

최종보고서

중앙행정기관명										국토교통부										사업명		사업명		보안등급																																																																																					
전문기관명(해당 시 작성)										국토교통과학기술진흥원										사업명		내역사업명		일반[✓], 보안[]																																																																																					
공고번호										공고-제29호										총괄연구개발 식별번호				철도기술연구사업																																																																																					
																				(해당 시 작성)																																																																																									
																				연구개발과제번호		20RTRP-C148749-03																																																																																							
기술분류		국가과학기술 표준분류				EA0906				60%		EA0909				30%		EA0908				10%																																																																																							
		부처기술분류 (해당 시 작성)								%						%						%																																																																																							
총괄연구개발명 (해당 시 작성)										국문																																																																																																			
										영문																																																																																																			
연구개발과제명										국문										신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업																																																																																									
										영문										Research project to verify the safety and operation requirement between K-AGT and KRTCS for manless operation of Sillim line																																																																																									
주관연구개발기관										기관명										(주)우진산전										사업자등록번호										317-85-07679																																																																					
										주소										(우)28046										법인등록번호										154411-0019419																																																																					
연구책임자										성명										김영식										직위										연구소장 (상무)																																																																					
										연락처										직장전화										043-210-0962										휴대전화										010-6737-5590																																																											
										전자우편										yskim@wjis.co.kr										국가연구자번호										1088 3495																																																																					
연구개발기간										전체										2018. 09. 07 - 2021. 02. 28(2년 5개월)																																																																																									
										단계										1단계										2018. 09. 07 - 2018. 12. 31(0년 4개월)																																																																															
										(해당 시 작성)										2단계										2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 0개월)																																																																															
																				3단계										2020. 01. 01 - 2021. 02. 28(1년 2개월)																																																																															
연구개발비 (단위: 천원)										정부지원										기관부담										그 외 기관 등의 지원금										합계										연구개발비 외																																																											
										연구개발비										연구개발비										지방자치단체 기타()																				지원금																																																											
										현금										현금										현물										현금										현물										현금										현물										합계																													
총계										1,200,000										106,060										694,020																														1,306,060										694,020										2,000,080																													
1단계										1년차										80,000										6,600										46,800																														86,600										46,800										133,400																			
										2년차										560,000										49,730										323,610																														609,730										323,610										933,340																			
										3년차										560,000										49,730										323,610																														609,730										323,610										933,340																			
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)										기관명										책임자										직위										휴대전화										전자우편										비고																																																	
										(주)크리웨이브										안창영										연구소장										010-5217-8676										ahncy@crewave.com										중소기업																																																	
										(주)메트로텍										이영훈										부장										010-8800-1797										yhunlee@wjis.co.kr										공동																																																	
										LS일렉트릭(주)										김형훈										부장										010-2743-1122										hhkim2@sis.com										대기업																																																	
위탁연구개발기관										DL 이앤씨(주)										박진재										부장										010-2638-1618										yousinjd@gmail.net										위탁																																																	
연구개발기관 외 기관																																																																																																													
연구개발담당자										성명										남재각										직위										주임연구원																																																																					
										연락처										직장전화										043-820-4596										휴대전화										010-8782-4950																																																											
										전자우편										jknam@wjis.co.kr										국가연구자번호										1165 7749																																																																					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 04 월 02 일

연구책임자:

김영식

주관연구개발기관의 장: (주)우진산전

(대표자) 김상용

공동연구개발기관의 장: (주)크리웨이브

(대표자) 박용식

(주)메트로텍

(대표자) 김태호

LS일렉트릭(주)

(대표자) 박용상

위탁연구개발기관의 장: DL이앤씨(주)

(대표자) 마창민

중앙행정기관의 장 귀하

< 요약 문 >

사업명		철도기술연구사업				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
내역사업명 (해당 시 작성)						연구개발과제번호		20RTRP-C148749-03					
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EA0906	60%	EA0909	30%	EA0908	10%						
	부처기술분류		%		%		%						
총괄연구개발명		실용화 문턱과제											
연구개발과제명		신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업											
전체 연구개발기간		2018.09.07. ~ 2021.02.28											
총 연구개발비		총 2,000,080 천원 (정부지원연구개발비: 1,200,000 천원, 기관부담연구개발비 : 800,080 천원)											
연구개발단계		기초[] 응용[✓] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(8단계) 종료시점 목표(9단계)						
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)													
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)													
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		신림선에 적용 예정인 차량(K-AGT)과 열차제어장치(KRTCS)간 안전·운영요구사항 검증 및 무선통신 성능 검증을 위해서 경산 시험선에서 5,000Km 현차 주행시험을 실시하고, 실증 완료 후 신림선에 납품하여 국민으로부터 신뢰받고 안전한 도시철도 건설 및 운영에 기여하고자 함									
		전체 내용		신림선 사용 예정인 차량 2편성, 차상 및 지상 신호 설비(약 100억 상당)를 사전에 사업자 비용으로 설치하고 5,000Km 주행시험을 통하여 아래의 사항에 대한 검증 실시 예정임 1. K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 안전 요구사항 31 건 검증 2. K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 운영 요구사항 52 건 검증 3. 차/지상 무선통신장치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 4 건 검증									
연구개발성과		안전·운영 요구사항 및 무선통신 요구사항 검증을 통하여 신림선 도시철도에 납품											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		1. 신림선 도시철도에 즉시 납품 2. 열차제어 시스템의 완전국산화 실현 3. 국내외 철도 신호 사업에 대한 가격 경쟁력 및 기술력 확보 4. 차량 및 신호 시스템에 대한 패키지(Package) 통합기술확보 및 무인운전 실적 확보로 국내외 도시철도 사업에 대한 가격 및 기술 경쟁력 및 수출 경쟁력 확보											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
									생명 정보	생물 자원		정보	실물
		3	3	24			1						
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)		한국어표준 고무차륜 경량전철				도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템			무인운전 안전 및 운영 요구사항				
영문핵심어 (5개 이내)		K-AGT				KRTCS			Manless Safety & Operation Requirement				

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	4
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	10
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	133
4. 목표 미달 시 원인분석	144
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	145
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	145

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적 및 필요성

가. 최종목표

-
- 신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증
 - 수요처에서 요구하는 K-AGT와 KRTCS 신호시스템간 안전 및 운영요구사항(총 83건)검증을 통해서 완벽한 무인경전철 시스템을 구축하고 성공적인 상용화 실현
-
- 무선통신의 안정성 검증(총 4건)을 통하여 무인운전의 안전성을 확보하도록 개발 및 확산 전략 수립
-

나. 필요성

-
- 신림선 신호시스템은 주무관청과 협상한 결과 Digital-ATC(일본신호) 시스템으로 신호시스템 선정
 - 주무관청인 서울시 요구에 의해 국가 R&D를 통해서 개발된 국산신호시스템을 최초로 신림선에 도입
 - 주무관청(서울시)에서 요구한 무인운전에 필요한 안전요구조건 및 운영요구조건 충족
 - 안전 및 운영요구조건과 관련된 83종의 무인운전 시나리오 검증
 - KRTCS 시스템의 국내 최초 상용화를 위해서는 K-AGT 차량과 KRTCS 시스템간 안전성 검증 필요
 - 국가 R&D로 개발된 KRTCS를 상업노선에 적용하기 위해서 실제 운영될 차량(K-AGT)과의 안전 및 성능 검증 필요
 - 기 적용된 신호시스템의 경우에도 신규노선 적용시 여러 가지 문제 발생
 - 철도관련 법 개정에 따른 국내 도시철도 차량의 안전성 확보 필요
 - 철도안전법 제38조에 의한 시설물검증시험 및 영업시운전 등 완벽한 종합시험운행을 위한 사전 준비로 적기 개통 추진
 - 시스템 안전성 확보로 도시철도사업의 적기 개통 모범사례 확립
 - 국내 기술로 개발된 KRTCS 신호시스템의 성공적인 상용화
 - 고무타이어 경전철과 신호시스템 간 안전 및 운영요구사항 검증을 통해서 완벽한 무인경전철 시스템 구축
 - 신림선 경전철 K-AGT 및 KRTCS간 열차제어용 무선통신 성능 요구사항 검증 필요
 - 가상사설망(VPN) 기술은 공신력 있는 통신시스템에서 외부로부터의 침입 해킹을 예방하기 위한 보안방법으로써 신림선 경전철에 국제공통평가기준(CC)인증된 가상사설망(VPN) Server/Client를 도입하며 검증 필요
 - RF-CBTC 무선LAN-WiFi의 문제점을 보완하여 차량 및 신호시스템 간 무선통신의 안정성 및 신뢰성 향상을 위해서 반드시 필요한 핵심 현안기술임.
-

다. 주요 연구내용

- 신림선 사용 예정인 차량 2편성, 차상 및 지상 신호 설비(약 100억 상당)를 사전에 사업자 비용으로 설치하고 5,000Km 주행시험을 통하여 아래의 사항에 대한 검증 연구진행
- K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 안전 요구사항 31 건 검증
- K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 운영 요구사항 52 건 검증
- 차/지상 무선통신장치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 4 건 검증

1-2. 연구개발 범위

가. 연구목표 및 주요연구내용

연구목표 (RFP 기준)	연차	연구목표	연구결과
K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 안전 및 운영 요구사항 검증	1차년도	• 무인운전 요구사항 정의	- 신림선 무인운전 시나리오 안전요구사항 31건 분석 - 신림선 무인운전 시나리오 운영요구사항 52건 분석 - 차/지상 무선통신장치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 4건 분석
	2차년도	• Test-bed 구축 및 S/W 개발 • Test-bed 상세설계 및 인터페이스 톨 설계 및 제작 • KRTCS 적용한 열차제어 시스템 상세설계 및 구축	- 차상 ATP/ATO 장치 설치 (차상 ATP/ATO 장치 설치 완료) - 무인운전 검증 S/W 개발 (무인운전 검증 S/W 매뉴얼 작성 및 S/W를 활용한 성능 확인 시험계획서) - 장비 구매 (장비 구매계획서) - Test-bed 상세 설계 (Test-bed 상세설계 도면 및 보고서) - KRTCS(신호시스템) 인터페이스 톨 설계 및 제작 (인터페이스 톨 설계서 및 보고서) - KRTCS 열차제어시스템 장비 제작승인 및 제작 (열차제어시스템 장비 제작 승인 및 공장검사) - 경산시험선 열차제어시스템 구축계획 수립 및 구축작업 (경산시험선 현장조사 및 시스템 구축방안 수립)

연구목표 (RFP 기준)	연차	연구목표	연구결과
K-AGT와 KRTCS 상호간 무인운전에 따른 안전 및 운영 요구사항 검증	3차년도	• 안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 활용한 성능시험 및 검증 • AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템의 기능 및 성능시험 • KRTCS 신호시스템 기능시험	- 무인운전 안전요구사항 검증 - 무인운전 운영요구사항 검증 - S/W를 활용한 성능시험 - KRTCS(신호시스템) 경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 기능시험
차/지상 무선통신장 치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증	1차년도	• 무선통신시스템 요구사항 정의	- 신림 경전철 적용예정 무선통신시스템 안정성 및 보안성 요구사항 분석 - 무선통신시스템 요구사항 검증방안 제시
	2차년도	• 무선통신 시험 톨 설계 및 구축	- 무선통신 검증 톨 설계 및 제작 (검증 SW 개발완료) - 무선통신 검증 톨 시 운전 및 문제점 보완 (LAB시험환경 검증 SW구축 및 검증 시험완료)
	3차년도	• 검증 톨 기반 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증	- 개발된 검증 톨 시험차량 구축, 시험차량 운행을 통한 무인운전 무선통신 안정성 및 보안검 요구사항 검증 - 차·지상무선장치간 전송지연 시간, 로밍시간, 2.4GHz/5GHz 멀티채널 통신, VPN 보안성 검증완료

나. 연차별 성과목표 및 성과지표

(1)차년도

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표				해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)	목표치/ 달성치	검증 방법	가중치			
1차 연도	1	무인운전 요구사항 정의	1-1	K-AGT 안전 요구사항 분석	① 사례조사 보고서	1/1	연차 평가	2	(주)우진 신전	40	기타 : <u>1/1 건</u>
				② 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	3				
			1-2	K-AGT 운영 요구사항 분석	① 사례조사 보고서	1/1	연차 평가	2		40	기타 : <u>1/1 건</u>
				② 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	3				
			1-3	차/지상 무선통신장치 간 무선통신 안정 성 및 보안성 요구 사항 분석	① 사례조사 보고서	1/1	연차 평가	2		20	기타 : <u>1/1 건</u>
				② 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	3				
	2	무선통신시 스템 요구 사항 정의	2-1	무선통신시스템 안 정성 및 보안성 요 구사항 분석	① 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	1	(주)크리 웨이브	10	기타 : <u>1/1 건</u>
			2-2	무선통신 안정성 및 신뢰성 요구사항 검 증 방안 제시	② 요구사항 검증 계획서	1/1	연차 평가	2		10	기타 : <u>1/1 건</u>
	3	KRTCS(신호 시스템) 무 선통신 요 구사항 분 석	3-1	KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구 사항 분석	① 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	1	(주)메트 로텍	6.7	기타 : <u>1/1 건</u>
			3-2	무선통신 안정성 및 신뢰성 요구사항 검 증 방안 제시	② 요구사항 분석 보고서	1/1	연차 평가	1		6.7	기타 : <u>1/1 건</u>
계						7/7		20		특허 : <u>출원 건</u> 등록 : <u>건</u> 논문 : <u>건</u> 시제품 : <u>건</u> S/W : <u>건</u> 기타 : <u>7/7 건</u>	

(2)차년도

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표				해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치	
					질적목표(측정방법)	목표치/ 달성치	검증 방법	가중치				
2차 연도	1	Test-bed 구축 및 S/W 개발	1-1	차상 ATP/ATO장치 설치	① 차상 ATP/ATO장 치 설치도	1/1	연차 평가	4	(주)우진 산전	80	기타 : <u>1/1 건</u>	
			1-2	무선안전 검증 S/W 개발	① 무선안전 검증 S/W 및 매뉴얼	1/1	연차 평가	8		160	논문 : <u>1/0 건</u> S/W : <u>1/1 건</u> 기타 : <u>1/2 건</u>	
					② 검증 S/W를 활 용한 성능확인 시험계획서	1/1	시험계 획서	4		80		
			1-3	장비 구매	① 장비 구매계획 서	1/1	구매 계획서	2		64	기타 : <u>1/1 건</u>	
	2	무선통신사 험 톨 설계 및 구축	2-1	무선통신 검증 톨 설계 및 제작	① 무선통신 검증 톨 개발완료 보 고서	1/1	연차 평가	3	(주)크리 웨이브	128	기타 : <u>2/2 건</u>	
			2-2	무선통신 검증 톨 시운전 및 문제점 보완	② 무선통신 검증 톨 구축 보고서	1/1	연차 평가	3				
	3	Test-bed 상세 설계 및 인터페 이스 톨 설 계 및 제작	3-1	Test-bed 상세 설계	① Test-bed 구축 보고서	1/1	설계 보고서	2	(주)메트 로텍	85.34	기타 : <u>2/2 건</u>	
			3-2	KRTCS(신호시스템) 인터페이스 톨 설계 및 제작	② 인터페이스 톨 설계서 및 구축 보고서	1/1	설계 보고서	2				
	4	Test-bed g 현장 조사 및 설치	4-1	KRTCS(신호시스템) Test-bed 현장조사 및 설치방안	① Test-bed 구축 및 시험 방안 보고서	1/1	설계 보고서	6	LS일렉 트릭 (주)	336	기타 : <u>2/2 건</u>	
			4-2	KRTCS(신호시스템) 경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 상세설계 및 제작	② 관제설비, 연동 장치, ATP/ATO 제작설계보고서	1/1	제작설계 보고서	6				
	계						11/11		40		933.34	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : <u>1/0 건</u> 시제품 : 건 S/W : <u>1/1 건</u> 기타 : <u>9/10 건</u>

(3)차년도

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		당해단계 성과목표				해당 기관	예산 (백만원)	실적목표/달성치
					질적목표(측정방법)	목표치/ 달성치	검증 방법	가중치			
3차 연도	1	안전 및 운 영 요구사항 검증 S/W를 활용 한 성능시 험 및 검증	1-1	무인운전 안전요구 사항 검증	① 무인운전 안전 요구사항 보고서	1/1	연차 평가	9	(주)우진 신전	384	특허 : 출원 1/1 건 논문 : 1/2 건 기타 : 2/3 건
			1-2	무인운전 운영요구 사항 검증	무인운전 운영 요구사항 보고서	1/1	연차 평가	9			
	2	무선 통신 안정성 및 신뢰성 검증	2-1	무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검 증	① 무선통신 안정 성 및 보안성 요구사항 검증 보고서	1/1	시험 성적서	6	(주)크리 웨이브	128	특허 : 출원 1/1 건 기타 : 1/1 건
	3	K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템 의 기능 및 성능시험	3-1	S/W를 활용한 성능 시험	① K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스 템의 기능 및 성능시험 완료 보고서	1/1	시험 성적서	4	(주)메트 로텍	85.34	기타 : 1/2 건
	4	KRTCS 신호 시스템 기 능시험	4-1	KRTCS(신호시스 템) 경산선 관 제설비, 연동장 치, ATP/ATO 기능시험	① KRTCS(신호시스 템) 경산선 관 제설비, 연동장 치, ATP/ATO 기능시험 보고서	1/1	시험 성적서	12	LS일렉 트릭 (주)	336	특허 : 출원 1/1 건 기타 : 1/1 건
계						5/5		40		933.34	특허 : 출원 3/3 건 등록 : 1 건 논문 : 1/2 건 시제품 : 1 건 S/W : 1 건 기타 : 5/7 건

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 연구개발 추진전략 및 방법

가. 연구개발의 추진 방법

(1) 경산시험선 현황

가) K-AGT 시험 노선도



나) 시험선 제원 및 주요 설비

항목	제원	항목	제원
선로길이	총 2.4km (본선 1.9 km, 측선 0.5 km)	역사	4개
궤간	1,700mm	공급전압	DC 750V
검수고설비	스팅거설비, 타이어 교환기, 질소가스 충전기	궤도설비	주행로, 안내레일, 전차선, 지상신호 설비
종합사령실	운전감시 및 원격제어, 차량실내감시, SCADA	변전설비	1000kW 정류기/2뱅크, Blue Light Station
신호시스템	CBTC	기타설비	승강장 설비, PSD 설비

(2) 경산시험선 일정 계획

가) 철도기술연구원에서 국책 연구과제로 시행하고 있는 무선급전 경전철 차량시스템 개발 연구 종료 후 경산시험선 활용

○ 과제명 : 무선급전 경전철 차량시스템 인터페이스 기술 개발

○ 연구기간 : 2015. 7. 21 - 2019. 12. 31(4년 5개월)

○ 경산시험선 사용 기간 : 2019. 11월 - 2019. 12월

나) 신림선 차량 및 시스템 일정 고려 시 상기 연구과제 종료 후 차량 및 신호시스템 간 무선통신 및 무선통신장치 안정성/신뢰성 검증시험 진행

○ 연구사업 착수 및 시험환경 구축 : 2018. 9월 ~ 2020. 3월(19개월)

○ 요구사항 검증 S/W 입증시험 일정 : 2020. 4월~2020. 12월(9개월)

[신림선 차량&시스템 발주 및 T&C 일정]



(3) 경산시험선내 Test-bed 구축

가) 차상 ATP/ATO장치 및 지상ATP 장치 등 신림선 설치용 장비를 최대한 활용하여 Test-bed(시험환경) 구축 (수요처에서 별도 약 100억 이상 비용 투자 계획)

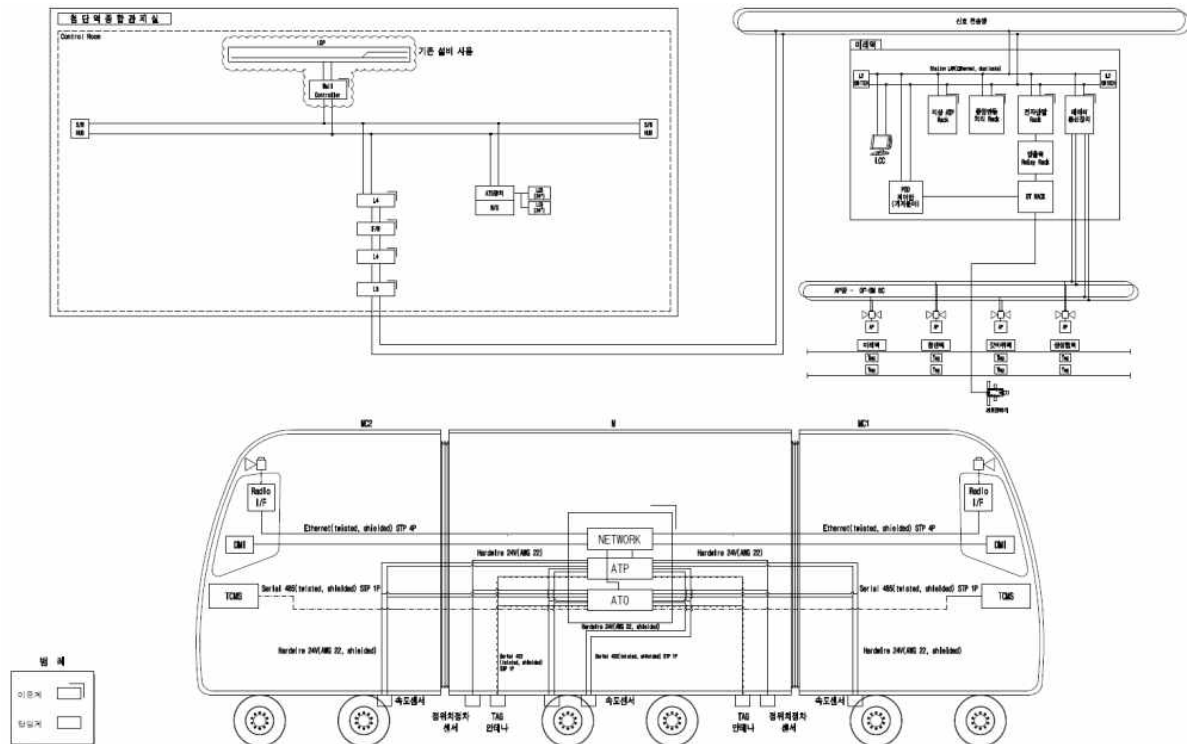
나) 차상무선통신장치 및 지상무선통신장치 구축

다) 현장설비(AP안테나 및 Tag 등) 및 관제설비(연동제어반) 등 시험에 필요한 시설 구축

구 분	규 격	수 량	비 고
1. 신호	KRTCS	1식	
관제설비	ATS 일체	1식	
차상설비	차상신호장치	4Set	
실내설비	지상ATP	1Set	
	데이터통신장치	1Set	
	전자연동장치	1Set	
실외설비	태그	82개	소모성 자재
	정위치정차근접판	1식	소모성 자재
	지상무선통신장치	10개	
	전원케이블	1식	소모성 자재
	광케이블	1식	소모성 자재
	접지케이블	1식	소모성 자재
	케이블트레이	1식	소모성 자재
시험기	지상ATP 시험기	1Set	
	차상ATO/ATP 시험기	1Set	
	리더 테스트기	1Set	
	각종 공구류	1Set	
2. 차량	K-AGT	2편성	

※ 소모성 자재 외 상기 장비는 연구사업 완료 후 신림선에 설치

라) 경산시험선 구축 구성도



- K-AGT 전용시험노선인 경산시험선을 활용하여 본선과 동일한 환경에서 성능시험 실시
- 현차 운행 조건에서 차량 과 신호장치간 무선통신장치의 요구 성능 달성여부 및 신뢰성 확인
- 경산시험선내 Test-bed 구축
 - 신림선 차량 및 시스템 일정 고려하여 타 연구과제 종료 후 차량 및 신호시스템 간 무선통신 및 무선통신장치 안정성/신뢰성 검증시험 진행
 - 연구사업 착수 및 시험환경 구축 : 2018. 9월 ~ 2020. 3월(19개월)
 - 상세설계 : 2019. 4월 ~ 2019. 9월(6개월)
 - Test-bed 구축 : 2019. 11월 ~ 2020. 3월(6개월)
 - 무선통신 및 무선통신장치 검증시험 일정 : 2020. 4월~2020. 12월(9개월)

[경산시험선내 Test-bed 구축 일정]

분야	구간	2018년					2019년												2020년												2021년					
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2				
실용화 문턱과제 주요일정		협약체결('18.09.07)					자상장치 설치 #1~2(1M)														K-AGT & KRTCS 성능시험												신원선 우선시운전			
							Test-bed 상세설계(9M)														현장조사 및 설치공사(6M)															
설계	Test-bed 상세설계						Test-bed 상세설계(9M)																													
							KRTCS(관제, 연동, ATP/ATO) 및 Test-bed 상세설계 등																													
신호	설외설비 케이블 및 관로						현장조사 및 설치공사(5M)																													
							현장조사																													
	설외설비 지상무선통신장치						현장AP 및 제어장치(3M)																													
							현장조사																													
	설외설비 Tag 및 근접판						현장Tag 및 근접판(3M)																													
차량	현장조사						현장조사																													
	실내설비						자재반입 및 설치공사(3M)																													
							현장조사																													
	단품시험						단품시험																													
차량	형식승인						완성차시험																													
	차량반입						차량반입																													
시험	K-AGT & KRTCS 성능시험																				지상/차상 결합시험(3M)												정위치 정차시험(2M)		안전차동 운전시험(1M)	
철거	신원선 반입 및 및 시험선 철거																																신원선 반입 및 시험선 철거			

○ K-AGT&KRTCS 간 무선통신 검증

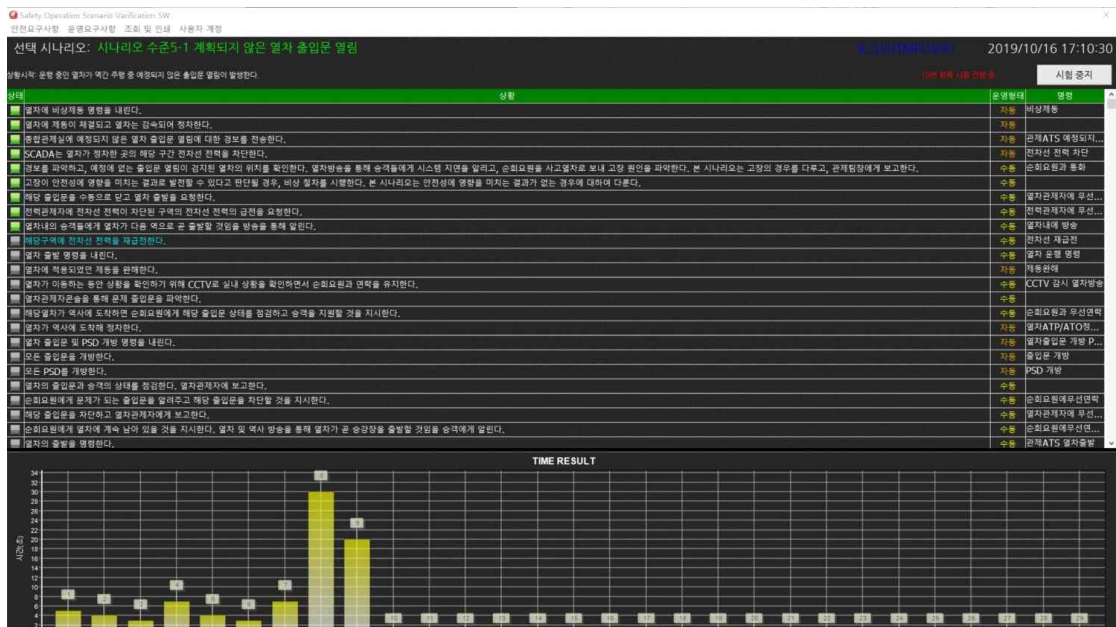
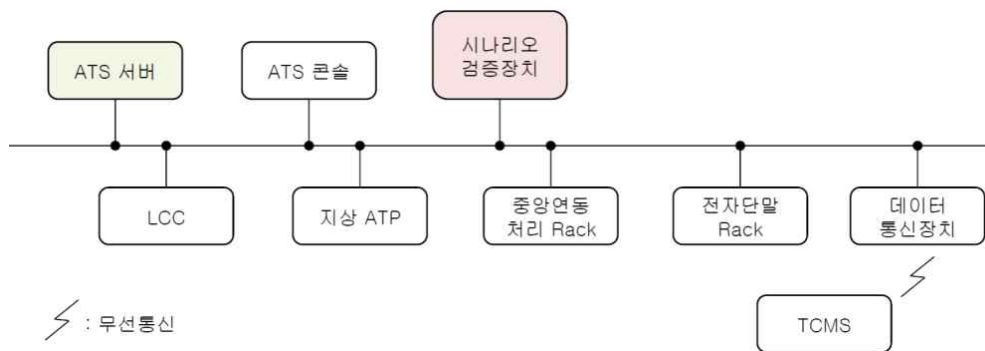
- 개발된 무선통신장치를 K-AGT 및 KRTCS간 무선통신을 적용하여 검증
- 차량 및 신호 시험 항목

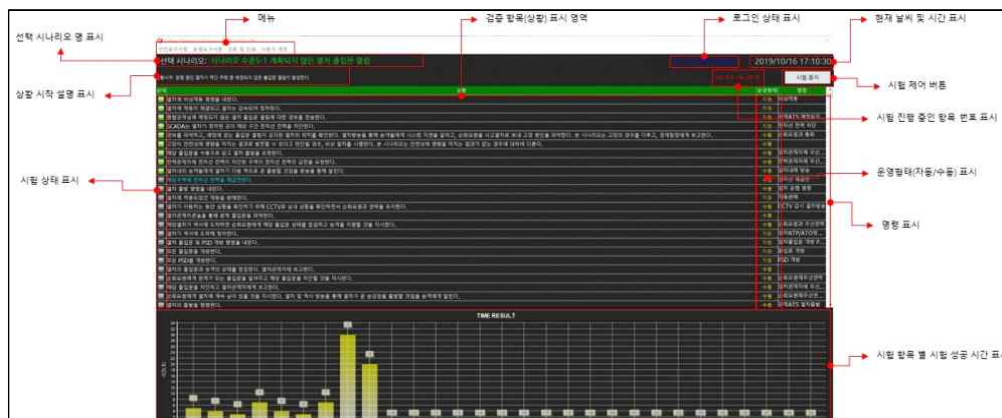
구 분	차 량	신 호
시험 항목	1)역행 2)제동 3)최고속도 4)집전 5)유도장애 6)보호장치 동작확인 7)소음 8)진동 9)승차감 10)주행저항 11)공력특성 12)냉난방환기 13)주요기기 온도 및 상태 14)주행안전성 15)지상설비 연계동작	1)성능시험 2)현장일치 시험 3)무선통신 동작시험 4)지상제어장치 운행시험 · 연동기능 확인 · 열차보호기능 확인 · 통신기능 확인 5)지상설비 연계동작시험 · 연동기능 확인 · 열차보호기능 확인 · 자동열차감시장치 상태 확인 · 자동열차감시장치 동작 확인

나. 최종성과물 SW 개발 추진 방법

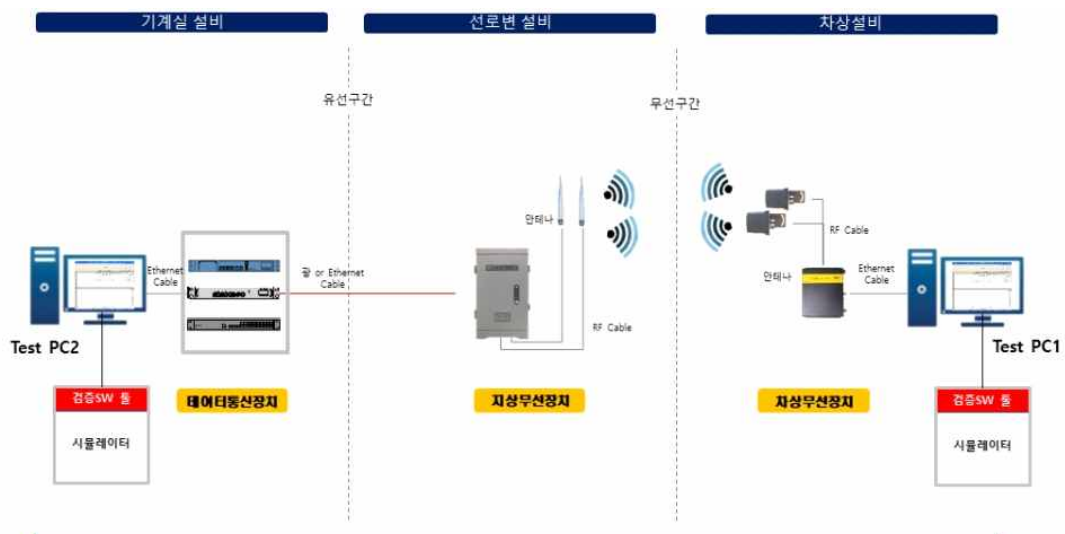
- (1) 무인운전에 따른 안전 요구사항 및 검증 S/W 개발 보고서
- (2) 무인운전에 따른 운영 요구사항 및 검증 S/W 개발 보고서
- (3) 차상 및 지상 무선통신장치간 무선통신 안정성 및 보안성 검증용 S/W 개발 보고서로 안전 및 운영요구사항(총 83건)검증 및 무선통신 안전성 검증(총 4건)을 다음과 같이 검증 SW 개발

○ 안전 및 운영 요구사항 검증 SW를 활용하여 요구사항 검증

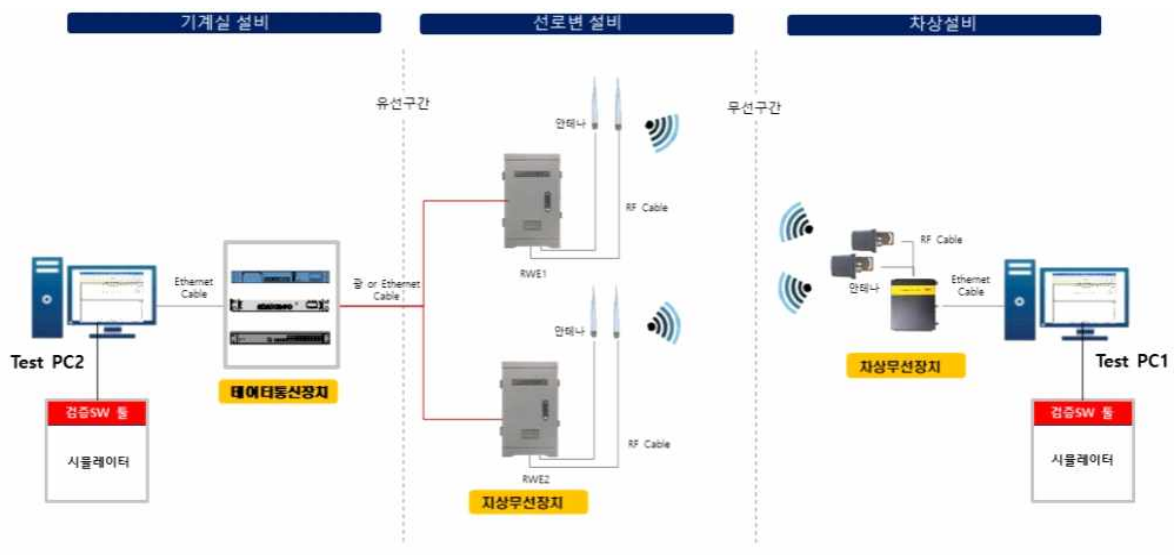




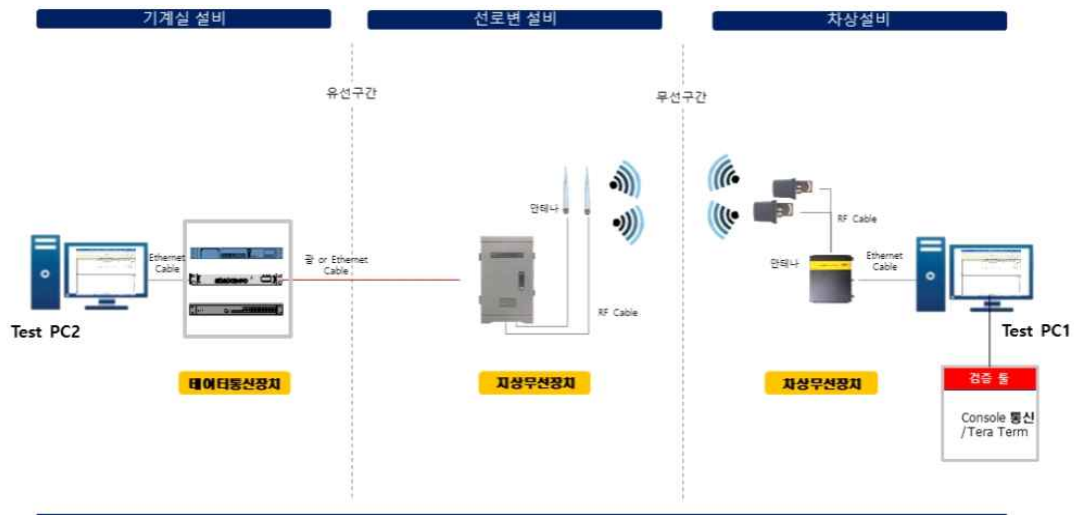
○ 차·지상무선통신장치간 전송지연시간 검증



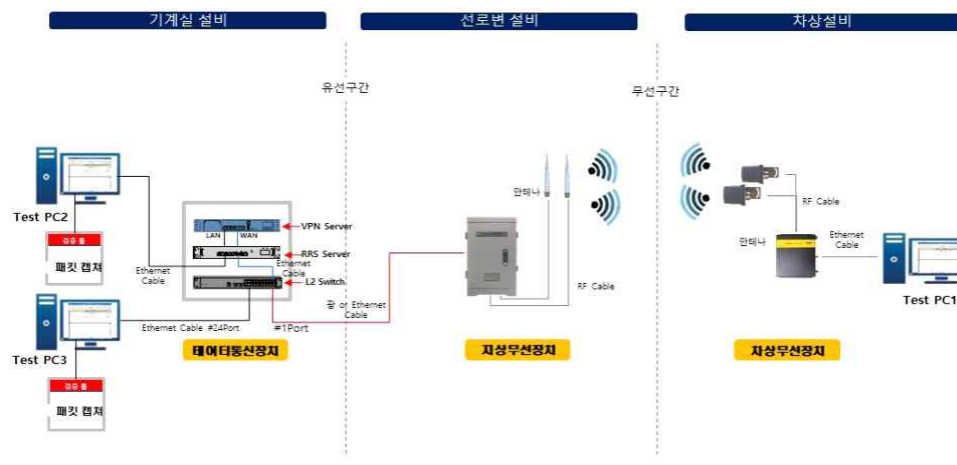
○ 차·지상무선통신장치간 로밍시간 검증



○ 차·지상무선통신장치간 2.4GHz/5GHz 멀티채널 통신 검증



○ VPN(가상사설망 Virtual Private Network)Sever/Client 안정성 및 보안성 검증



다. 추진일정

(주)우진산전

1차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2018)						연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)								
		7	8	9	10	11	12										
1	신림선 K-AGT 안전 요구사항 분석							40,000	김영식 (우진산전)								
2	신림선 K-AGT 운영 요구사항 분석							40,000	김영식 (우진산전)								
3	신림선 차/지상 무선통신장치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 분석							20,000	김영식 (우진산전)								
2차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2019)												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	차상 ATP/ATO장치 설치													84,000	김영식 (우진산전)		
2	무인운전 검증 S/W 개발													260,000	김영식 (우진산전)		
3	장비 구매													40,000	김영식 (우진산전)		
3차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2020)												(2021)		연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
1	S/W를 활용한 성능시험 (5,000Km)															384,000	김영식 (우진산전)
2	성능시험 완료 보고서 작성																김영식 (우진산전)

㈜크리웨이브

1차년도																		
일련 번호	연구내용	추진 일정(2018)							연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)								
			7	8	9	10	11	12										
1	신림선 경전철 적용 예정 무선통신시스템 분석												10,000	안창영 (국립대)				
2	무선통신 안정성 및 보안성 검증 방안 제시												10,000	안창영 (국립대)				
2차년도																		
일련 번호	연구내용	추진 일정(2019)												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	무선통신 검증 툴 설계 및 제작													128,000	안창영 (국립대)			
2	무선통신 검증 툴 시운전 및 문제점 보완														안창영 (국립대)			
3차년도																		
일련 번호	연구내용	추진 일정(2020)															연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
1	차·지상무선통신 장치간 전송지연시간 검증															128,000	안창영 (국립대)	
2	차·지상무선통신 장치간 로밍시간 검증																안창영 (국립대)	
3	차·지상무선통신 장치간 2.4GHz/5GHz 멀티채널 통신 검증보고서																안창영 (국립대)	
4	VPN(가상사설망 Virtual Private Network)Sever/Cl ient 안정성 및 보안성 검증																안창영 (국립대)	

(주)메트로텍

1차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2018)						연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)								
			7	8	9	10	11			12							
1	신림선 경전철 적용 예정 KRTCS(신호시스 템) 분석								6,700	이영훈 (메트로텍)							
2	KRTCS(신호시스 템) 무선통신 요구사항 검증 방안 제시								6,700	이영훈 (메트로텍)							
2차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2019)												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	KRTCS 적용한 경량전철 시스템 Test-bed 상세 설계													85,340	이영훈 (메트로텍)		
2	KRTCS(신호시스 템) 인터페이스 툴 설계 및 제작														이영훈 (메트로텍)		
3차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2020)														연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
1	S/W를 활용한 안전 및 운영 요구사항 검증														85,340	이영훈 (메트로텍)	
2	Test-bed 시험환경 구축 및 철거															이영훈 (메트로텍)	

LS일렉트릭(주)

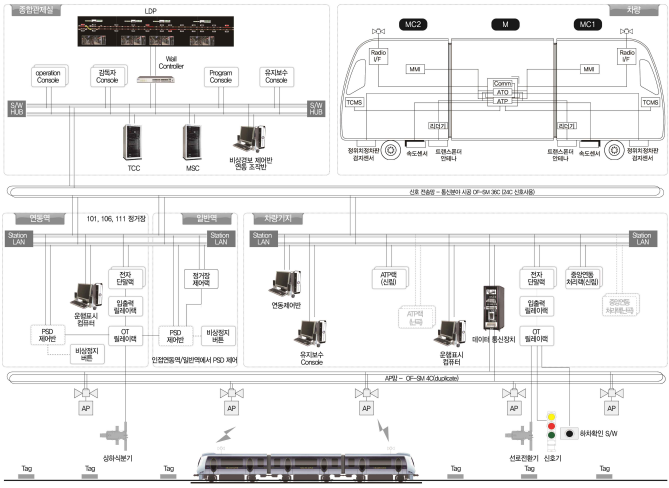
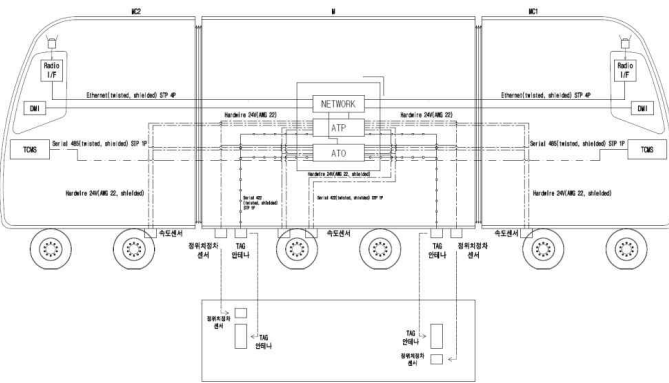
2차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2019)												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	KRTCS(신 호시스 템) 경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 상세설계 및 제작													336,000	김형훈 (LS일렉 트릭)		
2	KRTCS(신 호시스 템) Test-bed 현장조사 및 설치공사														김형훈 (LS일렉 트릭)		
3차년도																	
일련 번호	연구내용	추진 일정(2020)												(2021)		연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
1	KRTCS(신 호시스 템) Test-bed 설치공사															336,000	김형훈 (LS일렉 트릭)
2	KRTCS(신 호시스 템) Test-bed 설치 후 성능 시험 및 무인운전 기능검증																김형훈 (LS일렉 트릭)
3	지상/차상 결합시험, 운전시격(차량2대), 무인운전시험 시험완료보고서 작성																김형훈 (LS일렉 트릭)

