로 등 시설물의 정비 계획을 반영하고, 이에 따라 저상버스등을 도입하여야 한다.<개정 2013. 3. 22., 2018. 2. 21.>

④ 국가와 지방자치단체는 제3항에 따라 저상버스등을 도입(휠체어 탑승설비를 기존 버스에 장착하는 경우를 포함한다)할 경우 대통령령으로 정하는 노선버스 운송사업자에게 예산의 범위에서 재정지원을 하여야 한다. 이 경우 국가와 지방자치단체의 부담비율은 교통약자의 인구현황과 국가 및 지방자치단체의 재정여건 등을 고려하여 대통령령으로 정한다.<개정 2018. 2. 21.>

제26조(연구·개발의 촉진 등) ① 국토교통부장관은 교통약자의 이동편의 증진을 위하여 다음 각 호에 관한 연구·개발 사업을 추진하여야 한다. <개정 2013. 3. 23., 2018. 2. 21.>

1. 교통약자의 이동편의를 위한 교통수단, 여객시설 및 이동편의시설의 기준에 관한 사항
2. 저상버스 및 휠체어 탑승설비를 장착한 버스의 표준모델 개발
3. 장애인이나 고령자가 직접 운전하는 데에 필요한 운전장치 또는 차량의 개발
4. 특별교통수단으로 이용할 수 있는 차량의 개발
5. 보행환경의 개선
6. 그 밖에 교통약자의 이동편의 증진을 위하여 대통령령으로 정하는 사항

② 국토교통부장관은 제1항에 따른 연구·개발의 결과를 지방자치단체와 교통사업자 등에게 보급하여 교통약자의 이동편의를 촉진할 수 있도록 노력하여야 한다.<개정 2013. 3. 23.>

③ 국토교통부장관은 제1항제2호에 따른 저상버스 표준모델의 개발을 위하여 차량 크기, 편의시설 등 저상버스 표준모델의 세부기준을 정하여 고시할 수 있다.<개정 2013. 3. 23.>

- 교통약자 이동편의 증진법 시행령 검토
 - 저상버스 도입비용에 대하여 국가와 지방자치단체의 부담비율을 확인함

제14조(저상버스 등의 운행 대수 등) ① 법 제14조제2항에서 "대통령령으로 정하는 대수"란 다음 각 호의 구분에 따른 대수를 말한다.

1. 특별시와 광역시: 운행하려는 버스 대수의 2분의 1
2. 시(특별시와 광역시는 제외한다)와 군: 운행하려는 버스 대수의 3분의 1

② 법 제14조제4항 후단에 따른 저상버스 도입 비용에 관한 국가와 지방자치단체의 부담비율은 다음 각 호의 구분과 같다.

1. 특별시: 국가 40퍼센트, 지방자치단체 60퍼센트
2. 제1호 외의 지방자치단체: 국가 50퍼센트, 지방자치단체 50퍼센트

- 저상버스 표준모델에 관한 기준 검토
 - 제2조제1항에 따르면, 저상버스 표준모델이란, 저상면의 넓이가 전체 차실바닥의 35% 이상을 차지하고, 저상버스 세부기준을 충족하는 버스를 의미

제2조(정의) 이 규칙에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "저상버스 표준모델"이란 교통약자의 이동편의 증진뿐만 아니라 일반 승객이 승하차하기 편리하도록 차실 바닥 높이를 낮게 제작한 구조의 버스로서 저상면의 넓이가 전체 차실 바닥의 35% 이상이고, 저상버스 표준모델의 세부기준을 충족하는 버스를 말한다.

- 하지만, 2층 대형승합자동차의 경우 저상면의 넓이를 만족하지 못하고, 저상버스 표준모델 별표의 차실 천장 높이가 상이하여, 정부 및 지자체로부터 2층 버스에 대한 지원금을 받고 있지 못함
- 따라서, 2층 저상버스 표준모델을 신설하여 현재 개발 중인 2층 대형승합자동차가 정부 및 지자체 지원을 받도록 하여 대중교통의 활성화를 촉진할 필요가 있음

표 10. 현기준 저상버스 표준모델

항목		주요내용		비고
		저상버스	중형저상버스	
차량크기	전체 길이	9,000mm 이상	7,000mm 이상, 9,000mm 미만	
	저상면 높이	340mm 이하 * 단, 휠체어가 편리하고 안전하게 승하차 할 수 있는 범위 내에서 도로여건 등을 감안, 높이 조정 가능		공차 기준
	차실천장 높이	저상면 : 2,100mm 이상 뒷부분 통로면 : 1,900mm 이상	1,900mm 이상	
	출입문 유효폭	중간문:1,200mm 이상 앞 문:900mm 이상	900mm 이상(휠체어 출입문)	
교통약자편의시설	경사판 (Sliding Ramp)	경사도 1/12 이하		
	차체 경사장치 (kneeling system)	60mm 이상 조절 가능		
	휠체어 탑승공간	• 휠체어를 이용하는 장애인 등 교통약자가 휠체어에 탑승한 채로 이동이 가능하도록 휠체어 탑승공간을 최소 2곳(중형은 1곳) 이상 제공할 것. 이때 탑승공간 내 휠체어는 앞보기로 장착 가능할 것 • 휠체어 탑승공간은 자동차 길이방향과 평행하고, 최소 750mm×1,300mm×1,400 mm을 가지는 수평면($\pm 4.5^\circ$)일 것 • 휠체어 탑승공간의 설치는 [별표 2]의 저상버스 표준모델의 안전기준에 만족할 것		
	휠체어 고정장치	• 휠체어 고정장치는 휠체어 탑승공간에 자동차 길이방향과 평행하도록 휠체어를 고정할 수 있는 고정장치를 설치할 것 • 휠체어 고정장치 및 후방지지대는 [별표 2]의 저상버스 표준모델의 안전기준에 만족할 것		
	좌석 팔걸이	• 통로쪽 좌석에 설치		
	정차 벨	• 휠체어 탑승자와 어린이 등도 쉽게 누를 수 있는 위치에 충분한 개수 설치		
	행선지 표시	• 승객들이 쉽게 알 수 있도록 차량 전면 및 측면에 LED 전광판으로 설치		
	출입문	• 자동문으로 설치하되, 비상시 수동도 가능 • 도어끼임방지, 개문 발차 방지, 도어 오픈 방지, 발끼임 방지(커버 부착 등) 시스템 등 안전장치를 설치		
수소연료버스, CNG버스, 전기버스 등 안전장치		• 관련 법령의 안전기준에 따름		

표 11. 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙

조항	주요 내용	검토 결과
제2조(정의)	62. "비상탈출구"란 비상시 승객이 자동차 바깥으로 탈출하는데 사용하는 천정 또는 바닥의 개구부를 말한다. 63. "비상탈출장치"란 승강구, 비상창문 및 비상탈출구를 말한다.	개정 필요성 없음
제18조의2 (고전원전기장치)	자동차의 고전원전기장치는 별표 5의 고전원전기장치 절연 안전성 등에 관한 기준 만족	개정 필요성 없음
제18조의3 (구동축전지)	1. 차실과 벽 또는 보호판 등으로 격리되는 구조일 것 2. 설계된 범위를 초과하는 과충전 방지 및 과전류 차단 기능 3. 시행세칙 7개 시험조건에서 발화 또는 폭발이 없을 것	개정 필요성 없음 (단, 본 과제의 경우 단락시험에 한해서만 전체 구동축전지 모듈전체로 진행 예정)
제23조 (승차장치)	-16인 이상 승합, 승강구 계단 보호시설, 손잡이대 및 손잡이(별표 5의27) -차실이 있을 것, 차실 조명 및 환기시설 설치, 승객 안전지장 장치 설치 불가	개정 필요성 없음
제25조의2 (접이식좌석)	-통로에 설치하는 접이식 좌석은30인승 이하의 승합자동차에 한하여 설치	2층대형승합자동차는 30인승을 초과하므로 해당사항 없음
제29조(승강구)	-16인 이상 승합,설치기준(별표5의30), 승하차용손잡이(별표5의27), 잠금장치 설치기준	개정 필요성 없음
제30조 (비상탈출장치)	-대상 16인 이상, 비상탈출장치, 비상문, 비상창문, 비상탈출구 (별표5의31)	개정 필요성 없음
제31조(통 로)	-별표5의29기준, 16인 이상 승합자동차, 승강구를 열고 바로 탑승하도록 좌석이 설치된 구조의 자동차는 제외	-휠체어 이동 통로 기준 검토 결과 : 개정 필요성 없음
제103조 (좌석안전띠 장치 등)	-별표 15좌석안전띠의 조절기준 및 별표 16의 정적강도기준 -2점식과 3점식 안전띠부착장치 강도, 어깨부분부착장치 설치범위 (별표17)	-저상버스표준모델 참고 -슬라이딩 좌석 레일 강도 기준 해당 사항 없음
제104조(승강구)	-중대형승합차를 제외한 자동차 뒷문 승강구 문 걸쇠 및 경첩 장치 구조기준 -여단이, 미단이 승강구의 완전 닫힘 및 중간 닫힘 위치에서 강도	-시행세칙 별표1의 8. 문 열림방지장치 강도시험 - 해당사항 없음

○ 화재 경보 및 자동 소화 시스템 안전기준 확인

- 국제기준 법령 확인 : R107 Rev.6 , R107 Rev.6 Amend.3 / Amend.5 - 내연기관 또는 연소 히터가 운전자실 뒤에 장착되어 있을 경우 화재 경보 및 자동소화장치 설치 의무화 명시. (7.5절 Protection from fire risk)

E/ECE/324/Rev.2/Add.106/Rev.6/Amend.3 E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.106/Rev.6/Amend.3	
Annex 3,	
Paragraphs 7.5.1.5. to 7.5.1.5.1., amend to read:	
"7.5.1.5.	In the case of vehicles having an internal combustion engine or a combustion heater located to the rear of the driver's compartment, the compartment shall be equipped with an alarm system providing the driver with both an acoustic and a visual signal, and activating the hazard warning signal, in the event of excess temperature in the engine compartment and in each compartment where a combustion heater is located.
E/ECE/324/Rev.2/Add.106/Rev.6/Amend.5 E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.106/Rev.6/Amend.5	
In addition to the alarm system, vehicles of Classes I, II and III shall be equipped with a fire suppression system in the engine compartment and each compartment where a combustion heater is located. Vehicles of Classes A and B, may be equipped with a fire suppression system in the engine compartment and in each compartment where a combustion heater is located."	

