

20RTRP
-C148662
-03

에코드라이빙 시스템 국산화 개발 최종보고서
철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한

2021

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(), 비공개()
발간등록번호(11-B552989-000389-01)
철도기술연구사업 제3차년도 최종보고서

R&D / 20RTRP-C148662-03

철도차량용 에너지미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발 최종보고서

2021 . 2 . .

주관연구기관 / (주)태희에볼루션
협동연구기관 / 한국철도기술연구원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발’
(연구개발 기간 : 2018. 07. ~ 2020. 12.) 과제의 최종보고서 9부를 제출합니다.

2021 . 02 . .

주관연구기관명 : (주)태희에블루션 (대표자) 윤 병 주 (인)

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원 (원장 직무대행 부원장)

조 용 현 (인)

주관연구기관책임자: 윤 병 주

협동연구기관책임자: 김 용 기

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.
--

보고서 요약서

과제 고유 번호	19RTRP-C14 8662-02	해당 단계 연구 기간	2020.01 - 2020.12	단계구분	3/3
연구사업명	중사업명	철도기술연구 사업			
	세부사업명	실용화 문턱 과제			
연구과제명	대과제명	철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발			
	세부과제명	철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발			
연구책임자	윤 병 주	해당단계 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 265,000천원 민간: 88,334천원 계: 353,334천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 명	총 연구비	정부: 971,000천원 민간: 323,669천원 계: 1,294,669천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)태희에블루션 / 연구소			참여기업명: 한국철도기술연구원	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 광주광역시 도시철도공사			연구책임자: 오상근	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	O	O	O			O					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

- 철도차량용 정밀급 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 지원 시스템 개발
 - AC / DC Class 0.5R 에너지 계측 장치 시제품 제작, 성능 인증 및 현차 시험
 - 경제운전 지원 장치 시제품 제작, 성능 인증 및 현차 시험
 - 차량제어장치 연계 기능으로 에너지 미터링과 차량 운행정보 데이터 저장, 연계
 - 시운전 차량 운행 에너지 패턴 분석 및 시뮬레이션에 의한 최적 운행 패턴 도출
- 이력관리 및 정보분석 기능의 지상 기지국 서버 시스템 개발
 - 차량별 에너지 사용량 DB화 체계 구축, 이력관리 및 정보분석 프로그램 제작
 - 현차 시험 데이터 원격 수집 및 분석
- 시스템 성능 및 현장 적용 시험
 - 통합 시험, 성능인증 시험, 시험차량 선정 및 현차 시험 완료

보고서 면수

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 에너지 미터링, 에코드라이빙 시스템 하드웨어 및 제어 프로그램 설계 ○ 에너지 미터링, 에코드라이빙 시스템 데이터분석 및 이력관리 소프트웨어 설계 ○ 에너지 미터링 및 에코드라이빙 시스템 설계 명세 분석 ○ 에너지 미터링, 에코드라이빙 시스템 시제품 및 시제품 제작(AC 및 DC 전기 동차 적용) ○ 시험환경 구축 및 미터링 장치 시험 평가 - EN50463규격 시험 및 환경시험 (공인시험성적서) ○ AC/DC 전기동차 적용 현차 시험 및 전기적 특성 평가 (철도차량 운영기관) ○ 지상서버 구축을 통한 차량 에너지 소비량 및 운행패턴 데이터베이스화 ○ 전기철도차량의 에너지 미터링 데이터 분석을 기반으로 한 운행패턴별 에너지 소비량 분석 ○ 에너지 미터링 및 에코드라이빙 시스템 적용을 통한 에너지소비의 환경·경제성 분석 ○ 현장적용 및 시험평가 결과를 토대로 차량운행 에너지 효율적 관리 방안 도출 ○ 사계절 시운전 완료, 신뢰성 검증을 통한 양산화 준비 및 사업화 진행
연구개발성과	1. 에너지 미터링 시스템 개발 ○ 0.5R급 AC, DC 전기동차용 운행에너지 미터링 시스템 설계 및 시제품 제작 - 기존 및 신규 제작 차량 대상 설치 용이 구조 (컴팩트 모듈화 구성으로 제어 모듈 및 측정 모듈 개발, 유무선 통신 지원) - 0.5R급 AC, DC 에너지 사용량 계측 기능 - 차량 운행 정보 취득 및 관리 (HDLC 통신 해석을 통한 TCMS 통신 데이터 캡처, 분석 및 필요 정보 추출) ○ 공인기관 성능 인증, 현차 설치 시운전을 통한 성능 평가 및 신뢰성 검증 - EN 50463 규격 만족의 성능 인증 시험 (2차년도 환경시험 인증, 3차년도 0.5R Class 성능 인증) 2. 에코드라이빙 시스템 개발 ○ 에너지 저감 10%의 최적 경제운전 지원 시스템 설계 및 시제품 제작 - 기존 및 신규 제작 차량 대상 설치 용이 구조 (컴팩트 모듈화 구성으로 주제어 모듈 및 모니터링 모듈 개발, 유무선 통신 지원) - 에너지 사용량 정보 및 차량 운행 정보 기반 최적 경제운전 패턴 도출 기능 - 운전자 친화적인 에코드라이빙 지원 화면 표출 기능 ○ 공인기관 성능 인증, 현차 설치 시운전을 통한 성능 평가 및 신뢰성 검증 - EN 50463 규격 만족의 성능 인증 시험 (2차년도 환경시험 인증) 3. 분석 및 이력관리 소프트웨어 개발 (지상 데이터 서버 구축) ○ 정보 분석 및 이력관리 소프트웨어 설계 및 제작 - 차량별, 구간별, 운전자별 정보 분석 및 이력관리 기능 - 다양한 검색 기능, 분석 및 보고서 기능 (엑셀, CSV 파일 연계 및 변환) ○ 현차 설치 시운전 데이터 원격 연계를 통한 성능 평가 및 신뢰성 검증 - LTE 모뎀 연계 (광주광역시 도시철도공사 1호선 - 주관기관 시험실) - 실제 사용현장(기지국)에서 목적을 달성하는 지 시험하고, 검증하는 단계를

	거쳐 S/W의 모든 기능과 성능, 사용 가능성을 사용자의 관점 및 실제 환경에서 검증 ○ 현차 시운전을 통해 기록 저장된 데이터를 분석하고, 지속적으로 이력관리하여 빅데이터를 구축하고, 이를 활용하여 더욱 세분화된 경제운전 패턴 도출 지원 ○ 시제품의 현차 시운전에 따른 기록 저장된 데이터뿐만 아니라 구간별/차량별/운전자별 데이터의 관리가 가능하고, 향후 운영기관의 ERP 시스템과 용이한 연계를 지원하는 확장성 및 구축 유연성 확보 4. 시험 환경 구축, 현차 시험 및 성능 분석 ○ 선행 기술 분석 및 설계 상세 분석 - 에너지 미터링 장치, 에코 드라이빙 시스템, 시스템 인터페이스 및 차량 연계 ○ Lab 시험 환경 구축 및 시스템 성능 시험 평가 - 평가 절차서, 시험환경 및 시험 평가, 시험 대상차량 선정, 설치, 시운전 방안 ○ 광주광역시 도시철도공사 1호선 현차 시험 (8월 ~ 12월) 및 성능 분석 - 시운전 데이터 분석, 시험 평가, 환경/경제성 분석, 에너지 효율관리 방안 제시 <예상되는 연구개발성과 유형> <table><tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서 원문</th><th rowspan="2">연구시설 · 장비</th><th rowspan="2">기술요약 정보</th><th rowspan="2">소프트웨 어</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">생명자원</th><th colspan="2">신품종</th></tr><tr><th>생명 정보</th><th>생물 자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr><tr><td>예상성과 (N/Y)</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td></td><td>Y</td><td>Y</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실물	예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y		Y	Y					
구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종																														
								생명 정보	생물 자원	정보	실물																													
예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y		Y	Y																																		
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 전력사용량의 측정/기록 시스템 기술을 전체 전기철도차량에 확대 적용함으로써 편성별/구간별 소비전력의 이력관리 및 차량 소비에너지 체계적 관리기술로 활용 ○ 주요 모듈별 제작기술 · 현차시험 결과 등을 토대로 국내 상용화 후 수입대체 및 해외시장 진출 ○ 동일구간에 운행하는 복수기관의 운행차량별 운행에너지 산정 방안 활용 ○ 에너지 소비량 분석을 통하여 기관사의 운전패턴에 따른 에너지 절감효과 도출 및 경영환경 개선에 기여 ○ 철도차량 에너지소비 이력관리 체계 구축 기술을 통하여 향후 차량뿐 아니라 역사, 사업소 등의 에너지소비 이력관리 체계 구축으로의 확산 유도하여 전체 철도산업의 에너지 소비 이력관리 체계 고도화 실현을 통한 기술파급 및 성과 확산 ○ 국가 교통 정책 수립시의 주요 지표로써 사용 가능 ○ 교통부문 전력 사용량 산정 기술을 통해 국가 및 UNFCCC MRV 체계 대응 및 향후 국가 배출량 산정 DB 활용 ○ 전기철도차량의 편성별 전력사용량을 실시간 측정/기록하는 미터링 기술 개발을 통해 국내 철도운영기관의 경영개선에 기여 ○ 철도차량용 에너지 미터링 장치 설계/제작기술을 타 산업계측분야에 활용																																							
국문핵심어 (5개 이내)	에코드라이빙		에너지 미터링		에너지 관리		소비전력 측정		전기철도시스템																															
영문핵심어 (5개 이내)	Eco-Driving		Energy Metering		Energy Management		Power Consumption Measurement		Electric Rolling Stock System																															

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행내용 및 성과	14
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	105
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	112

<별첨> 주관연구기관의 자체 평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 개요

○ 에코드라이빙 시스템은 전기철도차량이 기동을 시작하게 되면, 그때부터 동작하여 에너지 측정 장치에서 저장된 전력량 데이터와 차량 운행 정보의 분석 내용을 기반으로 에너지 절약 운전을 위한 실시간 운전패턴을 계산하고 운행정보 데이터를 저장한다. 또한, 철도차량이 차량 기지에 입고하여 운행을 마치면 차량 기지 서버의 근처에 위치할 때 그동안 저장된 정보(경제 운전 패턴 데이터, 소비 전력, 회생 전력 등)를 차량 기지 서버에 무선 전송하여 이들 정보가 차량 기지 서버의 데이터 저장부에 저장되도록 한다.

○ 다음 그림 1-1은 에코드라이빙 시스템의 전체 구성을 나타낸다.

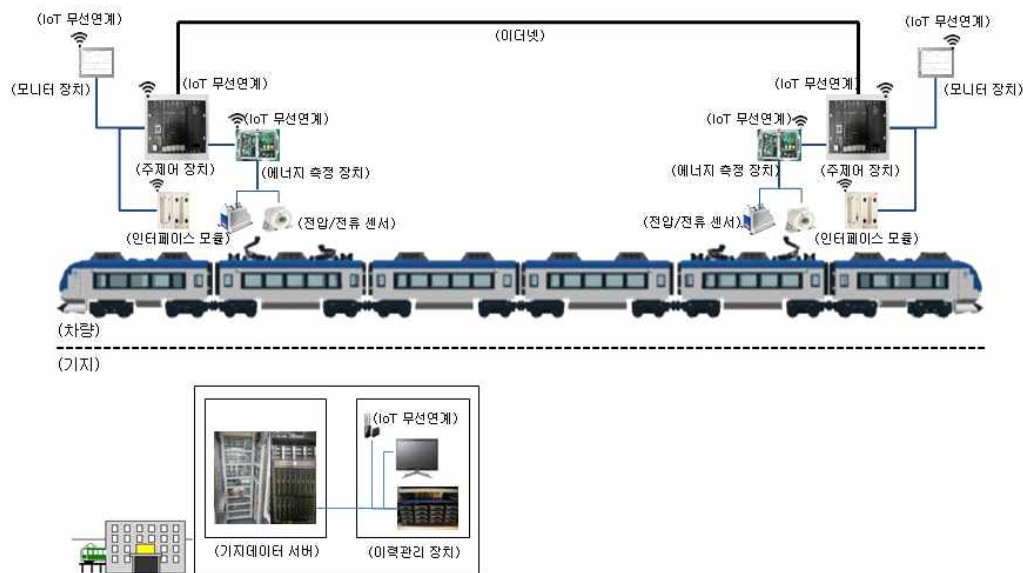


그림 1-1 에너지 미터링 및 에코드라이빙 시스템 전체 구성도

○ 개발 대상 기술·제품의 중요성

- 철도운영기관 매년 3%정도 에너지 절감 목표 제시하고 있음. 운영기관 에너지 절감에 크게 기여
- 철도차량의 운행단계에서 배출되는 온실가스 중 전력소비에 의한 부분이 약 60%를 차지하고 있으며, 지속적인 철도노선의 증가로 전기에너지 소비 증가 예상
- 철도차량의 차량별/노선별 소비에너지를 정량적으로 관리하고 운행 에너지 절감을 위한 에코드라이빙 시스템 기술개발이 시급하고 이를 통해 소비에너지의 효율 개선에 기여

○ 개발 대상 기술·제품의 파급효과

[기술적 측면]

- 차량운전 패턴과 에너지 사용량을 분석하여 효과적인 운전패턴을 도출하여 에너지 저감 (운행 에너지 5~10% 절감 기대)
- EN50463 규격 시험 인증을 통한 국가 기술 및 해외수출 경쟁력 확보

[경제적·산업적 측면]

- 철도차량의 에너지 미터링 장치 기반으로 경제운전과 연계 시 운행에너지 5~10%(2011 UIC, UNIFE)정도의 에너지 절감(차량 운행전력비 연간 3,000억원의 경우, 100~200억 원/년 추정)에 기여
- 현재 국내 제품이 없어 해외 차량수출시 수입 의존 장치의 국산화 개발 및 사업화로 수입 대체 및 수출 확산 기대

[사회적 측면]

- 에너지·온실가스 목표관리제(2015년도 철도공사 외 7개 기관) 시행 여건 하에서 차량편성별 운행 에너지소비에 대한 실시간 정량적 측정 및 관리 수단 제공
- 철도차량 EMS와 연계한 노후 차량 효율 분석, 고장점 표정 서비스 등을 통한 안전하고 신뢰성 있는 철도차량 운영에 기여

1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황

○ 국내 기술 동향 및 수준(신청 기관 포함)

- 국내에는 아직 제안된 기술의 연구개발 및 상용화가 전무한 실정임
- 일부 열차제어장치에 누적된 전력량을 기록하는 기능은 있으나 에코드라이빙 기능이 있는 제품은 없음
- KTX-산천 일부 운전실 TCMS의 MMI화면에 누적전력량을 확인 할 수 있는 기능이 있음.
- 8200호대 전기기관차의 운전실 MMI화면 창에 적산전력계라는 창을 표시할 수가 있다. 이 표시 창에는 소비한 전력량을 리셋 시키는 기능이 있어 본인이 사용한 전기사용량을 알 수가 있다. 또한 회생 제동을 쓰면서 생산한 전력량도 알 수가 있음.
- 다만 상기 경우 차량에 기본 설치된 전압 및 전류 센서의 값을 계산하여 누적된 전력량만을 확인 가능하며, 별도의 기록 및 저장을 통한 데이터 분석을 할 수 없음.

- 디젤기관차의 경우 한국철도공사 자체사업으로 연료사용량 측정장치를 중소기업과 개발하여 시운전 시험을 통하여 운전패턴에 따른 연료사용량의 편차를 확인하였으나 사계절 시운전을 하지 못한 상황이며, 상용화 및 사업화는 진행되지 않은 상황이다.
- 전기철도차량의 경우 한국철도기술연구원이 자체사업으로 2015년 ~ 2017년간 (주)태희에볼루션이 참여기업으로 개발하여 공항철도차량 환경에 맞게 적용하여 현차 시운전을 마쳤으나 사계절 시운전을 하지 못한 상황이며, 실용화 및 사업화는 진행되지 않은 상황이다.

○ 국외 기술 동향 및 수준

- 독일 DB(Traction Energy Measurement and Billing, TEMB)를 비롯한 스위스 SBB, 네덜란드 NSB, 벨기에 INFRABEL 등 유럽의 철도운영기관에서 도입하여 운용 중에 있음
- 해외 철도차량의 경우 에너지 측정 장치 및 경제운전 지원 시스템이 유럽 국가철도망을 운행하는 차량에 설치 운영되고 있음
- EN50463 규격을 기준으로 에너지를 측정하고 이를 효율화 하여 에너지를 저감하는 에코드라이빙 시스템을 장착하는 차량이 늘고 있는 실정임
- HaslerRail사 REM(Railway Energy Meter)시스템

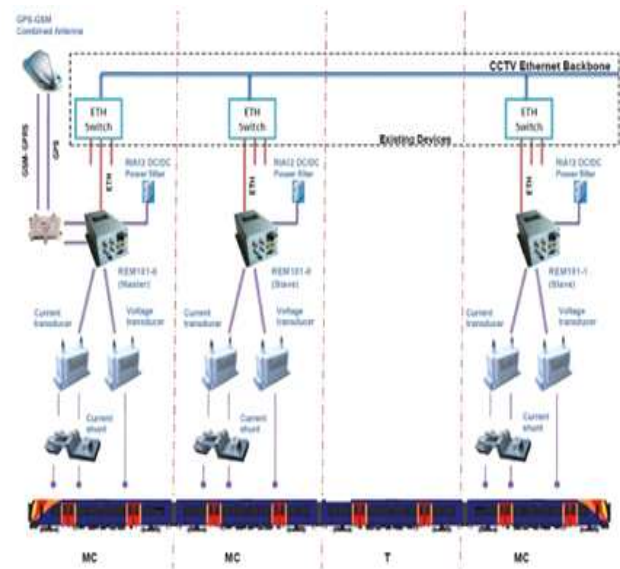


그림 1-2 REM(Railway Energy Meter)시스템 사진 및 구성도

- LEM사 EM4T-II electricity meter 시스템

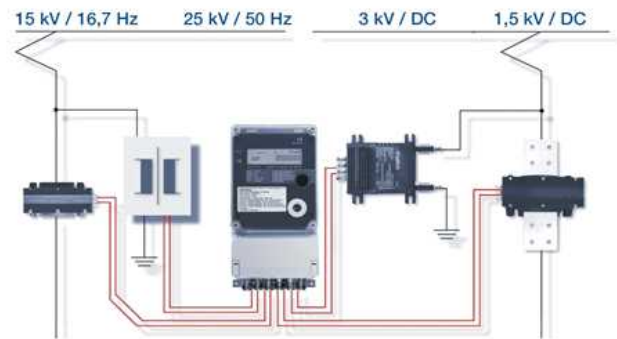
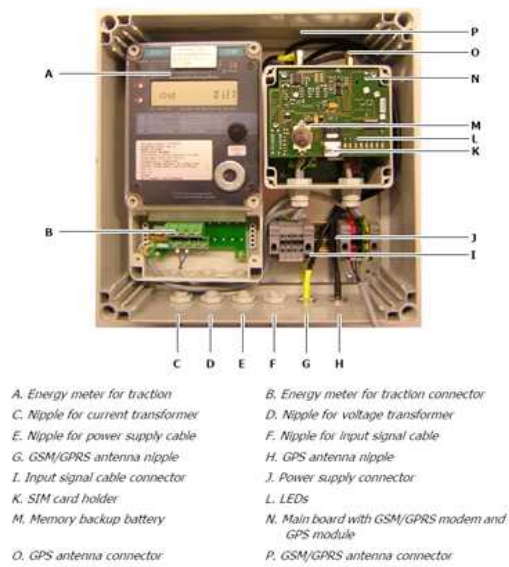


그림 1-3 EM4T-II electricity meter 시스템 사진 및 구성도

- 독일 DB Traction Energy Measurement and Billing 시스템

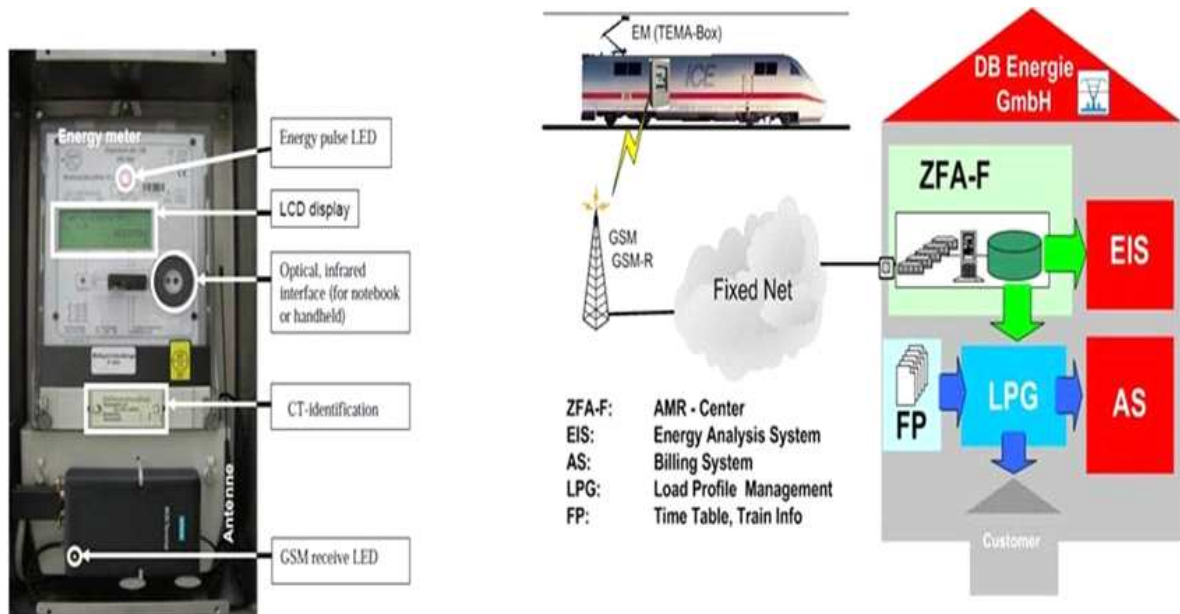


그림 1-4 Traction Energy Measurement and Billing 시스템 사진 및 구성도

1-3. 연구개발의 중요성

○ 기술의 우수성

- 제안 기술과 유사한 기술은 국내에는 없는 상황이며, 제안 기술 중 에너지 미터링 시스템의 경우 연구 개발에 진행된 시험용 장비가 있을 뿐임
- 철도차량의 에너지 사용량 측정기술로는 디젤연료의 사용량을 측정하는 기술이 있으나 이는 전력사용과는 다른 측정기술이 적용되므로 유사기술로 비교할 수 있는 수준은 아님
- 제안 기술이 철도차량에 적용될 경우 에너지 절감효과 및 철도차량 시스템 용품으로서의 가치가 높을 것으로 판단됨.
- 기존 차량에 추가 장착이 가능하도록 저비용, 고효율의 차량 인터페이스 기술을 개발할 예정임
- 에너지 미터링 시스템 및 에코드라이빙 시스템 기본 구성도

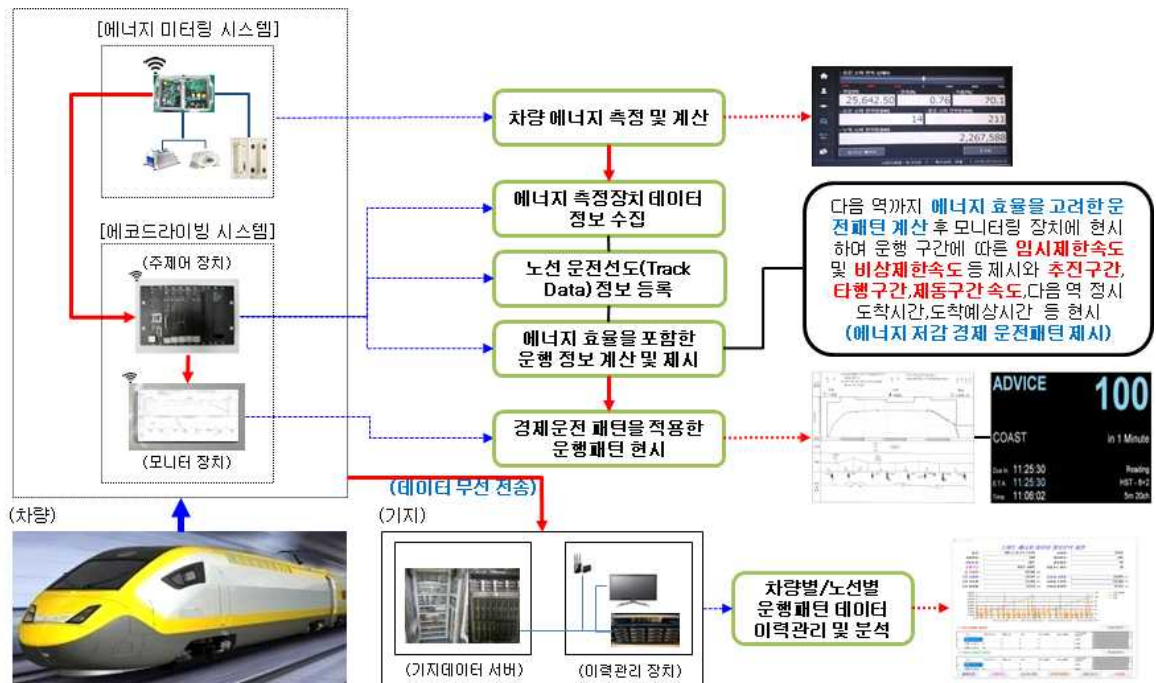


그림 1-5 에너지 미터링 기반 에코 드라이빙 시스템 구성도

- 철도차량의 편성별/구간별 전력사용량을 실시간 측정/기록하고 모니터링 장치를 통하여 운전자에게 에너지 절감운전을 위한 운행패턴 가이드를 제공하여 철도운영기관의 운행에너지 절감 및 경영수지 개선에 기여
- 전력사용량 모니터링 시스템 설계/제작기술을 타 산업계측분야에 활용
- EN50463 규격에 준하는 시스템 적용(EMS : Energy Measurement System 관련규격)

❖ **BS EN 50463 Railway applications – Energy measurement on board trains**
Part 1 : General
Part 2 : Energy measuring
Part 3 : Data handling
Part 4 : Communication
Part 5 : Conformity assessment

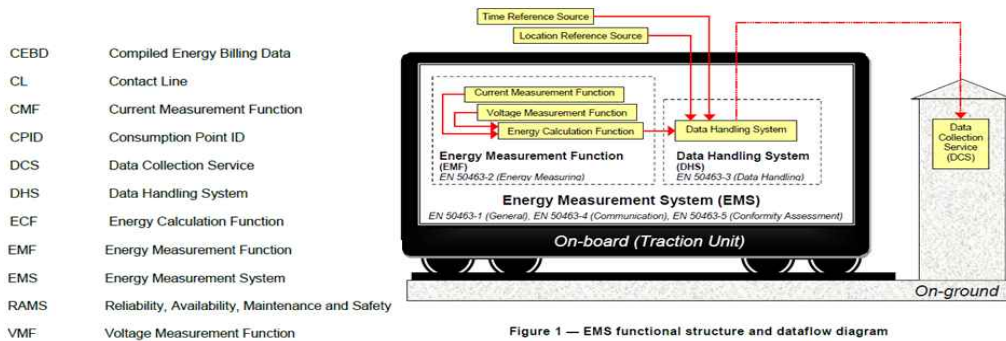


Figure 1 — EMS functional structure and dataflow diagram

그림 1-6 EN50463 EMS 구성

○ 성과달성에 필요한 주요기술

▶ EN50463 규격 적용기술

- 시스템 레벨 요구사항 적용
- 하위시스템 레벨 요구사항 적용
- 에너지 측정 기능 요구사항 적용
- 에너지 계산 기능 요구사항 적용
- 데이터 처리 요구사항 적용
- 통신 요구사항 적용
- 적합성 평가 적용

▶ 계측제어 기술

- 전압, 전류 센서의 측정값을 실시간 계산하여 사용량 기록
- 기록되는 사용량을 실시간 모니터링
- 운행하여 측정된 에너지의 평균 구간 사용량을 표시
- 운행 중 실시간 순간 사용량 표시

▶ 에너지 절감 기술

- 소비에너지 분석을 통한 경제운전 패턴계산
- 동일구간/동일시간 운행에 따른 에너지 절감 운전 패턴 현시

▶ 무선 데이터전송 기술

- 차량과 지상간 무선 데이터 송수신 기술

▶ 철도차량 인터페이스 기술

- 철도차량 제어장치와 신호 및 데이터 인터페이스
- 철도차량 계전기 신호와 인터페이스

▶ 빅데이터 저장 및 활용 기술

- 각 차량별, 구간별, 시간별 데이터를 구분하여 저장
- 대용량 저장장치를 활용한 데이터 저장

▶ 데이터 분석을 위한 AI 기술(차량운행패턴분석)

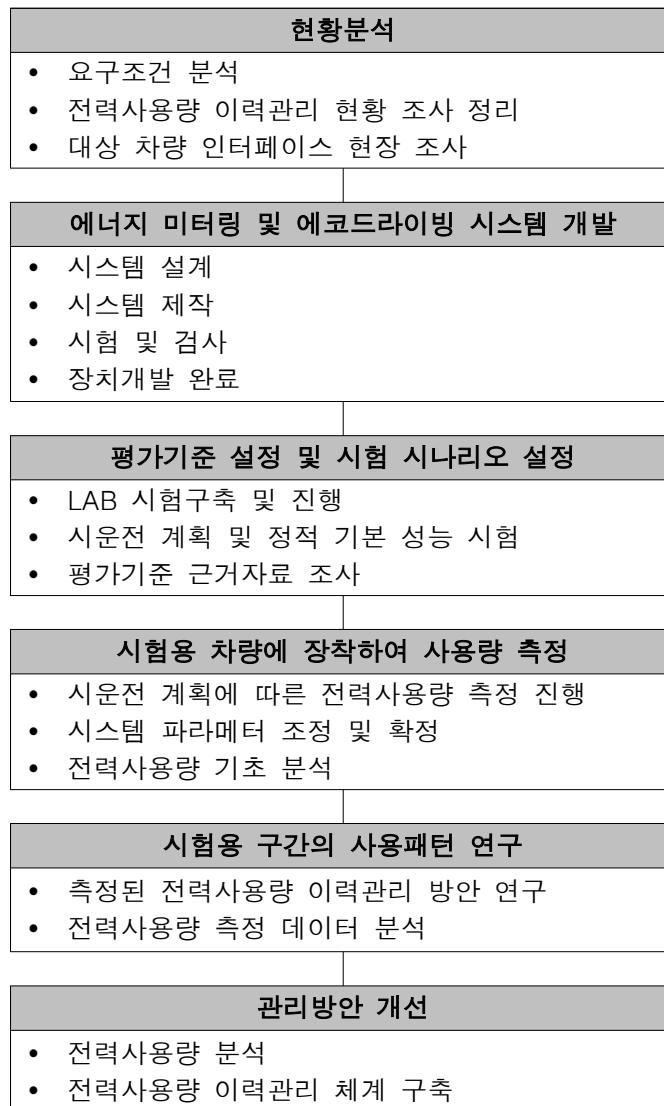
- 측정된 에너지 사용량을 차량별, 구간별, 시간별로 분석
- 분석된 데이터를 최종 관리시스템에 연계
- 축적된 데이터의 구간별 최대, 최소, 평균 에너지 사용량 자동 산출
- AI 기법을 이용하여 차량 운행의 패턴 분석을 통한 최적의 경제운전 패턴 도출

○ 기술의 독창성

- 대상기술과 유사한 기존 기술로는 디젤기관차의 연료미터링 장치 기술이 있으나 시험용으로만 개발된 기술이며, 측정기술이 디젤과 전력으로 상이하여 단순 비교가 어려우며, 유사한 기술이 일부 적용되는 부분이 있으나 상용화 기술의 비교는 어려움
- 따라서 대상기술 자체가 국내에는 없는 기술로 전량 수입에 의존하고 있음. 또한 고가의 전력계와 유사하나 철도차량의 특수성을 대상으로 일반 전력계는 적용할 수 없으므로 제품화 및 상용화에 따라 기술의 특수성이 크게 부각 될 수 있음
- 전기철도차량의 각 차량별 소비되는 전력을 측정하고 계산하는 알고리즘과 이를 기록하고 체계적으로 이력관리 하는 기법이 상당히 독창적인 기술에 해당됨
- 에너지 미터링 장치를 기반으로 차량운행시 에너지 사용량을 최소화 할 수 있는 운전패턴을 계산하고 이를 운전자에게 현시하여 동일구간, 동일시간 운행시 에너지 절감 효과를 이룰 수 있음
- 신규차량 및 기존차량에 모두 쉽게 적용 가능하고 설치 및 유지보수성을 높이기 위해 이더넷 통신 및 각 모듈별 무선통신으로 데이터 연계가 가능하도록 구성
 - 신규차량은 각 모듈 및 편성 내 제품간 이더넷으로 연계
 - 기존차량은 각 모듈 및 편성 내 제품간 무선통신으로 연계, 설치 및 유지보수 용이하게 적용
- 대상기술의 범용성을 위하여 각 주요장치별 모듈화 구성하여 모든 전기철도차량에 적용 가능한 형태로 구성
- 대상기술은 AC 및 DC 전기철도차량에 모두 적용 가능한 형태로 측정모듈을 구성

○ 기술의 활용성

- 전력사용량의 측정/기록 시스템기술을 통한 전체 전기철도차량의 적용으로 편성별,구간별 소비전력의 이력관리 가능
- 에너지 소비량 분석을 통하여 기관사의 운행패턴에 따른 에너지 절감효과 도출
- 철도차량 에너지소비 이력관리 체계 구축 기술을 통하여 향후 차량뿐 아니라 역사, 사업소 등의 해당기술의 확산을 유도하여 철도산업 전체의 에너지 소비 이력관리 체계를 선진화
- 국가 교통 정책 수립 시 주요 지표로 사용 가능
- 교통부문 전력 사용량 산정 기술을 통해, 차후 국가 배출량 DB에 기여
- 온실가스 모니터링 기반 융복합기술 개발과제 발굴
- 현장적용 절차



1-4. 선행 연구 내용 및 결과

○ 선행 국토교통 R&D 사업 개요

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
미래창조과학부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	전기철도차량 에너지 미터링 장치 기술개발	7.7억	

○ 선행 국토교통 R&D 사업 결과

용역수행실적증명서

신청인	업 체 명 (상호)	한국철도기술연구원		대 표 자	나 회 승	
	영업소재지	경기도 의왕시 철도박물관로 176		전화번호	031-460-5000	
	사 업 자 등록번호	138-82-02013		제 출 처	국토교통과학기술 진흥원	
	증명서용도	제안서 제출용				
용역 수행 실적 내용	용 역 명	전기철도차량 스마트 에너지 미터링 장치 기술개발		구 분	타당성조사 () 기본계획조사 () 기술실용성조사 () 기술시설택 () 기술시설타 (○)	
	용역개요	- 연구책임자: 김용기 - 참여연구진: 김용기, 한문섭, 배창환, 함승현, 천윤영 외 - 주요연구내용 - 스마트 에너지 미터링 개념설계 - 스마트 에너지 미터링 장치 상세설계 및 제작 - 스마트 에너지 미터링 장치 시제품 제작시험				
	계약번호	계약일자	계약기간	계약금액	준공금액	비 고
	-	2015.01.01	2015.01.01- 2015.12.31	385,000,000	385,000,000	
	-	2016.01.01	2016.01.01- 2016.12.31	300,005,000	300,005,000	
	-	2017.01.01	2017.01.01- 2017.12.31	248,104,000	248,104,000	
	합계			933,109,000	933,109,000	
	상기와 같이 용역을 수행하였음을 증명하여 주시기 바랍니다. 2018년 2월 5일					
증 명 서 발급기관	위 사실을 증명합니다					
	기관명 : 한국철도기술연구원 (인)		전화번호 : 031-460-5000 FAX번호 :			
	주소 : 경기도 의왕시 월암동 360-1		발급부서 : 기획조정본부 연구지원팀			
		담당자 : 안병선 (인)				

그림 1-7 선행 R&D 실적 증명서

○ 선행 국토교통 R&D 사업 시운전 내용



그림 1-8 시제품과 전력분석기 시험

○ 선행 국토교통 R&D 사업 시운전 내용

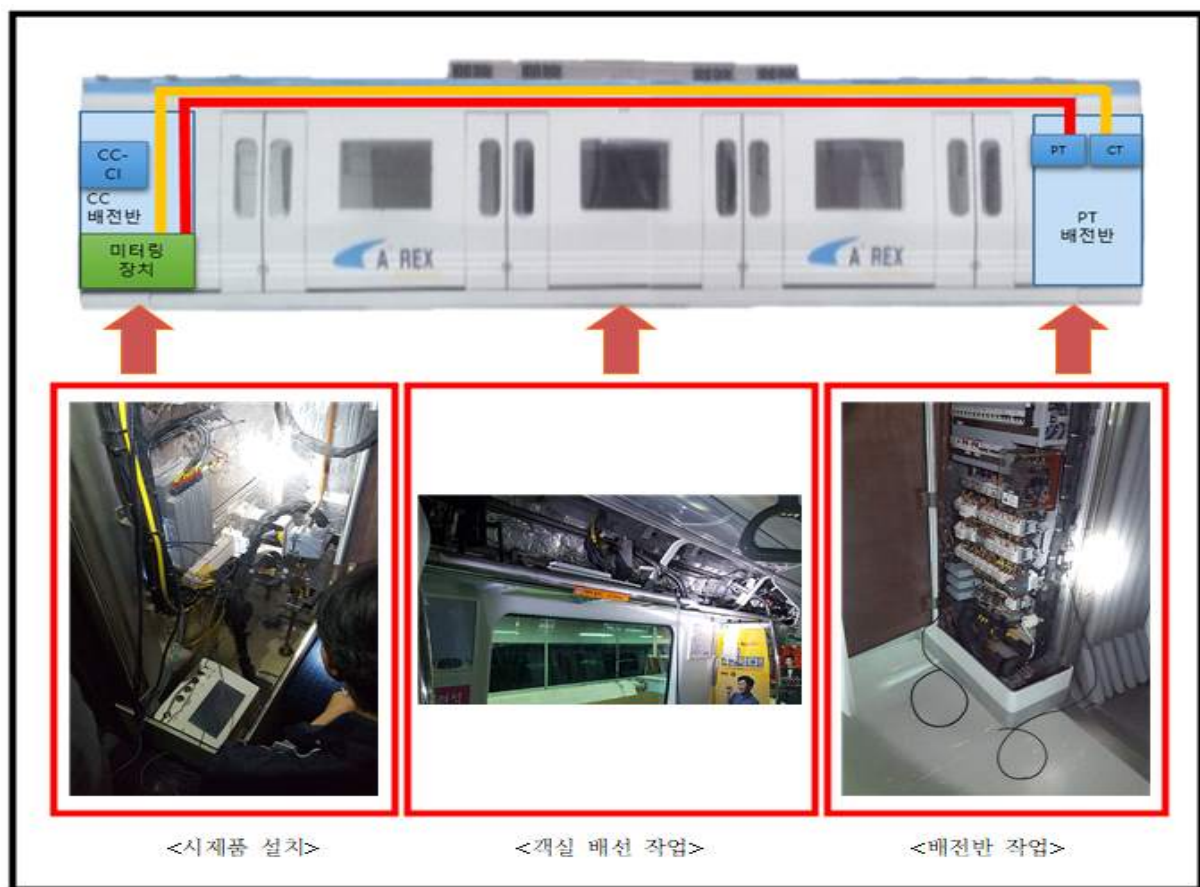


그림 1-9 시제품 설치 전경

- 시제품을 제작하여 현차에 설치 시운전 진행하였으며, 대상 제품이 **철도차량에 설치하였을 경우에도 차량과의 인터페이스에 문제가 없으며, 시제품의 기능 및 성능을 확인**하였음.
- 다만 기존 차량 중 특정 대상차량을 대상으로 시제품을 제작하여 현차에 설치 시운전 진행하다보니 범용성 있는 제품으로 제작하지 못하였으며, 영업운전 차량으로 모니터링 장치 등 모든 구성품을 일체화 하였고, 대상 제품간 통신라인의 연결이 어려워 편성에 따라 2set 설치시에 데이터 연계가 되지 않고 독립운행 형태로 시험하여 실용화/사업화를 위하여 제품의 고도화가 필요한 실정임

1-5. 국내외 관련 분야의 환경 변화

- 최근 들어 지구온난화는 점점 더 중요한 주제가 되어 가고 있다. 지구온난화의 원인 중 하나는 이산화탄소 (CO₂) 배출량 증가이며, 그 중 많은 부분이 교통 부문에서 나온다. 이에 유럽연합 (EU)은 CO₂ 배출량 감소 목표를 정했다. 이러한 조치로부터 영향을 받는 부문 중 하나가 철도 분야이다. 철도 분야의 목표는 UIC (International Union of Railways)와 CER (Community of European Railway and Infrastructure Companies)에서 정하고 있다. 단기 목표는 1990-2020년 사이에 CO₂ 배출량을 30% 줄이는 것이고, 2030년에는 감소율이 50%가 되도록 하는 것이다 (UIC, 2012). 또한, 철도회사의 에너지 소비량도 2030년까지 1990년 수준과 비교해 30% 줄여야 한다. 철도의 에너지 소비량 감소를 위한 또 다른 인센티브는 운영비 절감과 경쟁우위 향상에 주안점을 두고 있음
- 열차의 에너지 소비는 차량과 선로 사이의 마찰이 적기 때문에 매우 효율적이지만, 운전 전략과 시간표에 계획된 운행시간 역시 큰 영향을 미친다. 에너지 효율적인 최적 운전 전략을 통해 운행비를 크게 줄일 수 있으며, 철도 교통의 지속가능성을 더욱 높이는 데에도 도움이 된다. 따라서, 철도분야에서는 에너지 효율적인 열차 제어를 위한 효율적인 알고리즘에 대한 관심이 커지고 있으며, 이러한 알고리즘은 DAS (Driver Advisory Systems: 운전자 조언 시스템) 또는 AT0 (Automatic Train Operation: 열차자동운전장치) 시스템에 사용될 수 있음
- 유럽에서는 에코 드라이빙(eco-driving, CO₂저감 가능성 5~10%)을 통해 상당한 에너지 절감 가능성이 있음을 확인하였다. 독일 DB의 경우는 에너지 효율적인 운행으로 수천 톤의 CO₂및 에너지 비용으로부터 지속적인 재정적 자원을 절약하면서, 모든 철도 운전사의 일상의 한 부분이 될 수 있다는 것을 보여주었다(독일에서 14,000 명의 운전사들이 훈련 받아 옴). 다른 유럽 철도회사들(NSB, DSB, SBB)도 참여 하여 성공적으로 수행하고 있음
- 유럽을 중심으로 철도차량 에너지소비량 평가를 의무화 하고 친환경 철도차량 우선 구매를 유도하고 있음(CENELC 5091, UIC 345)

- 프랑스 국영 철도운영사 SNCF는 '18년 3월 발주한 신규 TGV 구매조건으로 에너지 소비 25% 저감을 명시하고 있음

국내철도차량의 에너지 사용효율($0.147\text{kWh}/\text{인} \cdot \text{km}$)은 유럽의 철도 차량($0.12\text{kWh}/\text{인} \cdot \text{km}$)대비 20% 낮음(Railroute 2050, ERRAC(2012); 교통부문 수송실적 보고, 교통안전공단(2016))

○ 국제철도연맹(UIC)는 '14년 기후 정상회담에서 Low carbon Rail Transport Challenge를 공표하고 철도부문 에너지 사용량과 온실가스 감축목표를 제시하고 있으며 철도부문 에너지 사용량을 '30년까지 50%, '50년까지 60% 감축(소비에너지/인 $\cdot$ km, 1990년 기준)을 목표로 하고 있고 또한 온실가스배출량을 '30년까지 50%, '50년까지 75% 감축을 목표로 함(CO_2 배출/인km, 1990년 기준)

○ 일본에서는 화석연료의 소비억제 지구온난화를 촉진하는 이산화탄소 배출 저감, 원자력 발전소의 상황을 고려하여 에너지 절약의 중요성을 강조하고 있다. 일본 자원에너지청의 발표에 의하면 일본의 에너지 소비 중 운수 부문은 전체의 24%를 차지하고 있다고 함. 철도의 소비에너지는 전동차의 운행소비에너지와 역사 및 인프라부문에서도 소비에너지 소비량이 증가하는 추세로 에너지 소비를 정확하게 파악하기 위해 전철의 에너지 절약기술을 도입하고 있다.