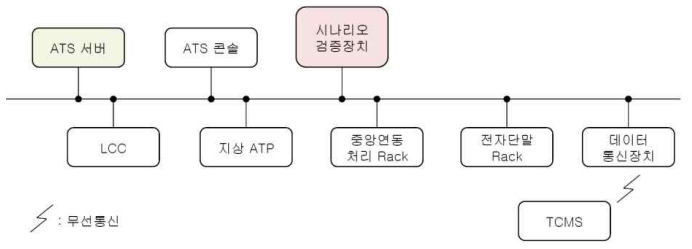
2-2. 추진체계

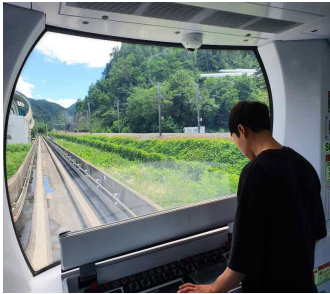
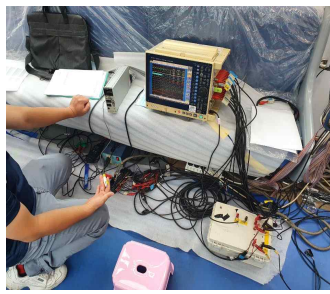
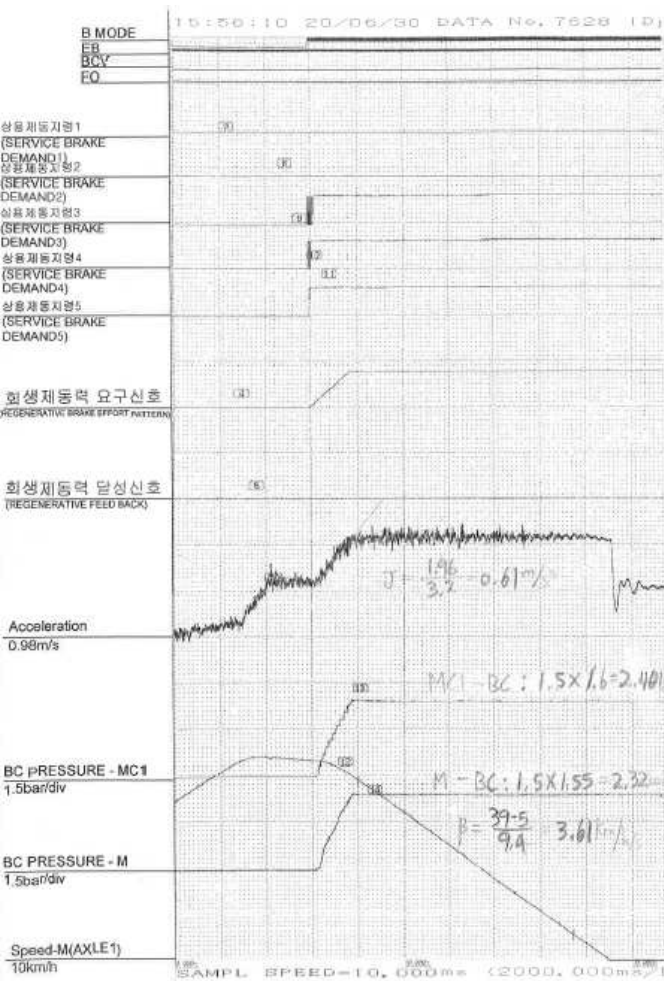


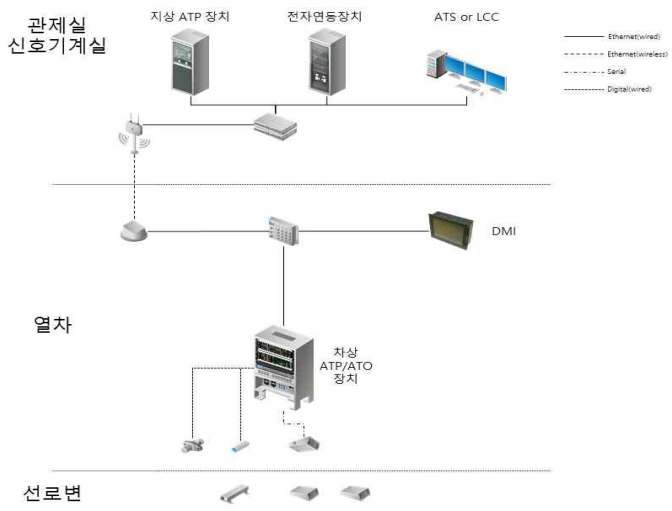
2-3 연구개발결과 요약

가. ㈜우진산전

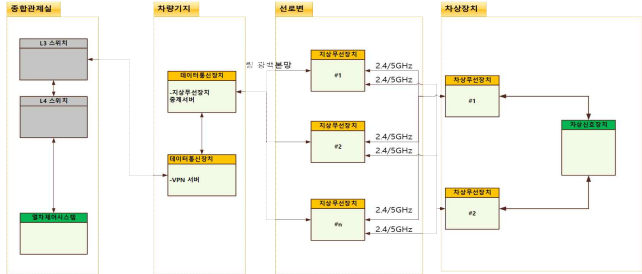
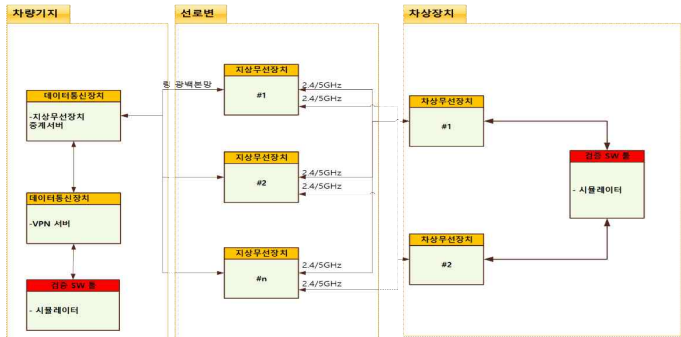
연차	연구내용	연구결과
1차년도	무인운전 요구사항 정의 (무인운전 안전 및 운영 요구사항 정의, 무인운전 무선통신 안전요구사항 정의)	- 신림선 무인운전 안전요구사항 31건 도출 및 분석 - 신림선 무인운전 운영요구사항 52건 도출 및 분석 - 신림선 차상 및 지상 무선통신장치간 무선통신 요구사항 및 보안성 요구사항 도출 및 분석 
2차년도	차상 ATP/ATO장치	- 차상 ATP/ATO장치 설치 - 신림선 차상 ATP/ATO장치 및 각종 차상신호 장치에 대해 신호제작사와 인터페이스를 통하여 상세설계 완료 및 설치 계획 수립 

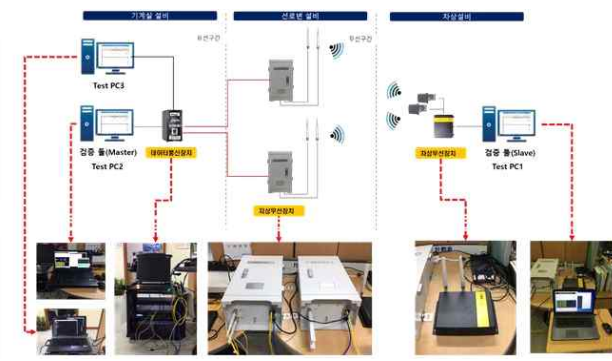
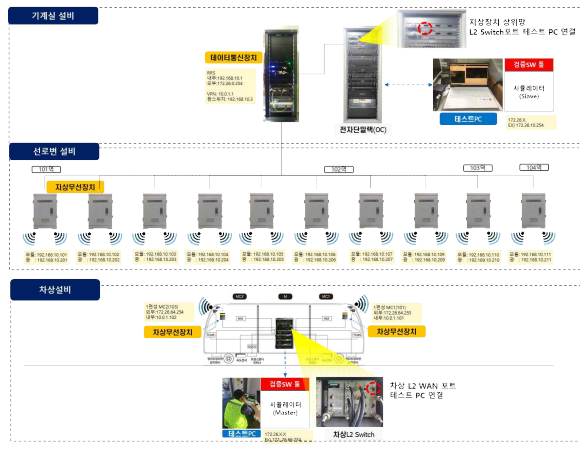
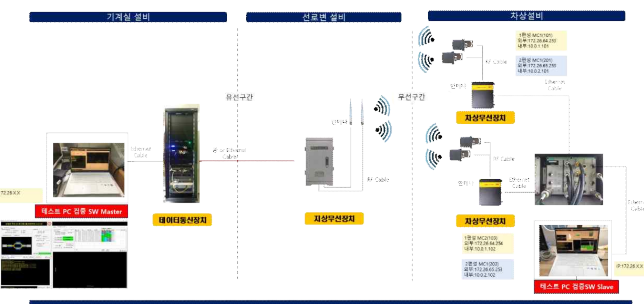
연차	연구내용	연구결과
2차년도	무인운전 검증 S/W 및 매뉴얼	- 무인운전 검증 S/W 및 매뉴얼 - 신림선경전철 무인운전을 위한 안전 및 운영요구사항 83건 검증 S/W를 개발하여 S/W 1건 등록 및 매뉴얼을 작성함 - 검증장치는 ATS 서버와 지상ATP, 연동장치, TCMS 등과 인터페이스하여 각 시나리오 시험시 각 장치별로 처리가 정상적으로 이루어지는지 확인 및 결과를 저장  - 검증 S/W를 활용한 성능확인 시험계획서 - 안전 및 운영요구사항 검증 시험을 위한 구성  - 시나리오 검증장치를 활용하여 안전(31건) 및 운영(52건) 요구사항에 대하여 검증시험 진행 - 검증시험은 결과를 저장 및 조회할수 있으며, 요구사항이 만족되는 것을 확인 후 시험 종료 - 프로그램은 안전 및 운영요구사항의 시나리오를 소프트웨어로 검증하는 것을 목적으로 사용되며, 사용매뉴얼에 따라 소프트웨어관리 및 시험을 진행하고, 소프트웨어 변경 등 A/S가 필요시 개발업체와 수정 및 변경을 진행

연차	연구내용	연구결과
3차년도	안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 활용한 성능시험 및 검증	- 신림선 차량 성능검증 시험 - 가감속도 튜닝 및 역행시험 시행 신림선 차량이 원활한 가속 및 감속 성능을 구현할 수 있도록 추진/제동 장치 튜닝 실시 차량이 정지상태에서 기동 및 운행 시 차량의 제어에 따른 성능을 확인   - 제동시험을 통해 제동배관, 제동밸브류, 주간제어기 및 비상제동스위치, 주공기 압축기 등의 장치들이 이상 없이 동작하는지 검사 

연차	연구내용	연구결과
3차년도	안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 활용한 성능시험 및 검증	- 지상설비연계동작시험(ATP/ATO) : 열차에 설치되는 차상신호장치의 차상 자동열차방호장치, 차상 자동열차운행장치의 기능, 동작의 정확성 및 안전성을 확인하고 검증  선로변 - 안전 및 운영요구사항 검증 - 신림선 경전철 시스템의 안전 요구사항 31건과 운영 요구사항 52건의 무인운전 시나리오가 실제 차량과 신호 연계시험을 통해 원활하게 구현되는지를 검증하기 위한 시험을 지원 및 실시 (공동연구기관 메트로텍 시험 총괄) 
	특허 출원	- 특허 출원 1건 - 무인 운전 열차 제어를 위한 테스트 시나리오의 테스트 수행 장치(10-2020-0176922)
	논문 게재	- 논문 게재 2건 - 신림선 무인운전을 위한 K-AGT와 KRTCS간 안전·운영 요구사항 검증 S/W연구 (eISSN 2093-7571 79) - K-AGT와 KRTCS 간 무인운전 안전 및 운영 요구사항 검증 시험(eISSN 2093-7571 81)

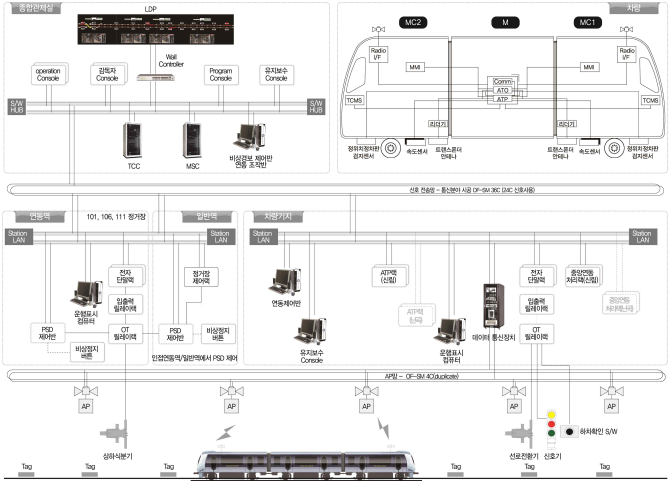
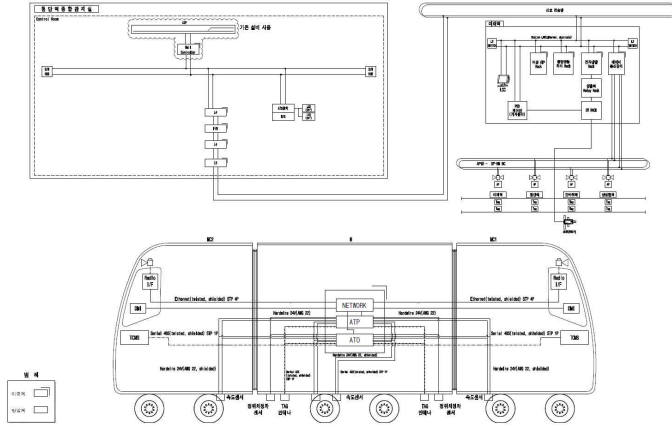
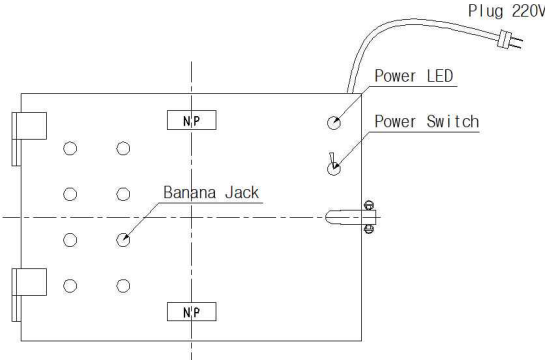
나. ㈜크리웨이브

연차	연구내용	연구결과
1차년도	무선통신시스템 요구사항 정의 (요구사항 분석 및 검증방안 제시)	- 무선통신시스템 안정성 및 보안성 요구사항 분석 - 신림선 무선통신시스템 요구사항 분석 (무선통신시스템 네트워크 및 요구 기능/성능 분석)  무선통신시스템 네트워크 구조도 - 무선통신시스템 안정성 및 요구사항 검증방안 제시 - 경산시험선 현장 시험장치 구축 및 검증진행 - 검증 툴 활용 요구기능(지원주파수, 전송지연시간, 로밍시간, 보안성)검증  검증 툴 네트워크 연동 다이어그램
2차년도	무선통신 시험 툴 설계 및 구축	- 무선통신 검증 툴 설계 및 제작 1차년도 요구사항 기반 검증 툴 설계 및 개발 - 연계구조 프로토콜 설계, UI 구현, 무선검증 툴 기능 검증 진행 - 무선통신 검증 툴 Mode 설정 및 테스트 진행/결과 표출UI 화면  무선통신 검증 툴 상태/결과 및 결과분석 UI - 무선통신 검증 툴 시운전 및 문제점 보완 - 무선통신 검증 툴 시험환경(LAB)구축, 상위 망 연동 시험 검증 확인

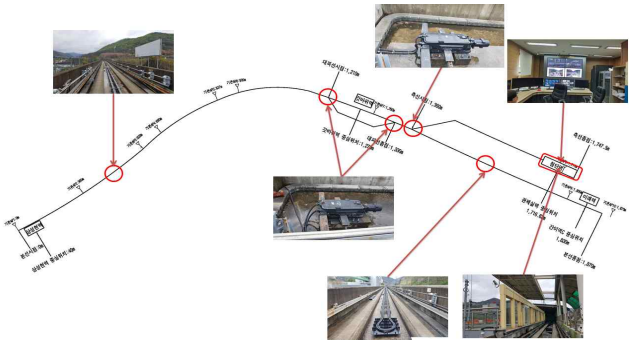
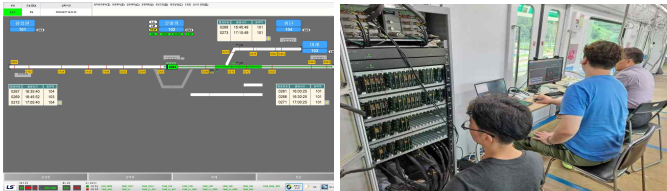
연차	연구내용	연구결과
		– 무선검증 툴 기반 차/지상 무선통신 시스템 검증시험환경 구축 – LS일렉트릭 기술연구소에 검증 툴 구축, 실 장치기반 연동시험 호환성 확인 – 상위 망 연동시험을 통한 지원주파수/전송지연/로밍 시간/보안성 자체시험 검증완료  무선통신 검증 툴 구축 및 기능검증
3차년도	• K-AGT 검증 툴 설치, KRTCS 신호시스템 기반 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증	• 경산시험선 현장 검증 툴 구축 – 시험차량 검증 툴 Master/기계실 검증 툴 Slave 설치  경산시험선 검증 툴 구축 • 검증 툴 기반 요구성능 검증 – 현차시험 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증 – 신림선 K-AGT 차량대상, 경산시험선 주행시험을 통한 무선통신 안정성 및 보안성 검증  현차시험 검증 툴 기반 요구성능 검증

연차	연구내용	연구결과															
		- 현차시험 검증 항목 <table><tr><th>No.</th><th>항목</th><th>요구성능 및 검증 결과</th></tr><tr><td>1</td><td>지원주파수</td><td>- 2.4GHz & 5GHz(동시지원) - 검증결과: 2.4GHz & 5GHz 멀티채널 지원 검증완료</td></tr><tr><td>2</td><td>전송지연 시간</td><td>- 20ms 이내 - 검증결과: 10ms 이내 확인</td></tr><tr><td>3</td><td>로밍시간</td><td>- 40ms 이내 - 검증결과: 로밍에 의한 지연시간 발생하지 않음 확인</td></tr><tr><td>4</td><td>보안성</td><td>- cc인증된 VPN 기술사용 - 검증결과: 보안성 검증완료</td></tr></table>	No.	항목	요구성능 및 검증 결과	1	지원주파수	- 2.4GHz & 5GHz(동시지원) - 검증결과: 2.4GHz & 5GHz 멀티채널 지원 검증완료	2	전송지연 시간	- 20ms 이내 - 검증결과: 10ms 이내 확인	3	로밍시간	- 40ms 이내 - 검증결과: 로밍에 의한 지연시간 발생하지 않음 확인	4	보안성	- cc인증된 VPN 기술사용 - 검증결과: 보안성 검증완료
No.	항목	요구성능 및 검증 결과															
1	지원주파수	- 2.4GHz & 5GHz(동시지원) - 검증결과: 2.4GHz & 5GHz 멀티채널 지원 검증완료															
2	전송지연 시간	- 20ms 이내 - 검증결과: 10ms 이내 확인															
3	로밍시간	- 40ms 이내 - 검증결과: 로밍에 의한 지연시간 발생하지 않음 확인															
4	보안성	- cc인증된 VPN 기술사용 - 검증결과: 보안성 검증완료															
	• 특허 출원	• 특허 출원 1건 - 머신러닝 기반의 차상과 지상간 무선통신 최적화 방법(10-2020-0127417)															

다. ㈜메트로텍

연차	연구내용	연구결과
1차년도	KRTCS 지상설비 시스템 자료 조사 및 지상 무선통신장치 간의 인터페이스 구성 및 시험계획 수립	- 신림선에 적용될 KRTCS 시스템 자료 조사 - 신림선 차상~지상 설비 간 인터페이스 자료 조사 - 신림선 인터페이스 자료 조사 및 시험계획 수립 
2차년도	Test-bed 구축 보고서 및 인터페이스 툴 구축	- 신림선 적용 예정인 차량(K-AGT)와 열차제어시스템(KRTCS) 안전·운영요구사항 및 무선통신 성능 검증을 위해 경산시험선에 Test-bed를 구축되도록 설계를 진행, Test-bed는 총 2.4km이며, 4개소에 역사, 2편성 차량이 투입될 수 있도록 상세설계 진행  - 안전 · 운영요구사항의 확인과 차량의 상태를 확인하기 위하여, 각종 센서를 인터페이스 툴을 통해 계측기를 연결하며, 세부 Data 확인을 위한 인터페이스 툴 제작 

라. LS일렉트릭(주)

연차	연구내용	연구결과
2차년도	KRTCS를 적용한 경량전철 열차제어시스템 상세 설계 및 설치	- KRTCS를 적용한 경량전철 열차제어시스템 상세 설계 및 설치  - 경산시험선 Test-bed KRTCS를 적용한 경량전철 열차제어시스템 상세 설계 및 설치 
3차년도	KRTCS 신호시스템 기능시험 (경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 기능시험)	- 종합관제실 ATS 서버 및 콘솔 기능 확인  - 관제설비 자체 연동검시 시행  - ATP/ATO 기능시험 시행 
	특허 출원	- 특허 출원 1건 - 열차의 정위치 정차를 위한 센싱 시스템 (10-2020-0181971)

2-4 연구개발 주요내용

- 주관연구기관(주)우진산전

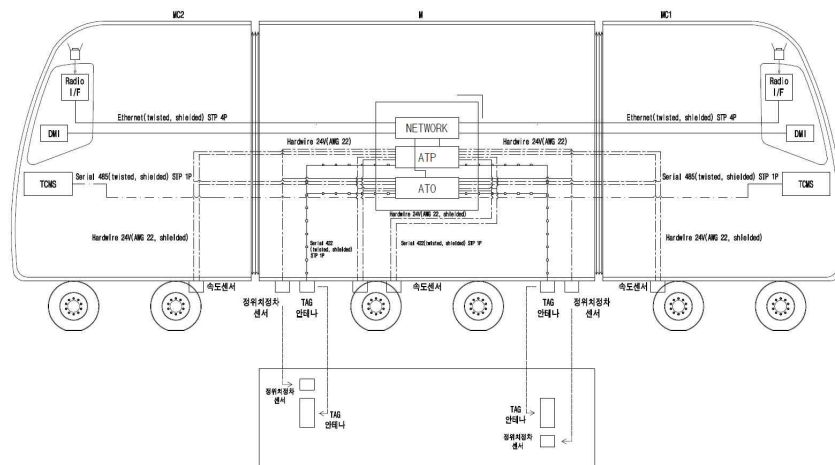
신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 차량(K-AGT)을 제작하여 경산시험선에서의 차량 성능검증 시험을 시행하였으며, 무인운전 검증 S/W개발을 통해 K-AGT(차량)과 KRTCS(신호시스템) 무인운전 안전 및 운영 요구사항을 검증시험을 진행함

1차년도 신림선 차량(K-AGT)과 KRTCS(신호시스템) 무인운전 안전 및 운영 요구사항 분석을 실시, 2차년도 신림선 차량(K-AGT) 제작 및 무인운전 검증 S/W개발, 3차년도 차량 성능검증 시험(가감속도 튜닝, 역행, 제동, ATP/ATO) 및 S/W를 활용한 5,000km 예비주행 시험을 진행함.

<1차>

• 차상 ATP/ATO장치 설치

- 신림선 차상 ATP/ATO장치 및 각종 차상신호장치에 대해 신호제작사와 인터페이스를 통하여 상세설계 완료 및 설치 계획 수립



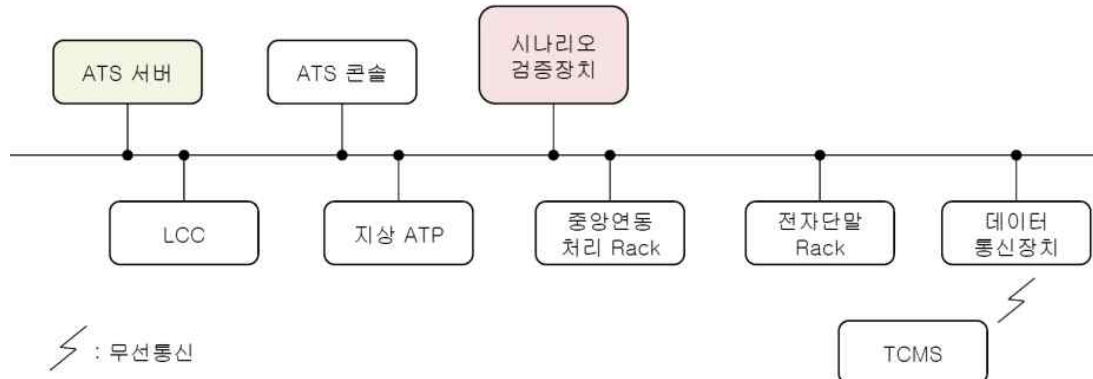
<2차>

• 무인운전 검증 S/W 및 매뉴얼

- 신림선경전철 무인운전을 위한 안전 및 운영요구사항 83건 검증 S/W를 개발하여 S/W 1건 등록 및 매뉴얼을 작성함
- 검증장치는 ATS 서버와 지상ATP, 연동장치, TCMS 등과 인터페이스하여 각 시나리오 시험시 각 장치별로 처리가 정상적으로 이루어지는지 확인 및 결과를 저장



- 검증 S/W를 활용한 성능확인 시험계획서
- 안전 및 운영요구사항 검증 시험을 위한 구성



- 시나리오 검증장치를 활용하여 안전(31건) 및 운영(52건) 요구사항에 대하여 검증시험 진행
- 검증시험은 결과를 저장 및 조회할수 있으며, 요구사항이 만족되는 것을 확인 후 시험 종료
- 프로그램은 안전 및 운영요구사항의 시나리오를 소프트웨어로 검증하는 것을 목적으로 사용되며, 사용매뉴얼에 따라 소프트웨어관리 및 시험을 진행하고, 소프트웨어 변경 등 A/S가 필요시 개발업체와 수정 및 변경을 진행

<3차>

○ 신림선 차량 성능검증 시험

● 가감속도 튜닝 시험

- 신림선 차량이 원활한 가속 및 감속 성능을 구현할 수 있도록 추진/제동 장치 튜닝 실시

• 시험장비

- DATA RECORDER

(가선전압, 가선전류, 모터전류, 제동력, 속도, 가속도, 제동압력 등 측정)

- 연장 케이블

- 진동 가속도 SENSOR

- 시뮬레이터

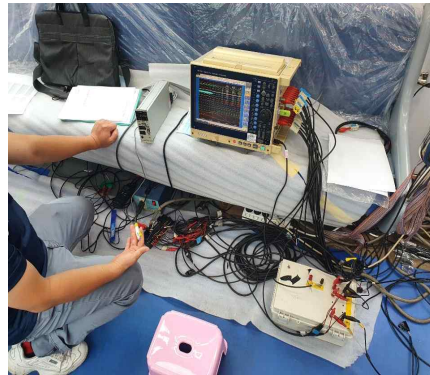
• 시험장비 결선도



• 시험인원 및 소요시간

- 시험인원 : 기관사 2명, 기록원 1명, 추진제어장치 담당자 2명, 제동장치 담당자 2명
- 소요시간 : 14(84시간)

- 시험진행



기관사가 양측 방향으로 운행하면서 RECORDER를 이용해 체크

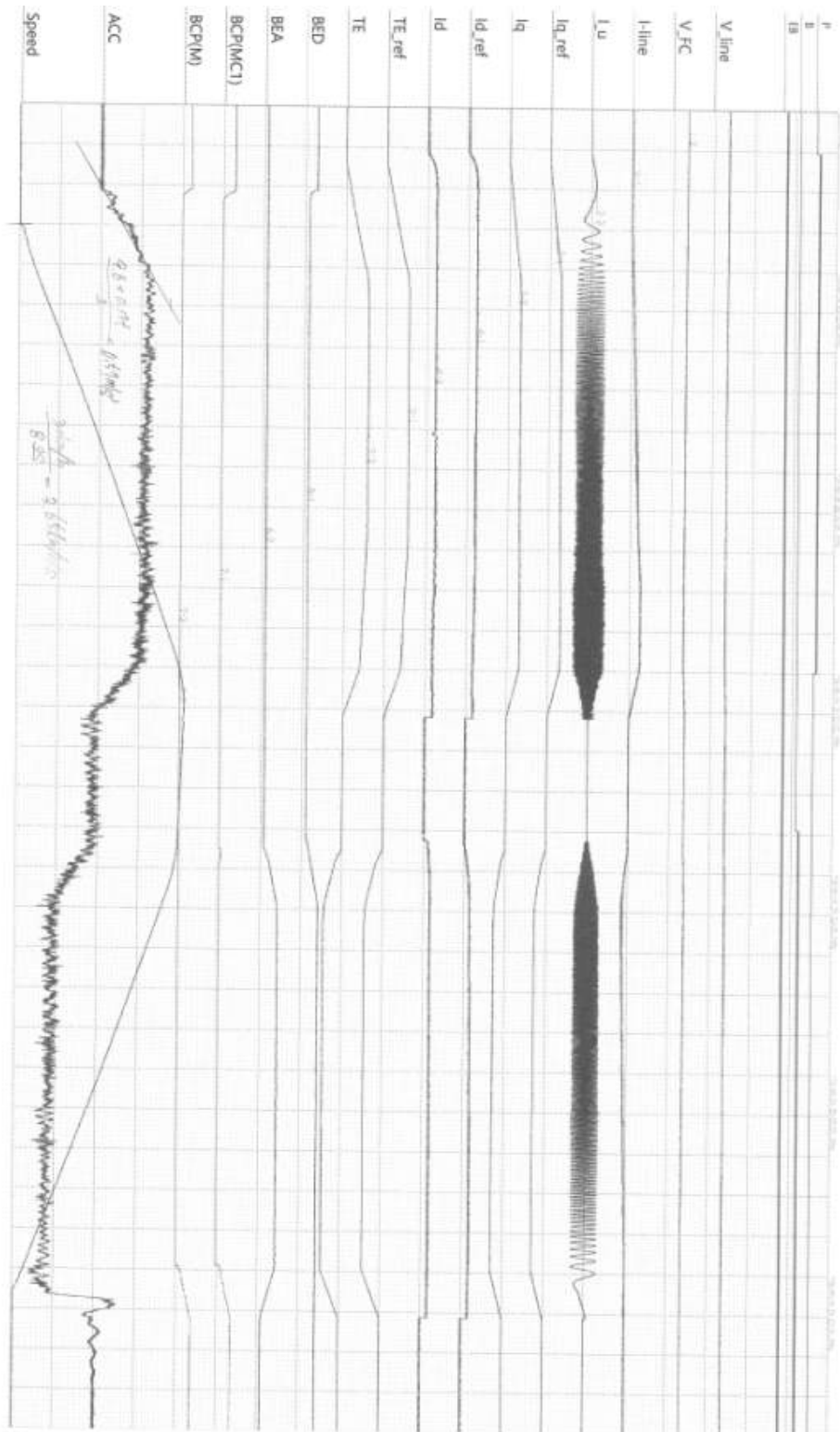


가속도 및 저크를 기준 값 내에 만족시키기 위해 장치 튜닝 작업 실시

- 시험결과

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	차량을 경산시험선 선로 조건에 맞도록 운행 (최대속도 : 40km/h)	가속도 : 3.5km/h/s 이상 저크 : 0.8m/s ² 이하 * 저크 : 가속도 변화율	가속도 평균 : 3.65km/h/s 저크 평균 : 0.57m/s ²	PASS
2	계측장비를 이용하여 가속도 및 저크 측정			
3	반복 운행하며 가속도 및 저크 값이 기준을 만족할 때까지 실시			

• 시험 데이터



프로젝트명	신원선 경전철 36량	시험하중	AW0
시험일자	2020.06.30.	진행방향	MCT
편성	1편성		
시험용역1	원상차시험		
시험용역2	기속도시험		
시험조건	P4->구내최고속도->OFF->B7		
비고			

P	Powering	Id.ref	Id.ref	BEA
B	Breaking	Iq	토크전류 (보상치(1000A/Dm))	저속 보상치(100%/Dm)
Id	직상전류	Id.ref	토크전류 (보상치(1000A/Dm))	저속 보상치(MCT)(6.25%/Dm)
V_line	가선전압(2000V/Dm)	Iq	직상전류 (보상치(500A/Dm))	ACC
V_FC	FC전압(2000V/Dm)	TE.ref	토크 요구치(250Nm/Dm)	전주전류기속도(0.11(Dm))
I_line	가선전류(1000A/Dm)	TE	토크 보상치(2500Nm/Dm)	속도(110m/h/Dm)
I_u	모터전류(1000A/Dm)	BED	저속 요구치(1000A/Dm)	
시간 : 1s/Dm				

● 역행시험

- 차량이 정지상태에서 기동 및 운행 시 차량의 제어에 따른 성능을 확인하기 위함
- 기동시험, 추가노치시험, 재역행시험, 가속도시험, 후진시험으로 구분
- MC1 및 MC2 방향으로 편성 열차를 아래 표의 운행 조건으로 운행하며 DATA 기록

● 기동시험

- 정지상태에서 원활하게 기동하는지 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	1N→10km/h→2N→20km/h→3N→구내최고속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록	가속상태 및 운전대 DU의 가속상태 현시에 이상이 없으며, 측정된 DATA의 추진 상태가 이상 없을 것	* 시험 데이터 참조	PASS
2	2N→15km/h→3N→구내최고속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			
3	3N(3s)→1N(3s)→3N(3s)→1N(3s)→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			
4	1N(3s)→2N(3s)→3N(3s)→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			

● 추가노치시험

- 주행 중 노치를 변경하였을 때 운행 성능 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	1N→10km/h→2N→20km/h→3N→구내최고속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록	가속상태 및 운전대 DU의 가속상태 현시에 이상이 없으며, 측정된 DATA의 추진 상태가 이상 없을 것	* 시험 데이터 참조	PASS
2	2N→15km/h→3N→구내최고속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			
3	3N(3s)→1N(3s)→3N(3s)→1N(3s)→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			
4	1N(3s)→2N(3s)→3N(3s)→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			

- 재역행시험

- 주행 중 타행 및 재역행 성능 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	1N→10km/h→OFF→2N→구내최고 속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록	가속상태 및 운전대 DU의 가속상태 현시에 이상이 없으며, 측정된 DATA의 추진 상태가 이상 없을 것	* 시험 데이터 참조	PASS
2	2N→15km/h→OFF→3N→구내최고 속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			
3	3N→20km/h→OFF→4N→구내최고 속도→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			

- 가속도시험

- 차량 추진(가속도) 성능 확인

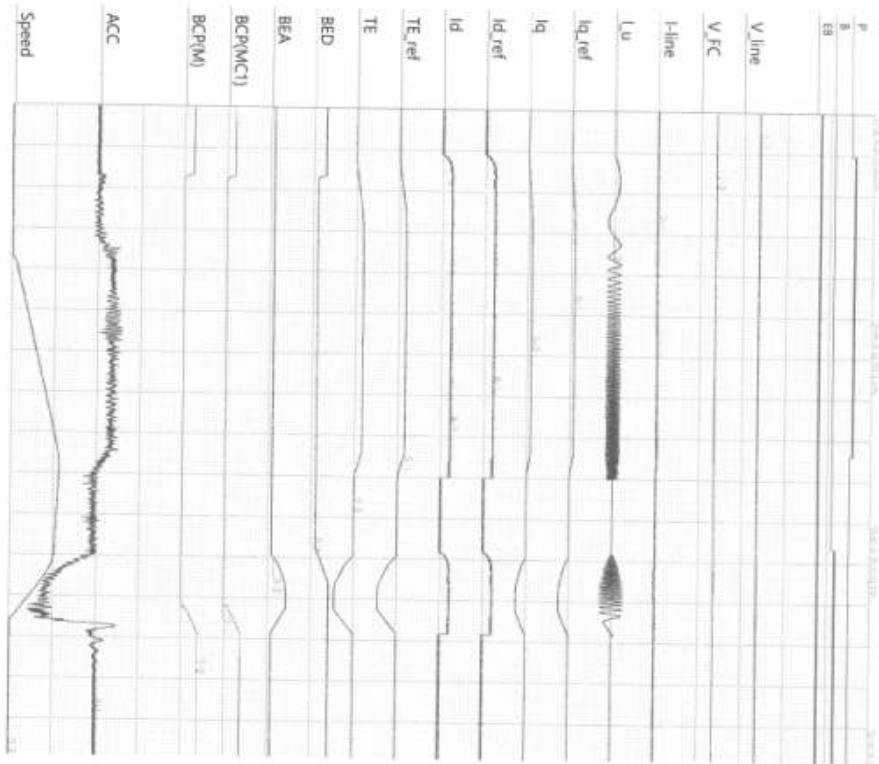
순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	4N→구내최고속도→OFF→B7→ 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록	가속상태 및 운전대 DU의 가속상태 현시에 이상이 없으며, 측정된 DATA의 추진 상태가 이상 없을 것	* 시험 데이터 참조	PASS

- 후진시험

- 차량 후진 성능 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	1N→10km/h→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록	가속상태 및 운전대 DU의 가속상태 현시에 이상이 없으며, 측정된 DATA의 추진 상태가 이상 없을 것	* 시험 데이터 참조	PASS
2	2N→20km/h→OFF→B7→0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA 기록			

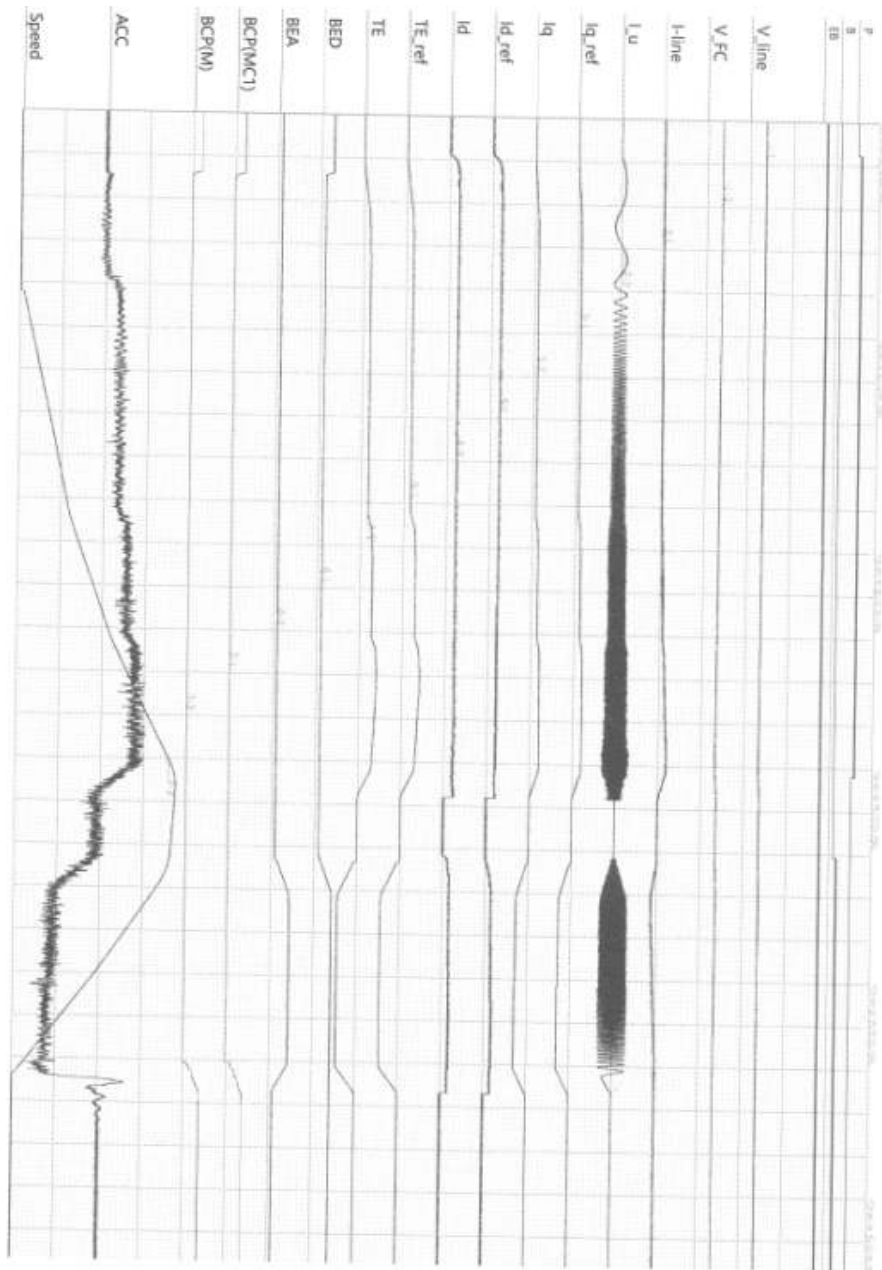
- 시험데이터(기동시험)



프로젝트명	신원선 경전철 36량		
시험일자	2020.06.30.	시험회중	AW0
편성	1편성	진행방향	MC1
시험항목1	완성차시험		
시험항목2	기동시험1		
시험조건	P1->10km/h->OFF->B7		
비고	-		

P	Powering	Iq_ref	BEA
B	Braking	Iq	제동 에너지(100%/Dw)
IB	제동전류	Iq_ref	제동 전력(100%/Dw)
V_line	가선전압(2000V/Dw)	Id	BCP(MC1) 제동 전력(100%/Dw)
V_FC	FC전압(2000V/Dw)	TE_ref	BCP(M) 제동 전력(100%/Dw)
I_line	가선전류(1000A/Dw)	TE	ACC 제동 전력(100%/Dw)
I_u	모터전류(1000A/Dw)	BED	Speed 속도(10km/h/Dw)
시각 : 24.0W			

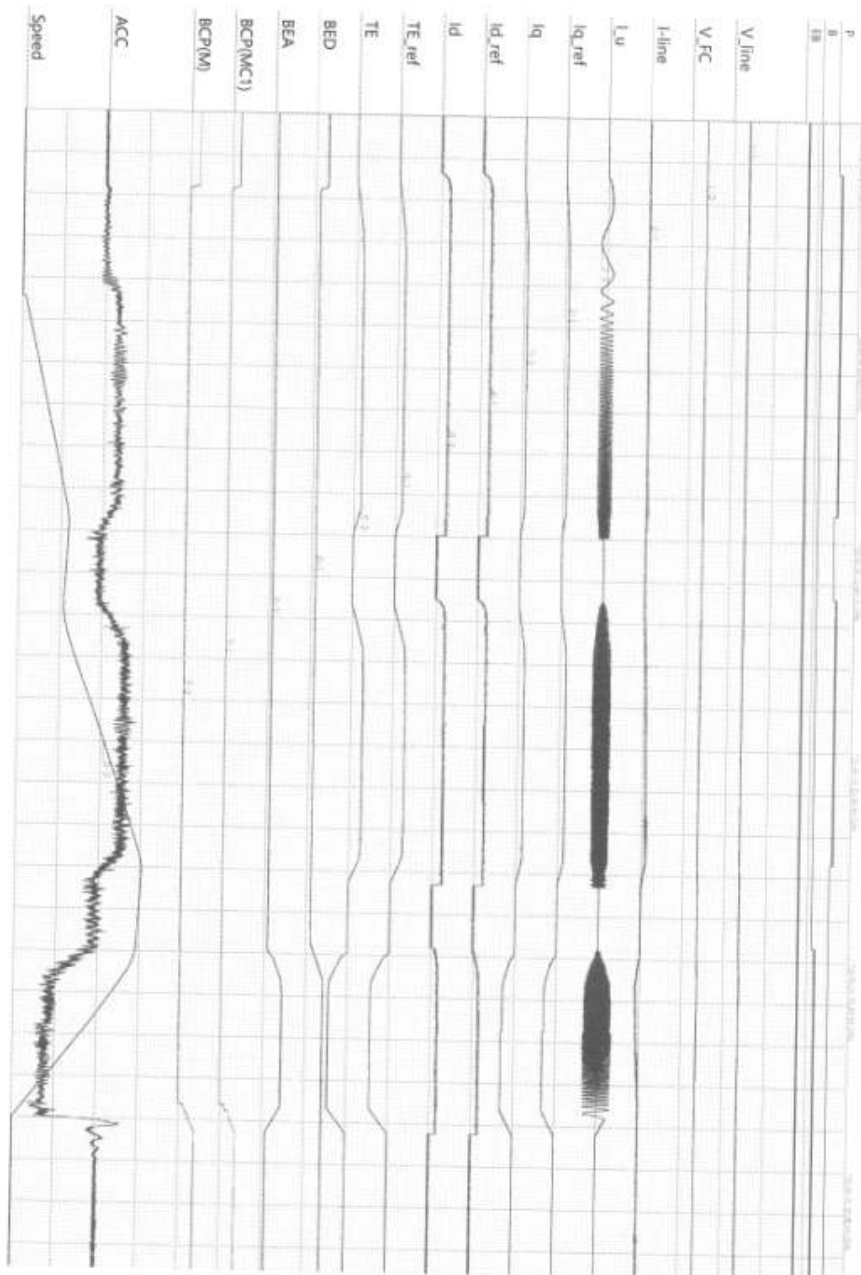
- 시험데이터(추가노치시험)



