

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[☒ , 보안[☐]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		2017년 철도기술연구사업			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원				내역사업명			-			
공고번호	공고-제29호				총괄연구개발 식별번호			-			
					연구개발과제번호			19RTRP-C136787-03			
국가과학기술 표준분류	EI0605		90%	EI0606		5%	EI0607		5%		
총괄연구개발명	국문	『노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증』									
	영문	Certification of Safety integrity Level(SIL) and Site Verification on the Improvement Technology for Deteriorated PSD System									
연구개발과제명	국문	『노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증』									
	영문	Certification of Safety integrity Level(SIL) and Site Verification on the Improvement Technology for Deteriorated PSD System									
주관연구기관	기관명	(주)우리기술				사업자등록번호	112-81-38619				
	주소	(우) 03923 서울시 마포구 월드컵북로 56길 9, DMC단지 우리기술빌딩 4층				법인등록번호	110111-1118656				
주관연구책임자	성명	정승권				직위	상무(부소장)				
	연락처	직장전화	02-2102-5335				휴대전화	010-3781-8079			
		전자우편	jeongsk@wooritg.com				국가연구자번호	11211380			
연구개발기간	전체	2017.09.29 - 2021.04.30(3년 7개월)									
	1차 연도	2017.09.29 - 2018.01.30(0년 4개월)									
	2차 연도	2018.01.31 - 2018.12.31(0년11개월)									
	3차 연도	2019.01.01 - 2021.04.30(2년 4개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	2,355,000	78,520	706,680					2,433,520	706,680	3,140,200	
1차 연도	570,000	19,000	171,000					589,000	171,000	760,000	
2차 연도	1,037,400	34,600	311,400					1,072,000	311,400	1,383,400	
3차 연도	747,600	24,920	224,280					772,520	224,280	996,800	
공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고			
								역할	기관유형		
공동연구기관	한국교통연구원	이호	연구위원	010-6275-3948		holee@koti.re.kr		PM	공동		
위탁연구기관	대구도시철도공사	김성일	팀장	010-2506-2089		sikim@dtro.or.kr		PM	위탁		
연구개발담당자 실무담당자	성명	조래혁				직위		부장			
	연락처	직장전화	02-2102-5293				휴대전화	010-3249-6634			
		전자우편	jrj2016@wooritg.com				국가연구자번호	11017044			

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

2021 년 07 월 일

주관연구책임자 : 정승권 (직인)

주관연구기관의 장 : (주)우리기술 노갑선 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		2017년 철도기술연구사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명		-			연구개발과제번호		19RTRP-C136787-03	
국가과학기술 표준분류		EI0605	90%	EI0606	5%	EI0607	5%	
총괄연구개발명		『노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증』						
연구개발과제명		『노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증』						
전체 연구개발기간		2017.09.29 - 2021.04.30(3년7개월)						
총 연구개발비		총 3,140,200천원 (정부지원연구개발비: 2,355,000천원, 기관부담연구개발비 :785,200천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준(TRL8) 종료시점 목표(TRL8)	
연구개발과제 유형		지정공모 [☒] 자유공모 []						
연구개발과제 특성		문턱과제 실용화						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		○ 국토교통부가 2017년 2월에 발표한 승강장 안전사고 제로화 목표에 대해 노후화 스크린도어의 개량화 기술 확보 및 현차/현장시험 대상의 안전성 및 신뢰성을 입증하고자 한다. 안전성과 신뢰성의 정량적 목표는 다음과 같음 * 신뢰성(Reliability) : MTBF(30,000h/도어), MCBF(10,000cycles/시스템) - 가용성(Availability) : 99.99% * 안전성 : SIL3 이상 (스크린도어에 따른 사망사고 제로화) * 유지보수성(Maintainability) : 30분 ○ 부품 호환성을 확보하여 설치업체 도산 등에 따른 부품 조달 문제를 해소한다. * 개별제어장치(DCU) : 벨트, 스크류 등의 제품의 구동부 호환성 확보 * 중앙제어장치(PSDC) : 차량과 인터페이스(ATO, RF, Sensor 등) 호환성 확보 * 모니터링 장치 : 제어장치, 센서 등 고장 관리 장치의 호환성 확보 ○ 기존PSD 개량시 기능안전(IEC 61508)을 포함한 사용성(기능성) 및 안전성 향상					
	전체 내용		○ 광역도시철도의 노후화 스크린도어 안전성 검토 및 개량범위 설정 - 국토교통부와 전수조사 실시 - 안전성 범위 : 스크린도어와 열차 제어 연동 시스템과 끼임 사고 방지 기술 - 개량 범위 : 구동부 교체에 따른 각종 제어장치 ○ 개량화 기술에 대한 위험도 분석 및 안전요구 사양서 개발 ○ 노후화 스크린도어의 개량화 모델 및 관련 기술개발 - (안전성 기술 확보) 끼임 사고 방지를 위한 장애물 센서와 개별제어장치(DCU)의 운영 시나리오에 대한 소프트웨어 개발 및 안전성 입증 * 스크린도어 개량화의 사업 계획단계부터 요건, 설계, 구현, 시험, 검증, 설치 운영의 전 단계는 안전성 국제 기준 적합하도록 한다. - (호환성 기술 확보) 2010년 이전 설치한 노후화 스크린도어는 업체 도산에 따른 부품 조달이 불가능 한바, PSDC는 열차 차량과 신호시스템(ATO)과의 연계 동작이 가능하도록 인터페이스의 호환성 확보, DCU는 벨트방식, 스크류 방식 등 자동 도어 구동방식에 맞는 호환성을 확보한다. ○ 노후화 스크린도어 개량 기술(제품)에 대한 안전무결성수준 제품들의 품질 안정화를 위해 총분하게 현장 및 현차 시험을 실시하여 그 신뢰성 평가에 근거하여 특정 적용(Specific Application) 안전무결성수준 SIL3 이상의 인증서 취득 - 국제표준 안전무결성 기준(IEC62278, 62279, 62425) 적용 - 대구도시철도 2호선 승강장 대상으로 현차 및 현장 시험 * 현장/현차 시험을 위하여 대구 지하철 2호선 노후 스크린도어를 개량한다. * 구조체 재활용 방안을 도출하여 노후화 스크린도어 개선 경제성을 향상한다.					
	1차 연도	목표	1. 노후화 스크린도어 개량화 적용을 위한 제어시스템 인터페이스 개발 - 설치될 현장 조사를 통한 종합제어반(MCU)의 열차 인터페이스, 사용자 인터페이스 방식 결정 및 시험품 제작, 개별제어반(DCU)의 장애물인터페이스 방식 결정 및 시험품 제작 2. 노후화 승강장 현장 안전성 분석 - SIL 인증취득을 위한 RAMS 계획, V&V 계획, 품질보증계획, 형상관리 계획수립 - 설치될 현장 조사를 통한 노후화 스크린도어 개량 현장 설치 도면 설계 - 대구도시철도 시설현황 조사 및 승강장 위험원 및 위험원의 사고영향 분석					

			3. 노후화 스크린도어 운영자 요구사항 수립 - 승강장 안전 요구사항 수립 - 스크린도어 운영사례를 통한 스크린도어 기능 요구 사양 작성, RAMS 요구 사양 작성 및 현장/현차 시험 요구 사양 작성
			내용 ○ 국내외 역사 사양 조사를 위해 열차운행이 없는 심야에 구조체 실측 및 열차한계선 측정을 위한 시험장치 설치, 케이블링 및 접지 전원 등 스크린도어 제반 환경 조사 - 현장 조사에 기반 종합제어반에 사용될 중앙제어장치와 AT0/RF/센서 등 융합 인터페이스 장치 시험품을 설계하고 제작함 - 장애물 센서 인터페이스를 개별제어반에 설계하여 시험품을 제작함 ○ 차량기지에서 열차 조사를 통해 열차 인터페이스 방법 조사 ○ 종합 관제실의 PSD 제어 및 모니터링 현장 조사 - 스크린도어 관제시스템 운영 안전성 평가 ○ 스크린도어 운영 이력에 근거한 개선 사항 도출 - 노후화 스크린도어 개량 대상 승강장 선정 및 현장/현차 시험 요구사항 수립 - 스크린도어와 열차 연동 시나리오 도출 - Functional Safety Requirements 조사 및 수립 ○ 유지 보수 경험에 근거 RAM 목표치 상세 설정 ○ 노후화 스크린도어 운영 역사 현장 조사를 통한 재사용 범위 결정 및 재사용품과 호환 가능한 구조 및 상세 설계 - 현장 조사 보고서 및 스크린도어 설계도면 작성 ○ 세계적으로 통용되는 국제 철도 규격 IEC 62278(EN 50126) 에서 제시하는 개발 기법을 기반으로 안전성 분석 및 보장 방법을 적용하여 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 목표 수립 및 관리 계획 수립함 - RAMS 활동의 방법 정의 - RAMS 관련 조직 구성 및 책임 정의 - RAMS 활동의 산출물(deliverable) 정의 - RAMS 목표 정의 - 입증 방법론 정의
		목표	1. 노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치 - 스크린도어 제어기의 현장 적용을 위한 PSDC 열차 시스템 인터페이스 구현 제작 - 운영자 요구에 따른 PSDC 운영자 시스템 인터페이스 구현 제작 - 끼임 사고 방지를 위한 DCU 장애물 감지 센서 인터페이스 구현 제작 - 운영자 요구 및 안전성 요구에 따른 제어시스템 개량 - 승강장 안전문 상태 감시 정보 통신 프로토콜 기준 수립 - 현장노후 스크린도어 철거 및 구조체 설치 - 제어시스템 설치 2. 개량 스크린도어의 안전성 평가 - 개량 및 개발 스크린도어 안전성 평가 자료 작성 - 개량화 스크린도어 규격시험 - 노후화 스크린도어 개량화 설치 안전성 분석 - 동작 안전성 시험 및 검증 3. 개량 스크린도어 운영자 시험 - 개량화 스크린도어 운영자 시험
2차 연도			○ 다사역에서 기 운영중인 AT0, RF장치 및 정위치 감지 방식에 대한 사전조사를 통한 호환성 확인된 열차 인터페이스 시제품 제작/설치확인 - AT0 I/F와 RF I/F 구현 - 열차상태인식장치인 열차 정위치 감지 장치 구현 ○ 기 운영중인 운영자시스템을 내용을 근거로 추가적인 인터페이스를 개발하여 운영자 시스템 인터페이스 시제품 구현 - 상태감시 정보제공 인터페이스 구현 - 운영자(기관사) 디스플레이 인터페이스 개발 및 구현 ○ 끼임사고 방지를 위하여 개량화 된 스크린도어 시스템의 장애물감지센서 인터페이스 시제품을 제작 - 진단가능한 장애물센서 인터페이스 구현 - 센서와 개별출입문 제어부분 장애 예방 구현상태 ○ 운영자 요구사항을 정리하여 스크린도어 표준사양서 작성 및 시스템 설계서 작성 ○ 국제 철도 안전성 규격[IEC 62278]을 기반으로 수명주기별 안전성에 대하여 ISA(독립 안전성 전문 평가자)를 통한 평가 - 표준에서 정의된 개발 단계별 활동 및 산출물 작성 - ISA에 의한 활동 및 산출물 평가서에 근거한 설계 수정보완 ○ 노후화 스크린도어 다사역 재사용 범위 결정 및 재사용품과 호환 가능한 구조 및 상세 설계 - 공사, 제작, 설치 관련 문서 수요처 승인
		내용	

		- 기존 노후화 스크린도어 철거 - 스크린도어 구조체 및 제어기 제작 및 설치 ○ 개량화 스크린도어의 국내규격에 대한 적합성시험을 통하여 운영자의 요구조건을 준수하는지 확인 함 -개량화 스크린도어의 공인기관에 의한 KRS 규격시험 수행 ○ 개량화 개발 및 설치 프로세스의 안전성 보장을 위하여 전문가를 통하여 역사구조, 호환성, 구조체 재활용, 설치 프로세스 분석 - 승강장 캔틸레버 슬래브 구조안전진단 - 광역 도시 철도 노후화 승강장 현장 안전성 분석 - 구조체 재활용 대상선정 ○ 개량설비의 동작 안전성 시험 및 검증 - RAM(신뢰성, 가용성, 유지보수성) 상세 목표 도출 및 입증 - 위험 분석을 통한 안전성 기준 할당 및 입증 ○ 스크린도어 시스템과 통합관제와의 통신 프로토콜 및 스크린도어 구성 서브시스템 간의 통신 프로토콜 현황을 조사하고, 그 프로토콜의 문제점을 확인하여 표준형 프로토콜 확립 ○ 운영자시험평가표에 끼임사고방지 및 현장신호시스템 연계동작 등 안전성관련 기능포함 작성 - 노후화 스크린도어 개량화 설치 안전성 분석 - 동작 안전성 시험 및 검증 - 승강장안전문 상태 감시 정보 통신 프로토콜 기준 수립 - 개량화 스크린도어 운영자 시험
	목표	1. 현장설치 노후화 개량 기술에 대한 SIL 인증 입증 자료 작성 - 설계 안전성 확인, 구현 및 생산, 설치 프로세스의 국제 표준 부합 증빙 작성 - 운용 검증을 통한 안전성 증빙 작성 - 안전한 스크린도어 운영을 위한 제3자 전문 기관 권고사항 반영 - 사용성(기능성) 향상 검증 시험 - 해외사업 다양성에 대응하기 위한 공통된 통합기술 시스템 확보 2. 안전요구사항 반영 확인 및 최종 안전성 평가 및 SIL 인증 - 노후화 개량 스크린도어의 안전무결성 감사 및 평가 - Fail-safe(안전측 동작) 기법 적용 시험 및 확인 - 현장 현차 시험을 통한 신뢰성 목표 달성 확인 및 검증 - 안전기능의 SIL3 이상 기준 부합 확인 및 검증 - 안전무결성수준(SIL) 인증서 획득 3. 현차 및 현장시험을 통한 현장 적용성 평가 - 현장설치 후 시험 및 시운전을 상업운전과 같은 조건으로 수행 - 정상 및 비상 운전, 유지 보수 상황 등 모든 발생 가능한 상황에 대한 운전 평가 - 스크린도어 제어시스템의 내부 로그 확인을 통한 상세 운전 이력 보고 - 개별부품의 신뢰성 검증 및 유지보수 항목분류 및 교체시간 개선 - 현장 현차 시험 운영 리포트 발행 - 안전성 목표 및 현장 현차 시험 결과를 반영한 대구도시철도 노후화역사 개선 구매 규격서 발행
3차 연도	내용	○ 상업운전을 통한 가용율 시험 - 고장 분류, 고장 조치 사항 정의 - 시험 절차 수립 ○ 유지 보수성 입증율 단위품 교체시험 수행 - 교체품 정의 및 교체 절차 수립 - 고장을 가상화하여, 교체시험 수행 및 교체 시간 측정 ○ 사용성(기능성) 향상을 포함한 시스템 기능 요건 수립 및 시험 - 구조 요건, 기능 요건, 인터페이스요건, 자체 진단 요건, RAM 요건/안전 요건 상세 명세화 - 각 요건의 구현을 모듈 단계, 통합 단계별 시험 및 설계 확인을 통해 검증함 ○ 스크린도어에서의 열차 감시방식 통제 시스템 기술 개발 - 신사업 작성 및 특허등록 및 해외 스크린도어 적용을 위한 기술 제안 ○ 열차출입문과 스크린도어와의 연동시스템 인터페이스 기술 개선 - 해외 및 국내 스크린도어 적용을 위한 기술 제안 ○ 독립 안전성 검증기관 평가를 위한 개발 단계별 평가문서 작성 - 계획 및 요건 단계 5건 - 설계 단계 31건 - 제조 및 설치 단계 2건 - 시험 및 인증 단계 3건 ○ 평가 부적합 항목에 따른 설계 및 시험 수정으로 모든 단계별 개발 절차에서 안전성이 확보 되었음을 증빙 ○ 독립안전성평가활동을 통해서 스크린도어 시스템에 대한 RAMS 관리계획을 수립하고 보완함. ○ 스크린도어 시스템에 탑재된 시스템 수준의 위험원에 대한 안전성 분석 활동을 통해서 PSD