○ 탄소 규제에 따른 전환교통(Modal shift)정책과 북 및 유럽 지역의 대규모 인프라 투자로 철도시장 확대되고 있어 '16년 철도산업 시장규모는 약 1,690억 유로(차량 분야가 60%)이며, '50년까지 철도승객은 연평균 2.7% 수준으로 증가할 것으로 예상하고 있음

- 철도차량에 의한 온실가스배출의 감소를 위해 디젤차량의 운영을 감축하고 전철화 확대를 추진하고 있으며, 전철화를 '17년 2,595km(70%)에서 '26년 4,421km(82%)로 확대계획 하고 있어 상대적으로 전철화에 따른 전력소비 에너지 비용의 증가가 전망되므로 이에 대한 체계적인 전기 에너지 저감 및 관리방안에 대한 대응책 마련이 시급함

○ 고속철도 위주의 속도경쟁에서 벗어나 비용저감, 승객수송량 확대, 편의성 향상 및 친환경성 확대 등 철도의 경쟁력을 강화하는 기술개발을 추진하고 있으며 유럽연합은 Shift2Rail 프로젝트의 목표를 철도 수송용량 2배 증대, 신뢰성 · 정시성 50%향상을 목표로 설정하고 있음. 국내에서는 국가 연구개발 또는 철도운영기관 및 기업 자체적으로 철도부문 에너지 저감을 위한 연구를 수행한 바 있으나 실용화가 이루어지지 못한 실정임

○ 유럽은 국가간 철도운행이 되고 있고, 해와 철도운영기관에서는 온실가스저감 및 에너지소비 비용 절감을 하고자 차량편성별 운행소비 에너지에 대한 실시간 측정 장치를 통해 에너지 소비량에 대한 통계를 산출하고 에너지 소비량에 대한 비용을 정산하고 있고 또한 운전자에게 에코드라이빙을 적극 권장하여 10%이상의 차량운행 소비에너지를 절감하여 경영 개선에 반영하고 있다.

- 이러한 중요성에도 불구하고 국내운영기관에서의 전기철도차량에는 아직 미터링 장치와 경제운전 시스템이 보급되지 않아 에너지 효율성 향상에 어려움이 있어 전철도차량용 에너지 미터링 장치와 에코드라이빙 시스템 개발이 시급한 실정이며, 실질적으로 에너지 미터링 기반 에코드라이빙 시스템을 통해 에너지 절감 효과를 유도할 수 있으며 이를 통해 온실가스 및 에너지관리를 위해 수요처 마다 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 시스템의 필요성에 대한 인식의 변화로 수요가 증가하고 있어 시스템 개발이 더욱 요구 됨
- 전기 철도차량들의 운행 에너지 소비 분석 및 에너지 효율성 평가를 위한 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 시스템 개발로서 이 장치를 차량에 취부하여 에너지 미터링을 통해 데이터로 산정된 소비전력을 기록저장하며 외부통신포트를 통하여 데이터 이관이 요구되고, 미터링 장치는 센서류, 주제어부, 데이터 입/출력부 및 연산장치, 차량내부 데이터 전송을 위한 통신부, 데이터 저장부, 표시부 등으로 구성되며, 이력관리 및 분석을 위한 시스템 소프트웨어 개발이 요구됨.
- 본 연구에서는 전기 철도차량에 적용할 수 있는 에너지 미터링 장치, 미터링 데이터의 활용 방안, 시스템 설계 및 제작, 에코드라이빙시스템의 성능 등에 대한 조합시험 및 구내 시운전 성능, 영업운행 노선에서의 현차 운행시험 및 성능 평가를 토대로 신뢰성을 확보하여 전기철도 차량 편성별 운행에너지에 대한 에너지 효율적 관리방안을 제시하였음.
- 1차년도에는 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙시스템에 대한 요구조건 분석, 주요 모듈 설계 및 주요 소프트웨어를 설계하였고, 설계에 따른 시작품을 제작 하였음. 또한 향후 현차 시험을 위한 관련 규정 분석, 대상 차량 분석 및 차량 에너지 사용량 예측과 운행정보 수집을 위한 인터페이스 방안을 상세 분석, 설계하였음.
- 2차년도에는 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙시스템에 대한 Lab 환경시험을 구축하여 시험 평가 절차방안을 수립하고, 시제품에 대한 통합시험 형태로 주요모듈 및 표시기에 대한 입출력시험을 수행하여 시제품의 성능을 파악하고자 함. 또한 시험차량 선정방안과 현차 시험을 위해 시험 차량에 탑재 설치방안 및 시운전 방안을 제시하였음.
- 3차년도에는 시제품 보완, 에너지 미터링, 경제운전 지원 시스템 및 지상 기지국 서비 시스템을 포함한 종합 시스템 구축과 통합 시험, 공인인증 성능 시험과 현차 시험을 수행하였음. 또한 수립된 시험절차서를 바탕으로 시운전 시험 및 평가 체계 구축과 시운전 데이터 분석, 환경·경제성 분석을 통하여 차량 운행에너지 효율적 관리방안 제시 하였음.

2. 연구수행내용 및 성과

2-1. 연구개발 내용 요약

(1) 1차년도 연구개발 내용

- 주관연구기관(비츠로씨앤씨):

구분	내용
연구내용	○ 에너지 미터링 시스템 요구조건 분석 - 운행안전성 확보를 위한 운영기관 요구사항 조사 ○ 에너지 미터링 시스템 요구명세서 작성 ○ 에너지 미터링 주제어 모듈 설계 ○ 에너지 미터링 데이터 측정 모듈 설계 ○ 에너지 미터링 시스템 제어 프로그램 설계 ○ 에너지 미터링 시스템 운영 프로그램 설계 ○ 에너지 미터링 주제어 모듈 시제품 제작 ○ 에너지 미터링 데이터 측정 모듈 시제품 제작 ○ 시스템 각 모듈별 차량과의 인터페이스 방안 조사

- 공동연구기관(태희에볼루션):

구분	내용
연구내용	○ 에코드라이빙 시스템 요구조건 분석 ○ 에코드라이빙 시스템 요구명세서 작성 ○ 에코드라이빙 시스템 주제어 모듈 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 모니터링 장치 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 제어 프로그램 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 운영 프로그램 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 주제어 모듈 시제품 제작 ○ 에코드라이빙 시스템 모니터링 장치 시제품 제작 ○ 시스템 각 모듈별 차량과의 인터페이스 방안 조사 ○ 이력관리 소프트웨어 설계 ○ 분석 소프트웨어 설계

- 공동연구기관(한국철도기술연구원):

구분	내용
연구내용	○ 국내외 시장동향 분석 ○ 선행기술 조사 및 3P 분석 ○ 시스템 요구 명세 정의 및 도출 ○ 시스템 설계목표 명세 수립 ○ 시스템 인터페이스 명세 분석 ○ 시스템 설치 및 시운전 방안 ○ 차량연계조건 분석(AC 및 DC전기동차)

- 위탁연구기관(광주광역시 도시철도공사):

구분	내용
연구내용	○ 에너지 관리 형태 및 방법 조사 ○ 에너지 관련 자체 규정 및 비용 계상 방법 조사 ○ 운영차량 형식 및 운행방법 조사(자동/수동/무인) ○ 모니터링 장치와 차량간 인터페이스 방법 검토 ○ 시스템 각 모듈별 차량과의 인터페이스 방안 조사

(2) 2차년도 연구개발 내용

- 주관연구기관(태희에볼루션):

구분	내용
연구내용	○ 에너지 미터링 시스템 설계 보완 ○ 에너지 미터링 시스템 시제품 제작 ○ 제어 프로그램 수정/보완 ○ 운영 프로그램 수정/보완 ○ 에너지 미터링 시스템 환경시험 ○ 개발된 모듈별 차량 설치 위치 검토 ○ 모듈별 차량과의 인터페이스 검토 ○ 다양한 상황조건에 대한 현장조건 검토 및 제시 ○ 다편성간 복합적 시험가능성 운영기관과 협의 ○ 에코드라이빙 시스템 설계 보완 ○ 에코드라이빙 시스템 시제품 제작 ○ 제어 프로그램 수정/보완 ○ 운영 프로그램 수정/보완 ○ 분석 소프트웨어 제작 ○ 이력관리 소프트웨어 제작 ○ 에코드라이빙 시스템 환경시험 ○ 에코드라이빙 시스템 차량 설치 위치 검토

구분	내용
이력관리 소프트웨어	○ 데이터는 SQL서버 형태로 운영되어 데이터베이스 서버시스템으로 구축 ○ 필요에 따라 검색 후 엑셀파일 또는 CSV파일로 변환되어 검토 및 다양한 분석이 가능 ○ 데이터 서버의 용량은 운영기관의 차량보유 대수에 따라 조금 다르지만 충분히 기록 저장 가능한 용량으로 계산할 예정이며, 확장의 용이성도 고려하여 구축 ○ 1차 시험대상 운영기관의 시운전 데이터의 관리 및 분석을 통하여 향후 차량보유 대수가 많은 운영기관에 적용 가능한 데이터 관리방안 제시 예정

- 공동연구기관(한국철도기술연구원):

구분	내용
연구내용	○ 시스템 성능평가용 국내외 규격 분석 ○ 시스템 성능평가 절차 수립 ○ LAB시험 환경 구축 ○ 미터링 시스템 시험 및 평가 ○ 시험대상 차량선정 지원 ○ 시스템 설치 및 시운전 방안 제시

- 위탁연구기관(광주광역시 도시철도공사):

구분	내용
연구내용	○ 시운전 대상차량 검토 및 선정 ○ 시운전 일정 검토 ○ 개발된 시스템 모듈별 차량 설치 위치 검토 ○ 모듈별 차량과의 인터페이스 검토 ○ 시운전 절차 검토 ○ 시운전 사전 조건 및 내부 협의사항 검토

(3) 3차년도 연구개발 내용

- 주관연구기관(태희에볼루션):

구분	내용
연구목표	○ 시스템 엔지니어링 ○ 에너지 미터링 시스템 하드웨어 보완 ○ 에너지 미터링 시스템 제어 및 운영 프로그램 보완 ○ 시운전 진행 ○ 에너지 미터링 시스템 파라미터 조정 ○ 에코드라이빙 시스템 하드웨어 보완 ○ 에코드라이빙 시스템 제어 및 운영 프로그램 보완 ○ 분석 및 이력관리 소프트웨어 보완 ○ 지상서버 구축 ○ 시운전 진행 ○ 에코드라이빙 시스템 파라미터 조정 ○ 운행패턴 검토 ○ 시스템 신뢰성 검토 ○ 시스템 양산준비 및 사업화 추진

- 공동연구기관(한국철도기술연구원):

구분	내용
연구목표	○ 시운전 시험 및 평가지원 ○ 시운전 데이터 분석 ○ 환경·경제성 분석 ○ 차량 운행에너지 효율적 관리방안 제시

- 위탁연구기관(광주광역시 도시철도공사):

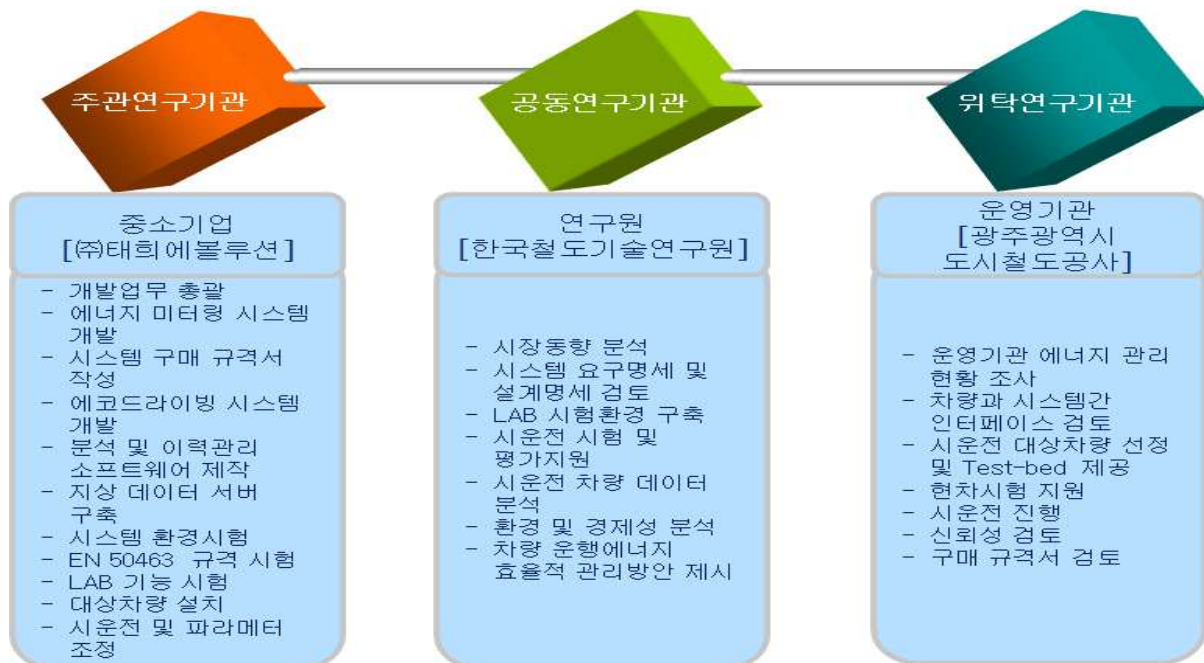
구분	내용
연구목표	○ 시운전 진행 ○ 운행패턴 검토 ○ 시스템 신뢰성 검토

2-2. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

1. 연구개발 추진전략·방법

○ 추진 전략

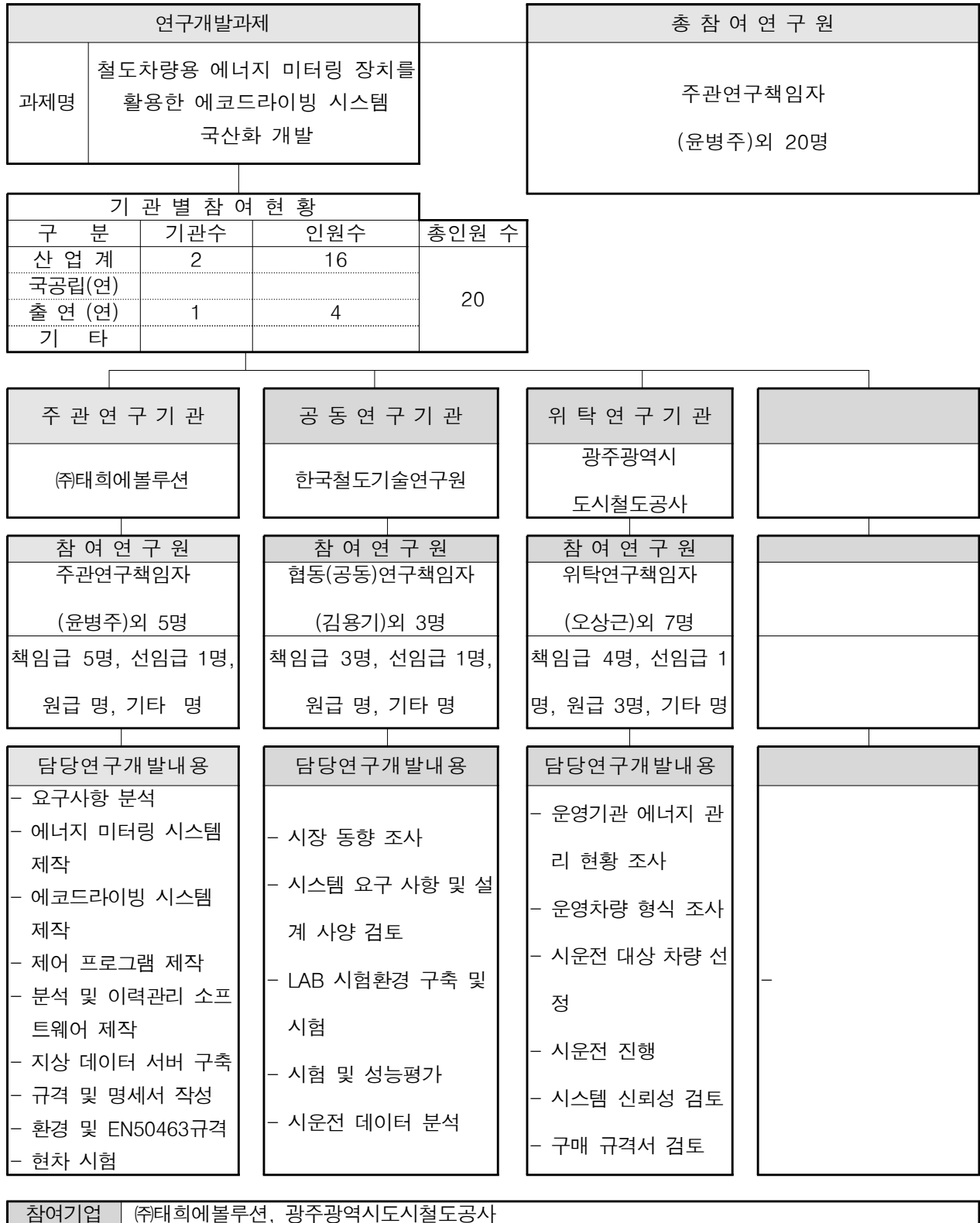
- 주관연구기관은 (주)태희에볼루션(중소기업) 연구소에서 진행
- 주관연구기관인 (주)태희에볼루션(중소기업)은 에너지 미터링 시스템을 활용하여 에너지 절감 운전을 가능하게 지원해 주는 에코드라이빙 시스템(Eco-Driving Assistance System)의 개발과 차량 에너지 및 운행패턴을 분석하고 이력관리를 할 수 있는 소프트웨어와 이를 운영할 수 있는 지상 데이터 서버 구축을 담당
- 공동연구기관인 한국철도기술연구원(연구원)은 국내외의 시장동향 분석과 시험환경 구축 및 시운전 시험에 대한 평가를 지원하며, 시운전 데이터를 분석하여 구간별 에너지 사용패턴 및 경제운전 패턴을 분석 도출하고 주관연구기관이 분석된 데이터를 기반으로 시스템의 안정화를 이룰 수 있도록 지원함
- 위탁연구기관인 광주광역시도시철도공사(운영기관)는 현재 운영기관의 에너지 관리 현황 조사와 차량과 에너지 미터링 시스템/에코드라이빙 시스템간의 인터페이스를 검토하고 시운전 대상차량의 선정과 테스트베드를 제공하여 구내 및 본선 시운전 진행을 담당
- (주)태희에볼루션이 보유하고 있는 에너지 미터링 기술을 제품화/고도화 하고 이 기술을 좀 더 확장하여 차량의 운행 에너지 절감을 지원하는 시스템인 철도차량의 운행에너지 관리 및 에너지 절감 지원시스템 개발을 진행하고, 한국철도기술연구원은 현재까지의 경험 등을 활용하여 시스템에 대한 설계검토 및 시운전 시험평가와 데이터 분석을 토대로 운행에너지의 효율화를 최적화 할 수 있도록 검토하며, 운영기관인 광주광역시도시철도공사에서는 구매규격의 검토와 개발된 제품을 현차에 시험할 수 있도록 지원하여 신뢰성을 검토하고 개발이 성공되었을 경우 차량에 적용할 수 있는 기반을 마련하여 제품의 사업화를 지원



- 개발되는 제품은 상호 연관성을 갖는 2개의 시스템으로 중소기업간 상호 기술협업 및 국책연구원과 철도차량의 운영기관(End-User)이 개발에 참여하여 실용화를 위한 시험 및 평가와 신뢰성을 검토 확인할 수 있도록 구성함

2. 연구개발 추진체계

○ 추진체계



3. 연차별 추진일정

○ 1차년도 추진 일정

– 주관연구기관 : (주)비츠로씨앤씨

1차년도(2018)								
구분	개발내용	추진 일정						책임자 (소속기관)
		18.7	18.8	18.9	18.10	18.11	18.12	
2	에너지 미터링 시스템 요구 분석							(주)비츠로 씨앤씨
3	에너지 미터링 시스템 하드웨어 설계							(주)비츠로 씨앤씨
4	운영 및 제어 프로그램 설계							(주)비츠로 씨앤씨
5	주요 모듈 시작품 제작 (측정모듈 및 제어 모듈)							(주)비츠로 씨앤씨

– 공동연구기관 : (주)태희에볼루션

1차년도(2018)								
구분	개발내용	추진 일정						책임자 (소속기관)
		18.7	18.8	18.9	18.10	18.11	18.12	
1	에코드라이빙 시스템 요구 분석							(주)태희에 볼루션
2	에코드라이빙 시스템 하드웨어 설계							(주)태희에 볼루션
3	운영 및 제어 프로그램 설계							(주)태희에 볼루션
4	분석 및 이력관리 소프트웨어 설계							(주)태희에 볼루션
5	주요 모듈 시작품 제작 (모니터링 및 주제어 모듈)							(주)태희에 볼루션

- 공동연구기관 : 한국철도기술연구원

1차년도(2018)								
구분	개발내용	추진 일정						책임자 (소속기관)
		18.7	18.8	18.9	18.10	18.11	18.12	
1	시장 동향 분석							한국철도 기술연구 원
2	선행기술 조사분석							한국철도 기술연구 원
3	시스템 요구명세 정리							한국철도 기술연구 원
4	시스템 인터페이스 검토							한국철도 기술연구 원

○ 2차년도 추진 일정

- 주관연구기관 : (주)태희에볼루션

2차년도(2019)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.10	19.11	19.12	
1	시스템 설계 보완													(주)비츠로 씨앤씨
2	시제품 제작													(주)비츠로 씨앤씨
3	운영 및 제어 프로그램 제작													(주)비츠로 씨앤씨
4	환경 및 EN50463 규격 시험													(주)비츠로 씨앤씨
5	시스템 성능 종합시험													(주)비츠로 씨앤씨

- 주관연구기관 : (주)태희에볼루션

2차년도(2019)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.10	19.11	19.12	
1	시스템 설계 보완													(주)태희에볼루션
2	시제품 제작													(주)태희에볼루션
3	운영 및 제어 프로그램 제작													(주)태희에볼루션
4	시험노선 운행선도 매핑													(주)태희에볼루션
5	지상서버 설계													(주)태희에볼루션
6	분석 및 이력관리 소프트웨어 제작													(주)태희에볼루션
7	환경 시험													(주)태희에볼루션
8	시스템 성능 종합시험													(주)태희에볼루션

- 공동연구기관 : 한국철도기술연구원

2차년도(2019)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.10	19.11	19.12	
1	성능평가 절차 작성													한국철도기술연구원
5	LAB 시험환경 구축													한국철도기술연구원
6	시스템 성능 종합시험 지원 및 대상차량 선정													한국철도기술연구원

○ 3차년도 추진 일정

– 주관연구기관 : (주)태희에볼루션

3차년도(2020)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	20.10	20.11	20.12	
1	에너지 미터링 시스템 설계 보완													(주)태희에 볼루션
2	에너지 미터링 시스템 시제품 제작 (예비품 포함)													(주)태희에 볼루션
3	시스템 파라미터 수정													(주)태희에 볼루션
4	EN50463규격 시험 및 구내시운전													(주)태희에 볼루션
5	본선시운전													(주)태희에 볼루션
6	데이터 이력관리													(주)태희에 볼루션

– 주관연구기관 : (주)태희에볼루션

3차년도(2020)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	20.10	20.11	20.12	
1	에코드라이빙 시스템 설계 보완													(주)태희에 볼루션
2	에코드라이빙 시스템 시제품 제작 (예비품 포함)													(주)태희에 볼루션
3	시스템 파라미터 수정													(주)태희에 볼루션
4	지상서버 구축													(주)태희에 볼루션
5	분석 및 이력관리 소프트웨어 제작													(주)태희에 볼루션
6	구내시운전													(주)태희에 볼루션
7	본선시운전													(주)태희에 볼루션

– 공동연구기관 : 한국철도기술연구원

3차년도(2020)														
일련 번호	개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	20.10	20.11	20.12	
1	시운전 시험 및 평가													한국철도기 술연구원
2	환경/경제성 분석 및 에너지 효율 관리방안 제시													한국철도기 술연구원
3	시운전 데이터 분석													한국철도기 술연구원

2-3. 연구개발 성과

1. 국내·외 논문 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록 번호*
1	교류 전동차 전력량 측정시스템 개발 및 성능평가	한국철도학회 논문집	김용기 장동욱 한문섭 윤병주	2020 .11 월	대한민 국	한국철도 학회	비SCI	2019.11	Journal of the Korean Society fo r Railway Vol.22. No.11
2	에너지 미터링 장치를 활용한 교류 전동차 소비전력량 분석	대한전기학회	김용기	2020 .12 월	대한 민국	대한전기 학회	비SCI	2020.12	대한전기학 회 Vol. 6 9, No. 12

* 연구 개발 성과 관리·유통 전담 기관에 등록된 번호 기재

2. 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국철도학회 2018년 추계학술대회	김용기 이재영 이철규 한문섭 홍순흠 윤병주	2018.10.18	라마다 프라자 제주호텔	전기철도차량 운행 에너지 계측 장치 기본 설계 방안
2	2019 도시철도학회 정기총회 및 춘계학술대회	김용기 이재영 윤병주	2019.05.09	제주휘닉스 리조트	전기철도차량 의 운행에너지 정보분석 지원 프로그램 검토
3	2020 한국철도학회 춘계학술대회	김용기 이재영 장동욱 홍순흠 윤병주	2020.07.07	부산 벅스코	철도차량의 운행에너지 데이터 이력 관리 프로그램 구축

3. 생명자원(생물자원)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물명	등록/기탁 번호*	등록/기탁 기관	발생 연도
1				
2				

* 연구 개발 성과 관리·유통 전담 기관에 등록/기탁한 번호 기재

4. 지식재산권(특허, 실용신안, 디자인, 상표, 신품종 등)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록				기여 율
			출원인	출원일	출원번호	등록 번호*	등록인	등록일	등록번호	등록 번호*	
1	전기철도의 전압상승을 이용한 전압강하 및 레일전류 저감장치	대한 민국	한문섭 김용기 윤병주	2018. 10.18	10-2018- 0124122						40
2	철도차량 에너지 절감 운전 보조 시스템	대한 민국	윤병주 박태기	2019. 09.19	10-2019- 0115194			2020. 02.19	10-08140 40-0000		100
3	철도차량 에너지 절감 자동 운전 시스템	대한 민국	윤병주 박태기	2019. 09.19	10-2019- 0115195			2020. 02.19	10-08140 50-0000		100
4	철도 직류 급전 시스템	대한 민국	한문섭 김용기 윤병주 박성균	2018. 11.29	10-2018- 0151358			2020. 10.06	10-16532 40-0000		100
5	철도차량의 경제운전 장치 및 그 방법	대한 민국	김용기 홍순흠 이철규 이재영 장동욱	2019. 04.29	10-2019- 0049504			2020. 07.06	10-21327 64-0000		100
6	배터리와 회생에너지를 이용한 전기철도차량의 에코드라이빙 시스템	대한 민국	김용기 이재영 장동욱 윤병주	2020. 12.01	10-2020- 0165753						100

* 연구 개발 성과 관리·유통 전담 기관에 등록된 번호 기재

5. 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호*	저작권자명	기여율
1	에너지 미터링 데이터 저장 및 통신 프로그램 (TCMS HDLCT통신)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루 션	2020.12.17	C-2020-050 754		100%
2	에너지 미터링 데이터 저장 및 통신 프로그램 (데이터 전송)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루 션	2020.12.17	C-2020-050 755		100%
3	에너지 미터링 데이터 저장 및 통신 프로그램 (데이터 통합관리)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루 션	2020.12.17	C-2020-050 756		100%
4	에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 검색)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루 션	2020.12.17	C-2020-050 757		100%
5	에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 입력)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루 션	2020.12.17	C-2020-050 758		100%

6	에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 저장)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루션	2020.12.17	C-2020-050 759		100%
7	에너지 미터링 분석 프로그램 (그래프 기능)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루션	2020.12.17	C-2020-050 760		100%
8	에너지 미터링 분석 프로그램 (엑셀 변환)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루션	2020.12.17	C-2020-050 761		100%
9	에너지 미터링 분석 프로그램 (데이터 편집 및 관리)	2020.12.10	주식회사 태희에볼루션	2020.12.17	C-2020-050 762		100%

* 연구 개발 성과 관리·유통 전담 기관에 등록된 번호 기재

6. 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1													
2													

7. 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
1						
2						

8. 기술 거래(이전) 등

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1						
2						

9. 사업화 투자 실적

번호	연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격
1					1) 내부 자금 2) 신용 대출 3) 담보 대출 4) 투자 유치 5) 기타

10. 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생연도	기술 수명
							국내	국외		
1										

2-4. 성과목표에 대한 자체 평가

○ 1차년도

성과 목표	자체 평가
○ 시스템 엔지니어링 ○ 에너지 미터링 시스템 하드웨어 설계 ○ 에너지 미터링 시스템 제어 및 운영 프로그램 설계 ○ 에너지 미터링 시스템 시작품 제작 ○ 차량 시스템 인터페이스 검토	- 주관기관에서는 공동연구기관 및 위탁연구기관과 연구개발에 대한 상호 내용 공유 및 월간 정기회의 및 임시회의 등을 통하여 업무 협업을 주도하여 시스템 엔지니어링을 위한 원활한 진행을 성공적으로 수행 하였다. - 에너지 미터링 시스템의 경우 신조차량 및 기존차량에 장착이 가능하여야 하고 해외 제품에 비하여 좀 더 낮은 비용으로 제공하기 위하여 개념설계와 기본설계를 충실히 하였으며, 해외 수출을 위한 국제규격을 준수하여야 하므로 규격요건을 갖출 수 있도록 하드웨어를 설계하였다.
○ 에코드라이빙 시스템 하드웨어 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 제어 및 운영 프로그램 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 시작품 제작 ○ 분석 및 이력관리 소프트웨어 설계 ○ 국내외 시장동향 분석 ○ 선행기술 조사 및 3P 분석 ○ 시스템 설계명세 수립 ○ 운영기관 에너지 관리 현황 조사 ○ 운영차량 형식 조사 ○ 시스템 인터페이스 검토	- 에너지 미터링 시스템에 필요한 제어 및 운영과 관련된 프로그램을 설계 하였으며, 향 후 시제품 제작시 하드웨어의 기능을 보증할 수 있도록 여러 가지 상황을 고려하여 성실히 수행하였다. - 에너지 미터링 시스템 시작품의 경우 하드웨어 설계를 기반으로 기본 주요보드에 대하여 사전 프로토타입 제작으로 설계내용과 비교하였으며, 주요기능 및 성능을 확인하기 위한 시작품 제작을 성공적으로 완료 하였다. - 차량시스템 인터페이스 검토의 경우 위탁연구기관과 긴밀한 협조를 바탕으로 공동연구기관인 한국철도기술연구원과 협업하여 검토하였으며, 향 후 2차년도에는 좀 더 구체적인 검토를 통하여 차량인터페이스 모듈 설계에 반영할 예정이다. - 에코드라이빙 시스템의 경우 국내에서는 처음 개발하는 시스템으로 해외 시스템의 조사내용을 바탕으로 개념정립을 하였고 Stand-alone 형태의 시스템 개발을 목표로 에너지 미터링 시스템과의 연계를 포함하여 하드웨어 설계를 완료하였다. - Stand-alone 방식의 에코드라이빙 시스템의 기능 구현을 원활히 하기 위한 프로그램 설계를 진행하였으며, 에너지 미터링 시스템의 데이터를 연계하여 실시간 경제운전 패턴을 구현할 수 있도록 개념정립을 하였으며, 2차년도에는 에너지 미터링 시스템이 없는 상태에서도 기능 구현이 가능한 방법도 고려하여 고도화 할 예정이다. - 에코드라이빙 시스템 시작품의 경우에는 하드웨어 설계를 기반으로 시작품 제작 전에 기능별 부분적으로 프로토타입을 제작하여 설계내용과 비교 수정 등을 하였으며, 시제품 개발 전에 주요 기능 및 성능을 확인 할 수 있는 수준으로 시작품을 제작하였다. - 향 후 지상서버에 운영되어야할 분석 및 이력관리와 관련된 소프트웨어를 설계하였으며, 기록 저장되는 데이터 형태를 예측하여 그래프 현시와 데이터 리스트 현시 그리고 지속적으로 저장되는 데이터의 검색 및 관리가 용이하도록 설계에 반영 하였다.