그림 164. R107 Rev.6 Amend.3, Amend.5

○ 전방 통과 높이 장애물 경고 시스템 안전기준 확인

- 국제기준 법령 확인 : R107 검토 결과 해당사항 없음
- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 및 시행 세칙 검토 : 검토 결과 해당사항 없음.

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 및 시행 세칙 확인 : 규칙 제57조(소화설비) - 화재 감지 및 자동소화 장치 의무조항이 없음을 확인

제57조(소화설비) ① 자동차에는 에이·비·씨 소화기를 다음 각 호의 기준에 따라 사용하기 쉬운 위치에 설치하여야 한다. 다만, 승차정원 11인 이상의 승합자동차의 경우에는 운전석 또는 운전석과 옆으로 나란한 좌석 주위에 1개 이상의 소화기를 설치하여야 한다. <개정 2005. 8. 10., 2006. 4. 14., 2006. 10. 26., 2008. 1. 14., 2008. 12. 31., 2017. 1. 9.>

1. 승차정원 7인 이상의 승용자동차 및 경형승합자동차 : 「소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률」 제36조제2항의 규정에 의한 능력단위(이하 "능력단위"라 한다) 1 이상인 소화기 1개 이상
2. 승합자동차(경형승합자동차를 제외한다)
 - 가. 승차정원 15인 이하의 승합자동차 : 능력단위 2 이상인 소화기 1개 이상 또는 능력단위 1 이상인 소화기 2개 이상
 - 나. 승차정원 16인 이상 35인 이하의 승합자동차 : 능력단위 2 이상인 소화기 2개 이상
 - 다. 승차정원 36인 이상의 승합자동차 : 능력단위 3 이상인 소화기 1개 이상 및 능력단위 2 이상인 소화기 1개 이상. 다만, 2층대형승합자동차의 경우에는 위층 차실에 능력단위 3 이상인 소화기 1개 이상을 추가로 설치하여야 한다.
3. 화물자동차(피견인자동차는 제외한다) 및 특수자동차
 - 가. 중형: 능력단위 1 이상인 소화기 1개 이상
 - 나. 대형: 능력단위 2 이상인 소화기 1개 이상 또는 능력단위 1 이상인 소화기 2개 이상
4. 「위험물안전관리법 시행령」 제3조의 규정에 의한 지정수량 이상의 위험물과 「고압가스 안전관리법 시행령」 제2조의 규정에 의한 고압가스를 운송하는 자동차(피견인자동차를 연결한 경우에는 이를 연결한 견인자동차를 포함한다) : 「위험물안전관리법 시행규칙」 제41조 및 별표 17 제3호나목중 이동탱크저장소란 및 비고란에 해당하는 능력단위와 수량

② 승차정원 23인을 초과하는 승합자동차로서 너비 2.3미터를 초과하는 경우에는 운전자의 좌석 부근에 소화기를 설치할 수 있도록 가로 600밀리미터, 세로 200밀리미터 이상의 공간을 확보하여야 한다. <신설 2017. 1. 9.>

[전문개정 2003. 2. 25.]

(나) 관련 법령 개정 방향 제시

○ 저상버스 표준모델

- 교통약자 이동편의증진법 제28조 3항에 따른 저상버스 표준모델에 관한 기준 개정

○ 화재 경보 및 자동 소화 시스템 - 적용 대상 : 승차 정원이 xx인 승합자동차

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 개정
- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 시행세칙 개정

○ 전방 통과 높이 장애물 경고 시스템

- 기술개발 결과에 따라 2층 대형승합차 설치 시, 보조금을 지원하는 정책이 바람직 하리라 판단됨

(다) 개정안에 대한 세부 내용

○ 저장버스

표 12. 저장버스 표준모델에 관한 기준 신·구조문 대비표

현행	개정안
제2조 (정의) ----- 저장면의 넓이가 전체 차실 바닥의 35% 이상 이고, 저장버스 표준모델의 세부기 준을 충족하는 버스를 말한다.	제2조 (정의) ----- 저장면의 넓이가 전체 차실 바닥의 35% 이상 이고, (단, 2층 저장 버스는 1층만 해 당한다.) 저장버스 표준모델의 세부 기준을 충족하는 버스를 말한다.

표 13. 저상버스 표준모델 개정안 (별표1)

항목		주요내용			비고
		저상버스	중형저상버스	이층저상버스	
차량크기	전체 길이	9,000mm 이상	7,000mm 이상, 9,000mm 미만	9,000mm 이상	
	저상면 높이	340mm 이하 * 단, 휠체어가 편리하고 안전하게 승하차 할 수 있는 범위 내에서 도로여건 등을 감안, 높이 조정 가능			공차기준
	차실천장 높이	저상면 : 2,100mm 이상 뒷부분 통로면 : 1,900mm 이상	1,900mm 이상	1층: 1,800mm 이상 2층: 1,680mm 이상 또는 1층: 1,680mm 이상 2층: 1,800mm 이상	
	출입문 유효폭	중간문:1,200mm 이상 앞문:900mm 이상	900mm 이상	중간문:1,200mm 이상 앞문:900mm 이상	
교통약자편의시설	경사판 (Sliding Ramp)	경사도 1/12 이하			
	차체 경사장기 (kneeling system)	60mm 이상 조절 가능			
	휠체어 탑승공간	• 휠체어를 이용하는 장애인 등 교통약자가 휠체어에 탑승한 채로 이동이 가능하도록 휠체어 탑승공간을 최소 2곳(중형은 1곳) 이상 제공할 것. 이때 탑승공간 내 휠체어는 앞보기로 장착 가능할 것 • 휠체어 탑승공간은 자동차 길이방향과 평행하고, 최소 750mm×1,300mm×1,400 mm을 가지는 수평면($\pm 4.5^\circ$)일 것 • 휠체어 탑승공간의 설치는 [별표 2]의 저상버스 표준모델의 안전기준에 만족할 것			
	휠체어 고정장치	• 휠체어 고정장치는 휠체어 탑승공간에 자동차 길이방향과 평행하도록 휠체어를 고정할 수 있는 고정장치를 설치할 것 • 휠체어 고정장치 및 후방지지대는 [별표 2]의 저상버스 표준모델의 안전기준에 만족할 것			
	좌석 팔걸이	• 통로쪽 좌석에 설치			
	정차 벨	• 휠체어 탑승자와 어린이 등도 쉽게 누를 수 있는 위치에 충분한 개수 설치			
	행선지 표시	• 승객들이 쉽게 알 수 있도록 차량 전면 및 측면에 LED 전광판으로 설치			
	출입문	• 자동문으로 설치하되, 비상시 수동도 가능 • 도어끼임방지, 개문 발차 방지, 도어 오픈 방지, 발끼임 방지(커버 부착 등) 시스템 등 안전장치를 설치			
수소연료버스, CNG버스, 전기버스 등 안전장치		• 관련 법령의 안전기준에 따름			

- 관련근거 1) 2층대형승합자동차에 대한 차실천장 높이에 대한 국제 규제(R107)와 조화를 위함

* class I (입석전용), Class II(입석+좌석), Class III(승차정원 23인 이상의 좌석전용승합)

- 관련근거 2) 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제23조(승차장치) 제4항
 - * ④ 제2항에 따른 차실의 유효높이는 대형승합자동차의 경우에는 180센티미터 이상이어야 한다.

다만, 2층 대형승합자동차의 위층 또는 아래층(천정개방2층대형승합자동차는 아래층에 한정한다)의 경우는 차실의 유효높이를 168센티미터 이상으로 할 수 있다.
- 관련근거 3) 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제28조제1항 및 제31조 관련 하여 통로 측정장치가 통과 되어야함
- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제28조제1항 및 제31조 통로 측정장치 (별표5의29)

Single deck					
Class		B (mm)	C (mm)	D (mm)	F (mm)
A		550	350	500 ¹	1,900 ¹
B		450	300	300	1,500
I		550	450 ²	500 ¹	1,900 ¹
II		550	350	500 ¹	1,900 ¹
III		450	300 ³	500 ¹	1,900 ^{1,4}
Double-deck					
I	LD	550	450 ²	500	1,800 ³
	UD	550	450 ²	500	1,680
II	LD	550	350	500	1,800 ³
	UD	550	350	500	1,680
III	LD	450	300 ³	500	1,800 ³
	UD	450	300 ³	500	1,680

그림 165. R107 통로 측정 장치 치수

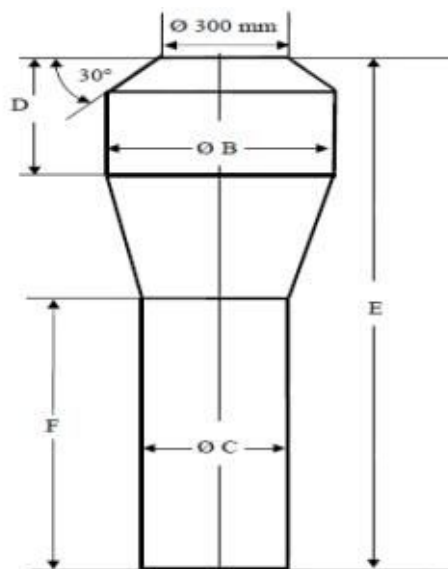


그림 166. 통로 측정장치

표 14. 통로 측정장치 치수

승합자동차 유형		B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
승차정원 16인승 이상 23인승 이하 승합자동차		550	350	500 ¹	1,900 ¹	900
승차정원 16인승 이상 23인승 이하 좌석전용 승합자동차		450	300	300	1,500	900
좌석 승객의 수보다 입석 승객의 수가 많은 승차정원 23인승을 초과하는 승합자동차		550	450 ²	500 ¹	1,900 ¹	900
입석 승객의 수보다 좌석 승객의 수가 많은 승차정원 23인승을 초과하는 승합자동차		550	350	500 ¹	1,900 ¹	900
승차정원 23인승을 초과하는 좌석전용 승합자동차		450	300 ³	500 ¹	1,900 ^{1,4}	900 ⁴
좌석 승객의 수보다 입석 승객의 수가 많은 2층대형승합자동차	1층	550	450 ²	500	1,800 ⁵	1,020 ⁵
	2층	550	450 ²	500	1,680	900
입석 승객의 수보다 좌석 승객의 수가 많은 2층대형승합자동차	1층	550	350	500	1,800 ⁵	1,020 ¹
	2층	550	350	500	1,680	900
좌석 전용 2층대형승합자동차	1층	450	300 ³	500	1,800 ⁵	1,020 ⁵
	2층	450	300 ³	500	1,680	900