			시스템에 대한 안전 요구사항을 도출함. ○ 계통적 접근 방식을 통하여 인터페이스를 포함한 서브시스템 수준의 위험원 분석을 수행함. ○ 관련된 위험원에 대한 저감대책을 도출하였고, 운영지원 위험원 분석을 통하여 운영 지원에 관련한 저감대책을 도출함 ○ 도출된 저감대책은 시스템 요구사항서에 반영하여 시스템 구조 설계에 반영 ○ 설계에 대한 소프트웨어 모듈단계, 소프트웨어 통합단계, 소프트웨어 하드웨어 통합단계에서의 시험과 소프트웨어, 하드웨어, 시스템의 시험을 통해 요구사항 및 설계 구현 내용 확인함 ○ 프로젝트 수명주기에서 수행한 안전성 보증(assurance) 프로세스가 잘 관리 및 제어되고, 모든 수행 결과가 목적을 만족하는지 증명 ○ 안전성 평가를 통해 시스템 및 소프트웨어의 안전성 활동에 대한 계획이 평가 됨. ○ 시스템 수준의 설계 및 하드웨어 설계에 대한 확인. ○ 소프트웨어 설계 및 확인 단계에 대한 감사와 시스템 시험 및 확인단계에 대한 안전성 감사. ○ 시스템 안전성 보증 활동에 따라 안전성 평가보고서 발행 ○ 내구성 확인을 위한 장시간 동작 시험 수행 ○ 신뢰성, 가용성, 유지보수성 목표 달성을 위한 설계 분석 방법에 의한 증빙과 현장 시험을 통한 증빙을 수행 ○ 운영 평가 보고서 작성 및 대도시철도 노후화역사 개선 구매 규격서 발행									
연구개발성과			○ 노후화 스크린도어 개량화 적용을 위한 주제어반(MCU) 열차 인터페이스 개발 및 시제품 제작, 운영자 인터페이스 개발 및 시제품 제작, ○ 개별제어반(DCU) 장애물 검지 센서 인터페이스 개발 및 시제품 제작 ○ 노후화 스크린도어 개량 시스템 설계 및 설치 ○ 국제표준 안전무결성 기준(IEC62278, 62279, 62425)에서 제시된 안전성 향상 기술 적용 ○ 제3자 전문 기관을 통한 SIL 제품 개발 단계별 평가 및 감사를 통한 안전성 인증 기술 확보 ○ 100만회 동작 시험 및 장시간 현장/현차시험을 통한 내구성 검증 ○ 자체 고장 진단 강화 등의 기능성 향상 기술 구현 ○ 신뢰성(Reliability) 30,000시간/도어당, 가용성(Availability) 99.99%, 유지보수성(Maintainability) 30분 이내의 RAM 목표 달성 ○ 현장의 위험원이 모두 고려된 특정 적용(Specific Application) SIL 인증 절차 확립 ○ 개별 제어반 SIL3 등급, 종합제어반 SIL4 등급의 안전성 확보									
연구개발성과 활용방안 및 기대효과			○ 국토교통부가 발표한 노후화 스크린도어 개량 사업(구동부 및 그 제어장치와 S/W)과 스크린도어 안전시설 보강 사업에 적용 ○ 연구성과물을 다른 역사에 적용시 개량화 사업비 및 유지보수비 20% 절감 ○ 주요 제어기는 착탈식 구조로 유지보수시간(30분이내) 최소화 ○ 스크린도어 사망사고 제로화 기여 ○ 해외 및 국내에서 요구하는 다양한 기술을 반영한 PSD 시스템 확보									
연구개발성과의 비공개여부 및 사유			○ 보안사항(국내외 PSD 경쟁사가 해당내용 취득시 기술유출이 우려됨)									
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	7	5	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	노후화			승강장안전문		신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성			안전무결성기준			
영문핵심어 (5개 이내)	Deterioration			PSD(Platform Screen Doors)		Reliability, Availability, Maintainability, Safety			Safety Integrity Level(SIL)			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	4
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	111
4. 목표 미달 시 원인분석	125
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	127
6. 연구개발성과의 활용 계획	128
참고문헌	129

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

- 국토교통부가 2017년 2월에 발표한 승강장 안전사고 제로화 목표에 대해 노후화 스크린도어의 개량화 기술 확보 및 현차/현장시험 대상의 안전성 및 신뢰성을 입증하고자 한다. 안전성과 신뢰성의 정량적 목표는 다음과 같음
 - * 신뢰성(Reliability) : 30,000시간/도어당, 가용성(Availability) : 99.99%
 - * 안전성 : SIL3 이상 (스크린도어에 따른 사망사고 제로화)
 - * 유지보수성(Maintainability) : 30분
- 부품 호환성을 확보하여 설치 업체 도산 등에 따른 부품 조달 문제를 해소한다.
 - * 개별제어장치(DCU) : 벨트, 스크류 등의 모든 제품의 구동부 호환성 확보
 - * 중앙제어장치(PSDC) : 차량과 인터페이스(ATO, RF, Sensor 등) 호환성 확보
 - * 모니터링 장치 : 제어장치, 센서 등 고장 관리 장치의 호환성 확보
- 기존PSD 개량시 기능안전(IEC 61508)을 포함한 사용성(기능성) 및 안전성 향상



2) 연구개발과제의 년차별 목표

- 1차년도
 - 노후화 스크린도어 개량화 적용을 위한 제어시스템 인터페이스 개발
 - 노후화 승강장 현장 안전성 분석
 - 노후화 스크린도어 운영자 요구사항 수립
- 2차년도
 - 노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치
 - 개량 스크린도어의 안전성 평가
 - 개량 스크린도어 운영자 시험
- 3차년도
 - 노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치
 - 개량 스크린도어의 안전성 평가
 - 개량 스크린도어 현장/현차시험

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1차년도 (2017)	노후화 스크린도어 개량화 적용을 위한 제어시스템 인터페이스 개발	- 열차인터페이스 사양서 - 사용자인터페이스 사양서 - 장애물검지센서 인터페이스 사양서 - 형상관리계획서 - RAMS 계획서 - 품질보증계획서 - V&V(확인 및 검증)계획서 - 대구도시철도 PSD 현장조사 결과서 - 대구 다사역 실측보고서 - 열차인터페이스 시험품 - 사용자인터페이스 시험품 - 장애물검지센서 인터페이스 시험품	85(%)	사양서 및 시험품 제작, 스크린도어 개발 및 안전성 활동 공정을 30%	안전성에 가장 중요한 부분인 인터페이스 개발 필요 안전성 활동은 개발 라이프사이 클에 따른 단계적 수행	65
	노후화 승강장 현장 안전성 분석	- 관제시스템 안전성 분석 계획서 - 독립안전성평가기관 안전성평가계획서 - Functional Safety 요구 사양서 (시스템 설계 요구 사항, 승강장 안전문 요구 사항)	60(%)	안전성 분석 보고서 작성 Functional Safety 요구 사양서 작성	위험 요소를 찾아 안전성을 분석하고 Safety 요구 사항을 찾는 체계적 절차 수립 필요	20
	노후화스크린 도어 운영자 요구사항 수립	- 스크린도어기능 사양서 - 현장/현차 시험 절차서 - RAMS 사양서 (RAMS 계획서에 내용 포함)	80(%)	운영자에 의한 사양서 작성	운영자에 의한 필요 사항 수립 필요	15
2차년도 (2018)	노후화 스크 린도어 개량 화 설계 및 설치	- 사전 위험원 분석 - 표준사양서 - PSDC 열차 인터페이스 시제품 제작 - PSDC 운영자 인터페이스 시제품 제작 - DCU 장애물 검지 센서 인터페이스 시제품 제작 - 현장 현차 설치 보고서 - 공인기관 KRS 규격 시험 보고서(성능, 전자파, 환경 시험)	80(%)	인터페이스 개발 완료 개량 시스템 설치 완료 인터페이스 장치 개발 RAMS 활동 완료 공인기관 시험 완료	안전성 표준에 따른 RAMS 활동이 적용된 개발 완료 및 설치 완료 필요	80
	개량 스크린	개량화 개발 및 설치 프로	60(%)	설치 및	개발 및	10

	도어의 안전성 평가	• 세스 안전성 평가 보고서 • 동작 안전성 시험 및 검증 보고서		동작 안전성 평가 완료	설치 단계 안전성 검증 필요	
	개량 스크린 도어 운영자 시험	• 승강장 안전문 장치의 통신 프로토콜 사양서 • 운영자 시험 평가표	60(%)	운영자에 의한 평가	설치품 운영자 평가 필요	10
3차년도 (2019~2021)	노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치	• SRS System Requirement Specification • Safety Requirement Specification • System Test Report • RAM Demonstration Test Plan • Hazard Log • Safety Case • SIL4 Certificate	60(%)	EN50126/EN50128/EN50129 충족 SIL3이상 인증 기능성 향상 6건 구현	안전성 기능성 개량화 스크린도어 개선 장점 설정	60
	개량 스크린도어의 안전성 평가	• ISA의 안전성 평가 보고서 • 내구성 시험 검사보고서 • RAM Prediction Report	60(%)	백만회 내구성(도어당) 30,000h (도어당), MCBF(10,000h/시스템당) 신뢰성 입증	분석 및 시험을 통한 신뢰성 입증 필요	20
	개량 스크린도어 운영자 시험	• RAM Demonstration Report • 운영 평가 보고서 • 대구도시철도 노후화역사 개선 구매 규격서	80(%)	가용율 99.99%, 유지보수 30분이내 입증	운용 목표 달성 입증 필요	20

2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

1) 연구개발과제의 개념

(1) 노후화스크린도어 개념정의

가) 노후화

설비의 노후, 고장 등으로 보수가 불가하거나 계속 사용하기에 적합하지 아니하여 다른 설비로의 대체 필요성이 있는 상태를 말한다.

나) 개량화

설비의 노후 및 고장 등으로 계속 사용하기에 적합하지 아니하여 편의성을 높이기 위해서 시설물 설계를 개선 설치하는 것을 말한다.

다) 노후화 스크린도어

선로추락이나 끼임사고로부터 승강장의 승객안전을 지키는 안전기능(예: 제어기, 전자정, 센서류) 구현이 저하된 스크린도어를 말한다. 단순히 설치시기만 오래되었다고 해서 노후화 되었다고 판단 할 수는 없으며 해당제품의 효율적인 유지보수 관리를 위해 철도운영기관(서울교통공사)이 RCM(신뢰성기반의 유지보수)을 직접 운영하여 노후화를 일부는 연장할 수는 있으나 부품업체의 단종 혹은 폐업으로 수입대체 및 호환성에 어려움이 발생된다. 해당 장치의 기능을 유지하기 위해서는 운영기관별 유지보수 매뉴얼에 근거하여 운용했다고 하더라도 다음의 경우 노후화되었다고 판단할 수 있다.

노후화 정의 요소	노후화 평가지표
설치 시 적용된 기능 및 안전 요건이 현재의 안전 기능 요건을 충족하지 못하는 경우	철도 표준 규격 충족 여부, 운영하는 동안 발생해 온 사고 유형 분석을 통해 이러한 사고의 저감 혹은 방지를 담보할 수 있는 기능 적용 여부
부품 업체의 단종 혹은 사업 종지로 호환성 부품이 수급되지 않아 고장 수리가 어려운 경우	스크린도어 운영사에 의한 유지보수 난이도
최초 설계상의 문제로 유지 보수 매뉴얼에 근거한 부품 교체만으로 운영자가 감내할 수 있는 범위로 고장율을 낮출 수 없는 경우	운영사의 RAM(신뢰성, 가용성, 유지보수성) 기준 충족 여부

안전성이 저하된 노후화 스크린도어를 개선하기 위해서는 설계의 변경이 필요하며, 안전성 분석을 통한 기능요구사항 도출, 운영기관의 유지보수 요구사항 등이 선제적으로 적용되어야 한다.

라) 노후화 스크린도어 개량화 기술

부품 노후화에 따른 수명주기(Life Cycle) 도래와 해당 제품 단종에 따른 자체 유지 보수 어려움 해결을 위해, 그리고 국토교통부가 2017년 2월 발표한 스크린도어 안전성 기능요건을 충족시키기 위해 필요한 개량기술을 말한다.