성과 목표	자체 평가
	- 전기철도차량용 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 시스템 개발을 위해서 국내외 시장현황에서 요구되고 적합한 시스템 개발을 위하여 국내외 기술개발 및 특허기술 동향 분석을 통해 기술수준 및 요구사항을 파악하고자 하였다. 또한 에너지 미터링 및 에코드라이빙 장치의 현재의 시장수준과 향후 발전단계를 분석하여 시스템의 국산화를 위한 개발전략을 수립하고자 시장동향 분석을 성실히 수행하였다. - 전기철도차량용 에너지 미터링 및 에코드라이빙 시스템 분야의 특허 출원/공개, 제품 개발 현황에 대한 국내외 선행기술 조사 및 발표논문 분석을 통해 현재 및 미래의 기술개발 전략을 수립하고자 함. 또한 선행기술 조사 및 3P분석을 통해 특허 출원에 대한 회피 전략을 수립하여 차별화된 제품을 개발하는 기반을 마련할 있으며, 본 과제에서 개발하고자 하는 전기철도차량용 에너지 미터링 및 에코드라이빙 시스템의 현재의 기술수준 분석 및 기술 개발방향을 수립하는데 활용할 수 있도록 하였다.
○ 에코드라이빙 시스템 하드웨어 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 제어 및 운영 프로그램 설계 ○ 에코드라이빙 시스템 시작품 제작 ○ 분석 및 이력관리 소프트웨어 설계 ○ 국내외 시장동향 분석 ○ 선행기술 조사 및 3P 분석 ○ 시스템 설계명세 수립 ○ 운영기관 에너지 관리 현황 조사 ○ 운영차량 형식 조사 ○ 시스템 인터페이스 검토	- 본 연구에서는 EN 50463 규격을 토대로 전기철도차량용 시스템의 전력공급방식의 분석과 시스템 요구사항의 정의 및 분석, 장치의 요구사항에 대한 환경적, 기계적, 전기적 요구사항을 정의하였으며, 시스템의 신호입력 기본구성에 대한 정의 및 시스템의 기본 정의, 시스템 평가방법, 시스템의 주요모듈 기능(제어모듈, 측정모듈)과 시스템 기본 구성(안)을 도출하여 제시하였다. - 시스템의 인터페이스 사양은 본 과제의 위탁연구기관인 광주광역시도시철도 1호선차량(DC1500V)차량의 현장조사를 통해 차량과의 시스템 운행안전성 관련 운영기관의 차량에서 요구방안을 협의를 통해 인터페이스 사양을 분석하였으며, 인터페이스 사양을 토대로 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 시스템이 광주도시철도 차량과의 연계 조건을 분석하여 제시하였다. - 운영기관의 에너지 관리와 관련된 현황을 조사하였으며, 내부분서로서 주관연구기관의 시스템 설계 및 인터페이스 검토에 활용하였다. - 운영차량의 형식은 함께 위탁연구기관으로 참여하고 있는 광주광역시도시철도 1호선차량의 형식을 조사하여 시스템 설계 및 인터페이스 검토에 활용하였으며, 2차년도에는 2호선 차량에 대하여서도 검토 예정이다. - 시스템 인터페이스와 관련 수차례 현장 방문을 통하여 현장 확인 및 운영기관의 성실한 자료 제공으로 설계에 반영하기 위한 검토를 원활히 할 수 있었으며, 공동연구기관의 연구목표 및 내용에 적극적으로 활용하였다.

○ 2차년도

성과 목표	자체 평가
○ 에너지 미터링 시스템 설계 보완 ○ 에너지 미터링 시스템 시제품 제작 ○ 제어 프로그램 수정/보완 ○ 운영 프로그램 수정/보완 ○ 환경시험 ○ 개발된 모듈별 차량 설치 위치 검토 ○ 모듈별 차량과의 인터페이스 검토 ○ 다양한 상황조건에 대한 현장조건 검토 및 제시 ○ 다편성간 복합적 시험가능성 운영기관과 협의	- 주관기관에서는 공동연구기관 및 위탁연구기관과 연구개발에 대한 상호 내용 공유 및 월간 정기회의 및 임시회의 등을 통하여 업무 협업을 주도하여 시스템 엔지니어링을 위한 원활한 진행을 성공적으로 수행 하였다. - 에너지 미터링 시스템의 경우 신조차량 및 기존차량에 장착이 가능하여야 하고 해외 제품에 비하여 좀 더 낮은 비용으로 제공하기 위하여 개념설계와 기본설계를 충실히 하였으며, 해외 수출을 위한 국제규격을 준수하여야 하므로 규격요건을 갖출 수 있도록 하드웨어를 설계하였다. - 에너지 미터링 시스템에 필요한 제어 및 운영과 관련된 프로그램을 설계 하였으며, 시제품 제작시에는 하드웨어의 기능을 보증할 수 있도록 여러 가지 상황을 고려하여 성실히 수행하였다. - 에너지 미터링 시스템 시제품의 경우 하드웨어 설계를 기반으로 기본 주요보드에 대하여 시작품의 설계내용을 보완하였으며, 해외제품의 주요기능 및 성능과 동등 이상의 시제품 제작을 성공적으로 완료 하였다. - 차량시스템 인터페이스 검토의 경우 위탁연구기관과 긴밀한 협조를 바탕으로 공동연구기관인 한국철도기술연구원과 협업하여 검토하였으며, 현차 시운전 적용을 위한 통신연계 모듈을 제작 완료하였다.
○ 에코드라이빙 시스템 설계 보완 ○ 에코드라이빙 시스템 시제품 제작 ○ 제어 프로그램 수정/보완 ○ 운영 프로그램 수정/보완 ○ 분석 소프트웨어 제작 ○ 이력관리 소프트웨어 제작 ○ 에코드라이빙 시스템 환경시험 ○ 에코드라이빙 시스템 차량 설치 위치 검토	- 에코드라이빙 시스템의 경우 국내에서는 처음 개발하는 시스템으로 해외 시스템의 조사내용을 바탕으로 개념정립을 하였고 Stand-alone 형태의 시스템 개발을 목표로 에너지 미터링 시스템과의 연계를 포함하여 하드웨어 설계를 보완 완료하였다. - Stand-alone 방식의 에코드라이빙 시스템의 기능 구현을 원활히 하기 위한 프로그램 설계를 진행하였으며, 에너지 미터링 시스템의 데이터를 연계하여 실시간 경제운전 패턴을 구현할 수 있도록 개념정립을 하였으며, 설계 보완을 통하여 에너지 미터링 시스템이 없는 상태에서도 차량의 정보를 활용한 기능 구현이 가능한 방법도 고려하여 고도화 하였다.(통신데이터 연계 처리) - 에코드라이빙 시스템 시제품의 경우에는 하드웨어 설계와 F/W 및 모니터링 UI를 시작품 기반으로 검토 및 보완하여 수정 등을 하여 시제품을 제작하였다. - 향 후 지상서버에 운영되어야할 분석 및 이력관리와 관련된 소프트웨어 설계를 검토 보완하여 기록 저장되는 데이터 형태를 그래프 현시를 포함 데이터 리스트 현시 그리고 지속적으로 저장되는 데이터의 검색 및 관리가 용이하도록 제작 하였다. - 차량설치 위치는 공동연구기관 및 위탁연구기관과 협의하여 우선 장착할 위치를 선정하였다.

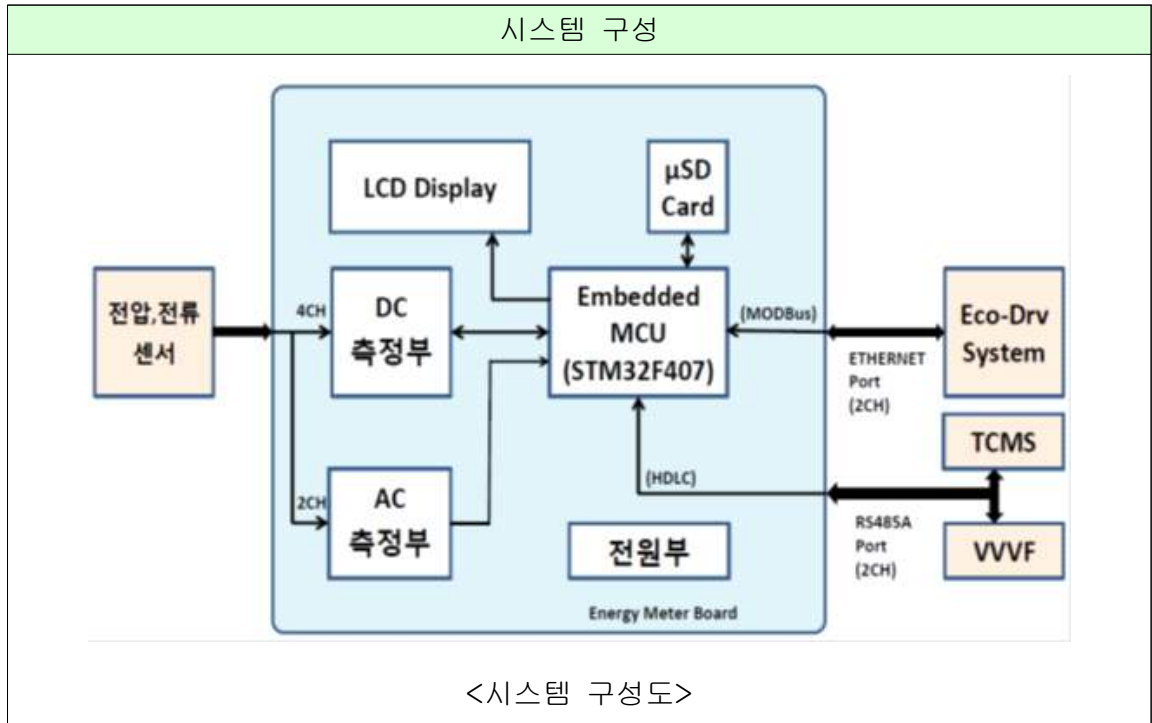
성과 목표	자체 평가
○ 시스템 성능평가용 국내외 규격 분석 ○ 시스템 성능평가 절차 수립 ○ LAB시험 환경 구축 ○ 미터링 시스템 시험 및 평가 ○ 시험대상 차량선정 지원 ○ 시스템 설치 및 시운전 방안 제시	- 에너지 미터링 장치의 시제품의 시스템 성능평가를 위한 국내외 규격분석 분석(ENM IEC, KS IEC) - 시제품에 대한 환경시험 및 시스템 성능 평가항목 절차수립 - 에너지 미터링장치 시제품의 시스템 Lab시험 환경구축 - Lab시험 환경구축 토대로 시스템 시험 평가 - 에너지 미터링 장치 시제품 적용을 위한 시험대상 차량의 선정(운영기관협의) - 에너지 미터링 시스템의 현차시험을 위해 DC 전기동차(1.5kV) 및 AC 전기동차(2.5kV), 차량과의 인터페이스 가능성, 설치 및 시운전을 위한 시나리오 방안 수립

○ 3차년도

성과 목표	자체 평가
○ 시스템 엔지니어링 ○ 에너지 미터링 시스템 하드웨어 보완 ○ 에너지 미터링 시스템 제어 및 운영 프로그램 보완 ○ 시운전 진행 ○ 에너지 미터링 시스템 파라미터 조정 ○ 에코드라이빙 시스템 하드웨어 보완 ○ 에코드라이빙 시스템 제어 및 운영 프로그램 보완 ○ 분석 및 이력관리 소프트웨어 보완 ○ 지상서버 구축 ○ 시운전 진행 ○ 에코드라이빙 시스템 파라미터 조정 ○ 운행패턴 검토 ○ 시스템 신뢰성 검토 ○ 시스템 양산준비 및 사업화 추진	- 주관기관에서는 공동연구기관 및 위탁연구기관과 연구개발에 대한 상호 내용 공유 및 월간 정기회의 및 임시회의 등을 통하여 업무 협업을 주도하여 시스템 엔지니어링을 위한 원활한 진행을 성공적으로 수행하였다. - 에너지 미터링 시스템과 에코드라이빙 시스템 현차 시험에 있어서 각각 개별로 제작하여 전동차에 장착하기 어려움이 있어 통합 제작하는 방향으로 진행하였다. - 분석 및 이력관리 소프트웨어, 무선 데이터 통신 프로그램 총 9건의 소프트웨어를 제작하고 소프트웨어 등록까지 완료하였다. - 위탁연구기관과 협의하여 구내 시운전, 본선 사전 시운전, 본선 시운전을 안전하게 진행하였다. - 시운전을 통해 수집한 데이터를 기반으로 시스템 파라미터를 조정하고 운행패턴을 검토 완료하였다. - 전체적인 연구개발 성과를 종합하면 컴팩트 모듈형의 국제표준 규격의 고정밀(Class 0.5R) 에너지 정보와 차량 연계 기능을 통한 차량운행 정보를 제공하는 <u>스마트 에너지 미터링 장치</u>, 시뮬레이션 방식의 에너지 최적 운행패턴을 현시하여 경제운전을 지원하는 <u>에코드라이빙 시스템</u>과 빅데이터 기반 정보분석 및 이력관리 기능을 바탕으로 경제운전 고도화를 지원하는 <u>기지 내 서버 시스템 상용화</u>를 달성하고 <u>현차 시험 검증</u>하였다.
○ 시운전 시험 및 평가지원 ○ 시운전 데이터 분석 ○ 환경·경제성 분석 ○ 차량 운행에너지 효율적 관리방안 제시	- 시운전을 위해 미터링 시스템을 차량에 설치하고 통신을 위해 통신라인 인터페이스를 설치, 시운전 방안을 수립하였다. - 열차운행 패턴별 에너지 사용량, 운행 구간 에너지 소비량, 특정 구간의 에너지 소비량, 월별 에너지 소비량, 월별 에너지 소비량 정리, 운행모드에 따른 전력사용량, 수동운전 운행모드 분석을 진행하였다. - 에너지미터링 장치 도입에 따른 경제성, 온실가스 저감효과를 평가하였다. - 운행에너지 효율적 관리방안으로 무게감소, 공기역학 및 마찰, 공간이용, 전환손실 감소, 제동 및 에너지 저장 재이용, 신 에너지원, 에너지 효율 운전, 에너지 소비와 측정 및 문서화 등을 제시하였다.

2-5. 연구개발 주요내용

○ 에너지 미터링 시스템 시제품 제작

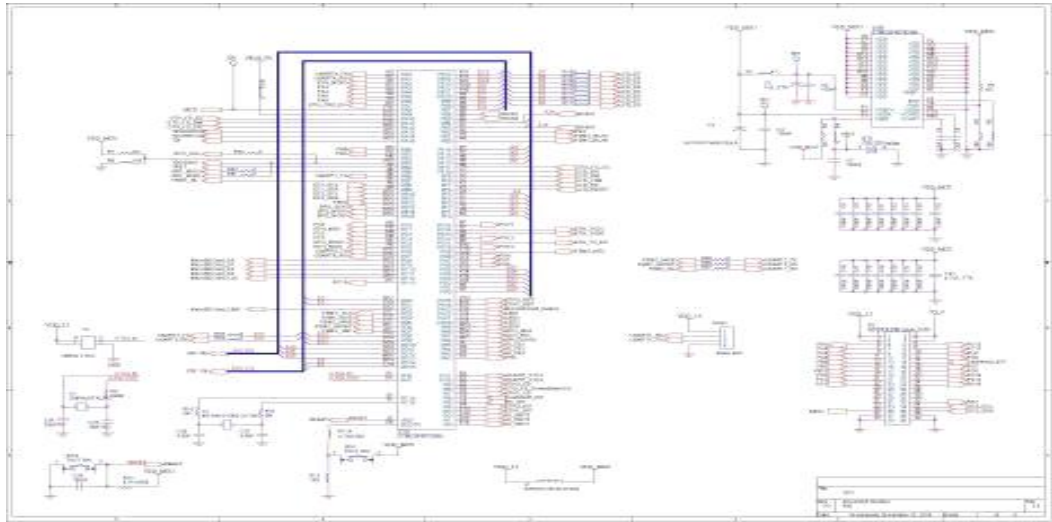


측정 채널 구성

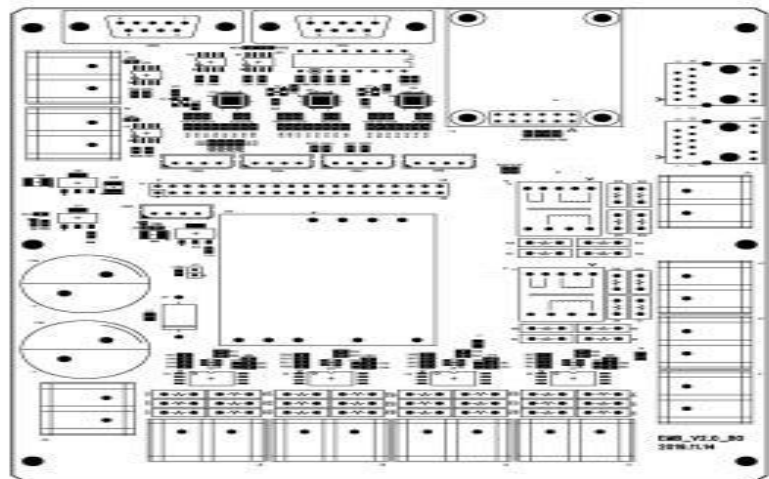
Version	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4
AC	AC-voltage	AC-current		
ACDC	AC-voltage	AC-current	DC-voltage	DC-current
DC	DC-voltage	DC-current		
DCDC	DC-voltage	DC-current	DC-current	
DCDCDC	DC-voltage	DC-current	DC-current	DC-current

<AC/DC 4채널 입력구성 조합>

- AC 전압: 70 ~ 300mV (또는 17.9 ~ 100mA)
- DC 전압: 17.9 ~ 100mA
- AC 전류: 1 ~ 5A (또는 25 ~ 100mA)
- DC 전류: 25 ~ 200mA



<CPU 모듈 회로도>



<측정 모듈 배치도>

미터링 시스템 시제품



<미터링 시스템 측정모듈 V01>



<미터링 시스템 측정모듈 V02>



<미터링 시스템 제어모듈 V01>

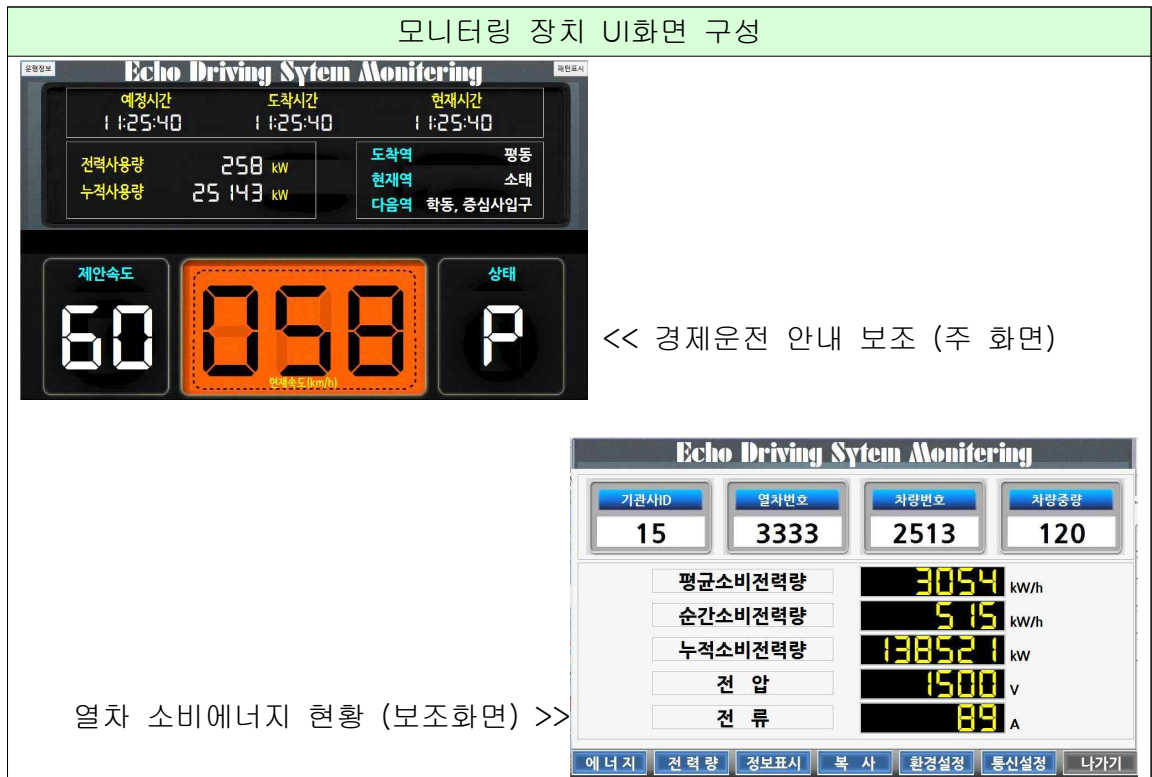


<미터링 시스템 제어모듈 V02>

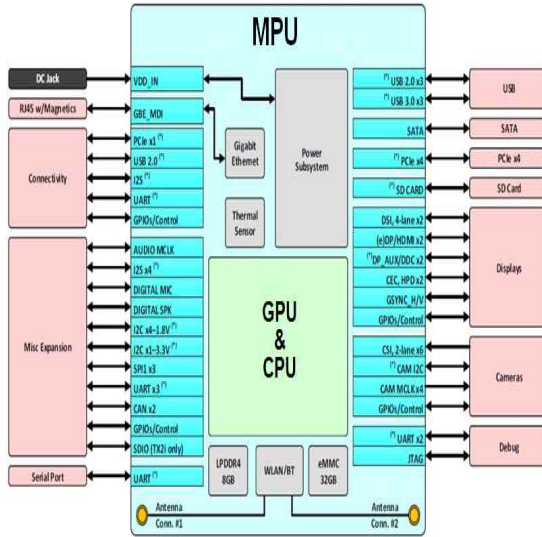
미터링 시스템 시제품 (모듈 통합)



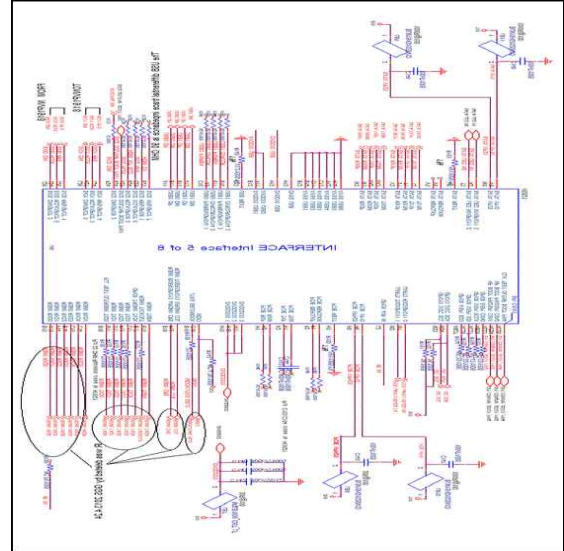
○ 에코드라이빙 시스템 시제품 제작



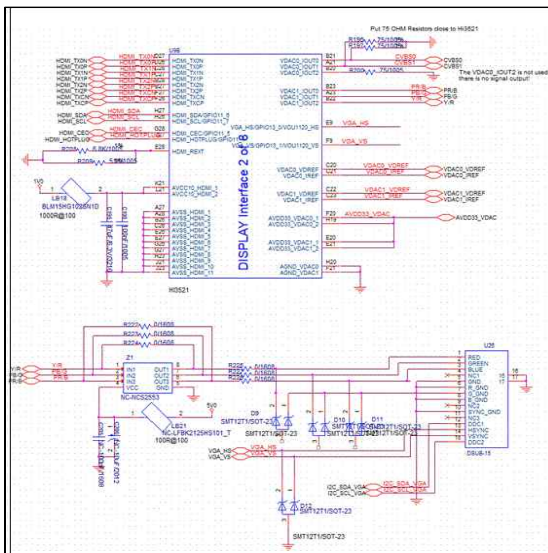
시스템 설계 및 보완



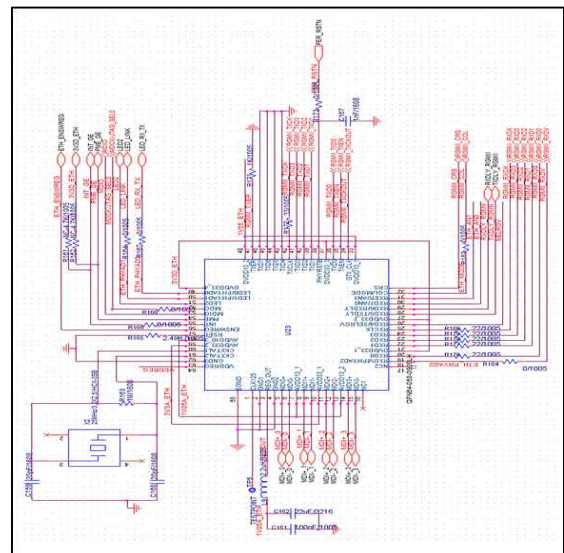
<MPU Block 구성도>



<CPU 모듈 회로구성>



<모니터링부 회로 구성>



<통신부 회로구성>

에코드라이빙 시스템 시제품



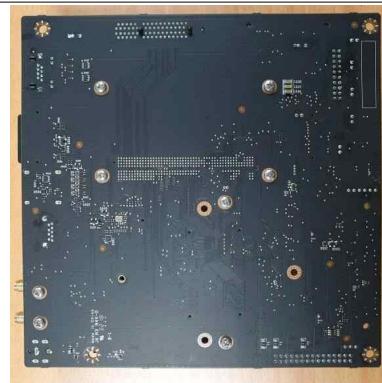
<모니터링 장치 1>



<모니터링 장치 2>

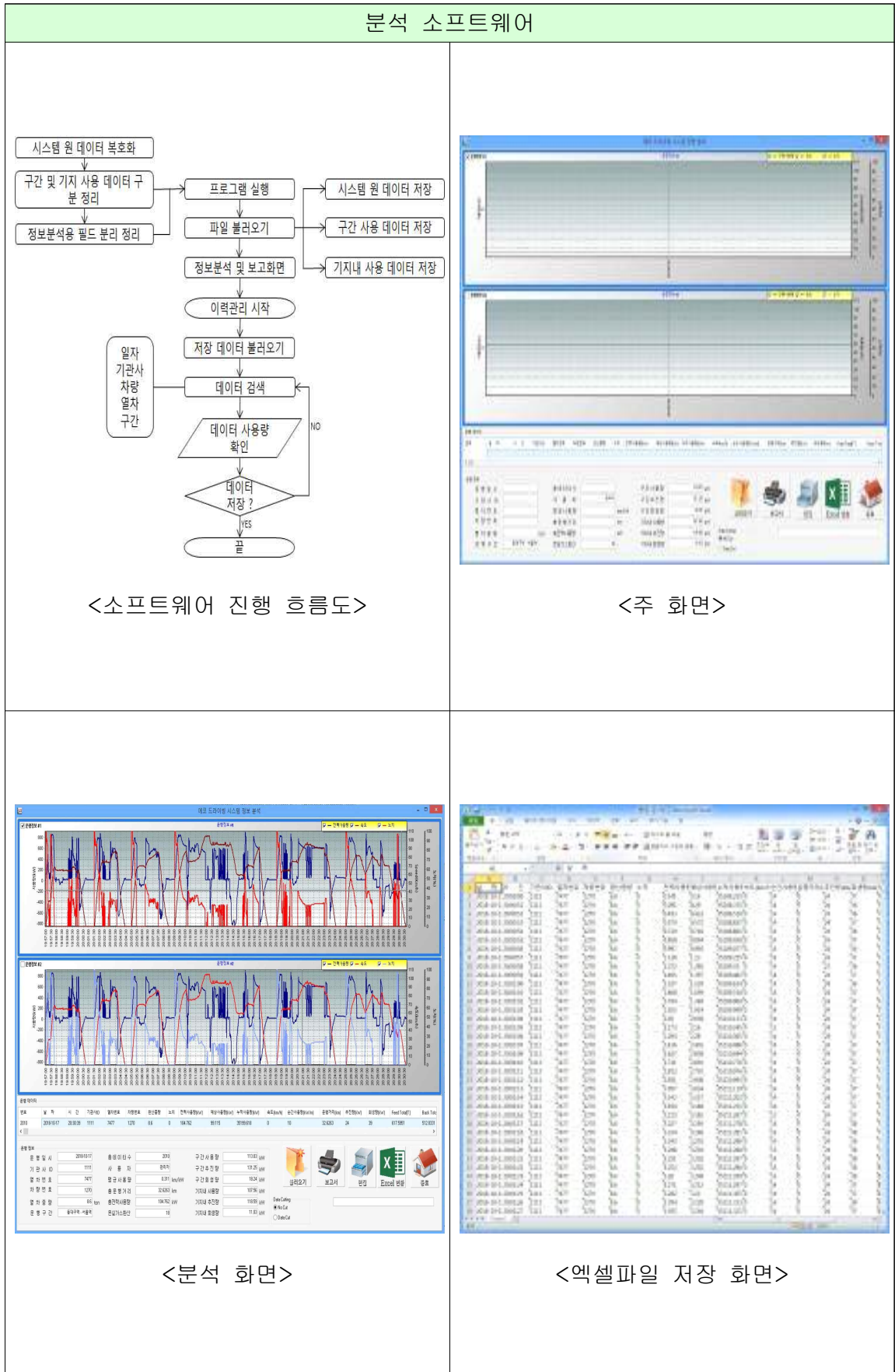


<주제어 모듈 1>

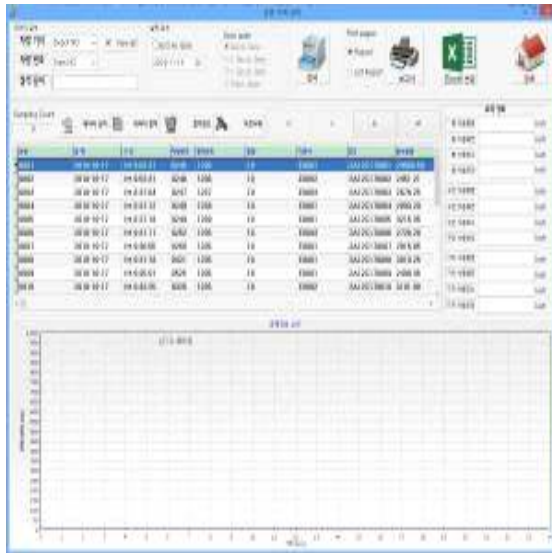


<주제어 모듈 2>

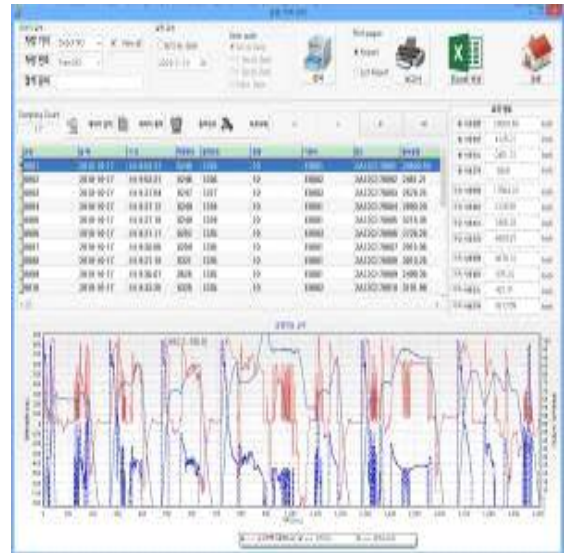
○ 분석 및 이력관리 소프트웨어 제작



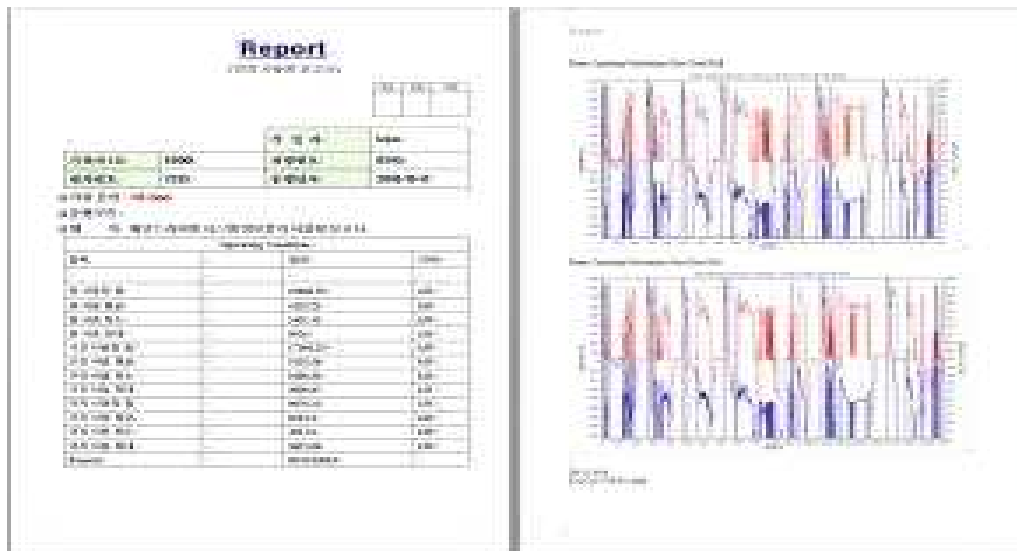
이력관리 소프트웨어



<이력관리 주 화면>

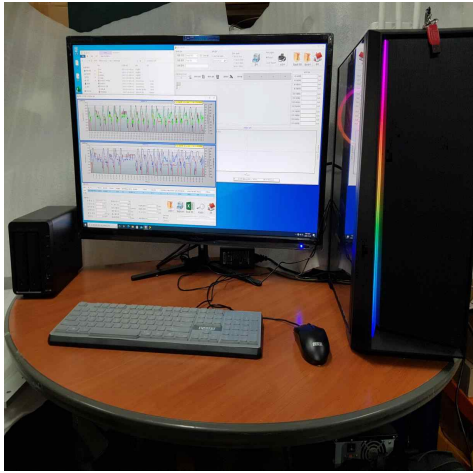
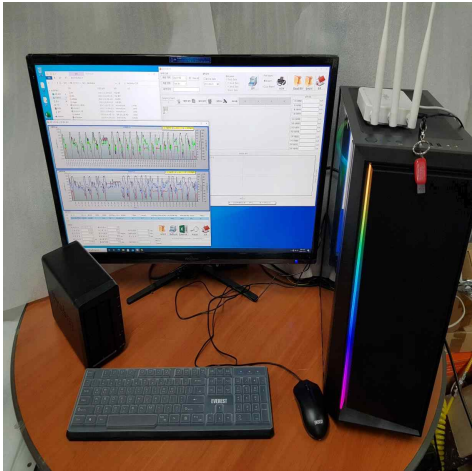


<파일선택 후 주 화면>



<이력관리 리포트 화면 - 프린트 출력 가능>

○ 데이터서버 구축

데이터 서버 구축	
	
<NAS>	<서버 환경 1>
	
<서버환경 2>	

○ 시제품 자체 시험

자체 기능 시험



<측정모듈 기능시험>



<시스템 기능시험>

문서번호	THE-19RD-05-010-P001	시일명	자체시험성적서_에코드라이빙_테스트	개 정	Rev 0.0
문서목적	자체시험 성적서			적 성 일	2019-11-01
				문서종류	검사서

과 제 명	에코드라이빙 에너지 모니터링 장치용 에코드라이빙 시스템 국산화 개발				
ITP No.	-	검 사	결 과	확 인	
ITC No.	-	제작사 확인			
제 작 사	에코드라이빙				
제 품 명	UI 소프트웨어	검 사 일	2019.11.01		
수 량	1 식	관 령	양호		
계측장비	- 시뮬레이션 PC ↔ 모니터링 장치				

검사구분	UI 기능 및 성능 시험	
문 영 (Serial No.)	UI 시스템	도면번호
검사항목	검사기준	결 과
TCP Modbus 통신 연결	통신 데이터 wire 표시가 정확하게 되는가?	정상
	TCP통신으로 데이터 소기가 정확하게 되는가?	정상
	UI 프로그램 시작시 자체 테스트가 진행되는가?	정상
	각 프로세스가 정확하고 완전한가?	정상
	정확하고 명백한 데이터(단위)로 되어 있고 명목한가?	정상
	운영 체제, 하드웨어에서 실행이 원활한가?	정상
	데이터가 1초 간격으로 저장되는가?	정상
	백사가 제대로 진행되는가?	정상
프로그램 기능	백지 기능, 광선 있는 기능, 모호하고 부정확한 기능이 있는가?	정상
	로직 에러가 있는가?	정상
	인터페이스가 모듈 사용과 양립적인가?	정상
	모든 고유한 값들이 제대로 표시되는가?	정상
	변수명 데이터 영역이 사용 전에 초기화되는가?	정상
	적절한 경고 조건을 테스트 하는가?	정상

작성자: [Blank] 쪽: 3/4 THE (주)에코드라이빙

본 자료는 무단 복사 및 유통을 금합니다.