- 주) 1. 상단 실린더 높이와 전체 높이는 다음 각 목의 뒷면을 향한 통로 부분에서 100mm를 줄일 수 있다.
- 가. 뒤 차축의 중심선을 기준으로 전방으로 1.5m에 위치한 횡단면(후륜 차축이 2개 이상일 경우 가장 앞쪽의 후륜 차축)
- 나. 승강구 뒤쪽 끝단에 위치한 횡단 수직면(승강구가 2개 이상일 경우 가장 뒤쪽 승강구의 뒷면 가장자리에 위치한 횡단 수직면)
2. 하단 실린더의 직경은 다음 각 목과 같은 두 면의 가장 앞쪽 뒷면을 향한 통로 부분에서 400mm로 적용할 수 있다.(굴절버스의 경우 전·후방 차실 부분을 분리하여 각각 적용한다.)
- 가. 뒤 차축의 중심선을 기준으로 전방으로 1.5m에 위치한 횡단면(후륜 차축이 2개 이상일 경우 가장 앞쪽의 후륜 차축)
- 나. 차축 사이에 있는 가장 뒤쪽 승강구의 뒷면 가장자리에 위치한 횡단 수직면
3. 측면 이동형 좌석의 경우 220mm
4. 승객 승차공간의 일부가 운전자 승차공간과 겹치는 자동차의 경우 전방 차축 횡단 수직면 앞쪽 통로의 부분은 실린더 하단 부분 높이를 줄임으로서 1680mm로 전체 높이를 적용할 수 있다.
5. 다음 각 목의 경우 하단 부분 높이를 줄임으로서 전체 높이를 적용할 수 있다.
- 가. 뒤 차축의 중심으로부터 전방을 향해 1500mm에 위치한 횡단 수직면의 뒷면까지 아래층의 통로

부분을 1680mm로 적용한다.(후차축이 2개 이상인 자동차의 경우 가장 앞쪽의 후차축)

나. 전축 중심선으로부터 전·후방으로 800mm 지점에 위치한 2개의 횡단 수직면 사이에 위치한
통로 부분의 전축 전방에 위치한 승강구의 경우 1770mm로 적용한다.

6. 접이식좌석이 설치된 자동차의 통로의 경우에는 접이식 좌석을 접은 상태에서 통로 측정장치가 통과되어야 한다.

○ 화재 경보 및 자동 소화 시스템

- 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 개정안

표 15. 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 대한 규칙 신.구조문 대비표

현행	개정안																																												
제2조 (정의) 63. (생략)	제2조 (정의) 63. (기존과 같음) (신설) 64. " 화재진압시스템" 이란 자동차엔진 내에서 화재가 발생할 경우, 운전자에게 알려주고 화재를 자동으로 소화하는 장치를 말한다.																																												
제13조 (조종장치 등) ④자동차에 별표 2에서 정하고 있는 손조작식 조종장치를 설치하는 경우에는 동표에서 정하는 조종장치의 식별단어·약어 또는 식별부호(이하 "식별표시"라 한다) 를 표시하여야 하며, 조명기준에 적합하여야 한다. 다만, 조향기둥 좌우측에 위치한 방향지시등·비상점멸표시등·창닫 이기 및 세정액분사장치등의 레버식조종장치의 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2014. 1. 2., 2017. 1. 9.> ⑤자동차의 차실안에 별표 2에서 정하고 있는 표시장치를 설치하는 경우에는 동표에서 정하는 식별표시를 표시하여야 하며, 조명 및 색상기준에 적합하여야 한다. 다만, 자동차장치의 작동여부 및 상태의 정상여부를 나타내 주는 표시장치(이하 "자동표시기"라 한 다)가 자동표시기외의 표시장치와 함께 사용되는 경우 당해자동표시기에 대하여는 그러하지 아니하다.	별표 2. 화재감지 및 자동소화시스템 추가 <table><tr><th>항목</th><th>식별단어 또는 약어</th><th>식별부호</th><th>기능</th><th>조명기준</th><th>식별 색상</th></tr><tr><td rowspan="4">비상 자동차 제동 장치</td><td>기능경지</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>조종장치</td><td>설치필요</td><td>제작자가 정함</td></tr><tr><td>중등 위험경고</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>표시장치</td><td>-</td><td>제작자가 정함</td></tr><tr><td>기능경지 자동표시기</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>표시장치</td><td>-</td><td>제작자가 정함</td></tr><tr><td>기능고정 자동표시기</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>표시장치</td><td>-</td><td>황색</td></tr><tr><td rowspan="2">화재 감지 및 자동 소화 시스 템</td><td>화재감지경 보</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>표시장치</td><td>-</td><td>제작자가 정함</td></tr><tr><td>기능고정 자동표시기</td><td>제작자가 정함</td><td>표시가능</td><td>표시장치</td><td>-</td><td>제작자가 정함</td></tr></table>	항목	식별단어 또는 약어	식별부호	기능	조명기준	식별 색상	비상 자동차 제동 장치	기능경지	제작자가 정함	표시가능	조종장치	설치필요	제작자가 정함	중등 위험경고	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함	기능경지 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함	기능고정 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	황색	화재 감지 및 자동 소화 시스 템	화재감지경 보	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함	기능고정 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함
항목	식별단어 또는 약어	식별부호	기능	조명기준	식별 색상																																								
비상 자동차 제동 장치	기능경지	제작자가 정함	표시가능	조종장치	설치필요	제작자가 정함																																							
	중등 위험경고	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함																																							
	기능경지 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함																																							
	기능고정 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	황색																																							
화재 감지 및 자동 소화 시스 템	화재감지경 보	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함																																							
	기능고정 자동표시기	제작자가 정함	표시가능	표시장치	-	제작자가 정함																																							

현행	개정안
57조 소화설비	제57조의2 (화재진압시스템 등) (신설) 승합자동차는 내연기관실의 화재예방을 위해 다음 각항에 적합하여야 한다. 연소 히터가 설치된 칸도 그러하다. ① 내연 기관이 설치된 내연기관실은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다. 1. 연료, 윤활유 또는 기타 가연성 물질이 스며들기 쉬운 인화성 방음 재료는 사용해서는 아니 된다. 다만, 불 침투성 시트로 덮인 경우에는 그러하지 아니하다. 2. 내연기관실과 자동차의 나머지 부분 사이에는 내열 재질의 격벽을 설치하여야 한다. 3. 내연기관실에는 화재감지 시스템을 설치하여야 하며 내연기관이 정상 작동하는 동안 초과 온도의 발생을 감지할 수 있어야 한다. 4. 온도가 과도하게 올라갈 경우 위험 경고 신호를 활성화하는 경고시스템을 설치하여야 한다. 운전자가 위험 경고 신호를 확인할 수 있는 음향 및 시각 신호의 위험 경고 시스템을 운전실에 설치하여야 한다. 5. 위험경보시스템은 자동차의 자세에 관계없이 내연기관 정지장치가 작동될 때까지 내연기관 시동장치가 작동될 때마다 작동되어야 한다. 점화 스위치를 끄거나 자동차 주 제어 스위치를 끈 후에도 위험경보시스템은 작동 상태를 유지할 수 있다. 단, 연소 히터가 설치된 경우 경보시스템은 연소 히터가 작동할 때마다 작동 상태를 유지하여야 한다.

현행	개정안
57조 소화설비	② 내연기관실에 설치된 전기장치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다. 1. 자동차의 전기배선과 전기 장치는 노출되는 온도, 습도 조건 및 오염물질에 견딜 것 2. 승합자동차의 경우, 축전지 칸은 승객실 및 운전실과 분리되고 외부 공기로 환기되어야 할 것. ③ 승차정원 XX인을 초과하는 승합자동차의 내연기관실에는 다음 각 호에 적합한 화재진압시스템을 설치하여야 한다. 1. 화재진압 시스템은 내연기관실의 전체 총 부피를 고려한 규모를 갖추어야 한다. 규모에는 소화약제의 중량, 모든 배출 지점 및 추진제 가스 용기의 중량 (해당되는 경우)이 포함된다. 2. 배출 지점은 시스템이 작동할 때 모든 화재 위험에 걸쳐 진압 약제가 살포될 수 있도록 위치해야 한다. 배출 거리뿐만 아니라 배출 지점의 분출 패턴 및 방향은 확인된 화재 위험을 다룰 수 있어야 한다. 시스템은 자동차의 자세에 관계없이 정상적으로 작동하여야 한다. 3. 화재진압시스템은 자동차의 자세에 관계없이 내연기관 정지장치가 작동될 때까지 내연기관 시동장치가 작동될 때마다 작동되어야 한다. 점화 스위치를 끄거나 자동차 주 제어 스위치를 끈 후에도 화재진압시스템은 작동 상태를 유지할 수 있어야 한다.

■ 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 시행세칙

XX. 화재진압시스템

XX.1 적용범위

본 규정은 승합자동차의 내연기관실에 설치된 화재진압시스템의 성능을 확인하기 위한 시험방법에 대하여 규정한다.

XX.2 제출서류

XX.2.1 시험자동차의 제원과 도면 및 기술자료

XX.2.2 내연기관실(필요시 연소히터가 설치된 칸)의 엔진의 위치와 배치
상세도면

XX.2.3 화재진압시스템

XX.2.3.1 소화 약제 (제품 및 형식)

XX.2.3.2 소화 약제 중량

XX.2.3.3 배출지점 형식

XX.2.3.4 배출지점 개수

XX.2.3.5 배출관 길이

XX.2.3.6 추진제 가스 형식

XX.2.3.7 추진제 가스 압력

XX.2.3.8 최저 작동 온도:

XX.2.3.9 파이프와 연결부 치수

XX.2.3.10 화재진압시스템과 부품에 대한 자세한 설명서, 도면, 설치 설명서

XX.2.4 기타 시험과 관련하여 필요한 도면 및 기술자료

XX.3 시험기준

안전기준 제XX조의XX의 기준에 적합하여야 한다.