프로젝트명	신원선 경전철 36량	시험비중	AWO
시험일자	2020.06.30.	진행방향	MCT
편성	1편성		
시험종목1	편성차시험		
시험종목2	추가노치시험1		
시험조건	P1->10km/h->P2->20km/h->P3->구내최고속도->OFF->BT		
비고			

P	Powering	Iq_ref	BEA
B	Breaking	토크전류 요구치(1000A/DW)	제동 발생치(1000A/DW)
B	비상제동	토크전류 발생치(1000A/DW)	제동압력(ACC 1x6.25bar/DW)
V_line	가선전압(2000V/DW)	Iq	BCP(MCT)
V_FC	FC전압(2000V/DW)	Id_ref	BCP(M)
I_line	가선전류(1000A/DW)	Id	ACC
I_u	모터전류(상)(1000A/DW)	TE_ref	속도(10km/h/DW)
		TE	
		BED	제동 요구치(1000A/DW)
			제동 발생치(1000A/DW)
			제동압력(ACC 1x6.25bar/DW)
			제동 압력(M/6.25bar/DW)
			전부전동기속도(10/DW)
			속도(10km/h/DW)
			시간 : 24DW

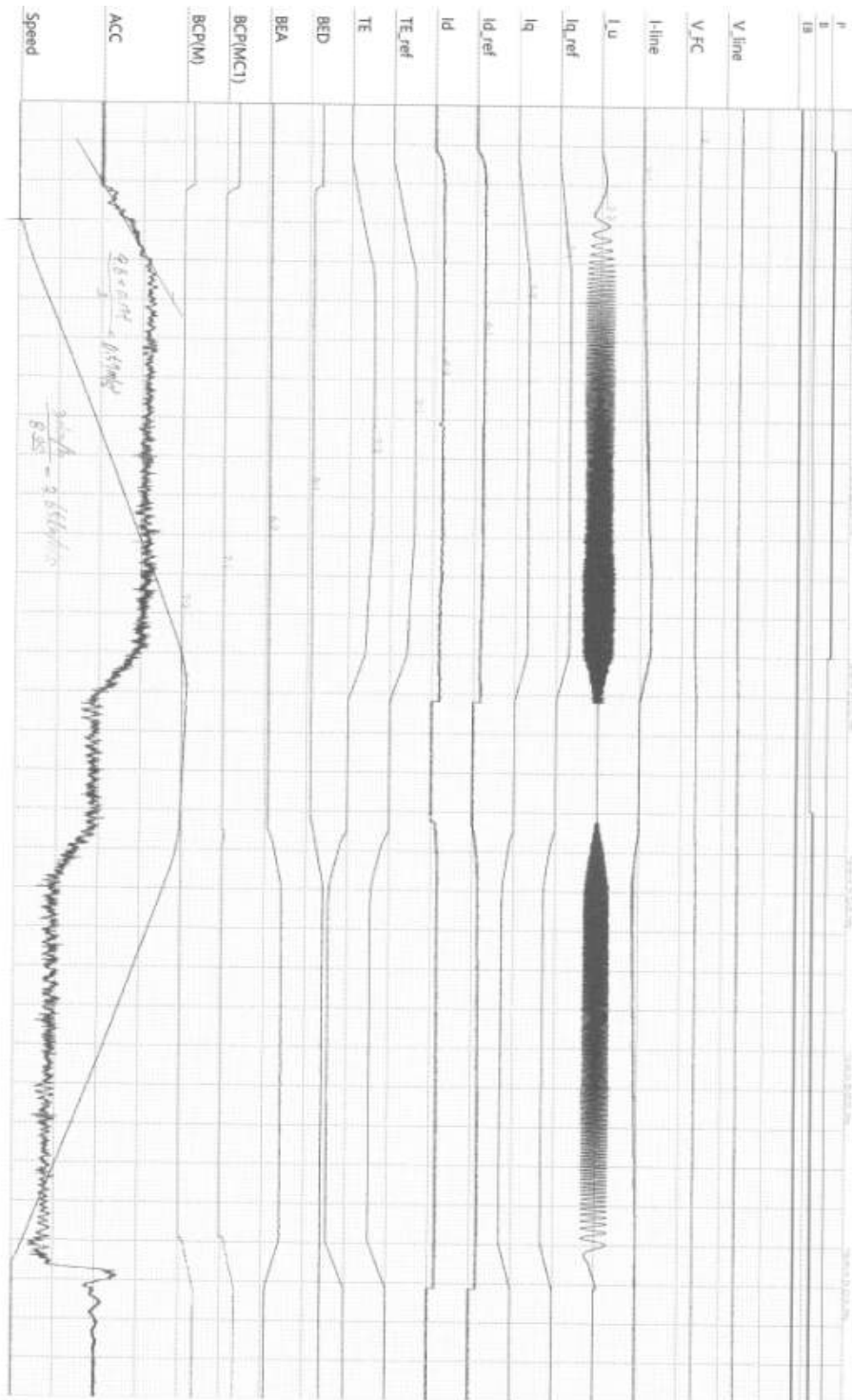
- 시험데이터(재역행시험)



프로젝트명	신원선 경전철 36량		
시험일자	2020.06.30.	시험차종	AWO
편성	1편성	진행방향	MC1
시험항목1	완성차시험		
시험항목2	재역행시험1		
시험조건	P1->10km/h->OFF->P2->구내최고속도->OFF->B7		
비고	*		

Powering		Iq_ref		BEA	
P	Breaking	Iq	도크전류 요구치(1000A/DIV)	BCP(MC1)	차동 보상치(100%/DIV)
B	비상제동	Id_ref	도크전류 설정치(1000A/DIV)	BCP(M)	제동압력(MC1)6.25bar(DIV)
ED	가속전압(2000V/DIV)	Id	가속전류 요구치(500A/DIV)		차동 압력(M06.25bar/DIV)
V_line	가속전압(2000V/DIV)	Id_ref	가속전류 설정치(500A/DIV)	ACC	전류인동가속도(1G/DIV)
V_FC	가속전류(1000A/DIV)	TE_ref	도크 역상치(2500Nm/DIV)	Speed	속도(10km/h/DIV)
I_line	가속전류(1000A/DIV)	TE	도크 역상치(2500Nm/DIV)		
I_u	모터전류(1000A/DIV)	BED	제동 요구치(100%/DIV)	시간 : 2s/DIV	

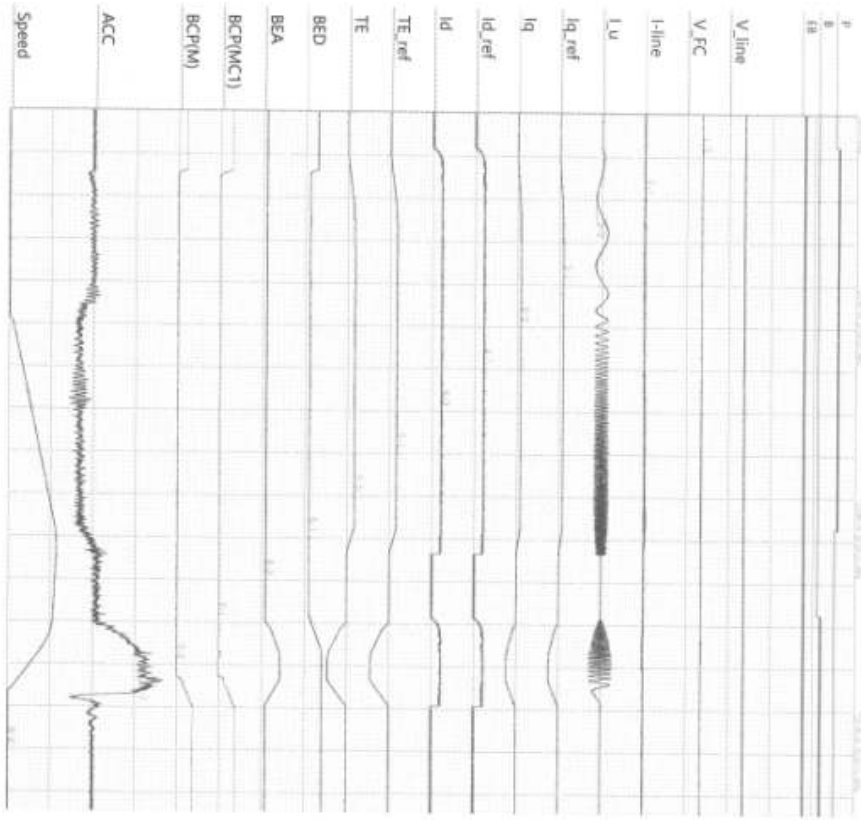
- 시험데이터(가속도시험)



프로젝트명	신원선 운전일 36일	시험서중	AWD
시험일자	2020.06.30.	시험방법	MCT
현상	1현상		
시험항목1	원정차시험		
시험항목2	가속도시험		
시험조건	P4->구내최고속도->OFF->B7		
비고	-		

P	Powering	Iq.ref	BEA
B	Braking	Iq	BEA
BE	역상제동	Iq.ref	역상제동(100%ON)
V_line	가선전압(2000V/DIV)	Id	BCP(MC1)
V_FC	FC전압(2000V/DIV)	TE.ref	BCP(M)
I_line	가선전류(1000A/DIV)	TE	ACC
I_u	모터전류(1000A/DIV)	BED	속도(10m/s/DIV)
	모터전류(1000A/DIV)		시각 : 1s/DIV

- 시험데이터(후진시험)



프로젝트명	신원선 경전철 3호선		
시험일자	2020.06.30.	시험이종	AW0
관성	1번성	시험원형	MC1
시험항목1	원상자시험		
시험항목2	후진시험1		
시험조건	P1->10km/h->OFF->B7		
비고	-		

P	Powering	I _{d_ref}	B _{e_a}
B	Breaking	I _q	제동 감속치(100%/DIV)
BE	비상제동	I _{d_ref}	BCP(MC1) 제동 감속(MC1)6.25km/DIV
V _{line}	가선전압(2000V/DIV)	BE	제동 감속(M)0.25km/DIV
V _{FC}	FC 전압(2000V/DIV)	T _{e_ref}	ACC 전후전동기속도0.1G/DIV
I _{line}	가선전류(1000A/DIV)	TE	속도(10km/h/DIV)
I _u	모터전류(U)X(1000A/DIV)	BE _D	제동 요구치(100%/DIV)
시간 : 2s/DIV			

● 제동시험

- 제동배관, 제동밸브류, 주간제어기 및 비상제동스위치, 주공기 압축기 등의 장치들이 이상 없이 동작하는지 검사
- 차량 운행 시 공기, 회생, 비상 제동이 잘 이루어지는지 검사
- MC1 및 MC2 방향으로 편성 열차를 아래 표의 운행 조건으로 운행하며 DATA 기록

● 외관 검사 및 기능검사

순서	시험항목	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	제동배관	열차를 관통하는 연속적인 배관인지 확인한다.	연속적인 배관 확인	PASS
2	제동밸브류	배관에 각종밸브가 설치되어있는지 확인한다.	설치 확인	
3	주간제어기 및 비상제동 스위치	운전실 데스크에 주간제어기와 비상제동 스위치가 설치되어있는지 확인하고 기능을 테스트한다.	설치 확인	
4	주공기 압축기 및 필터	주공기압축기 흡입구 필터 및 후처리 필터가 설치되어있는지 확인하고 기능을 테스트한다	설치 확인	

● 공기제동시험

- 주행 중 공기제동이 잘 이루어지는지 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL																			
1	전기제동신호(RBCOS) 차단 → P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	<table><tr><th colspan="2">시험 횟수</th><th>1회</th><th>2회</th></tr><tr><td rowspan="2">BC 압력</td><td>Mc1</td><td>240 kPa</td><td>232 kPa</td></tr><tr><td>M</td><td>232 kPa</td><td>233 kPa</td></tr><tr><td colspan="2">감속도</td><td colspan="2">3.56 km/h/s</td></tr><tr><td colspan="2">저크</td><td colspan="2">0.63 m/s3</td></tr></table>	시험 횟수		1회	2회	BC 압력	Mc1	240 kPa	232 kPa	M	232 kPa	233 kPa	감속도		3.56 km/h/s		저크		0.63 m/s3		PASS
시험 횟수		1회	2회																				
BC 압력	Mc1	240 kPa	232 kPa																				
	M	232 kPa	233 kPa																				
감속도		3.56 km/h/s																					
저크		0.63 m/s3																					

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과			PASS/ FAIL																			
2	전기제동신호(RBCOS) 차단 → P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	<table><tr><th colspan="2">시험 횟수</th><th>1회</th><th>2회</th></tr><tr><td rowspan="2">BC 압력</td><td>Mc1</td><td>240 kPa</td><td>240 kPa</td></tr><tr><td>M</td><td>240 kPa</td><td>240 kPa</td></tr><tr><td colspan="2">감속도</td><td colspan="2">3.59 km/h/s</td></tr><tr><td colspan="2">저크</td><td colspan="2">0.61 m/s3</td></tr></table>			시험 횟수		1회	2회	BC 압력	Mc1	240 kPa	240 kPa	M	240 kPa	240 kPa	감속도		3.59 km/h/s		저크		0.61 m/s3		PASS
시험 횟수		1회	2회																						
BC 압력	Mc1	240 kPa	240 kPa																						
	M	240 kPa	240 kPa																						
감속도		3.59 km/h/s																							
저크		0.61 m/s3																							

- 회생제동시험

- 주행 중 회생제동이 잘 이루어지는지 확인

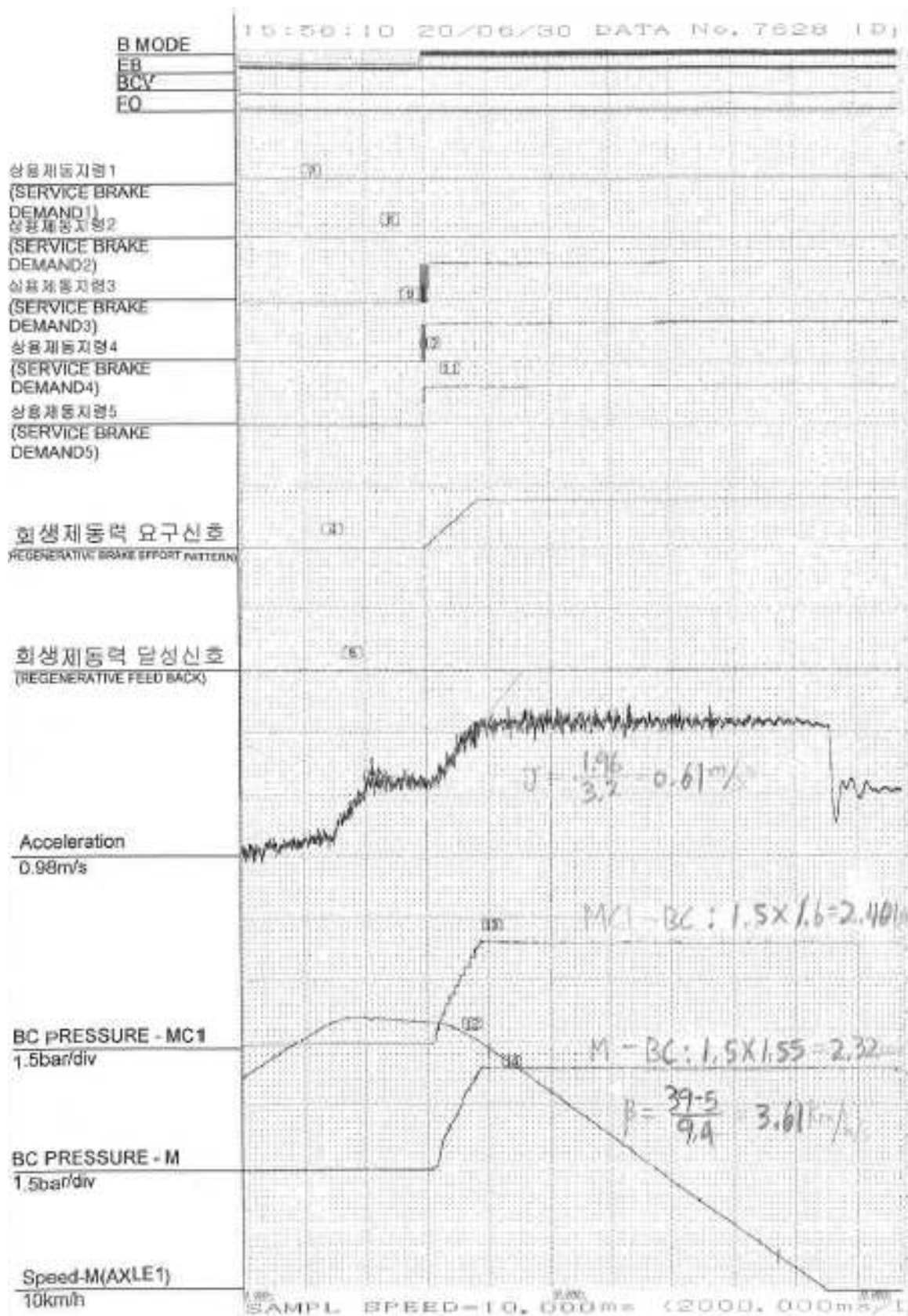
순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	감속도 : 3.73 km/h/s 저크 : 0.61 m/s ³	PASS
2	P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	감속도 : 3.70 km/h/s 저크 : 0.65 m/s ³	

- 비상제동시험

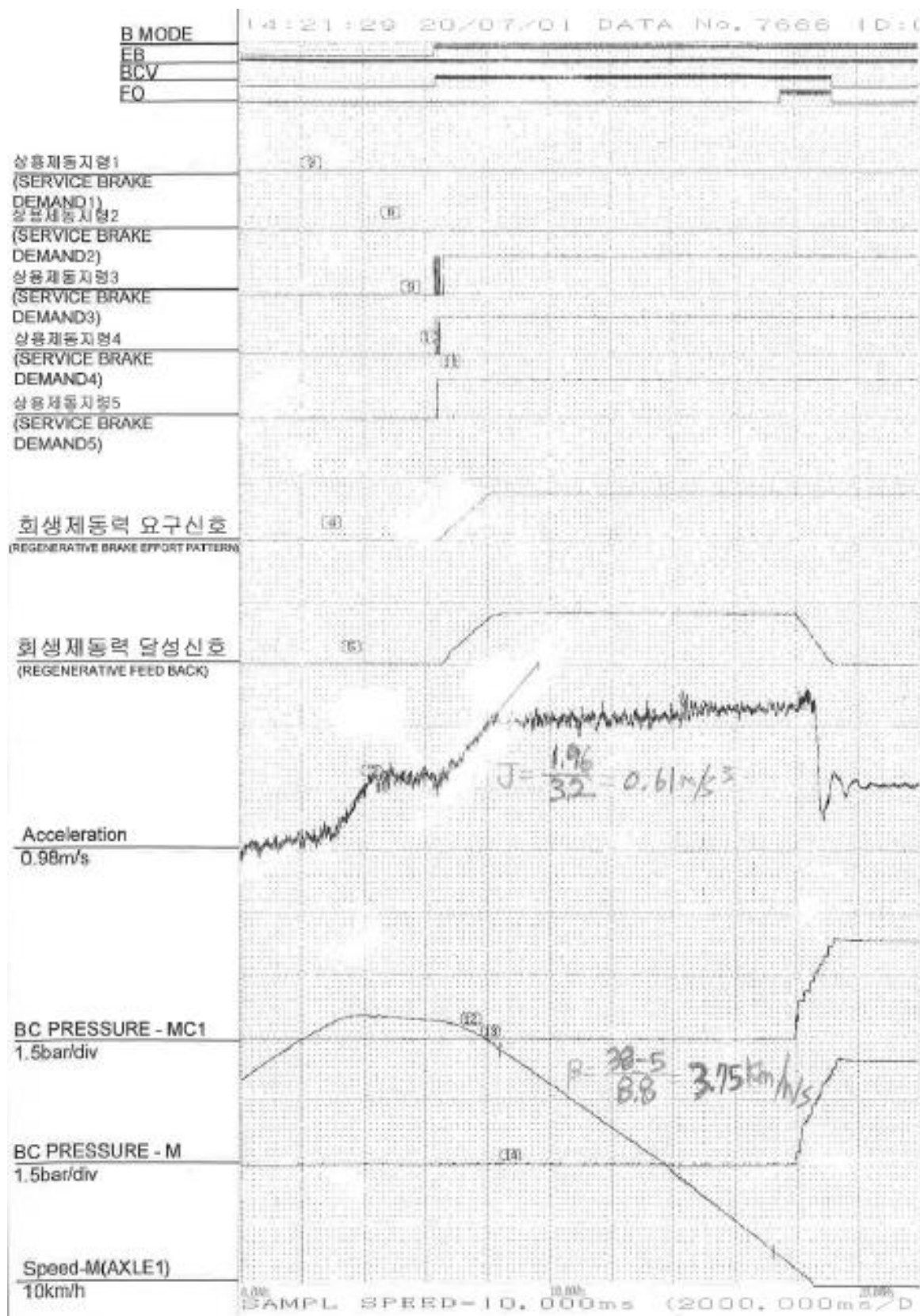
- 주행 중 회생제동이 잘 이루어지는지 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과				PASS/ FAIL															
1	P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	<table><tr><td colspan="2">시험 횟수</td><td>1회</td><td>2회</td></tr><tr><td rowspan="2">BC 압력</td><td>Mc1</td><td>322 kPa</td><td>322 kPa</td></tr><tr><td>M</td><td>322 kPa</td><td>322 kPa</td></tr><tr><td colspan="2">감속도</td><td colspan="2">4.64 km/h/s</td></tr></table>				시험 횟수		1회	2회	BC 압력	Mc1	322 kPa	322 kPa	M	322 kPa	322 kPa	감속도		4.64 km/h/s		PASS
시험 횟수		1회	2회																			
BC 압력	Mc1	322 kPa	322 kPa																			
	M	322 kPa	322 kPa																			
감속도		4.64 km/h/s																				
2	P4 → 40km/h → N → B7 → 0km/h의 운행조건으로 운행하여 DATA를 기록	제동지령신호, 감속도, 저크한계 등 측정된 DATA의 제동 상태가 이상이 없어야 한다.	<table><tr><td colspan="2">시험 횟수</td><td>1회</td><td>2회</td></tr><tr><td rowspan="2">BC 압력</td><td>Mc1</td><td>322 kPa</td><td>322 kPa</td></tr><tr><td>M</td><td>315 kPa</td><td>315 kPa</td></tr><tr><td colspan="2">감속도</td><td colspan="2">4.57 km/h/s</td></tr></table>				시험 횟수		1회	2회	BC 압력	Mc1	322 kPa	322 kPa	M	315 kPa	315 kPa	감속도		4.57 km/h/s		
시험 횟수		1회	2회																			
BC 압력	Mc1	322 kPa	322 kPa																			
	M	315 kPa	315 kPa																			
감속도		4.57 km/h/s																				

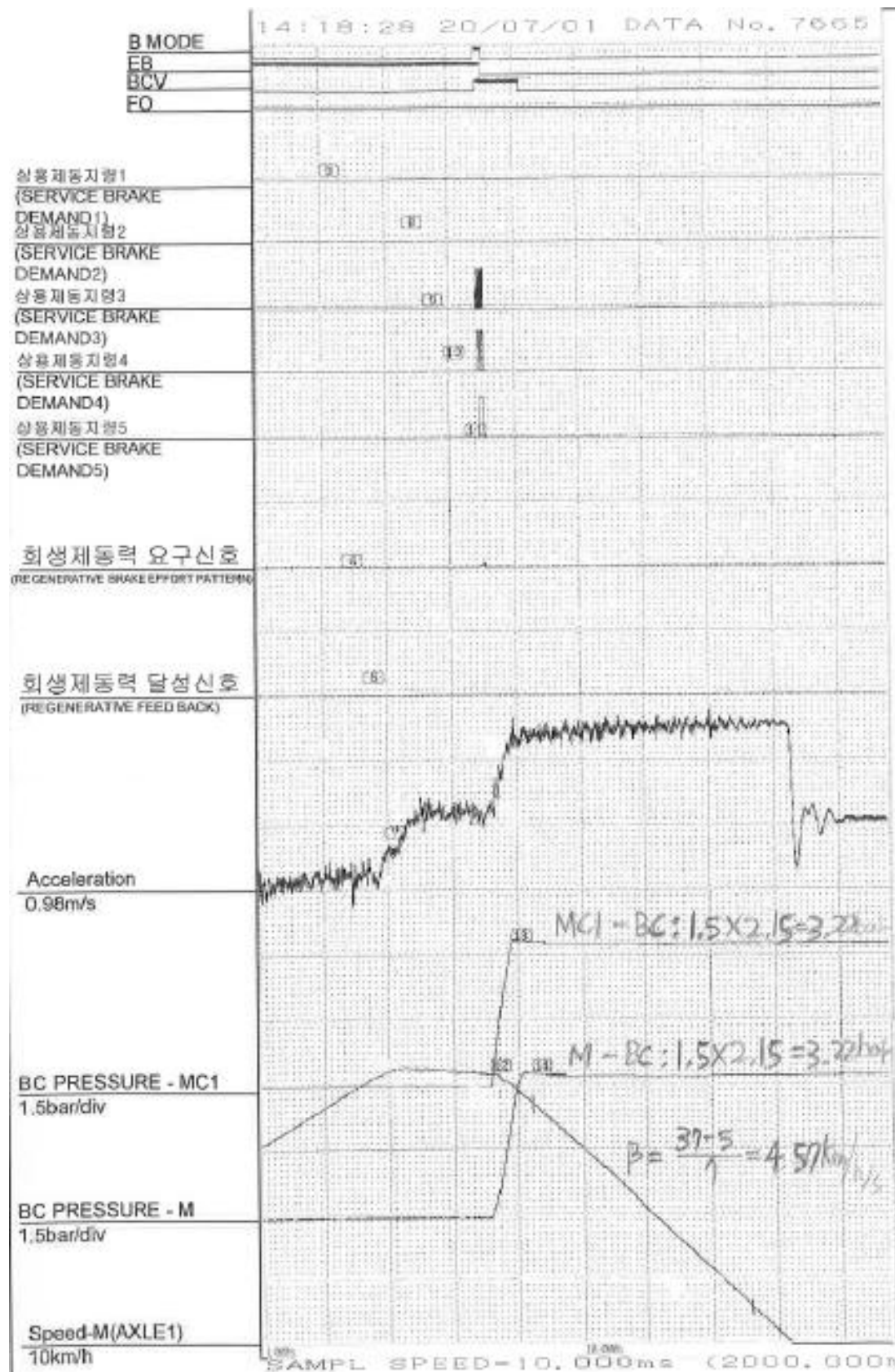
- 시험데이터(공기제동시험)



- 시험데이터(회생제동시험)



- 시험데이터(비상제동시험)

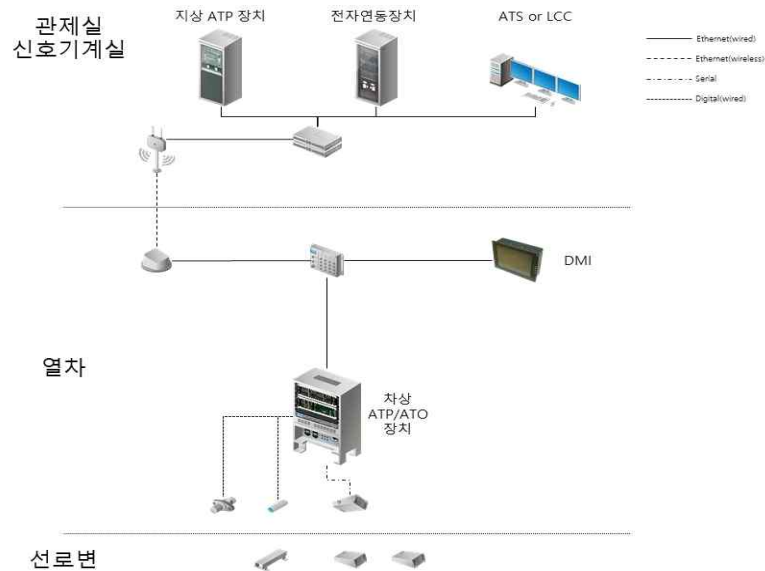


- 해당 결과는 수요처(신림선사업단)입회 요구기능 성능검증 완료

- 지상설비연계동작시험(ATP/ATO)

- 신림선 구간(여의도~신림)의 경전철 열차에 설치되는 차상신호장치(LTRAN-CX)의 차상 자동열차방호장치(이하 ATPB), 차상 자동열차운행장치(이하 ATOB)의 기능, 동작의 정확성 및 안전성을 확인하고 검증하는데 그 목적이 있다.

- 시험장비 구성



- 시험인원 및 소요시간

- 시험인원 : 기관사 2명, 기록원 1명, 신호장치 담당자 3명
- 소요시간 : 1일, 6시간

- 시험진행

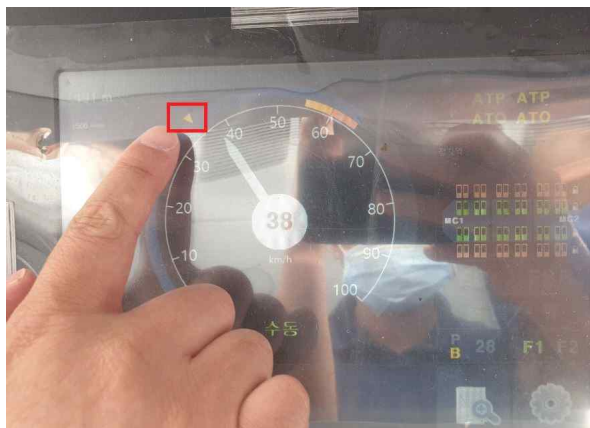
- ATP 신호수신 및 기능시험



기관사가 양측 방향으로 운행



신호장치 DMI 화면에서 이동권한 및 정위치정차 표시 확인



신호장치 DMI 화면에서 제한속도 표시 및 FSB 체결 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	TAG 그룹을 지나도록 차량을 운행	DMI 표시화면에 이동권한 남은거리가 표시되는 것을 확인한다.	확인	PASS
2	역까지 이동하여 정위치 정차센서를 검지	DMI의 정위치 정차판을 인식하였다는 상태표시가 청색으로 표시 되는 것을 확인한다.	확인	
3	수동운전모드로 열차를 제한속도를 초과하게 이동	열차에 FSB가 체결되는 것을 확인한다.	확인	

- ATO 신호수신 및 기능시험



신호장치 DMI 화면에서 TAG인식 및 정위치정차 표시 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	TAG 그룹을 지나도록 차량을 운행	DMI 표시화면에 ATO 태그 인식에 대한 알람을 확인한다.	확인	PASS
2	자동운전모드에서 열차를 역에서 정위치정차하도록 운행	DMI 표시화면에 ATO 정위치정차판 인식에 대한 알람을 확인한다.	확인	

- 신호장치 절체 시험

-> 정상동작 중인 ATP/ATO 장치에서 주계 CPU를 제거하여 절체되는지 확인



신호장치 DMI 화면에서 ATP/ATO 절체 확인

- 오동작 시험

-> 정상 운행상태에서 네트워크 선을 제거하여 FSB 동작하는지 확인



신호장치 DMI 화면에서 FSB 동작 확인

- 후진 제동 시험

-> 구배에서 열차의 모든 제동을 해제하여 열차가 비상제동하는지 확인



신호장치 DMI 화면에서 비상제동(EB) 확인

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	정상동작 중인 ATP/ATO 장치에서 주계 CPU를 제거	`1계가 2계로 절체 되는지 확인	확인	PASS
2	정상 운행상태에서 네트워크 선을 제거	FSB 동작하는지 확인	확인	
3	구배에서 열차의 모든 제동 해정	열차가 비상제동하는지 확인	확인	

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
3	구배에서 열차의 모든 제동 해정	열차가 비상제동하는지 확인	확인	PASS

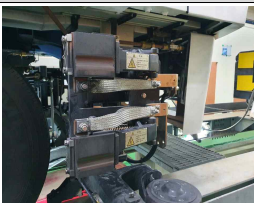
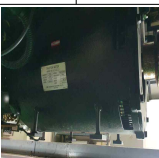
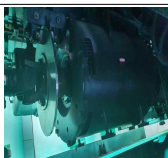
○ 5,000km 예비주행

- 경산 시험선에서 5,000km(수동 및 무인) 예비주행을 실시하여, 본선 운행 전 차량의 정상적인 운행상태를 확인하고 검증하는데 그 목적이 있다.

● 수동운전(2,500km)

- 2020년 9월 8일 ~ 2020년 9월 23일까지 운행
- 주요기기 상태 및 운행 데이터 확인

● 주요기기 상태 확인

장치	주행 전(2020.09.08.)			주행 후(2020.09.23.)		
집전 장치						
	R측	L측		R측	L측	
추진 제어 장치						
	MC1	MC2		MC1	MC2	
견인 전동기						
	MC1	M	MC2	MC1	M	MC2
보조 전원 장치						

장치	주행 전(2020.09.08.)			주행 후(2020.09.23.)		
축전지						
제동 장치						
	MC1	M	MC2	MC1	M	MC2
차상 신호 장치						
등구류 장치						

장치	주행 전(2020.09.08.)	주행 후(2020.09.23.)
운전대		
	MC1	MC1
		
	MC2	MC2
차량 외관		
	MC1	MC1
		
	MC2	MC2

• 운행 데이터 확인

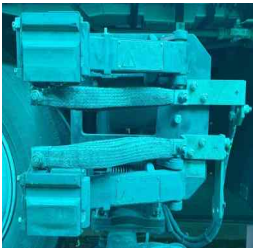
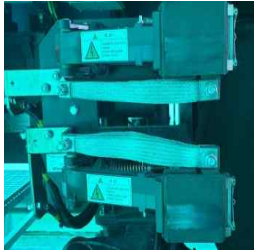
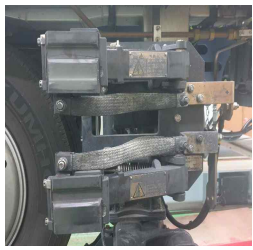
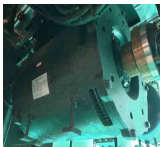
일자	구분	일일운행거리[km]		소비전력량[kwh]		회생전력량[kwh]	
09/08	주행 전	641.7	177.6	941	514	229	152
	주행 후	819.3		1455		381	
09/09	주행 전	820.4	180.8	1459	535	381	165
	주행 후	1001.2		1994		546	
09/10	주행 전	1002.4	201.4	2008	575	546	188
	주행 후	1203.8		2583		734	
09/11	주행 전	1205.4	134.8	2587	391	734	120
	주행 후	1340.2		2978		854	
09/12	주행 전	1340.2	151.2	2978	448	854	133
	주행 후	1491.4		3426		987	
09/14	주행 전	1493.6	200.8	3437	601	987	174
	주행 후	1694.4		4038		1161	
09/15	주행 전	1698.1	252.6	4069	722	1161	234
	주행 후	1950.7		4791		1395	
09/16	주행 전	1953	222	4799	625	1395	198
	주행 후	2175		5424		1593	
09/17	주행 전	2180.8	147.3	5436	420	1593	132
	주행 후	2328.1		5856		1725	
09/18	주행 전	2332.2	188.7	5875	545	1725	181
	주행 후	2520.9		6420		1906	
09/21	주행 전	2521.3	252.3	6421	715	1906	245
	주행 후	2773.6		7136		2151	
09/22	주행 전	2774	251.9	7136	752	2151	248
	주행 후	3025.9		7888		2399	
09/23	주행 전	3027.9	142.7	7892	424	2399	144
	주행 후	3170.6		8316		2543	
총계		2504.1		7267		2314	

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	2,500km 수동운행 전/후 주요기기의 동작 상태를 확인	주행 전/후의 동작에 이상이 없어야 한다.	확인	PASS
2	2,500km 수동운행 전/후 일일 운행거리, 소비전력량, 회생전력량을 측정	주행 전/후 소비전력량, 회생전력량, 운행거리를 확인하여 이상이 없어야 한다.	확인	

● 자동운전(2,500km)

- 2020년 11월 2일 ~ 2020년 11월 12일까지 운행
- 주요기기 상태 및 운행 데이터 확인

● 주요기기 상태 확인

장치	주행 전(2020.11.02.)		주행 후(2020.11.12.)	
집전 장치				
	R측	L측	R측	L측
추진 제어 장치				
	MC1	MC2	MC1	MC2
견인 전동기				
	MC1	M	MC1	M
보조 전원 장치				

장치	주행 전(2020.11.02.)	주행 후(2020.11.12.)
운전대		
	MC1	MC1
		
	MC2	MC2
차량 외관		
	MC1	MC1
		
	MC2	MC2

• 운행 데이터 확인

일자	구분	일일운행거리[km]		소비전력량[kwh]		회생전력량[kwh]	
11.0 2	주행 전	4044	130.1	11804	379	3294	95
	주행 후	4174.1		12183		3389	
11.0 3	주행 전	4177.6	338.8	12200	879	3389	247
	주행 후	4516.4		13079		3636	
11.0 4	주행 전	4523	331.5	13116	1142	3639	242
	주행 후	4854.5		14258		3881	
11.0 5	주행 전	4860.5	331.4	14293	1001	3881	243
	주행 후	5191.9		15294		4124	
11.0 6	주행 전	5200.2	130.2	15327	380	4129	90
	주행 후	5330.4		15707		4219	
11.0 9	주행 전	5336.4	339	15757	875	4220	250
	주행 후	5675.4		16632		4470	
11.1 0	주행 전	5681.4	341.4	16661	870	4471	251
	주행 후	6022.8		17531		4722	
11.1 1	주행 전	6028.8	328.9	17559	842	4722	242
	주행 후	6357.7		18401		4964	
11.1 2	주행 전	6364.1	230.8	18426	584	4964	178
	주행 후	6594.9		19010		5142	
총계		2502.1		6952		1838	

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	2,500km 자동운행 전/후 주요기기의 동작 상태를 확인	주행 전/후의 동작에 이상이 없어야 한다.	확인	PASS
2	2,500km 자동운행 전/후 일일 운행거리, 소비전력량, 회생전력량을 측정	주행 전/후 소비전력량, 회생전력량, 운행거리를 확인하여 이상이 없어야 한다.	확인	

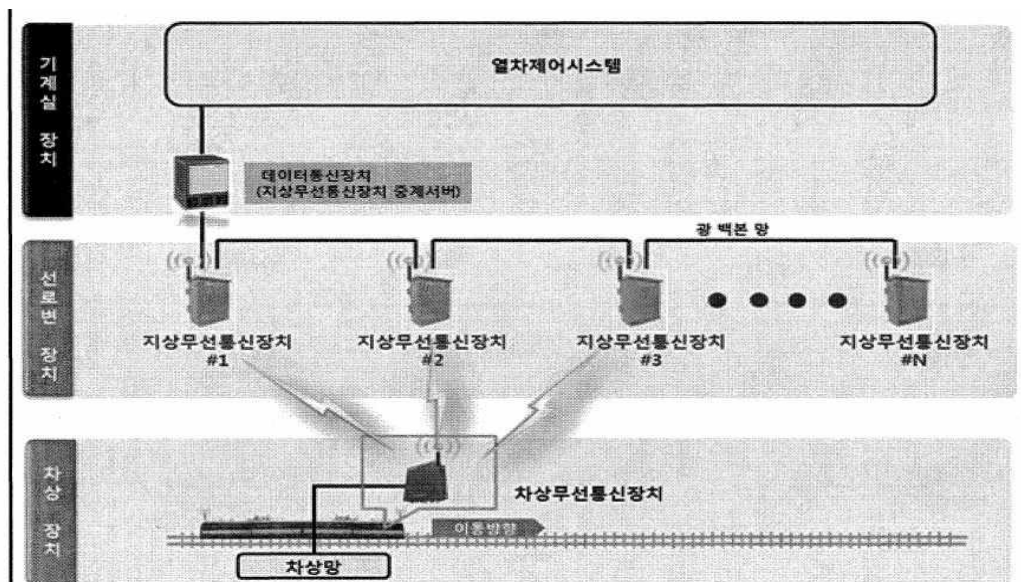
- 공동연구기관(주)크리웨이브

신림선 적용 예정 차량(K-AGT)와 열차제어장치(KTRCS)간 무선통신 안정성 및 보안성 검증목적으로 개발된 무선검증 SW는 1차년도 요구사항분석 및 검증 계획안 도출, 2차년도 설계 및 구현, 자체 테스트베드 구축, 동작성능 검증, 3차년도 경산시험선 현장 시험노선에 구축, 차·지상간 무선통신시스템 연계 성능검증 시험을 진행함

○ 신림선 경전철 적용예정 무선통신시스템 안정성 및 보안성 요구사항 분석

● 신림선 경전철 무선통신 장치의 구성

- 무선통신장치 구성도



무선통신장치 구성도

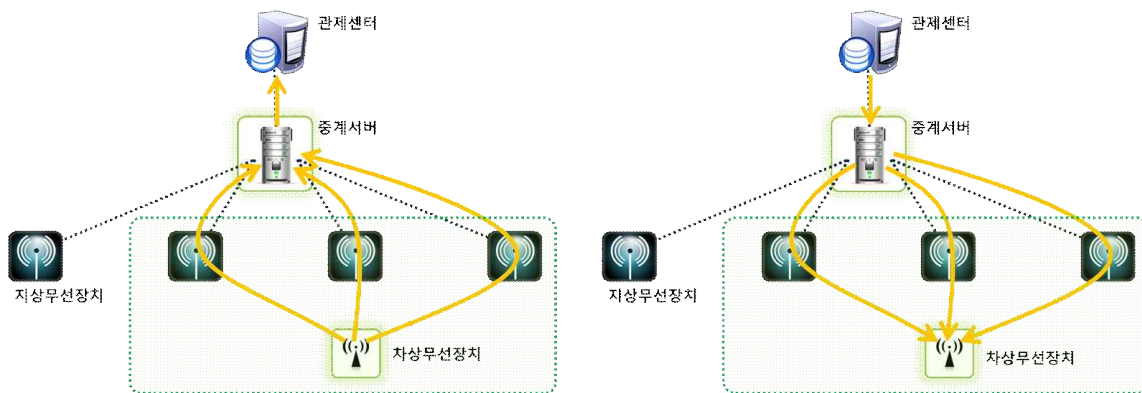
장치명	기능	비고
데이터통신장치	- 신호 기계실에 설치 - 지상무선통신장치중계서버, VPN 서버, 광변환부로 구성 - 지상선통신장치와 차상무선통신장치 간 데이터 전송경로 관리 - VPN 서버 설치로 상위망과 차상신호장치간 VPN 보안	
지상무선통신장치	- 선로변에 설치 - 지상무선통신장치, 광변환부, 안테나로 구성 - 차상무선통신장치와 멀티 주파수/경로 통신 제공	
차상무선통신장치	- K-AGT 내에 전,후두부 설치 - 차상무선통신장치, 안테나로 구성 - 차상신호장치와 지상무선통신장치간 데이터 전송 - VPN 클라이언트 탑재로 유/무선 VPN 보안	

- 무선통신시스템 네트워크 구조분석

- 차상무선장치는 차상제어시스템(ATO, ATP)과 IP 통신.
- 차·지상무선 장치 사이는 L2 통신.
- 지상무선장치와 지상무선장치 중계서버는 IP 통신
- 데이터통신장치가 지상무선장치와 중계서버 사이의 연결(광 + Ethernet)

- 무선통신시스템 기능 및 성능 요구분석

- 차상무선장치는 열차에 설치되어 지상무선장치로 양방향 무선통신을 제공하고 ATO/ATP와 같은 상위 망 장치와 네트워크 연동을 수행
- 지상무선장치는 선로변에 설치되어 차상무선장치와 양방향 무선통신을 제공하고 데이터통신장치에 탑재되어 있는 지상무선장치 중계서버를 역사의 상위 망 네트워크 시스템과 데이터 통신을 수행.
- 데이터 통신장치는 차상무선장치와 지상무선장치를 통해 전달되어지는 정보를 관제실 상위 망에 전달하고 관제실 상위 망으로 부터의 정보를 열차에 전달하는 기능 제공