<에코드라이빙 통신 시험>

<에코드라이빙 UI 기능 시험 확인>

○ 시제품 공인인증 환경시험

환경시험															
(주) 케이씨티엘 접 수 증 (RECEIPT) 접수번호: KP19-06688 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">신청회사 상호</td> <td>주식회사 태희에블루션</td> </tr> <tr> <td>기자재 명명</td> <td>에너지 미터링 및 경제운전 시스템(Energy Metering & Eco-Driving System)</td> </tr> <tr> <td>기본 모델명</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>인증분야 / 시험항목</td> <td>에너지계측 / 신재생</td> </tr> <tr> <td>접수일</td> <td>2019. 11. 19</td> </tr> <tr> <td>시험 완료 예정일</td> <td>2019. 12. 02</td> </tr> <tr> <td>비 고</td> <td></td> </tr> </table> 상기 과제를 접수하였음을 확인 합니다. 2019년 11월 21일 (주) 케이씨티엘 대표이사 KCTL-QP04-01/0 (170810) (주)케이씨티엘(KCTL Inc.)	신청회사 상호	주식회사 태희에블루션	기자재 명명	에너지 미터링 및 경제운전 시스템(Energy Metering & Eco-Driving System)	기본 모델명	N/A	인증분야 / 시험항목	에너지계측 / 신재생	접수일	2019. 11. 19	시험 완료 예정일	2019. 12. 02	비 고		verify No.146470153848 시 험 성 적 서 KCTL (주)케이씨티엘 경기도 용인시 기흥구 신정로 41번길 52-20 Tel : 031-326-6700 Fax : 0505-299-8311 www.kctl.co.kr 성적서번호: KR19-YP0763 페이지 (1) / (총 33) 1. 신청자 • 기 관 명 : 주식회사 태희에블루션 • 주 소 : 서울특별시 성동구 성덕정길 151(성수동2가) • 의뢰일자 : 2019년 11월 19일 2. 시험성적서의 용도 : 품질평가용 3. 제품명 / 모델명 : 에너지 미터링 및 경제운전 시스템 (Energy Metering & Eco-Driving System) / N/A 4. 제조자 / 제조국 : 주식회사 태희에블루션 / 한국 5. 시험기간 : 2019년 11월 20일 ~ 2019년 11월 28일 6. 시험방법 : IEC 60068-2-1: 2007, IEC 60068-2-2: 2007, IEC 60068-2-30: 2005, IEC 60068-2-14: 2009 7. 시험결과 : 불합 시험성적서 참조 확 인 성명 : 김 민 중 기술책임자 성명 : 최 도 홍 위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다. 2019년 12월 02일 한국인정기구 인방 (주)케이씨티엘 대표이사 (인) 본 성적서의 시험결과에는 상기 신청자로 부터 제공한 시험물에만 적용되며, (주)케이씨티엘의 사전서면승인 없이는 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없음. KCTL-QP30-03/1(170102)
신청회사 상호	주식회사 태희에블루션														
기자재 명명	에너지 미터링 및 경제운전 시스템(Energy Metering & Eco-Driving System)														
기본 모델명	N/A														
인증분야 / 시험항목	에너지계측 / 신재생														
접수일	2019. 11. 19														
시험 완료 예정일	2019. 12. 02														
비 고															
<시험 접수증>	<온도시험>														
verify No.730917661982 시 험 성 적 서 KCTL (주)케이씨티엘 경기도 용인시 기흥구 신정로 41번길 52-20 Tel : 031-326-6700 Fax : 0505-299-8311 www.kctl.co.kr 성적서번호: KR19-YP0764 페이지 (1) / (총 21) 1. 신청자 • 기 관 명 : 주식회사 태희에블루션 • 주 소 : 서울특별시 성동구 성덕정길 151(성수동2가) • 의뢰일자 : 2019년 11월 19일 2. 시험성적서의 용도 : 품질평가용 3. 제품명 / 모델명 : 에너지 미터링 및 경제운전 시스템 (Energy Metering & Eco-Driving System) / N/A 4. 제조자 / 제조국 : 주식회사 태희에블루션 / 한국 5. 시험기간 : 2019년 11월 29일 ~ 2019년 12월 02일 6. 시험방법 : IEC 61373: 2010 (1종 8등급) 7. 시험결과 : 불합 시험성적서 참조 확 인 성명 : 김 민 중 기술책임자 성명 : 최 도 홍 위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다. 2019년 12월 02일 한국인정기구 인방 (주)케이씨티엘 대표이사 (인) 본 성적서의 시험결과에는 상기 신청자로 부터 제공한 시험물에만 적용되며, (주)케이씨티엘의 사전서면승인 없이는 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없음. KCTL-QP30-03/1(170102)	verify No.648267111936 시 험 성 적 서 KCTL (주)케이씨티엘 경기도 용인시 기흥구 신정로 41번길 52-20 Tel : 031-326-6700 Fax : 0505-299-8311 www.kctl.co.kr 성적서번호: KR19-HE20155 페이지 (1) / (총 42) 1. 신청자 • 기 관 명 : 주식회사 태희에블루션 • 주 소 : 서울특별시 성동구 성덕정길 151(성수동2가) • 의뢰일자 : 2019년 11월 19일 2. 시험성적서의 용도 : - 3. 제품명 / 모델명 : 에너지 미터링 및 경제운전 시스템(Energy Metering & Eco-Driving System) / - 4. 제조자 / 제조국 : 주식회사 태희에블루션 / 한국 5. 시험기간 : 2019년 11월 22일 ~ 2019년 11월 27일 6. 시험방법 : IEC 62236-3-2:2018 7. 시험결과 : 불합 시험성적서 참조 *표시된 시험결과는 시험기관의 인정범위 밖의 것임을 알립니다. 확 인 성명 : 조 자 양 기술책임자 성명 : 박 재 현 위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다. 2019년 12월 03일 한국인정기구 인방 (주)케이씨티엘 대표이사 (인) 본 성적서의 시험결과에는 상기 신청자로 부터 제공한 시험물에만 적용되며, (주)케이씨티엘의 사전서면승인 없이는 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없음. KCTL-T11004-002/1 KP19-06688														
<진동시험>	<전자파 시험>														

○ EN50463 규격시험



- 인용 규격

- EN 50463 series
- IEC 62888 series
- KS C IEC 60571

- 시험 항목

절연성능

절연성능시험은 미터링장치가 철도차량에 설치되었을 경우, 전기적인 절연성능을 유지하는 것을 확인하기 위한 시험으로 절연저항과 내전압 시험을 실시하여 절연성능을 확인

1) 절연저항

○ 시험방법

미터링 장치의 입력단자(전압/전류)와 외함도체 간에 직류 500 V를 인가하여 절연저항 측정

○ 판정기준

5 M Ω 이상

시험사진



[시험 중_AC 측정기]



[시험 중_DC 측정기]



[시험 결과 확인_AC 측정기]



[시험 결과 확인_DC 측정기]

2) 내전압시험

○ 시험방법

미터링 장치의 입력단자(전압/전류)와 외함도체 간에 교류 2,000 V를 1분간 인가하여 개발품의 이상유무 확인

○ 판정기준

절연파괴가 없어야 함.

미터링 장치에 전원을 인가하여 정상동작되어야 함.

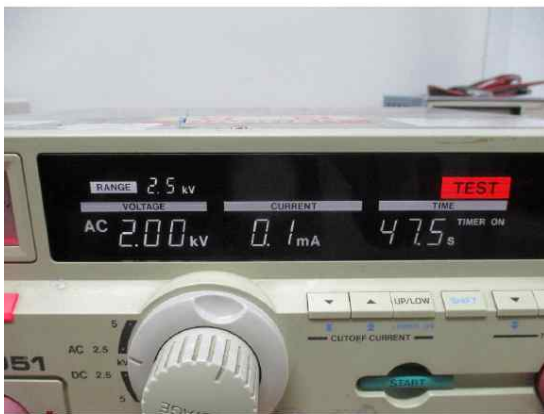
제품사진



[시험 중_AC 측정기]



[시험 중_DC 측정기]



[시험 결과 확인_AC 측정기]



[시험 결과 확인_DC 측정기]

3) 정확성(오차)시험 (IEC 62888-2의 5.4.4.3)

정확성 시험은 개발된 미터링장치의 설계 등급인 0.5R의 성능을 확인하기 위한 것으로 전압, 전류, 역율, 전력을 측정하여 설계한 오차범위 이내 여부를 확인하는 시험

- 입력전압 오차 (직류, 교류)

- 교류 측정(입력전압 : 100V)

입력전압[V]	측정값[V]	오차	입력전압[V]	측정값[V]	오차
0	0	0	80	80.19	0/24
10	10.05	0.5	90	90.21	0.23
20	20.07	0.35	100	100.18	0.18
30	30.09	0.3	110	110.16	0.15
40	40.19	0.48	120	120.17	0.14
50	50.20	0.4			
60	60.19	0.32			
70	70.17	0.24			

- 직류 측정(입력전압 : 10V)

입력전압[V]	측정값[V]	오차	입력전압[V]	측정값[V]	오차
0	0	0	9	9.014	0.18
1	1	0	10	10.018	0.16
2	2.001	0.05	11	11.018	0.2
3	3.003	0.1	12	12.024	
4	4.006	0.2			
5	5.01	0.27			
6	6.016	0.14			
7	7.01	0.13			
8	8.01	0.16			

- 입력전류 오차(직류, 교류)

- 교류 측정(입력전류 : 5A)

입력전압[A]	측정값[A]	오차
0	0	0
1	1.003	0.3
2	2.006	0.3
3	3.006	0.2
4	4.006	0.15
5	5.005	0.1
6	6.002	0.03

- 직류 측정(입력전류 : 100mA)

입력전류[mA]	측정값[A]	오차
0	0	0
20	19.98	0.1
40	40.03	0.08
60	60	0
80	80.08	0.1
100	99.98	0.02
120	120.15	0.13

- 에너지 계산 오차(직류, 교류)

• 시험방법

본 개발품은 0.5R의 정확도로 개발되었음. 따라서 아래 그림과 같이 총 16개 포인트에 대해서 시험을 실행하여 표 2-1의 오차한계 이내이어야 한다. 개발한 미터링 장치가 0.5R로 영역1, 2에 따른 오차 범위를 기준으로 판정한다.

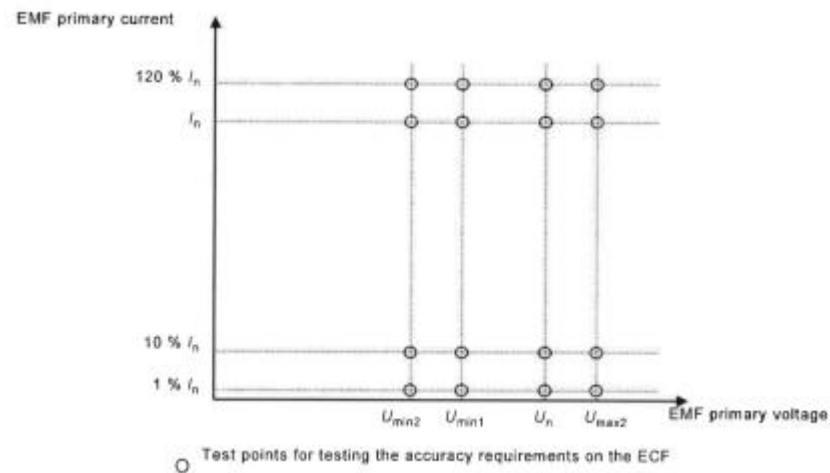


그림 2-1 전압, 전류 범위에 따른 에너지 측정오차 영역

표 2-1. 에너지 측정 함수에 대한 유효전력 백분율 오차 한계

IEC 60850:2014에 정의된 정격전류 및 전압에서 ±최대 퍼센트 에너지 오차율					
정확도 등급	영역1 $10\%I_n \leq 120\%I_n$ & $U_{min1} \leq U \leq U_{max2}$	영역2 $(1\%I_n \leq 120\%I_n \text{ \& } U_{min2} \leq U \leq U_{max1})$ or $(1\%I_n \leq 10\%I_n \text{ \& } U_{min1} \leq U \leq U_{max2})$	영역3 $0.4\%I_n \leq 1\%I_n \text{ \& } U_{min2} \leq U \leq U_{max2}$	영역 4 $0\%I_n \leq 0.4\%I_n \text{ \& } U_{min2} \leq U \leq U_{max2}$	$I=0\%I_n$ ($I=0A$)
	$0.85 \leq PF$				
0.2R	0.2	0.4	에너지 측정 필요, 정확도 측정 필요없음	에너지 측정이 필요하면 정확 도 요구사항은 아님	에너지 측정이 요구되지 않음
0.5R	0.5	1.0			
0.75R	0.75	1.5			
1.0R	1.0	2.0			

- 교류 측정(기준전압 : 100V, 기준전류 5A)

	Umin2	Umin1	Un	Umax2
입력 전압[V]	70	76	100	120

	1 % In	10 % In	In	120 % In
입력전류[A]	0.05	0.5	5	6

- area 1 영역 시험(오차 0.5), 역율 1

입력전압[V]	입력전류[A]	전력	오차	판정기준
76	0.5	38.14	0.37	0.5
	2.5	190.65	0.34	
	5	380.81	0.21	
	5.5	418.97	0.23	
	6	456.44	0.1	
80	0.5	40.08	0.2	
	2.5	200.62	0.31	
	5	400.63	0.16	
	5.5	440.64	0.15	
	6	480.54	0.11	
90	0.5	45.13	0.29	
	2.5	225.64	0.28	
	5	450.82	0.18	
	5.5	495.63	0.13	
	6	540.72	0.13	
100	0.5	50.11	0.22	
	2.5	250.71	0.28	
	5	500.71	0.14	
	5.5	550.47	0.09	
	6	600.24	0.04	
110	0.5	55.09	0.16	
	2.5	275.67	0.24	
	5	550.47	0.09	
	5.5	605.29	0.05	
	6	660.27	0.04	
120	0.5	60.11	0.18	
	2.5	300.71	0.24	
	5	600.49	0.08	
	5.5	660.28	0.04	
	6	720.21	0.03	

- area 2 영역 시험(오차 1), 역율 1

입력전압[V]	입력전류[A]	전력	오차	판정기준
70	0.05	3.53	0.86	1
	0.5	35.08	0.23	
	3	210.58	0.28	
	4	280.73	0.26	
	5	350.71	0.20	
	6	420.51	0.12	
76	0.05	3.83	0.79	
	0.5	38.06	0.16	
	3	228.57	0.25	
	4	304.84	0.28	
	5	380.88	0.23	
	6	456.74	0.16	
90	0.05	4.53	0.67	
	0.08	7.25	0.69	
	0.1	9.02	0.22	
100	0.05	5.04	0.80	
	0.08	8.02	0.25	
	0.1	10.02	0.20	
110	0.05	5.54	0.73	
	0.08	8.86	0.68	
	0.1	10.98	0.18	
120	0.05	6.04	0.67	
	0.08	9.65	0.52	
	0.1	12.07	0.58	

- 직류 측정(기준전압 : 10V, 기준전류 : 100mA)

	Umin2	Umin1	Un	Umax2
입력 전압[V]	7	8	10	12

	1 % In	10 % In	In	120 % In
입력 전류[mA]	1	10	100	120

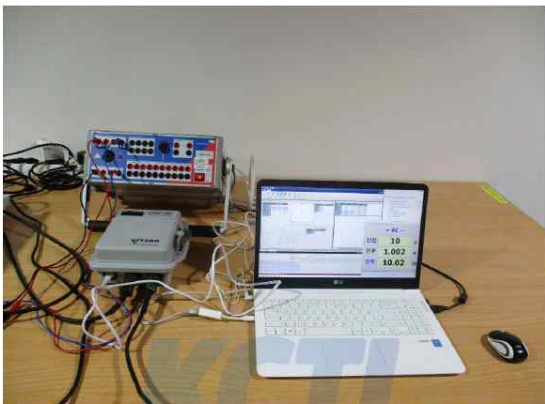
- area 1 영역 시험(오차 0.5), 역율 1

입력전압[V]	입력전류[mA]	전력	오차	판정기준
7	10	70	0	0.5
	50	350.01	0	
	100	700.11	0.02	
	110	769.04	0.08	
	120	841.93	0.23	
8	10	80.1	0.13	
	50	400.22	0.06	
	100	800.61	0.08	
	110	880.02	0	
	120	963.14	0.37	
9	10	90.04	0.04	
	50	450.27	0.06	
	100	900.57	0.06	
	110	990.11	0.01	
	120	1083.32	0.31	
10	10	100.12	0.11	
	50	500.61	0.12	
	100	1001.45	0.15	
	110	1100.73	0.07	
	120	1204.54	0.37	
11	10	110.17	0.15	
	50	550.73	0.13	
	100	1101.73	0.16	
	110	1210.38	0.03	
	120	1324.41	0.33	
12	10	120.23	0.19	
	50	601.50	0.17	
	100	1202.45	0.20	
	110	1321.37	0.10	
	120	1446.10	0.42	

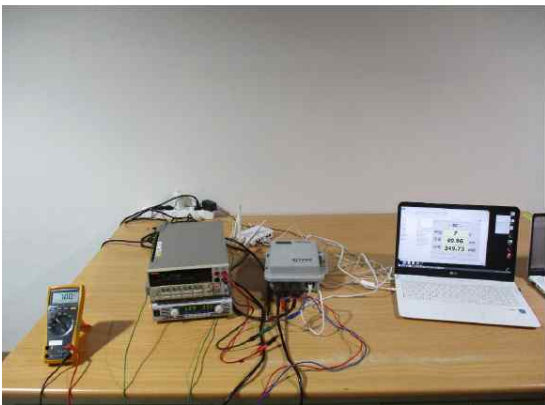
- area 2 영역 시험(오차 1), 역율1

입력전압[V]	입력전류[mA]	전력	오차	판정기준
7	1	7.05	0.71	1
	1.5	10.58	0.76	
	2	14.09	0.64	
8	1	80.6	0.75	
	1.5	12.1	0.83	
	2	16.13	0.81	
10	1	10.09	0.9	
	1.5	15.13	0.87	
	2	20.16	0.8	
12	1	12.11	0.92	
	1.5	18.17	0.94	
	2	24.23	0.96	

시험사진



[AC 측정시험_시험 배치]



[DC 측정시험_시험 배치]

-- AC --

전압	9.98	V
전류	1.003	A
전력	10.01	W

EXIT

[AC_측정정보 확인]

-- DC --

전압	7.001	V
전류	49.96	mA
전력	349.78	mW

EXIT

[DC_측정정보 확인]

시험성적서

verify No.051430978165



시험 성적서

(주)케이씨티엘 경기 용인시 기흥구 신원로 52-20 우)17093 Tel : 031-326-6700 Fax : 0505-299-6311 www.kcti.co.kr		성적서 번호: KR21-YYP0103 페이지 (1) / (총 31)	
1. 신청자 * 기 관 명 : 주식회사 태희에블루션 * 주 소 : 서울특별시 성동구 성덕정길 151(성수동2가) * 의뢰일자 : 2021년 01월 26일			
2. 시험성적서의 용도 : 품질관리용			
3. 제품명 / 모델명 : 에너지 미터링 및 예코드라이빙 통합장치 / 에너지 미터링 및 예코드라이빙 통합장치			
4. 제조사 / 제조국 : 주식회사 태희에블루션 / 한국			
5. 시험기간 : 2021년 01월 26일			
6. 시험장소 : ☒ 고정시험실 ☐ 현장시험 (주소:)			
7. 시험방법 : 신청자 제시방법			
8. 시험결과 : 불합 시험성적서 참조			
확 인 시험 원 성명 : 손승우 (서명)		기술 책임자 성명 : 안경훈 (서명)	
2021년 02월 01일 (주)케이씨티엘 대표이사 (인)			
본 성적서의 시험결과는 상기 신청자로 부터 제공된 시험용에만 적용되며, (주)케이씨티엘의 사전서면승인 없이는 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없음.			
KCTL-QP78-05/1 (200424)		KP20-07352	

<시험 성적서>

○ 특허 등록

특허 등록증



<철도 차량 에너지 절감 운전 보조 시스템>



<철도 차량 에너지 절감 자동 운전 시스템>



<철도 직류 급전 시스템>



<철도차량의 경제운전 장치 및 그 방법>

○ 소프트웨어 저작권 등록

저작권 등록증



<에너지 미터링 분석 프로그램(그래프 기능)>



<에너지 미터링 분석 프로그램(데이터 편집 및 관리)>



<에너지 미터링 분석 프로그램(엑셀 변환)>



<에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 검색)>



<에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 저장)>



<에너지 미터링 이력관리 프로그램 (데이터 입력)>



<에너지 미터링 데이터 저장 및 통신프로그램
(TCMS HDLC 통신)>



<에너지 미터링 데이터 저장 및 통신프로그램
(데이터 전송)>



<에너지 미터링 데이터 저장 및 통신프로그램
(데이터 통합 관리)>

○ 신규고용

신규채용 2건

신규 참여연구원 채용 확인서

□ 고용현황 (단위: 원천)

사 명	2018년 한국과학기술원(한국과학기술원)		
과 목 명	물리화학 및 나노 기술 연구실 (물리화학 및 나노 기술 연구실)		
주요연구기관	한국과학기술원	주요연구책임자	문 병 주
발령일자/합격일자	2019.01.01. ~ 2019.12.31		
발령일자/연구개발비	352,001,000원(정부가보조금 264,000,000원 / 연구개발비 88,001,000원)		
종대기간	한국과학기술원, 광주광역시도지정연구기관		

□ 신규 참여연구원 인력사항

성 명	이 종 현
과학기술인등록번호	1225-1555
소속 및 직위	한국과학기술원 연구사 / 대리
발령일자 / 전공	2019.01.01 / 물리화학
주소 / 연락처	대전광역시 대덕구 대성로 1022번길 12-9 / 010-3554-3750
합계기간	2019.07.24. ~ 2023.12.31 총 4년 4개월 100%

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2018년도 국토교통연구개발사업의 연구개발 수
행에 위하여 신규로 채용되었음을 확인합니다.

2019. 11. .
기관장 : 한국과학기술원
대표자 : 문 병 주 (인)
주요연구책임자 : 문 병 주 (인)

국토교통과학기술원장 귀하

첨부 : 고용계약서 1부.

신규 참여연구원 채용 확인서

□ 고용현황 (단위: 원천)

사 명	2018년 한국과학기술원(한국과학기술원)		
과 목 명	물리화학 및 나노 기술 연구실 (물리화학 및 나노 기술 연구실)		
주요연구기관	한국과학기술원	주요연구책임자	문 병 주
발령일자/합격일자	2019.01.01. ~ 2019.12.31		
발령일자/연구개발비	352,001,000원(정부가보조금 264,000,000원 / 연구개발비 88,001,000원)		
종대기간	한국과학기술원, 광주광역시도지정연구기관		

□ 신규 참여연구원 인력사항

성 명	이 종 현
과학기술인등록번호	1225-1555
소속 및 직위	한국과학기술원 연구사 / 대리
발령일자 / 전공	2019.01.01 / 물리화학
주소 / 연락처	대전광역시 대덕구 대성로 1022번길 12-9 / 010-3554-3750
합계기간	2019.07.24. ~ 2023.12.31 총 4년 4개월 100%

상기인은 국토교통부에서 시행하는 2018년도 국토교통연구개발사업의 연구개발 수
행에 위하여 신규로 채용되었음을 확인합니다.

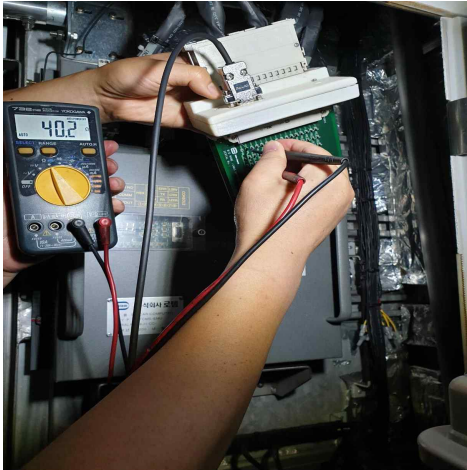
2019. 11. .
기관장 : 한국과학기술원
대표자 : 문 병 주 (인)
주요연구책임자 : 문 병 주 (인)

국토교통과학기술원장 귀하

첨부 : 고용계약서 1부.

○ 현차 시험 (시제품 현차 설치)

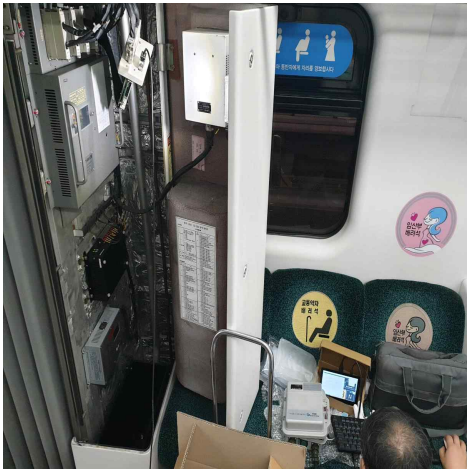
현차 설치



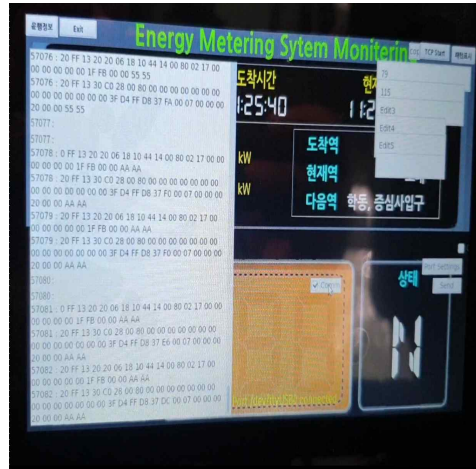
<CC-통신센터-C/I 연결 임피던스>



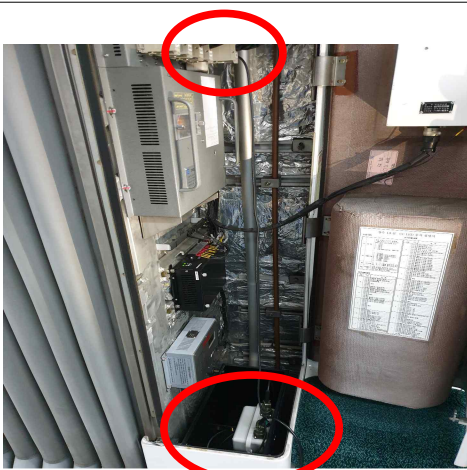
<미터링 장치와 통신 연결>



<구내시운전 준비>



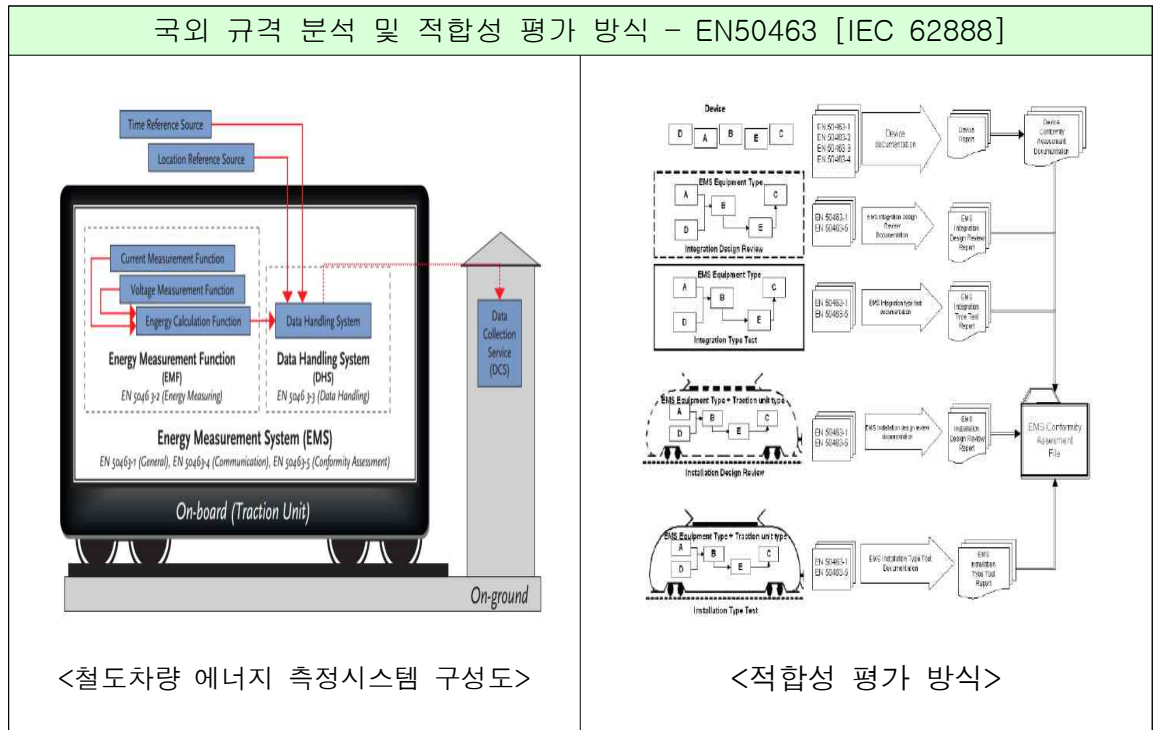
<구내시운전시 CC-C/I 데이터 수신상태 확인>



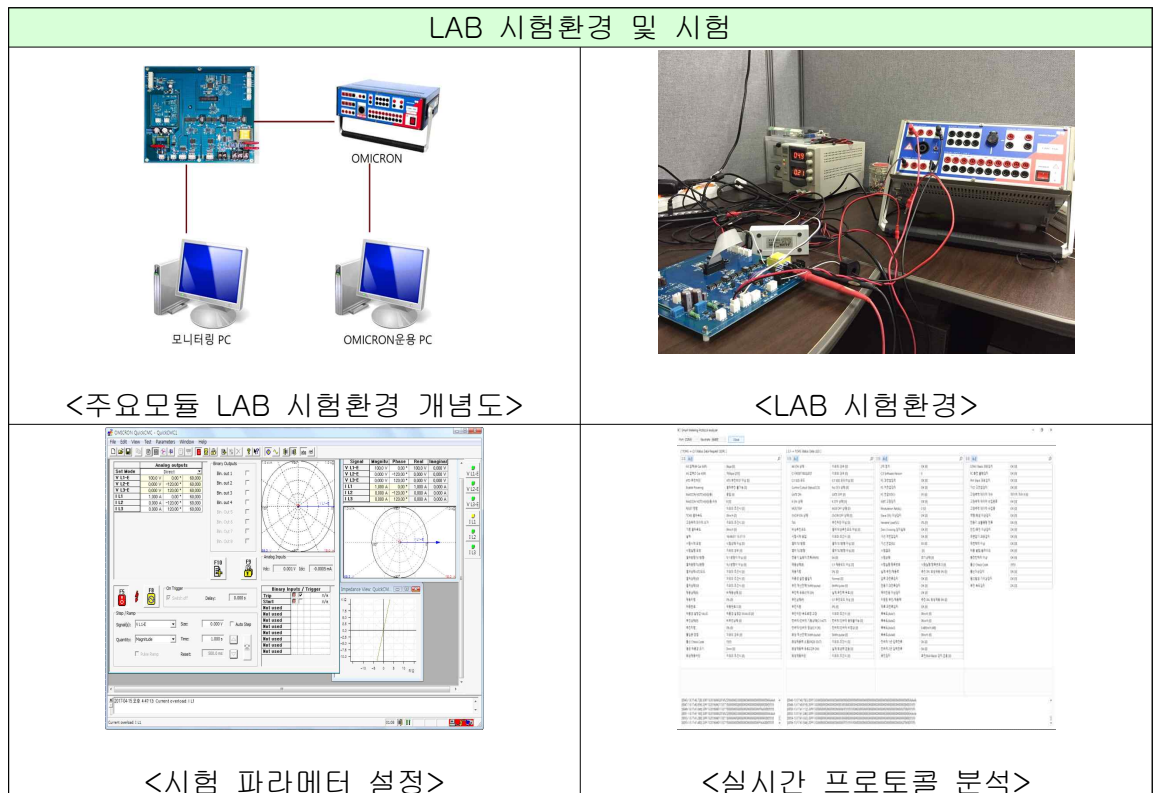
<시험 장치 설치>

공동연구기관(한국철도기술연구원):

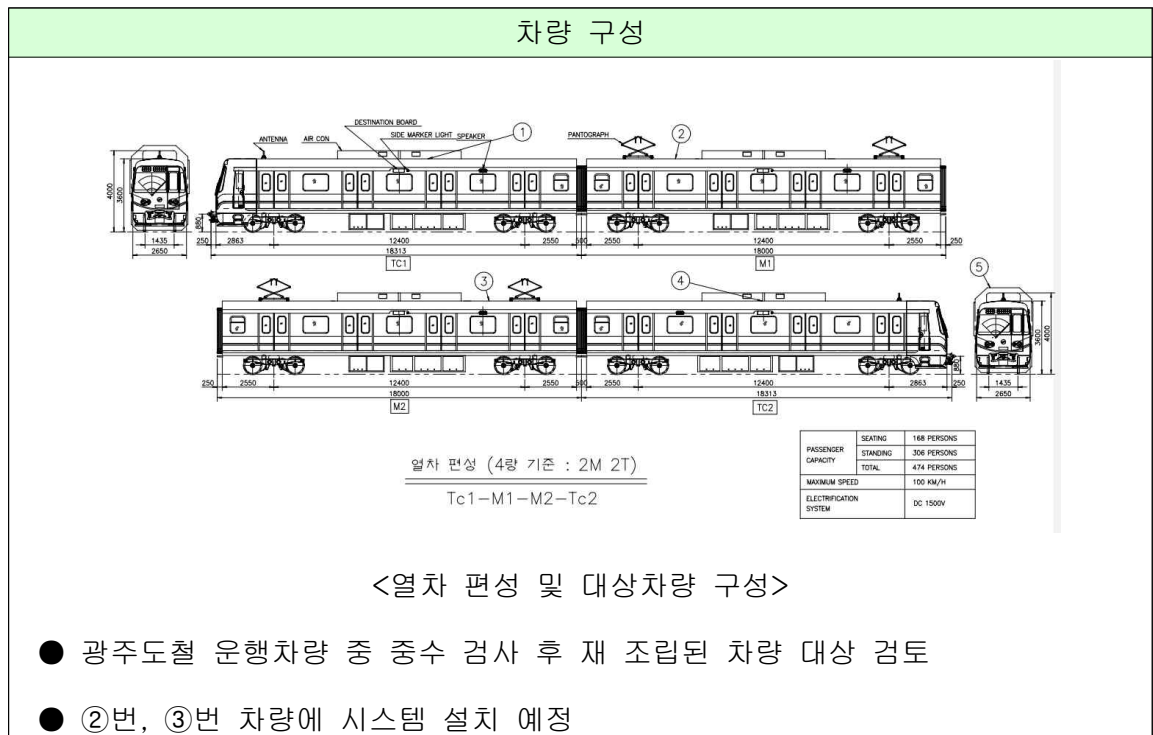
○ 평가절차서 수립



○ 시험환경 및 시험



○ 차량선정 방안



대상 차량 구내 시운전 시나리오 검토(안)

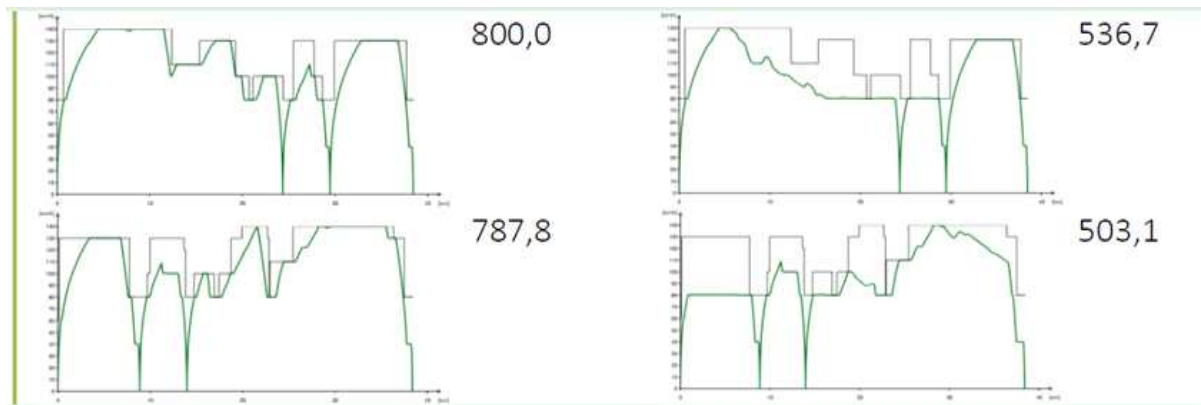
순 번	운 행 방 향	운 전 모 드	운 전 조 건
1	TC1	수동	0[km/h]→P4→60[km/h]→N(2초)→B7
2	TC2	수동	0[km/h]→P4→60[km/h]→N(2초)→B7
3	TC1	수동	0[km/h]→P4→60[km/h]→N(2초)→B5
4	TC2	수동	0[km/h]→P4→60[km/h]→N(2초)→B5
5	TC1	수동	0[km/h]→P3→60[km/h]→N(2초)→B7
6	TC2	수동	0[km/h]→P3→60[km/h]→N(2초)→B7
7	TC1	수동	0[km/h]→P3→60[km/h]→N(2초)→B5
8	TC2	수동	0[km/h]→P3→60[km/h]→N(2초)→B5
9	TC1	수동	0[km/h]→P2→60[km/h]→N(2초)→B7
10	TC2	수동	0[km/h]→P2→60[km/h]→N(2초)→B7
11	TC1	수동	0[km/h]→P2→60[km/h]→N(2초)→B5
12	TC2	수동	0[km/h]→P2→60[km/h]→N(2초)→B5
13	TC1	수동	0[km/h]→P1→45[km/h]→N(2초)→B7
14	TC2	수동	0[km/h]→P1→45[km/h]→N(2초)→B7
15	TC1	수동	0[km/h]→P1→45[km/h]→N(2초)→B5
16	TC2	수동	0[km/h]→P1→45[km/h]→N(2초)→B5
17	TC1	자동	자동운전 패턴에 의함
18	TC2	자동	자동운전 패턴에 의함

대상 차량 본선 시험 시나리오 검토(안)

시 험 명	시 험 구 간	상/하선	시 험 내 용
추진 및 제동시험	학동증심사→남광주	하선	1N→20km/h→off→B3→0km/h
	남광주→문화전당	하선	2N→30km/h→off→B5→0km/h
	문화전당→금4가	하선	3N→30km/h→off→B7→0km/h
가속도시험	화정→쌍촌	하선	4N→60km/h→B7→0km/h
감속도시험	쌍촌→운천	하선	4N→70km/h→B7→0km/h
감속도시험	마륵→공항	하선	4N→70km/h→마스콘 EB→0km
가속도시험	공항→마륵	상선	4N→60km/h→B7→0km/h
과속도시험 (ATC/ATO/TWC)	공항→마륵	상선	제한속도 이상의 속도로 증가시킨 후 과속조건 검지유무, 과속경보장치 동 작 유무 및 상용만제동 체결유무 확인
감속도시험	운천→쌍촌	상선	4N→70km/h→마스콘 EB→0km
	쌍촌→화정	상선	4N→70km/h→B7→0km/h

○ 에너지 절감 효과 및 방안

- 추진 및 제동과 속도에 따라 목표지점까지 최고 제한속도로 운행하였을 경우 운전패턴에 따른 에너지 사용량과 에너지 저감 알고리즘을 통한 사전 모의운행 패턴을 적용 비교하여 실시간 사용량을 기반으로 에너지 절감 운행패턴을 도출
- 네덜란드 Royal HaskoningDHV에서 발표한 Energy Efficient Train Control in the Netherlands 논문 중 Leeuwarden - Den Haag Centraal간 일반적인 운전패턴으로 운전한 예와 경제운전 지원시스템을 사용하여 운전한 예를 통한 절감효과



- 상기 그림의 좌측 그래프의 녹색라인은 최고 제한속도를 기준으로 현재 일반적인 수동 및 자동 운행 패턴을 이용한 운행방식이며, 우측은 에너지 절감 운행패턴을 고려하여 동일시간 동일거리를 운행한 운행방식으로 대부분 열차의 운행 방식이 에너지 사용량과는 무관하게 최고 제한속도를 기준으로 한 운전선도에 의해 운행을 하고 있는 실정이며, 운행패턴을 최고 제한속도에 맞추지 않고 운행하는 경우 에너지 절감 운행패턴에 따른 운전이 가능하며, 해외자료에 나타난 것과 같이 3% ~ 12%이상의 에너지 절감을 가져오는 것을 확인 할 수 있음.