시험항목	시험기준
고부하 화재시험	- 화재는 작동 후에 또는 소화 약제가 완전히 사용되기 전에 어느 것이든 먼저 일어나는 시점에서 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험에서 화재는 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험이 실패한 경우 추가 세 번의 시험에서 두 번 성공하여야 한다.
저부하 화재시험	- 화재는 작동 후에 또는 소화 약제가 완전히 사용되기 전에 어느 것이든 먼저 일어나는 시점에서 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험에서 화재는 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험이 실패한 경우 추가 세 번의 시험에서 두 번 성공하여야 한다.
환풍기가 작동하는 고부하 화재시험	- 화재는 화재 진압시스템의 작동 후 또는 배출 종료 후 바로 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험에서 화재는 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험이 실패한 경우 추가 세 번의 시험에서 두 번 성공하여야 한다.
재점화 화재시험	- 화재가 완전히 꺼진 후 45초 이내에 재점화 되지 아니하여야 한다. - 첫 번째 시험에서 화재는 완전히 꺼져야 한다. - 첫 번째 시험이 실패한 경우 추가 세 번의 시험에서 두 번 성공하여야 한다.

XX.4 시험 장치 및 시험 화재 및 일반 시험 명세서

XX.4.1 시험 장치

XX.4.2 시험 장치는 강판으로 만든다. 강판의 두께는 표 13에 따라야 한다. 그림 159은 전면에서 본 시험 장치를, 그림 160은 후면에서 본 시험 장치를, 그림 161은 위에서 본 시험 장치 그림이다. 시험장치의 앞면은 실제 엔진실의 뒷면을 모사한다.

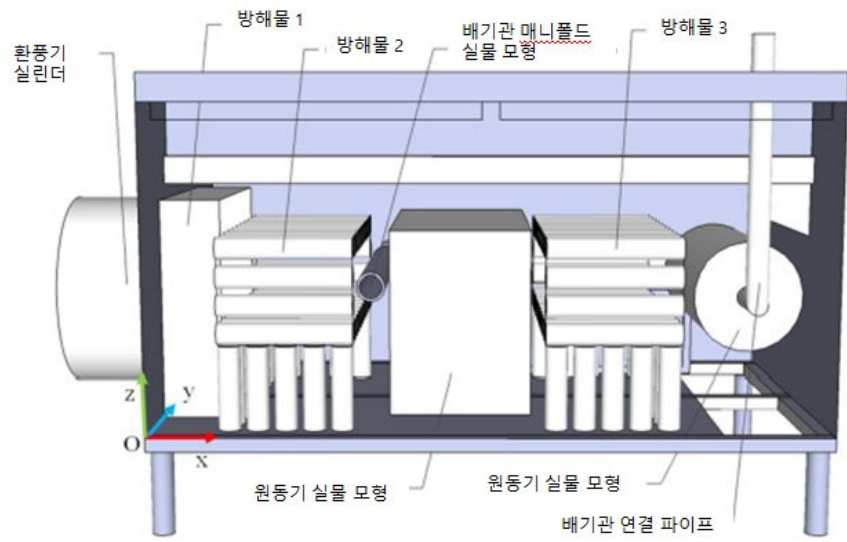


그림 167. 시험 장치 내에서 각 물체의 배치를 위한 좌표계 (시험장치 정면도)

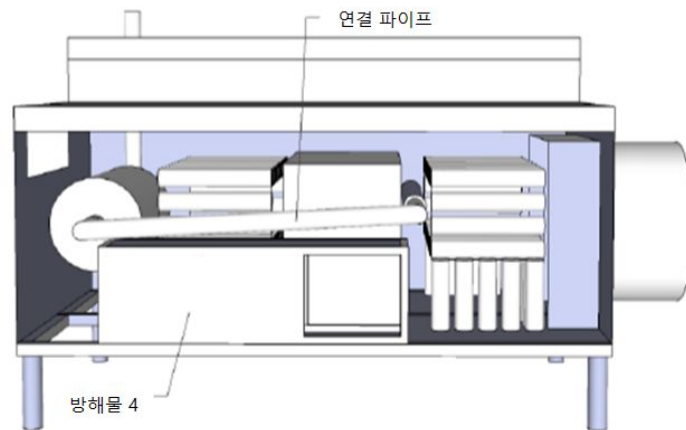


그림 168. 시험장치 배면도

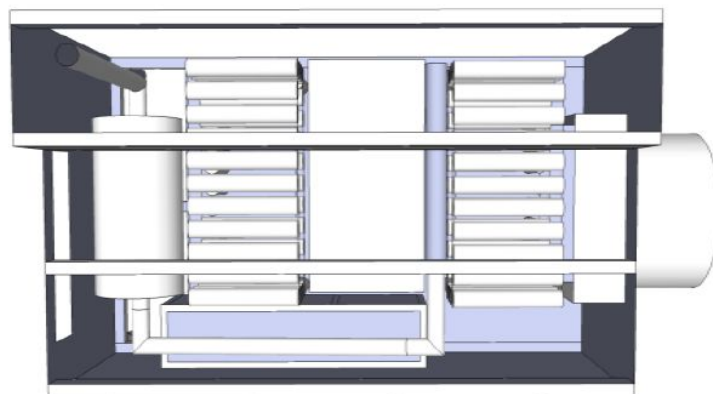


그림 169. 시험장치 평면도

표 16. 시험 장치 물체와 재질, 규격

물체	강판 두께
환풍기 원통	1.5 - 2 mm
방해물체	1.5 - 2 mm
배기 매니폴드 실물 모형	8 mm
엔진 실물 모형	2 - 3 mm
소음기 실물 모형	2 - 3 mm
배기관	2 - 3 mm
연결관	2 - 3 mm
벽, 천정, 바닥	1.5 - 3 mm

- XX.4.3 물체 배치
- XX.4.3.1 시험 장치 내에서 모든 물체는 표 14의 좌표 (x, y, z)에 따라 배치한다. 좌표 원점은 그림 159에서 (O)로 표시된 위치이다. 좌표 값은 원점(그림 159 참조), 즉 왼쪽 앞쪽 아래 모서리로부터 미터(m)로 나타낸 거리다.

표 17. 물체의 좌표

물체	좌표 [x; y; z]
환풍기 원통	[-0.60; 0.40; 0.10]
방해물체 1	[0.0; 0.26; 0.0]
방해물체 2	[0.26; 0.05; 0.02]
배기 매니폴드 실물 모형	[0.76; 0.05; 0.47]
엔진 실물 모형	[0.87; 0.05; 0.04]
방해물체 3	[1.44; 0.05; 0.02]
방해물체 4	[0.82; 1.2; 0.0]
배기관 실물 모형	[2.0; 0.28; 0.23]

- XX.4.4 시험 장치의 기본 구조
- XX.4.4.1 시험 장치의 기본 구조는 그림 162에 따라 제작되어야 한다. 보의 치수는 각각 50mm × 50mm와 100mm × 50mm이다. 기본 구조는 지면으로부터 300 mm 위에 있어야 한다.

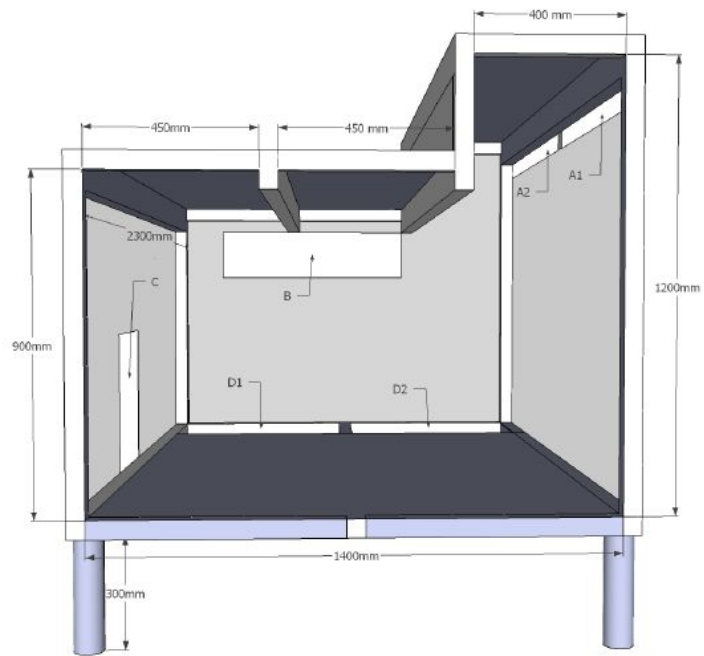


그림 170. 시험 장치의 기본 구조

XX.4.5

XX.4.5.1

개구부

환풍기를 위한 개구부에 추가하여 시험 기구에 6개의 개구부를 추가한다. 개구부의 치수와 배치는 표 15의 좌표에 따른다. 배치는 대각선 반대쪽 두 모서리를 기준으로 한다(모든 개구부는 직사각형 모양). 개구부는 그림 162에 나타나 있다.

표 18. 시험 장치 개구부의 좌표

개구부	좌표 [x; y; z] . [x; y; z]	개구부 면적(m ²)
A1	[0.03; 0.00; 1.08] . [1.18; 0.00; 1.13]	0.06
A2	[1.22; 0.00; 1.08] . [2.37; 0.00; 1.13]	0.06
B	[2.40; 0.50; 0.70] . [2.40; 1.30; 0.90]	0.16
C	[0.85; 1.50; 0.03] . [1.24; 1.50; 0.36]	0.13
D1	[2.00; 0.05; 0.00] . [2.35; 0.73; 0.00]	0.27
D2	[2.00; 0.78; 0.00] . [2.35; 1.20; 0.00]	0.26
개구부 전체 면적		0.94

- XX.4.6 환풍기
XX.4.6.1 환풍기 원통 왼쪽에 지름 710 mm의 축류 환풍기를 장착해야 한다. 원통의 직경은 환풍기의 지름과 같아야 한다. 환풍기는 XX. 9 내지 12의 시험 시나리오에 따라 원통을 통과하는 일정 비율의 공기 흐름을 만들어야 한다. 주파수 변환기를 사용하여 환풍기 속도를 조정할 수 있다.
- XX.4.7 실물 모형 구성부품
XX.4.7.1 엔진 실물 모형의 치수는 1,000 mm × 650 mm × 500 mm이다. 소음기 실물 모형의 치수는 직경 400 mm × 길이 800 mm이다. 배기 매니폴드 실물 모형은 내경 80 mm × 길이 900 mm이다. 실물 모형의 구성부품의 속은 비어 있어야 한다. 배기 매니폴드 모형은 내경 76mm의 파이프를 통해 소음기 실물 모형에 연결되어야 한다. 또한 소음기에 연결되는 실물 모형의 파이프는 예열 시스템의 배출 가스를 시험 장비에서 밖으로 보내는 데 사용되어야 한다.
- XX.4.8 열전대(써모커플)
XX.4.8.1 7 개의 열전대(Tc)는 배기 매니폴드 실물 모형의 외부에서 내부로 2mm까지 뚫어서 장착되어야 한다. 열전대 Tc1 내지 Tc4는 모의 흡입구로부터 표 16에 따른 거리에서 실물 모형의 맨 위에 위치하여야 한다. 열전대 Tc5 내지 Tc7은 흡입구에서부터 거리가 Tc2와 같고 실물 모형 둘레에 위치해야 한다. 열전대의 위치는 그림 163와 164에 설명되어 있다.