2) 연구개발 필요성

(1) 안전성 인증 과제의 필요성

- 스크린도어 관련 안전사고는 드물게 (국내 스크린도어 전체 기준 연간 3건 이하) 일어나지만 승객의 생명과 관련이 있어, 발생 시 큰 문제가 됨.
- 노후화 스크린도어의 안전성 확보를 위한 개량 시 시스템 사양이 변경되어야 함.
- 스크린도어는 관제시스템, 열차 운행 시스템 등의 여러 인터페이스가 있는 복잡한 시스템이므로 제품의 보이지 않는 결함을 제품 제작 후 설치 전 단기간 시험으로 모두 파악

할 수 없음. 또한 열차 운영 상황 및 승객의 행동에 따른 운영상 특이하게 발행하는 조건도 실제 운영에서는 발생할 수 있고 이때 스크린도어의 위험 발생 경우도 모두 파악되기 어려움.

- 개량화된 기기의 안전성이 설치 후 짧은 인수 검사로 확보되지 않음. 특히 개량화는 상업운전 중인 시스템에 적용되므로, 상업운전을 멈추고 장시간 시험할 수 있지 못함.
- 이러한 상황에서 개량 시스템의 안전성을 보증하기 위해 운영자, 공급자가 개량화시 제3기관의 안전성 평가를 받는 것은 좋은 대안임.
- 안전성 분석에 따른 제품의 설계 요건 도출 방법론, 안전성을 강화할 수 있는 여러 설계 기법 및 설계 단계별 시험 방법론을 적용해야 안전한 제품이 구현될 수 있다는 안전성 표준 규격을 적용.
- 제품의 계획, 요건, 설계, 구현, 시험, 검증의 단계별 제3기관 평가로 안전성을 확보함.
- 국제안전성 기준은 PSD에 적용된 이력이 없고, 업계에 축적된 기술이 아님.
- SIL 인증은 많은 시간과 비용이 소요되므로 개량 사업에 SIL 인증을 위한 기술 투자는 업계에서 자체적으로 하기에는 장기적인 자금 운용이 어려운 중소기업에서는 어려움
- 개량화 사업의 경우 안전상의 이유로 긴급히 진행될 것으로 예상되며, 이에 대한 기술을 선제적으로 국가 과제로 확보하는 것이 필요함

사업 요구사항	R&D 성과 활용	R&D 성과 미활용
SIL SA 인증	- 국가 R&D 성과를 통한 제품 보유 - 현장 조건에 따른 추가 위험 분석 및 차이점 GAP Analysis 수행	- HW 및 SW 모든 기능 블록에 대한 요건 추적 및 규격 부합성 - ISA 확인 및 감사
설치 및 인증	- SIL 인증 Know-how 보유 - SIL 인증 기간 1년	통상 SIL 인증 소요 기간 2.5y소요
개발비 없는 제품 계약	- SIL인증 가능 조직 및 업무절차 구축 - SIL 규격 해석 능력 엔지니어 보유	조직 구축, 전문 인력 확보에 대규모 초기 투자비용 필요

(2) 노후화스크린도어의 문제점

가. 서울 지하철 현황

- 수도권 지하철 1~9호선 스크린도어 점검결과 307개소 역사가 부품교체 또는 개량화 대상으로 보고되었고, 시사저널은 노후화 스크린도어의 오작동으로 대형 사고를 유발할 수 있는 요인임으로 안전한 스크린도어 개량은 필수적이라고 지적함.



<그림 1> 서울 지하철 1~9호선 스크린도어 점검결과

출처: 시사저널, “서울 지하철이 늙었다”, 2016.10.23

나. 사망사고 발생

- 2005년 이후 국내에 설치된 승강장스크린도어는 장애발생 빈도가 개소당 연평균 60건이고, 이는 장애율 0.02%에 해당하지만 강남역, 김포공항역 등에서 승객/정비원이 사망하는 사고가 지속적으로 발생하고 있음 (☞ <표 1>, <그림 2> 참조)
- 총 7건에 대한 사고원인은 다양하게 나타났으나, 4건은 유지보수자의 작업규칙 미준수, 3건은 승객의 무리한 승차시도 및 에어리어 센서 미 활성화로 인하여 끼임 사고가 발생되었습니다.
- 유지보수자의 2인1조 준수 및 운영시간 중 작업 중지 위반
- 승객의 무리한 승차 및 해당 에어리어 센서 비활성화, 기관사 승객 미확인
- 해당 역무실 및 통합관제실에 해당정보를 확인할 수 있는 CCTV 미설치
- 구)서울메트로는 승강장안전문의 관제기능이 없음

<표 1> 스크린도어 사고현황 및 원인

구분	일 자	역 사	사상자	피 해	사 고 원 인	위험원
1	13.01.19	성수역	정비원	사망	센서 점검 중 열차와 스크린도어에 끼임	유지보수자
2	14.04.22	독산역	정비원	사망	시설 점검 중 열차와 충돌	유지보수자
3	14.09.25	이수역	승객	사망	승객이 열차와 스크린도어 사이로 끌려감	승객
4	15.08.29	강남역	정비원	사망	센서 점검 중 열차와 스크린도어에 끼임	유지보수자
5	16.02.03	서울역	승객	사망	승객 하차도중 열차와 스크린도어에 끼임	승객
6	16.05.28	구의역	정비원	사망	센서 청소 작업 중 진입열차와 충돌	유지보수자
7	16.10.19	김포공항역	승객	사망	승객 하차도중 열차와 스크린도어에 끼임	승객

자료 : 승강장안전문 안전종합대책, 국토교통부 (2017)

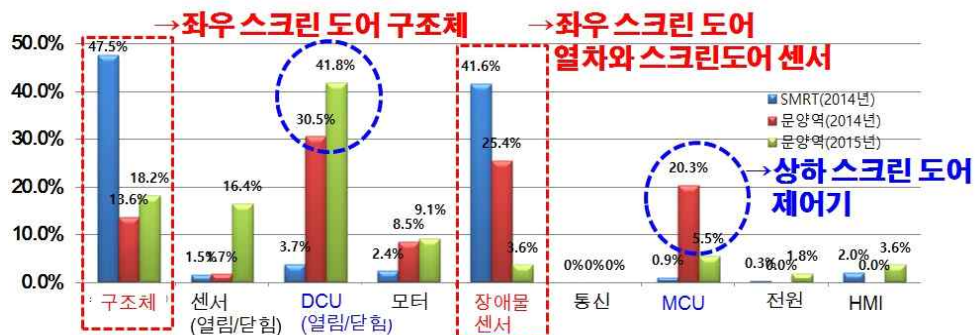


<그림 2> 서울교통공사 스크린도어 장애발생 빈도

자료 : 서울교통공사 (2015)

다. 노후화 스크린도어 사망사고 원인분석

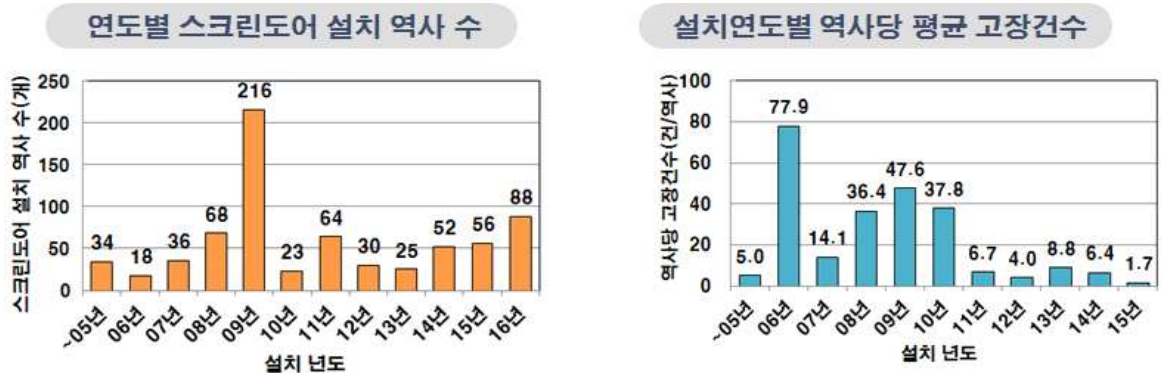
- (스크린도어에 따른 사망사고 원인은 구동부와 장애물 센서의 인터페이스 오류) 스크린도어의 장애발생은 구조체(47.5%)와 장애물 센서(41.6%) 점유(☞ <그림 3> 참조)하고 있기 때문에 근본적 해결방안은 노후화 스크린도어의 구동부 및 장애물 센서1) 기술에 대해 사용성(기능성) 및 안전성 확보가 필요한 현실이다.



<그림 3> 스크린도어의 부품별 장애발생 현황

자료 : 승강장안전문 무재해 달성을 위한 세미나, 한국교통연구원(2017)

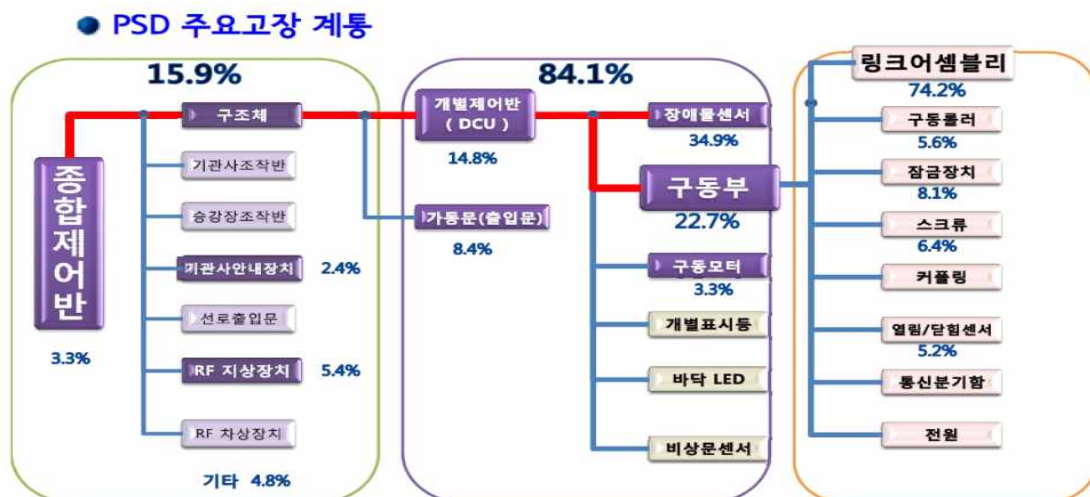
- 전체 승강장안전문의 45%가 단기간[07~11년]에 집중 설치되어 노후화가 시작됨
- 2005년 설치한 노후화 스크린도어 교체 또는 개량 사업시장은 2017년 시작으로 광역도시철도운영기관 대상 2020년까지 289개소 전망
- 10년이상된 노후 스크린도어가 7%를 차지[717개 역사 중 52개 역사]하고 있으며, 운영기관별로는 서울교통공사(서울메트로 구간: 17개역, 33%, 서울도시철도공사 구간: 1개역, 1.9%)와 부산교통공사(17개역, 33%), 대전도철(12개역, 23%)이 10년이상 경과된 스크린도어의 대부분(89%)을 차지하고 있어 고장 및 사고가 빈번하게 발생(<그림 4> 참조)



<그림 4> 연도별 스크린도어 설치역사수 및 평균고장건수

자료 : 승강장안전문 종합안전대책 (국토교통부, 2017)

- 장애물 검지센서 등 주요부품이 내구연한 경과에도 불구하고 교체되지 않아 고장 및 사고위험이 높음[장애물검지센서 52%, 구동모터 12%, 개별제어반 13%가 내구연한 경과(서울교통공사)]
- 구)서울도시철도공사(현 서울교통공사)의 “PSD 신뢰성기반 분석과 가용을 제고방안”(2012.10.17.) 자료에서는 종합제어반(PSDC)은 15.9%, 구동부, 개별제어반, 장애물센서가 84.1%로 주요고장의 원인인 것으로 분석되었다.



<그림 5> PSD 주요고장계통 분석

자료출처 : 서석철, “PSD신뢰성분석과 가용을 제고방안” (서울도시철도공사, 2012)

- 구)서울메트로(현 서울교통공사)가 분석한 결과, 아래 표와 같이 승강장안전문의 구성요소별 고장발생현황에서 DCU 동작 장애가 9,916건으로 전체 고장발생건(11,026건)의 83%로 대부분을 차지하는 것으로 분석되었다.

<표 2> PSD 주요고장계통 분석

(2016.5.31. 기준)

구 분	계		2013년	2014년	2015년	2016년
	건수	비율(%)				
계	11,026	100	3,686	3,397	2,954	989
Door 동작 장애	9,196	83	3,156	2,890	2,384	766
HMI 장애	838	8	257	234	250	97
조작반 장애	676	6	179	193	216	88
정위치, 거리센서 장애	157	1	51	41	50	15
기타	159	2	43	39	54	23

자료출처 : “구의역 사고조사보고서(詳說)”(구의역사고진상규명위원회, 2016)

- 도어고장을 발생 하는 장애요인으로는 장애물검지센서(30.8%), 잠금장치(11.6%), 구동모터 및 DCU(7.3%), 구동벨트, 문조정, 기타 등으로 분석되었다.

<표 3> 승강장안전문의 부품별 고장발생 현황

구 분	계	장애물 검지센서	가동문 잠금장치	구동모터	개별제어반 (DCU)	구동벨트	문조정	기타
건수	9,196	2,831	1,073	386	284	27	4,209	386
비율(%)	100	30.8	11.6	4.2	3.1	0.3	45.8	4.2

자료출처 : “구의역 사고조사보고서(詳說)”(구의역사고진상규명위원회, 2016)

- 결론적으로 승강장안전문은 4개의 주요설비(개별제어반, 구동 모터, 가동문 잠금장치, 장애물검지센서)에 대한 기능안전(IEC 61508)이 포함된 제품이 사용되어야 하며, 승강장안전문과 열차와의 인터페이스 장치(출입문감지, ATO, RF)의 이중화를 고려한 설계를 통하여 승객의 끼임 사고를 예방할 수 있다.