○ 에너지 절감 효과 10% 검증방안

- 기존 운영기관(광주광역시 도시철도공사 1호선)의 자동, 수동 운행패턴과 비교를 통하여 에너지 절감효과 분석 및 검토를 진행하고, 시뮬레이션에 의한 최적 경제운전 패턴 도출에 따른 시뮬레이션 결과 값과 자동, 수동 운행패턴과 비교하여 최종 에너지 절감효과 분석 및 검토 진행

○ 제어시스템과의 인터페이스, 전반적인 측정 및 검증 방법

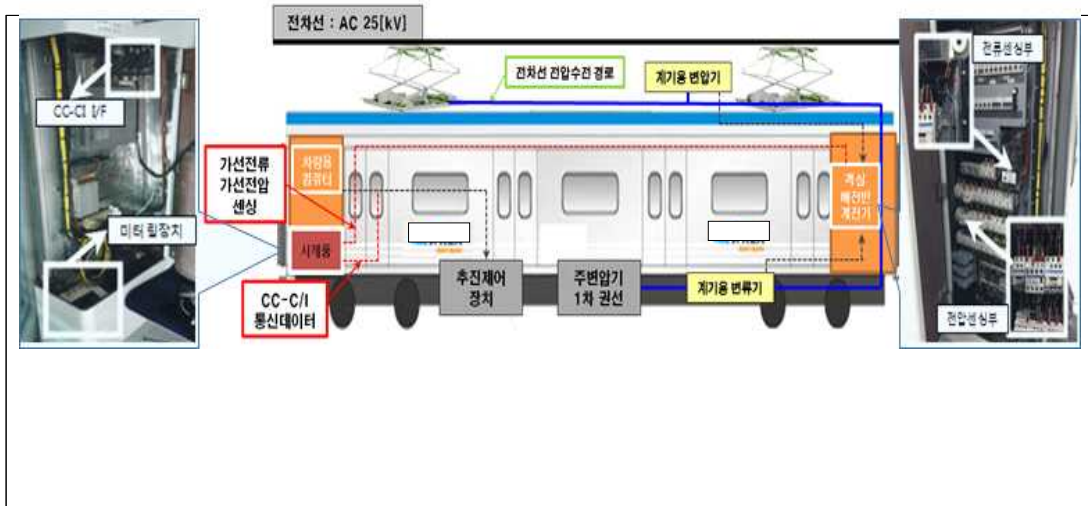
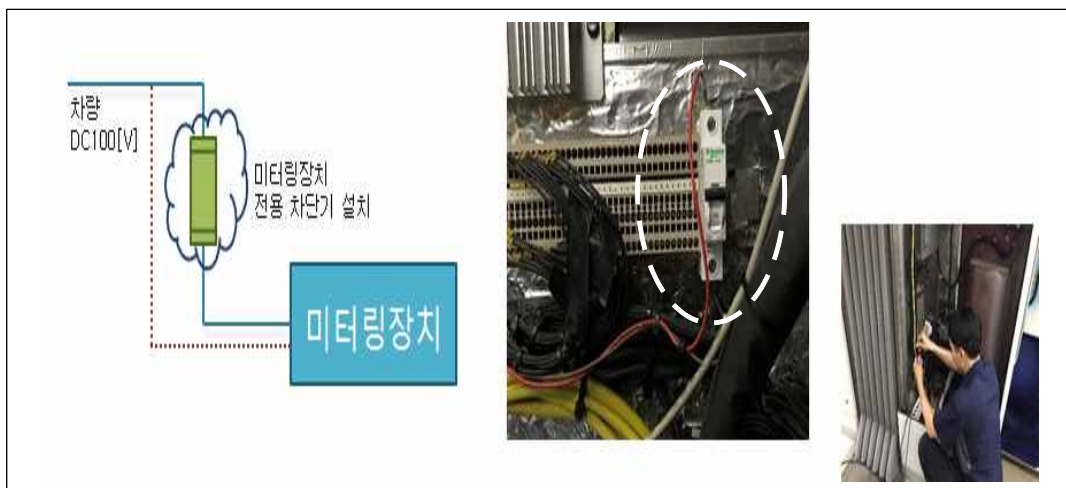


그림 2-2 시스템 설치 구성

▶ 에너지 미터링 시스템 및 에코드라이빙 시스템

- ✓ 전압 : 차량 PT 전압 신호선 연계 전압값 입력(연계시 isolation함)
- ✓ 전류 : 로고스키 코일(비접촉식 센서)을 이용하여 전류값 입력
(차량 상황에 따라 통신 인터페이스로만 전압 및 전류값 입력 예상)
- ✓ 차량 정보 인터페이스 : CC-C/I RS485 통신 데이터 연결하여 데이터 입력
- ✓ 각각의 전기적 신호 배선은 개별로 보호튜브를 갖는 타입으로 설치
- ✓ 시제품 내부 전기적 문제로 인한 과전류 발생 시 차량의 다른 장치의 소손 및 기능 불능을 차단하기 위해 시제품 전원단에 과전류 차단용 보호장치를 설치



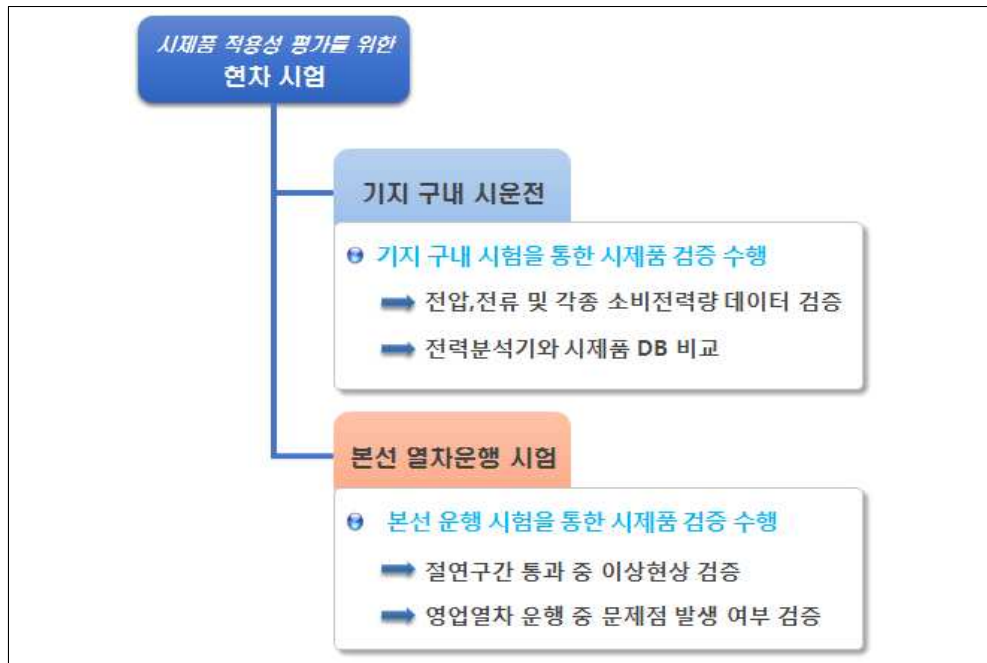
- ✓ 전기적 영향성 시험 중 통신데이터 획득 및 저장 기능을 수시로 확인하여 제시한 인터페이스 방안에 대해 신뢰성을 확인
- ✓ 통신 젠더보드에 수시로 충격을 주어 젠더보드에 대한 내구성과 작업의 정확성을 확인



- ✓ 설치 후 동작 확인 시험 및 데이터 검증을 위해 주요 센싱 위치에 오실로스코프와 미터링장치를 병렬로 설치하여 입력되는 전압, 전류 크기 및 주파수에 따라 미터링장치의 데이터를 확인
- ✓ 차량 기동/정지를 수십회 반복하여 판토탄승 시 발생하는 써지 및 초기 돌입전류가 미터링장치로 입력되었을 경우 동작상태 및 데이터의 이상 유무를 확인



- ✓ 구내 시운전 및 본선 시운전을 통한 시스템의 전기적/기구적 안정성 확인 및 신뢰성 확인



○ 여러 가지 상황조건에 대한 구체적 현장조건

▶ 철도안전법 개정 관련 환경

- ✓ 철도안전법 제38조의2(철도차량의 개조 등)

- ① 철도차량을 소유하거나 운영하는 자(이하 "소유자등"이라 한다)는 철도차량 최초 제작 당시와 다르게 구조, 부품, 장치 또는 차량성능 등에 대한 개량 및 변경 등(이하 "개조"라 한다)을 임의로 하고 운행하여서는 아니 된다.
- ② 소유자등이 철도차량을 개조하여 운행하려면 제26조제3항에 따른 철도차량의 기술기준에 적합한지에 대하여 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관의 승인(이하 "개조승인"이라 한다)을 받아야 한다. 다만, 국토교통부령으로 정하는 경미한 사항을 개조하는 경우에는 국토교통부장관에게 신고(이하 "개조신고"라 한다)하여야 한다.
- ③ 소유자등이 철도차량을 개조하여 개조승인을 받으려는 경우에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 적정 개조능력이 있다고 인정되는 자가 개조 작업을 수행하도록 하여야 한다.
- ④ 국토교통부장관은 개조승인을 하려는 경우에는 해당 철도차량이 제26조제3항에 따라 고시하는 철도차량의 기술기준에 적합한지에 대하여 개조승인검사를 하여야 한다.
- ⑤ 제2항 및 제4항에 따른 개조승인절차, 개조신고절차, 승인방법, 검사기준, 검사방법 등에 대

하여 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.

[본조신설 2017. 10. 24.]

✓ 철도안전법 시행령 29조의2(철도차량 운행제한 관련 과징금의 부과 기준)

법 제38조의4에서 준용하는 법 제9조의2에 따라 과징금을 부과하는 위반행위의 종류와 과징금의 금액은 별표 4와 같다. [본조신설 2018. 10. 23.]

■ 철도안전법 시행령 [별표 4] <신설 2018. 10. 23.>

철도차량의 운행제한 관련 과징금의 부과기준(제29조의2 관련)

1. 일반기준

가. 위반행위의 횟수에 따른 과징금의 가중된 부과기준은 최근 2년간 같은 위반행위로 과징금 부과처분을 받은 경우에 적용한다. 이 경우 기간의 계산은 위반행위에 대하여 과징금 부과처분을 받은 날과 그 처분 후 다시 같은 위반행위를 하여 적발된 날을 기준으로 한다.

나. 가목에 따라 가중된 부과처분을 하는 경우 가중처분의 적용 차수는 그 위반행위 전 부과처분 차수(가목에 따른 기간 내에 과징금 부과처분이 둘 이상 있었던 경우에는 높은 차수를 말한다)의 다음 차수로 한다.

다. 위반행위가 둘 이상인 경우로서 각 처분내용이 모두 운행제한인 경우에는 각 처분기준에 따른 과징금을 합산한 금액을 넘지 않는 범위에서 무거운 처분기준에 해당하는 과징금 금액의 2분의 1의 범위에서 가중할 수 있다.

라. 국토교통부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제2호의 개별기준에 따른 과징금 금액의 2분의 1 범위에서 그 금액을 줄일 수 있다. 다만, 과징금을 체납하고 있는 위반행위자의 경우에는 그렇지 않다.

- 1) 위반행위가 사소한 부주의나 오류로 인한 것으로 인정되는 경우
- 2) 위반행위자가 법 위반상태를 시정하거나 해소하기 위한 노력이 인정되는 경우
- 3) 그 밖에 위반행위의 정도, 위반행위의 동기와 그 결과 등을 고려하여 과징금을 줄일 필요가 있다고 인정되는 경우

마. 국토교통부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제2호의 개별기준에 따른 과징금 금액의 2분의 1 범위에서 그 금액을 늘릴 수 있다. 다만, 법 제9조의2제1항에 따른 과징금 금액의 상한을 넘을 수 없다.

- 1) 위반의 내용 및 정도가 중대하여 공중에게 미치는 피해가 크다고 인정되는 경우
- 2) 법 위반상태의 기간이 6개월 이상인 경우
- 3) 그 밖에 위반행위의 정도, 위반행위의 동기와 그 결과 등을 고려하여 과징금을 늘릴 필요가 있다고 인정되는 경우

2. 개별기준

위반행위	근거 법조문	과징금 금액(단위: 백만원)			
		1차 위반	2차 위반	3차 위반	4차 이상 위반
가. 철도차량이 법 제26조제3항에 따른 철도차량의 기술기준에 적합하지 않은 경우	법 제38조의3제1항제2호	-	5	15	30
나. 법 제38조의2제2항 본문을 위반하여 소유자등이 개조승인을 받지 않고 임의로 철도차량을 개조하여 운행하는 경우	법 제38조의3제1항제1호	5	15	30	50

✓ 철도안전법 시행규칙 제75조의3(철도차량 개조승인의 신청 등)

- ① 법 제38조의2제2항 본문에 따라 철도차량을 소유하거나 운영하는 자(이하 "소유자등"이라 한다)는 철도차량 개조승인을 받으려면 별지 제45호서식에 따른 철도차량 개조승인신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.

1. 개조 대상 철도차량 및 수량에 관한 서류
2. 개조의 범위, 사유 및 작업 일정에 관한 서류
3. 개조 전·후 사양 대비표
4. 개조에 필요한 인력, 장비, 시설 및 부품 또는 장치에 관한 서류
5. 개조작업수행 예정자의 조직·인력 및 장비 등에 관한 현황과 개조작업수행에 필요한 부품, 구성품 및 용역의 내용에 관한 서류. 다만, 개조작업수행 예정자를 선정하기 전인 경우에는 개조작업수행 예정자 선정기준에 관한 서류
6. 개조 작업지시서
7. 개조하고자 하는 사항이 철도차량기술기준에 적합함을 입증하는 기술문서

- ② 국토교통부장관은 제1항에 따라 철도차량 개조승인 신청을 받은 경우에는 그 신청서를 받은 날부터 15일 이내에 개조승인에 필요한 검사내용, 시기, 방법 및 절차 등을 적은 개조검사 계획서를 신청인에게 통지하여야 한다.

[본조신설 2018. 11. 9.]

✓ 철도안전법 시행규칙 제75조의5(철도차량 개조능력이 있다고 인정되는 자)

법 제38조의2제3항에서 "국토교통부령으로 정하는 적정 개조능력이 있다고 인정되는 자"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자를 말한다.

1. 개조 대상 철도차량 또는 그와 유사한 성능의 철도차량을 제작한 경험이 있는 자
2. 개조 대상 부품 또는 장치 등을 제작하여 납품한 실적이 있는 자
3. 개조 대상 부품·장치 또는 그와 유사한 성능의 부품·장치 등을 1년 이상 정비한 실적이 있는 자
4. 법 제38조의7제2항에 따른 인증정비조직
5. 개조 전의 부품 또는 장치 등과 동등 수준 이상의 성능을 확보할 수 있는 부품 또는 장치 등의 신기술을 개발하여 해당 부품 또는 장치를 철도차량에 설치 또는 개량하는 자

[본조신설 2018. 11. 9.]

✓ 철도안전법 시행규칙 제75조의6(개조승인 검사 등)

① 법 제38조의2제4항에 따른 개조승인 검사는 다음 각 호의 구분에 따라 실시한다.

1. 개조적합성 검사: 철도차량의 개조가 철도차량기술기준에 적합한지 여부에 대한 기술문서 검사
2. 개조합치성 검사: 해당 철도차량의 대표편성에 대한 개조작업이 제1호에 따른 기술문서와 합치하게 시행되었는지 여부에 대한 검사
3. 개조형식시험: 철도차량의 개조가 부품단계, 구성품단계, 완성차단계, 시운전단계에서 철도차량기술기준에 적합한지 여부에 대한 시험

② 국토교통부장관은 제1항에 따른 개조승인 검사 결과 철도차량기술기준에 적합하다고 인정하는 경우에는 별지 제45호의4서식에 따른 철도차량 개조승인증명서에 철도차량 개조승인 자료집을 첨부하여 신청인에게 발급하여야 한다.

③ 제1항 및 제2항에서 정한 사항 외에 개조승인의 절차 및 방법 등에 관한 세부사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

[본조신설 2018. 11. 9.]

✓ 상기 철도안전법의 신설개정 등의 개조,개량에 대한 법률의 제정으로 인하여 현차 시험과 관

연 환경의 변화가 발생하였으며, 본선 4계절 시운전의 계획에 일부 차질이 발생하게 됨

▶ 부문별 에너지 사용량 (계절-기후변화에 따른 사용량 환경 확인)

✓ 2016년 및 2017년 부문별 사용량

구 분	계	전동차	역사	용산기지	옥동기지	본사
2017년 [MWh]	36,480	18,689	15,124	1,490	175	1,002
2016년 [MWh]	37,444	18,732	16,110	1,531	186	885
증감 [MWh]	▽963	▽43	▽986	▽41	▽11	△117
증감률 [%]	▽2.6	▽0.2	▽6.1	▽2.7	▽5.8	△13.2

✓ 2017년 월별 사용량

구분	계	전동차	역사	용산기지	옥동기지	본사
점유율[%]	100	51.2	41.5	4.1	0.5	2.7
계	36,480	18,689	15,124	1,490	175	1,002
1월	3,256	1,756	1,255	147	19	78
2월	2,949	1,557	1,171	129	17	75
3월	3,122	1,650	1,256	122	15	78
4월	2,821	1,456	1,183	109	12	60
5월	2,881	1,500	1,199	102	11	69
6월	2,830	1,404	1,232	102	11	81
7월	3,325	1,680	1,370	142	19	114
8월	3,414	1,598	1,541	141	18	117
9월	2,975	1,481	1,267	121	10	96
10월	2,788	1,379	1,218	107	12	72
11월	2,858	1,456	1,198	121	14	69
12월	3,262	1,771	1,234	147	16	93

▶ 운행 편성량 및 운행시각

구간	1호선 전구간(녹동 ↔ 평동)
영업거리	20.5 km
역수	20개역
소요시분 (소태 ~ 평동)	33분
소요시분 (녹동 ~ 평동)	38분
표정속도	34.3 Km
출퇴근시 운행시격	7분 ~10분
평시 운행시격	10분
운행횟수 (평일)	240회
운행횟수 (토요일)	206회
운행횟수 (휴일)	202회
차량 편성(보유량)	4량 1편성 / 23편성 (92량)

○ 다편성간 복합적 시험관련 환경 구성 (협의 내용)

- ▶ 현재 운영기관의 Test-bed 구성계획은 1차량편성 시험을 계획
- ▶ 동일차량에서의 에너지 절감효과를 파악하는 과제이므로 다편성간의 복합적 시험은 필요 없으나 운영기관과 다편성 시험이 가능한지에 대한 협의
- ▶ 현재 철도안전법 개정 등 본선 시운전 진행 방안이 초기 계획과는 다르게 다소 축소되어 진행되어야 함에 따라 다편성 시험 및 복합시험은 진행이 어려움 안내 받음

○ 에너지미터링 경제성 평가

에너지미터링 장치 도입에 따른 비용효과를 산출하기 위하여 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- 에너지미터링 장치 초기 설치비용: 현 수준 2,000 천원(상용화 시 판매단가 10개 이하 12,000 천원, 10개 이상 10,000 천원, 출처: (주)태희에볼루션)
- 유지보수 주기: 10년(출처: (주)태희에볼루션)
- 유지보수 비용: 3,500 천원(PCB 보드 교체)(출처: (주)태희에볼루션)
- 교체주기: 15년(출처: (주)태희에볼루션)
- 에너지미터링 장치 도입을 통한 에코드라이빙 적용 시 에너지 절감 효율: 5%, 10%로 가정(출처: 국외철도운영기관 에코드라이빙 효과자료)

현재 광주도시철도공사에서 운행하고 있는 전동차는 4량 1편성으로 총 23편성 보유하고 있다. 기개발된 에너지미터링 장치를 해당 전동차에 설치할 경우, 1편성당 2대의 에너지미터링 장치가 필요함에 이를 토대로 초기 설치비용 및 유지관리비용을 산출하고, 연간 평균 유지관리비용을 계산하였다. 앞서 가정했듯이 기개발된 에너지미터링 장치는 15년 주기로 완전 교체가 필요하고, 10년 경과 시 주요 부품인 PCB 보드의 교체에 의한 유지관리비용이 발생하므로 이를 토대로 연간 평균 유지관리비용은 15년으로 환산하였다.

표 2-2. 에너지미터링 장치 설치에 따른 예상 소요비용

초기설치비용	$10,000,000\text{원} \times 23\text{편성} \times 2\text{대}/1\text{편성} = 460,000,000\text{원}$
유지관리비용(15년)	$3,500,000\text{원} \times 46\text{대} = 161,000,000\text{원}$
연간 평균 유지관리비용	$161,000,000\text{원} / 15\text{년} = 10,733,333\text{원}$

2016년부터 2019년까지 전동차 운행에 따른 연간 전력요금 평균값을 이용하여 에너지미터링 설치와 더불어 에코드라이빙 도입 시 절감되는 에너지소비효율을 5% 및 10%로 가정하여 환산되는 연간 전력요금 감소 금액은 약 1.2억 및 약 2.4억으로 산출되었다.

표 2-4. 에너지미터링 장치 설치 및 에코드라이빙 도입 시 전력요금 절감효과

전력사용량 5% 절감 가정 시 전력요금 감소 금액	$2,429,687,214\text{원} \times 0.05 = 121,484,360\text{원}$
전력사용량 10% 절감 가정 시 전력요금 감소 금액	$2,429,687,214\text{원} \times 0.1 = 242,968,721\text{원}$

결과적으로 전력사용량의 5% 및 10% 절감효과에 따라 에너지미터링 장치의 설치로 인해 발생하는 비용의 수지 회복 기간은 각각 4.15년, 1.98년으로 도출되었다. 이는 에너지미터링 장치 설치에 따른 비용이 철도운영기관의 이익으로 단기간에 전환될 수 있음을 의미한다.

표 2-5. 에너지미터링 장치 설치 및 에코드라이빙 도입 시 수지 회복 기간

전력사용량 5% 절감 가정 시	약 4.15년
전력사용량 10% 절감 가정 시	약 1.98년

○ 에너지미터링 장치 도입에 따른 온실가스 저감효과 평가

앞서 경제성 평가에 사용되었던 광주도시철도공사의 2016년부터 2020년 11월(전력요금은 10월)까지 전동차 운행에 따른 전력소비량 데이터를 토대로 2030년까지 현재의 전력소비량 변화 추이를 유지할 경우와 2025년부터 에너지미터링 장치를 설치하고 에코드라이빙 도입한다고 가정하여 전력소비량 저감 효과를 반영한 경우를 비교하여 분석하였다. 연도별 온실가스 배출량은 전력소비량과 국가전력배출계수를 곱하여 산정하였다. 에너지미터링 장치를 설치하지 않고 현재의 추세를 유지하는 경우의 온실가스 배출량은 지난 4년간의 온실가스 배출량 평균값을 반영하여 추이를 예측하였으며, 에너지미터링 장치를 설치하고 에코드라이빙 도입에 따른 효과는 경제성 평가와 마찬가지로 5%, 10% 감소를 가정하여 산출하였다. 그 결과, 아래 그림에서 보는 바와 같이 매년 광주도시철도공사에서 배출하는 온실가스 총량 변화는 크지 않은 실정으로, 무엇보다 이를 감축하기 위해서는 에너지미터링 및 에코드라이빙의 도입이 필요함을 확인할 수 있다.

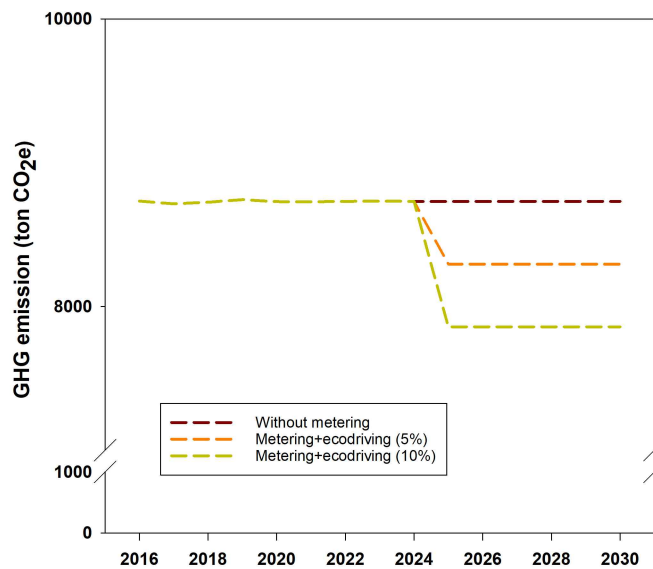


그림 2-3 에너지미터링 및 에코드라이빙 도입에 따른 온실가스 배출량 변화 추이

○ 철도차량 운행단계에서의 에너지 소비 저감방안

철도부문의 에너지 소비를 줄일 수 있는 주요대책으로는 무게감소, 공기역학 및 마찰, 공간이용, 전환손실 감소, 제동 및 에너지저장 재이용, 신 에너지원, 신개념 동차, 에너지 소비 저감 기능, 에너지 효율 운전, 하중 계수 조절 및 신축성 열차, 에너지 소비와 측정 및 문서화 등이 있다.

표 2-6. 철도부문 에너지 소비 저감방안

기술			세부기술	영문 세부기술	특성
1	무게감소(Mass Reduction)		알루미늄차체	Aluminum car-body	길이 15% 감소, 357kg/좌석, 60% 에너지 사용 감소
			연결식 차량	Articulated trains (Jakob-type bogies)	길이 25% 감소, 질량감소 및 에너지 사용 감소
			강화 폴리머 섬유	Fibre reinforced polymers	20 ~ 40% 무게 절감, 높은 강도
			경량 객실 인테리어 장치	Light coach interior equipment	총 객차 무게 절감
			전자기계 주행 장치 향상	Mechatronic innovations for future running gear	유효탑재량 당 열차 질량 40% 감소, 에너지 사용 30% 감소
			샌드위치 구조	Sandwich structures	5% 질량감소, 높은 강도, 용량 대비 높은 하중, 열 및 소음 절연
			단축 대차	Single-axle bogies	에너지 소비 감소, 질량감소, 높은 가속비
2	공기역학 및 마찰(Aerodynamics and friction)		집전장치 공기역학 최적화	Aerodynamic optimisation of pantographs	마모 감소, 집전장치감소, 고속허용
			공기역학적 화물차량의 배치	Aerodynamic ordering of freight cars	0 ~ 12% 에너지 감축
			대차 페어링	bogie fairings	저항 10% 감소/bogie cover의 저감 잠재력은 6 ~ 7%
			개방된 화물차량 포장	Covers for open freight cars	공기저항 감소
			바퀴와 트랙 윤활화	Lubrication of wheel and tracks	마찰저항 및 마모 감소
			앞/뒤 부분의 간소화	Streamlining of head and tail	공기저항 5% 감소
			열차 옆과 아래 간소화	Streamlining of train sides and underfloor areas	에너지 3% 감소
			가상 연결 열차	virtually coupled trains	공기저항 감소, 수용량 증가
3	공간이용(Space utilization)		식당 칸 제거	Elimination of dining car	
			이층 차량	Double-decked stock	45% 이상 인원수용/좌석당 무게 36% 감소/30% 에너지 사용 감소
			광축 차량	Wide-body stock	
			총괄제어(MUs) vs 견인열차	Multiple units(MUs) vs loco-hauled trains	
4	전환손실감소 (Reducing conversion losses)	전기동차	횡자속전동기	Transversal flux motor	높은 에너지 및 토크 밀도, 무게감소
			견인 소프트웨어의 최적화	Optimization of traction software	이론상 감소폭 15%/실제 에너지 효율 1 ~ 3% 향상, RE 465는 S/W를 설치하여 최적화 프로그램 운영
			중주파 변압기	Medium-frequency transformer	용량 감소, 질량감소
			HTSC 변압기	HTSC transformer	열차특성별 총 에너지 소비 7 ~ 13% 절감
			절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)	IGBT	기존 교류모터 제어 에너지 15% 절감
			휠 장착 영구자석 동기전동기	Wheel-mounted permanent magnet synchronous motor	모터 효율 약 7% 향상
			견인그룹의 전철	Switch-off of traction group	2 ~ 5% 에너지 효율 개선
			환기장치 관리(신차량)	Ventilation control (in new stock)	약 5% 에너지 절감효과

			환기장치 관리(개량)	Ventilation control (retrofit)	4 ~ 8% 에너지 절감효과
			동력 흡수 최적화를 통한 손실 감소	Loss reduction by optimized power intake	2% 미만 가선 케이블 손실 감소
		디젤동차	디젤엔진 교체	Re-engining of diesel stock (replacement of engine)	연비 20% 향상
			디젤 기계식 전동장치	Diesel-mechanic transmission	디젤-유압, 디젤-전기에 비해 에너지 효율 10 ~ 15% 증가
			바이오디젤	Biodiesel	
			디젤동차에 첨가제 추가	Fuel or oil additives for diesel traction	
			엔진 업그레이드	Upgrading of engines	구형 디젤동차 교환하여 6% 연비향상/4 ~ 5년 투자비 회수
			미래 디젤기술의 개발	Future developments in diesel technology	5 ~ 10% 연비개선 효과
			고압 연료 분사	Common rail	20% 연비향상, 오래된 기관차 엔진 교체 시 30% 연비향상
5	제동 및 에너지저장 재이용(Regenerative braking and energy storage)	전기식 디젤 차량 에너지저장	Diesel-electric vehicles with energy storage	10 ~ 30% 에너지 효율 개선	
		16.7Hz, 15kV 시스템 회생 제동	regenerative braking in 16.7Hz, 15kV systems	마모 감소, 무게 및 유지보수 비용 절감	
		무선조종 화물열차 이중견인	radio-controlled double traction in freight trains	각 엔진당 6Mh 회생	
		화물열차의 회생 제동	regenerative braking in freight trains	5% 미만	
		전기식 디젤 차량 주행 중 제동에너지 사용	on-board use of braking energy in diesel-electric stock	3 ~ 7% 에너지 절감	
		열차의 종 방향 힘에 대한 한계치 수정	revision of limit value for longitudinal force in the train		
		직류 변전소에 대한 인버터 장치	inverter unit for DC substations		
		직류시스템의 주행 중 에너지저장	On-board energy storage in DC systems		
		고정 에너지저장	Stationary energy storage	2 ~ 10% 에너지 절감효과	
		플라이휠(저장기술)	Fly-wheels(storage technology)		
		배터리(저장기술)	Batteries(storage technology)		
		보조 전원 커패시터(저장기술)	Double-layer capacitor(storage technology)		
		초전도 자기 에너지 저장(저장기술)	Superconducting Magnetic Energy Storage(storage technology)		
		직류시스템 회생 제동	regenerative braking in DC systems		
		50Hz, 25kV 시스템 회생 제동	regenerative braking in 50Hz, 25kV systems		
6	신에너지원(New traction concepts and energy source)	PEM 연료전지	PEM fuel cell		
		천연가스	Natural gas	CNG 기관차 및 ANG (adsorbed natural gas) 동차 이용	
		수소엔진	Hydrogen engine		
		가스터빈	Gas turbine		
7	신개념동차(Non-conventional trains)		자기부상기술	Magnetic levitation technology (maglev)	자기부상열차 이용/300 ~ 500km/시간
8	에너지 소비를 줄이는 기능(Reducing	서비 스	객차 단열	Coach insulation	1 ~ 4% 에너지 절감
			여객객차 목표 온도 조절	Modification of target temperature	

	energy consumption for comfort functions)			in passenger coaches	
			스마트 창문	Smart windows	총 에너지 소비 1% 절감
			냉난방장치 관리 운영 방식 개선	Improved operation control for air-conditioning	총 에너지 소비 1~2% 절감
			Mus에서 폐열 사용 ORC 기술	ORC technology to use waste heat in Mus	총 에너지 수요 20% 절감
			Mus에서 폐열 열 교환 이용	Heat exchangers to use waste heat in Mus	5~10% 에너지 절감
			객차 환기를 위한 CO ₂ 기반 수요 관리	CO ₂ -based demand control for coach ventilation	에너지 사용 20% 감소 /총 에너지 사용 3~4% 감소
			초과 환기	Excess ventilation	총 에너지 사용 2% 감소
		정차중	주차된 열차 편리기능 제어	Control of comfort functions in parked trains	PLC(programmable Logistic Control) 개발/3~5% 에너지 감소
			주차된 열차 에너지 공급을 위한 연결	Coupling of parked trains for common energy supply	
9	에너지 효율적인 운전 (Energy efficient driving)	시간표	시간표의 최적화	Energetic optimization of timetable	Metromiser 개발/시간표 최적화 프로그램
		역정차시간 감소	체계적인 열차 지연	Systematic train delays	탑승 후 출발시각 고려 기차 출발 안함/shadow 스케줄 개발
			승차 시간 감소를 위한 고객 정보	Passenger information to reduce boarding time at stations	시간 절감에 따른 에너지 효율 5% 절감
		운전 안내 시스템	에너지 효율 운전 전략	Energy efficient driving strategies	
			저차원적 기술을 이용한 에너지 효율 운전 전략	Energy efficient driving by low-tech measures	평균 대비 5~6% 에너지 절감
			교외 운영에서의 운전 안내 시스템	Driving advice systems in suburban operation	Baier 2001, Linder 2000
			주요라인 운영에서의 운전 안내 시스템	Driving advice systems in main line operation	
			화물 운영에서의 운전 안내 시스템	Driving advice systems in freight operation	ESF(Energiesparende Fahrweise) 개발/에너지 저감 잠재력 5% 이상
		교통유동화	제어센터에 의한 열차 운영 최적화	Optimisation of train operation by control center	에너지 소비 10~15% 감소
			이동 블록	Moving block	
			자동화 열차 제어	Automatic train control	
			철도 인프라의 Demixing	Demixing of railway infrastructure	
			속도조화	Speed harmonisation	
10	하중계수 조절 및 신축성 열차(Load factor and flexible trains)		자체추진 화물차	Self-propelled freight cars	기관차를 분리하고 합체하여 수용력을 최적화하는 것
			승객운행을 위한 열차 모듈	Modular train sets for passenger operation	
11	에너지 소비와 측정 및 문서화(Measurement and documentation of energy consumption)		에너지미터(전기)	Energy meters(electric)	TEAM project/에너지미터를 설치하여 에너지 유입과 사용에 대한 관리
			디젤 유량 미터	Diesel flow meters	
			견인소비의 데이터베이스	Database of traction consumption	
12	관리 및 기관(Management and organization)	구매전략	LCC 기반 구매	LCC-driven procurement	
			에너지 효율을 위한 참고주기	Reference cycle for energy efficiency	
			기관사에 대한 인센티브	Incentives for drivers	무게를 줄인 제품 인센티브 제공
		직원 인식 및 인센티브	직원 인식 향상을 위한 트레이닝 프로그램	Training programs to raise awareness of personnel	

특히, 유럽에서는 에코드라이빙 관련 교육사업을 활발히 수행하고 있다. 철도차량 운전자들이 더욱 에너지 효율적이면서도 편안하게 차량을 운전토록 하는 것을 목표로 TRAINER(Training programmes to Increase Energy- efficiency by Railways) 프로젝트를 통해 독일에서는 전동차와 디젤기관차 모두에서 평균 5~10%의 에너지를 절약하였다.

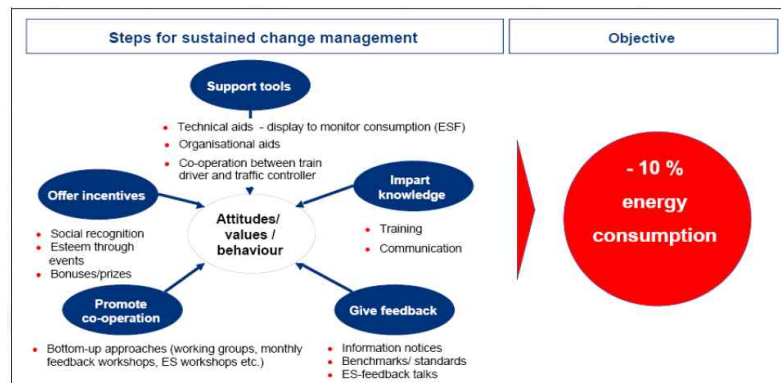


그림 2-4 독일 DB 'EnergieSparen' 프로그램 실행계획

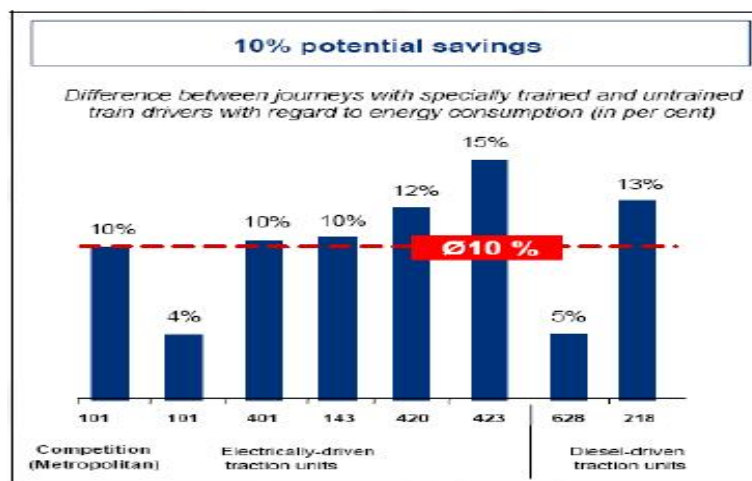


그림 2-5 독일 DB 에코드라이빙을 통한 철도차량 에너지절약 비율

호주에서는 장거리 열차 운전자를 지원해 주는 시스템을 기반으로 운전자에게 최적의 속도 정보를 추천하고, 속도변화 및 이상 징후를 자동으로 기록하고 조정하여 소모되는 연료를 5~20% 절감하였다.

따라서 우리나라 철도분야에서도 에너지 미터링 장치 및 에코드라이빙 시스템 도입을 통해 실시간 운행 열차에 대한 소비전력의 정보 관리가 시급하고 또한 에코드라이빙 시스템의 도입을 병행하게 된다면 차량운행 에너지 효율성 향상을 위한 관리에 따른 시너지 효과와 더불어 글로벌 에너지 환경경제 대응과 운영기관의 에너지관리를 통한 경영개선이 기대된다.

구분	투자비용 (백만 원)	절감액 (백만 원)	저감량 (톤 CO2e)	현재가치 편익 (NPV)	B/C분석	투자회수 기간(년)	한계감축 비용(원)
KTX	336.4	3,622	17,010	31,996	161.5	0.1	-125,400
전기동차	2,071.4	4,045	18,994	34,037	29.3	0.5	-119,465
전기기관차	591.6	2,347	11,024	20,359	59.5	0.4	-123,118
누리로	23.2	51	241	432	32.9	0.5	-119,518
합계	3,022.6	10,065	47,269				

에너지 절약 비율을 5%로 설정 시 투자회수기간 및 한계감축비용을 표로 정리해보았다.

○ 차량설치 방안

시제품을 설치하기 위해서는 에너지 미터링 시스템의 기술적 분석 및 요구사항 검토, 차량과의 인터페이스 가능성 및 설치방안에 대한 절차 검토를 그림 2-4에 나타내었으며, 시스템의 안정성 및 신뢰성 검증 방법 등을 충분히 고려하여 설치하여야 한다. 이러한 고려사항을 설치 전/후 점검을 위해 표 2-7의 절차를 통해 설치방안을 검토하였다.