표 19. 배기관 매니폴드 실물 모형의 흡입구로부터 열전대까지 거리

열전대(써모커플,Thermocouple)	흡입구로부터 거리
Tc1	250 mm
Tc2	300 mm
Tc3	350 mm
Tc4	600 mm
Tc5	300 mm
Tc6	300 mm
Tc7	300 mm

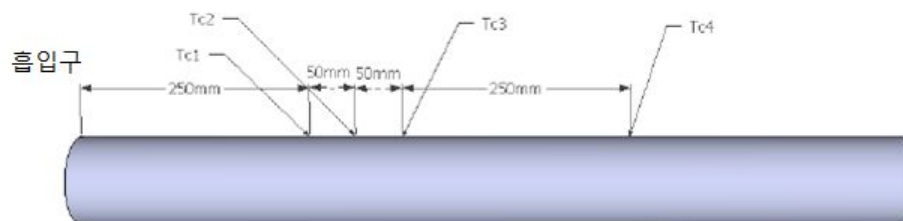


그림 171. 배기관 매니폴드 실물 모형 상에 있는 열전대

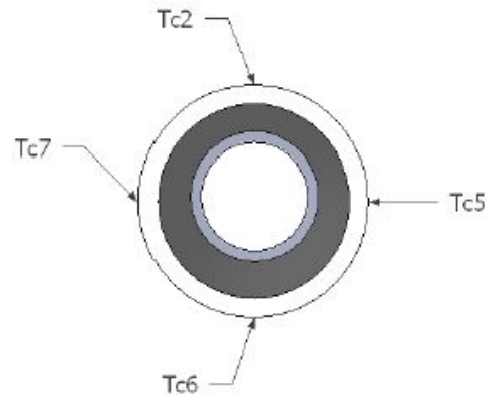


그림 172. 배기관 매니폴드 실물 모형 상에 있는 열전대 (실물 모형의 흡입구는 왼쪽)

- XX.4.9 프로판 버너
- XX.4.9.1 배기 시스템을 예열하는 데 사용되는 프로판 버너는 XX.7.6항에 명시된 온도를 달성할 수 있는 요건을 충족하도록 선택되어야 한다.
- XX.4.10 방해물
- XX.4.10.1 방해물 1은 그림 165와 같이 900mm × 840mm × 230mm 크기이다. 방해물 2와 3은 그림 166과 같이 수평 및 수직 방해물 튜브로 구성된다. 수평 방해물 튜브는 양 쪽이 닫혀 있고 속은 빈 것으로 직경 80 mm, 길이 480 mm이다. 수직 튜브는 직경 80 mm, 길이가 230 mm로 속이 비고 바닥은 열려 있다. 모든 튜브 사이의 열린 거리는 20mm이다. 방해물4는 그림 167와 같이 1,250mm × 300mm × 390mm 크기의 상자이다.

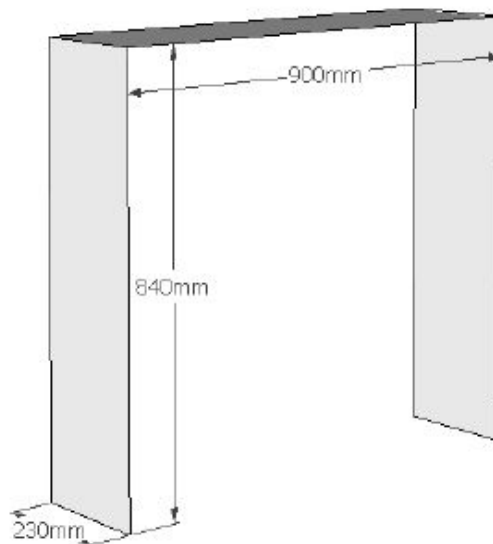


그림 173. 방해물 1

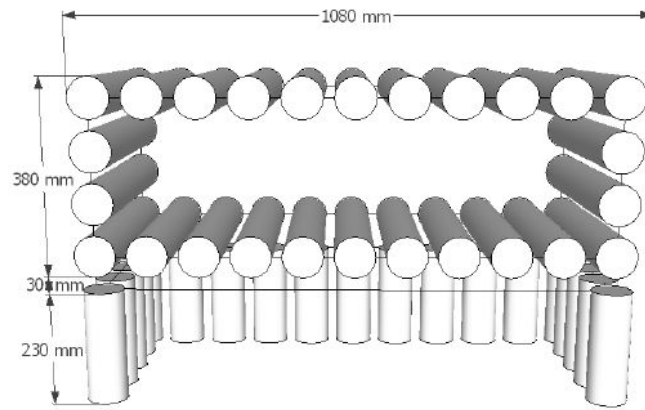


그림 174. 방해물 2, 3

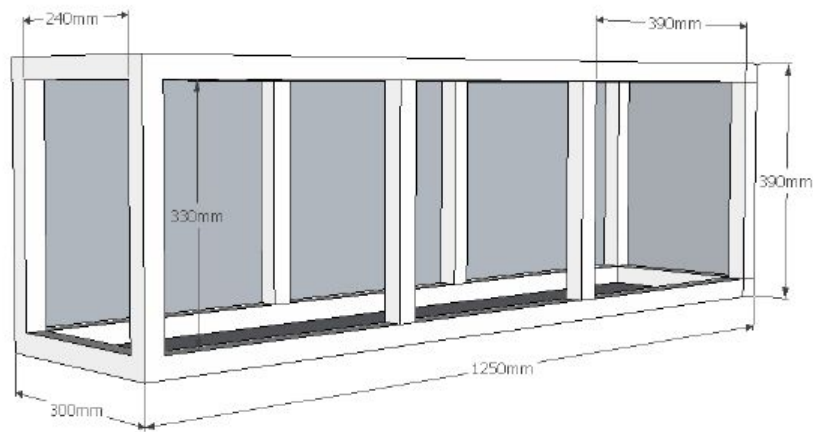


그림 175. 방해물 4

XX4.11 풀 화재 상자
 XX.4.11.1 상자의 치수는 표 17에 따른다. 세 가지 다른 풀 화재 상자가 표 18에서 적용된다 : 정사각형, 직사각형, 원형.

표 20. 풀 화재 상자 규격

치수	테두리 높이	통칭 두께	시용될 시험 화재 번호
300 mm × 300 mm	70 mm	1.5 mm	1, 2
200 mm × 300 mm	70 mm	2 mm	3
지름 150 mm	100 mm	1.5 mm	4

XX.4.11.2 섬유판(대표적인 것: MDF)이 설치된 정사각형 풀 화재 상자과 직사각형 풀 화재 상자는 XX.9 내지 11에서 시험 시나리오에 따른 방향으로 놓아야 한다. 그림 168은 시험 화재 번호 2의 치수를 나타낸다. 시험 화재는 시험 장치의 긴 가장자리에 수직으로 놓아야 한다.

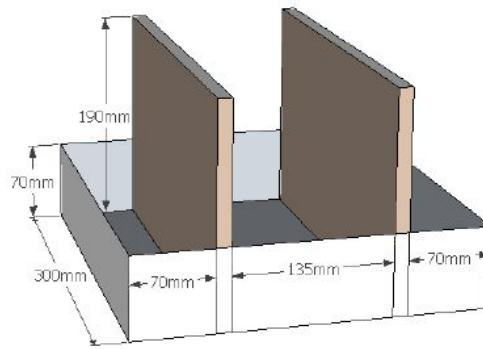


그림 176. 시험 화재 2번을 위한 거리

XX.5,
XX.5.1

시험 화재

표 18의 시험 화재는 XX.9 내지 12에 기술된 대로 수행되어야 한다. 시험용 연료로서 경유(상용 연료 오일 또는 경유), 헵탄(C₇H₁₆), COC(Cleveland open-cup method) 인화점 230 ° C이고 점도가 107 mm²/s인 엔진 오일 15W-40을 사용해야 한다.

표 21. 시험 화재

시험 화재 번호	설명	연료	점화 후 60 초 간 대략적인 최대 열 방출량
1	풀 화재 300 mm × 300 mm	경유와 헵탄	60 kW
2	풀 화재 300 mm × 300 mm 및 섬유판 2개	경유와 헵탄	110 kW
3	풀 화재 200 mm × 300 mm	경유와 헵탄	40 kW
4	풀 화재 직경 150 mm	경유와 헵탄	7 kW
5	분무 화재 (450 kPa, 0.73 kg/분 ±10%)	경유	520 kW
6	분무 화재 (450 kPa, 0.19 kg/ min ±10%)	경유	140 kW
7	오일 방울 화재 (40 오일 방울/분 ±10)	엔진오일	5 kW

XX.5.2

시험에 사용되는 물, 경유, 헵탄의 양은 표 19에 따라야 한다.

표 22. 풀 화재 상자에 사용되는 연료의 양(리터)

치수	물	경유	헵탄	사용될 시험 화재 번호
300 mm × 300 mm	1.01	0.51	0.21	#1, #2
200 mm × 300 mm	0.51	0.51	0.21	#3
지름 150 mm	0.21	0.21	0.11	#4

XX.5.3 시험 화재 2번은 헵탄 풀과 경유에 충분히 적신 건조 밀도 3.5 kg/m³의 섬유판 2 개로 구성된다. 섬유판의 치수는 12mm × 295mm × 190mm이어야 한다. 섬유판 원재료는 적어도 90 %가 가공하지 않은 목재이어야 한다. 경유에 담그기 전에 섬유판의 수분 함량은 7%를 초과하지 않아야 한다. 섬유판은 시험 전에 최소 10분 동안 경유에 완전히 담겨 있어야 하고 풀 화재 상자에 수직으로 설치한 후 시험 시작까지 10분을 넘기기 아니 하여야 한다.