라. 기존 스크린도어 기술

- 기 설치된 승강장안전문은 구조체와 시스템으로 구분되며, 최저가 입찰에 의해 신뢰성과 안전성이 낮은 제품을 적용하였음
- 각 공급사마다 상이한 개별제어반(DCU)을 사용하여 운영기관의 관리 어려움
- 제품에 대한 RAMS 기준(IEC 62278)이 국내에 도입되었으나, RAMS 성과물 작성 및 제출에 치중하여 제품의 기능 및 안전성 향상에 미흡하였음
- 장애물센서의 고장시 가동문에 간헐 경우 승객이 탈출이 불가능한 상태임
- 가동문으로 탈출 불가시 비상문을 통하여 수동개방을 하여야 하나 고정문으로 막혀 있어 끼임 사고 발생하였으며, 승강장안전문과 차량과의 간격이 넓음

<표 4> 해당 제품의 기능 및 주요 공급사

승강장안전문	기능	기 공급사
중앙 제어장치 (PSDC)	각 승강장스크린도어 운행상태 현시 실시간으로 각 승강장 스크린도어 운행상태에 대해 현시하고 제어	STEN, 미디어디바이스(뉴리플랜에 합병),

중앙 제어장치 (PSDC)		열차도어와 승강장스크린도어간 인터페이스 제어회로와 통신회선을 통한 개별제어반 이중제어 특이사항시 수동조작	NRT(폐업)
기관사조작반 (LCU)		도어의 열림과 닫힘이 현장에서 기관사에 의해 수동으로 조작하는 기능을 제공하고 주요 알람 표시	STEN, 미디어디바이스(뉴리플랜에 합병), NRT(폐업)
승강장조작반 (LCU)		도어의 열림과 닫힘이 현장에서 운영자에 의해 수동으로 조작하는 기능을 제공하고 주요 알람 표시	STEN, 미디어디바이스(뉴리플랜에 합병), NRT(폐업)
개별도어제어 장치 (DCU)		모터의 동작 제어, 개별 도어 구동 장애물 감지 정보에 따라 도어의 열림/닫힘 수행 결정 소리 및 램프 구동으로 승객에 도어 열림 닫힘을 알림	STEN, 미디어디바이스(뉴리플랜에 합병), NRT(폐업) 나브테스코(현대무박스 공급사)
열차 감지장치 (TIU)		RF에 의한 열차 정위치 감지(ATO/RF가 있는 역사) 열차 정위치 감지(ATO가 있는 역사) 열차 출입문 열림 닫힘 감지(ATO가 없는 역사)	STEN, NRT(폐업)
인터페이스 장치 (HMI)		PSD 제어 시스템의 동작 상태 모니터링 PSD 동작 관련 파라미터 설정	아트웨어, STEN
구동부		플랫폼의 승객을 열차 선로로부터 차단 및 보호	현대EL(현대무박스 분사), 삼중테크, 기타
구조체	가동문	열차 도착 및 출발 시 개폐되는 자동문 및 수동으로 개폐할 수 있는 비상문 제공	보성알앤디, DU&I(폐업), 신성, 대주이엔티, 동우자동문, ATI
	비상문	가동문의 고장시에 비상문을 통하여 승객탈출	보성알앤디, DU&I(폐업), 신성, 대주이엔티, 동우자동문, ATI
	고정문	광고효과를 극대화하기위하여 고정문을 설치	보성알앤디, DU&I(폐업), 신성, 대주이엔티, 동우자동문, ATI

마. 노후화 스크린도어 개량화기술

- 노후화 시설은 위험원 분석에 근거하여 구조체와 제어장치(PSDC: Platform Screen Door Controllers)에 대한 전면 개량 또는 부품교체 등을 실시하고, 그 결과에 따른 안전성을 입증해야 한다(스크린도어 안전관리대책, 국토교통부, 2017. 2).
- 스크린도어는 구조체와 이를 제어하는 PSDC로 구분되며, 안전 기능 요구는 스크린도어 제어부인 PSDC에 주로 해당된다.
- 대상기술의 PSDC는 안전무결성인증수준이 SIL3 이상의 제어장치로 김포공항역과 같이 시스템 오류에 따른 사망사고를 제로화 시킬 수 있는 “원자력 발전소 요구 수준의 안전성”을 확보한 기술에 의해 구현된다(<표 4> 참조).

- 노후화스크린도어 개량화기술의 핵심설비는 중앙제어장치(PSDC), 수동조작장치(LCU), 개별도어제어장치(DCU), 열차감지장치(TIU)라 할 수 있으며, 현재는 다수의 제조업체가 제조하여 호환성이 결여된 제품으로 노후화시스템의 경우는 신규제품을 교체하는 현실이라 본 개량화 기술을 통하여 안전성 및 신뢰성을 높여 승강장스크린도어사고를 저감하는데 그 목적이 있다.

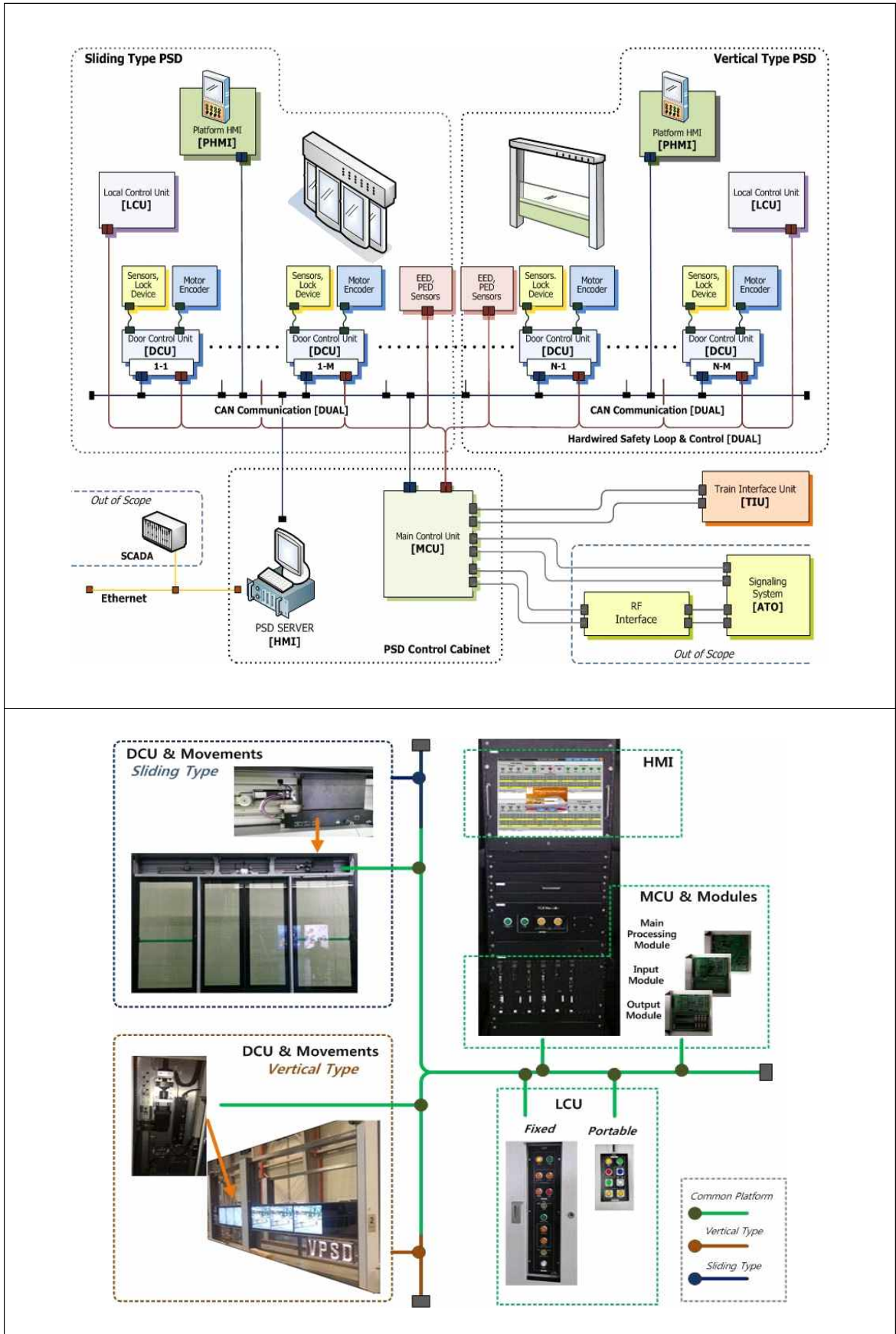
<표 5> 해당 제품의 기능 및 안전무결성 수준

제어기장치	기능	안전무결성수준	비고
중앙 제어 장치 (PSDC)	• 차량 신호 시스템(ATO)의 명령 혹은 TIU로부터의 정보를 통해 전체 도어의 열림/닫힘 결정 • 개별도어 제어장치(DCU)에 열림/닫힘 동작 명령 전송 • 전체 도어의 열림과 닫힘 상태 정보를 차량 신호 시스템(ATO)과 역무 등 관제센터에 알림	SIL4	철도교통연구개발 사업 과제 수행을 통한 기술 확보
수동 조작 장치 (LCU)	• 도어의 열림과 닫힘이 현장에서 운영자에 의해 수동으로 조작하는 기능을 제공하고 주요 알람 표시	SIL4	
개별 도어 제어장치 (DCU)	• 모터의 동작 제어, 개별 도어 구동 • 장애물 감지 정보에 따라 도어의 열림/닫힘 수행 결정 • 소리 및 램프 구동으로 승객에 도어 열림 닫힘을 알림	SIL3	
열차 감지 장치 (TIU)	• 열차 정위치 감지 • 열차 출입문 열림 닫힘 감지	SIL4	현장조건에 따른 요구사항이 다양한 바 현장검증용 장치 개발 필요
인터페이스 장치 (HMI)	• PSD 제어 시스템의 동작 상태 모니터링 • PSD 동작 관련 파라미터 설정	Non-SIL or SIL0	적용될 현장 운영자의 요구에 따른 개발 필요
구동부	• 플랫폼의 승객을 열차 선로로부터 차단 및 보호	Non-SIL	좌우형의 경우 상용화되어 있고 상하형의 경우 국책 과제에서 개발됨
구조체	• 열차 도착 및 출발 시 개폐되는 자동문 및 수동으로 개폐할 수 있는 비상문 제공	Non-SIL	

바. 기존 PSD와 노후화스크린도어 개량기술 비교검토

- 기존 PSD에 적용된 제품은 구조체 전문업체에 의해 설치되어 제어장치에 대한 이해도가 높지는 않았음
- 제품의 기능안전을 구현하기 위해서는 시스템 제어에 대한 이해도와 소프트웨어에 대한 이해도가 높은 엔지니어가 반드시 참여되어야함
- 개량기술의 핵심은 안전무결성인증수준이 SIL3 이상의 제어장치로 단순고장에 의한 사고를 사전에 예방하고, 고장이 발생시 안전측으로 동작하도록 fail-safe 이론이 적용되었다. 사전에 언급한 도어와 연관된 설비(개별제어반, 장애물검지센서, 구동모