▪ 데이터 상향전달

▪ 데이터 하향전달

무선통신시스템 데이터 상향 및 하향 전송방식

- 데이터통신장치의 고장이나 통신 단절에 대비하여 이중화 구성, 관제실 상위 망과 열차 간 정보를 송수신 할 때 외부의 침입이나 해킹을 방지하기 위하여 보안기술이 적용됨.
- 데이터통신장치 주요기능
- 지상무선장치와 상위 망의 열차제어시스템 간의 데이터 패킷처리를 위한 지상무선장치 연결 관리
 - : 데이터 손실 최소화
 - : 데이터 지연을 일정유지
 - : 데이터 필터링
 - : 데이터 전송경로 관리(최적경로 판단)

● 신림선 경전철 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 분석

구 분	요 구 성 능	비 고
통신범위	300m ~ 400m	차/지상 무선통신장치
로밍(핸드오버)	- 차량속도 : 120km/h 이내 - 통신지연 : 20ms 이내, Up/Down시 40ms 이내 - 패킷 손실율 : 1% 이내	
로밍(핸드오버)	- 차량속도 : 120km/h 이내 - 통신지연 : 20ms 이내, Up/Down시 40ms 이내 - 패킷 손실율 : 1% 이내	
보안	- 유/무선보안: VPN 서버/클라이언트 구성 - 무선구간: AES-12bit 암호화 - 접속차단: Wi-Fi 표준 단말들의 접속차단	데이터통신장치/ 차상무선통신장치

- 차/지상 통신 메시지 셋 분석 결과 차/지상간 최대 통신지연은 500ms를 넘지 않도록 구현되어야 함.
- 신림선 적용 무선통신시스템은 요구조건 충족을 위해 20ms 이하의 통신지연을 구현하였고, 차량 이동에 따른 로밍(핸드오버) 발생 시에도 최대 40ms 이내의 통신지연을 제공하는 시스템으로 구현

● 무선통신 안정성 및 보안성 검증 방안 제시

No.	항목	요구성능 및 검증내용
1	지원주파수	- 2.4GHz & 5GHz(동시지원)
2	전송지연시간	- 20ms 이내
3	로밍시간	- 40ms 이내
4	보안성	- cc인증된 VPN 기술사용

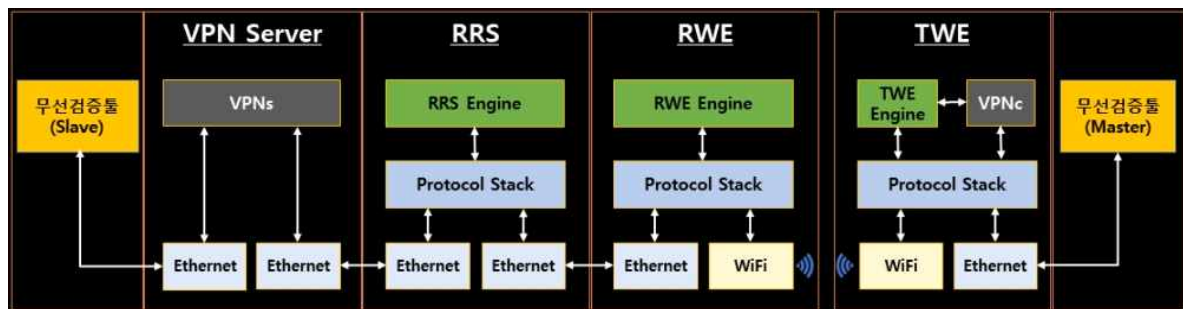
- 상기 주요 성능에 대한 개별 확인
 - 주요 지표에 대한 개별 확인 시나리오 도출
 - 개별 확인을 위한 필요 사항 구성
 - 확인을 위한 필요 기자재(자재) 또는 시뮬레이터 구성하여 확인
- 현차 시험방안 제시
 - 경산시험선 현차(K-AGT) 운영 환경 확인
 - 현차시험시 무선통신 검증을 위한 주요지표 확인
 - 현차시험 확인 시나리오 도출
 - 경산시험선 무선통신시스템 구성은 신림선 구축 차상장치, 선로변 장치, 기계실 장치와 동일한 환경에서 기능검증 실시
 - 무선통신장치 기능검증 SW는 시스템구성도 차상무선장치, 데이터통신장치와 연결 구성되는 종단

설치 운용

- 현차시험 확인을 위한 필요 사항 구성
 - 확인을 위한 필요 기자재(자재) 또는 시뮬레이터 구성하여 확인
- 현장시험 검증진행
 - 경산시험선 신림선 경전철 적요예정 무선통신장치 구축
 - 검증 툴 활용 요구기능 항목별 검증
 - 검증 SW ↔ 데이터통신장치 ↔ 지상무선장치 ↔ 차상무선장치 ↔ 검증 SW

○ 무선통신 시험 툴 설계 및 구축

● 차/지상 신호시스템 구성



차/지상 신호시스템 플랫폼 아키텍처 구성도

- 차/지상 신호시스템은 VPN 서버, RRS, RWE, TWE로 구성되며, 무선구간 정보보안을 목적으로 국 정원 인증 VPN 서버 적용 솔루션 구성
- RRS는 지상에 설치된 복수개의 RWE와 실시간 통신 수행 및 열차에 설치된 TWE 위치 추적 및 통신 패킷 라우팅 수행
- 무선검증툴은 철도차량 운행 전구간에 대한 설치/검증에 적용하며 차/지상 무선통신시스템과 연동하여 통신 성능(오류율, 지연시간) 검증 수행
- 무선검증툴은 차상과 지상에 각각 설치/운용되며 시스템 설치 및 안정화 목적의 설치/시험 기간에 한하여 운용

● 무선통신 검증 툴 설계

- 신림선경전철 철도차량 운영 KRTCS 무선통신시스템의 요구기능을 분석, 요구기능의 성능사양을 검증 할 수있는 무선통신 검증툴 설계진행

- 기능요구사항

→ 일반사항

No	ID	Requirement	Comment
1	MGMT_01	- Windows OS를 기반으로 하여야 함.	
2	MGMT_02	- GUI 지원 해야 함.	
3	MGMT_03	- 설정파일을 기반으로 시스템의 설정이 가능해야 함.	
4	MGMT_04	-	

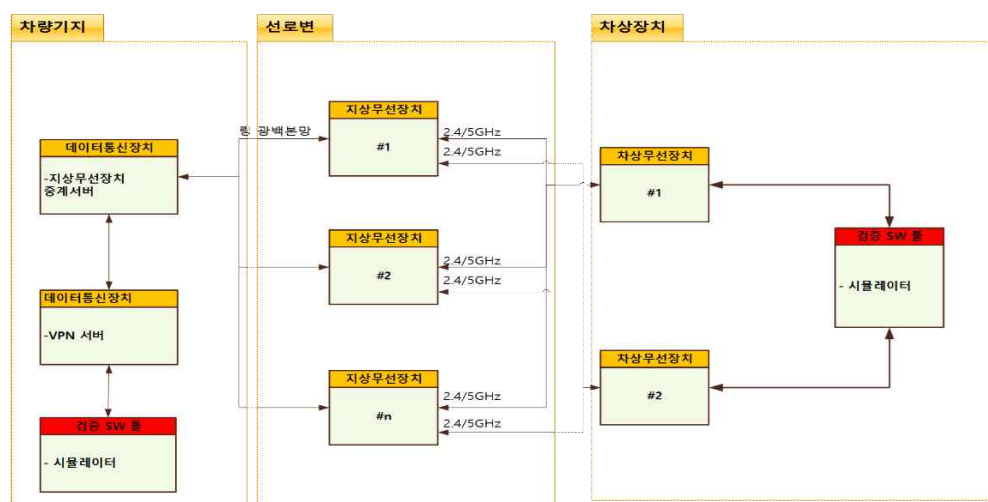
→ 차/지상 통신검증

No	ID	Requirement	Comment
1	MGMT_05	- 모드(Master/Slave) 선택 가능 해야함	
2	MGMT_06	- 통신 대상 정보 설정 지원	
3	MGMT_07	- 통신 패킷 크기 설정 지원	
4	MGMT_08	- 통신 패킷 전송 주기 설정 지원	
5	MGMT_09	- 통신 패킷 회수 설정 지원	
6	MGMT_10	- PER, Latency 도출 가능 해야함	

→ 차상무선장치 모니터링

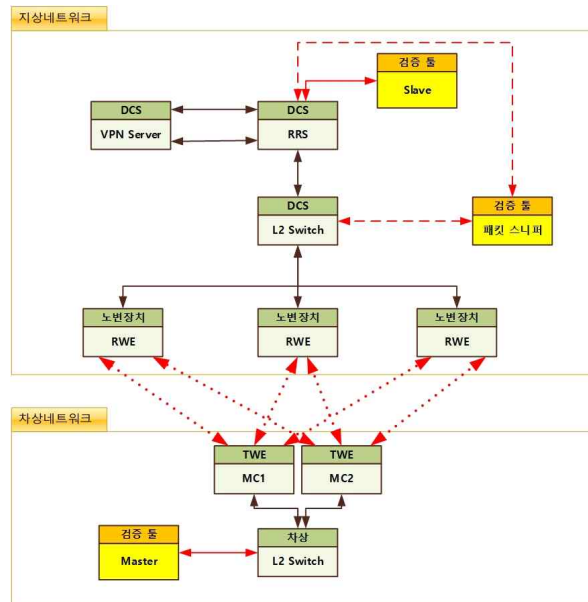
No	ID	Requirement	Comment
1	MGMT_11	- 통신 가능 RWE 리스트 확인 가능 해야함	
2	MGMT_12	- RWE 정보(SNR) 확인 가능 해야함	
3	MGMT_13	- TWE 상태 정보 확인 가능 해야함	
4	MGMT_14	- TWE 무선 인터페이스 송수신 통계 정보 확인 가능 해야함	
5	MGMT_15		

- 무선통신 요구성능 기반 검증 SW 기능검증 항목 정의, Windows 기반 Application, 차·지상 무선장치 및 데이터통신장치 연동 검증을 목적으로 설계진행
- 검증 툴은 철도차량 내부 네트워크에 설치된 Test Tool이 Master로 구동, 지상에 Test Tool Slave로 동작하게 됨
- 검증 툴을 활용 요구기능 항목별 검증
검증 SW<->데이터통신장치 <-> 지상무선장치<->차상무선장치<-> 검증 SW



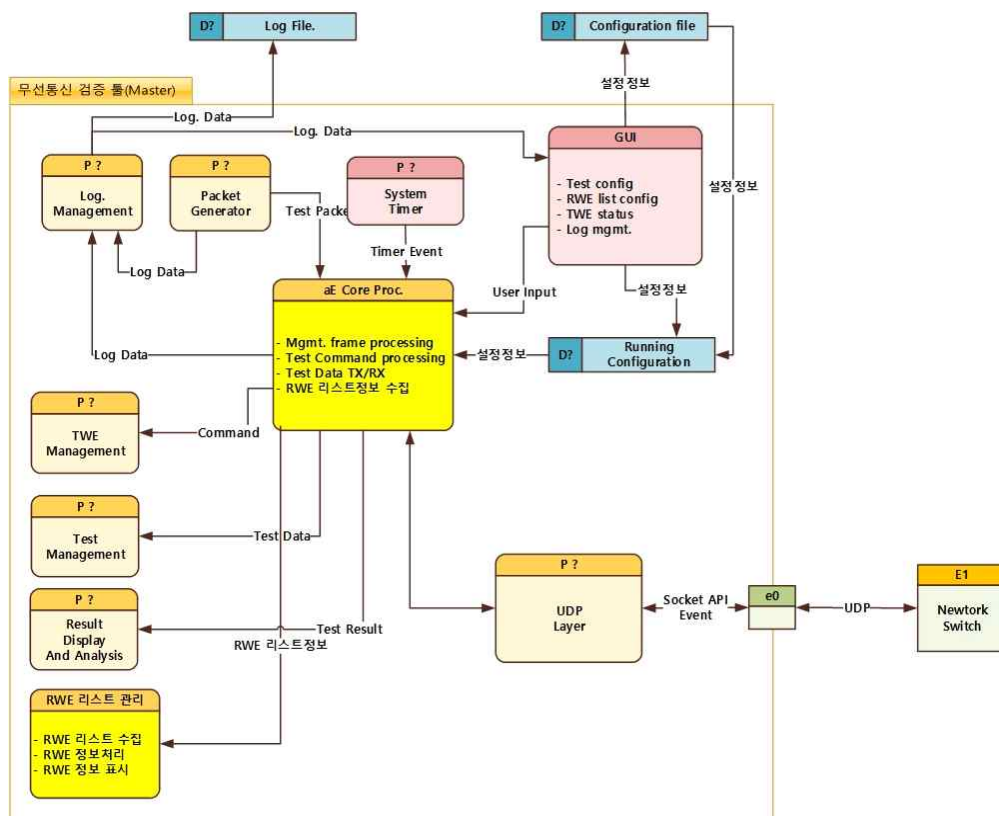
무선통신 검증 툴 구성도

- 무선통신 검증 툴 구현 및 제작
- 시스템 Context Diagram



시스템 구성도 - 경산시험선 현차시험 환경구성 적용

- 검증 툴 구조도
- 무선검증 툴은 초기설정 Master/Slaver 모드선택으로 동작하는 단일 SW로 구현



무선통신 검증 툴 구조도

-
- GUI: 시험자 UI 지원
 - TWE 장치 리스트 관리 및 설정변경
 - TWE 장치 상태 및 통계정보 표출
 - 패킷생성 정책입력 및 설정파일 저장
 - 변경 설정파일 UI상에 update
 - 시험명령 수행/중지 등의 UI 명령 처리 및 상태 update
 - 별도의 창에 RWE 정보표출(모니터링 정보)
 - Timer Handler
 - 설정된 주기로 실행되는 Handler로서 “aE Core Proc.”을 triggering
 - 시뮬레이터 주요 기능 aE Core Proc.수행
 - RWE 리스트 관리
 - 연결된 TWE 로부터 1초 간격 연결된 RWE 정보 수집(UDP)
 - 수집 RWE 정보로 내부 자료구조(리스트) 구성
 - 별도의 UI 창에 RWE 정보 실시간 표출
 - aE Core Proc.
 - UDP Socket을 통하여 시험 패킷 전송 및 수신 패킷 처리
 - TWE로 부터 상태 패킷을 수신, TWE Management 모듈로 전달
 - “Test 패킷”을 수신, Test Management 모듈로 전달
 - 시험 수행 시 Packet Generator에서 생성된 패킷을 UDP Layer를 통하여 전송
 - UDP Layer
 - 테스트 송수신을 위한 Sub Layer
 - Packet Generator
 - aE Core Proc의 요청에 따라 정의된 시험 프로토콜에 기반한 패킷 생성.
 - 패킷 생성 시 Running Configuration의 정보를 참조하여 생성.
 - Log Management
 - TWE/RWE 리스트와 연동하여 수신한 로그 관리
 - 시뮬레이터 동작 관련 로그 관리
 - 테스트 수행 및 결과 로그 관리
 - RWE Management
 - RWE 리스트 관리 (GUI 설정과 연계)
 - TWE로부터 수신한 패킷 기반으로 TWE 상태관리
 - TWE 장치 통계관리
 - Test Management
 - 설정된 Test Configuration에 따른 Test 결과 관리
-

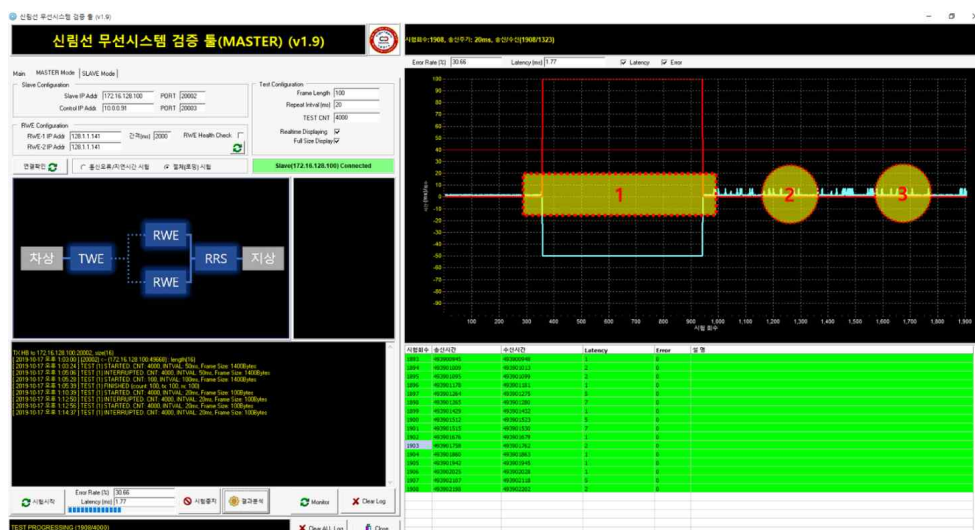
- 검증 툴(Slave) 로 시험관련 명령 Frame 전송 및 수신된 Test Frame으로 결과 도출
- Running Configuration
- 파일 형태의 설정파일로 초기화
- GUI로부터 입력된 정보를 기반으로 정보 업데이트
- Log File
- 시험결과 로그
- Configuration file
- 시스템 설정로그 파일
- IN(Initialization) 파일 포맷으로 구성

- 연계구조 프로토콜 설계
- 무선통신 검증 툴 Mode 설정 및 테스트 진행/결과 표출 UI 구현



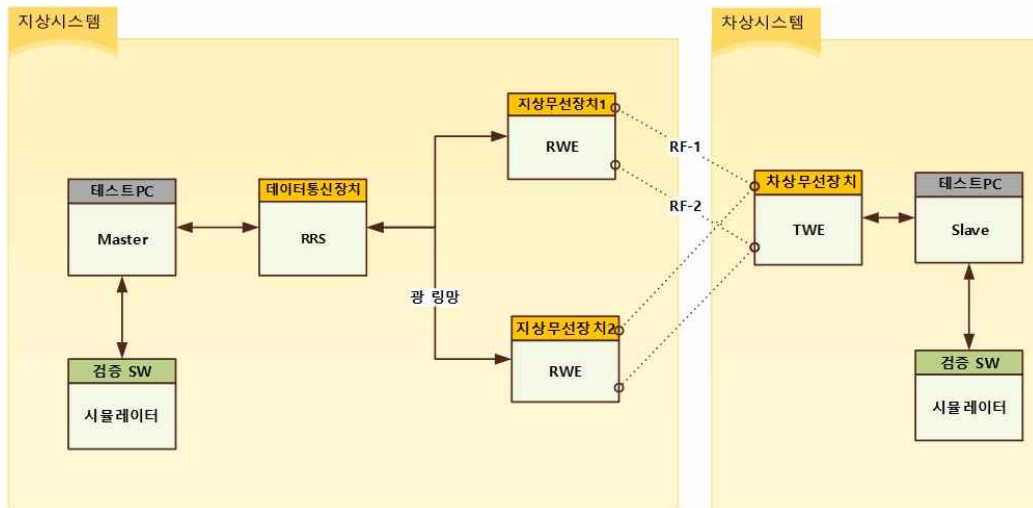
무선통신 검증 툴 상태/결과 및 결과분석 UI

- 무선검증 툴 기능 검증 진행

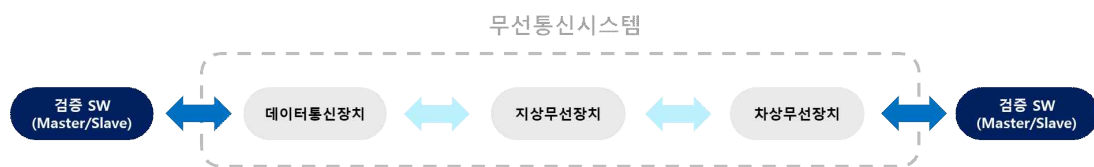


무선통신 검증 툴 요구사항 검증진행 화면

- 무선통신 검증 툴 시운전(구축) 및 문제점 보완
- 검증 툴 무선설비 연계동작 시험 구성



검증 툴 기반 무선설비 연계동작 구성도

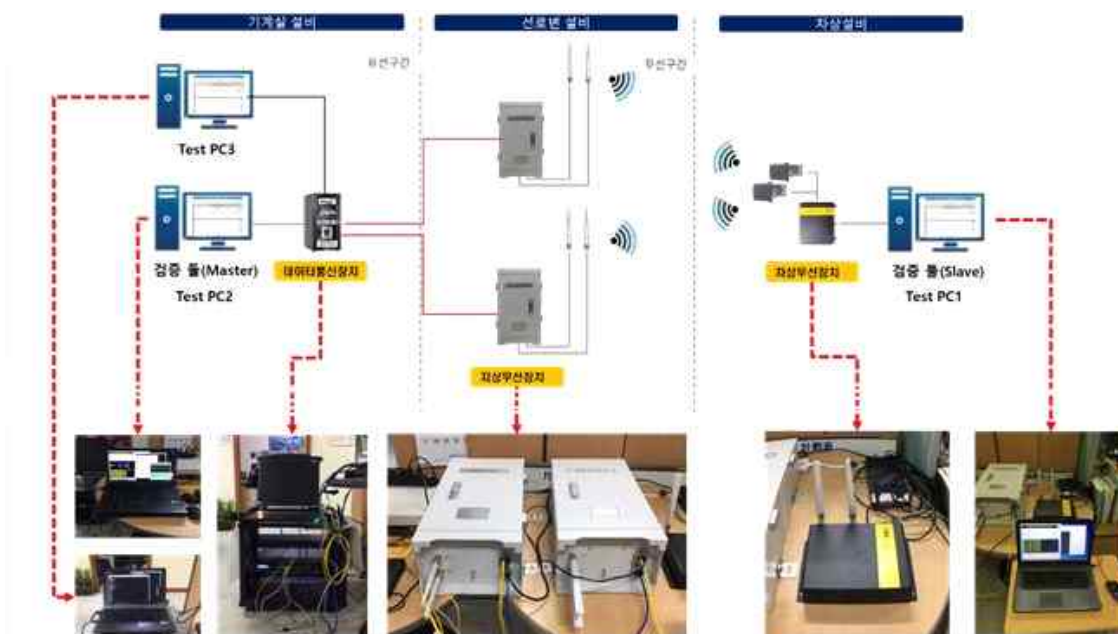


검증 툴 네트워크 연동 구성

- 차상무선장치와 지상무선장치 간 무선링크가 되도록 구성
- 테스트 PC(M) ↔ 테스트 PC(S) 간 네트워크 Ping을 이용하여 장치간 연결 구성확인

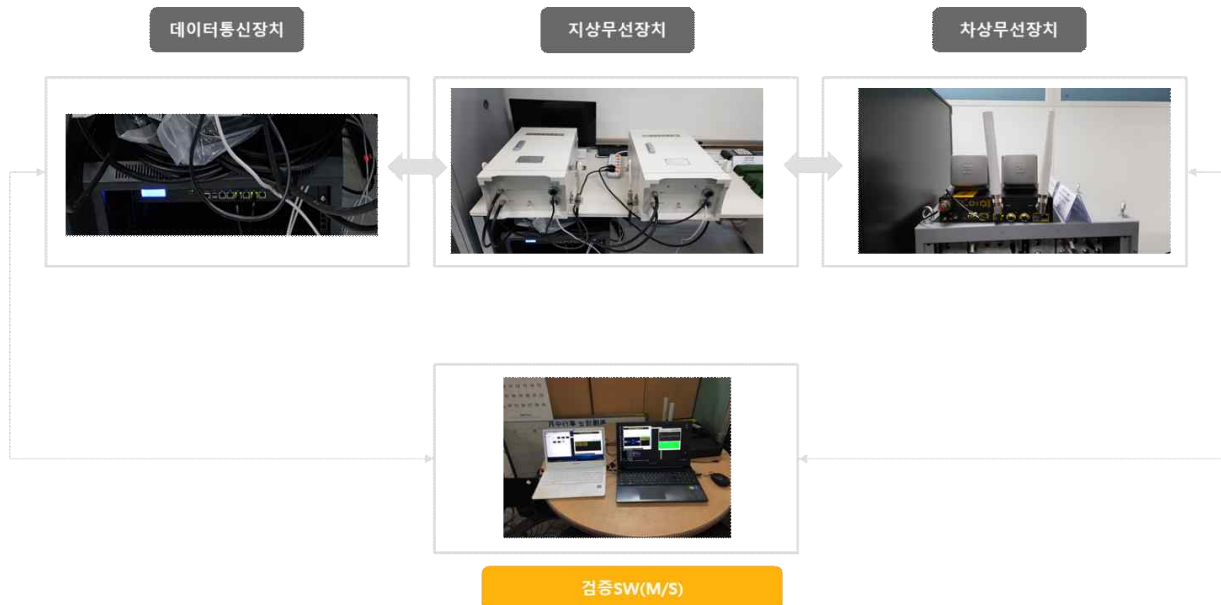
• 무선검증 툴 기반 차/지상 무선통신 시스템 검증시험 환경(LAB) 구축

- LAB 기반 검증 툴 구축, 지원주파수 동작시험, 데이터전송속도, 전송지연, 로밍 시간, 보안성 검증시험 및 문제점 보완 진행



LAB 기반 무선통신 검증 SW 툴 구축

- 연동시험(상위 망 연동: LS일렉트릭 기술연구소) 환경 검증 툴 구축 검증시험 진행
- 1차 상위 망 연동 시험환경 구축(2019년 7월 12일)



- 연동시험 환경(상위 망 연동 시험-LS일렉트릭 기술연구소) 무선통신 검증 SW 툴 1차 구축
- 2차 상위 망 연동 시험환경 구축(2019년 8월 07일)



연동시험 환경(상위 망 연동 시험-LS일렉트릭 기술연구소) 무선통신 검증 SW 툴 2차 구축

- 자체 테스트베드에 구축된 검증 툴 기반 무선통신시스템 요구 기능검증 확인
- LS일렉트릭 기술연구소에 검증 툴 구축을 통해 상위망 연동시험 확인

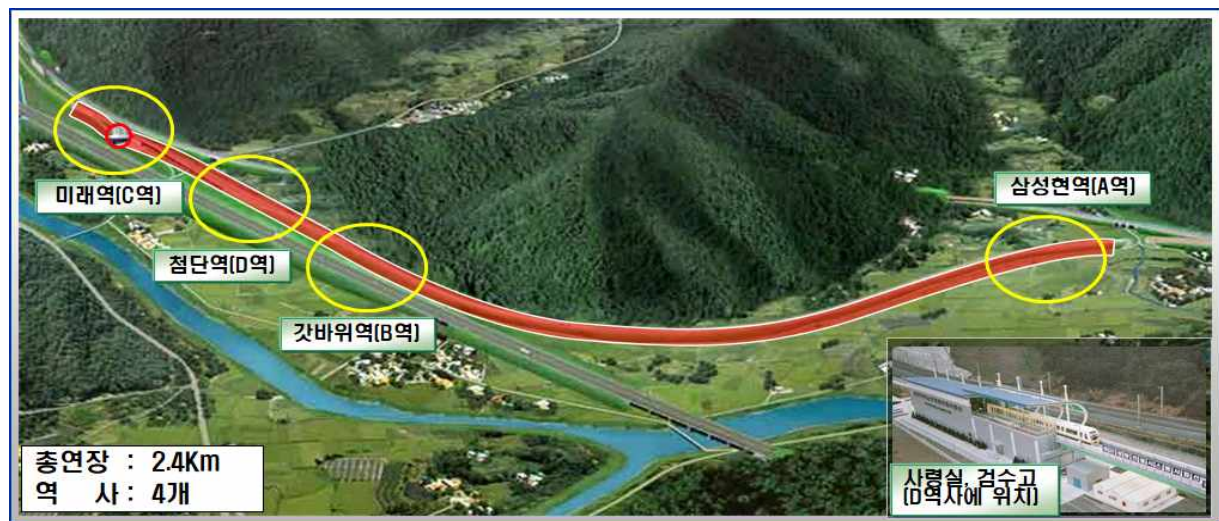
→ 열차제어시스템 차·지상 무선시스템 연계구성

→ 장치 연동시험을 통해 지원주파수 동작/전송지연시간/로밍시간 성능에 대한 검증시험 진행

○ 2차년도 결과물인 검증 톨 기반(K-AGT 검증 톨 설치, KRTCS 신호시스템 적용) 무선통신 안정성 및 보안성 검증

경산시험선 3량 1편성 경전철 대상 1, 2 편성 차상무선장치 네트워크 연계 검증 톨(Master), 선로변 지상무선장치와 링 광 망 유선네트워크 연결된 기계실 데이터통신장치 종단에 검증 톨(Slave) 구축하여 2.4/5GHz 주파수 멀티채널 지원여부, 전송지연시간(Latency), 로밍 시간, 보안성 요구기능 검증을 진행완료 함.

● 경산시험선 일반 및 무선통신시스템 구축장비 현황



구분	제원	구 분	제원
선로길이	총 2.4Km (본선 1.9Km, 측선 0.5Km)	역사	4개소
궤간	1,700mm	공급전압	DC 750V

● 기계실설비

- 미래역 기계실 신호설비 내 무선통신시스템 데이터통신장치(DCS)구축
- KRTCS 상위 망 신호설비와 네트워크 연동구성

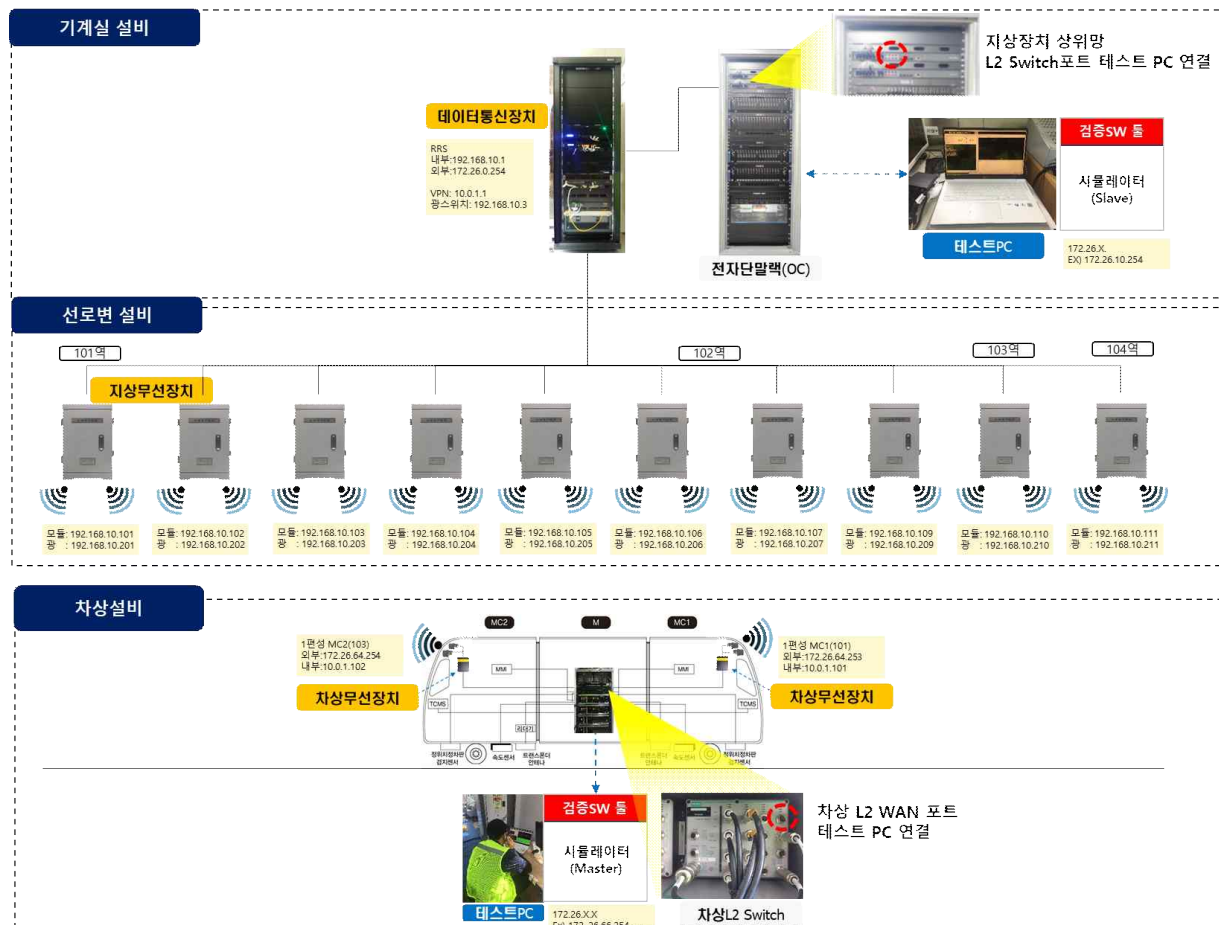
● 선로변 및 기계실 장치

- 경산시험선 선로 변 무선통신시스템 지상무선장치 10개소 장치구축
- 차상설비인 차상무선장치와 무선통신 연동을 수행하고 링 광 백본 망을 통해 기계실 데이터통신장치와 유선 네트워크 연동구성

- 차상설비

- 차량에 설치되는 무선통신시스템 차상무선장치는 차상 ATP/ATO 장치의 네트워크와 연결되어 차상 열차제어시스템을 구성
- 편성단위 이중계 구성으로 선로 변 지상무선장치와 무선연계를 통해 차·지상 열차제어 정보를 송/수신함

- 현장시스템 시험환경 구성

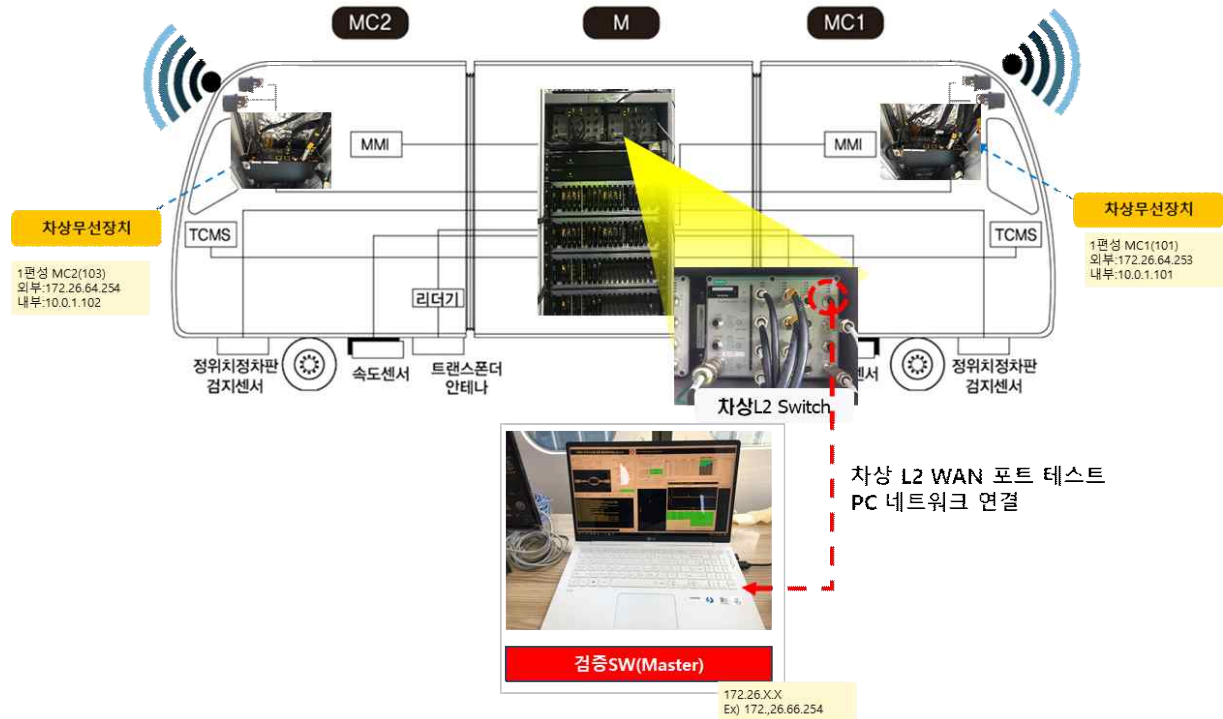


경산시험선 검증 툴 기반 무선통신 기능검증 시험 구성도

- 검증 툴(Master)는 시험차량 MC1과 MC2차량에 각각 설치된 차상무선장치와 유선네트워크 연결
- 검증 툴(Slave)는 미래역 기계실에 위치한 데이터통신장치와 유선네트워크 연결 구성
- 선로 변 2.4Km 구간 10대 설치된 지상무선장치는 역사 기계실 장치와 링 광 망 유선네트워크 연결
- 시험구성도와 같이 양 종단에 설치된 검증 툴(Master/Slave)기반으로 경산시험선 무선통신시스템 요구사항 기능검증 진행

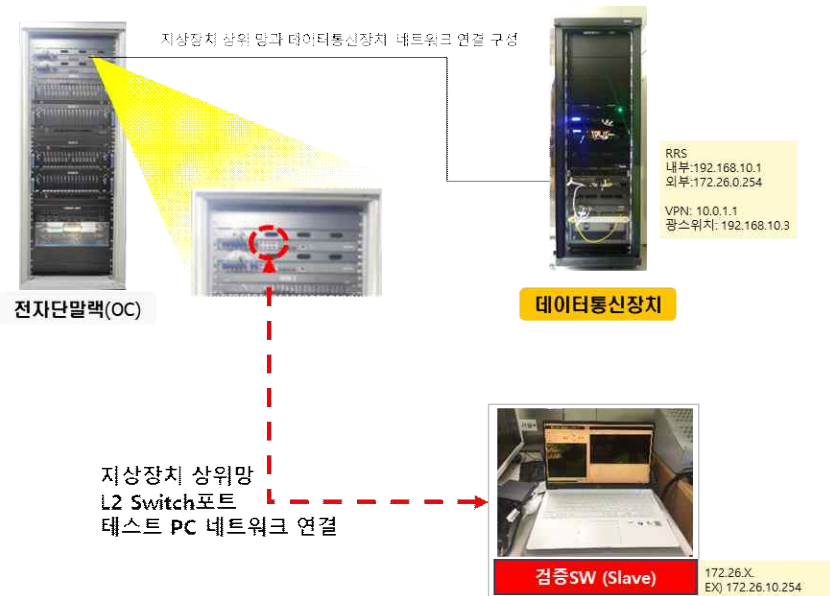
● 경산시험선 검증 툴 구축

- 3량 1편성 시험차량 차상설비 L2스위치와 네트워크 연결구성, 검증 툴(Master) 설치



K-AGT차량에 무선통신시스템 검증 툴(Master) 구축

- 미래역 기계실 지상설비 L2 스위치와 네트워크 연결구성, 검증 툴(Slave) 설치



미래역 기계실 무선통신시스템 검증 툴(Slave) 구축

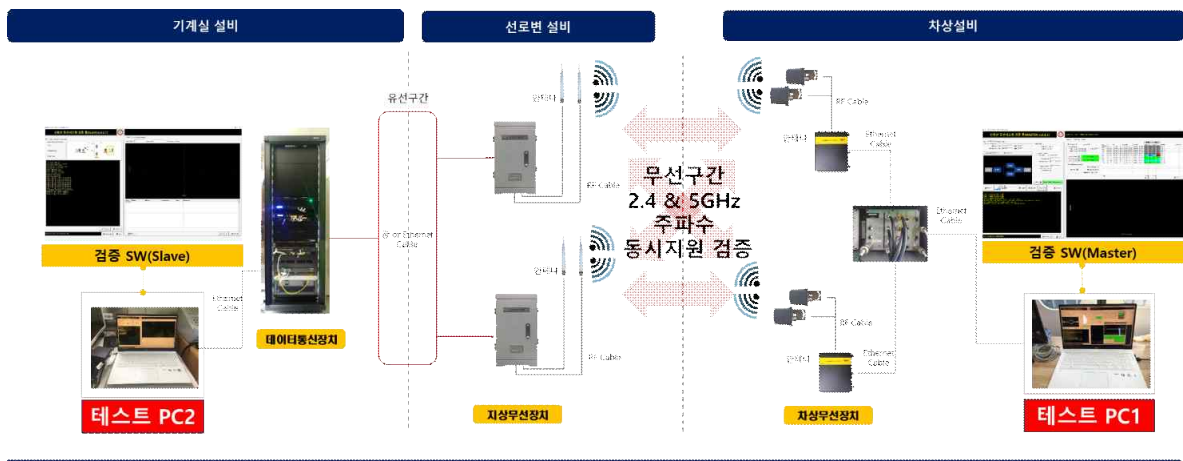
- 검증 툴 기반 요구성능 검증진행

: 개별장치 전원 및 기본동작, 유무선 네트워크 연동성 확인 후 검증 툴 기반 통합연동시험 검증 진행

: 시험차량의 선로 정적, 동적 주행 운행 시 차·지상간 무선시스템 연계동작 시험 진행

- 지원주파(2.4/5GHz) 멀티채널 통신검증

- 시험환경 구성



경산시험선 검증 툴 기반 지원주파수 통신검증 시험 구성도

- 시험진행

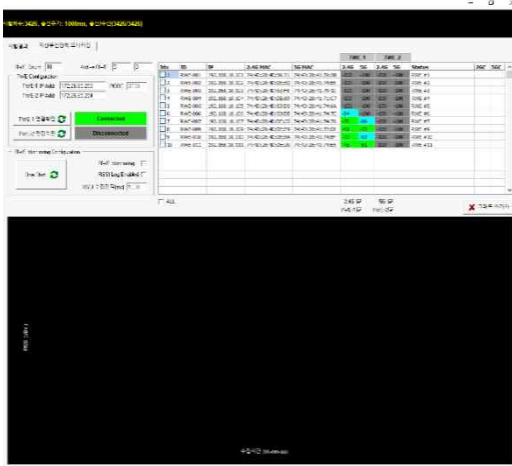
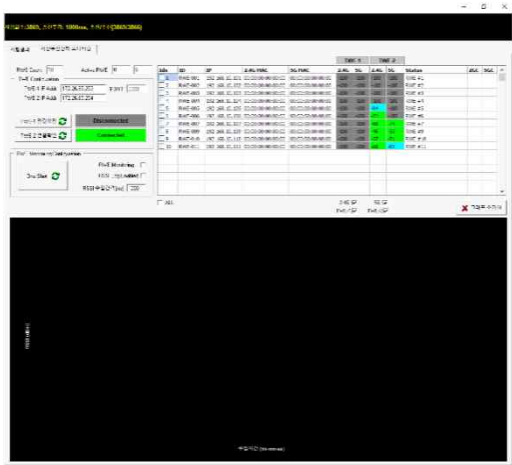
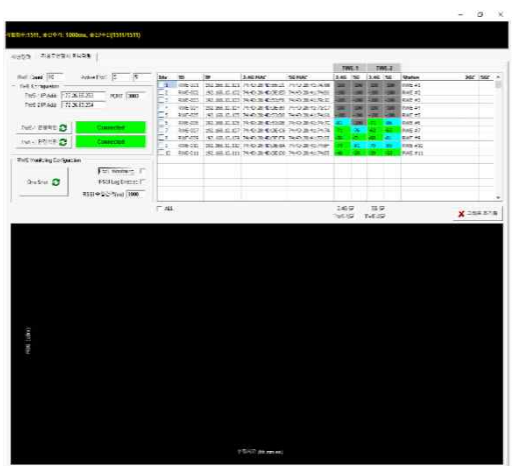


시험차량 차상무선장치(MC1, MC2차량) 동작상태 확인

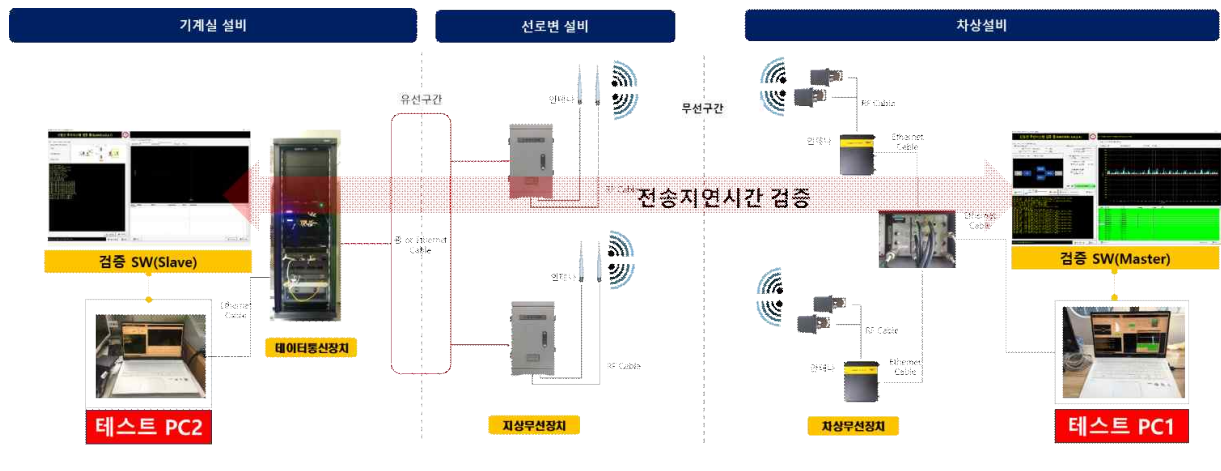


시험차량 차상무선장치 지원주파수 통신 검증시험 진행(M차량 차상 L2스위치 연동)