XX.5.4 시험 화재 번호 5, 6번은 경유 분무 화재로 구성되며, 시험 화재 7번은 방울방울 떨어지는 기름방울 화재로 구성된다. (뜨거운 표면에 의한 점화) 시험 화재 5번을 위한 분무용 노즐은 Lechler 460.368.30 이거나 이와 동등해야 한다.
시험 화재 6번을 위한 분무용 노즐은 Lechler 212.245.11 이거나 이와 동등해야 한다.
시험 화재 7번을 위한 분무용 노즐은 Danfoss 0.60X80H 이거나 이와 동등해야 한다.

XX.6. 화재진압시스템 설치
XX.6.1 최소 배출률 조건을 확보하기 위해 소화 장치는 파이프 연결부의 숫자와 파이프의 크기 및 길이에 따라 최대 치수 용량으로 조립되어야 한다. 원통은 정격 용량에 따라 사용되고 추진제 가스로 가압된 원통 또는 가스 카트리지를 정상 작동 압력 (해당되는 경우)까지 사용하여야 한다.

XX.6.2 화재진압 시스템은 시스템 제조사 또는 공급자가 설치하여야 한다. 그림 169는 노즐, 소화약제 생성기 또는 소화약제 배출관과 같은 소화약제 배출 지점이 위치 할 수 있는 영역을 나타낸다. 배출 지점은 시험 장치 내부에서 두 개의 다른 영역에 배치하여야 한다.
(i) 천장과 뒷벽. 천정에 배치된 배출 지점은 바닥 높이 ($z \geq 0.75$)로부터 최소 750 mm 위에 있어야 하며 방해물 1 바깥에 배치하여야 한다. 뒷벽에 배치된 노즐은 뒷벽 ($y \geq 1.15$)으로부터 350 mm 이내에 배치하여야 하며 바닥면 ($z \geq 0.45$)으로부터도 최소 450mm이어야 한다. 그림 xx 및도 xx은 노즐이 배치될 수 있는 영역을 나타낸다.
(ii) 시험 장치 뒤쪽에 작은 상자 안 (방해물 4 참조). 노즐은 바닥에서 ($z \geq 0.29$) 최소 290mm에 있는 상자의 천장에 위치하여야 한다.



그림 177. 시험 장치의 뒷면에서 본 노즐 위치

- XX.6.3 시험 전에 시스템 설정 및 구성을 관찰하고 문서화하여야 한다. (예: 소화약제 및 추진제 가스의 양, 시스템 압력, 배출 지점의 개수, 유형 및 위치, 파이프 길이 및 연결부의 숫자). 온도는 이 세척에 명시된 위치에서 재점화 화재시험 중에 측정하여야 한다.
- XX.7. 시험 방법
- XX.7.1 풀 화재 상자는 표 19에 따라 물 바탕에 경유와 헵탄으로 채운다. 섬유판을 화재원으로 요구되는 경우, 위 XX.5.3항의 지시에 따라 시험 전에 경유에 담가야 한다.
- XX.7.2 XX.9 내지 12의 정보에 근거한 사전 연소 시간이 필요하다. 사전 연소 시간은 첫 번째 화재가 점화된 시점부터 측정한다. 시험 시나리오의 모든 풀 화재는 적절한 점화원을 사용하여 XX.9 내지 12에 따라 허용된 점화 시간 내에 점화되어야 한다. XX.10.의 표 22의 저부하 화재 시험은 개별적으로 또는 동시에 수행할 수 있다.
- XX.7.3 일부 시험 시나리오에서 시험 장비로 들어가는 특정 공기 유량을 얻기 위해 환풍기를 사용한다. 환풍기는 화재진압시스템이 활성화되기 30초 전에 작동하여야 한다. 시험결과가 결정될 때까지 환풍기는 작동 상태를 유지하여 한다.
- XX.7.4 일부 시험 시나리오에서 경유 분무기가 사용된다. 화재진압시스템이 활성화되기 10초 전에 작동하여야 한다. 경유 분무기는 시험결과가 결정될 때까지 작동 상태를 유지하여 한다.
- XX.7.5 규정된 사전 연소 시간 후 화재진압시스템은 수동으로 또는 자동으로 작동되어야 한다.
- XX.7.6 재점화 화재시험에서 시험하기 전에 배기 매니폴드 실물 모형을 버너로 예열한다. 더 나은 연소를 위해 가압 공기를 화염에 추가할 수 있다. Tc2의 온도가 600° C 이상, Tc1이 570° C 이상, Tc5, Tc6 및 Tc7의 온도가 520° C 이상이 될 때까지 튜브를 내부로부터 가열하여야 한다. 사전 정의된 온도에 도달하면 예열 절차를 중지한다. 30초 후에 엔진 오일이 방울방울 떨어지기 시작하면 화재진압 시스템이 15초 후에 작동 시작되어야 한다. 엔진 오일은 화재진압 시스템이 작동하기 전에 점화되어야 한다. 시험 결과가 결정될 때까지 오일이 튜브 위에 계속 방울방울 떨어져야 한다.
- XX.8. 허용 오차
- XX.8.1 규정된 값에서 $\pm 5\%$ 의 허용오차를 적용하여야 한다(시간 값: ± 5 초).
- XX.9. 고부하 화재 시험

표 23. 시험 화재

시험 화재 번호 (부록 1의 표 6 참조)	설명	좌표 [x; y; z] (부록 1의 표 1 참조)
6	분무 화재 (0.45 MPa, 0.19 kg/min)	[1.47; 0.73; 0.46]
3	풀 화재 200 mm × 300 mm	[0.97; 0.85; 0.70]
4	풀 화재 직경 150 mm	[0.97; 1.28; 0.00]
3	풀 화재 200 mm × 300 mm	[1.54; 0.57; 0.36]
2	풀 화재 300 mm × 300 mm and 2 섬유판	[1.54; 0.77; 0.36]
3	풀 화재 200 mm × 300 mm	[1.54; 0.13; 0.00]

*주) 환풍기를 사용하지 않는다.

표 24. 시험 절차

시간	조치
00:00	시간 측정 시작
01:20	풀 화재 점화(20초 이내)
01:50	경유 분무 시작
02:00	화재진압시스템 작동

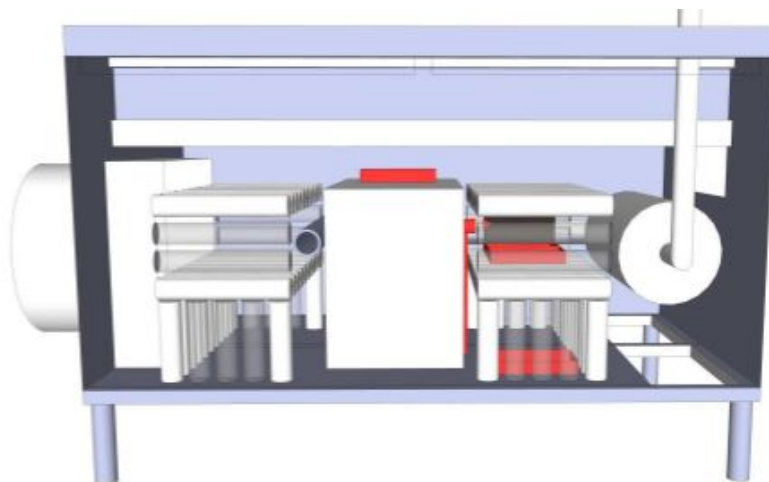


그림 178. 시험 화재 배치, 정면도

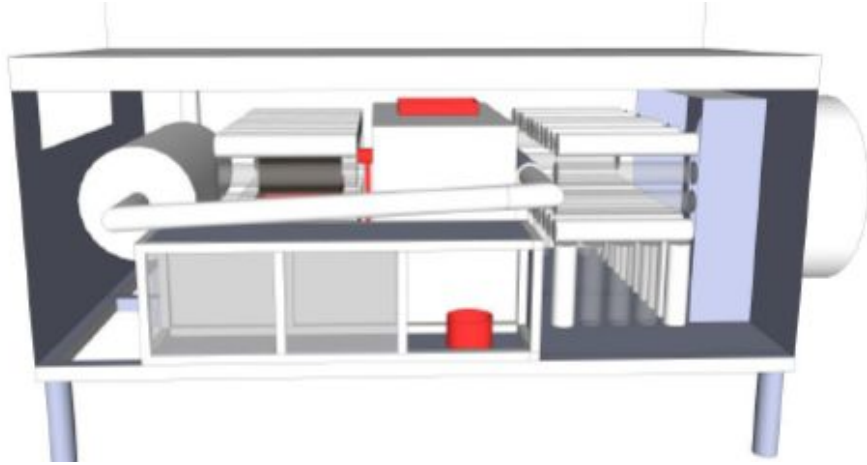


그림 179. 시험 화재 배치, 배면도

XX.10 저부하 화재 시험

표 25. 시험 화재

시험 화재 번호 (부록 1의 표 6 참조)	설명	좌표 [x; y; z] (부록 1의 표 1 참조)
4	풀 화재 직경 150 mm	[0.02; 0.08; 0.00]
3	풀 화재 200 mm × 300 mm	[0.37; 0.57; 0.00]
4	풀 화재 직경 150 mm	[0.45; 1.20; 0.00]
4	풀 화재 직경 150 mm	[0.97; 1.28; 0.00]
4	풀 화재 직경 150 mm	[1.54; 0.57; 0.00]

*주) 환풍기의 풍량은 1.5 m³/s이어야 한다.