터, 종합제어반)의 고신뢰성과 안전성을 향상시켰다.<표6 참조>

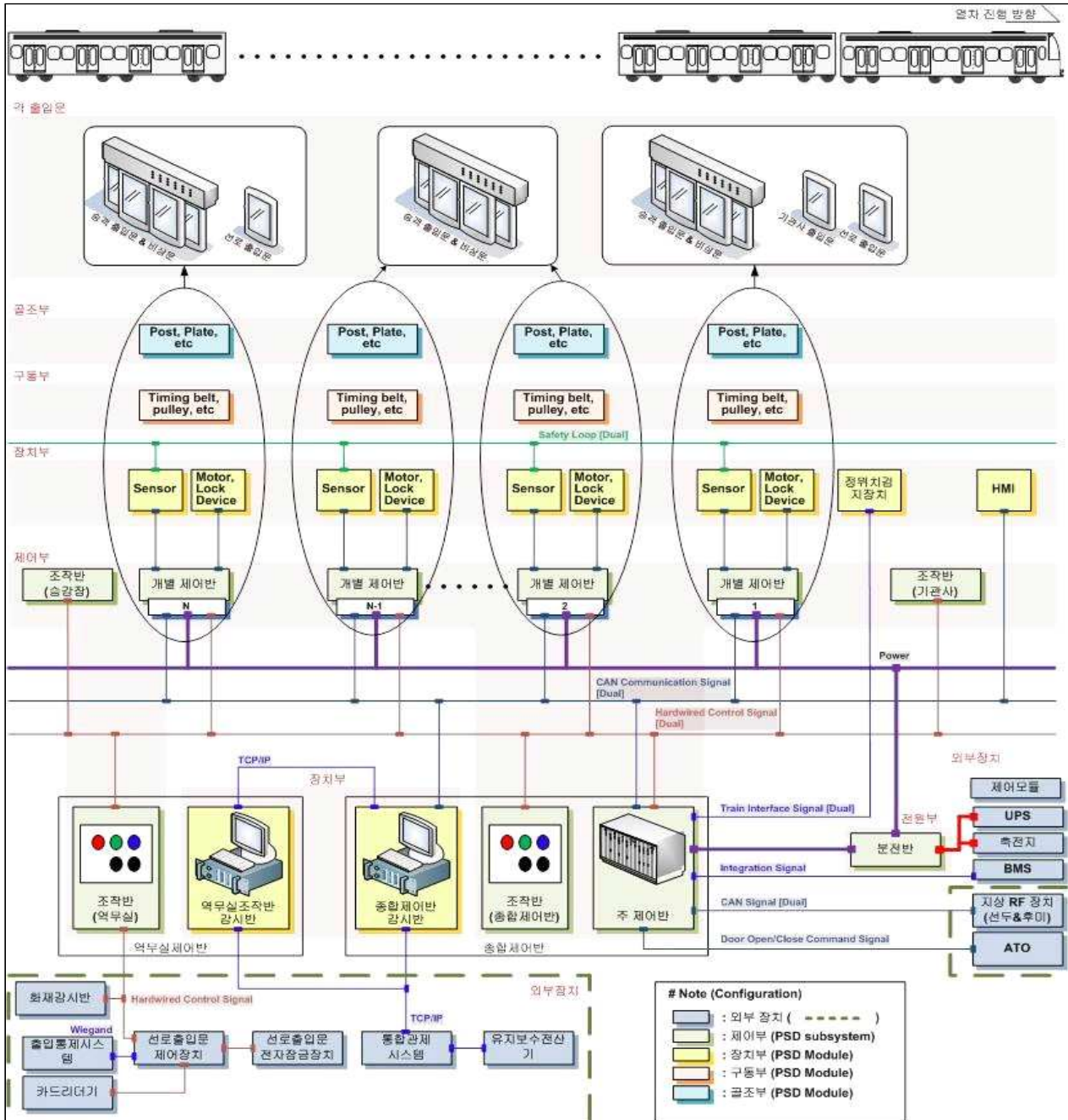


<그림 6> 개량화기술이 적용된 PSD

<표 6> 기존기술과 개량기술간의 비교검토

PSD 장치		기존 기술	개량화 기술	비고
중앙 제어장치 (PSDC)		• 단일계	• 이중계(SIL4) • Safety loop 적용	
수동 조작장치(기관사) (LCU)		• 단일계	• 이중계(SIL4)	
수동 조작장치(승강장) (LCU)		• 단일계	• 이중계(SIL4)	
개별 도어제어장치 (DCU)		• 단일계	• 이중계(SIL3) • 자가진단기능 추가	
열차 감지장치 (TIU)		• 출입문 검지(적외선센서) • ATO(열차정위치정차) • RF(무선주파수)	• ATO(주제어)+RF(부제어) • ATO(주제어)+출입문검지(부제어)	
인터페이스 장치 (HMI)		• S/W 안전성평가 제외	• S/W 안전성평가 포함 • IEC 62278 단계별 평가	ISA 평가
구동부		• BLDC 구동모터(IP23) • 방수, 방진에 취약한 구조	• BLDC 구동모터(IP54) • 별도 엔코더 추가	
장애물검지센서		• 저가 에어리어센서 사용 • 적외선센서를 선두부, 후두부에 설치함	• 센서 이중화 • 에어리어센서+3D 스캐너 • 엔코더 추가설치	
전원공급장치		• 전원 단일계	• 전원 이중화 • 기존제품 재활용	
배터리		• 니켈-수소(안전문제) • 니켈-카드뮴(환경문제)	• 니켈-수소 • 니켈-수소 감시장치 추가 • 기존제품 재활용	
구조체	가동문	• 운영사마다 크기상이	• 좌동	안 전 성 평 가 후 재 활 용 가능
	비상문	• 패닉바를 통한 개폐	• 재활용	
	고정문	• 기존사용	• 비상문으로 전면교체	
	헤더박스	• 기존사용	• 철거기술 축척	
	트랜섬	• 기존사용	• 철거기술 축척	
	천정마감	• 기존사용	• 철거기술 축척	
RAMS /SIL	H/W	• RAMS 활동만 적용	• IEC 62278/62425에 근거하여 시스템주기별 문서작성 및 ISA평가	
	S/W	• 미적용	• IEC 62279에 근거하여 시스템주기별 문서작성 및 ISA평가	

- 개량기술이 적용된 PSD 구성은 다음 그림과 같으며, 해당제품은 운영사별로 상이한 구동방식[벨트, 스크류]에도 모두 적용이 가능하다. 또한, 수직형 PSD에도 적용이 가능하도록 공통 플랫폼으로 구축하였다. <그림7 참조>



<그림 7> 개량화 기술이 적용된 PSD 이해도

- 기존기술에 대하여 개량화 기술이 적용된 승강장안전문은 신뢰성 및 안전성이 높아져 고장에 의한 교체주기가 길어짐으로 유지보수비용이 20~30%이상 절감될 것으로 예측된다.
- PSD SIL제품에 대한 최근 2017년 입찰결과[우장산역 1역: 21.06억, 구조체 포함]을 분석하면, 2트랙(1역사, 64MSD)기준으로 구조체 일부(가동문, 비상문, 헤더박스)를 재사용하면 1역당 15억[site SIL제외]로 개량화기술 적용이 가능하다. 구조체는 안전성평가를 통해 전부 재활용하고 구동부 및 제어기만 교체하는 사업이 점차적으로 확대될 예정이다.

사. 개량화 스크린도어의 기능향상 내용

- 노후화 스크린도의 개량화를 통해 다음과 같은 기능향상을 얻을 수 있다.

기존 대비 기능 향상 내용	기존 시스템	개량화 시스템
구동부, 구조체 내구성 향상	50만회시험통과	100만회시험 통과 - 충격시험통과
오동작 방지를 위한 자체 진단 기능 구현	정상 동작 기능 시험	- 내재적 고장을 강제로 주입하여 진단기능 시험 - 고장에 따른 고장 저감 대책 정의 및 기능 구현
열차 연동 기능 신뢰성 향상	단일 인터페이스 제공	RF, ATO, 정위치 검지 방식 결합으로 연동 오류 가능성 최소화
끼임 사고 방지 안전성 향상	단일 검지 방식	- 스크린도어와 열차 사이 장애물 검지를 2가지 센서를 사용한 이중화 방식 적용 - 스크린 도어 끼임, 도어 과부하 검지에 각각 2가지 검지 방식 동시 적용
유지 보수 편의성 향상	점검원에 의한 고장 확인	모든 기능 모듈에 자체 고장 진단 기능 구현을 통한 자동 알람
유지 보수 시간 단축	교환시 케이블 해체 및 결선에 따른 시간 지연 및 오결선 가능성	모듈화 구성 및 모듈별 착탈구조로 교환 편의

3) 연구개발 기술수준 및 시장동향 조사

(1) 노후화 개량화 시급

가. (노후된 스크린도어 우선설치) 스크린도어가 노후화돼 고장이 빈번하게 발생하고 유지 보수 비용이 과다한 9개역사의 스크린도어를 철거후 설치해 신뢰성 및 안전성을 검증한 후에 다른 지역으로 확대해 설치할 계획임

<표 7> 서울지하철 승강장안전문 전면개보수 역사

역명	문제점	비고
김포공항	'05년 도철구간 최초설치 - 시설노후화에 따른 고장·장애집중(전기고장·장애의 5%, 타역대비 10배)	서울도시철도공사 (현 서울교통공사)
우장산, 왕십리, 군자, 광화문	'07년 최저가입찰로 인해 가격에 부품을 맞추어 신뢰성 낮은 부품사용 - 시공업체 부도로 예비품 확보에 어려움	서울도시철도공사 (현 서울교통공사)
방배, 신림, 성수, 을지로3가	- 전수조사결과 PSD 구조체비틀림, 침하로 인한 도어개폐불량 및 구동모터 잠금장치 장애 등 노후화 정도가 심함 - 소프트웨어, 통신라인 등 시스템 전체적인 교체 불가피	서울메트로 (현 서울교통공사)

자료출처 : “서울시 자료제공”(동양뉴스통신,2016.11)

- (노후된 스크린도어 시설개량 추진) 우선설치 구간을 제외하고 광역철도 및 도시철도는 장애물검지센서를 2020년까지 단계적으로 교체함
 - 광역철도: 30개 역사
 - 도시철도: 267개 역사
- (스크린도어 안전시설 보강) 스크린도어가 열렸을 경우는 열차가 출발하지 못하도록 스크린도어 열차를 제어하는 장치를 서로 연동하는 시스템을 구축하며, 기관사가 승객의 끼임 여부를 확인할 수 있도록 열차와 스크린도어 사이가 넓은 곳에는 CCTV를 설치함

- (스크린도어 품질 및 설치기준 강화) 구동부, 센서 등 스크린도어의 구성부품별 진동 충격 및 방진방수에 대한 내구성 시험방법을 철도표준규격에 마련하고 제품의 성능이 표준규격을 만족하고 기술과 인력을 갖춘 제작자가 스크린도어를 제작하도록 형식승인제도를 도입함
- 열차내 화재발생 등 비상시 스크린도어의 안전보호벽을 승객이 수동으로 열고 열차 밖으로 대피할 수 있도록 안전보호벽 개폐가 가능한 구조로 개선함
- 안전보호벽 개폐 우선순위를 정하여 광역철도는 2018년, 도시철도는 2021년까지 안전보호벽 개폐가 가능하도록 개선하며, 안전보호벽을 깨고 탈출이 가능한 비상 망치를 설치하고 방독면이 비치된 인명구조함의 위치와 최단대피경로를 표시하는 안내도를 부착하는 등 안전시설을 보완함
- (이용자의 안전의식 확산)스크린도어가 달리는 도중에는 무리한 승차를 하지 않도록 사고예방수칙을 언론매체를 통하여 홍보하며, 철도운영기관별로 철도이용자가 참여하는 스크린도어 안전지킴이를 구성하여 스크린도어에 대한 안전 위해요소를 점검하고 불편사항을 모니터링 하는 등을 역학을 수행하도록 함

(2) 연구개발 대상의 산업동향

- **(다양한 제품들이 국내시장 점유)** 현대엘리베이터(現 현대무벅스), 삼중테크, GS네오텍 등 8개 기업이 시공실적을 보유하고 있으나, 구조체 및 제어기 제품의 보유기업들은 <표 8>의 국내시공 실적이 있는 기업들에게 하도급 받아 설계/제작/시공/유지보수 등을 수행하고 있음
- **(호환성 기술 보유 미흡)** 노후화 스크린도어 개량화 기술은 제어장치의 호환성 기술이 매우 중요하지만, 국내기업은 독자기술이 아닌 사유로 다양한 스크린도어 제품 대응에 한계
 - 구동부 : 스크류 방식과 벨트방식으로 구분
 - 슬라이딩 레일 : 포켓방식과 돌출방식으로 구분
- **(안전무결성수준 기술 취약)** 국내의 경우 자사와 포스코 ICT 이외 안전무결성수준 확보 기술은 없으며, 해외기업 중 국내와 연합한 경우 패이브리, 웨스팅하우스는 보유하고 있음
 - (국내기술 수준은 안전성 입증 이전 단계) 주요 핵심부품을 해외기술에 의존하다가, 2007년 서울도시철도공사(現 서울교통공사로 변경)에 의해 국산화를 성공하였으나, 안전성을 입증하는 기술수준에는 한계가 있음

<표 8> 국내 스크린도어 산업의 기술동향

분류	회사명	시장점유 및 현황	안전성 기술수준 동향
국내 제작사	우리기술	원자력 제어기의 안전무결성 제품군 제조, 철도신호(KRTCS), 승강안전문 제어기 (안전무결성등급3 이상 확보) - 카타르 루싸일 경전철 10억 수주 등 안전무결성 등급 요구 시장 진출하여 사업완료('20.09) - 프랑스 SNCF VPSD PILOT 설치 및 철거완료(SIL4 인증취득) - 스페인 바로셀로나 VPSD MOCKUP 설치완료	다수 보유중
	현대 엘리베이터 (현대무벅스)	승강기, 물류자동화시스템, 승강장 스크린도어 전문업체 -(도시철도) 대전도시철도공사, 대구도시철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사, 부산교통공사, 인천교통공사 -(광역철도) 한국철도공사 등	진행중
	삼중테크	냉동공조, 설비, 승강장 스크린도어 전문업체 -(도시철도) 서울메트로, 인천교통공사, 광주도시철도공사, 부산교통공사,	없음

		-(광역철도) 한국철도공사	
	GS 네오텍	CTC시령설비, ATC/ATO, ATP 및 연동장치 등 설계, 시공 -(도시철도) 서울도시철도공사, 부산교통공사, GS건설 -(광역철도) 한국철도공사 등	없음
	포스코CT	통신, 송배전, 전차선, 신호, 역무자동화 솔루션 보유 -(도시철도) 서울메트로, 서울도시철도공사, -(광역철도) 한국철도공사 등 -(도시철도) 브라질 2, 3, 4호선에 승강장 스크린도어 수출 (안전무결성제품) -(도시철도) 서울 8역 승강장 스크린도어 수주(SIL제품)	보유
	우진산전	경량전철차량, 전동차용 전장품 생산 2005년 승강장 스크린도어 시스템 품질인증 획득 -(도시철도) 부산교통공사, 대림산업 -(광역철도) 한국철도공사 등	진행중
	피에스에스텍 (폐업)	2004년 승강장 스크린도어 시스템 품질인증 획득 -(도시철도) 서울메트로 22개역 시공(도산)	없음
	현대로템	2016년 대구도시철도 승강장 스크린도어 -(도시철도) 대구도시철도공사	없음
국외 제작사	(일)나브테스코	현대엘리베이터와 기술제휴	일본 (없음)
	(미)웨스팅하우스	오티스 LG와 기술제휴 (안전무결성제품)	영국 (보유)
	(미)페이브리	삼중테크, 삼성 SDS와 기술제휴 (안전무결성제품)	프랑스 (보유)

(3) 해외 PSD 시장규모 및 동향

가. 국외 승강장안전문 시장규모

- 해외 PSD시장의 규모는 약 2조 이상으로 추정되며, 세계시장을 선도하는 기업은 12개사로 요약된다. 상위 5사가 63% 점유율을 차지하고 있다.
 - 국외 PSD시스템 공급사는 자동문/엘리베이터 전문기업에서 주로 시장에 진출하였으나, 최근 5년간에는 중국자체의 수요로 인하여 PSD 전문 제조사가 급증하고 있는 현실이다. 하지만 국외기술을 선도하는 기업은 일본의 Nabtesco, Westinghouse와 프랑스의 Faiveley, 미국의 Horton Automatics, Stanley에서 기술을 주도하고 있다.
- <표 9> 참조

<표 9> Global Capacity Market Share of PSD Major Manufactures(2016)

회사명	국가	시장점유율(%)	비고
Nabtesco	일본	15.60	스위스 Gilgen 인수
Westinghouse	일본	13.00	일본 도시바에 합병
Horton Automatics	미국	11.27	
Faiveley	프랑스	7.80	
Fangda	중국	7.80	
Stanley	미국	3.47	
Panasonic	일본	3.47	