- 시험결과

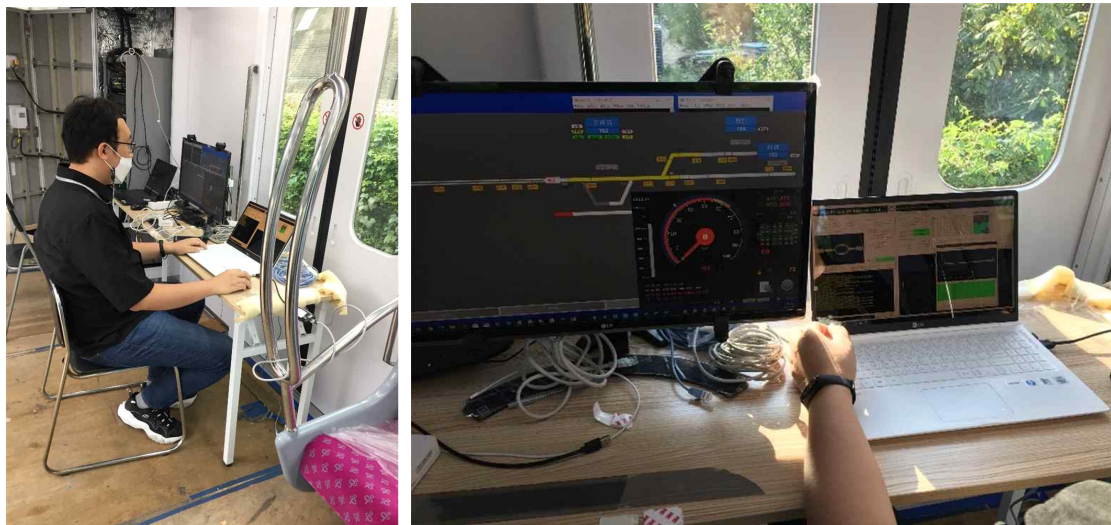
순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	무선시스템 검증 틀 기반 차·지상 간 연계 동작 시 차상무선장치 개별동작 시험을 통하여 지원주파수 확인 - 시험차량 검증SW (Master)와 기계실 검증 SW(Slave) 연결확인	차상무선장치 TWE 1 개별 동작 2.4GHz, 5GHz 주파수 지원 확인		PASS
		차상무선장치 TWE 2 개별 동작 2.4GHz, 5GHz 주파수 지원 확인		PASS
2	무선시스템 검증 틀 기반 차·지상 간 연계 동작 시 차상무선장치 동시 동작 시험을 통하여 확인한다. - 시험차량 검증 틀 Master와 기계실 데이터통신장치 검증 틀 Slave 연결확인	차상무선장치 TWE 1, 2 동시 동작 2.4GHz, 5GHz 주파수 지원을 확인한다.		PASS

- 전송지연시간 검증
- 시험환경 구성



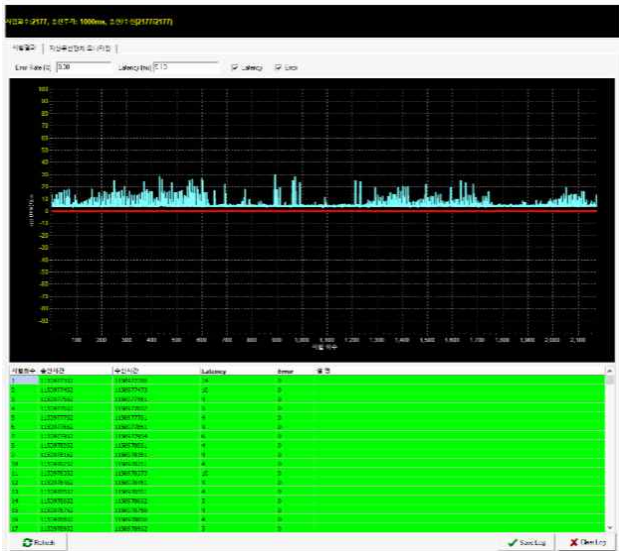
경산시험선 검증 톨 기반 전송지연시간 검증 시험 구성도

- 시험진행

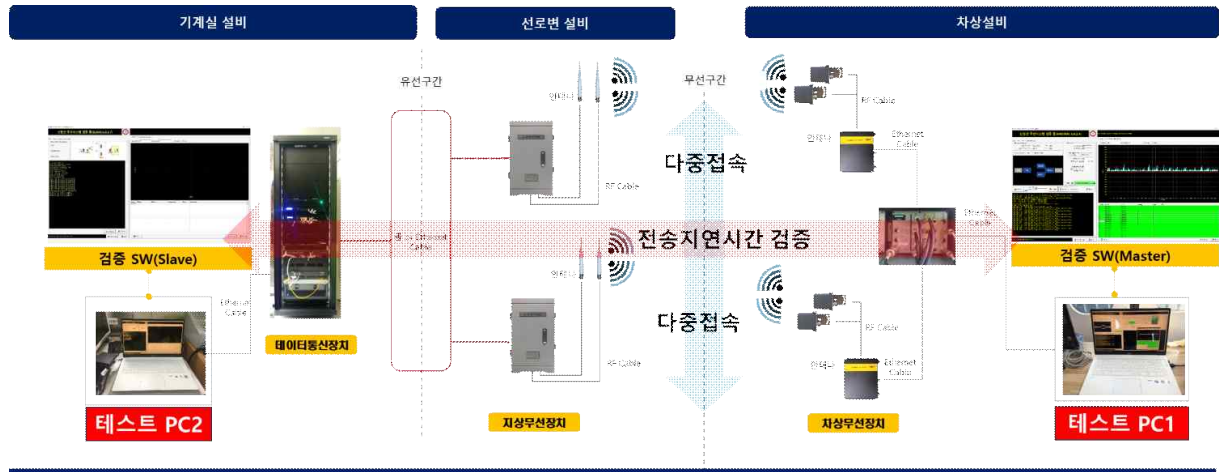


시험차량 차지상무선통신시스템 전송지연시간 검증시험 진행

- 시험결과

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS/ FAIL
1	시험열차를 이동하며 차상무선장 치와 지상무선장 치 간 연동 시 전송지연시 간 검증 톨 확인. (103역 → 101역 방향)	차상무선장치 가 선로 변 지상무선장치 와 패킷 전송 시 전송지연시간 20msec/PER 1% 이내 확인 - (LOG 결과 값 확인)	 시험결과 지상무선장치 모니터링 Error Rate (%) 0.00 Latency (ms) 5.32 ☒ Latency ☒ Error 통신지연을 확인 Error Rate: 0% Latency(msec): 5.32	PASS
2	시험열차를 이동하며 차상무선장 치와 지상무선장 치 간 연동 시 전송지연시 간 검증 톨 확인. (101역 → 103역 방향)	차상무선장치 가 선로 변 지상무선장치 와 패킷 전송 시 전송지연시간 20msec/PER 1% 이내 확인 - (LOG 결과 값 확인)	 시험결과 지상무선장치 모니터링 Error Rate (%) 0.00 Latency (ms) 5.10 ☒ Latency ☒ Error 통신지연을 확인(5.1msec) Error Rate: 0% Latency(msec): 5.1	PASS

- 로밍시간 검증
- 시험환경 구성



경산시험선 검증 툴 기반 로밍시간 검증시험 구성도

- 시험진행



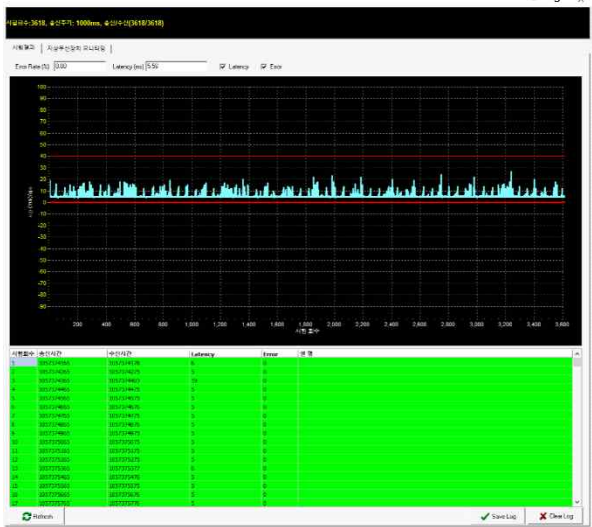
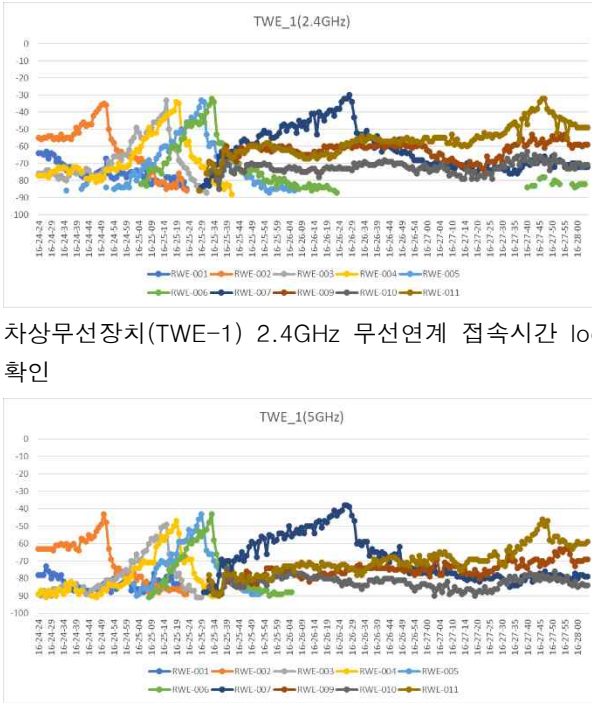
시험차량 차지상무선통신시스템 로밍시간 검증시험 진행

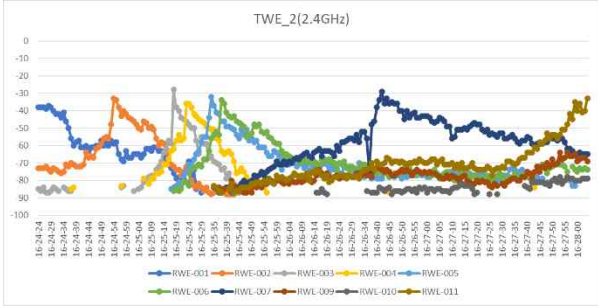
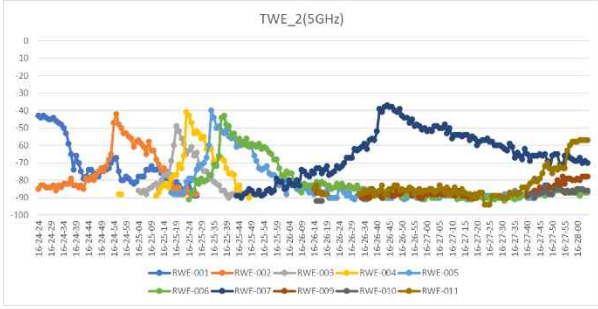
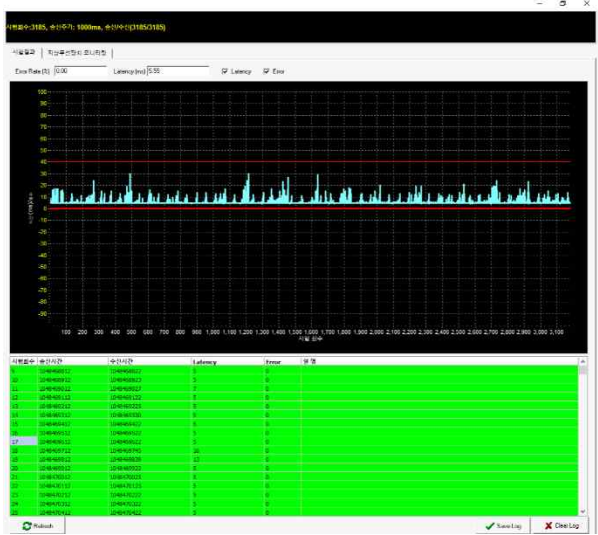
- 시험결과

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS /FAIL
1	시험 열차를 정차상태에서 차상무선장치와 지상무선장치 간 무선연계 시간, 검증 SW 확인 (정적시험)	시험차량 정적환경에서 차상무선장치 TWE 1, 2가 선로 변 지상무선장치와 무선연계 지연시간 확인 (LOG 접속시간 확인)	TWE_1(2.4GHz) 차상무선장치(TWE-1) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인	PASS

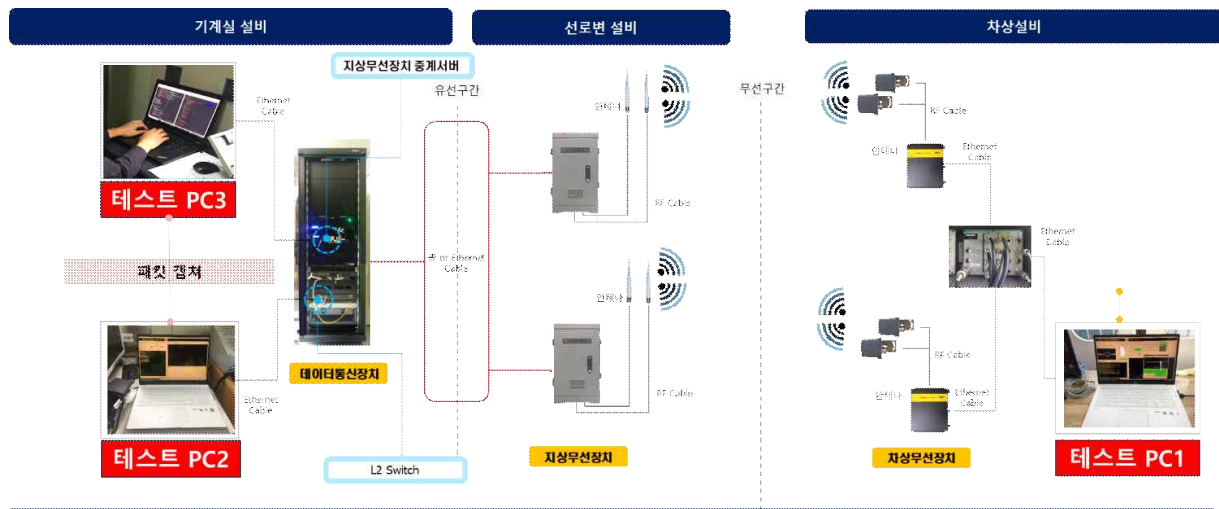
순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS /FAIL
			TWE_1(5GHz) 차상무선장치(TWE-1) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_2(2.4GHz) 차상무선장치(TWE-2) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_2(5GHz) 차상무선장치(TWE-2) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인	

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS /FAIL
			시험결과 지상무선장치 모니터링 Error Rate (%) 0.00 Latency (ms) 5.10 ☒ Latency ☒ Error 정적시험 통신지연을 확인 Error Rate: 0% Latency(msec): 5.10	
2	시험열차를 이동하며 차상무선장치와 지상무선장치 간 지점별 무선연계 시간, 검증 SW 확인. (104역 → 101역 방향)	시험차량 이동환경에서 차상무선장치 TWE 1, 2가 선로 변 지상무선장치와 무선연계 시로밍에 의한 지연시간이 발생하지 않음을 확인. (LOG 접속시간 확인)	TWE_1(2.4GHz) 차상무선장치(TWE-1) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_1(5GHz) 차상무선장치(TWE-1) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_2(2.4GHz) 차상무선장치(TWE-2) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_2(5GHz) 차상무선장치(TWE-2) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인	PASS

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS /FAIL
			 104역 → 101역 방향 로밍시 통신지연을 확인 Error Rate: 0% Latency(msec): 5.56	
3	시험열차를 이동하며 차상무선장치와 지상무선장치 간 지점별 무선연계 시간, 검증 SW 확인. (101역 → 104역 방향)	시험차량 이동환경에서 차상무선장치 TWE 1, 2가 선로 변 지상무선장치와 무선연계 시 로밍에 의한 지연시간이 발생하지 않음 확인. (LOG 접속시간 확인)	 차상무선장치(TWE-1) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인 차상무선장치(TWE-1) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인	PASS

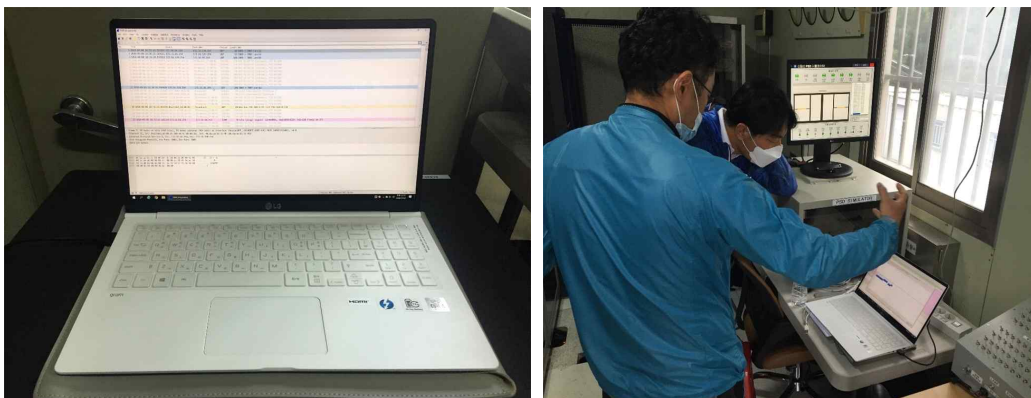
순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS /FAIL
3			TWE_2(2.4GHz)  차상무선장치(TWE-2) 2.4GHz 무선연계 접속시간 log 확인 TWE_2(5GHz)  차상무선장치(TWE-2) 5GHz 무선연계 접속시간 log 확인  101억→104억 방향 로밍 시 통신지연을 확인 Error Rate: 0% Latency(msec): 5.56	PASS

- 보안성 검증
- 시험환경 구성



경산시험선 검증 툴 기반 보안성 검증 검증시험 구성도

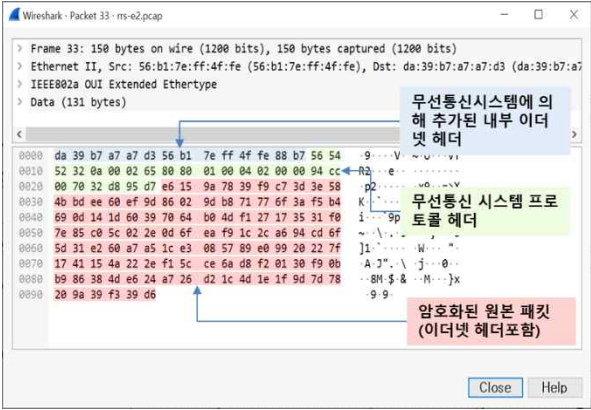
- 시험진행



기계실 데이터통신장치 연동 데이터보안성 검증확인-데이터패킷 캡처

- 시험결과

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS / FAIL
1	원본 이더넷 패킷과 차·지상 무선연계 시스템 경로상 이더넷 패킷	차·지상 무선연계 동작 시 기계실 데이터통신장치에서 통신 패킷 캡처, 원본 데이터와 비교하여 패킷의 암호화 가 되었는지 확인		PASS

순서	시험방법	판단 기준	시험 결과	PASS / FAIL
	캡처하여 패킷 암호화 여부 확인		원본 이더넷 패킷- ICMP 패킷 캡처 화면  데이터통신장치 VPN 구간 패킷 기체 화면 원본 이더넷 패킷-무선통신 시스템 프로토콜 및 내부 이더넷 헤더 캡슐화 패킷 캡처 - 보안성 검증 확인	

● 검증 툴 기반 무선통신시스템 요구성능 검증결과

- 시험결과

No.	항목	요구성능	검증결과	정량적 목표 달성 여부
1	지원주파수	2.4GHz & 5GHz (동시지원)	2.4GHz & 5GHz 멀티채널 지원 검증완료	PASS
2	전송지연시간	20ms 이내	10ms 이내 확인	PASS
3	로밍시간	40ms 이내	로밍에 의한 지연시간 발생 하지 않음 확인	PASS
4	보안성	CC인증된 VPN 기술사용	보안성 검증완료	PASS

- 해당 결과는 수요처(신림선사업단)입회 요구기능 성능검증 완료

항 목	수요처 입회 검증확인	
지원주파수(2.4/5GHz)멀티채널 통신검증	2.4GHz & 5GHz (동시지원) 3량 1편성 MC1, MC2차량에 차상무선장치와 선로변 지상무선장치간 무선연계 시 검증 SW(Master)를 통하여 2.4/5GHz 주파수 동시동작 지원 검증완료	
전송지연 시간 검증	전송시연시간 1회: Latency 5.3ms/PER 0% 2회: Latency 5.1ms/PER 0% - 전송지연시간 20ms 이내 검증완료 시험차량 KRTCS 무선통신시스템 차·지상간 무선연계 동작 시 전송지연시간: 10ms이내, 전송 에러율: 0% 결과를 도출하여 요구사항인 20ms이하 조건 만족 확인	
로밍 시간 검증	전송시연시간 정적시험: Latency 5.1ms/PER 0% 동적시험: Latency 5.5ms/PER 0% - 로밍에 의한 지연시간 발생하지 않음 확인 차량 주행시험을 통해 로밍 시간을 검증, 정적시험 시 전송지연을 5.1ms 이내, 차량 동적시험 시 전송지연시간 5.5ms 이내로 요구성능인 40ms이하 요구성능 조건 만족 확인, 또한 차·지상 간 무선연계 동작 시 다중접속에 의해 로밍 시 전송지연시간이 발생하지 않음을 확인완료함.	
보안성 검증	이더넷 패킷 데이터 전송 후VPN구간 데이터 캡처, 패킷 비교확인 검증결과 데이터 캡슐화 확인으로 보안성 검증완료 차/지상 통신 수행 중 VPN 터널구간(암호화구간) 및 외부구간(비 암호화구간)에서 각각 수집된 패킷 수집 후 동일시간대 패킷을 비교/분석하여 암호화 통신여부를 검증하였고 정상적인 암호화 통신이 이루어짐을 검증완료 함.	

– 공동연구기관 (주)메트로텍

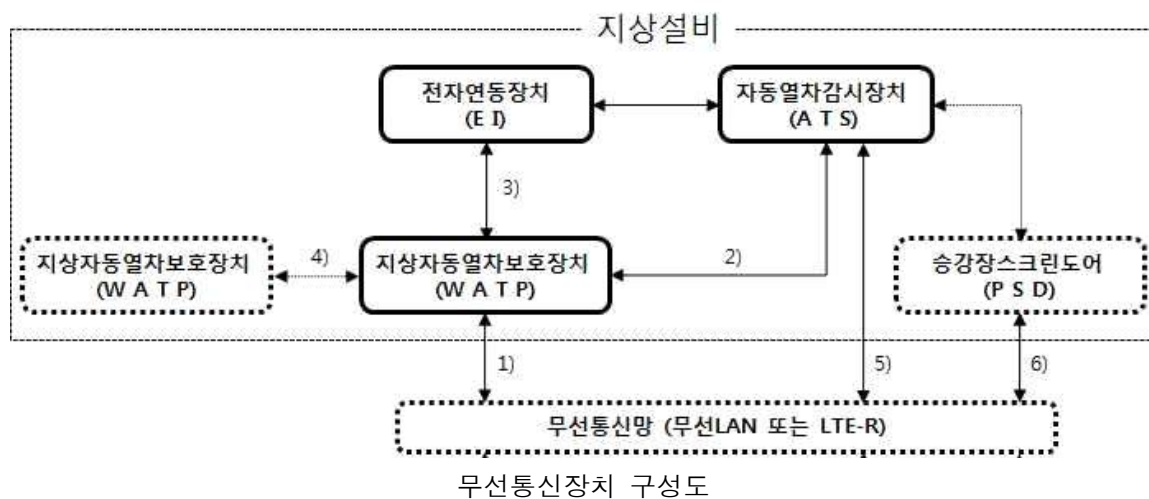
신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항을 분석을 통하여 주관기관인 (주)우진산전에서 개발된 K-AGT(차량)과 KRTCS(신호시스템) 무인운전 안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 사용하여 메트로텍에서 3차년도에 검증 시험을 진행함

1차년도 신림선 경전철 적용 예정 KRTCS(신호시스템)안전 및 운영 요구사항 분석 및 KRTCS(신호시스템) 무선통신 안전성 및 신뢰성 요구사항 검증 방안을 제시, 2차년도 신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 검증을 위한 Test-bed 상세설계 및 KRTCS(신호시스템) 인터페이스 톨 설계 및 제작, 3차년도 주관기관 (주)우진산전에서 개발된 검증 S/W를 활용한 K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템의 기능 및 성능시험 검증 시험을 진행함

○ 신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 KRTCS(신호시스템) 무선통신 요구사항 분석

● 신림선 경전철 적용 예정 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 분석

– KRTCS 지상설비 구성도



– 신림선 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운용 요구사항 도출

- 열차제어장치가 적용되는 차량운행조건은 도시철도차량표준규격의 고무차륜형식 표준사양 “차량운행조건”에 따른다.
- 열차제어장치가 적용되는 전동차 성능규격은 도시철도차량표준규격의 고무차륜형식 표준사양 “전동차 성능규격”에 따른다.
- 궤도회로와 관계없이 열차위치를 높은 정밀도로 검지하고, 열차위치정보의 오차를 보정하여 열차위치를 결정하여야 한다.
- 열차위치를 실시간으로 추적하여야 하며, 열차이동을 승인하는 열차이동권한을 연속적으로 지령하여야 한다.
- 차상과 지상 사이의 정보전송은 신뢰할 수 있는 연속적인 양방향 무선통신을 적용하여야 한다.
- 차상 및 지상 간 통신단절이 없어야 한다.
- 열차운전자가 탑승하지 않는 완전자동운전을 지원하여야 한다.
- 열차운전모드는 완전자동운전모드, 자동운전모드, 수동운전모드, 비상운전모드이다.
- 시험선을 이용한 시험은 총 9개월로서 사계절 시험은 불가능하지만, 최악조건인 하절기/동절기에 시험을 실시하여야 한다.

- 신림선 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 도출

구 분	내 용	비고
지상무선 통신장치	- 열차가 이동하면서 차량에 설치된 차상무선통신장치와 선로변에 설치된 지상무선통신장치 간의 연속적인 양방향 통신 120km/h 속도로 이동 중에도 연속적인 통신이 가능 - 특정장치의 장애 또는 통신 불안 등이 발생하더라도 통신구간의 완벽한 이중계 구성으로 안전성 제공 - 멀티 RF 및 멀티채널로 특정 주파수 간섭에 따른 안전성 확보	
데이터 통신장치	- 지상무선장치와 차상무선장치를 통해 전달되어지는 정보를 관제실 상위 망으로 전달하고 관제실 상위 망으로부터의 정보를 열차에 전달 - 관제실 상위 망과 열차 간 정보를 송/수신 할 때 외부의 침입이나 해킹을 방지하기 위한 보안기술 적용	

• 상기의 요구기능에 따른 요구 성능

항목	요구 사항	비고
지원주파수	2.4GHz & 5GHz (동시지원)	차·지상무선통신장치간 데이터 전송 시 사용되는 주파수 대역
전송지연시간	20ms 이내	차·지상무선통신장치간 데이터 전송 지연시간
로밍시간	40ms 이내	차상무선통신장치가 지상무선통신장치간 통신경로 변경 시 소요되는 시간
패킷로스	1% 이내	차·지상무선통신장치간 데이터 전송 시 패킷의 손실율
전송속도	1Mbps 이상	차·지상무선통신장치간 데이터 전송 실효 속도
보안성	CC인증된 VPN기술 사용	차·지상무선통신장치간 보안 방법

- 신림선 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 도출

구 분	내 용	비 고
완전자동운전 목표	• 완전자동운전 실현 - 기지에서 유치를 마친 열차의 원격 기동 - 영업운전 개시 전 자체 진단 프로그램 가동 - 최초 본선으로 출발 승객 승차 - 종착역에서 회차하여 계속적인 영업운전 - 영업운전을 마친 열차 기지 또는 주박선에 유치	
완전자동운전에 필요한 시스템 기능	• 차량상태 정보의 내용을 원격 감시 - 차량의 기계적인 상태, 가 감속 특성 모니터링 - 차내 상황, 화재, 출입문 등 승객안전을 위한 모니터링 • 운전 관련사항 및 차량 상태관련 사항을 원격 감시 - 기동, 재기동, 리셋, 가 감속 제어, 정차제어, 제동해제 • 실시간 양방향 데이터 통신채널 - 감시 정보의 통신으로 관제실 관제원에 도달 및 판단 지원 - 실시간 제어정보의 처리	
완전자동운전을 위해 강화된 운영환경 안전시설	• 승강장 승객안전을 위한 스크린 도어-승객의 안전 확보 • 차량~관제 간 실시간 양방향 데이터 통신, 승객~관제 간 음성 통신 • 차내 화재감시, 승객 안전시설(소화기, 출입문 개폐장치, 비상 전화, 원격방송 등)	
완전자동운전을 위한 열차제어 시스템	• 안전성, 가용성, 신뢰성, 유지보수성이 강화된 열차제어 시스템 • 열차제어 시스템의 다중계화로 주 설비고장 시에도 지속적인 가동 • 전자연동장치의 다중계 • UPS 및 축전지를 이용한 안정된 무정전 전원장치 • 관제실 주제어장치의 다중계 및 Dual 시스템 구성 • 관제~현장 간 다중계 데이터 통신망 구성 • 스크린도어의 감시 및 제어 • 고장 요인을 최소화한 분기기 전환 시스템 • 전원 및 시스템 안전가동을 극대화 하기 위한 공동접지 체제의 도입 • 현장 신호기기실 바이탈 장비의 다중계 구성 • 고장요인을 배제한 선로변 설비	

- 신림선 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 도출

구 분	내 용	비고
차량계획	- 차량편성 : 3량/1편성 - 가 속 도 : 3.5 km/h/s, - 감 속 도 : 상용 3.5 km/h/s, 비상 4.5 km/h/s	
운전계획	- 설계최소운전시각 : 2분 - 첨두시 운전시각 : 3.5분 - 비첨두시 운전시각 : 5~10분	
열차운전방식	- 이동폐색방식에 의한 완전자동운전 방식을 채택 - 비상시 운전을 위한 수동운전 모드	
운영관리방식	- 관제실에서 열차, 신호시설 일괄감시 및 통제, 제어 - 열차운행 배차, 스케줄관리, 통계관리, 비상 시 긴급 수송대책	

● KRTCS(신호시스템) 무선통신 안정성 및 신뢰성 요구사항 검증 방안 제시

- KRTCS(신호시스템) 무선통신 안전성 및 신뢰성 요구사항 도출

구 분	내 용	비고
지상무선 통신장치	- 열차가 이동하면서 차량에 설치된 차상무선통신장치와 선로 변에 설치된 지상무선통신장치 간의 연속적인 양방향 통신 120km/h 속도로 이동 중에도 연속적인 통신이 가능 - 특정장치의 장애 또는 통신 불안 등이 발생하더라도 통신구 간의 완벽한 이중계 구성으로 안전성 제공 - 멀티 RF 및 멀티채널로 특정 주파수 간섭에 따른 안전성 확 보	
데이터 통신장치	- 지상무선장치와 차상무선장치를 통해 전달되어지는 정보를 관제실 상위 망으로 전달하고 관제실 상위 망으로부터의 정 보를 열차에 전달 - 관제실 상위 망과 열차 간 정보를 송/수신 할 때 외부의 침 입이나 해킹을 방지하기 위한 보안기술 적용	

• 상기의 요구기능에 따른 요구 성능

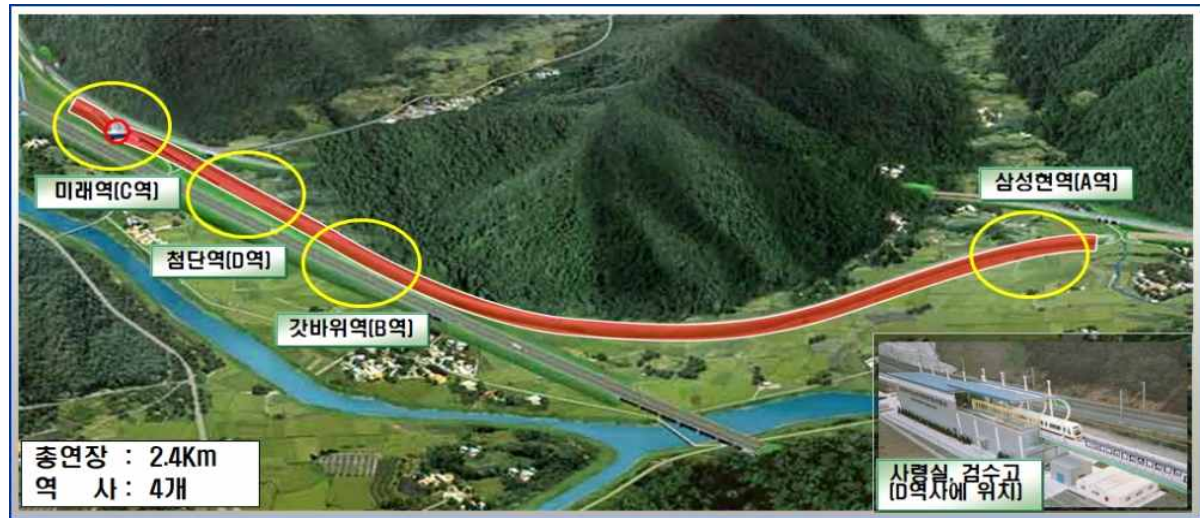
항목	요구 사항	비고
지원주파수	2.4GHz & 5GHz (동시지원)	• 차·지상무선통신장치간 데이터 전송 시 사용되는 주파수 대역
전송지연시간	20ms 이내	• 차·지상무선통신장치간 데이터 전송 지연시간
로밍시간	40ms 이내	• 차·지상무선통신장치간 지상무선통신장치간 통신경로 변경 시 소요되는 시간
패킷로스	1% 이내	• 차·지상무선통신장치간 데이터 전송 시 패킷의 손실율
전송속도	1Mbps 이상	• 차·지상무선통신장치간 데이터 전송 실효 속도
보안성	CC인증된 VPN기술 사용	• 차·지상무선통신장치간 보안 방법

- KRTCS(신호시스템) 무선통신 안전성 및 신뢰성 검증 항목

• 신림선 경전철에서의 무선통신 요구성능을 기반으로 안정성 및 신뢰성 검증 방안을 수립

구 분	내 용	비고
전송지연시간	• 차·지상무선통신장치간 통신 지연시간 검증	
로밍시간	• 차·지상무선통신장치간 로밍시간 검증	
멀티채널통신	• 2.4GHz/5GHz 멀티채널 통신 검증	
보안성	• 가상사설망(VPN) Server/Client 적용에 따른 안정성 및 신뢰성 검증	

- 신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 검증을 위한 Test-bed 상세설계 및 인터페이스 톨 설계 및 제작
- KRTCS 적용한 경량전철 시스템 Test-bed 상세 설계
 - 경산시험선 Test-bed 구축 검토
 - 경산시험선은 경북 경산시 남천면 흥산길 27에 위치하고 있으며, 총 2.4Km이며, 4개소 역사
 - 2편성 K-AGT 차량을 투입하여 요구사항을 검증할 계획

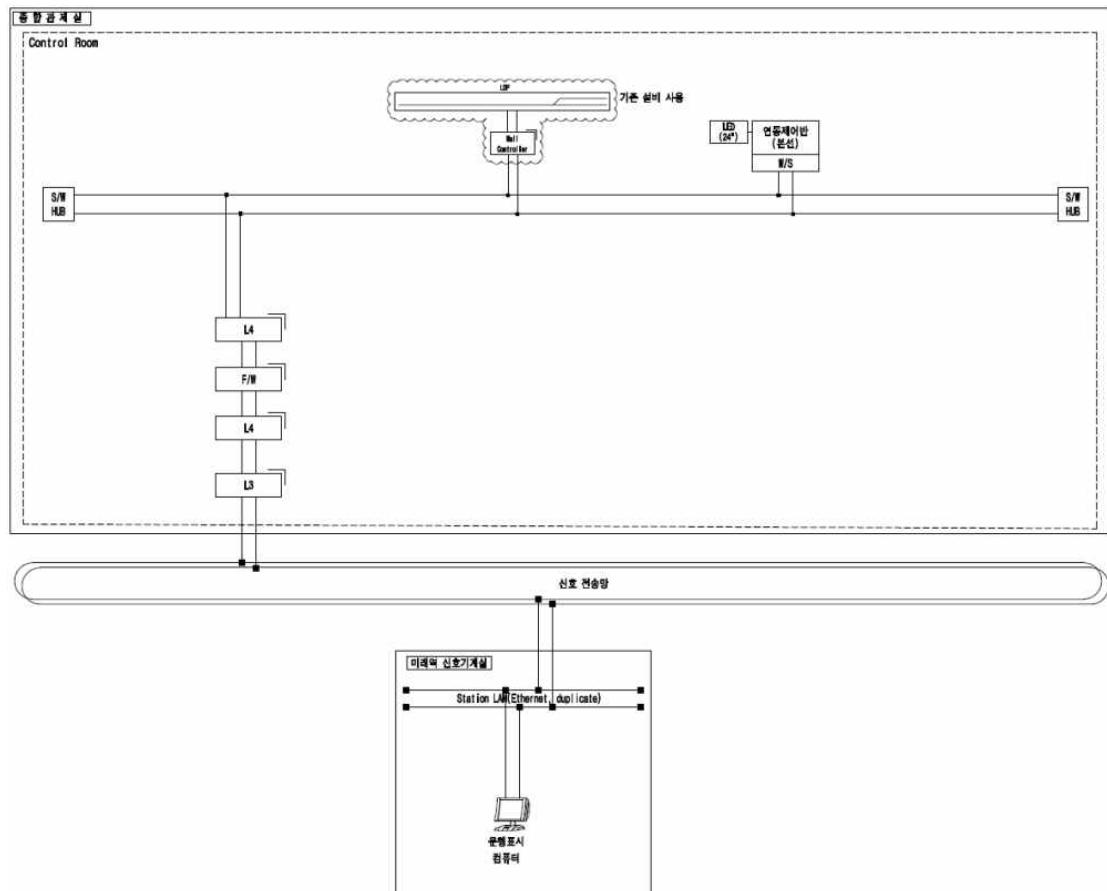


항목	제원	항목	제원
선로길이	총 2.4km (본선 1.9 km, 측선 0.5 km)	역사	4개
궤간	1,700mm	공급전압	DC 750V
검수고설비	스팅거설비, 타이어 교환기, 질소가스 충전기	궤도설비	주행로, 안내레일, 전차선, 지상신호 설비
종합사령실	운전감시 및 원격제어, 차량실내감시, SCADA	변전설비	1000kW 정류기/2뱅크, Blue Light Station

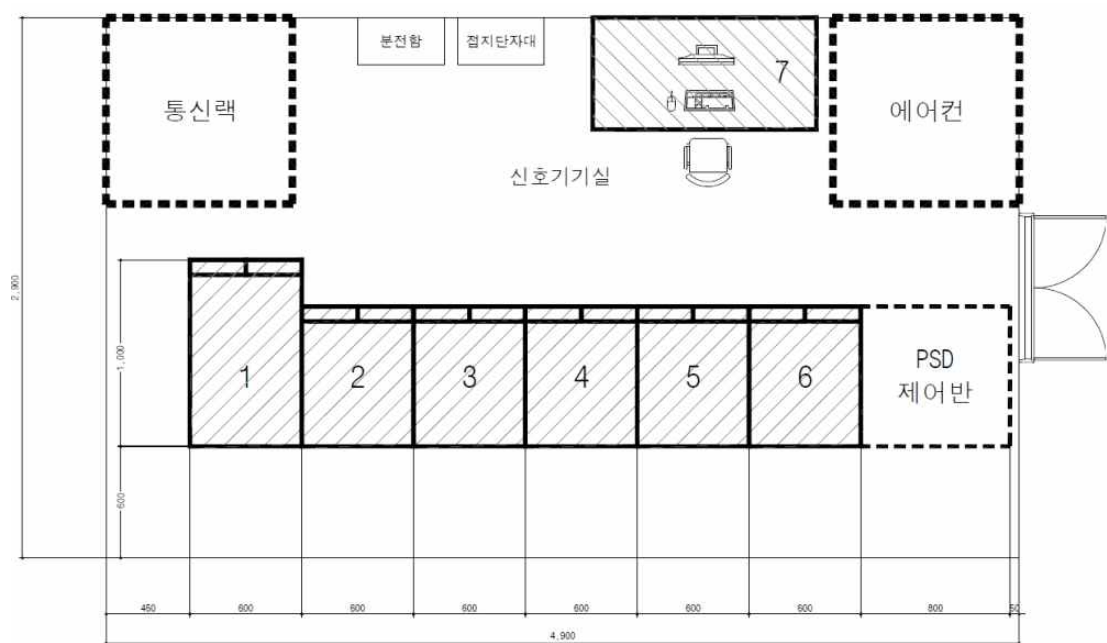
• 정거장 현황

정거장명		위치	비고
101 정거장	삼성현역	0km040	
102 정거장	갯바위역	1km270	연동역
103 정거장	첨단역	1km699	
104 정거장	미래역	1km830	기기집중역