표 26. 시험 절차

시간	조치
00:00	시간 측정 시작
01:00	풀 화재 점화(30초 이내)
01:30	환풍기 작동
02:00	화재진압시스템 작동

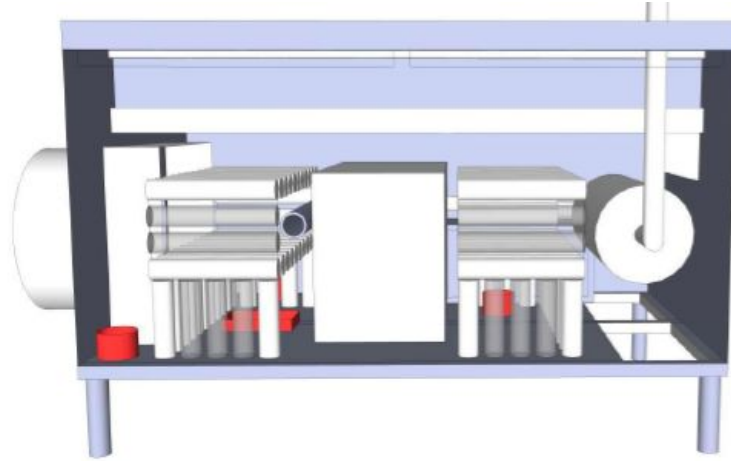


그림 180. 시험 화재 배치, 정면도

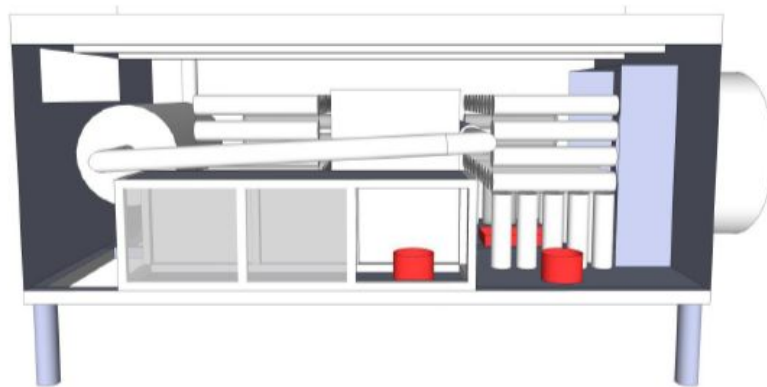


그림 181. 시험 화재 배치, 배면도

XX.11 환풍기가 작동하는 고부하 화재 시험

표 27. 시험 화재

시험 화재 번호 (부록 1의 표 6 참조)	설명	좌표 [x; y; z] (부록 1의 그림 1 참조)
5	분무 화재 (0.45 MPa, 0.73 kg/분)	[0.37; 0.70; 0.46]
1	풀 화재 30 mm × 300 mm	[0.37; 0.47; 0.36]
2	풀 화재 300 mm × 300 mm and 2 섬유판	[0.37; 0.77; 0.36]
1	풀 화재 300 mm × 300 mm	[0.37; 0.13; 0.00]
1	풀 화재 300 mm × 300 mm	[1.54; 0.13; 0.00]

*주) 환풍기의 풍량은 1.5 m³/s이어야 한다.

표 28. 시험 절차

시간	조치
00:00	시간 측정 시작
01:00	풀 화재 점화(20초 이내)
01:30	환풍기 작동
01:50	경유 분무 시작
02:00	화재진압시스템 작동

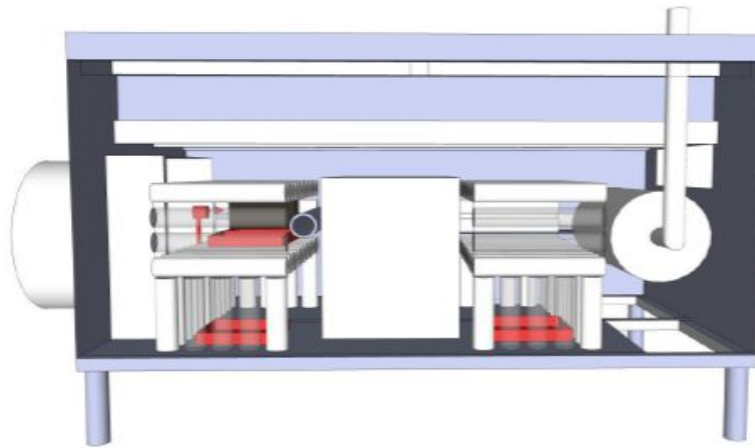


그림 182. 시험 화재 배치, 정면도

XX.12 재점화 화재 시험

표 29. 시험 화재

시험 화재 번호 (부록 1의 표 6 참조)	설명	좌표 [x; y; z] (부록 1의 표 1 참조)
7	오일 방울 화재 (0.2 MPa, 0.01 kg/분)	[0.82; 0.28; 1.22]

*주) 환풍기를 사용하지 않는다.

표 30. 시험 절차

시간	조치
시험 전	튜브 예열
00:00	사전에 정의된 온도에 도달한다.
00:30	오일 방울 떨어뜨리기 시작
00:45	화재진압시스템 작동(작동 전에 오일이 점화되어야 한다)

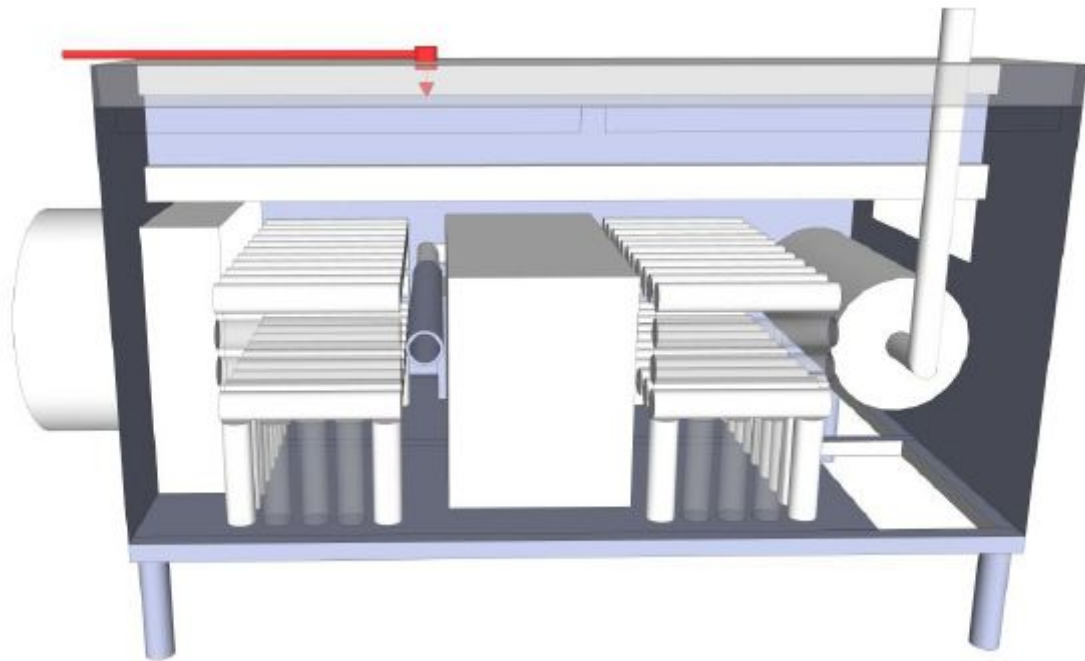


그림 183. 시험 화재 배치, 정면도

XX.13 시험결과
 시험결과를 별지 제XX호 서식의 “화재진압시스템 시험 결과기록표”에
 기록한다.

(별지 제XX호 서식)

“화재진압시스템 시험 결과기록표”

1. 주요제원

승합자동차 제작자		승합자동차 모델명	
화재진압시스템 제작자		화재진압시스템 모델명	
소화약제 (제품 및 형식)		소화약제 중량	
배출지점 형식		배출지점 개수	
배출관 길이		추진제 가스 형식	
추진제 가스 압력		최저 작동 온도:	
파이프와 연결부 치수			

2. 시험 방법에 따른 화재 진압 여부?

시험 방법	각 시험 차수 화재 진압 여부		최종 합격 여부
고부하 화재 시험	첫 번째 시험		
	두 번째 ~ 네 번째 시험		
저부하 화재 시험	첫 번째 시험		
	두 번째 ~ 네 번째 시험		
고부하 화재 시험 환풍기 작동	첫 번째 시험		
	두 번째 ~ 네 번째 시험		
재점화 화재 시험	첫 번째 시험		
	두 번째 ~ 네 번째 시험		

주) 첫 번째 시험에 합격하면 두 번째 이후 시험은 불필요

담당자 의견 _____

담당자 _____ 시험일자 _____
확인자 _____ 시험장소 _____

(라) 의견 수렴 회의

- 일시 : 2019. 6. 10(월) 14:00 ~ 16:00
- 장소 : 한국교통안전공단 자동차안전연구원 2층 회의실
- 참가인원 : 제작사 및 지자체 포함 총 15명
- 회의 내용

표 31. 법령 개정 의견 수렴 회의 내용 요약

안 건	의 건
화재감지 및 자동소화시스템	• 시스템에 대한 편의 장치 설치의 긍정적이나, 화재 진압 시스템 설치 시 차량의 중량이 증가하고 가격 증가측면에 대한 문제점이 예상 • 사업자 부담을 최소화 해줄 수 있는 보조금 지원에 대한 방안 연구가 필요 • 화재 감지 부위 및 소화 범위가 구체적으로 명확해야 할 것 • 고전압 장치에 대한 추가 검토 필요 • 신규 개발 차량에 대한 적용대상여부 또는 기존 차량의 포함여부, 유예기간 정도 추가 논의 필요
전방 통과 높이 장애물 경고 시스템	• 실제 2층 버스가 도로 주행 시 최고 90km/h가 나오는 상황에서 현재의 시스템의 성능으로 부족할 수 있으며, 장애물 충돌 나뭇가지에 버스가 부딪혀 이에 대한 버스의 수리비용이 큼 • 실제 노선에서 주행을 통한 오랜 기간 동안 검증이 필요
저상버스	• 저상버스 표준모델에 관한 기준 개정(안) 문구 수정 : 2층 버스는 1층 차실바닥의 35% 이상일 것 • 저상버스 표준모델 별표 · 차실 천장 높이를 권장 문구로 규정 : 제작사 설계용이 1층 - 1,800 mm 이상 (권장) 2층 - 1,680 mm 이상 (권장) • 2층 버스에 한해 휠체어 탑승공간을 기존 2곳 이상에서 1곳 이상 제공할 것으로 수정 요청