Manusa	스페인	0.52	
Shanghai Electric	중국	1.73	
Kangni	중국	4.33	
Hyundai	한국	0.69	PSD사업부분이 분사되어 현대무백스로 이관됨
KTK	중국	0.87	
Other	-	29.46	

출처: QYR Machinery & Equipment Research Center, Nov 2016

나. 안전무결성수준 요구

- 최근 해외 PSD시장의 경우는 안전무결성기준(SIL)을 만족하는 요구사항을 발주처가 직접 제시하고 있으며, RFP에 명기되어 입찰기준이 까다로워 시장진입이 어려움
<표 10> 참조

<표 10> 국외시장의 스크린도어의 기술 요구 사항

요건항목 (List of requirements)		카타르	사우디	브라질	칠레	인도	싱가폴
		루싸일 LRT	리야드 Line4~6	상파울로 Line2/3/4/6	산티아고 Line3/6	코치	툼슨
RAMS Requirement							
신뢰성 내구성시험(회)		<2,000,000 (TIMES)	X	50,000h (MTBF)	50,000h (MTBF)	<1,000,000 300,000 (MCBF)	99.95%
Availability (%)		99.99%	99.68%	99.998%	99.998%	99.998%	99.99%
Maintainability(분)		60	30	30	30	30	30
안전성 사항							
FMECA or FMEA		X	X	◎	X	X	X
Signal Interface(PSDC)		SIL4	SIL3	SIL3	SIL3	X	SIL4
LCU		SIL4	X	SIL3	X	X	X
DCU		SIL3	X	SIL2	X	X	X
구조체 관련	수동개방(EED)	SIL4	SIL4	X	X	X	X
	운동에너지(MSD)	SIL3	SIL3(<10J)	<16J	X	X	<10J
	수동 개폐력(N)	133/150	133/200	150	150	133	X
장애물검지		SIL3	SIL3	◎	◎	◎	◎
소프트웨어 요건		EN50128	X	SIL3 (IEC61508)	SIL 3 (EN50128)	SIL4	X
하드웨어 요건							
Fail-safe		◎	X	X	SIL 3	SIL4(◎)	◎
Safety analysis		◎	X	X	X	X	X

약 어	정 의	약 어	정 의
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety	DCU	Door Control Unit (개별도어제어장치)
FMEC	Failure Mode Effect Criticality	MSD	Moving Screen Door(가동 스크린 도어)

A	Analysis		
MTBF	Mean Time Between Failure	EED	Emergency Exit Door(비상출입문)
MCBF	Mean Cycle Between Failure	NFPA	National Fire Protection Association
FMEA	Failure Mode Effect Analysis	◎	요건 명기
PSDC	Main Control Unit (중앙제어장치)	X	요건 명기 없음
LCU	Local Control Unit (수동조작장치)		

다. 신호시스템과의 인터페이스

- 해외 차량공급사(Alstom, Bombardier, Siemens, etc.)의 턴키사업 참여로 인하여 차량과의 인터페이스 요구사항(ATO, RF, 출입문검지센서)을 만족시키는데 많은 비용이 소요되고 있음.

(4) 노후화스크린도어 노후도 산정기준

- 스크린도어의 고장을 예측은 하기표와 같이 최초로 수명을 예측하고 있으나 국내에는 PSD 고장률데이터를 운영기관별로 별도로 보관하고 있는 현실이다. MTBF(평균고장율)의 예측은 MIL-HDBK-217F는 부품별로 수명을 예측하였으나 현장여건에 따라 변동이 많이 발생되어 최근에는 Telcordia SR-332가 주로 사용되고 있다. 그러나 승강장안전문은 사업마다 환경 및 사업요건이 상이함으로 고장을 예측 및 수명주기 산정이 어렵다.

<표 11> 노후화 스크린도어 고장을 예측

구분	제품명	식	MTBF(hours)	MTBF(hours)-Telcordia SR-332	
			MIL-HDBK-217F	hours	years
PSD 시스템	PSDC	1	5,220	34,750	4
	DCU	1	12,300	57,250	5
	LCU for staff	1	6,820	37,400	4
	PPS	1	48,100	76,500	8
	LCU for driver	1	11,300	45,810	4
	HMI	1	27,700	68,490	7

- 위의 표준데이터를 근거로 노후화 스크린도어의 개량화는 스크린도어 구성 모듈 단위로 수행한다. 구성 모듈은 <표 12>와 같이 세분화하며, 교체대상 역별로 필요 사항에 따라 교체 및 재사용한다.

<표 12> 대구 2호선 노후화 스크린도어 개량화 주요부품(안)

구분	제품	활용 여부	수명주기	내용
시 스 템	중앙제어반(PSDC)	교체	5년	노후화 부품으로 안전무결성 수준의 기술과 부합되도록 교체 설치하며, 향후 노후화 역사와 부품 호환성이 가능
	개별제어반(DCU)	교체	5년	노후화 부품으로 안전무결성 수준의 기술과 부합되도록 교체 설치하며, 향후 노후화 역사와 부품 호환성이 가능
	수동제어반(LCU)	교체	8년	사용자 편의성과 안전무결성 수준의 기술 부합을 위해 개량화되어 교체
	기관사안내장치(HMI)	교체	8년	사용자 편의성과 안전무결성 수준의 기술 부합을 위해 개량화되어 교체
	열차검지장치(TIU)	교체	10년	노후화 부품으로 안전무결성 수준의 기술과 부합되도록

				록 교체 설치하며, 향후 노후화 역사와 부품 호환성이 가능
	장애물검지센서	교체	10년	설치된 장애물 센서는 최근 강화된 장애물 검지 규정에 대응하지 못하므로 교체함
	열차출입문 검지센서	교체	10년	열차 검지 장치에 연결되며, 열차검지 장치가 센서류와 호환성 있게 개발 되나, 안전무결성 수준 기술 부합을 위해 센서 검출 방식 변경 필요하므로 교체
	정위치정차 검지센서	교체	10년	열차 검지 장치에 연결되며, 열차검지 장치가 센서류와 호환성 있게 개발 되나, 안전무결성 수준 기술 부합을 위해 센서 검출 방식 변경 필요하므로 교체
	전원공급장치	재 활용	20년	현장 확인한 결과 재 활용
	축전지	재 활용	20년	현장 확인한 결과 재 활용
	지상 RF 장치	재 활용	10년	열차 검지 장치에 연결되며, 열차검지 장치가 RF 장치류와 호환성 있게 개발되나, RF 장치의 안전무결성 수준 기술 부합을 위해 기존제품(선두부) 활용
	케이블류	교체	10년	시스템 부분의 교체 항목이 많을 경우, 배선을 새로 하는 것이 비용 절감되므로 교체
구조체	골조 (H BEAM)	교체	30년	승강장 천정과 바닥을 수직으로 지지하며 스크린도어의 구성품 (헤더박스, 가동문, 비상문 등)을 조립하여 구성
	헤더박스	교체	30년	가동문을 개방하는 구동부, 전원부, 개별제어반, 센서류 등이 장착되며, 안전무결성 수준의 기술과 부합되도록 개별제어반, 센서류 등이 교체되어 장착되어야 하므로 장착 레일은 교체
	가동문	교체	정기적인 유지보수	차량의 출입문과 연동하여 승강장의 승객이 승하차하는 출입문으로 안전무결성 수준의 기술과 부합되도록 교체
	비상문	재 활용	정기적인 유지보수	선로측에서 비상시 개방하여 탈출할 수 있는 안전시설물로 개량화 역사에 기적용 되어 재 활용
	천정 마감재	재 활용	30년	헤더박스 상단과 승강장 천정 간에 틈을 마감하여 승강장의 공기질을 개선하는 역할을 하며 재 활용이 가능
구동부	모터	교체	10년	모터는 DCU에 연결. 도시철도에서 사용하는 대부분의 모터는 DCU와 호환가능. 노후화 개량화시 구동부 부품은 설계 수명이 도래하므로 교체함
	구동벨트	교체	10년	노후화 개량화시 구동부 부품은 설계 수명이 도래하므로 교체함
	행거, 폴리 등 구동부 부속품	교체	10년	
	잠금장치	교체	10년	
	모터 인코더	교체	10년	
	단힘 센서	교체	10년	
	쇄정 센서	교체	10년	

- 스크린도어가 내풍압 및 순간풍속 등 외부 영향에서 구동부와 가동문, 비상문을 유지하고 지탱하는 골조의 내구연한을 설계조건에서 30년으로 규정하고 있으며 30년 동안 유지할 수 있도록 설계 제작되고 있다. 현재 대구2호선의 노후화 역사에도 30년 동안 유지할 수 있도록 스크린도어의 골조 설계 및 제작 설치가 되어 있지만 설치된 기준이 건축한계 기준으로 설치되어 있어 이동설치 및 부분 구조변경이 필요하다. 이에 건축한계의 기준으로 설치되어 있는 골조를 차량한계의 기준으로 설치하기 위해서는 구조변경을 위한 구조계산 검증이 필요하며 철거 후 운송을 통한 구조 변경이 필요하다. 구조 변경 시 자재의 성분 및 강도 등의 검증이 가능할 경우 재사용 하며, 불가능할 경우 신규 자재를 활용하는 방안으로 제시한다. 신규 자재를 사용할 경우 철성분에 대한 보증이 가능하여 안전무결성 스크린도어를 설치할 수 있다.

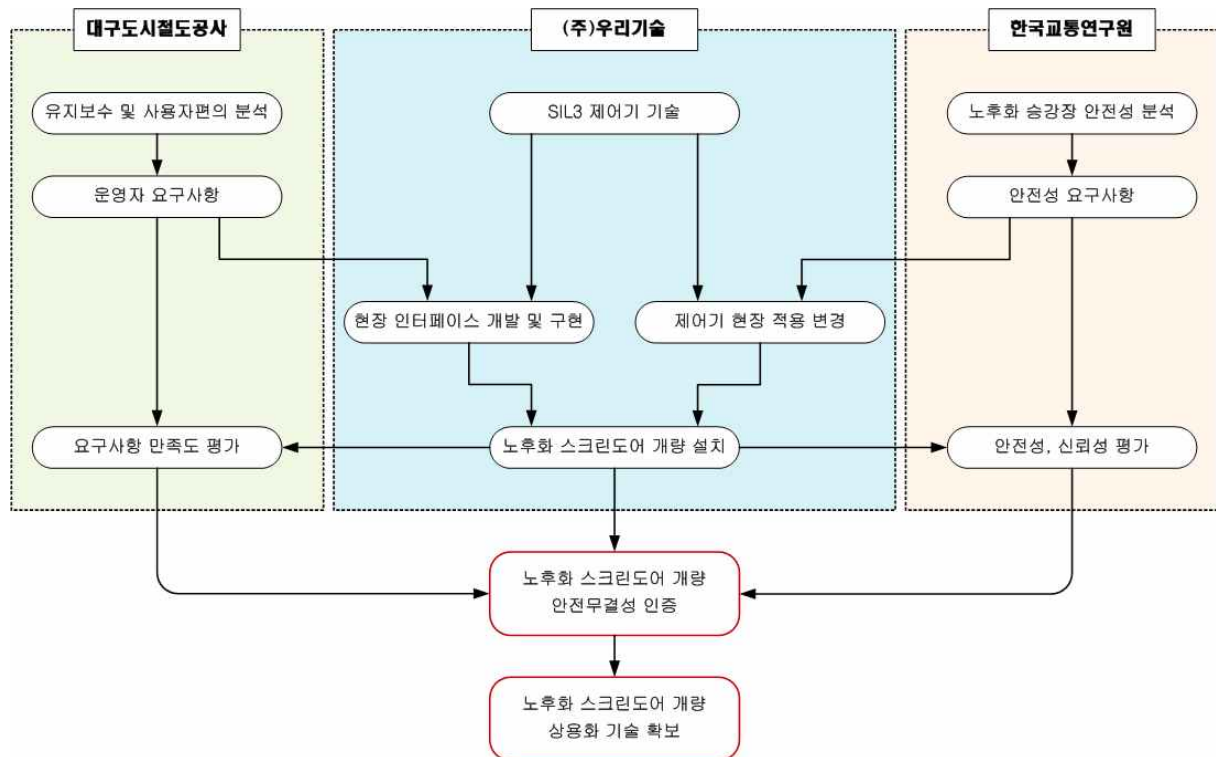
구분	항목	개량화	설계수명	내용
구조체 부분	골조 (H BEAM)	교체	30년	스크린도어는 차량한계를 기준하여 설치하여 차량과 스크린도어 사이에 승객이 잔류할 수 없도록 설치되어야 한다. 골조는 승강장 천정과 바닥을 수직, 수평으로 지지할 수 있도록 설치하며 스크린도어의 구성품(헤더박스, 가동문, 비상문, 도어턱 등)이 조립된다.