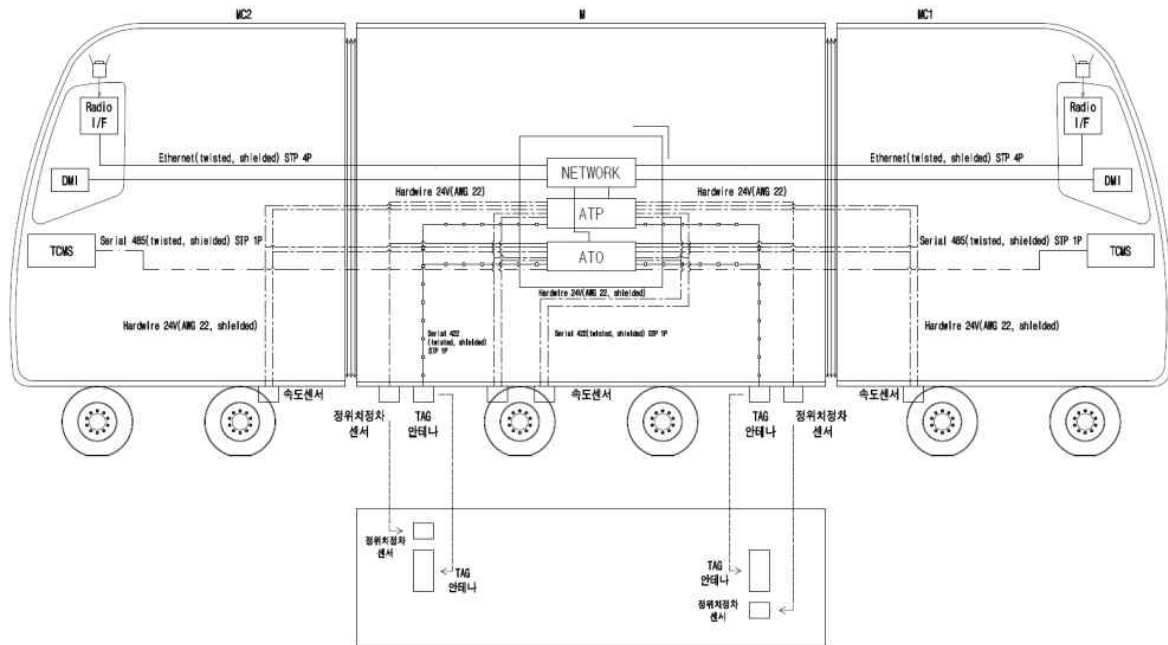
- 경산시험선 ATS 구성



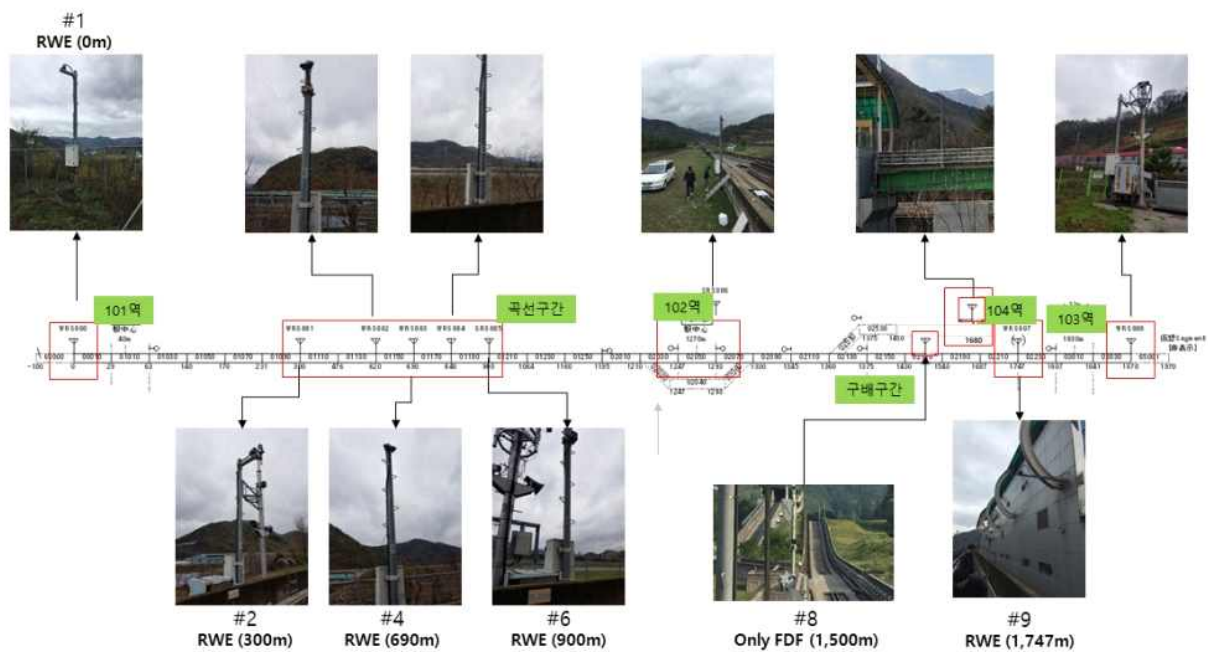
- 경산시험선 실내설비 배치



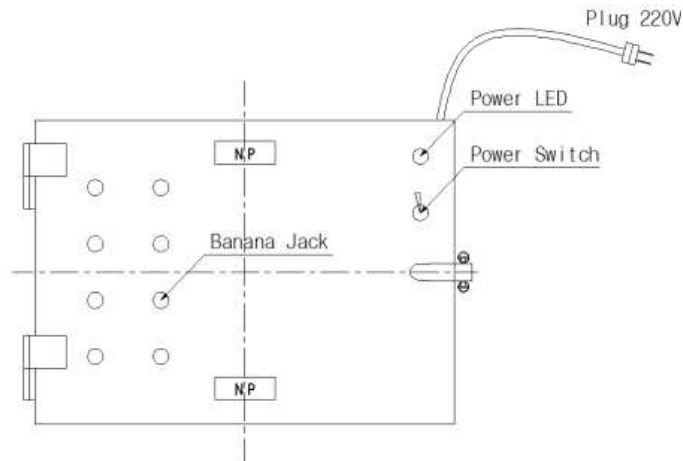
- 차상 신호설비 구성



- 지상무선통신장치 구축

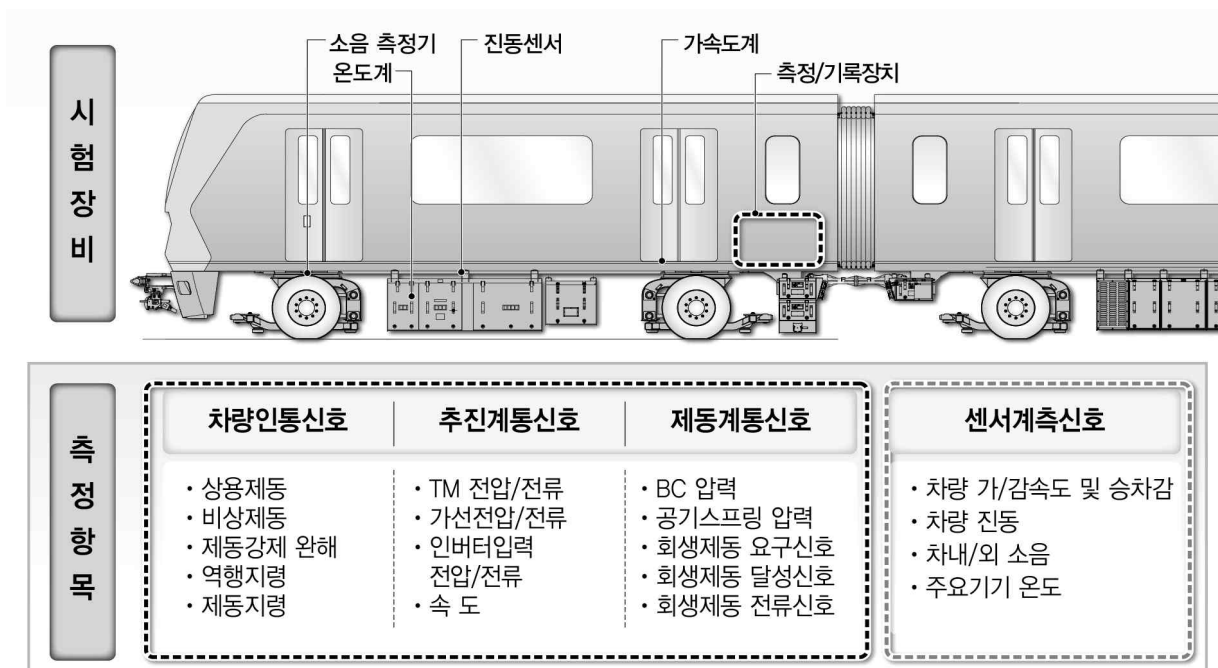


- 인터페이스 툴 설계서 및 구축보고서
- 안전·운영요구사항의 확인과 차량의 상태를 확인하기 위하여, 각종 센서를 인터페이스 툴을 통해 계측기를 연결하며, 세부 Data 확인을 위한 인터페이스 툴 제작



- 220VAC를 공급 받아 10~40VDC의 출력 가능
- 부속자재(외부 센서)와 컨넥터 접속
- 계측기 및 기타 테스터기의 측정이 가능하도록 단자가 설치

- 인터페이스 툴 시험

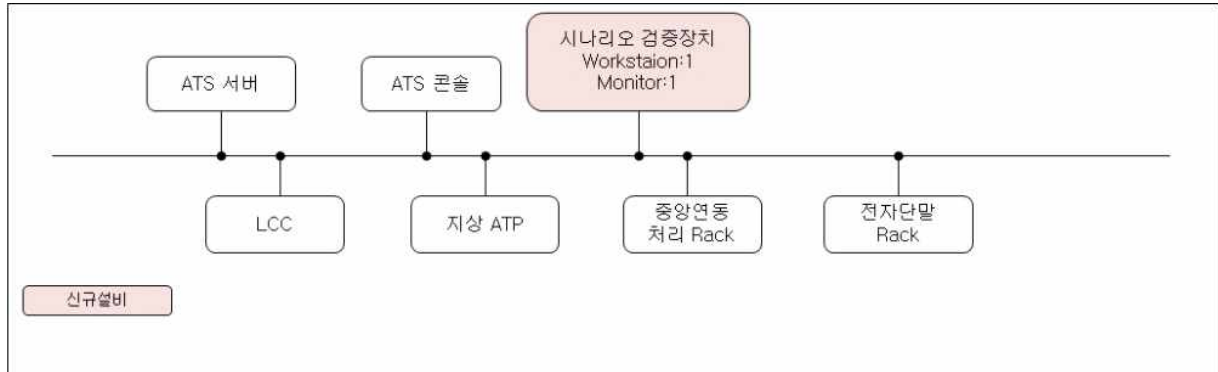


○ 신림선 경전철에서 도입 예정인 K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템의 기능 및 성능시험

● S/W를 활용한 성능시험 시행

- 개발된 검증 S/W를 활용한 K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템의 기능 및 성능시험 검증 완료

● 안전 및 운영요구사항 검증 시스템 구성



ATS 표시 및 제어 정보: 스위치 허브에서 미러링 사용(ATS 표시정보 및 ATS 제어정보를 시나리오 검증장치로 미러링)

시나리오 검증장치: 로컬 설비(ATP, CBI, ATO 등등)와의 인터페이스

자동 시나리오 - 시나리오에 따라 로컬정보를 분석하여 시스템 동작상태 자동확인

수동 시나리오 - 팝업창을 생성하고 시나리오에 따라 행동을 지시 시험자가 수동확인

모니터 화면 구성 - 시나리오 리스트, 시나리오에 따른 플로우차트

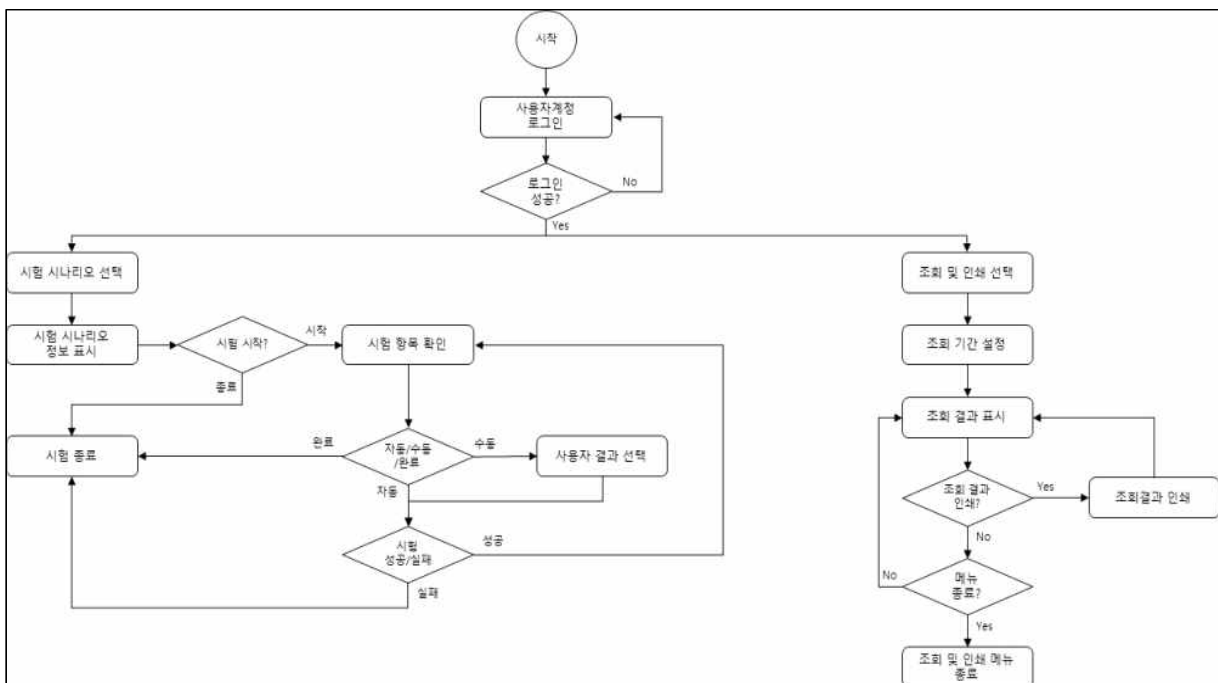
검증 결과 표시, 저장 및 출력

가정 사항: PSD 제어반, 전력관제, 통신서버 등은 설치되는 것으로 가정, 없으면 수동시나리오로 변경

시나리오 수정: 설비관제, 방재시스템 등 ATS서버와 인터페이스 되지 않는 시스템은 자동에서 수동시나리오로 변경

- 시나리오 검증장치는 ATS 서버와 지상 ATP, 연동장치, 차상 ATO 등과 인터페이스 하여 해당 정보를 파악하여 각 시나리오 시험시, 각 장치별로 처리가 정상적으로 이루어지는지 확인하여 이를 결과로 저장

● 시험 진행 절차



- 프로그램 시작 절차



- 시험 화면 구성



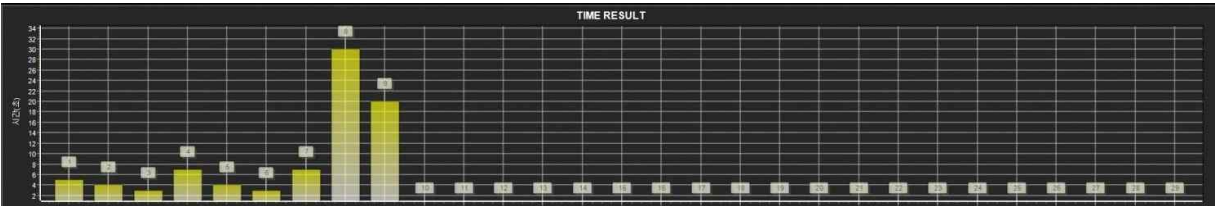
- 시험 화면



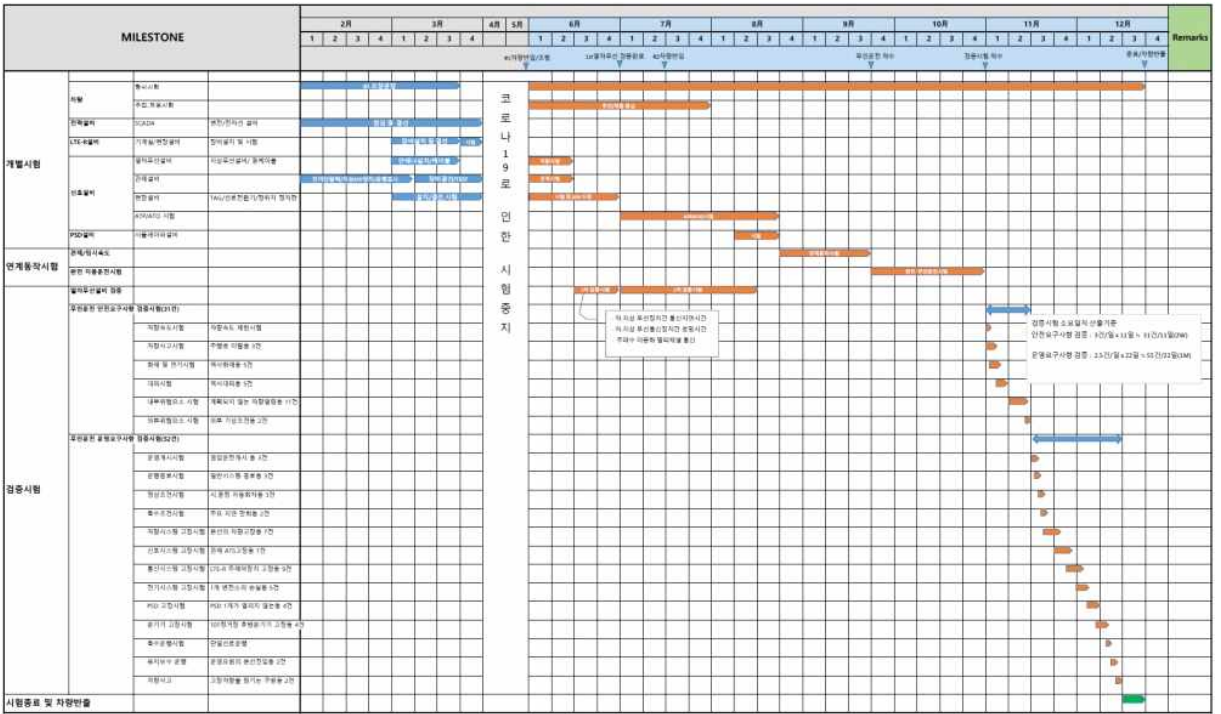
• 시험 상태 표시

심볼	내용	비고
	• 진행되지 않은 시험 항목 • 진행 중인 시험 항목	
	• 시험 성공한 시험 항목	
	• 시험 실패한 시험 항목	• 운영자가 설정한 시험 성공 시간 초과 시. • 수동 시험에 대한 실패 선택 시.

• 시험 항목별 시험 성공시간 표시



• 경산시험선 안전 및 운영요구사항 검증 일정



• 선로조건 및 기상조건

구분	신림선	경산시험선
선로길이	총연장 7.8km 복선(전구간 지하)	총연장 2.4km 단선(전구간 지상)
역사	11개 역사	4개역사
분기부	본선 9개소	1개소
차량기지	1개소(지하 차량기지), 검수고 포함	검수고 1개소(지상)

신림선은 지하구간으로 기상조건에 영향이 적으나, 외부기상 상태 악화로 인하여 간접적인 영향을 미칠 수 있으므로, 경산시험선에서는 폭우에 대응하는 안전 시나리오를 반영하여 검증을 실시하였음

● S/W를 활용한 성능시험 항목

- ‘신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템과의 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업’을 통해, 신림선 경전철 시스템의 안전 요구사항 31건과 운영 요구사항 52건의 무인운전 시나리오를 도출하였으며, 도출된 시나리오가 실제 차량과 신호 연계시험을 통해 원활하게 구현되는지를 검증하기 위한 시험을 실시
- 소프트웨어 검증시험은 구축된 시험선에서 시나리오에 따른 시험을 통해 다음과 같이 진행한
 - ① 안전 요구사항 31건 및 운영 요구사항 52건에 대하여, 요구조건 1건마다 순차적으로 시나리오에 따라 입력(수동 또는 자동)하고 이에 대한 결과가 검증 소프트웨어에 정확하게 표시되는지 확인
 - ② 모든 검증시험은 결과를 저장 및 조회할 수 있으므로, 최종적으로 모든 단계의 요구사항이 만족되는 것이 확인된 후 시험을 종료
 - ③ 선택된 시나리오 수행과정 중 ‘자동’ 기능으로 진행되는 항목들의 경우 운영자가 설정한 시간 내에 해당 데이터 수신 여부 및 검측장치의 LOG내용과 서버 LOG내용의 일치 여부를 확인하여 ‘성공/실패’ 여부를 검증
 - ④ 한편 시나리오 수행 중 ‘수동’ 기능은 운영자 또는 시험자의 수동조치 내용을 입력하는 것이므로 별도의 확인이 불필요, 따라서 수동조치 내용이 제대로 입력되어 있는지 여부로 ‘성공/실패’ 여부를 확인

● 안전 요구사항 31건 항목

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
열차 속도	속도 제한 ⇒ 유지보수, 시험 또는 안전의 이유로 본선의 특정구간에 설정된 속도 제한을 실행 및 조정하는 절차	
열차 사고	열차 주행로 이탈 ⇒ 본선에서 열차가 주행로를 이탈한 상황에 대응하기 위한 절차	
	사람과 열차 충돌 ⇒ 본선에서 사람과 열차의 충돌한 상황에 대응하기 위한 절차	
	사물과 열차 충돌 ⇒ 본선에서 사람과 열차의 충돌한 상황에 대응하기 위한 절차	
화재 및 연기	역사 내 심각한 화재/연기 발생 상태 ⇒ 역사에 심각한 화재 및 연기에 대한 보고가 있을 시 대응하기 위한 절차	
	역사 내 미미한 화재/연기 발생 상태 ⇒ 역사에 사소한 화재 및 연기에 대한 보고가 있을 시 대응하기 위한 절차	
	열차가 다음 역사에 도착 가능한 경우 ⇒ 본선을 주행 중인 열차의 화재 및 연기에 대한 신고가 있을 시 대응하기 위한 절차	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
화재 및 연기	열차가 다음 역에 도착할 수 없고, 순회 요원이 탑승해 있는 경우 ⇒ 상동	
	열차가 다음 역에 도착할 수 없고, 순회 요원이 탑승 하지 않는 경우 ⇒ 상동	
대피	역사 대피 ⇒ 비상사태 및 사고의 경우 본선 및 역사에서 승객을 대피하는 절차	
	통제되는 역간 대피 ⇒ 비상사태 및 심각한 사고가 본선에서 발생한 경우 역사 내 또는 역간에서 열차에 탑승하고 있는 승객을 대피시키는 절차	
	통제되지 않는 역간의 대피 ⇒ 상동	
	통제되는 역사 대피 ⇒ 상동	
	통제되지 않는 역사의 대피 ⇒ 상동	
내부위험 요소	계획되지 않은 열차출입문 열림 ⇒ 역간 혹은 역 내에서 예정되지 않은 (부적절한) 열차출입문이 열릴 경우에 대응하는 절차	
	궤도 구역 내 사람의 침입이 없는 경우 ⇒ 역사에서 예정되지 않은 PSD가 열릴 경우에 대응하는 절차	
	궤도 구역 내 사람의 침입한 경우 ⇒ 상동	
	계획되지 않은 열차출입문 열림 ⇒ 역간 혹은 역 내에서 예정되지 않은 (부적절한) 열차출입문이 열릴 경우에 대응하는 절차	
	궤도 구역 내 사람의 침입이 없는 경우 ⇒ 역사에서 예정되지 않은 PSD가 열릴 경우에 대응하는 절차	
	궤도 구역 내 사람의 침입한 경우 ⇒ 상동	
	열차 출입문 비상핸들 작동 ⇒ 비상사태 시 열차 출입문을 수동으로 열 수 있는 열차 출입문 비상핸들을 승객이 작동시킨 경우에 대응하는 절차	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
내부위험 요소	순회요원을 파견하여 조치할 경우 ⇒ 비상 상황의 경우 승객이 열차를 정지시키도록 하는 열차 비상 정지 버튼 이 작동되었을 경우의 절차	
	다음역으로 이동하여 조치할 경우 ⇒ 상동	
	비상정지버튼 작동 ⇒ 비상 상황의 경우 승객이 열차를 정지시키도록 하는 비상정지 버튼 이 작동되었을 경우의 절차	
	BLS 작동 ⇒ 영업 종료 후 유지보수요원이 선로에 출입하기 위하여 BLS를 작동시켜 전차선을 단전시킬 목적으로 수행하는 절차	
외부위험 요소	외부기상조건(폭우) ⇒ 시스템 운영에 영향을 미칠 수 있는 기상 조건에 대응하는 절차	
	위험물 ⇒ 본선 및 차량기지 내부나 근처에 가스 또는 유독 물질 유출이 보고된 경우 이에 대응하는 절차	
범죄 및 위협	침입자가 발견되는 경우 ⇒ 운행선로에 사람의 침입이 검지되는 경우에 대응하기 위한 절차	
	침입자가 발견되지 않는 경우 ⇒ 상동	
	역내의 범죄 ⇒ 영업운행 중인 신림선 경전철의 승강장에서 심각한 범죄가 발생할 경우 경찰의 개입 절차	
	열차에서 발생한 범죄 ⇒ 영업운행 중인 신림선 경전철의 열차에서 심각한 범죄가 발생할 경우 경찰의 개입 절차	
	폭탄위협/의심 가는 포장물 ⇒ 신림선 경전철 영역 내의 어떠한 폭탄 위협에 대한 대응 절차와 역사나 열차에서 발견된 의심스러운 포장물에 대한 보고절차	
	열차에서 환자가 발생한 경우 ⇒ 열차에서 승객이나 운영요원 중 긴급 의료상황(질병 또는 부상)이 발생한 경우 이에 대응하는 절차	
	역사 내 환자가 발생한 경우 ⇒ 역사에서 승객이나 운영요원 중 긴급 의료상황(질병 또는 부상)이 발생한 경우 이에 대응하는 절차	

• 운영 요구사항 52건 항목

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
운영개시	영업운전을 위한 시스템 시작 ⇒ 오전 5시30분 운영을 위해 시스템을 기동하는 절차와 시스템이 정지된 후에 시스템을 재 기동하는 절차	
	역사 개방 ⇒ 야간에 폐쇄되었던 역사를 개방하거나, 비상상황 발생으로 인해 폐쇄한 역사를 비상상황 종결 후 다시 개방하는 절차	
	열차의 운행 시작 ⇒ 첨두 시간대의 열차운행을 위하여 본선에 운행편성을 늘리기 위하여 차량기지로부터 하행선(101정거장 →111정거장)으로 열차를 투입하는 절차	
운영종료	일반 시스템 종료 ⇒ 일일 운행이 종료된 이후 또는 본선에서 주요 시스템 결함이 발생하여 본선 운영을 지속할 수 없는 경우에 안전하고 정해진 절차에 맞추어 전 시스템을 폐쇄하는 절차	
	역사의 폐쇄 ⇒ 일일 운행 종료 후 또는 역사가 승객 운영을 지속하기에 적합하지 않은 고장 또는 비상 상황이 발생한 경우, 정거장에서 승객들을 안전하게 내보내고 역을 폐쇄하는 절차	
	승객서비스 상태에서 열차의 회송 ⇒ 운행 중이던 열차를 차량기지로 복귀시키는 절차	
정상조건	계획된 열차 운행 ⇒ 승객 서비스 운영을 위하여 본선에서 계획된 열차의 운영에 대한 절차	
	시점 정거장의 자동회차 운행 ⇒ 101정거장에 열차의 도착/ 출발 방송 및 표시기 현시를 포함한 종착역의 정상 운영 절차	
	종점 정거장의 자동회차 운행 ⇒ 111정거장에 열차의 도착/ 출발 방송 및 표시기 현시를 포함한 종착역의 정상 운영 절차	
특수조건	경미한 지연의 회복 ⇒ 승객 운행 시, 한 대 이상의 열차가 지연되는 경우, 일정을 만회하기 위한 절차	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
특수조건	주요 지연의 만회 ⇒ 승객 운행 동안 현재 운행 일정에 발생한 주요 시스템 지연 (열차 기지로 구원이 필요한 열차의 사고인 경우)을 만회하는 절차	
열차 시스템 고장	본선의 고장 차량 ⇒ 역 또는 본선에서 정차한 고장열차에 대응하는 절차	
	성능 저하 열차 운행 ⇒ 영업운전에 투입된 열차에 고장이 발생하여 그 영향으로 열차가 정상 성능 운행이 불가능한 경우, 저감된 성능으로 열차를 운행하는 절차	
	고장 열차의 운행 및 철수 ⇒ 유지보수의 목적으로 고장 열차를 영업 운행에서 철수하고 교체하는 절차	
	한 개의 출입문 열림 고장 ⇒ 열차 출입문 고장에 대처하는 절차	
	한 개의 출입문 닫힘 고장 ⇒ 상동	
	모든 출입문 열림 고장 ⇒ 상동	
	모든 출입문 닫힘 고장 ⇒ 상동	
신호 시스템 고장	관제ATS의 고장 ⇒ 관제ATS 고장을 관리하는 절차	
	선로전환기 체결 상태의 고장 ⇒ 선로전환기 고장의 경우, 성능저하 상황을 관리하기 위한 절차	
	역에 정차해 있는 차량 ⇒ 차상 ATO의 고장 발생 이후, ATP 수동모드에서 안전한 열차 운행을 위한 절차	
	역 사이에 있는 차량 ⇒ 상동	
	열차 ATP/ATO 고장/비상모드 ⇒ ATP/ATO 시스템이 열차 운행을 더 이상 제어할 수 없는 고장이 발생한 경우, 열차 비상 모드에서 안전한 열차 운행을 이행하기 위한 절차	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
신호 시스템 고장	ATP 고장 ⇒ 차상 신호 고장이 발생하여 성능이 저하된 상황을 관리하기 위한 절차	
	정거장 제어랙의 고장 ⇒ 역사 승강장에서 정거장 제어랙의 고장에 대응하는 절차	
통신 시스템 고장	LTE-R 주제어장치의 고장 ⇒ 지상 열차 무선 시스템(LTE-R) 고장에 따라 수행될 성능저하상태에서의 운행 절차	
	LTE-R 기지국 장비의 고장 ⇒ 지상 열차 무선 시스템(LTE-R) 고장에 따라 수행될 성능저하상태에서의 운행 절차	
	차상 LTE-R 장비의 고장 ⇒ 열차 내에 무선 통신을 제공하고 차량비상 인터폰을 통해 열차 내 승객과 종합관제실이 직접적인 통화를 가능케 하는 차상 LTE-R 장치의 고장이 발생하였을 때 대응하는 절차	
	CCTV의 고장 ⇒ 승강장 CCTV 시스템의 고장에 대응하기 위한 절차	
	승강장 방송장치의 고장 ⇒ 정거장 승강장과 열차에서 승객들에게 종합관제실로부터의 직접방송 및 사전에 계획된 방송을 실시하는 승객안내방송 장치에 고장이 발생하여 승객에게 방송 서비스 제공이 불가능한 상태에서의 대응하는 절차	
	열차 방송장치의 고장 ⇒ 상동	
	역사 PIS 의 고장 ⇒ 역사 승강장과 열차 내부에 도착역에 대한 시각적 정보를 승객에게 제공하는 표시기장치 시스템의 고장이 발생하여 승객에게 시각적 서비스 제공이 불가능한 상태에서의 대응하는 절차	
	열차 PIS 의 고장 ⇒ 상동	
	비상 전화의 고장 ⇒ 승강장에 설치된 비상전화 시스템에 고장이 발생하여 승강장의 승객들과 통신 두절을 발생한 경우 대응하는 절차	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
전기 시스템의 고장	한 개 변전소의 손실 ⇒ 한 개 또는 두 개의 급전 변전소에 고장이 발생한 경우 시스템 운영을 위한 절차	
	두 개 변전소 손실 ⇒ 상동	
	차량기지 SCADA 시스템 고장 ⇒ 전기 SCADA 시스템에 고장이 발생한 경우 이에 대응하는 절차	
	수전변전소 SCADA 시스템 고장 ⇒ 상동	
	시스템 급전 손실 ⇒ 두 개의 인접한 변전소 또는 두 개의 수전변전소 전력 공급 (혹은 두 개의 KEPCO 변전소) 고장의 결과로, 본선의 한 구간 또는 전체 시스템에서 급전 공급에 차질이 발생하는 경우 이에 대응하는 절차	
PSD 고장	PSD 1개가 열리지 않음 역사 승강장의 PSD 고장에 대응하는 절차	
	PSD 전체가 열리지 않음 ⇒ 상동	
	열차 역출발시 PSD가 닫히지 않음 ⇒ 상동	
	승객이 열차 과 PSD에 끼인 상태 ⇒ 승객이 열차 출입문 또는 PSD 사이에 끼어 열차의 출발 지연이 발생한 경우 이에 대응하는 절차	
분기기 고장	101 정거장 후방분기기 고장 ⇒ 101역 사이에 설치된 회차 시 사용되는 분기기의 고장이 발생한 경우의 본선 운행 절차	
	101 정거장 전방분기기 고장 ⇒ 상동	
	111 정거장 전방분기기(후위) 고장 ⇒ 111역 전방에 설치된 분기기의 고장이 발생한 경우의 본선 운행 절차	
	111 정거장 전방분기기(전위) 고장 ⇒ 상동	

수준1-시나리오	수준2-시나리오	비고
특수 운행	단일선로 운행 ⇒ 전력 시스템 또는 신호 시스템의 일부 구역에서 고장이 발생한 경우 가능한 열차의 서비스 운영을 유지하기 위해 비상모드 운영을 적용하는 절차	
유지보수 운영	운영요원의 본선진입 ⇒ 자격을 갖춘 운영 요원이 비상 상황 또는 고장 상황에 대응하기 위해 시스템의 궤도 구역에 진입시키기 위한 특별 절차	
	유지보수 차량운영 ⇒ 본선에서 승객 운행 열차와 함께 유지보수를 위한 모터카를 안전하게 운행하는 절차	
열차 사고	고장 열차를 당기는 구원열차 ⇒ 영업운영 중 열차의 주행이 불가능한 고장이 발생한 경우 고장열차에 구원열차를 연결하여 고장열차를 본선으로부터 철수시키는 구원 절차	
	고장 열차를 미는 구원열차 ⇒ 상동	

- S/W를 활용한 성능시험 결과
- 신림선 무인운전 안전 및 운영요구사항 검증 2020년 11월 16일 ~ 2020년 12월 15일까지 83건에 대해 검증을 실시하였으며, 외부기술자문 3차를 실시하여 공정성을 확보
- 안전 요구사항 성능시험 결과
- 신림선 무인운전 안전 요구사항 31건 검증 결과
(안전 요구사항 31건-증빙자료 안전 및 운영 요구사항 현장시험 결과보고서 참조)

시나리오 ID	안전 1-1	연구과제명 : 실용화 문턱과제
시험 제목	속도 제한	날 짜 : 2020.12.04

시험 결과

SENARIO_RESULT_REPORT

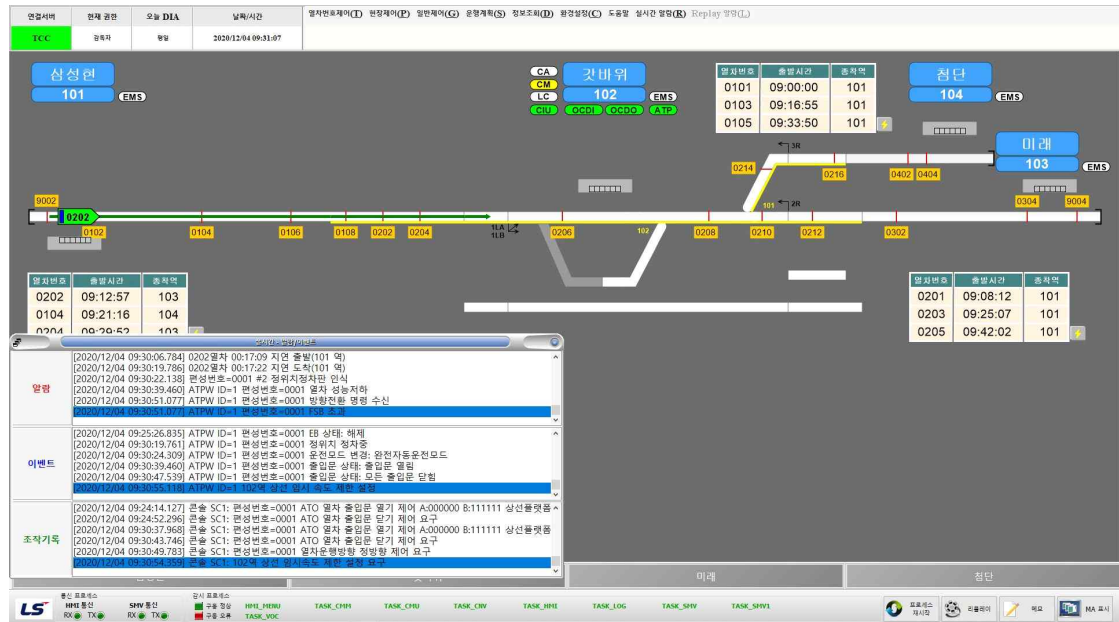
Page : 1

시험 날짜: 2020년 12월 04일	시험 범위: 20년 1-4
시험 시간: 09:31:38 ~ 09:37:52	출제 날짜: 2020년 12월 04일
시험 결과: 성공	출제 시간: 11:53:30
시험자: hyendo.kim	출제자: hyendo.kim

순번	실시일자	분류	출제일자	출제자명	출제시간	출제	결과	시작시간	종료시간	소요시간	로그정보
1	-	일반 시험	-	-	-	-	성공	09:31:38	09:31:57	19s	-
일반 시험 보통직무 요원인 여원은 업무를 집행한다. 행정 업무(보유)가 종료되고 여원 행정업무 개시 시까지 수행한 업무가 불가능하다.(가산) 공화국 정부당국에서 여원 업무 종료 후 30분후에 이 시점의 수행한 업무가 불가능하다(가산) 여원 업무 종료 후 30분후에 이 시점의 수행한 업무가 불가능하다(가산) 여원 업무 종료 후 30분후에 이 시점의 수행한 업무가 불가능하다(가산)											
2	간접직위	핵심정보에 속도제한을 적용한다.	출제	-	출제자명	성공	성공	09:31:57	09:32:11	13s	-
3	일반직위	핵심정보를 포함한 구간을 설정하고 속도제한을 적용한다. = 임시속도 25km/h 지정	출제	-	출제자명	성공	성공	09:32:11	09:32:11	0s	20201204_0930_TASK_COMPILELOG [09:32:11.246]
4	일반직위	속도 제한 구간으로 진입 후여원나 진입한 모든 열차는 제한된 속도 이하로 주행한다.	출제	지시자명	출제자명	성공	성공	09:32:11	09:36:26	255s	-
5	일반직위	속도 제한 구간을 통과후여원가 진입한다.	출제	-	출제자명	성공	성공	09:36:26	09:36:33	7s	-
6	일반직위	속도제한 일시지각, 제한구역, 제한속도, 임시 사용에 대해 운행 방법 지정한다.	출제	-	출제자명	성공	성공	09:36:33	09:36:50	17s	-
7	간접직위	보통직무는 행정업무 종료 후 30분후에 이 시점의 수행한 업무가 불가능하다.	-	-	출제자명	성공	성공	09:36:50	09:37:12	14s	-
8	일반직위	여원가 통과하면 간접직위에게 업무를 보고하고, 해당구간에 일시속도를 제한한다.	출제	-	출제자명	성공	성공	09:37:13	09:37:52	39s	-

[시험 기록지]

시험 내용 유지보수, 시험 또는 안전의 이유로 본선의 특정 구간에 설정된 속도 제한을 실행 및 조정하는 절차에 대응하는 시험



해당선로 속도제한 이행

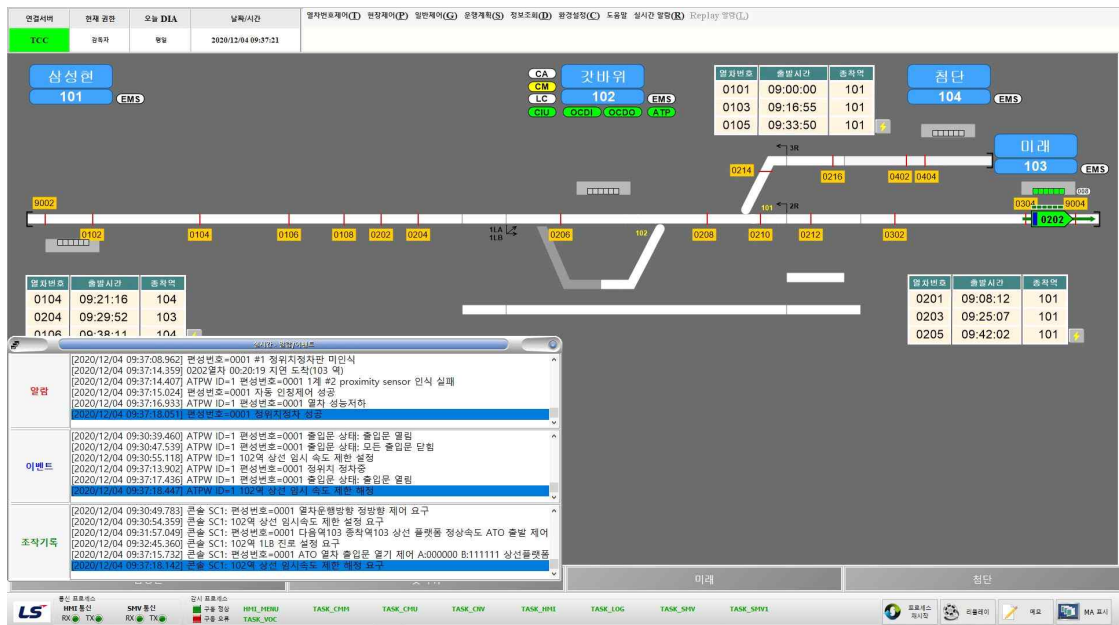
시험 기록



임시속도 25km/h 이하로 주행



열차 속도제한 구역 통과



미래역 열차 정위치 정차 및 속도제한 구역 해제

시험 결과 유지보수, 시험 또는 안전의 이유로 본선의 특정 구간에 설정된 속도 제한을 실행 및 조정하는 절차에 대응하는 절차를 확인하였으며, 시험결과 이상없음

• 운영 요구사항 성능시험 결과

- 신림선 무인운전 운영 요구사항 52건 검증 결과

(운영 요구사항 52건-증빙자료 안전 및 운영 요구사항 현장시험 결과보고서 참조)

시나리오 ID	운영 1-1	연구과제명 : 실용화 문턱과제
시험 제목	영업운전을 위한 시스템 시작	날 짜 : 2020.11.17

시험 결과									
SENARIO_RESULT_REPORT									
Page 1 / 4									
시험 날짜: 2020년 11월 17일 시험 시간: 09:43:41 ~ 10:27:59 시험 결과: 성공 시험자: hyendo.kim									
시험 항목: 운영 1-1 종격 날짜: 2020년 11월 17일 종격 시간: 16:09:14 종격자: hyendo.kim									
순번	요청사항	실행	실행결과	실행환경	조건	결과	시작시간	종료시간	소요시간
1	시스템 시작 - 운영 서버로 운영을 위한 준비 - 운영 서버에 필요한 데이터 업로드 - 운영 서버에 필요한 데이터 업로드 - 운영 서버에 필요한 데이터 업로드 - 운영 서버에 필요한 데이터 업로드 - 운영 서버에 필요한 데이터 업로드	시스템 시작	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:43:42	09:43:53	11초
2	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:43:53	09:44:01	7초
3	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:44:01	09:44:09	8초
4	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:44:09	09:44:57	47초
5	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:44:57	09:45:35	38초
6	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:45:35	09:46:22	166초
7	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:46:22	09:46:38	15초
8	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:46:38	09:46:57	19초
9	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:46:57	09:49:02	5초
10	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:49:02	09:49:16	13초
11	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:49:16	09:49:23	6초
12	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:49:23	09:49:45	62초
13	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	09:49:45	10:00:02	16초
14	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:00:02	10:00:11	8초
15	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:00:11	10:00:23	12초
16	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:00:23	10:01:10	47초
17	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:01:10	10:01:14	4초
18	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:01:14	10:01:17	122초
19	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:01:17	10:03:36	18초
20	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:03:36	10:03:37	1초
21	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:03:37	10:03:42	4초
22	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:03:42	10:04:26	44초
23	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:04:26	10:06:23	236초
24	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:06:23	10:27:17	1133초
25	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:27:17	10:27:34	17초
26	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	운영 서버에 필요한 데이터 업로드	성공	운영 서버	운영 서버	성공	10:27:34	10:27:59	24초

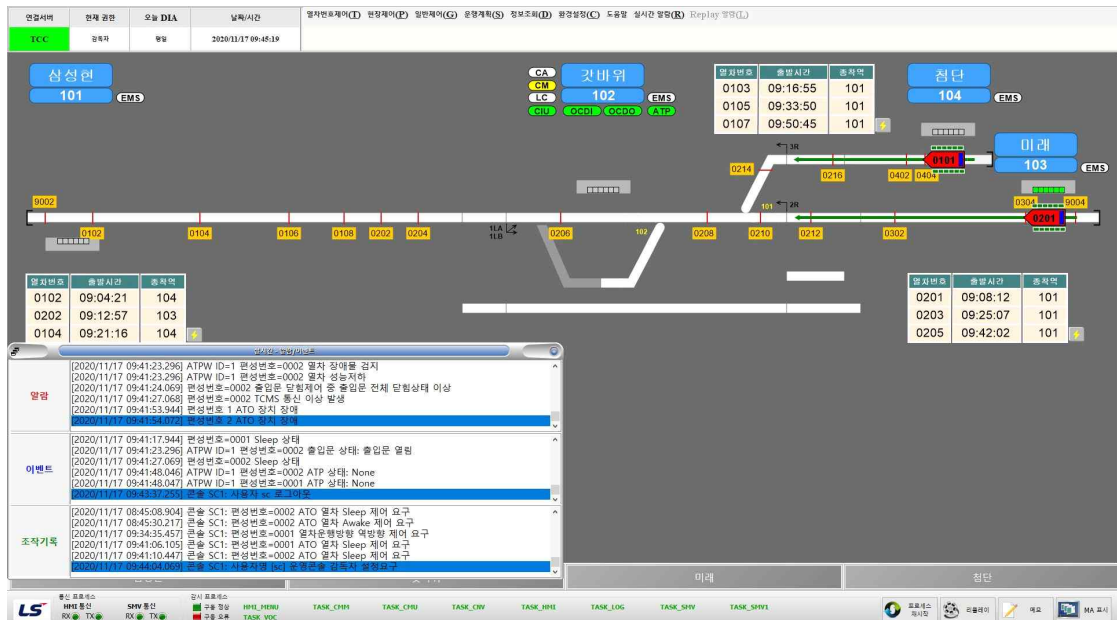
[시험 기록지]