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	양적성과 목표	실적
				질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증 방법	가중치 (%)			
A	베어샤시 개발	A-1	베어샤시	①	베어샤시차량	1대	개발 여부	개발 여부	7	현대 자동차 (주) 남양 연구소	차량 1대	차량 1대
		A-2	전기 구동 시스템	①	배터리	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
				②	구동모터	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
				②	에어컨	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
				①	조향시스템	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
		A-3	샤시 시스템	②	현가시스템	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
				③	제동시스템	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
				④	구동시스템	1set	개발 여부	개발 여부	5		시제품 1set	시제품 1set
B	선행차량 개발	B-1	완성차	①	선행차량	1대	개발 여부	개발 여부	7		차량 1대 출원서 1건	차량 1대 출원서 1건
				②	승차인원	70인 이상	개발 여부	개발 여부	4		보고서 1건	보고서 1건
		B-2	실차평가	①	배터리용량	250kWh 이상	보고서	공인인증 평가	5		보고서 1건	보고서 1건
				②	최고속도	70KPH 이상	보고서	공인인증 평가	4		보고서1 건	보고서 1건
				③	등판성능 (공차기준)	25% 이상	보고서	공인인증 평가	4		보고서 1건	보고서 1건
				④	1회충전 주행거리 (정속 73KPH, 공차 기준)	160km 이상	보고서	공인인증 평가	5		보고서 1건	보고서 1건
				⑤	최소회전반경	법령 만족	보고서	공인인증 평가	4		보고서 1건	보고서 1건
C	법령 분석 및 개선(안) 연구	C-1	2층버스 운영환경, 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석	①	국내 운영 환경에 최적화된 차량 개발 방안	1건	보고서	전문가 평가	2	한국 교통 안전 공단	논문발표 1건 보고서 1건	논문발표 1건 보고서 1건
				②	수요자 및 사용자 지향적 차량 개발 방안	1건	보고서	전문가 평가	2		논문발표 1건 보고서 1건	논문발표 1건 보고서 1건
				③	전문가 기술 동향 모니터링 및 수요조사	1건	보고서	전문가 평가	2		보고서 1건	보고서 1건
				④	기술환경 파악을 위한 논문 및 특허 분석	1건	보고서	전문가 평가	2		보고서 1건	보고서 1건
		c-2	2층 전기버스 특성에 따른 차별성 등을 고려한 법령 개정방안	①	구동축전지, 구동전동기, 전자파 안전성 확인	3건	성적서	제시 여부	2		성적서 1건	성적서 1건
				②	배터리 탑재공간 화재 경보 및 자동 소화시스템 개발	1건	특허출원	출원 여부	5		출원서 1건	출원서 1건
				③	전방 통과높이 장애물 경고시스템 개발	1건	특허출원	출원 여부	5		출원서 1건	출원서 1건
		C-3	2층 전기버스 도입에 따른 관련 법령 개정안 제시	①	법령 분석을 통한 개정 필요성 검토 및 법령간 연계성을 확보한 개정안 제시	3건	법령 개정안	제시 여부	5		법령개정안 3건	법령개정안 3건
		계							100			

2. 관련분야 기여도

가. 2층 전기버스 차량 개발

- 국내 최초의 한국형 대용량 2층 전기버스 개발을 통해 운송 효율성 및 친환경 기술력 확보
- 중소기업과 연계성을 고려한 베어샤시 개발을 통해 향후 중소기업의 기술력 향상 및 새로운 수익창출 모델 제공
- 해외 2층 버스 완성차 수입을 대체하여 국내 기업의 사업 영역 확장
- 대용량 2층 전기버스 보급을 통해 승객 편의성 제공
- 엔진이 만드는 소음과 진동이 없어 승객에게 쾌적하고 편안한 승차감 제공
- 미세먼지 주요 발생원인 일산화탄소와 질소산화물 배출이 없으므로 국내 대기 환경을 개선
- 출/퇴근 시간대 혼잡한 교통 인프라 상황 개선

나. 2층 전기버스 관련 법령 개선안 도출

- 자동소화장치 및 전방 통과 높이 장애물 경고장치 조항을 추가하여 운전자 및 승객 안전성을 향상시킬 수 있는 기반 마련
- 2층 저상버스 표준모델 개정안 제안
 - 보조금 지급 확대를 통해 버스 운송업체 부담 완화
 - 휠체어 탑승공간을 확보하여 교통약자 운송 편의성 향상

제5장. 연구개발성과의 활용 계획

○ 2층 전기버스 사업화 추진 계획

- 경기도 전체 광역버스의 20%를 2층 버스로 대체 예정
- 대도시권광역교통위원회(대광위) 2층 전기버스 보급 추진 계획 수립
 - ※ ‘20년 정부예산에 차량 보조금 반영 예정
- ‘20년/말 2층 전기버스 양산 목표로 후속업무 진행중

○ 2층 전기버스 선행차량 및 개발 기술 활용

- 성능 튜닝 및 주행 성능 평가를 통한 국내 운행 적합성 검증
 - 국내 광역버스 노선 시범 운행
- 국내 운수업체 순회전시를 통한 차량 제원 적정성 검증
 - 국내 운행 환경에 적합한 차량 제원 확보
- 향후 잠재수요인 시내버스, 고속버스, 관광(투어)버스 등에 확대 보급 적용

○ 2층 전기버스 베어샤시 개발 기술 활용

- 국내 중소 바디빌더 업체와 연계성 제고
 - 완성차 개발 : 베어샤시 제공(현대자동차) + 완성차 조립(전문 바디빌더 업체)

○ 관련 법규 개정 제안

- 신교통수단 도입에 따른 국내 관련 법령과 연계성을 고려하여 개정안 제시
 - 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 교통약자 이동편의 증진법 등

○ 차량 안전 시스템 강화

- 배터리 탑재 공간 화재 경보 및 자동 소화 시스템 국산화
 - 주요 부품 및 시스템 성능에 대해 추가적인 연구개발을 수행하여 대규모 인원을 수송하는 국내 시내/광역/고속버스에 확대 적용
- 전방 통과높이 장애물 경고 시스템
 - 주요 부품 및 시스템 성능에 대해 추가적인 연구개발을 수행하여 2층 버스 운전자 및 승객의 안전성 향상

제6장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

1. 연구개발 성과

가. 시제품

No.	항목	수량	완료일정	주요 용도
1	베어샤시 차량	1대	‘18.08.31	중간점검 및 선행차량 제작
2	배터리	1set		선행차량 제작
3	구동모터	1set		
4	에어컨	1set		
5	조향시스템	1set		
6	현가시스템	1set		
7	제동시스템	1set		
8	구동시스템	1set		
9	선행차량	1대	‘19.04.30	실차 평가 국토교통기술대전 전시
10	화재감지 및 자동소화시스템	1set	‘19.05.31	실차 평가 국토교통기술대전 전시
11	전방 통과높이 장애물 경고시스템	1set	‘19.05.31	실차 평가 국토교통기술대전 전시

나. 시험 성적서 및 보고서

(1) 시험 성적서

No.	항목	수량	완료일정	검증기관
1	최고속도	1건	‘19.06.26	한국교통안전공단
2	등판성능	1건		
3	1회충전 주행거리	1건		
4	최소회전반경	1건		
5	배터리 용량	1건	‘19.06.24	
6	구동축전지 안전성 평가	1건		
7	구동전동기 안전성 평가	1건		
8	전자파 안전성 평가	1건		

(2) 보고서

No.	항목	수량	완료일정	제출기관
1	2층 버스 운영환경 수요자 및 사용자 등의 니즈 분석	1부	‘18.12	한국교통안전공단
2	최종보고서	1부	‘19.08	현대자동차(주)남양연구소

다. 논문/학술대회 발표

No.	구분	논문명	소속기관	역할	논문 게재지	논문 게재일
1	게재	경기도 이층 광역버스 만족도 조사결과	경기연구원 한국교통안전공단	용역	대한교통학회	‘19.08.30
2	발표	경기도 2층버스를 통한 한국형 전기이층버스 운영환경 연구	경기연구원 한국교통안전공단	용역	대한교통학회	‘19.09.26

□ No. 2019-22 □

□ No. 2019-21 □

논단계재예정증명서

논문제목 : 경기도 이층 광역버스 만족도 조사결과

논문저자 : 김재만 (경기연구원)
한아름 (경기연구원)
류기현 (한국교통안전공단)
류지일 (한국교통안전공단)

논문발표게재예정증명서

일자	행사명	장소명	발표제목	발표자
2019. 9. 27	제2회 학술발표회	여수엑스포 컨벤션센터	경기도 2층버스를 통한 한국형 전기이층버스 운영환경 연구	한아름 (경기연구원) 김재만 (경기연구원) 류기현 (한국교통안전공단) 정혁 (한국교통안전공단)

상기 발표논문은 대한교통학회 학술발표회에서 발표·게재예정임을 증명합니다.

상기 원고는 대한교통학회 논문심사규정및절차에 의거 2019년 8월 30일에
발간하는 "교통기술과정책 2019년 8월호 제16권 제4호"에 게재예정임을
증명합니다.

2019년 9월 6일

2019년 9월 6일

사단법인 대한교통학회 회장



사단법인 대한교통학회 회장



라. 특허

No.	구분	출원번호	특허명	소속기관	특허 등록 국가	특허 출원일
1	출원	10-2018-0127950	자동차용 배터리 캐리어	현대자동차	대한민국	‘18.10.25
2	출원	10-2019-0093128	차량의 엔진룸에서 발생한 화재를 자동으로 진압하기 위한 방법 및 장치	한국교통안전공단	대한민국	‘19.07.31
3	출원	10-2019-0093126	차량의 이동 경로에 위치한 객체의 통과 높이에 따른 경보 알림 생성 장치 및 방법	한국교통안전공단	대한민국	‘19.07.31

출원번호통지서

출원일자 2018.10.25
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(20180700399)
출원번호 10-2018-0127950 (접수번호 1-1-2018-1054130-85)
출원인명칭 현대자동차주식회사(1-1998-004567-5) 외 1명
대리인성명 한라특허법인(유한)(9-2015-100101-5)
발명자성명 최재영
발명의명칭 자동차용 배터리 캐리어

출원번호통지서

출원일자 2019.07.31
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(WP191013)
출원번호 10-2019-0093128 (접수번호 1-1-2019-0786777-28)
출원인명칭 한국교통안전공단(1-2010-048156-7)
대리인성명 원대규(9-2012-000362-4)
발명자성명 류기현 정혁 류지일 이승준 김남용 배중호 김관형 김경호 정재익
발명의명칭 차량의 엔진룸에서 발생한 화재를 자동으로 진압하기 위한 방법 및 장치

출원번호통지서

출원일자 2019.07.31
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(WP191012)
출원번호 10-2019-0093126 (접수번호 1-1-2019-0786767-72)
출원인명칭 한국교통안전공단(1-2010-048156-7)
대리인성명 원대규(9-2012-000362-4)
발명자성명 류기현 정혁 류지일 이승준 김남용 배중호 이임건 허경용 옥승호 박지은 김태원
발명의명칭 차량의 이동 경로에 위치한 객체의 통과 높이에 따른 경보 알림 생성 장치 및 방법

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.