4) 연구개발 추진전략 및 방법

(1) 운영기관-공급기관-그리고 제3자 검증을 위한 독립성 확보

(2) 국내최초 노후화 개량 스크린도어 현장 안전무결성 인증을 위한 연구실적기관 참여

- 한국교통연구원 : 국내 최초 스크린도어 안전무결성수준 연구 수행
- (주)우리기술: 국제안전성 표준에 따르는 다수사업을 성공화 노하우 활용



<그림 8> 참여기관의 전문성 고도화를 위한 인터페이스 추진도

(3) 노후화 개량 스크린도어 현장 적용 안전무결성 인증 시행착오 최소화

- 선행 과제 산출물인 안전무결성 인증 제어기 적용
- 현장적용에 필요한 호환성기술 추가 개발하며 개발단계에서 안전성국제규격적용

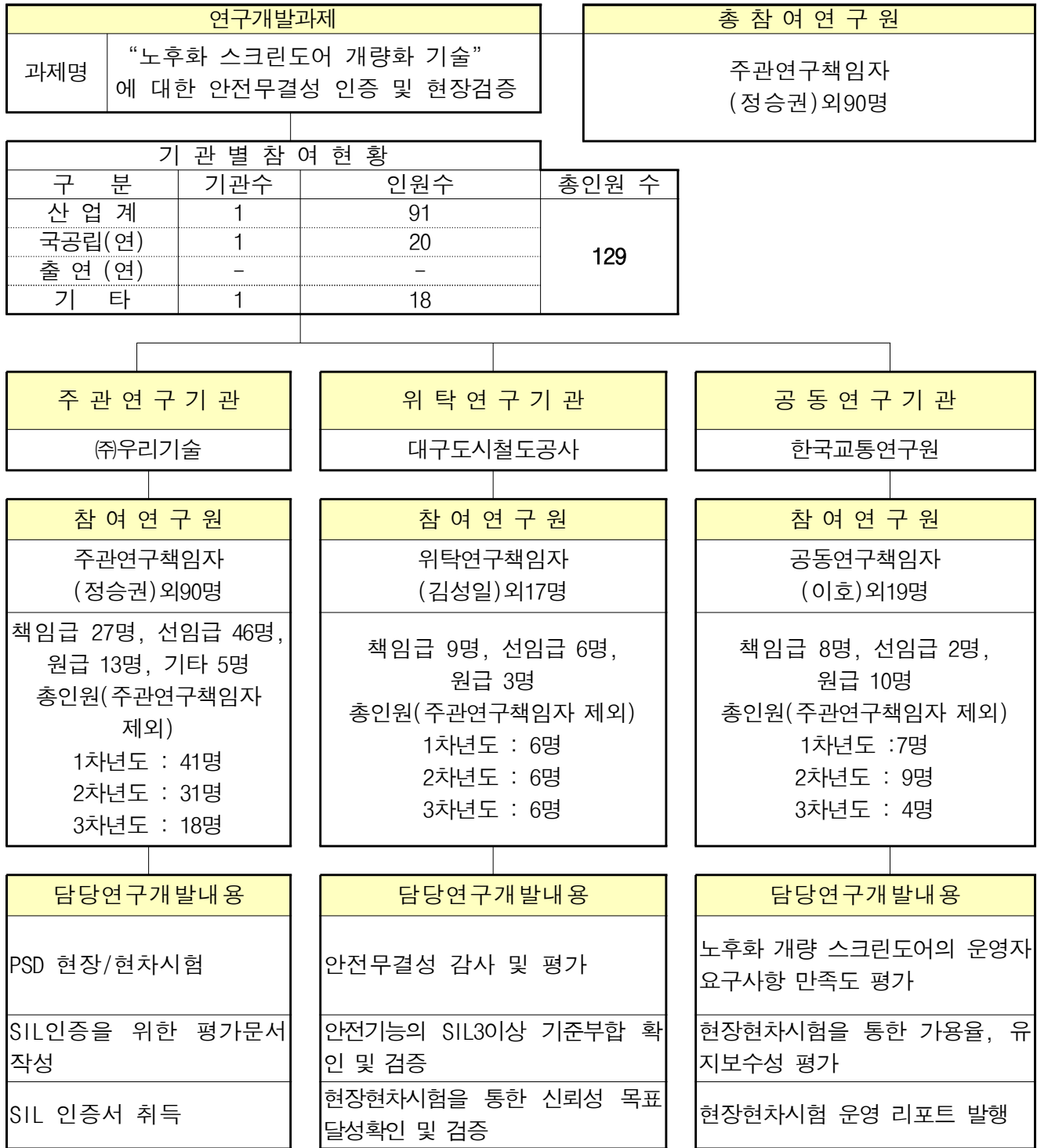
(4) 노후화 스크린도어 개량화 경제성

- 설계 수명이 긴 구조체 연구
- 경제성이 고려된 제어부 개선

(5) 현차설치 후 신뢰성 검증방안

- 운영자에 의한 운영자 요구 사항 추적 평가
- 안전성 전문 평가 기관을 통한 평가

5) 연구개발 추진체계



6) 연구개발 추진일정

연차	연구목표	연구내용	추진 일정												연구비 (백만원)	비중 (%)
			1차년도		2차년도				3차년도							
			3	4	1	2	3	4	3	6	12	18	24	28		
1차년도 (17.09.29~ 18.01.30)	① 노후화 스크린도어 개량에 대한 제어기의 호환성 확보	PSD 승강장 현장조사													760	24
		운영기관 요구사항 분석														
		시스템 기본설계														
		추가 기능 모듈(TIU, 장애물 검지) 기본설계														

	스크린도어 노후화 개량을 위한 요구사항 도출	도출 유지보수경험에 근거 RAM 목표치 상세 설정	승강장 선정 및 현장/현차 시험 요구사항 수립 • 스크린도어와 열차 연동시나리오 도출 • 상세 RAM 요구 사항 수립
--	--------------------------	--------------------------------	---

년도	연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
2차	스크린도어 제어기의 현장 적용을 위한 PSDC 열차 시스템 인터페이스 구현 제작	다사역에서 기 운영중인 ATO, RF장치 및 정위치 검지 방식에 대한 사전조사를 통하여 개량시스템과의 호환성을 확인한다.	• PSDC 열차 인터페이스 시제품 제작 • ATO I/F와 RF I/F 구현 • 열차상태인식장치인 열차 정위치 검지 장치 구현
	운영자 요구에 따른 PSDC 운영자 시스템 인터페이스 구현 제작	다사역에서 기 운영중인 운영자시스템을 내용을 근거로 추가적인 인터페이스를 확인하고 개발한다.	• PSDC 운영자시스템 인터페이스 시제품 제작 • 상태감시 정보제공 인터페이스 구현 • 운영자(기관사) 디스플레이 인터페이스 개발 및 구현
	끼임 사고 방지를 위한 DCU 장애물 검지 센서 인터페이스 구현 제작	다사역에서 끼임사고 방지를 위하여 개량화된 스크린도어 시스템의 장애물검지센서 인터페이스 시제품을 제작하며, 운영자의 요구사항을 반영한다.	• 끼임사고 방지를 위한 DCU 장애물 검지 센서 인터페이스 시제품 제작 • 진단가능한 장애물센서 인터페이스 • 센서와 개별출입문 제어부분 장애 예방방안
	운영자 요구 및 안전성 요구에 따른 제어시스템 개량	운영자 요구사항을 정리하여 PSD 표준 사양서 작성	• 표준사양서 작성 • 시스템 설계서 작성
	개량 및 개발 SIL 인증	세계적으로 통용되는 국제 철도 안전성 규격[IEC 62278]을 기반으로 수명주기별 안전성에 대하여 ISA(독립 안전성 전문 평가자)를 통한 평가	• 표준에서 정의된 개발 단계별 활동 및 산출물 작성 • ISA에 의한 활동 및 산출물 평가서
	현장노후 스크린도어 철거 및 구조체/제어기 설치	노후화 스크린도어 다사역 재사용 범위 결정 및 재사용품과 호환 가능한 구조 및 상세 설계하고 그 제품으로 철거, 설치를 구현한다.	• 노후화 스크린도어 개량 설계 • 공사, 제작, 설치 관련 문서 수요처 승인 • 기존 노후화 스크린도어 철거 • 스크린도어 구조체/제어기 제작 및 설치
	개량화 스크린도어 규격시험	개량화 스크린도어의 국내규격에 대한 적합성시험을 통하여 운영자의 요구조건을 준수하는지 확인한다.	• 공인기관 KRS 규격 시험 • 개량화 스크린도어의 KRS 규격시험 수행
	개량스크린도어의 안전성 평가	개량화 개발 및 설치 프로세스의 안전성 보장을 위하여 전문가를 통하여 역사구조, 호환성, 구조체 재활용, 프로세스에 분석한다. 개량설비의 동작 안전성 시험 및 검증을 위해 국제 철도 안전성 규격[IEC 62278]에 의해 분석 평가한다.	• 개량화 개발 및 설치 프로세스 안전성 평가 보고서 • 승강장 캔틸레버 슬래브 구조안전진단 • 광역도시철도 노후화 승강장 현장 안전성 분석 • 구조체 재활용 대상선정 • 동작 안전성 시험 및 검증 보고서 • RAM(신뢰성, 가용성, 유지보수성) 상세 목표 도출 및 입증 • 위험분석을 통한 안전성기준 할당/입증
	개량스크린도어	스크린도어 시스템과 통합관제와	• 승강장 안전문 장치의 통신 프로토콜 사

	운영자 시험	의 통신 프로토콜 및 스크린도어 구성 서브시스템 간의 통신 프로토콜 현황을 조사하고, 그 프로토콜의 문제점을 확인하여 표준형 프로토콜 확립한다. 운영자 시험 평가표에는 끼임사고방지나 현장 신호시스템 연계동작시험이 반영 되도록 한다.	양서 • 기존 통신 프로토콜 조사 • 표준 통신 프로토콜 사양 확정 • 운영자 시험 평가표 • 끼임사고방지 및 현장신호시스템 연계동작 등 안전성관련 기능 포함
--	--------	---	--

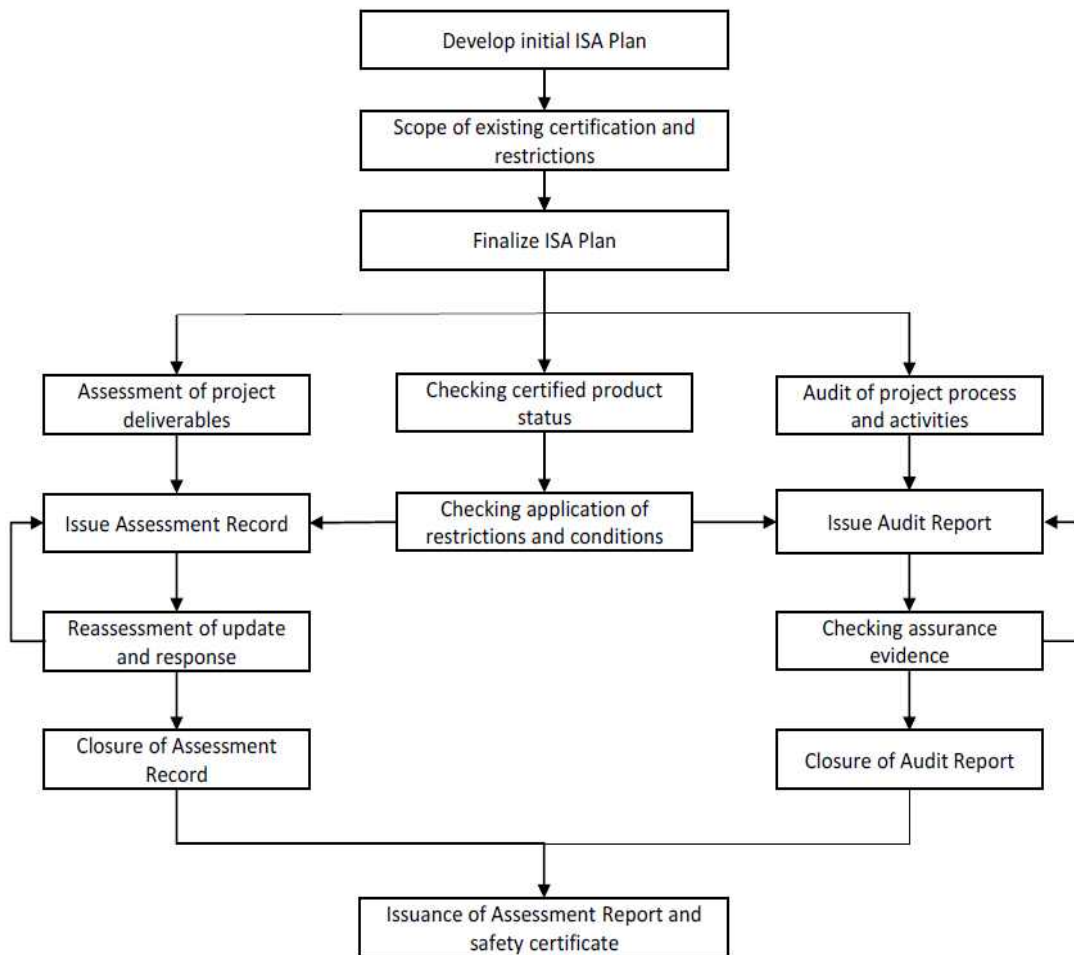
년도	연구범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
3차	스크린도어현장/현차시험	다사역 노후화 개량 스크린도어 설치 후 열차가 운행하지 않은 야간에 기능 시험 및 교체 시험을 수행하고, 운행 중 동작을 장시간 수행하여 가용율 시험을 수행한다.	상업운전을 통한 가용율 시험 • 고장 분류, 고장 조치 사항 정의 • 시험 절차 수립 • 유지보수성 입증을 단위품 교체시험 수행 • 교체품 정의 및 교체 절차 수립 • 고장을 가상화하여, 교체 시험 수행 및 교체 시간 측정 사용성(기능성) 향상을 포함한 시스템 기능 요건 수립 • 구조 요건, 기능 요건, 인터페이스요건, 자체 진단 요건, RAM 요건 및 안전 요건 상세 명세화 • 각 요건의 구현을 모듈단계, 통합 단계 별 시험 및 설계 확인을 통해 검증함
	해외사업의다양성에 대응 가능한 공통 기술시스템 확보	해외 스크린도어 사양 조사를 통해 필요한 주요기능을 분석하고 추가로 필요한 기능에 대한 구현 방법을 연구한다.	스크린도어에서의 열차 감시방식 통제 시스템 기술 개발 • 신사양 작성 및 특허등록 열차출입문과 스크린도어와의 연동시스템 인터페이스 기술 개선 • 신사양 작성 및 특허등록 • 국내 적용을 위한 기술 제안
	SIL 인증을 위한 평가 문서 작성	국제표준 안전무결성 기준(IEC62278, 62279, 62425)에 따라 개발 단계별 필요 활동을 수행하고 이를 ISA(독립 안전성 전문 평가자)를 통한 평가	독립 안전성 검증기관 평가를 위한 개발 단계별 평가문서 작성 평가 부적합 항목에 따른 설계 및 시험 수정으로 모든 단계별 개발 절차에서 안전성이 확보되었음을 증빙
	SIL3 이상의 인증서 획득	ISA(독립 안전성 전문 평가자)의 개발, 설치, 운용 평가 완료 후 인증서 발행	• SA(Specific Application)범위의 SIL4 인증서 발행
	노후화 개량 스크린도어의 안전무결성 감사 및 평가	ISA(독립 안전성 전문 평가자)의 안전성 평가 결과에 대한 보고서 및 장시간 운전 시험	ISA의 안전성 평가 보고서 • 백만회 내구성(도어당) 증빙 RAM 분석 예측, RAM 입증 시험 • 3,600h(역사당) 신뢰성 증빙
	노후화 개량 스크린도어의 운영자 요구사항 만족도 평가	운영기관(대구도시철도공사)에 의한 정상 운전을 통한 평가	RAM 분석 예측, RAM 입증시험 • 가용율 99.99%, 유지보수성 30분만족 운영 평가 보고서 • 기능성 만족도 평가 • 현차 시험 운영 리포트 대구도시철도 노후화역사 개선구매 규격서