그림 2-6 시제품의 인터페이스 방안 및 설치 절차 검토

표 2-7. 시제품 차량 설치방안

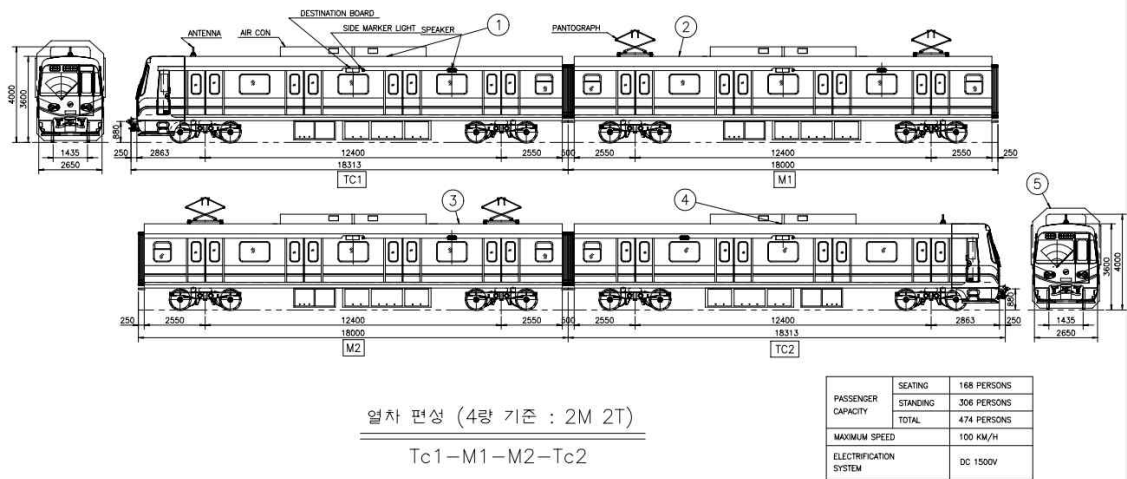
구 분	세 부 내 용
시제품 장치 분석	· 기술 사양 검토 및 분석 · 요구 및 필요사항(데이터 포함) 확인
차량과 인터페이스 가능성 검토	· 요구 사항에 대한 신호 및 차량데이터 제공 가능성 검토 - 차량의 전기신호 및 통신 사양 분석 · 하드웨어 I/F 사양 검토 · 설치 시 차량운행 영향성 검토
인터페이스(설치) 방안	· 시험 대상 차종 및 설치호차 선정 · 차량의 인터페이스(신호 및 데이터) 방안 검토 - 전기신호 및 통신 I/F 방안 검토 - 차량 배선 및 설치 장소 선정 · 차량과 I/F 시 문제점 도출 및 대책 방안 - 전기신호 : 완전 절연형 회로 설계 필요(Surge보호 등) - 통신 : 통신장애 및 노이즈 유입 차단을 위한 회로 및 기구 설계 필요
안정성 및 신뢰성 검증 방안	· 단품 성능시험 (Asing Test 병행) - 통신 인터페이스 시험 및 저장 데이터 신뢰성 검증 ☞ C/I 시험기와 미터링 장치간 통신시험 - 전기신호 인터페이스 검증시험 ☞ 미터링 장치 단품시험 검증이후 차량의 센싱부 2차측과 연결하여 안정성 및 신뢰성 검증 · 조합시험 - 현차에 간이배선 후 요구 사항에 대한 안정성 및 신뢰성 검증을 위한 기지구내 시험 실시 · 문제점 및 보완 사항 검토 후 적용
시스템 설치 및 현차시험	· 선정차량에 미터링장치 설치 · 최종 안정성 및 신뢰성 검증을 위한 현차시험(구내) 실시 · 시험차량과 미터링장치 간 시스템 적합성 확인을 위한 점검

○ 차량설치

시제품은 그림 2-5와 같이 객실의 차량컴퓨터가 위치한 곳에 설치하였다. 그림 2-6과 같이 광주도 시철도 1호선 차량은 총 2개의 동력차(M car)가 있으며, 시제품은 하나의 동력차 객실에 설치하여 에너지 모니터링 및 기록을 실시하였다. 또한 영업운행 중인 차량의 DCPT와 DCCT에서 데이터 수집이 어렵기 때문에 CC에서 CI로 연결되는 통신보드에 우리 개발품을 설치할 수 있는 젠더를 제작하여 데이터를 수집하였다. 기록된 전력량은 전체 차량에서 사용되는 전력량 중에서 추진장치에서 사용되는 에너지가 기록된 것으로 볼 수 있다.



그림 2-7 차량컴퓨터



차량 구성:

11##: Tc(SIV, 공기압축기, 축전지)

12##: M'(팬터그래프, 주변압기, VVVF, IM)

17##: M'(팬터그래프, 주변압기, VVVF, IM)

10##: Tc(SIV, 공기압축기, 축전지)

그림 2-8 광주도시철도 1호선 차량편성도

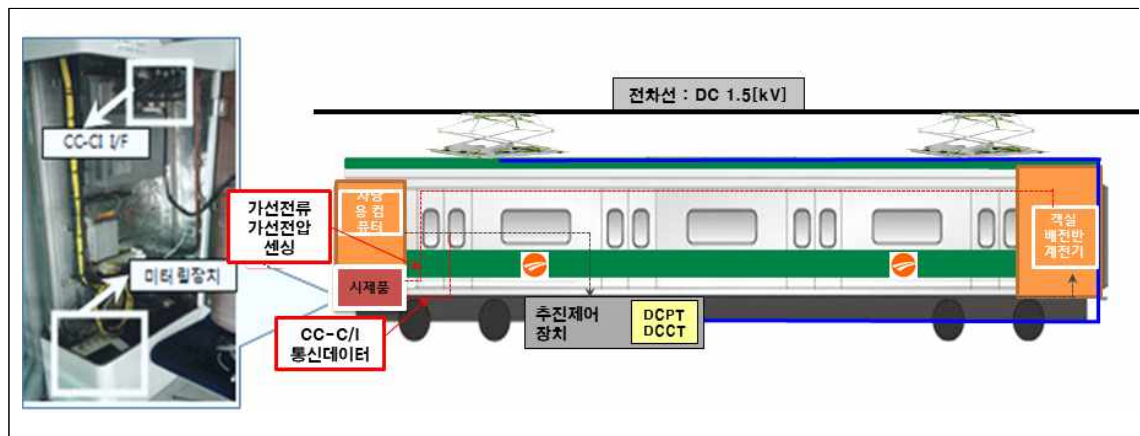


그림 2-9 전기신호 및 통신 I/F 방안

○ 현차시험 결과 분석

1) 열차운행 패턴별 에너지 사용량 분석

취득된 데이터는 운행시간, 추진 소비전력량, 제동시 회생전력량, 소비전력량과 회생전력량에 의해 계산된 총 소비전력량, 운행거리에 따른 연비 등이 산출될 수 있다. 물론 이외에도 다양한 방법으로 분석가능하나, 본 연구 목적 상 시제품의 신뢰성 및 적합성을 평가하고자 하는 단계에서는 표 2-8과 같이 데이터 및 계산 방식을 사용하여 산출하였다.

표 2-8. 각 항목별 데이터 취득 및 산출 방식

구분	분석 및 산출방식 기술
시발역	TCMS열차운행기록 분석
종착역	TCMS열차운행기록 분석
운행시간	TCMS열차운행기록 분석
추진 시 소비전력량 [kWh]	추진 시 순간소비전력량 / 3600 후 해당 구간의 산출값을 합산
제동 시 소비전력량 [kWh]	제동 시 순간소비전력량 / 3600 후 해당 구간의 산출값을 합산
총 소비전력량 [kWh]	추진 시 - 제동 시 소비전력량으로 산출
이동 거리 [km]	TCMS속도에서 계산
연비 (km/kWh)	운행거리 [km] / 총 소비전력량 [kWh]

2) 운행 구간 에너지 소비량

그림 2-8은 8월4일 07시 12분~08시 07분에 1회 왕복한 구간을 각 역사별로 운행패턴 및 전력사용량을 그래프화하여 사용자가 전체적인 추이를 확인할 수 있도록 하였다. 그림과 같이 전체 운행 구간에 대해서 측정된 데이터 활용하여 1일 동안 소비한 에너지, 이동거리를 계산하여 연비 계산에 활용하였다.

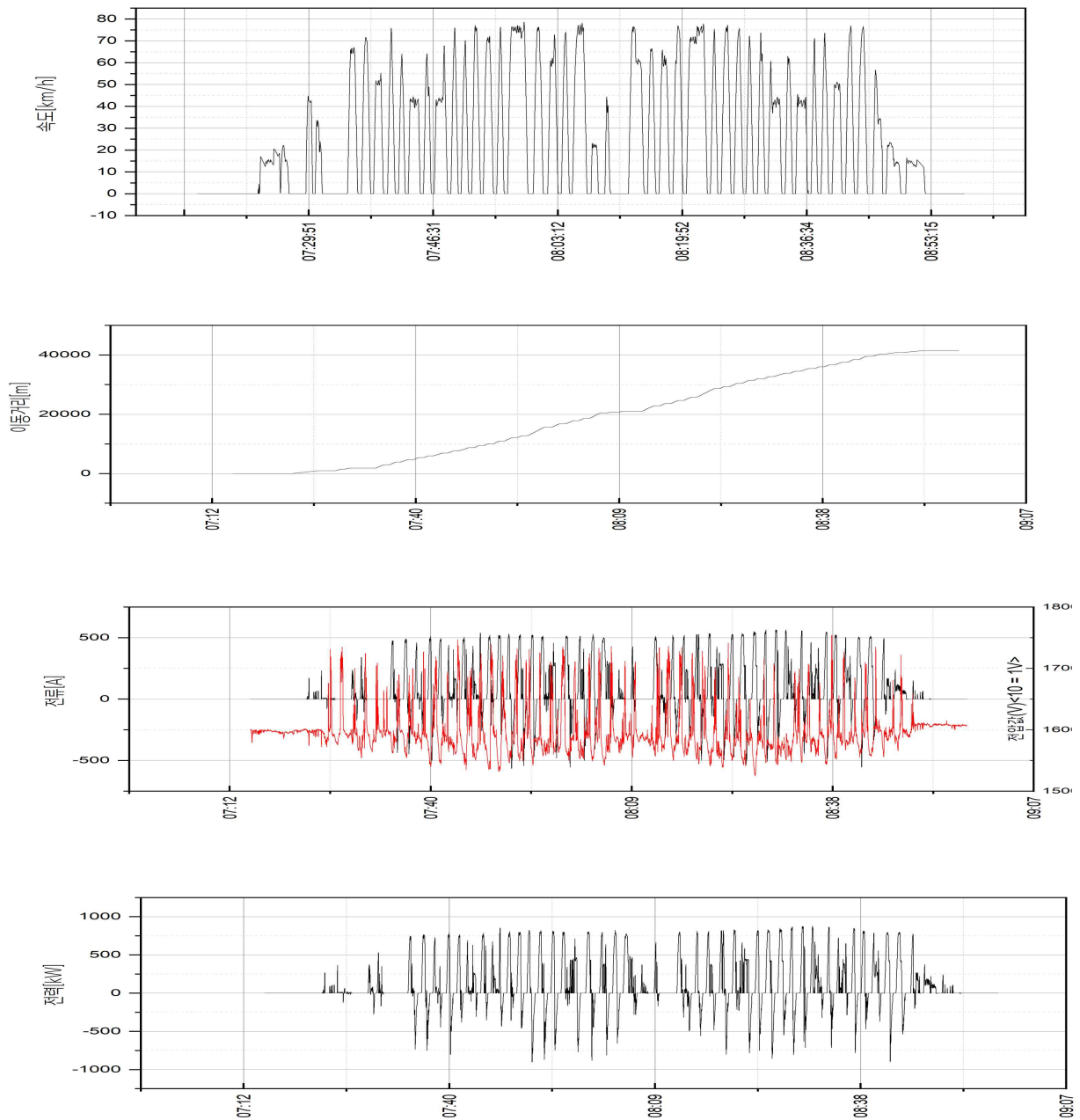


그림 2-10 8월4일 07:12~08:07 운행 데이터

3) 특정 구간의 에너지 소비량 분석

그림 2-8은 전체 운행 구간의 추이를 확인하기에는 적합하나 특정 구간을 확인하거나 여러 종류의 정밀하게 분석하기에는 다소 어려운 스타일이다. 이러한 어려움을 해소하기 위해서는 사용자가 특정 구간을 선택하여 필요한 데이터만을 체크하는 방식으로 분석이 가능하도록 그림 2-9와 같이 구간을 운행 시 주요 데이터를 도식화 하였다. 이러한 방식은 각 구간별 에너지 소비량을 분석할 수 있어 상세한 분석 시 활용도가 높을 것으로 사료된다.

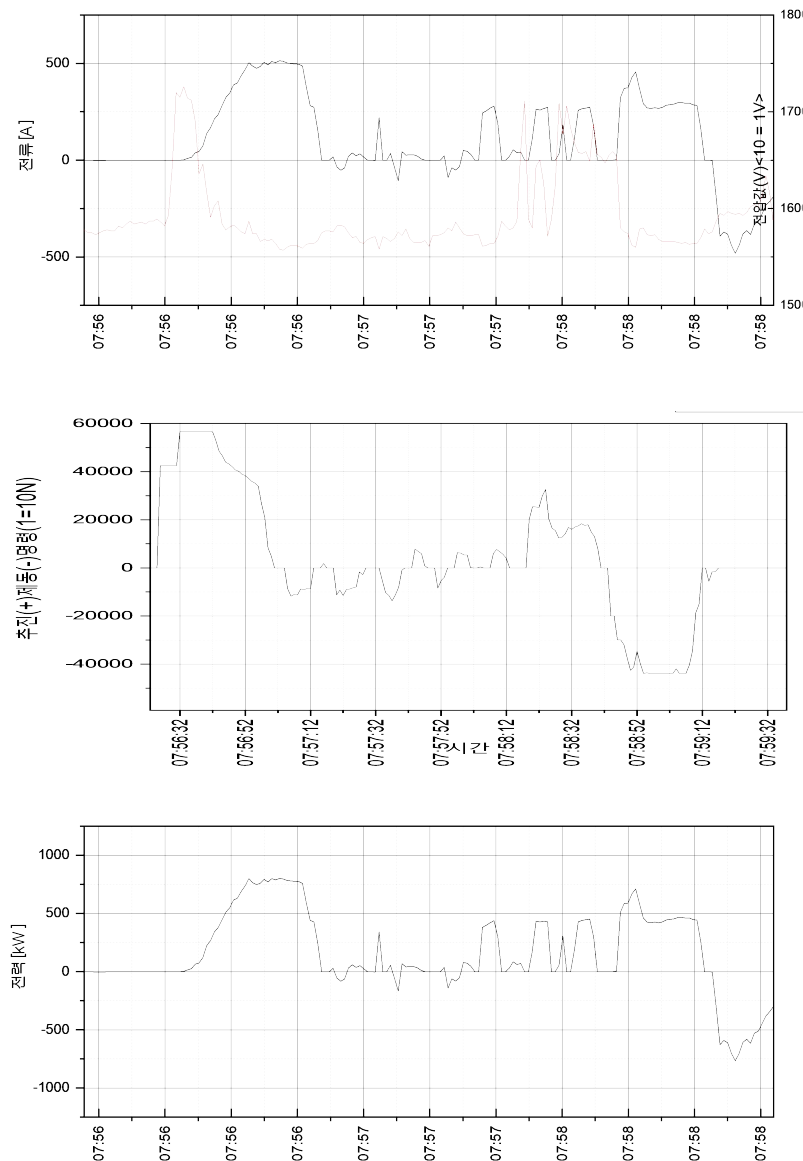


그림 2-11 운행 구간 중 마복역-공항역 사이의 데이터

4) 월별 에너지 소비량 분석

미터링 장치에 기록된 데이터를 기반으로 8월~12월까지 운행 시 에너지 소비량을 분석하였다. 본 미터링 장치는 4량 1편성으로 운행되는 광주도시철도 1호선 차량에 탑재되었으며, 계산된 전력량 및 에너지량은 전체 4량 중에 2량에 해당하는 양을 기준으로 계산되었다.

아래의 표는 8월에 측정된 데이터를 정리한 것이다. 8월 4일에 운행 연비가 가장 큰 0.32 km/kWh로 분석되었으며, 이 때 운행거리를 보면 1회 왕복 운행을 한 것으로 확인할 수 있다. 이러한 연비차는 운전모드나 승객하중에 따라 다를 수 있다.

표 2-9. 에너지 소비량(8월)

운행일	요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
8월 3일	월	211.99	-57.89	154.10	41.38	0.269
8월 4일	화	250.72	-71.52	179.21	57.41	0.320
8월 5일	수	210.51	-66.09	144.43	41.41	0.287
8월 7일	금	212.50	-58.15	154.35	41.47	0.269
8월 8일	토	2268.30	-572.98	1695.30	436.81	0.258
8월 9일	일	1736.80	-454.89	1281.90	337.07	0.263
8월 11일	화	1025.00	-286.82	738.17	197.57	0.268
8월 12일	수	420.72	-124.12	296.60	82.89	0.280
8월 13일	목	1655.90	-449.85	1206.10	316.44	0.262
8월 14일	금	1651.00	-472.86	1178.10	321.33	0.273
8월 15일	토	2148.30	-544.51	1603.80	409.27	0.255
8월 16일	일	1970.00	-492.43	1477.60	379.79	0.257
8월 17일	월	1428.70	-411.36	1017.30	277.28	0.273
8월 18일	화	918.60	-259.64	658.96	177.69	0.270
8월 19일	수	1148.10	-320.52	827.58	222.12	0.268
8월 20일	목	1642.50	-486.14	1156.30	315.52	0.273
8월 21일	금	588.12	-165.98	422.14	121.12	0.287
8월 22일	토	1944.60	-501.18	1443.40	371.90	0.258
8월 23일	일	1933.80	-470.35	1463.40	371.91	0.254
8월 24일	월	1230.40	-334.84	895.58	235.84	0.263
8월 25일	화	1025.20	-275.13	750.05	197.59	0.263
8월 27일	목	1907.80	-553.88	1353.90	371.92	0.275
8월 28일	금	1543.40	-421.15	1122.30	296.79	0.264
8월 29일	토	1223.60	-322.91	900.72	235.88	0.262
8월 30일	일	1215.80	-343.65	872.18	235.87	0.270
8월 31일	월	413.44	-108.76	304.68	79.79	0.262

표 2-10. 에너지 소비량(9월)

운행일	요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
9월 1일	화	2332.70	-613.91	1718.80	450.65	0.262
9월 4일	금	1418.70	-387.27	1031.40	270.95	0.263
9월 5일	토	1219.50	-344.22	875.30	235.94	2.696
9월 10일	목	1958.50	-535.61	1422.90	381.58	0.268
9월 11일	금	2217.00	-636.83	1580.20	431.58	0.273
9월 12일	토	1323.00	-331.49	991.50	257.19	0.259
9월 13일	일	712.75	-169.11	543.64	143.44	0.264
9월 14일	월	1890.00	-502.08	1387.90	379.03	0.273
9월 15일	화	1138.50	-313.41	825.12	225.78	0.274
9월 16일	수	2014.60	-536.47	1478.10	388.91	0.263
9월 17일	목	812.26	-246.43	565.83	156.19	0.276
9월 18일	금	1541.00	-425.58	1115.50	297.37	0.267
9월 20일	일	1954.40	-535.03	1419.30	378.38	0.267
9월 21일	월	1617.40	-439.22	1178.20	320.49	0.272
9월 22일	화	2235.90	-591.07	1644.80	433.49	0.264
9월 23일	수	1653.70	-456.26	1197.40	315.73	0.264
9월 24일	목	1543.70	-422.31	1121.40	295.46	0.263
9월 25일	금	1543.70	-422.31	1121.40	295.46	0.263
9월 27일	일	425.89	-82.26	343.63	79.68	0.232
9월 28일	월	421.74	-101.33	320.41	80.86	0.252
9월 29일	화	1949.20	-496.08	1453.20	372.00	0.256
9월 30일	수	1548.90	-401.62	1147.30	298.70	0.260

표 2-11. 에너지 소비량(10월)

운행일	요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
10월 2일	금	1127.20	-260.10	867.12	219.52	0.253
10월 3일	토	1339.60	-303.62	1035.90	257.23	0.248
10월 4일	일	1221.10	-280.74	940.34	235.98	0.251
10월 5일	월	214.48	-56.47	158.01	41.43	0.262
10월 6일	화	211.90	-68.25	143.65	41.41	0.288
10월 7일	수	823.53	-216.34	607.19	159.04	0.262
10월 8일	목	1631.10	-460.82	1170.20	313.89	0.268
10월 10일	토	828.62	-208.14	620.48	157.88	0.254
10월 11일	일	1120.20	-254.22	865.99	215.46	0.249
10월 12일	월	528.64	-136.52	392.12	100.83	0.257
10월 13일	화	177.24	-50.77	126.48	37.93	0.300
10월 14일	수	1038.30	-305.33	732.93	198.450	0.3
10월 15일	목	1041.20	-293.61	747.55	197.62	0.264
10월 17일	토	410.81	-124.28	286.53	79.69	0.278
10월 18일	일	711.42	-165.41	546.01	136.02	0.249
10월 20일	화	1555.10	-425.48	1129.70	295.08	0.261
10월 21일	수	871.22	-206.35	664.87	167.52	0.252
10월 22일	목	971.59	-250.36	721.24	187.93	0.261
10월 23일	금	622.20	-171.72	450.48	117.90	0.262
10월 25일	일	191.17	-55.20	135.97	38.05	0.280
10월 29일	목	1386.20	-377.29	1008.90	261.10	0.259
10월 30일	금	697.42	-191.12	506.30	135.12	0.267
10월 31일	토	541.68	-140.29	401.39	107.92	0.269

표 2-12. 에너지 소비량(11월)

운행일	요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
11월 3일	화	845.32	-227.35	617.96	158.34	0.256
11월 5일	목	1078.00	-283.11	794.89	207.61	0.261
11월 6일	금	834.78	-219.98	614.80	161.67	0.263
11월 7일	토	335.94	-88.70	247.24	66.04	0.267
11월 9일	월	415.19	-124.33	290.86	80.88	0.278
11월 10일	화	2274.30	-586.41	1687.90	431.72	0.256
11월 11일	수	1025.50	-277.18	748.29	201.41	0.269
11월 12일	목	671.20	-160.77	510.43	130.01	0.255
11월 14일	토	346.41	-102.28	244.13	66.59	0.273
11월 15일	일	625.98	-138.51	487.47	125.01	0.256
11월 17일	화	340.07	-79.96	260.11	64.41	0.248
11월 18일	수	1423.30	-357.98	1065.30	272.84	0.256
11월 19일	목	745.88	-173.67	572.21	142.64	0.249
11월 20일	금	670.29	-155.63	514.66	131.095	0.255
11월 21일	토	984.29	-247.94	736.35	185.51	0.252
11월 22일	일	413.96	-109.97	304.00	79.69	0.262
11월 23일	월	655.62	-171.68	483.94	125.07	0.258

표 2-13. 에너지 소비량(12월)

운행일	요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
12월 5일	토	1539.50	-390.32	1149.10	295.39	0.257
12월 6일	일	1216.00	-309.42	906.60	234.75	0.259
12월 9일	수	2264.90	-588.83	1676.00	431.48	0.257
12월 12일	토	1008.60	-237.83	770.79	196.03	0.254
12월 14일	월	1654.60	-446.23	1208.40	316.69	0.262
12월 16일	수	916.75	-254.84	661.91	177.56	0.268
12월 17일	목	2141.40	-585.26	1556.10	409.40	0.263
12월 18일	금	1784.60	-478.78	1305.80	350.26	0.268
12월 19일	토	1753.70	-449.29	1304.40	330.48	0.253
12월 20일	일	1066.60	-282.49	784.06	204.96	0.261
12월 21일	월	1455.70	-381.76	1074.00	275.67	0.257
12월 30일	수	130.49	-48.58	81.91	28.51	0.348

5) 월별 에너지 소비량 정리

앞 절에서 정리한 데이터를 월별로 아래와 같이 정리하였다. 표를 보면 연비는 0.265 km/kWh로 7월 및 8월이 다른 월에 비해 다소 높게 분석되었으며, 평균 연비는 0.262 km/kWh로 계산되었다. 본 미터링 장치는 추진장치의 에너지 사용량만 기록되어 월별 에너지 사용량 차이를 분석하기에는 다소 무리가 있는 것으로 판단된다. 그리고 본 과제 현차 시험 구간은 처음 평동-도산, 마지막 소태-녹동 구간을 제외하고는 모두 지하구간이므로 향후 장시간 이어지는 지상구간의 상세 성능분석 자료를 추가적으로 확보하여 지상과 지하 구간에서의 환경 요인에 따른 차이 분석이 필요하다. 또한 계절별 환경 요인에 따른 상세 차이 분석을 위하여 차량에 설치된 DCCT 및 DCPT신호를 TCMS데이터와 같이 받으면 좀 더 상세한 에너지 사용량이 분석 가능하며, 현재 개발된 미터링 장치는 아날로그 신호 입력 및 TCM S의 통신 입력이 동시에 가능하기 때문에 향후 상용화에도 문제없이 충분히 활용 가능할 것으로 보인다.

표 2-14. 월별 에너지 소비량

월	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
8월	31,925.81	8,627.59	23,298.22	6,174.07	0.265
9월	33,473.03	8,989.89	24,483.13	6,488.86	0.265
10월	19,261.92	5,002.42	14,259.51	3,703.00	0.260
11월	13,686.02	3,505.44	10,180.58	2,630.53	0.258
12월	16,932.84	4,453.63	12,479.21	3,251.18	0.261

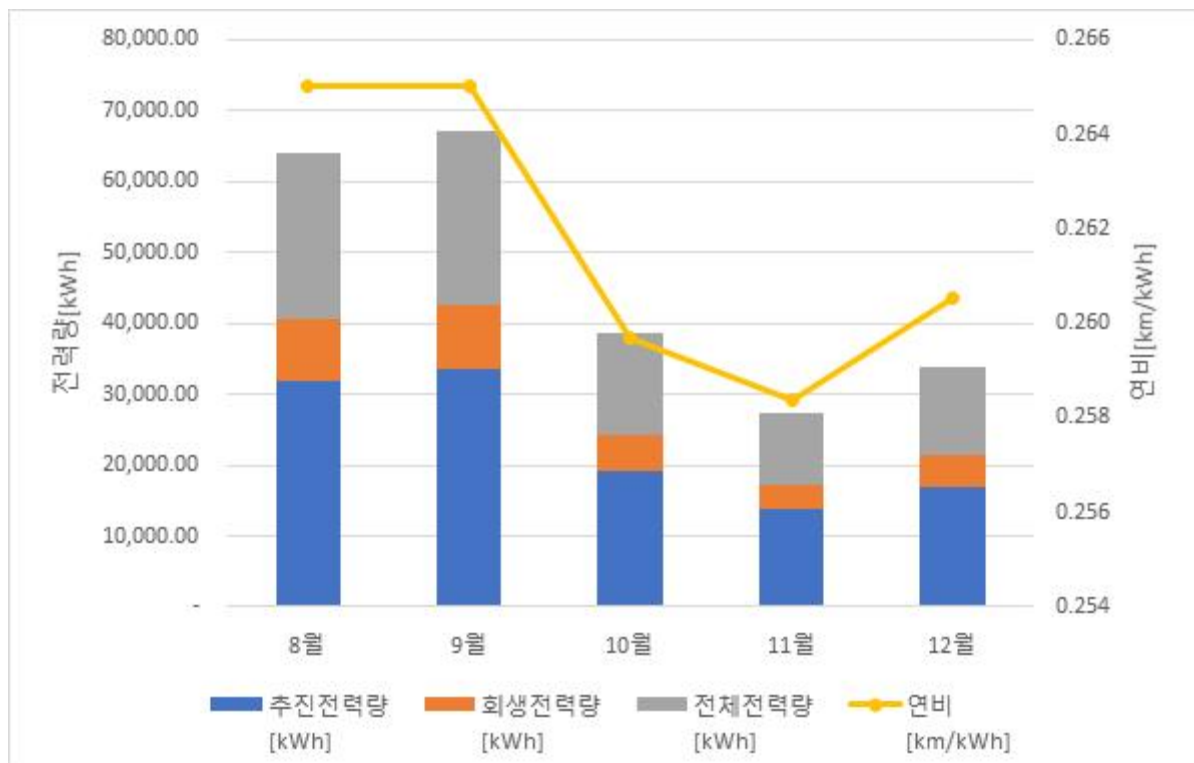


그림 2-12 월별 에너지 사용량 및 연비

다음의 표는 8월~12월 중에 운행하면 기록된 데이터를 요일별로 정리 분석한 것이다. 토요일 및 일요일이 0.258 km/kWh로 주중의 연비보다 다소 낮은 것으로 확인되었다. 이러한 원인은 주중과 주말의 운전시각, 승객 탑승과 큰 관계가 있는 것으로 보인다.

결론적으로 시제품의 데이터를 활용하여 열차의 에너지 사용량 분석이 가능하다. 하지만 현재 시제품에서 저장하는 데이터의 항목으로 앞서 기술한 바와 같이 에너지를 소비하는 다른 요소와 조건을 모두 고려할 수 없기 때문에 동일시간 대 운행 차량의 에너지 사용량과 운전모드별 에너지 사용량을 정확하게 분석하기에는 앞으로도 꾸준한 업데이트가 필요할 것으로 사료된다. 하지만 본 장에서 기술한 바와 같이 현재 시제품의 데이터로 다양한 형태로 에너지 사용량을 비교 분석할 수 있는 기본 사양은 구성된 것으로 사료된다.

표 2-15. 요일별 에너지 소비량(8월 ~ 12월)

요일	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]
월	12,137.89	3,272.47	8,865.51	2,355.25	0.266
화	16,279.75	4,345.80	11,934.14	3,141.07	0.263
수	15,490.52	4,160.51	11,329.81	2,986.56	0.264
목	19,187.22	5,279.10	13,907.98	3,687.32	0.265
금	16,451.91	4,467.46	11,984.55	3,191.64	0.266
토	19,216.45	4,909.97	14,306.33	3,689.75	0.258
일	16,515.86	4,143.66	12,372.09	3,196.05	0.258

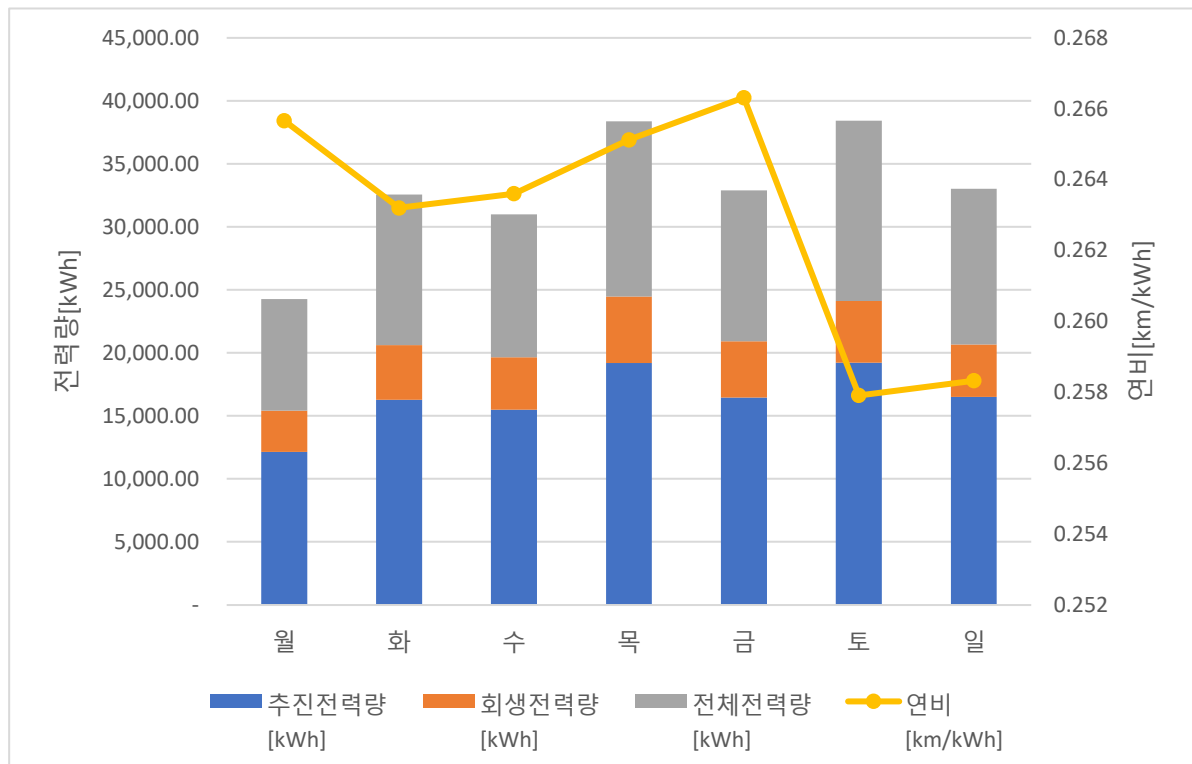


그림 2-13 요일별 에너지 사용량 및 연비

6) 자동운전 및 수동운전 전력량 분석

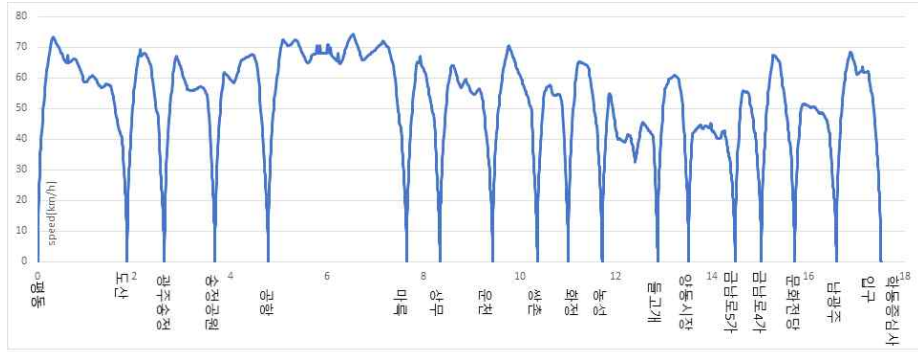
철도차량의 에너지 사용량은 운행 조건, 상하선 선로 선형, 및 승객하중과 같은 다양한 요인에 의해서 차이가 발생할 수 있다. 운행시간이 같은 오전시간 때의 저장된 기록을 분석한 결과 9월14일 10:00~10:41분동안 운행한 경우 평동에서 학동중심사역입구까지 수동운전모드로 운행하였고, 이와 유사한 시간대에 운행한 데이터는 9월10일 09:32~10:03까지 운행한 데이터를 비교하였다. 자동운전 시와 상대 비교하여 에너지 사용량을 분석하였으며, 표 2-16에 전력소비량을 분석하여 정리하였다.

표 2-16에서 보면 수동운전의 연비가 자동운전에 비해서 0.1 km/kWh정도 더 높게 계산되었으며, 반면 운행시간은 약 1.5분 정도 수동운전이 더 길게 운행하였으며, 운행거리는 17.5 km로 동일하였다. 자동운전 시에는 각 구간별로 정해진 속도를 맞추기 위해서 톱니 운전모드로 추진과 제동을 계속해서 사용하기 때문이며, 수동운전 시에는 추진과 제동을 일정하게 유지하거나 타행 운전 패턴을 사용하여 에너지 사용량이 자동운전에 비해 적음을 확인할 수 있었다. 자동운전으로 운행했을 경우의 추진전력량이 수동운전에 비해서 크게 나타나고 있었다.

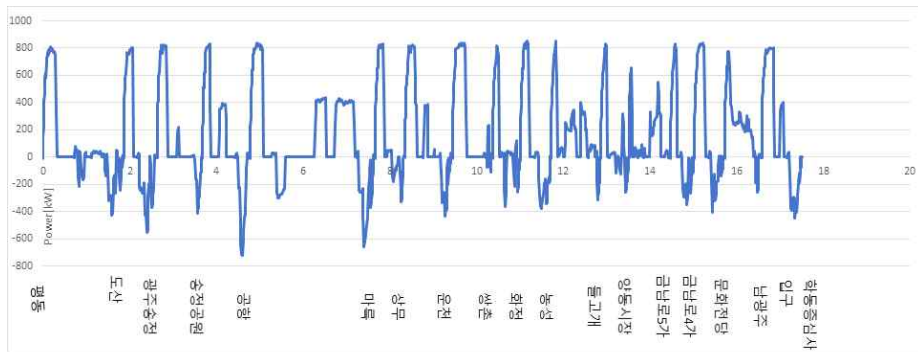
ATO는 ATP(Automatic Train Protection)의 속도프로파일을 추종하도록 자신의 프로파일을 생성하는데 일반적으로 ATP의 제한속도는 구간최고속도와 제동에 대한 속도커브를 제공하고 가속에 대한 프로파일을 정의하지 않습니다. 따라서 ATO는 속도의 변곡점에서 최대가속을 사용하고 이후 제한속도를 넘지 않기 위해서 가감속을 수행하기 때문에 에너지 소비에 있어서 수동운전과 차이가 발생하는 것으로 판단된다.

표 2-16. 운행모드에 따른 에너지 사용량비교

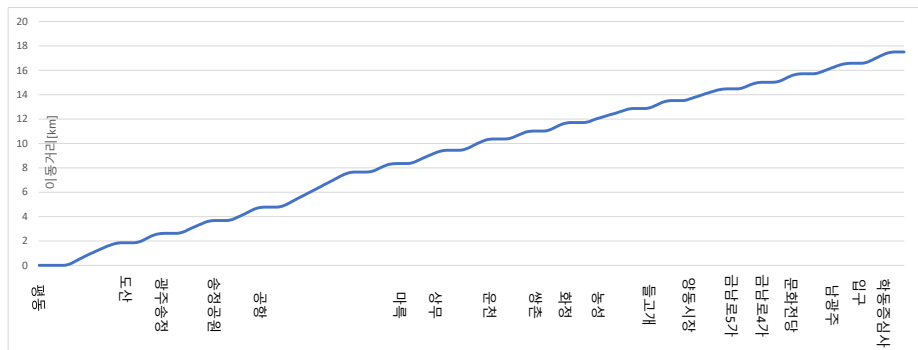
운행모드	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]	시간[분]
자동운전 (9월14일)	93.37	22.81	70.57	17.49	0.248	30.92
수동운전 (9월10일)	74.86	17.93	56.94	17.50	0.307	32.40



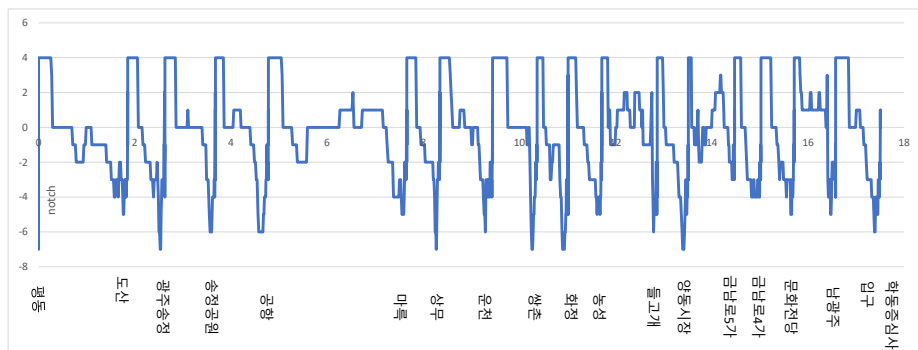
(a) 운행거리에 따른 속도 데이터



(b) 운행거리에 따른 전력 데이터

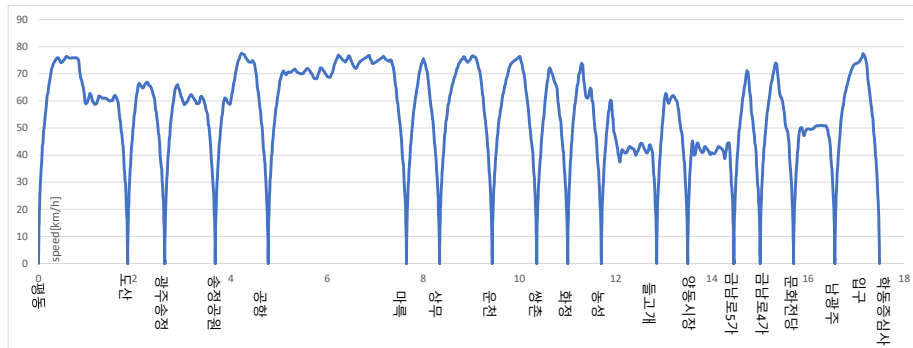


(c) 운행거리

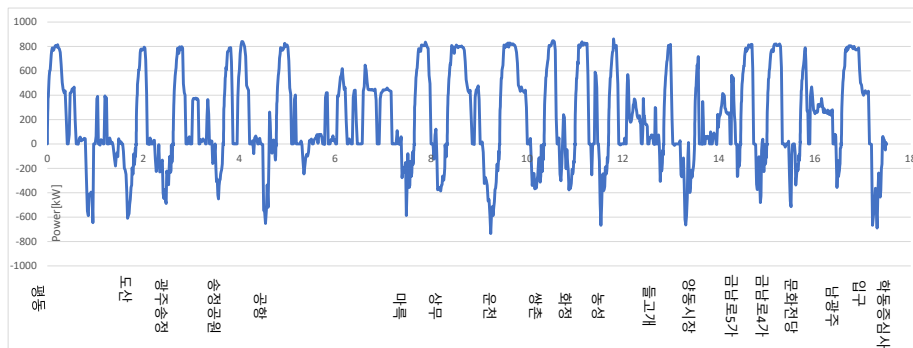


(d) 운행거리에 따른 노치변화

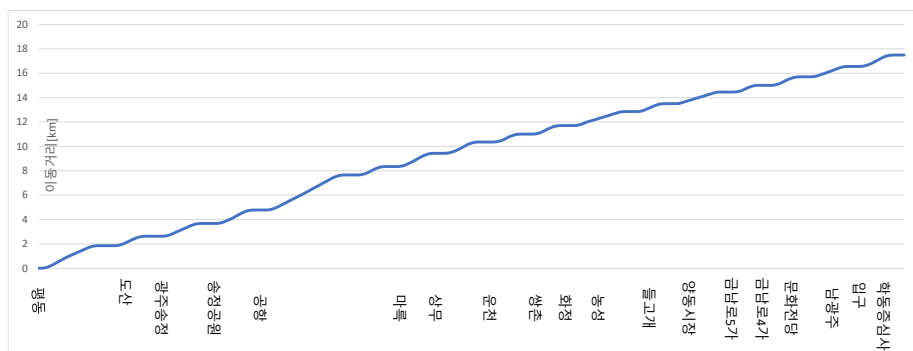
그림 2-14 수동운전 구간 데이터(9월14일)



(a) 운행거리에 따른 속도 데이터



(b) 운행거리에 따른 전력 데이터



(d) 운행거리에 따른 노치변화

그림 2-15 자동운전 구간 데이터(9월10일)

수동운전 중에 기록된 데이터는 표 2-17과 같이 정리되었다. 현장시험 차량이 수동으로 운행하면서 최소 5억 이상을 운행했을 경우만 정리하였다. 수동 평균연비는 0.316 km/kWh, 최대 0.348 km/kWh의 연비가 나오는 것을 확인할 수 있었으며, 최소 0.281 km/kWh의 연비가 계산되었으며, 해당 연비는 자동운전 연비와 비교해도 다소 큰 값이었다.