시험 내용 오전 5시30분 운영을 위해 시스템을 기동하는 절차와 시스템이 정지된 후에 시스템을 재 기동하는 절차 시험

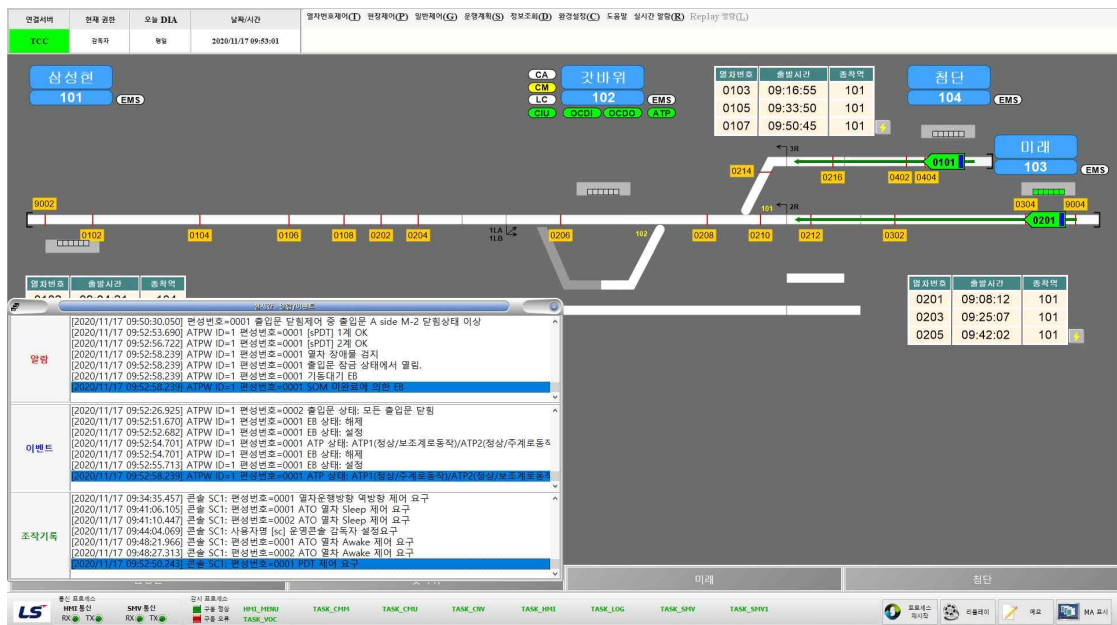


개인 ID 및 패스워드 로그인

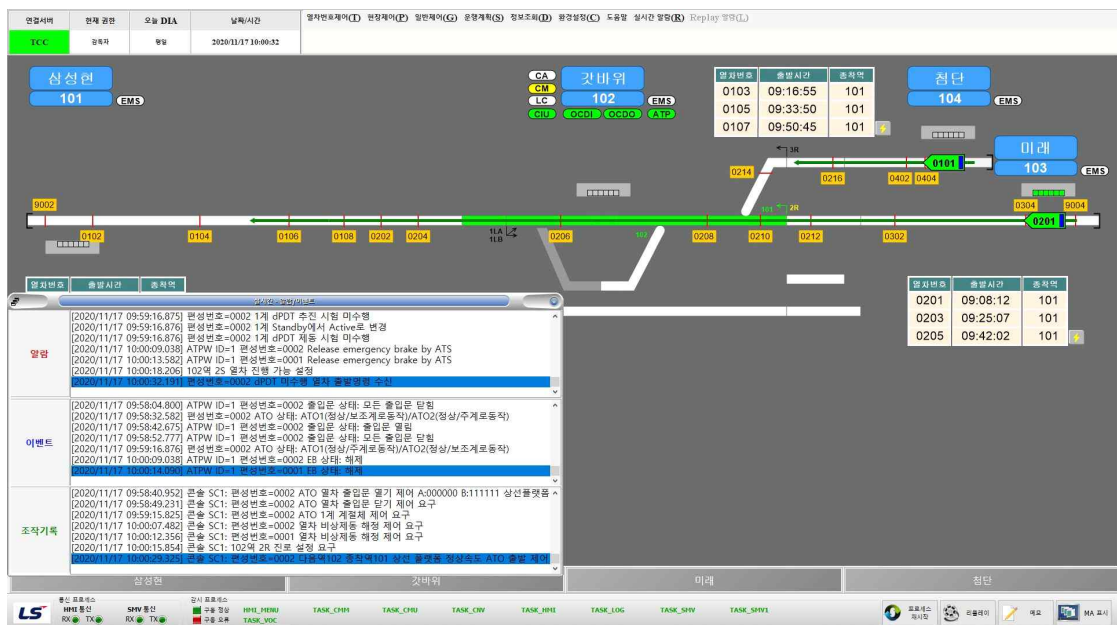
시험 기록



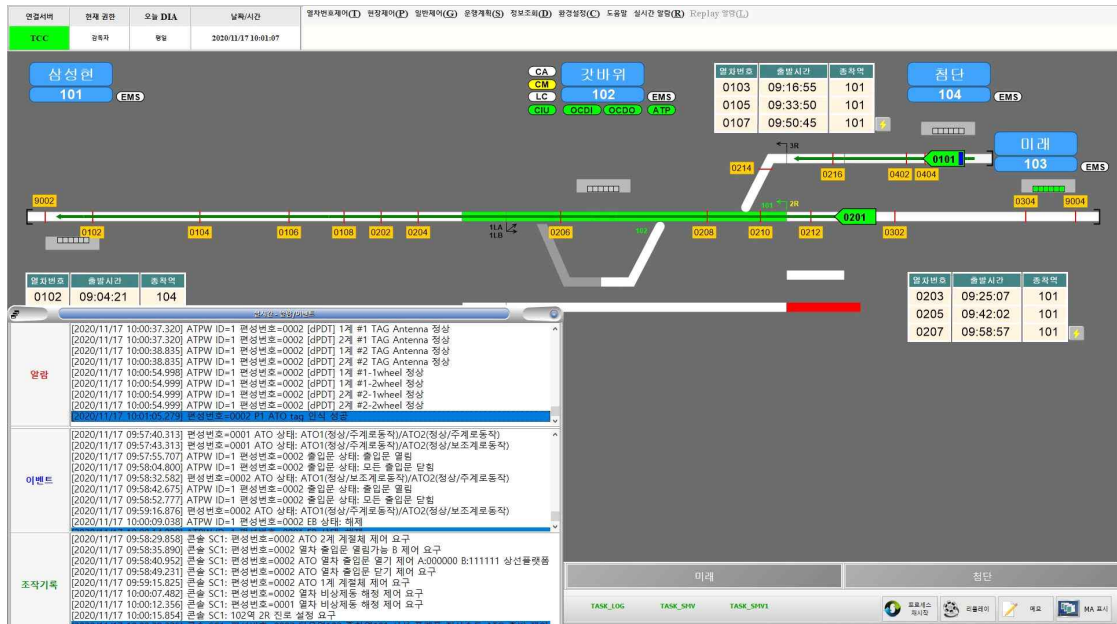
열차의 신호시스템 동작



열차에 PDT 수행 명령

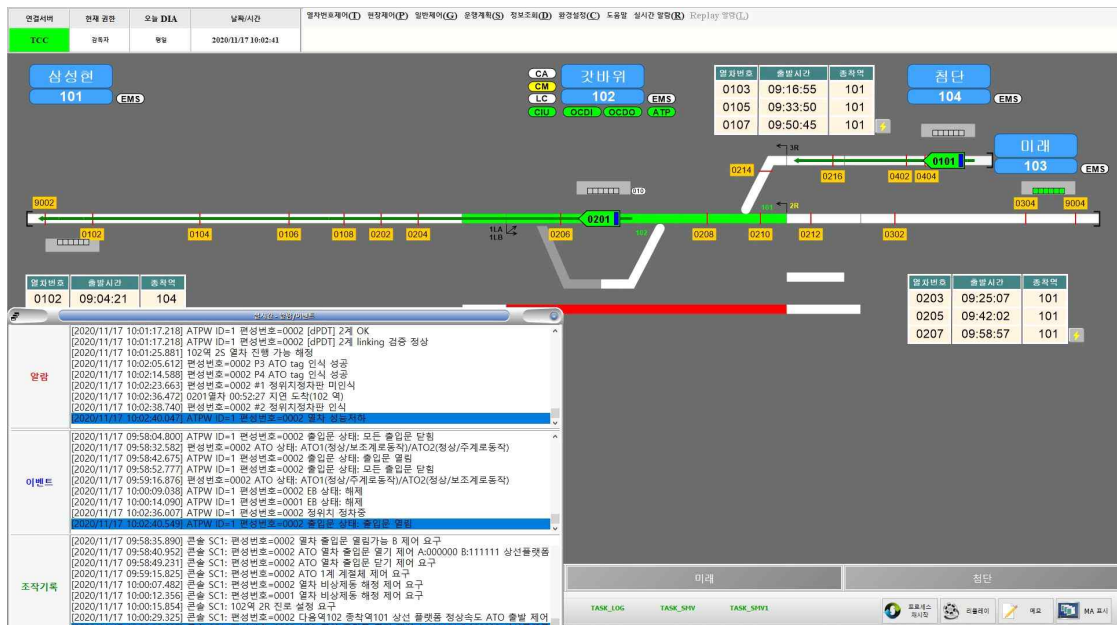
시행
기록

정적 PDT 결과 확인

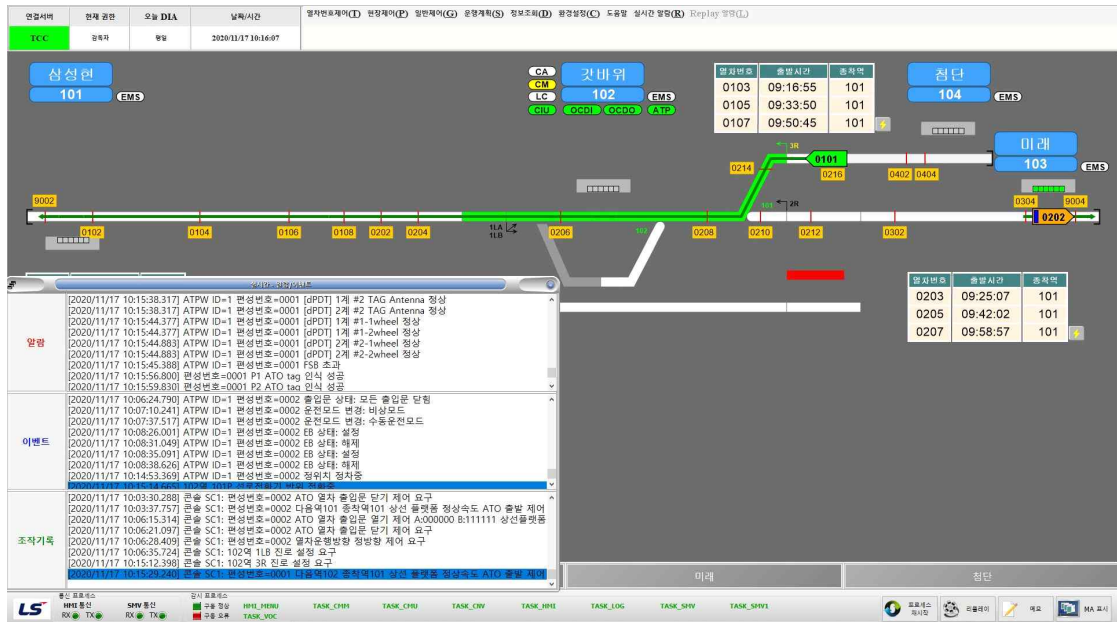


미래역에서 갯바위역으로 동적시험 실시

시험
기록

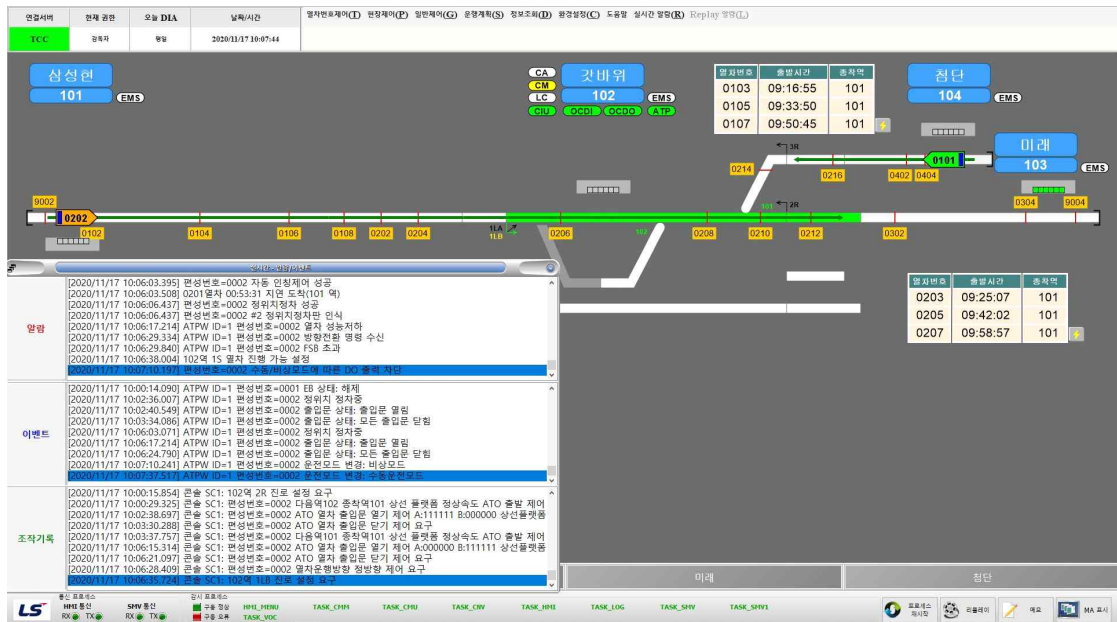


갯바위역에서 삼성현역까지 목적지 할당 및 열차 출발 허용



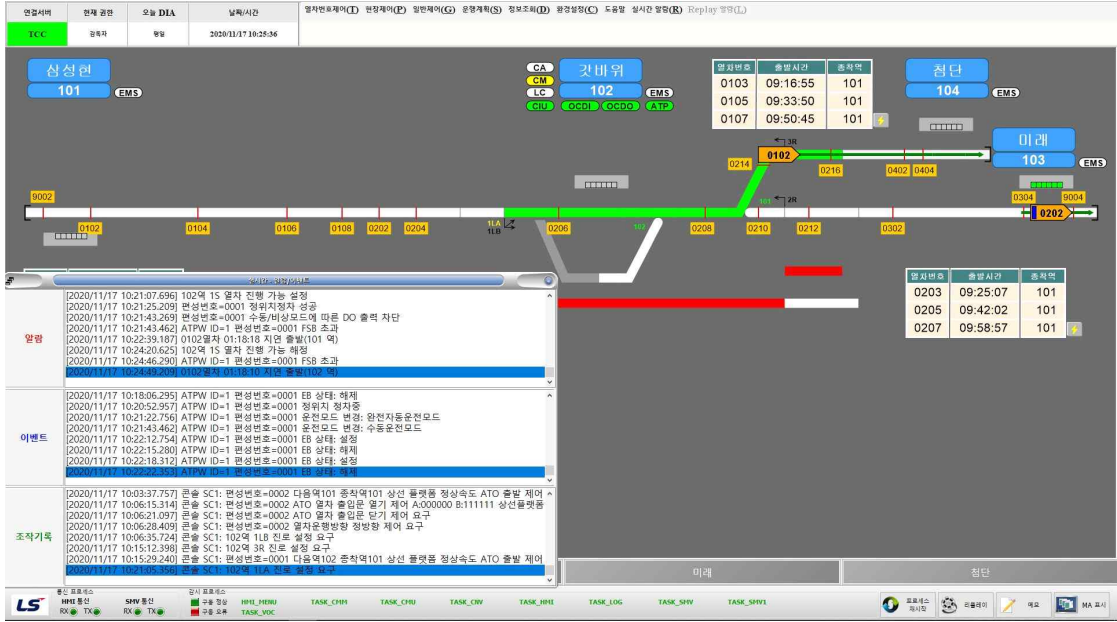
첨단역 동적시행 실시

시험
기록



삼성현역 도착

시험 기록



전방의 선로 상태 감시

시험 결과

시스템을 기동하는 절차와 시스템이 정지된 후에 시스템을 재 기동하는 절차를 수행하였으며, 시험결과 이상없음

- 안전 및 운영 요구사항 검증 시험 결론
- 메트로텍은 신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업’을 통해, 신림선 경전철 무인운전 시나리오 안전 요구사항 31건과 운영 요구사항 52건을 도출하였으며, 도출된 무인운전 시나리오가 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 연계시험을 통해 원활하게 구현되는지를 검증하기 위한 시험을 실시
- 시험의 효율적인 시행을 위해 주관기관인 ㈜우진산전은 안전 요구조건과 운영 요구조건을 효과적으로 검증할 수 있는 요구조건 검증용 안전 및 운영요구사항 검증 SW를 개발하였으며, 3차년도에 메트로텍에서 검증 SW를 기반으로 안전 요구사항 31건 및 운영 요구사항 52건에 대한 시험을 2020년 11월 16일 ~ 2020년 12월 15일까지 경량전철 전용시험선인 경산시험선에서 검증 시험을 완료
- 경량전철 전용시험선 경산시험선에서 시험을 실시한 안전 및 운영 요구사항 검증에 대한 객관성 및 공정성 확보를 위하여 자문을 3차례에 걸쳐 시행하였으며, 자문위원 선정으로는 국내 최초의 K-AGT 고무차륜 경전철 운영사인 부산4호선 운영기지 소장의 경험을 토대로 관제, 신호 및 차량분야 자문위원으로 선정, 철도기술 발전 및 성능검증을 담당하는 한국철도기술연구원의 차량 및 신호분야 전문가를 자문위원으로 선정하여 객관성 및 공정성을 확보
- 따라서 안전 및 운영요구사항 검증 83건에 대해 시험을 완료하여 신림선 경전철에 K-AGT 차량 및 KRTCS 열차제어시스템을 2020년 12월 말에 납품되어 안전한 도시철도 건설 및 운영에 기여

- 공동연구기관 LS일렉트릭(주)

신림선 경전철에서 무인영업운전 예정인 KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항을 위한 상세 설계를 통하여 경량전철 전용시험선은 경산시험선 열차제어시스템 Test-bed 구축 및 개별 기능시험을 진행함

2차년도 신림선 경전철 적용 예정 KRTCS(신호시스템) 상세 설계 및 경산시험선 열차제어시스템 제작설계 및 제작을 완료하여, 경산시험선에 구축 및 시험, 시운전 계획을 수립하였으며, 3차년도에 KRTCS 지상장치, 차상설비, 관제설비에 대한 개별시험을 실시하고, K-AGT 차량과 인터페이스 및 무인운전 기능 검증을 진행함

<2차>

○ KRTCS를 적용한 경량전철 열차제어시스템 상세 설계 및 설치

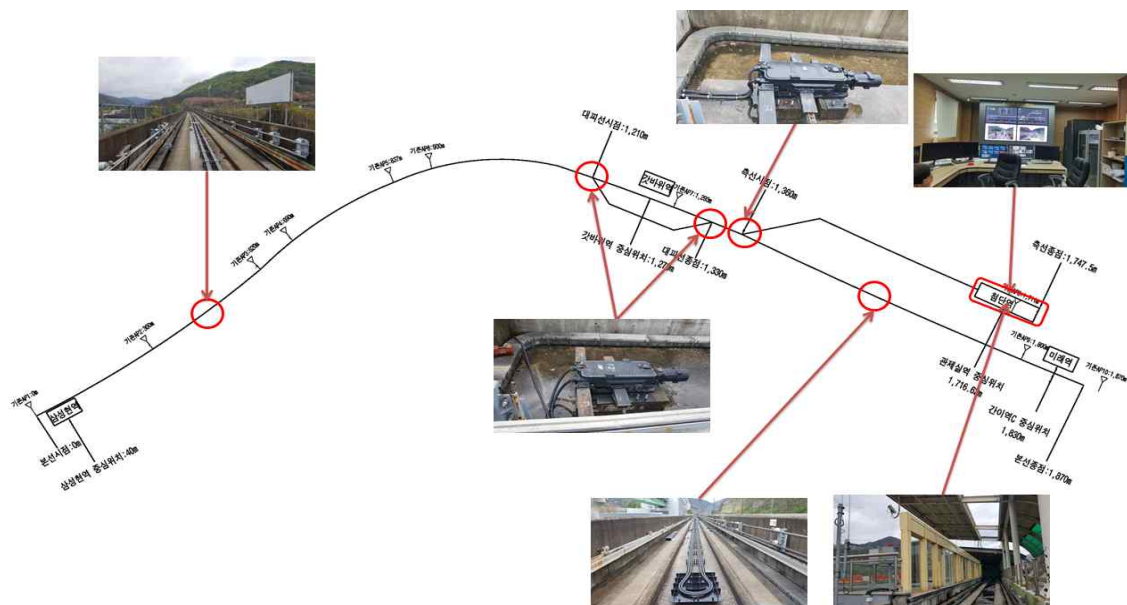
● 열차제어시스템 제작설계 및 제작

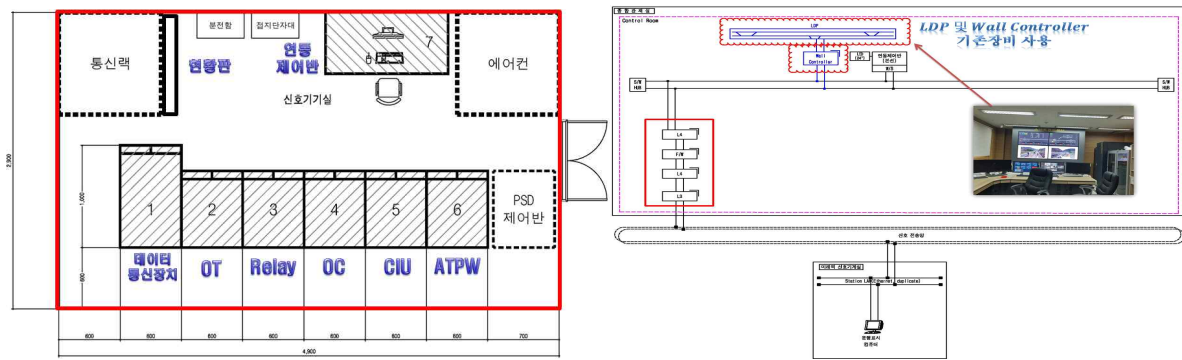
- 경산시험선(신림선) 열차제어시스템 제작설계 및 제작 완료
- 열차제어시스템 납품을 위한 공장검사 시행



● KRTCS를 적용한 경량전철 열차제어시스템 상세 설계 및 설치

- 경산시험선 Test-bed 구축을 위한 현장조사 시행 및 구축계획 수립
- 경산시험선 Test-bed 구축방안 계획서 작성 및 시험_시운전 계획 수립





<3차>

○ KRTC(신호시스템) 경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 기능시험

- 철도기술연구사업으로 추진 중인 “K-AGT 차량과 KRTC 열차제어시스템 안전·운영 요구사항 검증”과 관련하여 경산시험선에 KRTC-1 시스템을 구축한 후 시스템의 성능과 타 분야와의 인터페이스 사항을 검증하여 시스템의 안전성과 운영에 문제가 없음을 검증하기 위함.

- 경산시험선 현황



- 경산시험선 시설물 현황

설비별	수량	상태	비고
선로전환기	1틀	P63호[2틀(P61, P62호)은 사용하지 않음]	
무선통신장치	10개소	기존 설치위치에 장비 교체하여 운용	
태그	1식	신호시스템 설계 결과에 따라 반영	
전원장치	1식	기존 전원장치 사용	
관제설비	1식	ATS 콘솔 설치, LDP 기존장비 사용	

● 경산시험선 신호설비 구축
- 공정 추진현황

주요공정			실적		2월				3월					4월				5월				6월				7월			비고 (공정률)
			전체 수량	실적	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1	2	3	
경 산 시험선 신 호 설 비 구 축	신호설비 자재 반입 및 반입 검사		1식	1식																								100%	
	실내설비	ATPW 설치 및 전자연동장치 설치	1대	1대																								100%	
		데이터통신장치 설치	1식	1식																								100%	
		실내설비 결선 작업	1식	1식																								100%	
		관제설비 설치	1식	1식																								100%	
		모니터링장비 설치	1식	1식																								100%	
	현장설비	무선통신설비 설치(기준장비 철거 포함)	11개소	11개소																								100%	
		태그 설치 및 ID 입력	56개	56개																								100%	
		정위치 정차판 설치	8개	8개																								100%	
		전원 및 제어케이블 설치	1,174m	1,174m																								100%	
		광케이블 설치	2,574m	2,574m																								100%	
		네트워크 설치	1식	1식																								100%	
	전체 구간 및 자재 기능 시험	AP 자체 기능시험	1식	1식																								100%	
		ATPW-CBI-관제실간 통신 기능시험	1식	1식																								100%	
		태그 및 정위치정차판 위치 검증	64개소	64개소																								100%	
		기계실 장비 전원 투입 기능시험	1식	1식																								100%	
		자재 연동 기능시험	1식	1식																								100%	

- 신호설비 자재반입 및 반입검사

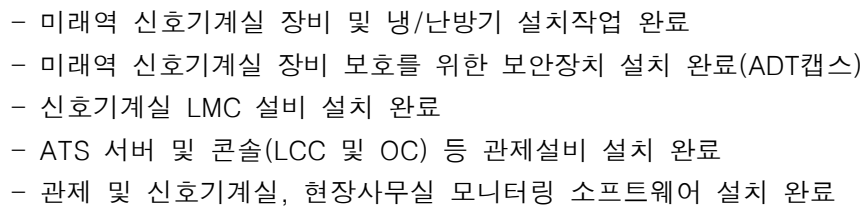
- 2020. 02. 06 ~ 02. 07 반입 및 반입검사 시행 완료

- 실내설비 설치작업

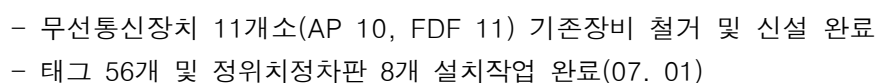
- 미래역 신호기계실 장비 반입 및 설치작업 완료(02. 10)
- ATPW 및 전자연동장치 각종 케이블 결선 작업 시행 완료(02. 29)
- LCC 및 모니터링 설비 설치작업 완료(05. 08)

- 현장설비 설치작업

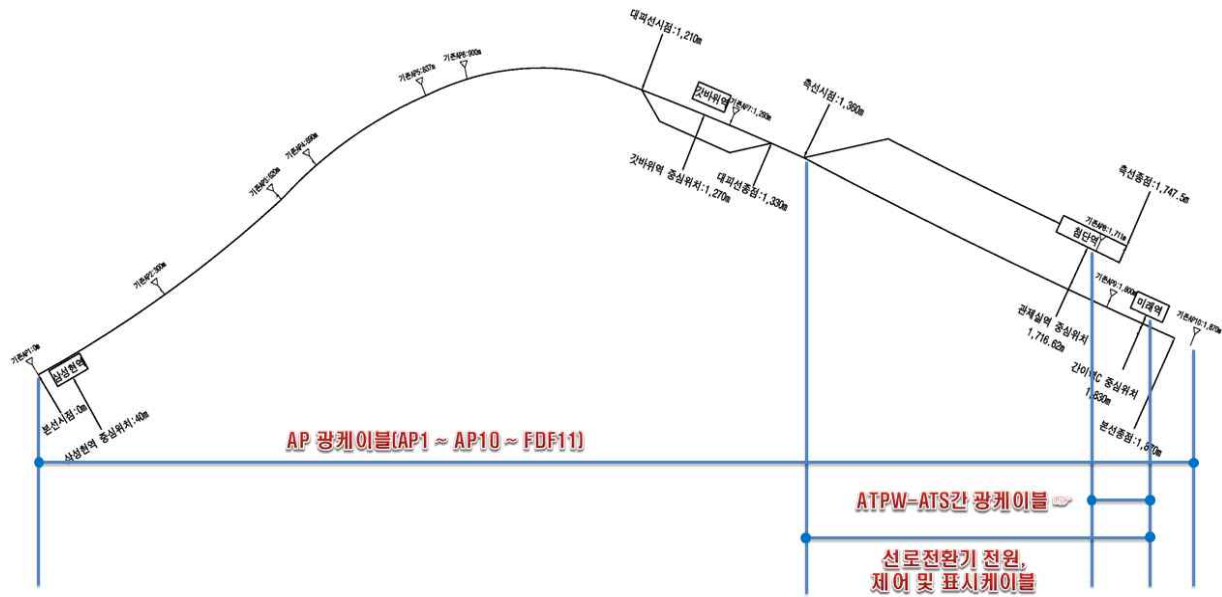
- 무선통신장치(AP, FDF, 안테나) 설치작업 완료(02. 11)
- 태그 및 정위치 정차판 설치작업 완료(07. 01)
- 전원/제어/광케이블 및 전선관 설치작업 완료(02. 28)
- 광케이블 성단 및 광망 통신 기능시험 완료(02. 29)



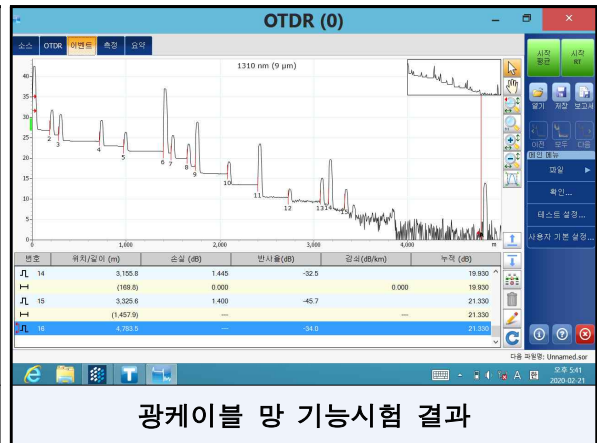
■ 신호장비 설치현황



– 신호케이블 설치현황



- 전 구간 전원/광케이블 설치 및 성단작업 완료
- 관제실 ~ 미래역 신호기계실 간 광케이블 설치 및 성단작업 완료
- 미래역 신호기계실 ~ 선로전환기간 전원/제어케이블 설치작업 완료



- 기타설비 설치현황

○ 시험 및 시운전 편의설비 설치



신호기계실 ~ 현장사무실 계단 설치



시험 모니터링을 위한 현장사무실 설치

- 시험인원 기계실로 이동이 편리하도록 계단 제작 및 설치(02. 10)
- LS일렉트릭(주) 및 ㈜우진산전 시험_시운전 시 모니터링을 위한 현장사무실을 미래역 인근에 설치하여 이례사항 발생 시 즉시 조치가 가능하도록 하고, 시험인원 회의 및 휴식 공간 마련(냉/난방기 설치 완료)

- 자체 기능시험

○ 무선 통신장치 시공검사 및 자체 기능시험 시행(02. 26 ~ 02. 27)



AP 커버리지 이동 기능시험



AP 커버리지 기능시험(AP01)

○ 태그 및 정위치 정착판 설치위치 검증 시행(05. 06 ~ 05. 07)



태그 위치 검증



태그 위치 검증



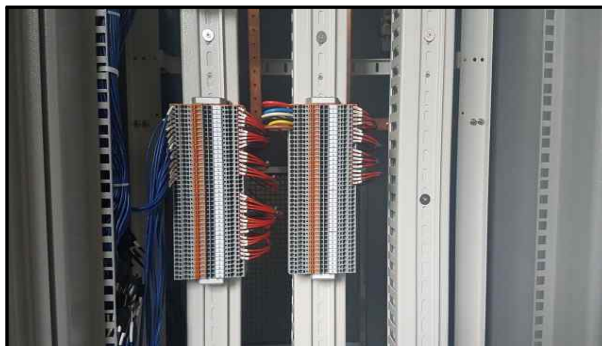
태그 위치 검증



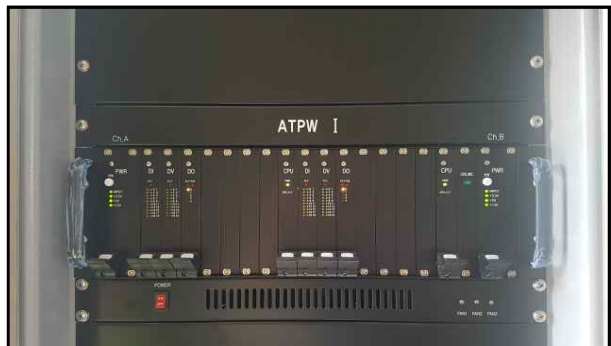
태그 위치 검증

※ 태그 위치 검증 결과 이설이 필요한 개소에 대해 05. 23 조치 완료

○ 신호기계실 장비 추가 결선 및 전원인가 기능시험(05. 06 ~ 05. 07)



추가 결선작업 시행



ATPW 전원인가

○ 종합관제실 ATS 서버 및 콘솔 설치, ATPW, LCC, LMC, ATS 프로그램 설치 기능 확인 / AP 현장 상태 확인 및 ATPW - 데이터통신장치간 인터페이스 기능시험(05. 14)



종합관제실 콘솔 설치



ATS 서버 설치



선로전환기 결선 완료



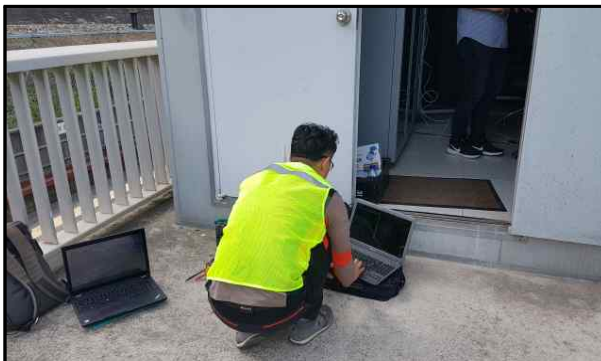
ATS, LCC 소프트웨어 설치



ATPW 소프트웨어 설치



LDP 화면 수정(완료)



ATPW-데이터 통신장치 인터페이스 시험



ATPW-데이터 통신장치 인터페이스 시험

○ 종합관제실에서 자체 연동검사 시행(05. 15) ㉞ 자체 기능시험 완료



자체 연동검사 시행(종합관제실)



LDP 자체 연동검사 화면

- 무선급전 차량운행 종료(06. 30)에 따라 갯바위역 ~ 삼성현역간 태그 및 정위치 정차판 설치 (07. 01) 전 구간 신호설비 설치 완료



정위치 정차판 및 태그 설치(갯바위역)



태그 설치(갯바위역 ~ 삼성현역)

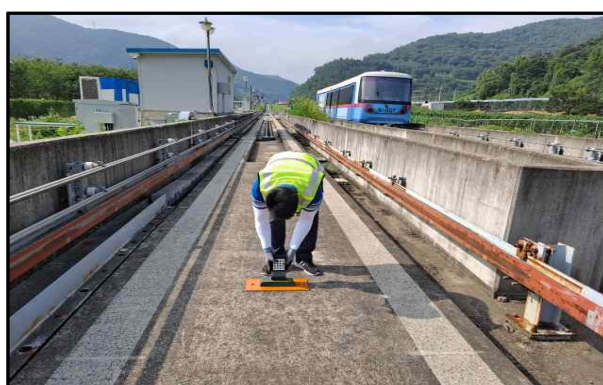


태그 설치(갯바위역 ~ 삼성현역)



태그 설치(갯바위역 ~ 삼성현역)

- 갯바위역 ~ 삼성현역간 태그 ID 입력(07. 02) 전 구간 입력 완료



태그 ID 입력(갯바위역 ~ 삼성현역)



태그 ID 입력(갯바위역 ~ 삼성현역)

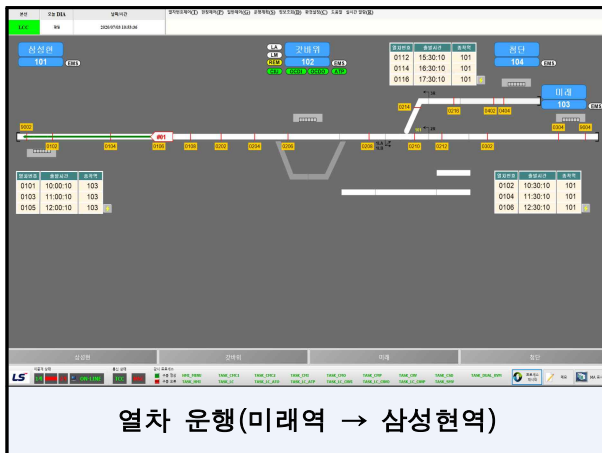
○ 전차선 연결 및 전 구간 가압 후 열차 운행(07. 03)



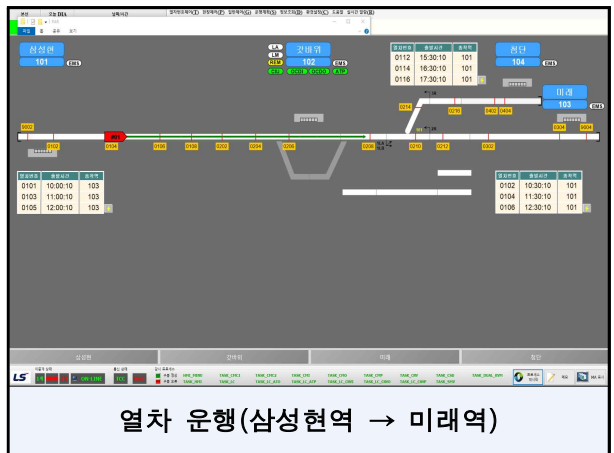
전차선 연결 전



전차선 연결 완료



열차 운행(미래역 → 삼성현역)



열차 운행(삼성현역 → 미래역)

● 시스템 시험 및 시운전 추진현황

－ 신호시험 추진일정



1편성	07.06 ~ 07.08	07.09 ~ 07.15	08.18 ~ 10.27		10.28 ~ 11.15
2편성	07.22 ~ 07.23	07.23 ~ 07.24	07.27 ~ 08.21	08.24 ~ 09.25	[2개 편성 운행 시험 및 완전무인 운전모드 운행]

※ 통합운행모드 시험 시 차량분야 무인운전모드 예비주행(2,500Km)과 병행하여 시행하여 완료함.

－ 신호항목별 추진현황

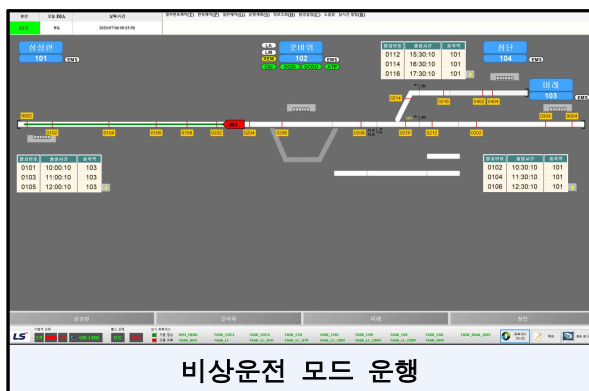
시험 종류			실적		진행률	비고
시험 항목		편성별	시험완료	잔여항목		
비상운전 시험	12항목	1편성	12항목	－	100%	7/6~7/8
수동운전 시험	16항목		16항목	－	100%	7/9~7/15
자동운전 시험	14항목		12항목	－	100%	8/18~8/21
무인운전 시험	13항목		13항목	－	100%	10/15~10/27
지상설비연계동작시험	1식		1식	－	100%	8/11
비상운전 시험	12항목	2편성	12항목	－	100%	7/22~7/23
수동운전 시험	16항목		16항목	－	100%	7/23~7/24
자동운전 시험	14항목		14항목	－	100%	8/10~8/21
무인운전 시험	13항목		13항목	－	100%	8/24~9/25
비정상상태시험	8항목	1 / 2 편성	8항목	－	100%	10/28~10/29
2편성 혼용 시험	1식		1식	－	100%	10/29~10/30

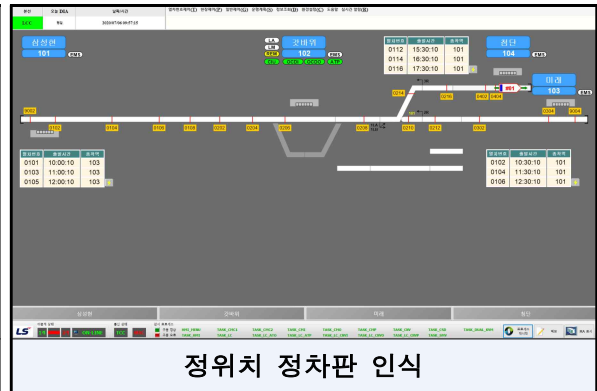
※ 전체 시험항목별 시험결과는 ‘붙임 2 경산시험선 현장시험 절차서 내 시험결과’ 참조

① 비상운전 모드 시험(ATP)

[1편성_완료]

- 현장설비 인식시험 : 07. 06 ~ 07. 07
- 무선통신장치 동작시험 : 07. 07 ~ 07. 08
- 데이터베이스 검증시험 : 07. 07 ~ 07. 09
- 방호 기능시험 : 07. 07 ~ 07. 08

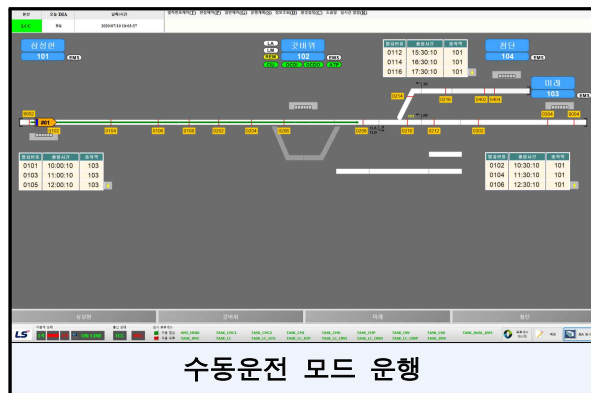




② 수동운전 모드 시험(ATP)

[1편성_완료]

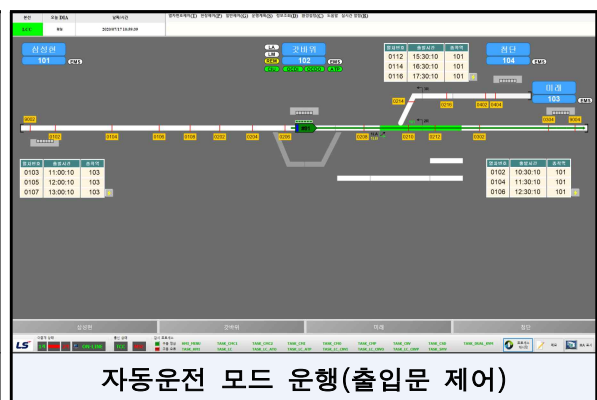
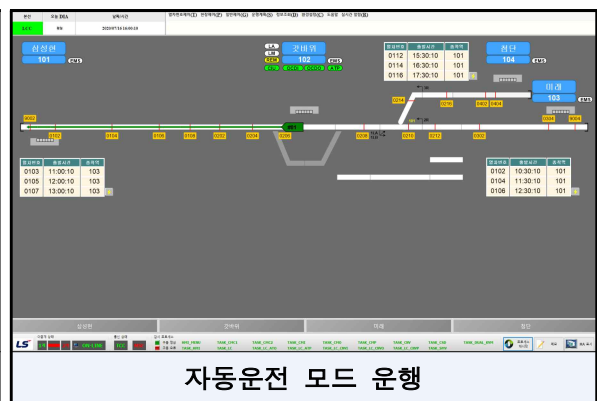
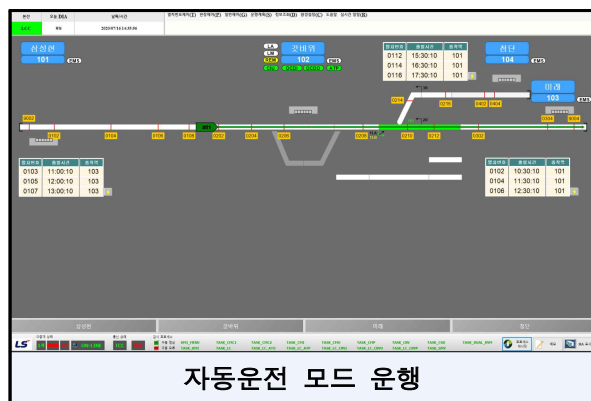
- 정적 시험 : 07. 09 ~ 07. 09
- 동적 시험 : 07. 10 ~ 07. 15



③ ATO 예비 주행시험

[1편성 _완료]

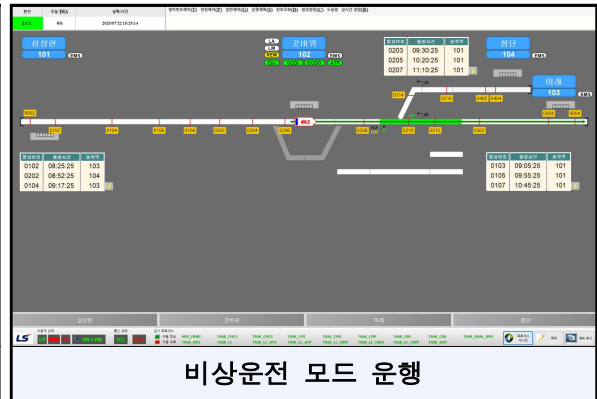
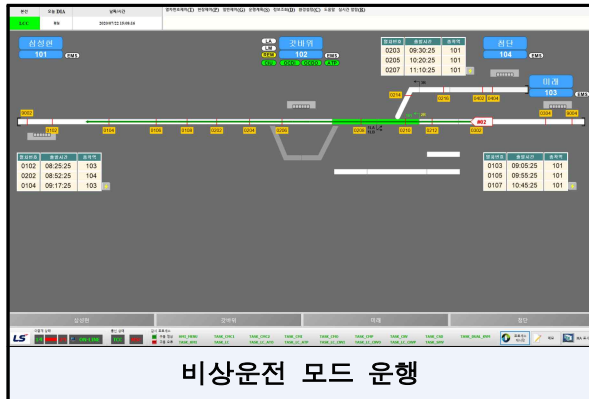
- ATO 소프트웨어 업데이트 및 자동운전 시험을 위한 사전 시험 운행 : 07. 16 ~ 07. 22



④ 비상운전 모드 시험(ATP)

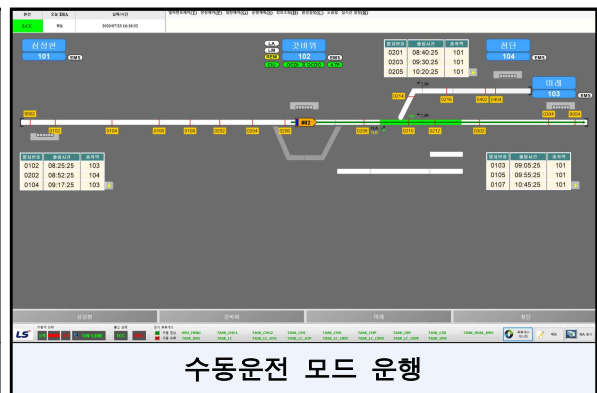
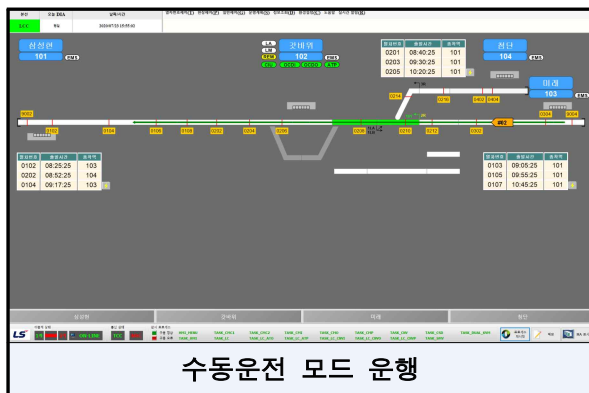
[2편성_완료]

- 현장설비 인식시험 : 07. 22 ~ 07. 23
- 데이터베이스 검증시험 : 07. 22 ~ 07. 23
- 방호 기능시험 : 07. 22 ~ 07. 23

**⑤ 수동운전 모드 시험(ATP)**

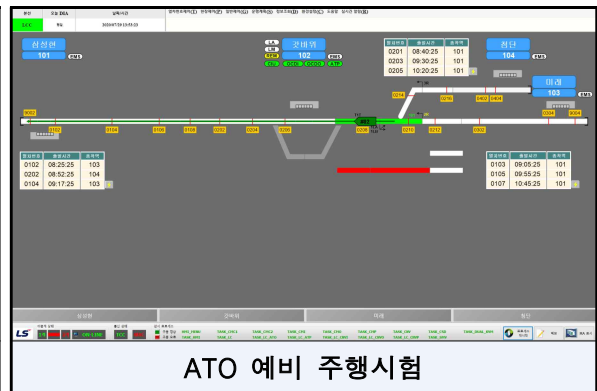
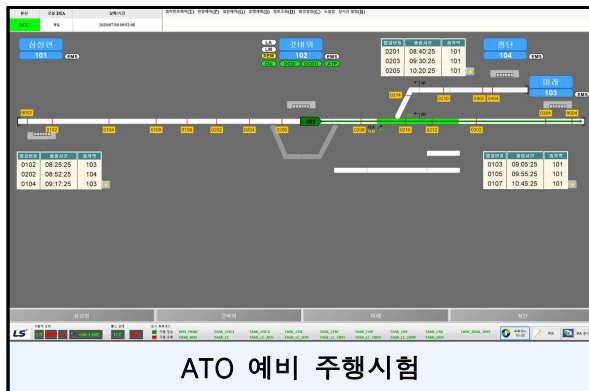
[2편성_완료]

- 정적 시험 : 07. 23 ~ 07. 24
- 동적 시험 : 07. 23 ~ 07. 24

**⑥ ATO 예비 주행시험**

[2편성_완료]

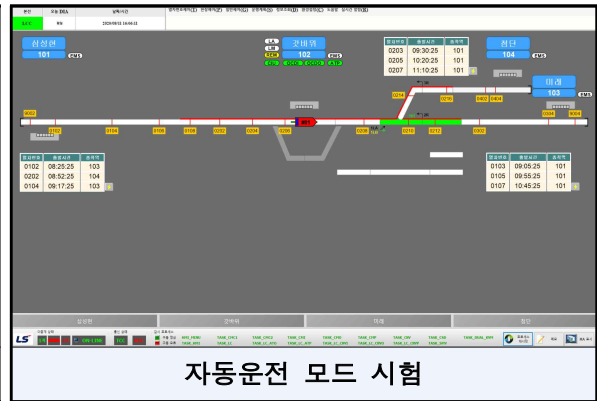
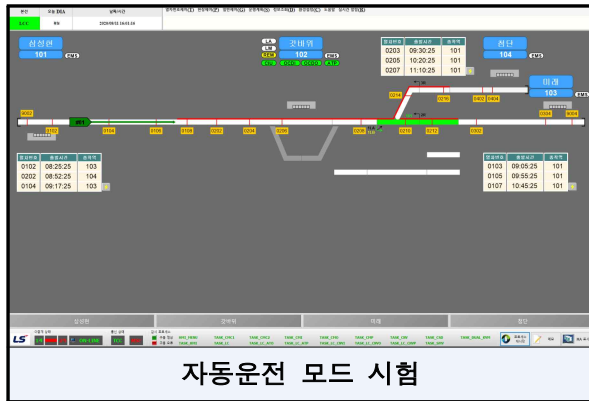
- ATO 자동운전 시험을 위한 사전 시험 운행 : 07. 27 ~ 07. 30



⑦ 자동운전 모드 시험(ATO)

[1편성_완료]

- 정적 시험 : 08. 10 ~ 08. 11
- 동적 시험 : 08. 10 ~ 10. 14



⑧ 지상설비 연계동작시험

[1편성_완료]

- 사전 준비 시험 : 08. 10 ~ 08. 11
- 철기연 입회 시험 : 08. 11

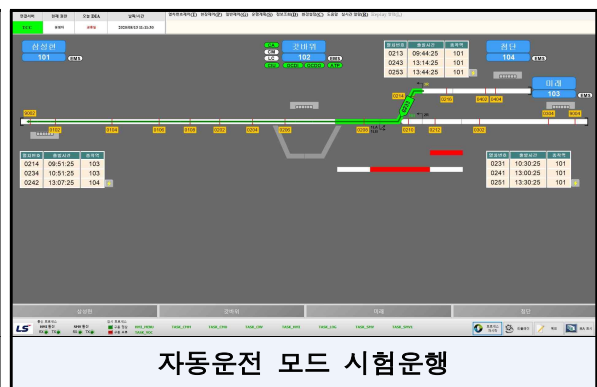
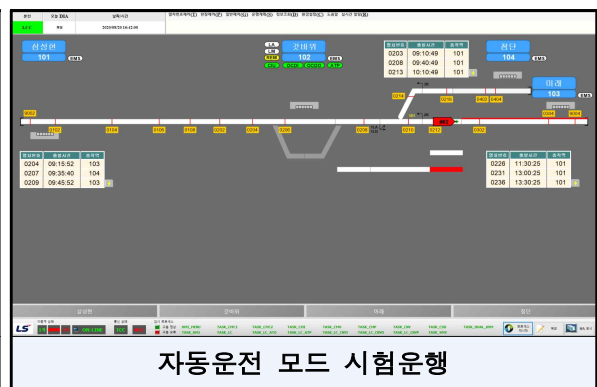
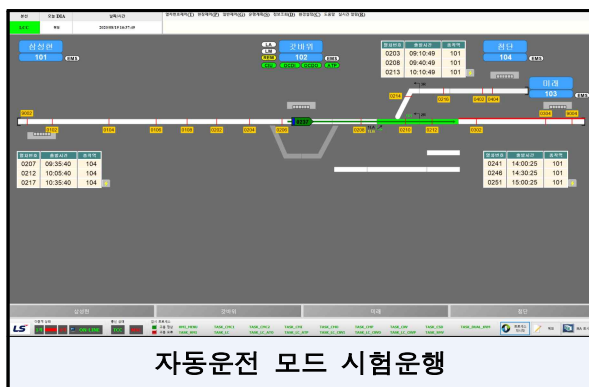
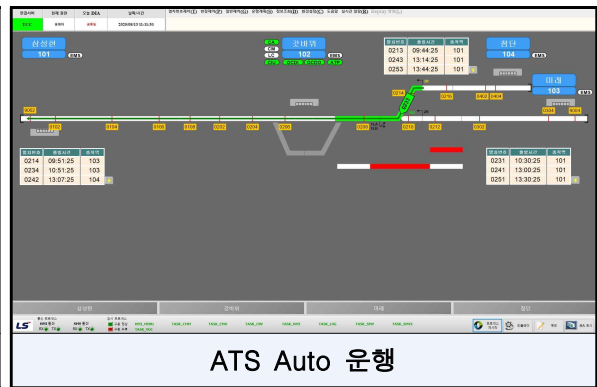
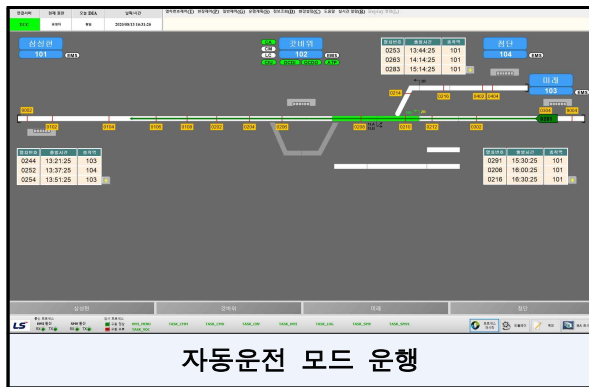


⑨ 자동운전 모드 시험(ATO)

[2편성_완료]

- 정적 시험 : 08. 12 ~ 08. 13
- 동적 시험 : 08. 12 ~ 08. 21

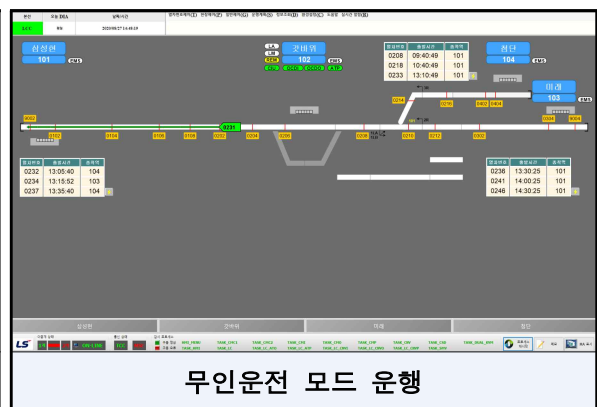
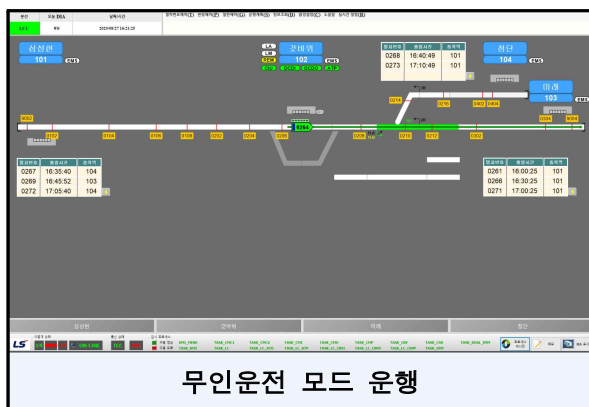




⑩ 무인운전 모드 시험(ATO)

[1_2편성_완료]

- 정적 시험 : 08. 24 ~ 08. 24 /
- 동적 시험 : 08. 25 ~ 09. 25 /
- ATS Schedule 운행 : 08. 27 ~ 09. 25 /
- 정위치 정차 오차 측정 : 08. 27 ~ 09. 25 / 10. 15 ~ 10. 28





정위치 정차 오차 측정



정위치 정차 오차(침단역 과주 5cm)

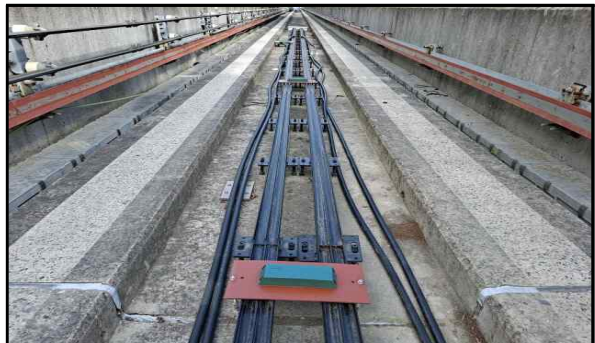
- 신호시험 현안사항 조치현황

○ 시험관련 기술현안 요약

- 태그 인식 오류 발생 : 미래역 일부 구간에서 태그 안테나 2개가 동일한 태그 데이터를 수신하는 현상이 발생하여 동일하게 설치된 타 구간에서 시험을 진행했으나 이상이 없음을 확인하여 태그 교체 및 주변 장치 영향을 제거해도 동일현상 발생하였고, 발생구간을 벗어나 설치하면 문제가 발생하지 않음을 확인[경산시험선 일부 구간의 무선급전케이블 철거 후 시험결과 문제없음 확인하여 현안사항 종결].



무선급전케이블 이설 작업(미래역)



무선급전케이블 이설 완료(미래역)

- 정위치 정차 센서 인식 ISSUE : 동일 열차에 설치된 정위치 정차 센서가 이상 동작하는 문제 발생하여 확인한 결과 차량 장비들의 전자파 간섭에 의한 것으로 확인되어 이에 대한 대책 마련이 필요함[정위치 센서 브라켓을 플라스틱으로 교체하여 시험하고, 개선한 브라켓으로 센서 높이를 조정하여 시험한 결과 문제점 해소 확인[정위치 센서는반드시 차량 본체와 절연하여 설치가 필요(현안사항 종결)]]



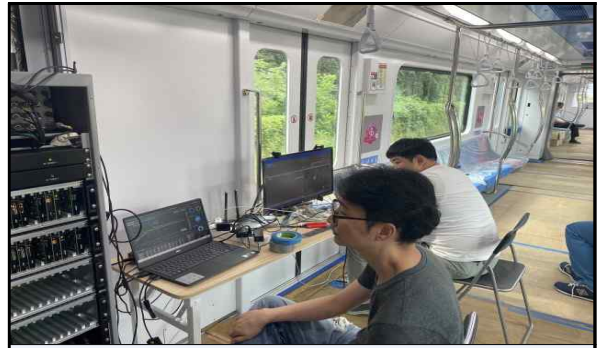
정위치 센서브라켓 교체 작업



정위치 센서브라켓 교체 작업



정위치 센서 높이 조정

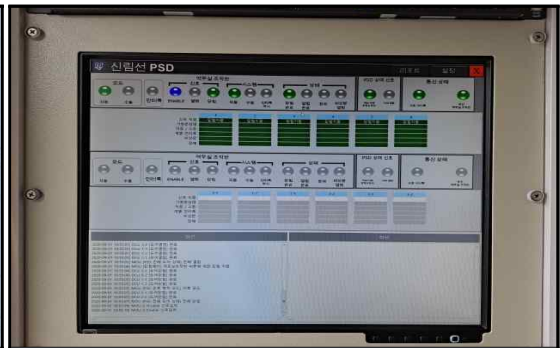


정위치 센서 동작상태 기능점검

- ATO ↔ PSD 인터페이스 : 기존에 시험한 내용과 달리 현장에서 시험한 결과 열차가 awake, sleep 작동을 하지 않고(TCMS I/F), 최종 협의된 인터페이스로 열차 출입문과 연동하여 PSD 동작 및 응답 등의 시험이 필요함(PSD)
- ATO ↔ PSD 인터페이스 시험을 진행하여 자체 및 차량 운행 시 PSD 종합제어반과 통신 및 차량 출입문과 PSD 열림/닫힘 확인 완료.

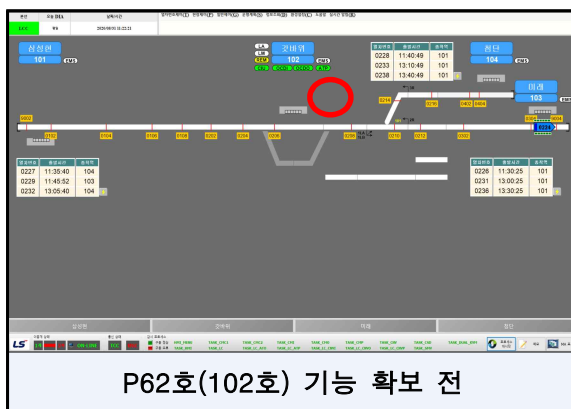


PSD 인터페이스 시험

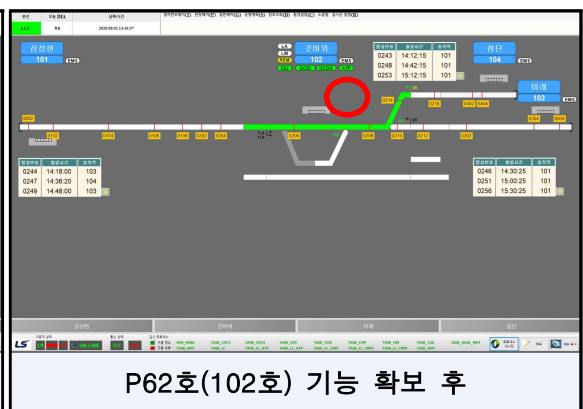


ATO ↔ PSD 통신

- 선로전환기 추가 기능확보 : 차량분야 1편성 형식시험 운행을 위해서 유치선에 주박된 차량이 본선으로 이동할 때 수동으로 P62호 선로전환기 전환을 함에 따라 사고발생 우려가 있어 P62호 선로전환기 기능 확보
- 우진산전에서 P62호 ~ 미래역 신호기계실간 CVV 2mm²×7C 케이블 설치하고 ATS, CBI 소프트웨어 업데이트 하여 8월 31일 기능시험 완료.



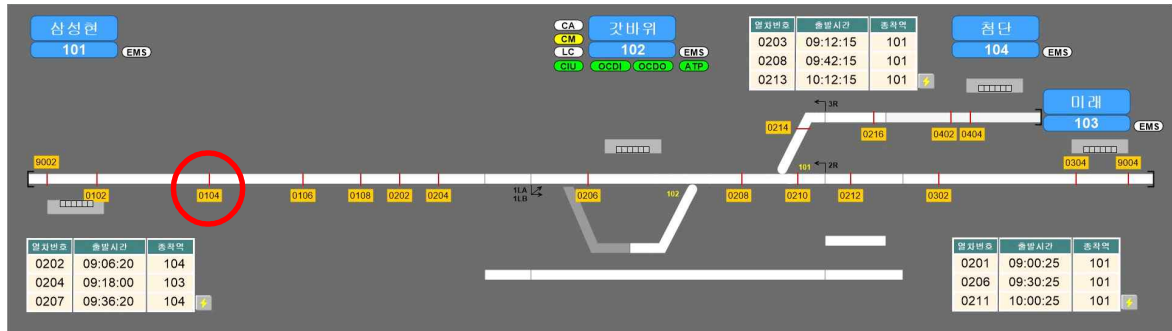
P62호(102호) 기능 확보 전



P62호(102호) 기능 확보 후

- P62호 선로전환기(102호)는 진로제어와 연동으로 전환되지 않고 P62호 반위 시 진로가 설정되지 않게 시스템 구성하여 신호 시험차량 운행에는 문제가 없으나 차량시험을 위한 1편성 주박선에서 출고 시 P62호 정위 상태에서 할출 우려가 있어 방향에 따른 경광등 설치 및 시험 완료

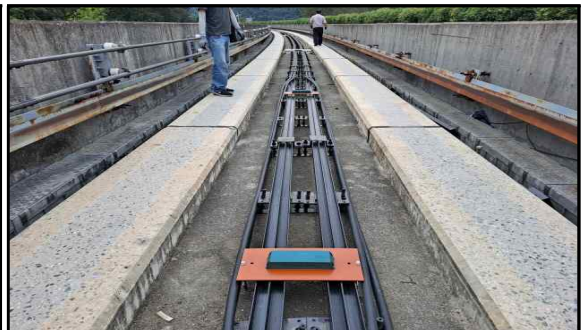
- 태그 인식 오류 발생 : 갯바위 ~ 삼성현역간 운행하는 열차가 104태그를 인식하지 못하는 현상이 자주 발생하여 태그 하부의 무선급전 케이블을 이설하여 조치 완료[현안사항 종결]



- ATP 104 태그 하부의 무선급전케이블을 이설하여 시험한 결과 문제점 해소되었고, 간헐적으로 발생하는 태그 CRC Error를 해소하기 위해 ATP 204, 208, 402 태그도 조치를 완료함.



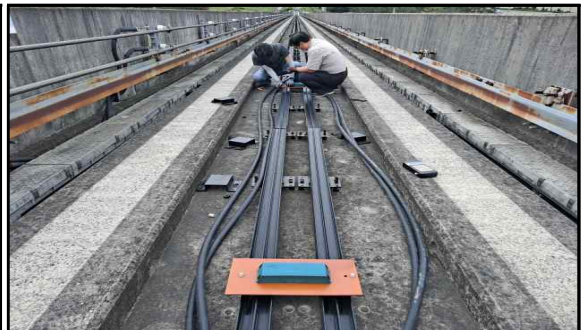
104태그 조치작업 완료



204태그 조치작업 완료

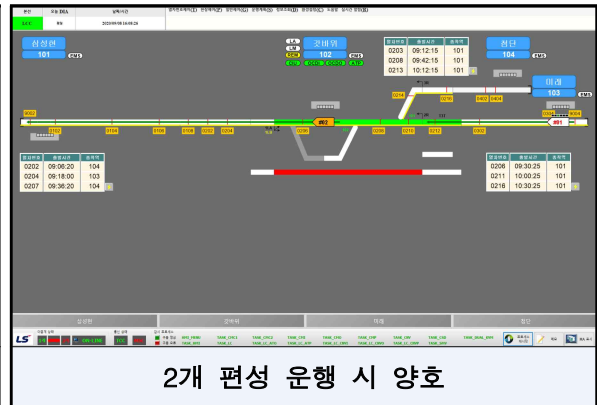
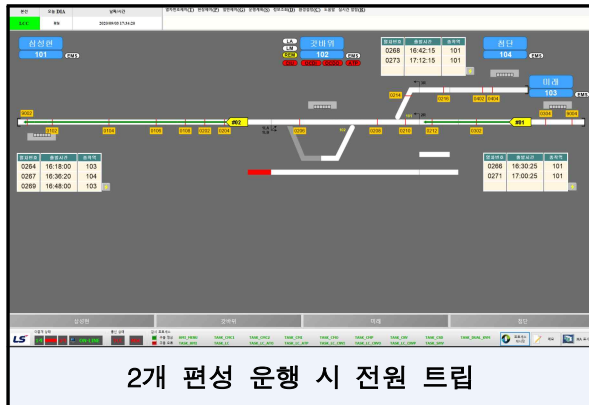


208태그 조치작업 완료



402태그 조치작업 완료

- 2개 편성 운행 시 전력피크치 확인을 위한 시험 진행 및 조치
 - 1편성과 2편성 개별 무인운전모드 시험완료 후 2개 편성 혼용운행 시 경산시험선 전원용량 가능여부를 판단하기 위해 시험을 진행
 - 9월 3일 2개 편성 최대 출력으로 운행 시 22.9KV VCB 트립되며 전체 전원 차단되어 시험 중단(철거연 PVM 시험단 요청)
 - 9월 8일 사업단 전력담당 및 현대일렉트릭에서 변압기 및 정류기 점검 후 추가 시험 진행 하였고, 최초 운행시 AISS 차단을 확인하여 설정치 변경(30A → 50A) 후 추가 시험 진행하여 전원용량 이상 없음 및 2개 편성 운행에 문제없음 확인 완료.



3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- K-AGT 고무차륜 경전철 차량시스템과 KRTCS 신호시스템 상호간 무인운전에 필요한 안전요구조건 및 운영요구조건을 검증을 통하여 신뢰성 및 안정성을 확보하여 신림선에 납품하여 성공적인 상용화를 실현중이며, 신림선 도시철도에 실적을 확보하여 추후 국내외 노선에 적용 가능
- RF-CBTC 무선LAN Wi-Fi의 문제점을 보완하여 차량 및 신호시스템 간 무선통신의 안정성 및 보안성 향상
- 신림선 경전철 무선통신시스템의 전송지연 및 로밍시간, 보안성 시험을 통한 안정성과 신뢰성 검증으로 무인운전 열차제어시스템 운영의 효율성 증대

(2) 정량적 연구개발성과

- 특허출원 : 3건 계획 대비 3건 특허출원 완료
- 논문게재 : 2건 계획 대비 3건 게재 완료
- 소프트웨어 등록 : 1건 계획 대비 1건 등록 완료
- 기타(보고서 외) : 21건 계획 대비 24건 완료

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명			연도	1년차 (2019~2019)	2년차 (2019~2019)	3년차 (2020~2020)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)				3	3	100
		실적(누적)				3	3	100
	논문게재	목표(단계별)	0	1	1	2	100	
		실적(누적)	1	1	1	3	150	
	SW등록	목표(단계별)		1		1	100	
		실적(누적)		1		1	100	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	사업화	목표(단계별)			0	0	0	
		실적(누적)			1	1	100	
계		목표(단계별)	0	2	4	6	100	
		실적(누적)	1	2	5	8	133	

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)		단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	목표설정 근거
				보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	
1	신뢰성	SIL	100	다수	SIL4	SIL4	2018~2021	SIL4(SA)
2	응답 시간	ms	100	다수	50ms	20ms	2018~2020	10ms
3	로밍 시간	ms	100	다수	40ms	40ms	2018~2020	0ms

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	신림선 무인운전 을 위한 K-AGT와 KRTCS간 안전·운영 요구사항 검증연구	한국도시 철도학회	박진재	-	-	-	비SCIE	2018.10. 12		100%
2	신림선 무인운전 을 위한 K-AGT와 KRTCS간 안전·운영 요구사항 검증 S/W연구	한국정보 기술학회	김영식	-	-	-	비SCIE	2020.12. 31	eISSN 2093-7571 79	100%
3	K-AGT와 KRTCS 간 무인운전 안전 및 운영 요구사항 검증 시험	한국정보 기술학회	김영식	-	-	-	비SCIE	2021.02. 28	eISSN 2093-7571 81	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2018년 한국도시철도학회 추계학술대회	이재형	2018.10.12	리카이 샌드파인 리조트 컨벤션센터	대한민국

□ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	머신러닝 기반의 차상과 지상간 무선통신 최적화 방법	대한민국	(주)크리웨이브	2020.09 .29	10-2020- 012741 7					100%	
2	무인 운전 열차 제어를 위한 테스트 시나리오의 테스트 수행 장치	대한민국	(주)우진산전	2020.12 .17	10-2020- 017692 2					100%	
3	열차의 정위치 정차를 위한 센싱 시스템	대한민국	LS일렉트릭(주)	2020.12 .23	10-2020- 018197 1					100%	

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1										

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	안전 및 운영 요구사항 검증 S/W	2019.10. 01	(주)우진 산전	2019.11. 20	제C-2019-034 393호	(주)우진산전	100%

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

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

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	KRTCS 납품	국내	신림선 도시철도	KRTCS 신호시스템 적용	LS일렉트릭	3,150,000		2019	
							11,200,000		2020	
							3,150,000		2021	
							약 7,000,000		2021	
							약10,500,000		2022	

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
신림선 도시철도	2019	3,150,000		3,150,000	
	2020	11,200,000		11,200,000	
	2021	3,150,000		3,150,000	
합계		17,500,000		17,500,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			신림선 도시철도 KRTCS 납품		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		35,000,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			17,500,000	50,000,000	100,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	10%	70%	100%
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		- KRTCS 신호시스템(도시철도용)을 고속철도용으로 제품개발 - 실시간 데이터전송을 이용한 국방분야 및 이동차량과 노변 간 데이터 전송이 필요한 분야로 개발			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		17,500,000	50,000,000	100,000,000	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
2021	신림선	17,500,000		17,500,000			
2026	국내 도시철도	100,000,000		100,000,000			

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

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

□ 산업 기술 인력 양성

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

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	경산시험선 견학	부산교통공사	K-AGT 시운전차량 탑승 및 경산시험선 견학	2020.06.02
2	경산시험선 견학	광주도시철도공사	K-AGT 시운전차량 탑승 및 경산시험선 견학	2020.07.09~10
3	경산시험선 견학	인천공항공사	K-AGT 및 KRTCS 현황 견학 및 벤치마킹	2020.07.14
4	시험참관	서울도시철도건설본부	경산시험선 K-AGT차량과 KRTCS 열차제어시스템 시험참관	2020.10.30

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
기탁	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

(1) 최종목표 달성도

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 활용한 성능시험 및 검증	○ 안전 및 운영 요구사항 정의 - 안전 요구사항 31건 정의 - 운영 요구사항 52건 정의 - KRTCS 요구사항 정의	100
	○ Test-bed 구축 및 S/W 개발 - 차상 ATP/ATO 장치 설치 - 안전 및 운영 요구사항 검증 S/W 개발	100
	○ S/W를 활용한 성능시험 및 검증 - 안전 요구사항 31건 검증 - 운영 요구사항 52건 검증 - K-AGT 현장시험 결과 보고서	100
○ 차/지상 무선통신장치간 통신 안정성 및 보안성 요구사항 4 건 검증	○ 무선통신시스템 요구사항 정의 - 무선통신시스템 요구사항 분석서 - 무선통신시스템 요구사항 검증계획서	100
	○ 무선통신 시험 톨 설계 및 구축 - 무선통신 검증 톨 개발완료 보고서 - 무선통신 검증 톨 구축보고서	100
	○ 무선통신 안정성 및 신뢰성 검증 - 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증 보고서 (지원주파수/전송지연/로밍시간/보안성 검증완료)	100
○ K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시 스템의 기능 및 성능시험	○ KRTCS(신호시스템) 무선통신 요구사항 분석 - KRTCS 안전 및 운영 요구사항 분석	100
	○ Test-bed 상세설계 및 구축 - Test-bed 상세설계 및 구축 - 경산시험선 열차제어시스템 구축계획 수립 및 구축	100
	○ S/W를 활용한 성능시험 및 개별시험 - 안전 및 운영 요구사항 현장 검증 시험 - KRTCS 기능시험	100

(2) 연차별 목표 성과목표 달성도
가. 1차년도

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 무인운전 요구사항 정의	○ 무인운전 안전 요구사항 정의 - K-AGT 안전 요구사항 사례조사서 - K-AGT&KRTCS 무인운전의 안전 요구사항 분석서	100
	○ 무인운전 운영 요구사항 정의 - K-AGT 운영 요구사항 사례조사서 - K-AGT&KRTCS 무인운전의 운영 요구사항 분석서	100
	○ 무인운전 무선통신 안전요구사항 정의 - 국내 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 분석서 - 신림선 차/지상 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 분석서	100
○ 무선통신시스템 요구사항 정의	○ 무선통신시스템 안정성 및 보안성 요구사항 분석 (무선통신시스템 요구사항 분석서) - 신림선 경전철 기반인 무선통신기반 열차제어시스템 운용환경에 따른 무선통신망 안정성 및 보안성 검증을 위한 요구기능/사양 분석	100
	○ 무선통신시스템 안정성 및 보안성 요구사항 검증방안 제시 (무선통신시스템 요구사항 검증계획서) - 무선통신시스템 요구기능 및 사양분석서 기반 검증항목 도출, 기능검증 항목에 따른 기능검증 방법 절차 방안수립, 경산시험선 현차시험 시나리오 및 검증방안 제시	100
○ KRTCS(신호시스템) 무선통신 요구사항 분석	○ KRTCS(신호시스템) 안전 및 운영 요구사항 정의 - KRTCS 안전 및 운영 요구사항 분석서	100
	○ 무선통신 안정성 및 신뢰성 요구사항 검증 방안 정의 - 무선통신 안정성 및 신뢰성 요구사항 검증 방안 분석서	100

나. 2차년도

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ Test-bed 구축 및 S/W 개발	○ 차상 ATP/ATO 장치 설치 - 차상 ATP,ATO 장치 설치도	100
	○ 무인운전 검증 S/W 개발 - 안전 및 운영요구사항 검증 SW 매뉴얼 및 성능확인 시험계획서	100
	○ 장비 구매 - 구매계획서_K-AGT 고무차륜 경전철 및 한국형열차제어시스템(KRTCS)	100
	○ 논문 1 건 : 신림선 무인운전을 위한 K-AGT와 KRTCS간 안전·운영요구사항 검증 S/W연구 (eISSN 2093-7571 79)	100
○ 무선통신 시험 톨 설계 및 구축	○ 무선통신 검증 톨 설계 및 제작 (무선통신 검증 톨 개발완료 보고서) - 요구기능 분석 및 성능사양을 검증 무선통신 검증 톨 설계 및 제작 진행	100
	○ 무선통신 검증 톨 시운전 및 문제점 보완 (무선통신 검증 톨 구축 보고서) - 개발된 무선검증 톨 차/지상 무선통신시스템 검증 시험 환경구축 및 상위망 연동시험을 통한 기능검증)	100
○ Test-bed 상세설계 및 인터페이스 톨 설계 및 제작	○ Test-bed 상세 설계 - Test-bed 구축보고서	100
	○ KRTCS(신호시스템) 인터페이스 톨 설계 및 제작 - 인터페이스 톨 설계서 및 구축보고서	100
○ KRTCS 적용한 열차제어 시스템 상세 설계 및 구축	○ KRTCS 열차제어시스템 장비 제작승인 및 제작 - 열차제어시스템 제작승인 및 공장검사	100
	○ 경산시험선 열차제어시스템 구축계획 수립 및 구축작업 - 경산시험선 현장조사 및 시스템 구축방안	100

다. 3차년도

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 안전 및 운영 요구사항 검증 S/W를 활용한 성능시험 및 검증	○ 무인운전 안전 및 운영요구사항 검증 - 안전 및 운영 요구사항 현장시험 결과보고서 - 우진산전 경산시험선 현장시험 결과보고서 특허출원 1 건 : 무인 운전 열차 제어를 위한 테스트 시나리오의 테스트 수행 장치(10-2020-0176922) 논문 1 건 : K-AGT와 KRTCS 간 무인운전 안전 및 운영 요구사항 검증 시험(eISSN 2093-7571 81)	100
○ 무선통신 안정성 및 신뢰성 검증	○ 무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증 (무선통신 안정성 및 보안성 요구사항 검증 보고서) - 2차년도 결과물인 검증 툴 기반으로 경산시험선 실차운용 환경에서 무선통신 요구사항 4건(지원주파수, 로밍시간, 전송지연시간, 보안성)에 대한 안정성 및 보안성 검증완료 특허출원 1 건 : 머신러닝 기반의 차상과 지상간 무선통신 최적화 방법(10-2020-0127417)	100
○ K-AGT 차량 및 KRTCS 신호시스템의 기능 및 성능시험	○ S/W를 활용한 성능시험 - 안전 및 운영 요구사항 현장시험 결과보고서 - Test-bed 시험환경 구축 및 철거보고서	100
○ KRTCS 신호시스템 기능시험	○ KRTCS(신호시스템) 경산선 관제설비, 연동장치, ATP/ATO 기능시험 - 경산시험선 시공 ITC - 경산시험선 시험계획 및 실적 - 경산시험선 현장시험 절차서 - 경산시험선 관제설비 시험결과 특허출원 1 건 : 열차의 정위치 정차를 위한 센싱 시스템(10-2020-0181971)	100

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

- 경산시험선 안전 및 운영 요구사항 검증 시험 결과를 토대로 안전 및 운영 요구사항 보완
 - 차상 ATP 장치 계 절체 : 차상 ATP 1계 고장시 ATP 2계로 절체시 열차에 비상제동이 체결되는 현상이 발생하는 부분에 대해서는 외부전문가의 기술자문 실시한 결과 열차 운영의 효율성을 향상 시키기 위해서 Vital 관련한 계절체가 아닌 경우에는 비상제동이 아닌 상용제동을 체결하는 것으로 시나리오를 수정
 - 구원운전 절차 추가 : 구원운전 절차에 대해 고장열차를 당기는 구원열차, 고장 열차를 미는 구원 열차 시나리오를 추가
 - 관제 명령 수정 : 관제 명령을 신림선 관제시스템에 맞게 수정
- 신림선 경전철은 전 구간 지하(차량기지 포함)로 건설되므로 기후에 영향이 없으며, 고무 차륜 경전철 차량의 경우 점착계수가 높기 때문에 열차 Slip/Slide 발생확률은 거의 없음. 만약 Slip/Slide가 발생할 경우, 순간 가감속도 9.6km/h/s 이상일 때 비상제동을 체결하며, 열차 추진장치 및 제동장치는 순간 가감속도 9.6km/h/s 이상이 될 때까지 열차를 재점착시키기 위하여 Slip /Slide 제어를 수행함
- KRTCS 열차제어시스템 무결성 및 고도화 계획
 - 국내에서 운영중인 RF-CBTC 노선의 장애사례 및 사례사항에 대해서 사전에 조사 및 분석을 시행한 후 신림선에 적용한 KRTCS 열차제어시스템의 타임아웃 보완계획을 수립하여 타 노선에서 발생한 무선통신의 장애가 발생하지 않도록 시스템을 구성하였음
 - 보완계획
 - 차~지상장치(1:1) 단일 접속 Roaming에서 다중경로(1:N) Roaming 적용
 - 차상신호장치와 지상무선장치간 멀티 경로 2.4GHz/5GHz 적용
 - OFDM 무선전송기술 적용으로 외부간섭 및 보안성 강화

3) 연구개발 과정의 성실성

- 신림선 적용 예정인 K-AGT차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증을 위하여 무인운전 시나리오에서 안전요구사항 및 운영요구사항을 분석하였으며, 차/지상간 무선통신장치간 통신 안전성 및 보안성도 분석을 완료
- 안전요구사항 및 운영요구사항, 무선통신요구사항 검증을 위하여 검증 S/W를 개발, 제작을 완료하였으며, 검증 및 시험을 위하여 경량전철 전용시험선인 경산시험선에 Test-bed를 구축완료
- 경산시험선에 K-AGT 차량 2편성 및 KRTCS 열차제어시스템, 무선통신장치에 대해 개별 시험 및 상호 인터페이스 시험을 진행완료 후 K-AGT차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전요구사항 31건, 운영요구사항 52건 및 무선통신장치 통신 안정성 및 보안성 요구사항 4건에 대해 검증을 완료
- COVID-19로 인하여 3차년도에 경산시험선 출장 및 시험이 중지되는 기간(2020년 3월 ~ 5월)도 있었지만, 이후 2020년 6월부터 2020년 12월까지 시험 및 검증을 완료하여, 2020년 12월 말에 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템을 신림선에 납품을 완료하였음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국가 R&D 사업을 통해서 개발된 한국형열차제어시스템(KRTCS)을 신림선 경전철에 최초 적용하는 것으로 무인상업운전 실적이 없어 수요처에서 K-AGT 고무차륜 경전철 차량시스템과 KRTCS 신호시스템 상호간 무인운전에 필요한 안전요구조건 및 운영요구조건을 충족함으로써 성공적인 상용화를 위해서 반드시 필요한 현안기술임
- 신림선에 납품하여, 실적을 확보하며, 국내외 노선에 적용 가능
- RF-CBTC 무선LAN Wi-Fi의 문제점을 보완하여 차량 및 신호시스템 간 무선통신의 안정성 및 보안성 향상을 위해서 반드시 필요한 핵심 현안기술임.
- 본 연구사업을 통해서 신림선에 성공적으로 상용화 할 경우 국가의 경쟁력 강화는 물론 이거니와 고용창출 효과에도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상
- KRTCS 및 무선통신장치의 성공적인 상업화로 국내 도시철도 사업의 건설 및 운영비 절감 효과 발생
- 신림선 경전철 무선통신시스템의 전송지연 및 로밍시간, 보안성 시험을 통한 안정성과 신뢰성 검증으로 국내 무인운전 열차제어시스템 운영의 효율성 증대

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1) 연구개발성과의 활용계획

- 신림경전철사업에서 성공적인 상용화를 통해서 향후 추진 예정인 국내 도시철도(경전철 포함) 사업에 적극적으로 참여 가능
- KRTCS 적용을 계획 중인 국내 지방자치단체, 정부 주체를 대상으로 적극적인 홍보 및 부가가치 창출
- K-AGT&KRTCS 간 무선통신 및 무선통신장치의 안정성/신뢰성을 검증을 통하여 무선통신장치의 시장대응력과 사업 경쟁력을 강화하고 수익창출을 극대화 할 수 있도록 사업화 추진
- 안전 및 운영 요구사항 검증 결과를 토대로 신림선 우선시운전 및 종합시운전, 개통 이후 검증 시나리오를 적용하여 시험 및 운영시 활용 할 계획이며, 안전 및 운영 요구사항 시나리오는 국내 도시철도 신규노선 무인운전 시나리오에 벤치마킹이 되도록 홍보 및 제공되도록 할 계획임. 개발된 검증 SW는 국내 도시철도 노선에서 정의된 무인운전 시나리오에 대한 적정성 및 효과적인 시험이 진행될 수 있으므로 적극적인 홍보를 통하여 부가가치를 창출할 계획임
- 무선통신 기술향상으로 안정성 및 보안성 향상으로 통신지연시간, 로밍 시간, 멀티채널 통신, 보안기술 향상으로 차량 및 신호시스템 자립화를 통한 국내 지방자치단체, 정부 주체를 대상으로 적극적인 홍보 및 부가가치 창출
- 차량 및 신호시스템의 Package로 해외시장 진출을 위해 브랜드화 실현

2) 타 연구에의 응용방안

○ 철도차량 운영 및 유지보수 편의성 향상

- 철도차량 네트워크 모니터링 및 진단을 통한 운영 및 유지보수 편의성 대폭향상

○ 무선통신시스템 타 산업분야에 활용가능

- 본 연구결과의 무선통신시스템은 고 신뢰성, 안정성, 저지연율을 가짐
- 실시간 데이터전송을 필요로한 국방분야 및 이동차량과 노변/이동차량 간 데이터 전송이 필요한 분야에서 활용가능

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)			연구개발 종료 후 5년 이내 매년 목표치
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내 논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내		
	국외		
	계		
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
		의료기기	
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1)
	2)
2.	1)
	2)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업 신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.