표 2-17 수동운전에 따른 연비

운행모드	추진전력량 [kWh]	회생전력량 [kWh]	전체전력량 [kWh]	운행거리 [km]	연비 [km/kWh]	운전자 (운전일자 기준)
8월14일	76.341	22.146	54.194	18.722	0.346	A
8월21일	141.907	30.065	111.841	33.315	0.297	B
9월14일	74.862	17.927	56.936	17.503	0.307	C
9월16일	104.273	26.749	77.524	28.068	0.362	B
9월21일	137.481	37.131	100.350	32.062	0.320	D
9월22일	144.334	35.251	109.083	30.665	0.281	E
10월30일	28.561	8.332	20.229	6.076	0.300	F
12월18일	122.670	27.312	95.358	29.671	0.311	G
평균					0.316	

* 전체 66명의 운전자 중, 5개억 이상 수동운전 분석 결과이며, 분석 일자별 운전일지를 보면 해당 운전자는 B를 제외하고는 모두 다른 운전자로 파악되었으며 B운전자의 경우도 운전 날짜가 상이하여 비교 분석이 어려움. 향후 개인 운전자별 수동운전 운행 패턴에 따른 전력 소모 현황 및 운행 데이터 분석 비교 결과는 데이터 누적에 이력관리 데이터 분석 결과로 제시되어야 함.

7) 수동운전 운행모드 분석

광주도시철도 1호선 전동차는 역행 노치가 1부터 4까지 있으며, 제동노치는 1부터 7까지 사용할 수 있다. 본 절에서는 수동으로 운행할 경우 역행, 제동, 중립 사용 현황에 대해서 분석하였다.

9월14일에 운행한 열차에 대해서 검토한 결과 다음 그림과 같이 운행구간 중에서 제동노치가 52% 사용하였으며, 중립(타행)이 17%, 역행노치가 31%로 사용되었다. 역행노치 사용현황은 그림 3-8에서 보이는 바와 같이 P4를 가장 많이 사용하였으며 65%이고, P3가 2%로 가장 적게 사용하였다. 제동노치는 B7이 26%로 가장 많이 사용하고 있으며, B6가 3%로 가장 적게 사용하고 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 출발시 가속도가 가장 큰 P4로 제한속도에 도달할 때까지 운행하기 때문이고, 제동시도 마찬가지로 B7으로 제동하여 충분히 감속 후 정위치 정차를 위해서 B1이 두 번째로 많이 사용하는 것으로 볼 수 있다.

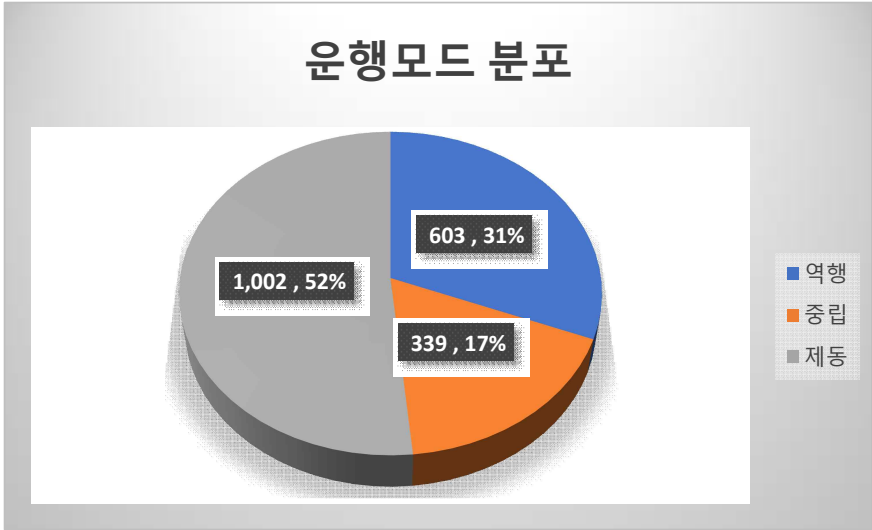


그림 2-16 수동운전 운행모드 분포

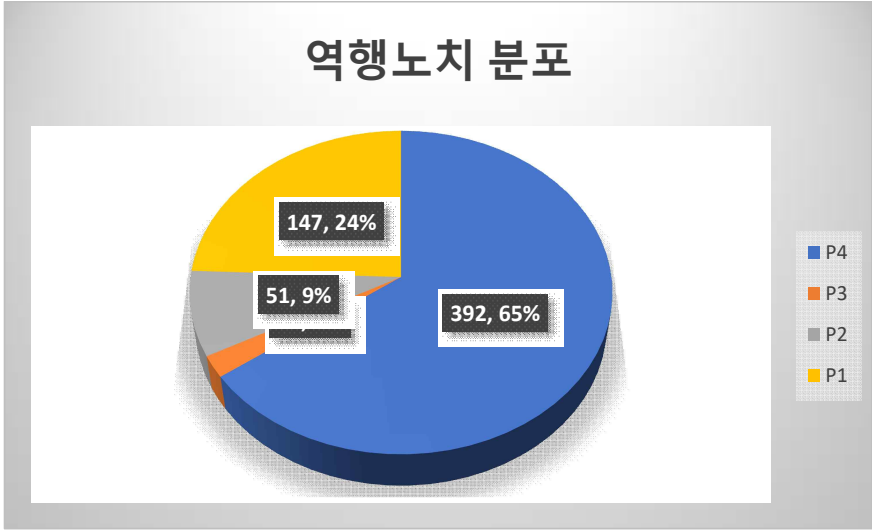


그림 2-17 수동운전시 역행 노치 분포

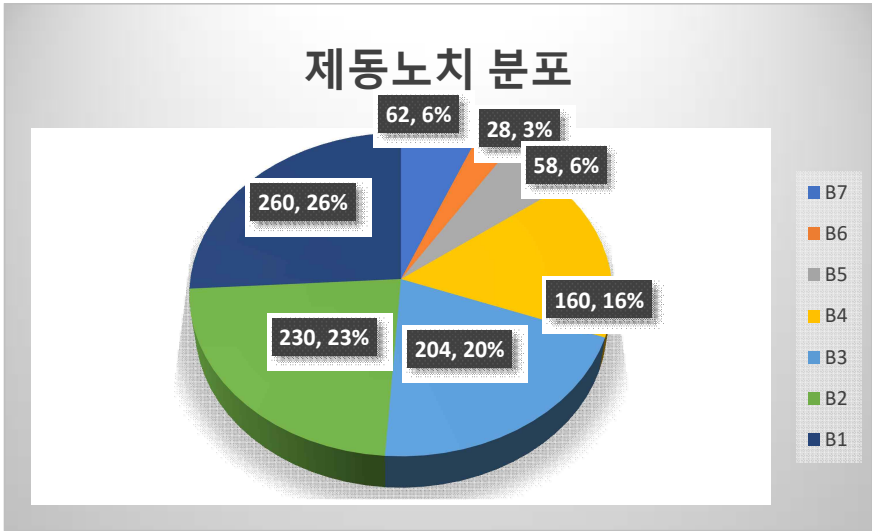
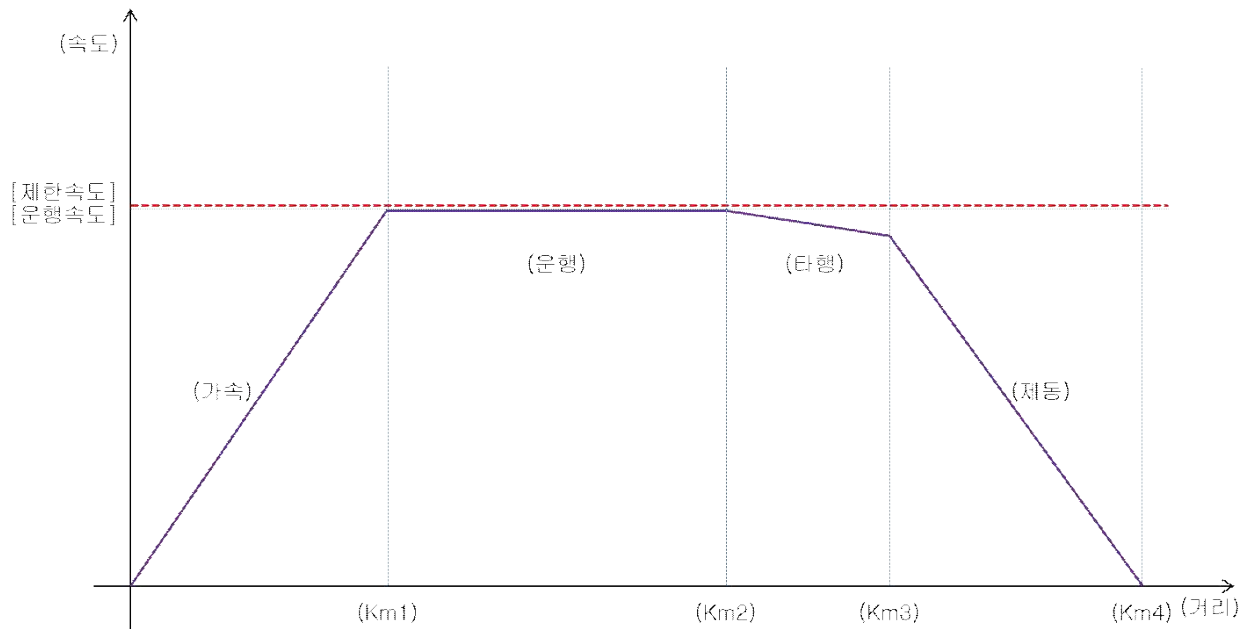


그림 2-18 수동운전시 제동 노치 분포

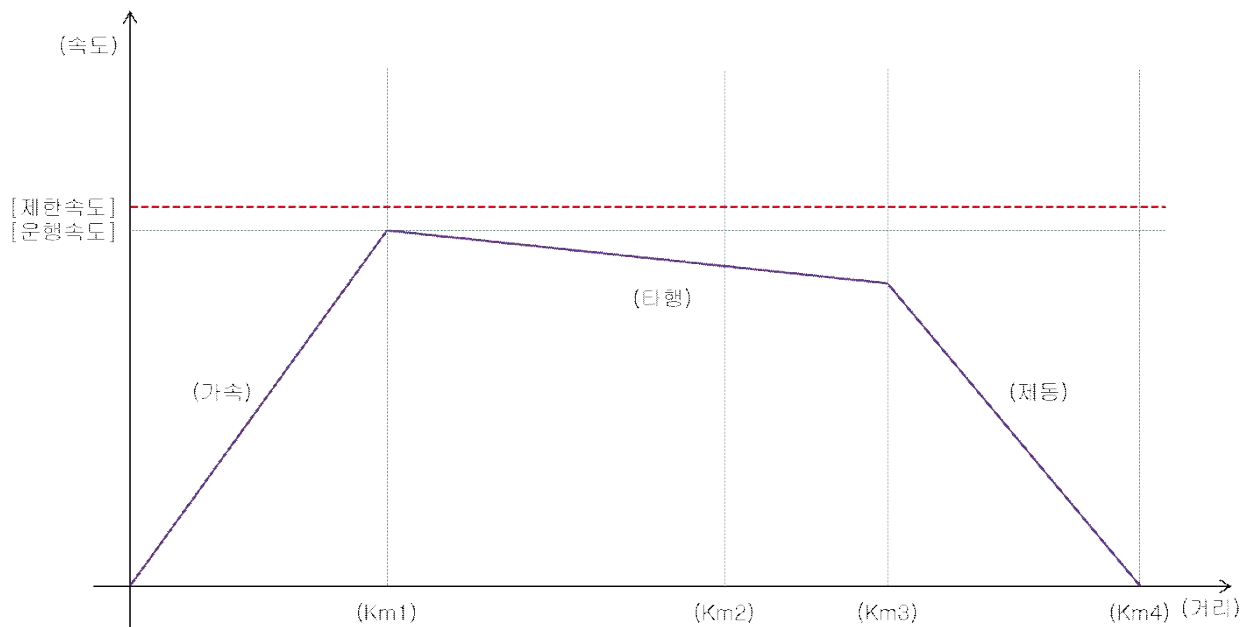
○ 경제운전 패턴 분석

1) 철도차량의 운전 패턴

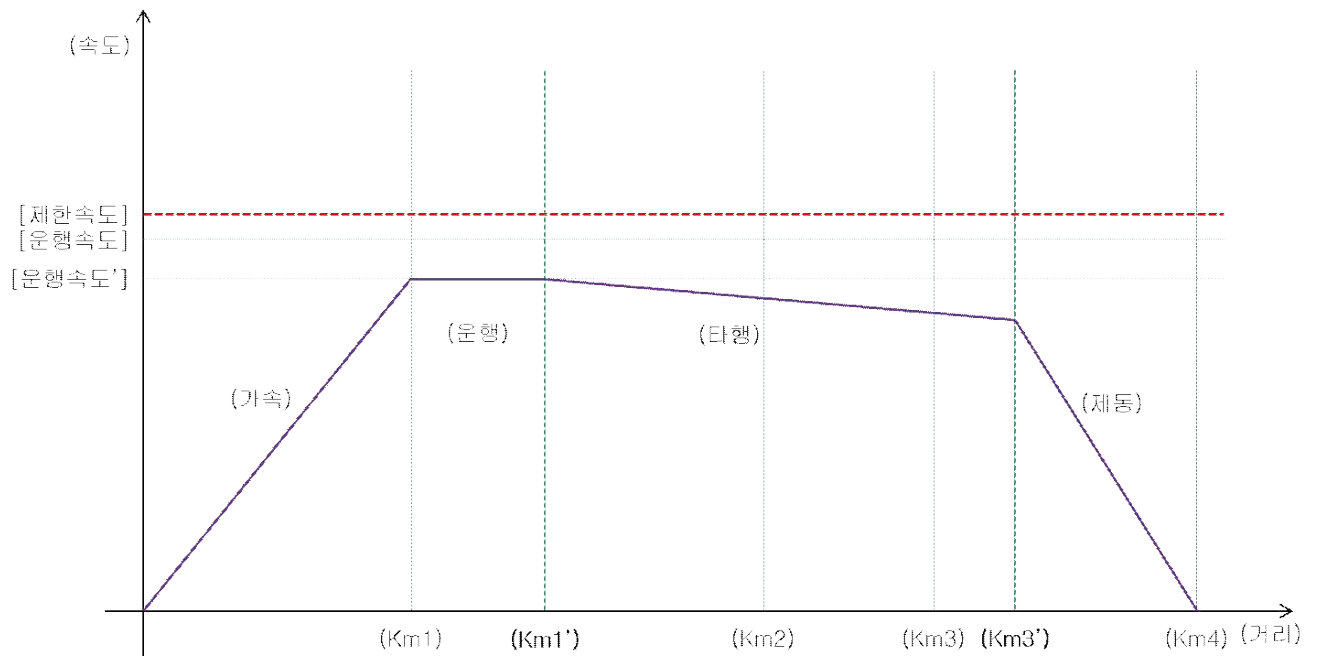
(1) 기본 운행패턴



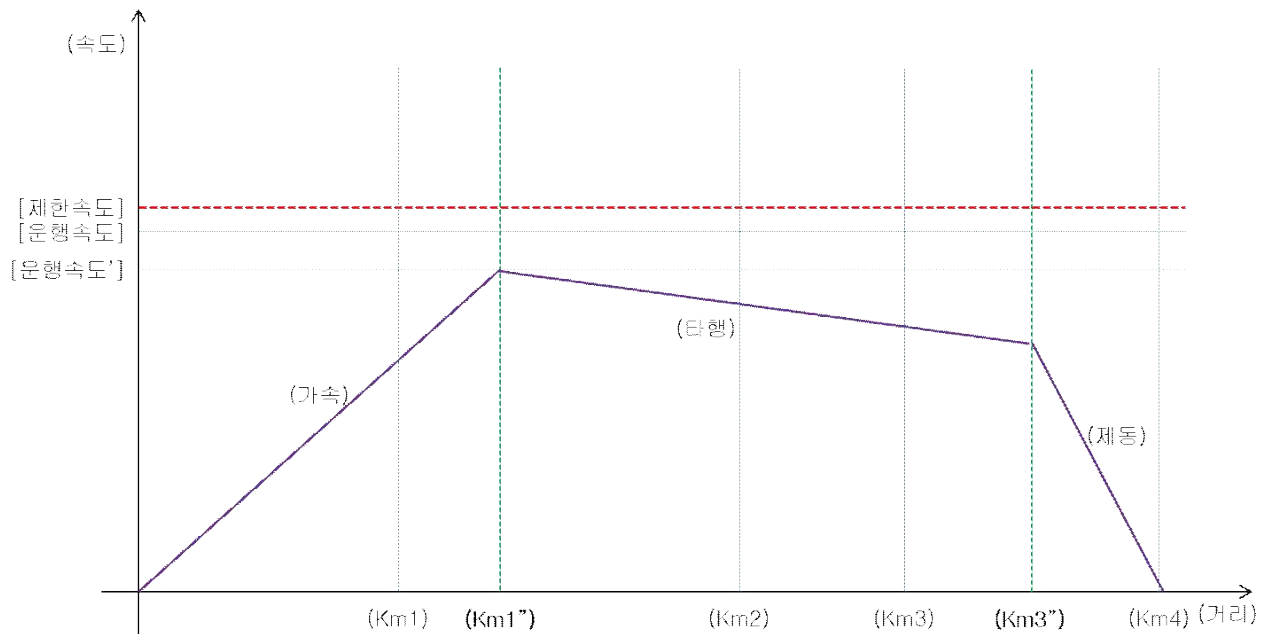
(2) 타행 운행패턴



(3) 가속제한 운행패턴



(4) 가속제한 및 타행위주 운행패턴



타행 제어에서 열차의 속도 프로파일은 트랙션 모터의 적용된 견인력이 0이고 열차가 운동 에너지의 영향으로 이동하는 동안 하나 또는 여러 개의 타행 단계로 간주되며 상기 (3)항 및 (4)항 그림은 타행 단계를 포함한 속도 프로파일을 나타낸다. 이 문제는 시간표를 유지하면서 총 에너지 소비를 최소화하기 위해 작동 중에 최적의 틱새를 찾는 것을 목표로 한다.

2) 에너지 절약 전략

차량의 관점에서 열차 운행 중에 요구되는 에너지는 주로 견인 및 제동에 사용되는 에너지와 모든 보조 장비에 의해 요구되는 에너지로 구성되며 에너지 관점에서 차량을 최적화하는 가장 좋은 방법은 두 항목의 효율을 높이는 것이다.

철도 운영에서 에너지 소비를 줄이기 위한 다양한 전략은 다음과 같이 세 가지 주요 항목으로 나눌 수 있다.

(1) 차량 설계 최적화

이 전략은 차량의 총 질량 감소, 공기 역학적 저항성 향상, 견인 장비의 효율 개선 및 보조 장비의 전력 요구량 감소와 같은 글로벌 디자인 및 차량의 개별 구성 요소를 개선함으로써 설계 단계의 효율성을 높이는 것을 목표로 한다.

(2) 에너지 회수 전략

이들은 주로 차량의 관성을 전기로 변환하여 제동 에너지를 복구하는 데 중점을 두는데, 이는 기차에 저장하거나 근처 차량에서 사용하거나 전기 그리드로 복원 할 수 있으며, 회생 제동이 일반적으로 사용되지만, 회수된 에너지의 점유율을 높일 가능성이 크다,

(3) 열차 운행 최적화

이런 기술은 일반적으로 에코 드라이빙 (eco-driving)으로 알려진 각 차량의 시간표와 개별 속도 프로파일을 조정하여 글로벌 에너지 수요를 줄이려고 하며, 중기적으로 에너지 수요 감소를 위해 필요하지만 상기 (1)항 및 (2)항의 전략은 초기 투자가 많이 필요하며 새로운 경로를 계획하거나 기존 경로의 롤링 재고를 갱신 할 때 일반적으로 고려되나 에코 드라이빙은 철도 운영기관이 비싼 기술 투자나 현재 운영에 대한 큰 변화없이 에너지 소비를 최소화 할 수있는 실질적인 기회를 제공한다.

(4) 열차 운행 최적화

교통 운영에 중점을 둔 위에서 언급한 에너지 절약 전략 중에서, 시간표 설계와 에코 드라이빙은 짧은 투자 기간으로 단기간에 구현할 수 있기 때문에 가장 유망한 전략이다.

시간표 조정 전략은 주로 승객의 요구를 충족시키기 위해 상용 서비스를 배포하고, 열차 이동 간의 호환성을 조정하거나, 서비스 간의 상용 통신을 예약하는 데 중점을 두며, 이런 전략은 일반적으로 직

접적인 목표로 에너지 최소화를 갖지는 않지만, 운행중인 다른 차량에 여유 시간을 계산하고 분배하는 책임이 있다. 이러한 여유 시간은 에코 드라이빙을 통해 에너지 소비를 줄이는 데 사용될 수 있다.

에코 드라이빙은 철도 차량을 최대한 효율적으로 운영하면서 서비스의 안전과 시간 엄수를 보장하는 운전 기술을 적용하는 가장 적합한 운전 방식이다.

따라서, 에코 드라이빙은 속도 감소, 선을 따라 타행운전을 사용하고 주로 경사, 정지 지점, 경로의 속도 제한, 이론적 작업 일정을 기반으로 타행운전 지점의 최적 위치를 계산하여 속도 프로파일을 최적화한다.

3) 철도차량 수학적 모델 및 동적 프로그래밍

열차는 시간 t 에서 질량 m 과 속도 v 를 가진다고 가정한다. 가속도는 dv/dt 이고, 주행 저항은 F_{rr} 이며 경사에 적용되는 경사력은 F_g 이다. 또한, F_t 는 트랙션 모터로부터 제공되는 트레인을 이동시키는 데 필요한 견인력/제동력이다.

식 5.1은 작동 중 열차의 힘 균형을 보여준다.

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = F_t - F_{rr} - F_g \quad (5.1)$$

주행 저항은 롤링 저항 및 공기 역학적 저항을 계산하는 데 널리 사용되는 Davis 공식을 사용하여 계산된다. (A. Albrecht et al., 2016). 식 5.2는 Davis 공식을 나타낸다.

여기서 A_{rr} , B_{rr} 및 C_{rr} 은 열차 구성에 따라 상수이다. 계수는 실험적으로 또는 물리적 모델을 기반으로 결정될 수 있으며 트랙환경 및 열차사양에 따라 다르다. 구배력은 식 5.3을 사용하여 계산된다.

$$F_g = m \cdot \frac{h}{1000}, \quad (5.3)$$

여기서 h 는 이동 한 1000m마다 고도의 변화이므로 $h/1000$ 은 트랙 경사의 추정 사인이다.

견인력 곡선은 속도 제한이 없는 레벨 트랙의 가속 및 감속 속도를 기반으로 설계되며 트랙션 모터에서 사용할 수 있는 최대 토크, 추진 시스템의 최대 출력 및 유도전동기의 풀 아웃 토크에 의해 제한된다. 견인력 곡선은 특정 라인 전압용으로 설계되지 않았으며 다양한 라인 전압 내에서 사용될 수 있다.

EMU의 전력 소비는 방정식 5.4를 사용하여 계산된다.

$$P = r \cdot (F_t \cdot v + P_{loss}) + P_{aux}, \quad (5.4)$$

P는 총 전력 소비이고 Paux는 보조 시스템의 전력 소비이며 일정하다고 가정한다. 열차에는 회생 제동 시스템이 장착되어 있으며 열차가 제동 모드에 있을 때 운동 에너지는 전기 에너지로 변환되어 전차선으로 다시 전송된다고 가정한다.

회생 제동 중 전차선의 수신율은 r로 표시되며 일정하다고 가정한다. 가속 중 r은 1과 같다.

$$V_{bat} \cdot I_{bat} = F_t \cdot v + P_{aux} + P_{loss}, \quad (5.5)$$

Vbat 및 Ibat는 배터리의 전압 및 전류이다. Ploss는 기어 박스 손실, 모터 손실 및 컨버터 손실의 세 가지 주요 손실로 구성된 추진 시스템의 손실을 나타낸다. Ploss는 일반적으로 일정한 효율 계수를 사용하여 계산된다.

따라서 방정식 5.4는 방정식 5.6으로 다시 변환된다.

$$P = \begin{cases} \frac{1}{\eta} \cdot (F_t \cdot v) + P_{Aux} & \text{if } F_t > 0 \\ \eta \cdot r \cdot (F_t \cdot v) + P_{Aux} & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (5.6)$$

여기서 η 는 전체 추진 시스템의 효율이며, 이는 식 5.7에 제시된 바와 같이 다른 구성 요소의 효율의 곱이다.

$$\eta = \eta_{Gearbox} \cdot \eta_{Motor} \cdot \eta_{Converter-Modules} \quad (5.7)$$

η 는 바퀴에서 전원까지의 전체 추진 시스템의 효율이며, $\eta_{Gearbox}$ 는 기어 박스의 효율이며, η_{Motor} 는 모터의 효율이며 $\eta_{Converter-Module}$ 은 컨버터 모듈의 효율을 나타낸다. 언급된 세 가지 손실 외에도 다른 세 가지 손실에 비해 무시할 수 있는 다른 작은 손실이 있다. 그러나 각 구성 요소의 효율성은 실제로 일정하지 않으며 속도와 적용된 견인력에 따라 다르다.

또한 동적프로그래밍을 적용하면 작업 중 빠른 응답 시간이 보장된다.

동적 프로그래밍 솔루션에는 최적화 변수를 나타내는 상태 변수 (예 : x), 제어 변수 (예 : u) 및 독립 변수의 세 가지 변수가 필요하다. 시스템의 역학은 방정식 5.15와 상태, 제어 및 수평선의 세 가지 변수를 사용한다.

$$x_{i,k+1} = f(x_k, u_i), \quad (5.15)$$

이는 상태 x_k 이후 수평선의 다음 상태가 적용된 제어 변수 (즉, u_i)에 따라 결정된다. 전환 값 $g(x_k; u_i)$ 는 제어 변수 u_i 가 상태 변수 x_k 에 적용될 때의 값으로 정의된다. 목표는 총 비용을 최소화하는 일련의 제어 및 상태 변수에 따라 초기 상태 x_0 에서 최종 상태 x_N 으로 이동하는 것이다. p가 상태 x_k (p

= $u_k, \dots, u_{N-1}$)에 적용 할 수 있는 일련의 제어 변수 인 경우, 상태 x_k 에 p 를 적용하는 총 이동 비용은 식 5.16을 사용하여 계산된다.

$$J_\pi(x_k) = \sum_{i=k}^{N-1} g(x_i, u_i) + g_N(x_N), \quad (5.16)$$

$J_\pi(x_k)$ 는 총 이동 비용이고 $g_N(x_N)$ 은 터미널 상태 x_N 에서의 비용이다. 그러므로 문제는 총 이동 비용을 최소화하는 p 의 값을 찾는 것인데, 식 5.17로 쓸 수 있다.

$$J^*(x_k) = \min_{\pi} \sum_{i=k}^{N-1} g(x_i, u_i) + g_N(x_N) \quad (5.17)$$

$k + 1$ 단계에서 모든 상태 값에 대해 $J(x_{k+1})$ 이 알려진 경우 방정식 5.17을 방정식 5.18로 재 정리 할 수 있다.

$$J^*(x_k) = \min_{u_i} \{g(x_k, u_i) + J^*(x_{i,k+1})\}, \quad (5.18)$$

$x_i, k+1$ 은 식 5.15를 사용하여 계산된다. 또한, u 는 식 5.18의 우변을 최소화하는 제어 변수로 선언 된다. $g_N(x_N)$ 이 알려진 경우 수평선의 모든 상태에 대한 최적 제어 변수는 수평선의 역 반복과 방정식 5.18을 사용한다.

일반 EMU 및 무임계 EMU의 속도 프로파일 최적화 문제의 경우, 시간 t 는 수평선으로 가정되고 T 는 수평선의 마지막 단계를 나타낸다. 정상적인 EMU의 경우, 시스템 상태는 방정식 5.19에 제시된 거리 (즉 s_k)와 속도 (즉 v_k)의 두 가지 변수를 사용하여 정의된다.

$$x_k = (s_k, v_k) \quad (5.19)$$

개별 제어 (즉, 노치 시스템) 또는 연속 제어. 노치 시스템에서는 운전자가 트랙션 모터에서 특정 비율만 선택할 수 있는 옵션이 있으며, 연속 제어에서는 운전자가 견인력의 모든 값에 접근 할 수 있다. 노치 시스템이 있는 열차의 경우 노치 번호 또는 해당하는 견인력이 제어 변수로 사용되는 반면 연속 제어가 있는 열차의 경우 속도 변화가 제어 변수로 사용된다. kWh 단위의 에너지 소비는 비용 함수로 설정한다.

○ 경제운전 패턴 적용 방안

1) 최적운전패턴의 열차자동운전 적용 방안

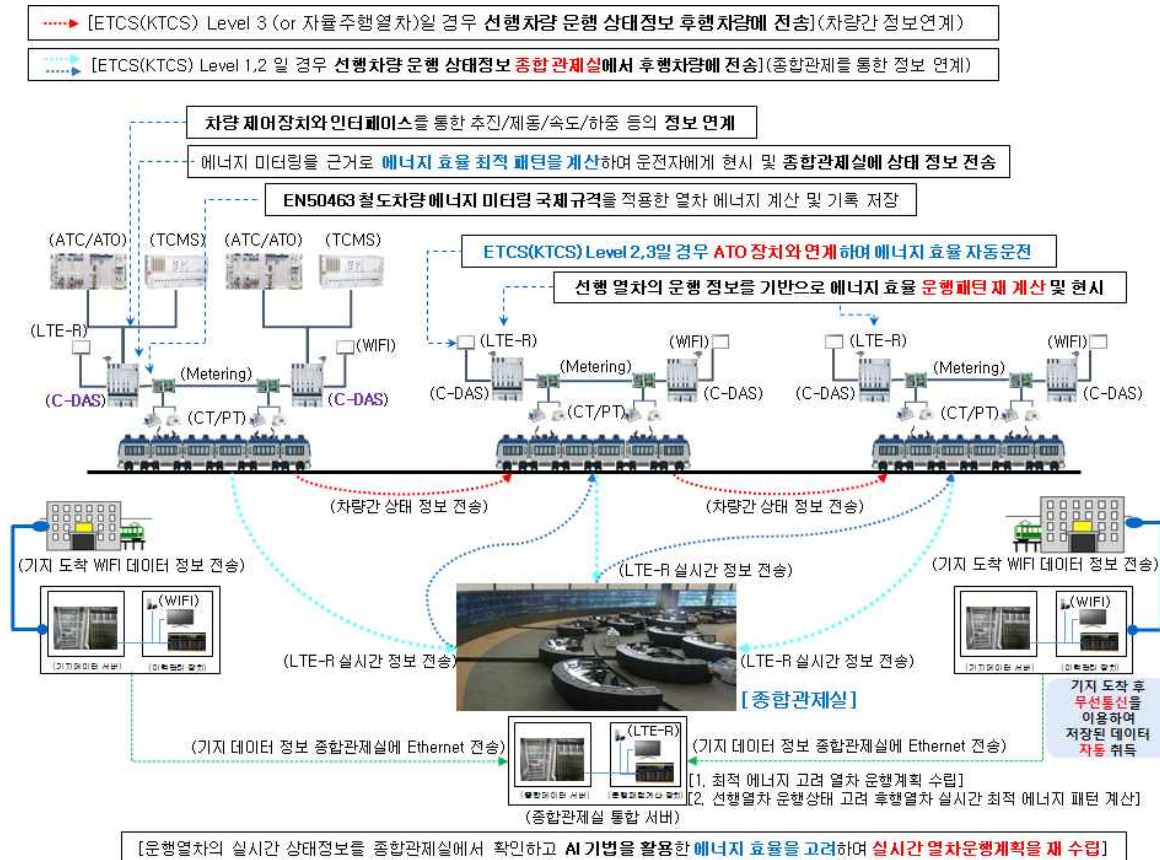
본 과제에서 개발된 독립형 경제운전 지원 장치(Stand-alone Driving Assistance System)는 향후 열차자동운전 장치와의 실시간 연계를 통한 최적 경제운전 패턴 연계형 경제운전 지원 장치(C-DAS, Connected Driving Assistance System)으로의 발전을 통해 열차자동운전에 적용할 수 있다.

본 과제 결과물을 활용한 최적운전패턴 열차자동운전을 위하여 다음과 같은 주요 개선 개발을 준비하여야 한다.

- 에너지 소비량 및 저감효과 실시간 모니터링, 최적화 운영기술
 - 미터링기반 철도 에너지 효율 운전을 위한 최적화 예측, 제어 및 검측기술
 - 회생에너지 저장/활용, 에너지 저장장치 연계를 고려한 실시간 에너지 최적화 운영기술
- 실시간 경제운전 스케줄링 가능한 운전지원 시스템(C-DAS) 개발
 - 편성별 차량의 실시간 에너지 소비량에 대한 관제와의 인터페이스 기술
 - 초기 운행 스케줄 계획 대비 실시간 에너지 저감 운행계획 수립 및 정보제공
 - 실시간 에너지 효율 향상 운행 스케줄에 따른 신호, 제어시스템 연계기술
- ICBM(IoT, Cloud Computing, Big Data, Mobile)기반 철도차량 에너지 최적관리 시스템 개발
 - 에너지 미터링시스템 및 에너지 효율향상 운전지원 시스템의 취합된 데이터의 운행패턴 자동 분석
 - 지속적인 데이터 취득의 빅데이터의 자동 이력관리
 - 차량에서부터 차량기지 및 최종 본사까지 원-라인 통합 에너지 관리 현황 분석 내용 관리자의 통합관리 PC 및 Mobile로 실시간 확인 가능
- 일반철도 및 고속철도 적용을 위한 DAS 연동 자동열차운전장치(ATO) 인터페이스 기술개발
 - 기존 노선의 일반철도 및 고속철도 차량 신호시스템과 연계 가능한 자동열차운전장치 인터페이스 기술 개발
 - 도시철도 구간 중 자동열차운전장치 기능이 없는 구간에 차량 신호시스템과 연계 가능한 자

동열차운전장치 인터페이스 기술개발

- C-DAS 개발을 통한 에코드라이빙이 가능하도록 ATO와 인터페이스 가능한 DAS 시스템 구축



2) 최적운전패턴의 열차수동운전 적용 방안

본 과제에서 개발된 독립형 경제운전 지원 장치를 활용하여 기관사 수동운전에 직접적으로 활용이 가능하다. 운전 시작 전에 현시되는 전체 운행 패턴에 대한 개요를 확인하고, 전체 최적운전패턴의 실시간 표출의 현재 속도, 추천 속도를 참고하여 열차수동운전에 활용할 수 있다. 현차 시험을 통한 실증 시험에서는 철도 안전 문제, 운전자의 경제운전 지원 장치 숙달 문제 등의 이유로 적용되지는 못하였으나 향후 본 과제 결과물을 활용한 운전자 교육 훈련 시스템으로의 활용을 통해 운전자의 안전하고 편리한 경제운전 지원 장치 친숙도 및 활용도를 높여 열차수동운전 적용도를 높여나갈 계획이다.

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표 및 목표 달성 여부

1차년도

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적성과목표	실적
				질적 성과지표		목표 치	측정 방법	검증 방법	가중 치 (%)				
A	에너지 미터링 시스템 개발	A-1	사업화 전략	①	신규 고용	1명	채용확 인서	원천징 수영수 증	5	비즈로 씨앤씨		기타: <u>1</u> 건	기타: <u>1</u> 건
		A-2	시스템설 계 및 시작품 제작	①	하드웨 어 설계	1건	설계서 작성 여부	설계서 작성 여부	8		특허: 출원1 건 기타: <u>2</u> 건	특허: 출원1 건 기타: <u>2</u> 건	
				②	제어 프로그램 설계	1건	설계서 작성 여부	설계서 작성 여부	8				
				③	시작품 제작	2건	실물	개발 여부	12				
B	에코드라이 빙 시스템 및 소프트웨어 개발	B-1	사업화 전략	①	신규 고용	1명	채용확 인서	원천징 수영수 증	5	태회에 블루션		기타: <u>1</u> 건	기타: <u>1</u> 건
		B-2	시스템설 계 및 시작품 제작	①	하드웨 어 설계	1건	설계서 작성 여부	설계서 작성 여부	8		특허: 출원1 건 기타: <u>2</u> 건	특허: 출원1 건 기타: <u>2</u> 건	
				②	제어 프로그램 설계	1건	설계서 작성 여부	설계서 작성 여부	8				
				③	시작품 제작	2건	실물	개발 여부	12				
		B-3	소프트웨 어 개발	①	분석 및 이력관리 소프트웨어 설계	1건	설계서 작성 여부	설계서 작성 여부	8		SW: <u> </u> 건 기타: <u>1</u> 건	SW: <u> </u> 건 기타: <u>1</u> 건	
		C	시스템 설계사양 분석	C-1	시장동향 분석	①	시장동향	1건	분석		보고서	5	한국철 도기술 연구원
C-2	선행기술 조사분석			①	3P분석	1건	분석	보고서	5				
C-3	사스 템 요구사양			①	요구명세 정의서	1건	명세 정의서	보고서	10				
C-4	인터페이 스 사양			①	인터페이스명 세	1건	명세서	보고서	6				
									100	0	특허: 출원2 건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건 기타: <u>10</u> 건	특허: 출원2 건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u> </u> 건 S/W: <u> </u> 건 기타: <u>10</u> 건	

1차 년도 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분		목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI			
	비SCI			
	계			
국내 논문 게재	SCI			
	비SCI	1	100	
	계			
특허 출원	국내	2	100	
	국외			
	계			
특허 등록	국내			
	국외			
	계			
인력 양성	석사			
	박사			
	계			
기술 이전	계약 건수			
	계약액			
	징수액			
국제 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
국내 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자원	생명정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어			
	화학물			
기타	시제품			
	성과 홍보			
	일자리 창출			

2차년도

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적성과목표	실적
				질적 성과지표		목표 치	측정 방법	검증 방법	가중 치 (%)				
A	에너지 미터링 시스템 개발	A-1	사업화 전략	①	수요처 구매계획서	1건	구매계 획서	구매계 획서	12	태희에 블루션		기타: <u>1 건</u>	기타: <u>1 건</u>
		A-2	시제품제작 및 시험	①	시제품 제작	2건	실물	개발 여부	20		사제품: <u>2 건</u> 기타: <u>1 건</u>	사제품: <u>2 건</u> 기타: <u>1건</u>	
				②	환경시험	1건	시험절 차서	공인시 험기관 성적서	12				
B	에코드라이 빙 시스템 및 소프트웨어 개발	B-1	사업화 전략	①	신규고용	2명	채용확 인서	원천경 수영수 증	5	한국철 도기술 연구원		기타: <u>1 건</u>	기타: <u>1 건</u>
		B-2	시제품제작 및 시험	①	시제품 제작	2건	실물	개발 여부	12		사제품: <u>2 건</u> 특허: 출원 <u>2 건</u>	사제품: <u>2 건</u> 특허: 출원 <u>2 건</u>	
				②	환경시험	1건	시험절 차서	공인시 험기관 성적서	5				기타: <u>1 건</u>
		B-3	소프트웨어 개발	①	분석 및 이력관리 소프트웨어 제작	2건	실물	개발 여부	12		기타: <u>1 건</u>	기타: <u>1 건</u>	
C	시험환경 구축 및 시험	C-1	성능평가 절차	①	평가 절차서 수립	1건	절차서	보고서	5	한국철 도기술 연구원	논문: <u>1 건</u> 기타: <u>3 건</u>	논문: <u>2 건</u> 기타: <u>3 건</u> 특허: 출원 <u>1 건</u>	
		C-2	시험환경 구축/시험	①	시험환경 및 시험	1건	시험	보고서	12				
		C-3	시험대상 차량 선정	①	차량선정 방안	1건	차량선 정	보고서	5				
									100	0	특허: 출원 <u>2 건</u> 논문: <u>1 건</u> 사제품: <u>4 건</u> SW: <u>1 건</u> 기타: <u>8 건</u>	특허: 출원 <u>3 건</u> 논문: <u>2 건</u> 사제품: <u>4 건</u> SW: <u>1 건</u> 기타: <u>8 건</u>	

2차 년도 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분		목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI			
	비SCI			
	계			
국내 논문 게재	SCI			
	비SCI	1	100	초과 달성
	계			
특허 출원	국내	2	100	초과 달성
	국외			
	계			
특허 등록	국내			
	국외			
	계			
인력 양성	석사			
	박사			
	계			
기술 이전	계약 건수			
	계약액			
	징수액			
국제 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
국내 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자원	생명정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어			
	화학물			
기타	시제품	4	100	
	성과 홍보			
	일자리 창출			

3차년도

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적성과목표	실적		
				질적 성과지표		목표 치	측정 방법	검증 방법	가중 치 (%)						
A	에너지 미터링 시스템 개발	A-1	사업화 전략	①	신규 고용	1명	채용확 인서	원천징 수영수 증	5	태화에 불루선		기타: <u>1</u> 건	기타: <u>1</u> 건		
				②	교통신기술 지정	1건	신기술 심사	신기술 지정서	7						
		A-2	시제품 보완 제작	①	시제품 제작	2건	실물	개발 여부	5		특허: 등록 <u>3</u> 건 기타: <u>3</u> 건	특허: 등록 <u>3</u> 건 기타: <u>3</u> 건			
				A-3	성능 및 신뢰성 검증	①	시제품 현차 설치	1건	실물				설치 보고서	3	
		②	EN50463 규격시험			1건	시험절 차서	공인시 험기관 성적서	4						
		③	시운전			1건	사계절 시운전 절차서	시운전 보고서	7						
B	에코드라이 빙 시스템 및 소프트웨어 개발	B-1	사업화 전략	①	신규고용	1명	채용확 인서	원천징 수영수 증	5			기타: <u>2</u> 건	기타: <u>2</u> 건		
				②	교통신기술 지정	1건	신기술 심사	신기술 지정서	7						
		B-2	시제품 보완 제작	①	시제품 제작	2건	실물	개발 여부	5		특허: 등록 1 건 시제품: <u>2</u> 건	특허: 등록 4 건 시제품: <u>2</u> 건			
				B-3	소프트웨 어 보완	①	분석 및 이력관리 소프트웨어 보완	2건	실물				개발 여부	5	SW: <u>2</u> 건
		B-4	지상 서비스 시스템 구축 소프트웨 어 개발			①	데이터 서버 구축	1건	실물		개발 여부	5	시제품: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건	시제품: <u>1</u> 건 SW: <u>2</u> 건	
				②	무선데이터 통신 프로그램 제작	1건	실물	개발 여부	4						
		B-5	성능 및 신뢰성 검증	①	시제품 현차 설치	1건	실물	설치 보고서	4		기타: <u>2</u> 건	기타: <u>3</u> 건			
				②	시운전	1건	사계절 시운전 절차서	시운전 보고서	10						
		C	현차시험 및 성능평가	C-1	시운전 시험	①	시운전 평가	시운 전데 이터	시험 평가	보고서	8	한국철 도기술 연구원		논문 <u>1</u> 건	논문 <u>1</u> 건
				C-2	데이터 분석	①	운행 패턴분석	시운 전데 이터	분석 결과	보고서	8				
				C-3	환경 경제성	①	시스템 기반분석	1건	분석 결과	보고서	4				
				C-4	에너지 관리	①	효율적 관리방안	1건	관리방 안 제시	보고서	4				
											96	0	특허: 등록 1 건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u>5</u> 건 SW: <u>3</u> 건 기타: <u>8</u> 건	특허: 등록 4건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u>5</u> 건 SW: <u>9</u> 건 기타: <u>8</u> 건	

3차 년도 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI		1	100	
	계				
특허 출원	국내				
	국외				
	계				
특허 등록	국내		1	100	초과 달성 (4건 등록)
	국외				
	계				
인력 양성	석사				
	박사				
	계				
기술 이전	계약 건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문				
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어		3	100	초과 달성 (9건 등록)
화학물					
기타	시제품		5	100	
	성과 홍보				
	일자리 창출				

- 전체 과제 기간 중 정량적 연구성과 결과를 종합하면 다음과 같음
 - 특허 출원 및 등록 : 4건 출원 및 1건 등록 계획 대비 6건 출원 4건 등록 (초과 달성)
 - 논문 발표 및 게재 : 게재 3건 계획 대비 발표 3건 및 게재 2건 (초과 달성)
 - 시제품 : 9건 계획 대비 9건 완료
 - 소프트웨어 등록 : 3건 등록 계획 대비 9건 등록 (초과 달성)
 - 공인기관 성능 인증 : 2건 대비 2건 완료
 - 기타 (보고서, 설계서 외) : 26건 대비 26건 완료
 - 신규 고용 : 3명 계획 대비 2명 채용 (1명 미달)
 - 교통 신기술 인증 : 인증 완료 계획 대비 인증 협의 중 (미달)

3-2. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 신규고용은 3차년도 1명 추가하기로 계획하였으나, 현차 시험 결과 수집 및 분석을 LTE 모델을 통한 원격 모니터링에 의한 자동 데이터 수집 방법으로 개선하여 개발인력의 효율적 절감 방안을 수립하여 추진하고, 코로나 19 환경에 따른 경영환경 위기를 고려하여 향후 사업화 진행 과정과 연동하여 추진하기로 계획 변경함
- 국토교통과학기술진흥원 기술인증센터에서 교통 신기술 인증 관련 상담 및 협의 결과 국가 R&D 과제 중간에도 신청은 가능하지만, 기술심사 시 문제가 될 수 있으므로 완료 후 신청 하는 것이 유리하다고 판단
- 신청기술의 시운전 종료 및 최종 데이터 분석이 완료되고, 최종 과제 평가가 완료되는 '21년 2월 ~ 3월 중으로 신청 예정
- '21년 2월 현재, 교통신기술 인증 추진에 따른 현장 제품 적용 실사를 위하여 광주광역시 도시철도공사의 협력 하에 현차 시험을 계속하여 진행 중임

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

4-1. 연구 개발 성과의 활용 방안

- 현재 해외에만 적용된 장치를 IoT 시스템으로의 고도화를 통한 범용성 확보와 주요 모듈별 제작기술 · 현차시험 결과 등을 토대로 국내 상용화 후 수입대체 및 해외시장 진출
- 경제운전을 지원하여 철도차량 에너지 절감 및 경제 운전패턴에 따른 최적운전기법 개발
- 에너지 소비량 분석 및 경제운전 지원을 통하여 기관사의 운전패턴에 따른 에너지 절감효과 도출 및 경영환경 개선에 기여
- 전력사용량의 측정/기록 시스템 기술을 전체 전기철도차량에 확대 적용함으로써 편성별/구간별 소비전력의 이력관리 및 운행에너지를 절감할 수 있는 경제운전패턴을 지원하는 기술 개발을 통해 국내 철도운영기관의 경영개선에 기여
- 구간별, 차량별, 운전자별 정밀한 소비 전력 및 회생 전력 기록은 물론 각종 차량 운행 정보 (추진/제동 낫치, 축속도, 응하중 등)와 연계한 분석 기록 및 역률, 유효 전력, 무효 전력 등 상세 분석 정보를 제공하여 과학적인 에너지 효율 관리와 차량 관리 기술 확보로 차량 스마트 유지 관리 및 주요 부품 장수명화에 기여
- 동일구간에 운행하는 복수기관의 운행차량별 운행에너지 산정 방안 활용
- 철도차량 에너지소비 이력관리 체계 구축 기술을 통하여 향후 차량뿐 아니라 역사, 사업소 등의 에너지소비 이력관리 체계 구축으로의 확산 유도하여 전체 철도산업의 에너지 소비 이력관리 체계 고도화 실현을 통한 기술파급 및 성과확산
- IoT 단말 기능을 활용하고 각 모듈별 ICT 시스템에 대한 적용기술을 타 산업 분야에 활용
- 국가 교통 정책 수립시의 주요 지표로써 사용 가능
- 철도 교통부문 전력 사용량 산정 기술을 통해 국가 및 UNFCCC MRV 체계 대응 및 향후 국가 배출량 산정 DB 활용
- 운영기관 기관사의 경제 운전을 위한 교육프로그램으로 활용 및 기관사 경제운전 장치 친숙도 증대에 따른 대형 전동차와 장거리 간선철도 적용 확대에 활용



4-2. 기대효과

○ 기술적 측면

- 국토부 Eco-green railway program 2020 : 에너지 저감 및 온실가스 감축기술 개발 투자확대
- Korail 2018 운전용 연료소비량 측정 장치 도입계획에 따른 수요처와 연계추진을 통한 실용화 조기 달성
- 기존 차량과 시스템 연계가 비교적 용이하고 신조차량 제작 시에는 차량시스템과 인터페이스가 보다 간소화 되어 성과확산 가능
- 차량 편성당 개별적인 전력사용량의 이력관리가 용이하고 빅데이터로서 활용가치가 높음
- 핵심 요소 기술인 Class 0.5R급의 정밀 AC/DC 미터링 제품 확보 및 타 산업 분야 활용 기대
: AC 정밀 측정 분야는 물론 신재생에너지, 분산전원, 전기차 등 DC 전기 부하증가에 따른 DC 미터링 수요증대에 대응
- 전기철도차량의 운행 소비 에너지를 차량 편성 단위로 측정하고 이에 대한 체계적 관리와 운영에 따른 차량 편성별 에너지 절감 및 온실가스저감, 에너지의 효율적 관리방안 확보
- 구간별, 차량별, 운전자별 정밀한 소비 전력 및 회생 전력 기록은 물론 각종 차량 운행 정보 (추진/제동 토크, 속도, 응하중 등)와 연계한 분석 기록 및 역률, 유효 전력, 무효 전력 등 상세 분석 정보를 제공하여 과학적인 에너지 효율 관리와 차량 관리 기술 확보
- 철도차량 에너지소비 이력관리 체계 구축 기술을 통하여 향후 차량뿐 아니라 역사, 사업소 등의 에너지소비 이력관리 체계 구축으로의 확산 유도로 전체 철도산업의 에너지소비 이력관리 고도화 실현을 통한 기술 파급 및 성과 확산
- 교통부문 전력 사용량 산정 기술을 통해 국가 및 UBFCC MRV체계 대응 및 향후 국가 배출량 산정 DB 활용
- EN50463 규격 시험 인증을 통한 국가 기술 및 수출 경쟁력 확보
- 철도차량 에너지소비 관련 빅데이터 구축을 통한 철도차량 EMS 고도화에 기여
- 선진 기술수준과의 격차 해소에 기여
 - 국내 수출용 차량 및 해외 사업화를 위해 국제 철도차량 EMS(Energy Management System) 규격인 EN 50463 공인 인증 시험을 진행하여 해외진출 사업화 장벽 제거 (기존 75% 수준 -> 95% 수준으로 개선)
 - 에너지 효율 향상을 위한 운행패턴을 계산하고 운전자에게 제시하여 에너지 저감운전을 지원하여 연간 최소 10 ~ 15%의 차량 운행 에너지를 저감 (기존 70% 수준 -> 95% 수준으로 개선)

- 철도차량 에너지 미터링 정확도 개선 (Class 0.5R 만족으로 동등 수준)
- 가격경쟁력 개선 (선진사 제품 가격 대비 20% 이상 개선)

○ 경제적·산업적 측면

- 실시간 에너지 측정/기록/분석에 대한 정보기술을 활용하여 에너지 절감을 위한 분석에 적용함으로써 향후 전기철도차량 에코드라이빙을 유도하여 운영기관의 체계적인 에너지 효율적 관리 체계 토대 구축
- 철도차량의 에너지 미터링 장치 기반으로 경제운전과 연계 시 운행에너지 10%(2011 UIC, UNIFE)정도의 에너지 절감(차량 운행전력비 연간 3,000억원의 경우, 100~200억 원/년 추정)에 기여
- 국내철도차량 제작사와의 상호 정보교류 및 공동개발 참여방안을 유도하여 수출차량 운행에너지 에너지 효율 개선 및 에너지 미터링 장치 수입대체 효과발생 가능
- 철도차량의 편성별 전력사용량을 실시간 계측/기록하는 미터링장치 기술개발을 통해 에너지 효율성 향상 및 철도운영기관의 경영개선에 기여, EMS 기술의 국산화를 통한 신 산업창출 및 기술시장 주도 및 선도기술 확보로 국내산업 수출 증대
- 수입 의존 고정밀 차량용 미터링 장치의 국산화 개발 및 사업화로 수입 대체 및 수출 확산 기대
- 철도분야 온실가스-에너지 목표관리제 적용 시 정밀 에너지 소비량 측정에 반영, 온실가스 배출 권거래제 참여를 통한 경제적 효과 창출
- 차량운전 패턴과 에너지 사용량을 분석하여 효과적인 운전패턴을 도출하여 에너지 저감 (전기철도차량 경제운전과 연계 시 운행 에너지 10% 이상 절감 기대)
- 에너지소비의 정량적 관리방안을 통해 에너지 효율성 증대방안으로 활용 (연비제 도입 등)
- 복수의 철도운영기관의 차량운영 전력요금 부담비율 적용에 대한 이견 해소
- 요금부과 예측 및 에너지 수급 중장기 전략 수립을 통한 운영기관의 경영 환경 개선 효과
- 운영기관별 '에너지절약 실천 세칙'에 부합하는 차량운전용 연료 절감의 효율적이고 과학적인 수단 및 방안 제공

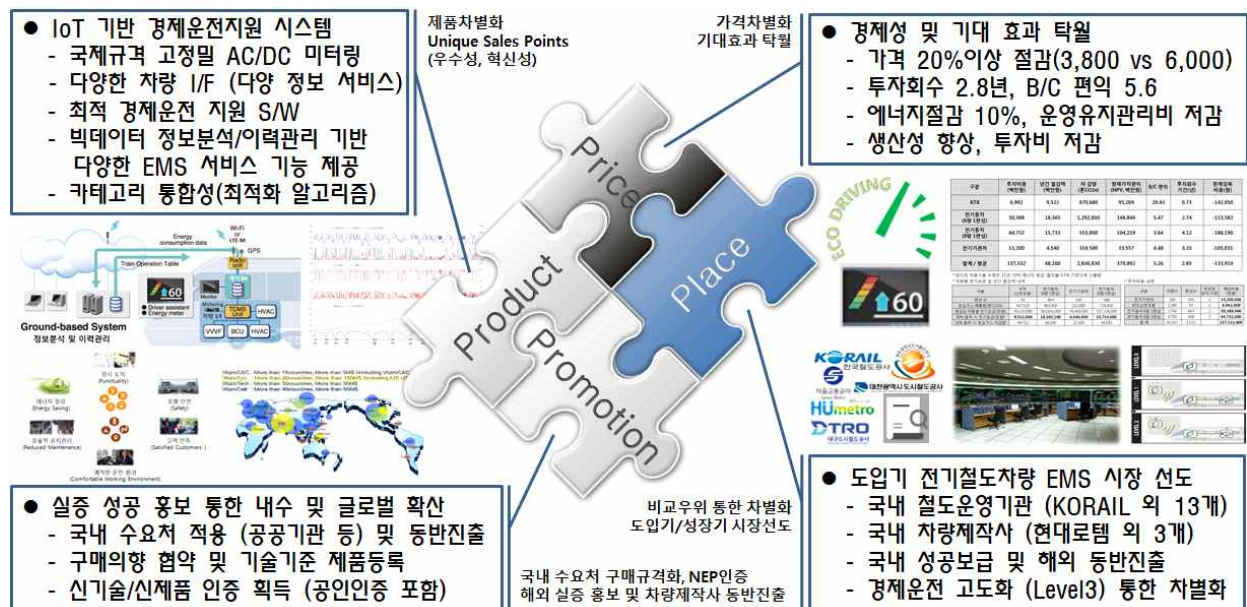
○ 사회적 측면

- 철도차량의 편성별 전력사용량을 실시간 측정/기록하는 미터링 장치 국산화 기술개발 및 철도산업의 온실가스 감축을 통해 국가적인 에너지 절감 및 온실가스 저감 목표에 기여 및 친환경 철도 홍보

- 수익 및 감축량 분석결과 전기철도차량의 에너지 미터링 도입에 따른 에너지 비용 절감과 온실가스 저감량 분석에 효과적으로 활용할 수 있음
- 철도차량 운행에너지 효율향상방안을 통해 국가 에너지절약 시책에 부응
- 2015년도 에너지·온실가스 목표관리제(철도공사 외 7개 기관) 시행 여건하에서 차량편성별 운행 에너지소비에 대한 실시간 정량적 측정 및 관리 수단 제공
- 철도차량 운행 시 소모되는 에너지 소비량의 정확한 파악, 전력요금부과 예측 및 피크 관리 등을 통하여 안정적인 에너지 수급 중장기 전략 수립
- 철도차량 EMS와 연계한 노후 차량 효율 분석, 고장점 표정 서비스 등을 통한 안전하고 신뢰성 있는 철도차량 운영에 기여
- 철도 시장에서의 고부가가치의 산업 신규 아이템 사업화로 고용 창출에 기여

4-3. 사업화 계획

- 차별화된 제품 홍보 (국제규격 만족의 고정밀 미터링 + 차량 운행 정보 기반 최적 경제운전 지원 시스템 확보)
- 설치비용 저감, 운용비용 저감의 경제성 홍보 (외산 대비 20%이상 절감)
- 도입기 국내 차량용 EMS 시장 선점
- 수입대체 및 수출시장 확대 (교통신기술 인증 추진)



○ 생산 계획

구분		(2021 년) 개발 종료 후 1년	(2022 년) 개발 종료 후 2년	(2023 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	15	25	50
	판매량(단위: set)	40	70	140
	판매 단가(원)	45,000,000	45,000,000	45,000,000
	국내 매출액(백만원)	1,800	3,150	6,300
해 외	시장점유율(%)	0.05	0.16	0.3
	판매량(단위: set)	10	100	200
	판매 단가(달러)	45,000	45,000	45,000
	해외 매출액(백만달러)	0.45	4.5	9.0
당사 생산 능력		100	200	300

○ 투자 계획

항목		(2021 년) 개발 종료 후 1년	(2022 년) 개발 종료 후 2년	(2023 년) 개발 종료 후 3년
매출원가		1,530	2,677	5,355
판매 관리비		122	214	428
자본적 지출	토지			
	건물/구축물	359	803	1,606
	기계 장치 등	612	1,070	2,142
자본적 지출 합계		971	1,873	3,748

○ 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	○ 상용화 형태 : 제품완성형 및 시장창출형 ○ 수요처 : 철도차량운영기관, 철도차량 제작사 ○ 예상 단가 : 20,000천원 ○ 개발 투입 인력 및 기간 : 15명/30개월
상용화 능력 및 자원 보유	○ 사업화 능력 공동연구기관인 (주)태희에볼루션은 벤처기업으로 전압 및 전력관리사업, IoT Solution 사업, 에너지 미터링 사업, 철도차량용 구성품의 설계 및 제작을 목표로 창업한 기업으로 신생 창업기업이나 대표이사를 포함한 구성원들의 경력이 매우 많아 주요 사업에 필요한 기술력을 갖춘 기업임. R&D 사업은 아직 시작단계에 있으나 주요사업 각 분야에 필요한 다양한 기술력을 보유하고 있음 ○ 자원보유 - 연구소의 인력 (하드웨어 및 소프트웨어), 생산인력 , 기타 관리업무 인력 등 풍부한 인적 자원을 보유하고 있음 - 현재 다양한 사업화를 위하여 양산체제를 갖추기 위해 준비하고 있으며, 본 연구과제가 진행되는 동안 본 과제외 사업화를 위한 준비로 생산설비를 갖추 예정으로 본 과제가 완료되기 전 생산설비 및 자원을 보유할 것임

구분	구체적인 내용
상용화 계획 및 일정	○ 사업화 주요 전략 - 개발 초기단계에서는 국책연구소인 한국철도기술연구원 및 철도운영기관인 광주광역시도시철도공사와 협업하여 이론적인 부분과 실제 상용화에 필요한 환경 등을 파악하고 사업화를 위한 초기 준비를 동시에 시작 - 현차 시험을 위한 대상차량의 선정을 통한 적용환경 파악 및 범용성을 위한 철도운영기관의 차량시스템 분석 - 환경시험 및 국제 규격인 EN50463 규격 시험을 통한 해외진출 기초 마련 - 교통신기술 인증 및 철도차량 기술기준 제안으로 철도차량의 필요구성품으로서의 인정을 위한 제안 진행 - 구매의향서 및 구매계획을 통한 연구개발 완료 후 바로 사업화 가능할 수 있는 환경 마련 ○ 사업화 일정 [1단계] 모든 전기 철도차량에 적용 가능한 범용제품 설계 (완료) - 기존차량에 적용시 설치 및 유지보수가 용이하도록 모듈별 무선연계 설계 및 주요모듈 시작품 제작 - 신규차량은 이더넷 연결도 가능하게 하여 철도차량 표준화 시스템에 적용 가능할 수 있도록 설계 및 주요모듈 시작품 제작 [2단계] 시제품 제작 및 시험 (완료) - 주요모듈 시작품의 기능 확인을 통하여 설계 보완 및 시스템 시제품 제작 - 환경시험 및 EN50463 국제규격 시험 - 대상차량과 시스템 인터페이스 검토 - 시운전 차량에 시스템 설치 및 정적시험 완료 [3단계] 사계절 본선 시운전을 통한 실용화 기틀 마련 (완료) - 차량 설치 후 구내시운전을 통한 동적 시험 완료 - 충분한 구내 시운전을 통한 파라미터 조정 - 본선 시운전 진행 및 데이터 분석 - 사계절 본선 시운전 및 데이터 분석을 통한 양산 초기단계 진행 구축 [4단계] 제품 등록, 신기술 인증 추진 (2021년) - BM고도화 (철도운영기관, 차량제작기관 등 수요처 비용편익분석, 기대효과) - 수요처 구매계획 협의, 철도차량 기술기준 제품등록제안 (광주도철, 대전도철 등) - 철도차량 기술기준 제품등록 제안 (시범사업 규격화 - 철도공사, 공항철도) - 특허기술 연계 신기술/신제품 인증 추진 - 국내 수요처 및 국내 수출차량 적용 영업 추진 (22.5억) [5단계] 성장기 기반 마련 (2022년 ~) - 국내 수요처 판매 확대 (철도운영기관, 차량제작기관) - 해외 수출 확대 (국내 대기업 동방진출, 해외시장 직접 마케팅)

○ 사업화 모형 제시

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경



나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

(1) SWOT 분석

내부 요인	강점(S)	- IoT 기반 스마트 센서 융합형 단말 장치 기술 보유 - AC/DC 고정밀 미터링, 부하감시 및 EMS 기술 보유 - TCMS 연계 등 철도차량 인터페이스 기술 보유 - 기존 차량 및 신조 차량에 대한 설치용이성 확보 방안 확보 (주요 장치 모듈화 및 시스템 구성 유연화) - 열차 운영 및 유지보수의 노하우 확보 - 열차 운행정보 및 에너지 소비/회생 등의 빅데이터 정보분석 및 이력관리 기술 보유
	약점(W)	- 철도차량에는 기존에 없는 장치로 핵심 요소기술 미흡 - 해외 기술 분석 자료 부족 - 국내 최초 제품으로 다양한 사용자 경험 자료 부족
외부 요인	기회(O)	- 국내 수요기관별 '에너지 절약 실천 세칙' 적극 실천 - 4차산업혁명 관련 기술 적용한 각종 IoT, 빅데이터, AI 융합형 시범사업 신제품 활발하게 도입 중 - 유럽 등 시장개방형 선진국에서의 관련 제품 도입에 따른 운행 에너지 절감(5~10%) 사례 적극 참고 중 - 정부의 에너지 절감과 녹색환경 성장 정책에 부합
	위협(T)	- 신규 개발 및 제작되는 차량에는 유사한 장치의 도입이 확대되고 있어 후발주자로 시장진입 장벽 발생 - 기존 차량에로의 신제품 장착에 대한 보수적 장벽 - 국내 개발품에 대한 불신

(2) 경쟁력 제고 방안

긍정 확대 요인	강점 → 활용	- 신차 및 기존차 모두에 설치용이하고 차종별 시스템 구성이 유연한 기능별 모듈화된 제품 제공 (계측제어부, 신호인페이스부, 운전자표시부, 정보분석장치) - 선진국 제품 대비 기능성(차량연계, 표시부, 정보 분석 등)과 경제성(20%이상 저렴)이 있는 제품 제공
----------------	---------	---

	기회 → 포착	- 보안 기능이 탑재된 IoT 융합형 스마트 미터링 장치 및 차량운행 정보 연계 정보분석/이력관리 기반 에코드라이빙 시스템 시범사업 및 구매 규격화 - 빅데이터 정보분석 기반 다양한 EMS 기능 서비스에 의한 에너지 절감 지원 시스템 기능 제공 - 연구 기간 내 수요기관 참여 적극 유도 및 신기술 인증 추진 (에너지 절감 방안 적극 교육 및 홍보)
부정 보완 요인	약점 → 보완	- 협력업체(보안, 운행선도 매핑, 금형 등)의 긴밀 협의 및 기술력 향상 유도 및 동반성장 체계 구축 - 철도기술연구원 등 관련 산학연의 유기적인 기술 자문 추진 (해외 선진 사례 및 제품 분석)
	위협 → 대처	- 국제표준규격(EN50463) 만족 (공인시험기관 인증) - 기존 차량 적용을 위한 무선 연계, 안전 시공, 설치 공간 확보, 운전/운영 편의성 적극 교육, 홍보 - 수요처 요구사항 적극 반영 (주기적인 기술협의체 운영, 자문내용 개선사항 피드백)

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

경쟁업체	유사기술/제품/서비스	품질	가격	장단점
HaslerRail	EcoS System for DAS	EN50463 규격 적용	약 60,000 천원(예상)	해외 제품으로 국제규격을 갖춘 제품 판매
LEM	EM4T II for DAS	EN50463 규격 적용	약 60,000 천원(예상)	해외 제품으로 국제규격을 갖춘 제품 판매

(2) 시장 진입 장벽

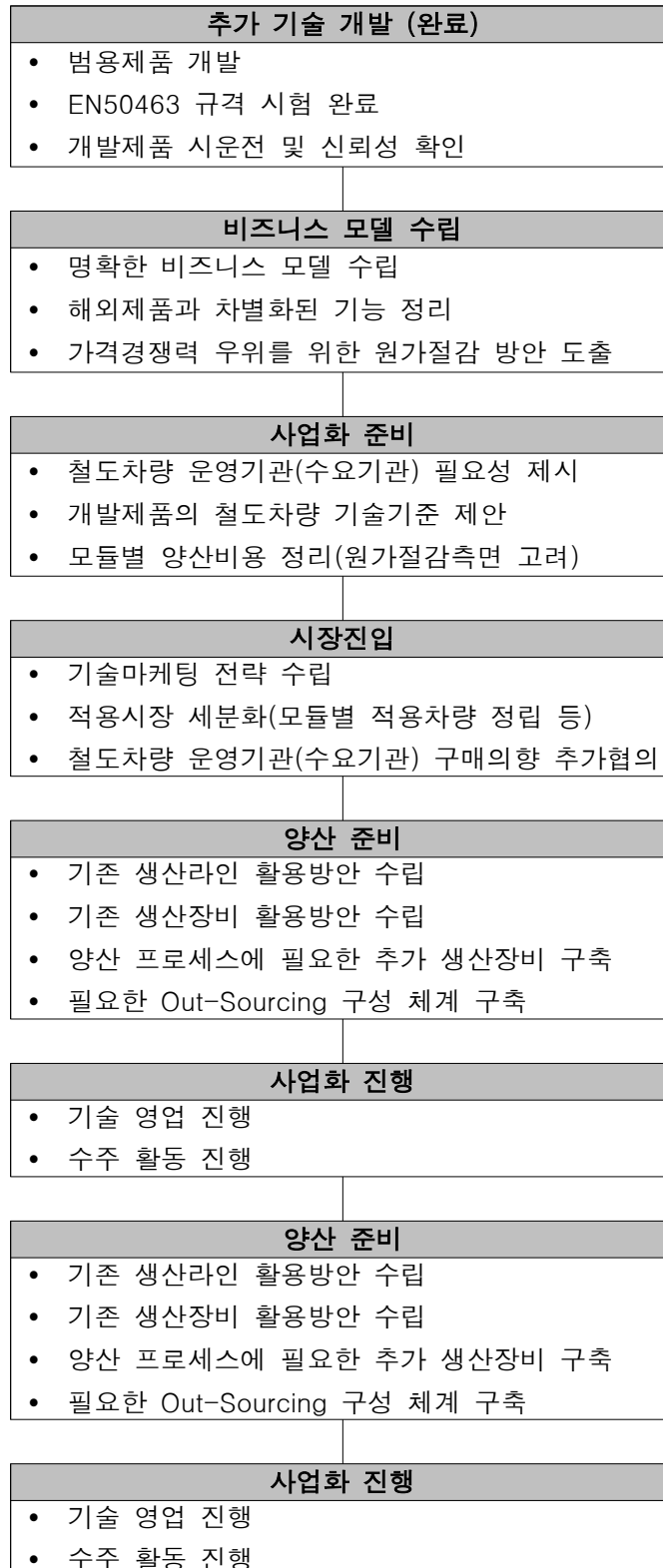
- 아직 국내에는 상용화된 사례가 없으며, 해외수출 철도차량에는 수입제품을 장착하여 수출하는 실정임
- 국내 철도차량 현황은 미터링 시스템 및 에코드라이빙 시스템의 경우 도입을 위한 초기 상황으로 시스템의 필요성과 효과에 대한 인식의 재고가 필요
- 해외 수출차량의 경우 발주처에서 필요로 하고 있으나 국산화된 시스템이 없어 전량 수입에 의존하며, 국제규격을 준수하여야 하는 부분 등 연구개발을 통한 국산화가 시급한 실정임

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

- 주요 고객으로는 철도차량 운영기관 및 철도차량 제작사로 시장성에 일부 제한적인 상황이나 운영기관의 경우 지속적으로 늘어나는 추세이며, 다양한 차량형식에 대응 할 수 있는 범용제품의 개발을 통하여 기존차량 및 신규차량에 적용할 수 있음

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안



○ 추가기술개발을 통한 제품의 범용화 및 시스템 고도화 (완료)

▶ 범용제품 개발

: 주요기능에 대하여 모듈화(독립장치화)하여 모든 전기철도차량에 적용 가능한 시스템으로 고도화 개발 - 데이터 측정 모듈, 주제어 모듈, 모니터링 장치, 차량인터페이스 모듈로 구성되어 차량형식별 설치위치의 변화 등에 대응 가능하여 범용성 확보

▶ EN50463 규격시험 완료

: EMS(Energy Measurement System)에 대한 국제규격에 따라 설계 및 제작하고 규격시험을 완료하여 국내뿐만 아니라 해외수출이 가능한 시스템 제작

▶ 개발제품 시운전 및 신뢰성 확인

: 추가기술개발 시스템의 4계절 본선 시운전을 통한 신뢰성 확인으로 기술개발 완료와 동시에 상용화가 가능할 수 있도록 준비

○ 비즈니스 모델 수립

▶ 명확한 비즈니스 모델 수립

: 전체 철도산업 시장의 동향 분석에 따른 전기철도차량 및 차량부품 동향을 파악하고 경쟁사의 제품 및 기술동향과 운영기관이 필요로 하는 기능 및 성능 등을 지속적으로 조사하여 명확한 비즈니스 모델을 수립

▶ 해외제품과 차별화된 기능 정리

: 개발대상품은 국내에는 아직 도입되지 않은 시스템으로 현재까지 조사된 해외제품 및 지속적인 유사기술 파악으로 차별화된 기능 정리 및 제작 보완 진행

▶ 가격 경쟁력 우위를 위한 원가절감 방안 도출

: 제품의 개발에 있어 국내에서 유통이 쉬운 구성품 및 동등성능의 가격이 저렴한 구성품 위주로 설계진행하고 해외에서 고가로 수입하여야 하는 구성품을 지양하여 해외제품에 비해 원가절감 방안을 도출하여 가격경쟁력이 우수한 제품개발 진행

○ 사업화 준비

▶ 철도차량 운영기관(수요기관) 필요성 제시

: 아직 국내에 도입되지 않은 시스템으로 철도차량 에너지 관리의 필요성과 활용성 등을 제시하고 근거자료 등을 정리하여 운영기관 및 제작기관(수요기관)에 홍보

▶ 개발제품의 철도차량 기술기준 제안

: 국내 철도안전법에 근거한 철도차량 기술기준에 개발대상품이 적용될 수 있도록 관련기관에 지속적인 홍보 및 기술기준 제안 진행

▶ 모듈별 양산비용 정리(원가절감측면 고려)

: 원가절감 방안 도출과 연계하여 각 주요모듈(데이터 측정 모듈, 주제어 모듈, 모니터링 장치, 차량인터페이스 모듈)별 양산비용을 정리하여 차량형식 및 운영기관 요구에 대응할 수 있도록 진행(운영기관의 요구에 따라 필요한 모듈만 적용이 가능)

○ 시장진입

▶ 기술마케팅 전략 수립

: 시장진입을 위한 기초 단계로 기술마케팅 전략을 수립하여 전략에 따른 구체적인 방법을 모색하고 방안 수립

▶ 적용시장 세분화(모듈별 적용차량 정립 등)

: 개발대상품의 모듈화 이유는 차량형식 또는 운영기관(수요기관)의 필요 요구에 따라 즉시 대응할 수 있도록 진행하기 위함이며, 모니터링 장치가 필요 없는 경우 또는 차량인터페이스 모듈이 필요 없는 경우 등을 고려하여 좀 더 세분화된 시장성 정리

▶ 철도차량 운영기관(수요기관) 구매의향 추가 협의

: 개발을 진행하는 동안에도 현재 같이 참여하지 않는 철도차량 운영기관(수요기관)에 지속적으로 제품의 소개 및 필요성 등을 제시하여 향후 개발완료 후 적극적 시장진입을 위하여 구매의향 협의 추진

○ 양산 준비

▶ 기존 생산라인 활용방안 수립

: 시제품 제작 후 양산체제 구축을 위하여 기존 생산라인의 활용방안을 구체적으로 검토하여 보다 빠르게 양산제품을 생산할 수 있는 구조 구축

▶ 기존 생산장비 활용방안 수립

: 시제품 제작 후 양산체제 구축을 위하여 기존 생산장비의 활용방안을 구체적으로 검토하여 보다 빠르게 양산제품을 생산할 수 있는 구조 구축

▶ 양산 프로세스에 필요한 추가 생산장비 구축

: 기존 생산라인 및 생산장비 활용방안의 수립 후 추가로 필요 생산장비를 검토하여 구축

▶ 필요한 Out-Sourcing 구성 체계 구축

: 양산에 필요한 생산장비 및 생산라인의 구축 진행 시 Out-Sourcing이 필요한 부분을 검토하여 양산진행에 문제가 없도록 생산 체계 구축

○ 사업화 진행

▶ 기술영업 진행

: 비즈니스 모델 및 기술마케팅 구축을 통하여 신뢰성 확보된 제품의 기술영업 진행

▶ 수주활동 진행

: 국내 및 해외 철도차량 발주 정보 등의 확보를 통하여 입찰 또는 기타 수주활동을 진행

주 의

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