8) 노후화 승강장 현장 안전성 분석

(1) 독립안전성평가기관 안전성 평가계획 수립

가. 안전성 보장 프로세스 절차 수립

- ISO9001에 따른 스크린도어 시스템의 설계, 제작, 설치, 시험 및 시운전과 관련하여 품질 관리 시스템을 확인, 시스템 수명주기의 주요 단계에서 현장 감사
- 스크린도어 시스템의 설계, 제작, 설치, 시험 및 시운전 단계에 대한 안전 대책을 평가하고 감사 수행하여 IEC62278, IEC62279, IEC62425 의 요구사항이 만족하는지를 확인
- IEC규격의 SIL3, SIL4 요구사항에 따라 시스템이 제작 및 설치되었음을 확인
- 시스템의 평가 범위는 특정 적용(SA) 수준에서의 시스템 개발 수명주기를 포함하도록 함 - 제품 적용 시 현장 제한 조건 및 상태 고려



<그림 9> 독립안전성 평가 절차

- 안전성 보장 절차
 - 사양 검토, 리스크 평가 그리고 문서 평가 및 안전 감사를 그림과 같이 수행
 - 평가는 시스템 수명 주기에 따라서 단계별로 진행
 - 모든 평가 완료 후 최종 안전성 평가 보고서 발행
 - 평가 활동은 수차례의 반복인 평가를 통해서 부적합 사항이 수정될 수 있도록 함
- 안전성 평가 기준
 - 품질 관리
 - 안전성 관리
 - IEC62278, IEC62279, IEC62425 내 요구사항들

- 안전성 관련 적용 조건
- 동등한 시스템에 대한 우수 사례 및 가이드스
- 유사한 특징을 가진 타 시스템 개발과 관련한 평가자 경험
- 안전성 평가 활동 계획
 - 프로젝트 문서 검토, 위험도가 타당한 근거와 함께 ALARP수준으로 저감되었는지를 확인하기 위해서 평가
 - 위험원 분석과 시험 등을 포함한 프로젝트의 활동 확인
 - 고객과의 평가 미팅 참여
 - 프로젝트 팀원과의 인터뷰
 - 현장 감사, 프로젝트 품질 관리, 안전성 관리, 형상 관리, 소프트웨어와 데이터 개발 프로세스 그리고 검증 시험 확인 (첨부 - “제3자 독립 평가 기관 평가 계획서” “품질 보증계획서”, “RAMS 계획서”, “형상관리계획서”, “V&V(확인 및 검증)계획서”)
- 부합한 것과 부합하지 않은 부적합 사항을 식별

구분	정의
1	• 시스템 운영개시 전에 해결되도록 요구되는 중요사안 • 관련 표준과 적용과 관련하여 부적합 또는 잘못된 이해와 관련된 사안 • 해당 문서의 수용에 직접적인 영향을 줄 수 있는 근본적 우려, 오류, 누락 • 산출문서의 수용이나 시스템의 운영 이전에 해결되어야 하는 사안 • 감사시에 확인된 요구사항에 대해서 만족되지 않았거나, 품질관리 시스템이 제품의 제조와 관련하여 심각한 우려가 있는 사안
2	• 문서 작성자가 관련 표준에 대한 이해를 하고 있다고 하여도, 관련 표준과 그의 적용과 관련한 부적합 사안 • 관련 표준의 부적합한 적용 또는 해석으로 인하여 안전에 영향을 줄 수 있는 사안 • 모든 안전성 관련 제출의 수용 또는 합의된 기간내에 해결이 요구되는 사안 • 미조치 시 주요 고장을 일으킬 수 있는 시스템내의 산발적인 사소한 과실 또는 절차상의 취약점

- 부적합 사항 관리
- 부합성에 요구되는 동등 수준의 제어가 달성되었는지를 결정하기 위해 해당 근거를 검토하고 관련 통제 방법이 안전성 수준을 달성했는지 판단
- 대체 통제 방법이 유사하거나 향상된 방법을 제공한다면, IEC62425의 세부 요구사항을 적용하는데 대한 근거로서 적합한 리스크 통제가 유지되었음을 확인할 수 있는 기술적인 근거 설명 확인

(2) 승강장 위험원 분석

가. 스크린도어 위험원 분석 방법

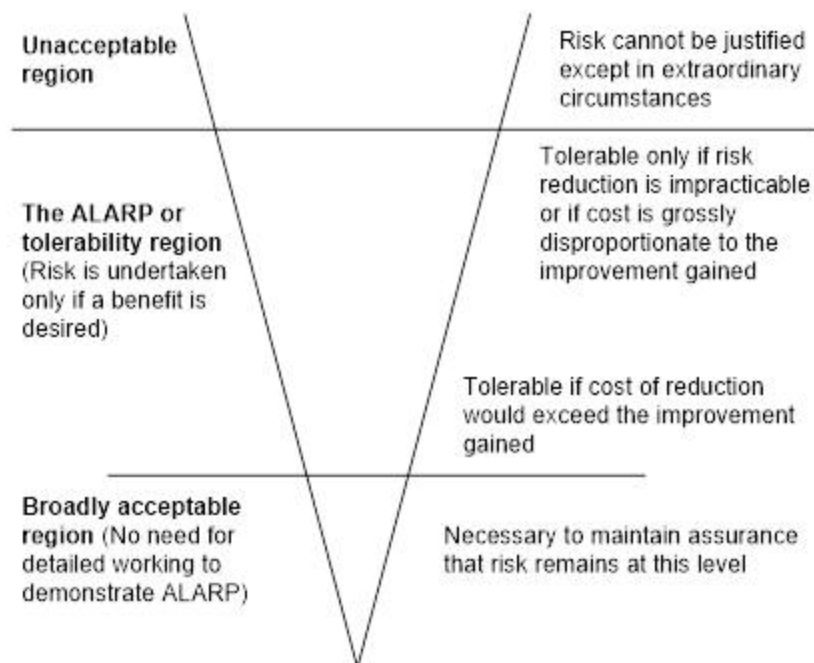
- 위험 평가와 위험원 관리/제어 프로세스는 안전 관리의 중요한 한 부분으로 시스템의 잠재 위험원과 이로 인한 위험을 제거하거나 최소화하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 IEC62278, IEC62425 표준의 시스템 수명주기에 따르면 요구사항들을 만족하도록 위험을 평가하고 수용한다. 위험원 관리 프로세스의 주요 활동은 다음과 같다.
 - 위험원들을 도출하고 이에 따른 위험을 평가한다.
 - 위험들을 제어하거나 경감시키는 방안들을 정의한다.
 - 설계를 검토한다.
 - 시스템 안전 요구사항들이 만족되었는지 증명한다.
 - Hazard Log를 통해 지속적인 위험원을 관리한다.
- 도출된 위험원은 사람 또는 주변 환경에 영향을 주는 발생 가능한 결과(consequence)에 따라 평가한다. 이 평가는 결과의 위험에 대한 강도(severity)와 발

생 빈도(frequency of occurrence)를 기본으로 하여 이루어진다. 논리적인 전문가의 판단에 의해 이루어지는 위험 평가를 통해 위험을 등급화 하여 그 등급에 맞게 위험을 최소화하는 정책을 구축한다.

- 위험 등급은 강도와 발생 빈도를 통합한 표를 기준으로 하여 결정한다.

			Severity				
Frequency of occurrence			Catastrophic	Critical	Marginal	Insignificant	No risk
Description	Frequency of occurrence of a hazardous event (/year)		S1	S2	S3	S4	S5
			Fatalities and/or multiple severe injuries	Single fatalities and/or severe injuries	Minor injury and/or significant threat	Possible minor injury	Impossible minor injury (reliability issue)
Frequent	F1	$F \geq 10$	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Undesirable	Tolerable
Possible	F2	$1 \leq F < 10$	Intolerable	Intolerable	Undesirable	Tolerable	Tolerable
Occasional	F3	$10^{-2} \leq F < 1$	Intolerable	Undesirable	Undesirable	Tolerable	Negligible
Remote	F4	$10^{-4} \leq F < 10^{-2}$	Undesirable	Undesirable	Tolerable	Negligible	Negligible
Improbable	F5	$10^{-5} \leq F < 10^{-4}$	Tolerable	Tolerable	Negligible	Negligible	Negligible
Incredible	F6	$F < 10^{-5}$	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

- 위험 등급이 tolerable (또는 negligible)하지 않는 위험원에 대해서는 수용 가능한 (acceptable) 위험 등급으로 위험을 경감시킬 수 있는 경감 방안(mitigation measure)을 정의하고 규정하여야 한다. 경감 방안은 안전 요구사항으로 인식될 수 있는 시스템의 기능이나 프로세스들이다. 이 경감 방안을 시스템에 구현하여 위험원을 제거하거나 위험의 강도나 발생 빈도를 낮추어 위험을 경감시킨다. 이와 같은 위험원, 위험, 경감 방안들은 모두 Hazard Log에 기록하여 관리한다.
- 만약 위험 등급이 높은 위험원에 경감 방안을 적용하여 위험 등급을 낮출 때 충분히 tolerable (또는 negligible)한 위험 등급으로 낮추지 못할 경우에는 위험 수용 기준 (risk acceptance criteria)을 적용하여 판단한다. ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 방법을 적용한다. ALARP region에 있는 위험들은 위험 경감을 위한 경감 방안에 대한 구현 비용이 비현실적이 되기 전까지 최선의 measure를 구현하여 위험 등급을 최소화시켜 tolerable 위험으로 받아들인다.



<그림 10> ALARP principle

- ALARP 방법을 적용한 정성적인 위험 수용 기준은 다음 표와 같다.

Risk Class		Actions to be applied against each level	ALARP
Intolerable	R1	Shall be eliminated	Unacceptable region
Undesireable	R2	Shall only be accepted when risk reduction is impacticable and with the agreement of the Railway Authority as appropriate	ALARP region
Tolerable	R3	Acceptable with adequate control and with the agreement of the Railway Authority	
Negligible	R4	Acceptable with agreement of the Railway Authority	Broadly acceptable region

- 어떤 위험들을 제거하거나 수준을 낮추는 것이 결정되면 위험 경감을 위해 적용되는 경감 방안들은 다음과 같은 형태로 정의된다.
 - 안전 설계 기준으로 적용된다.
 - 보호(Protection) 기능으로 정의된다.
 - 관련 있는 규격과 원칙을 준수하는 방법으로 정의된다.
 - 유지, 관리의 원칙과 프로세스로 정의된다.
- 경감 방안들로부터 초기에는 위험을 경감시키는 상위의 안전 요구사항을 도출하고 설계가 진행되면서 상세한 분석을 통해서 안전 관련 시스템에 할당 가능한 안전 기능을 정의한다. 이 안전 기능에 분석을 통한 SIL(Safety Integrity Level, 안전 무결성 등급)을 할당하여 그 기능을 구현한다.
- 이상과 같이 분석된 위험은 다음과 같다. (첨부 - “Preliminary Hazard Analysis”, “PHA Worksheet”)

위험 등급	최초 분석에서 도출된 위험수	경감 대책 적용 후 도출된 위험수
Highest risk ranking (R1)	2	0
Second risk ranking (R2)	16	0
Third risk ranking (R3)	7	15
Fourth risk ranking (R4)	0	10

- 위험 분석으로 얻은 결과와 경감 방안들을 Hazard Log 문서에 기록한다. Hazard Log는 위험원 관리 추적 방법으로 수행 기간 내에 계속 유지, 관리되며 다음 내용을 포함한다. (첨부 - “Hazard Log”, “Hazard Log 관리시트”)
 - 시스템과 서브시스템을 포함한 추적 분석을 위한 numbering
 - 위험원의 원인과 영향
 - 위험원의 위험 등급
 - 경감 방안에 대한 기술
 - 경감 방안 적용 후의 잔여 위험 등급
 - 경감 방안 의 실적용 상태
 - 적용 상태 확인을 위한 evidence 참조

나. 스크린도어 안전 무결성 등급 할당

- 안전은 systematic failure를 방지하기 위한 적절한 조치들과 random failure를 제어하기 위한 조치들에 의존한다. 이 두 가지 고장에 대한 조치들은 시스템이 최적의 안전 성능을 발휘할 수 있도록 조절되어야 한다. 이 목적을 위해 안전 무결성 등급(SIL)을 사용한다.
- 안전 무결성은 하드웨어에 관계하는 정량적인 요소들과 소프트웨어, 지침, 문서 또는 프로세스에 관계하는 정성적인 요소들의 조합으로 표현한다.
- 위험 평가 프로세스의 결과를 기본으로 응용 시스템과 컴포넌트들에 대한 안전 무결

성 요구사항들을 도출한다. 위험을 경감시키는 방안들은 시스템의 안전성 목표 수준에 맞도록 설정 한다. 또한 안전 무결성은 필요한 안전 기능을 수행할 때 발생할 수 있는 고장의 확률이 기준 이하가 되도록 한다. 따라서 위험 수준(risk level)이 높은 위험을 경감시키기 위해 도출된 안전 기능에는 더 높은 SIL 목표가 할당되어 더 많은 경감을 시키게 되도록 한다.

- IEC 62425에 정의된 연속 동작 시스템의 안전성 지수인 THR (Tolerable Hazard Rate)를 기준으로 한다. THR을 기준으로 할당되는 SIL은 다음 표와 같다.

Tolerable Hazard Rate (THR) per hour and per function	안전 무결성 등급(SIL)
$10^{-9} \leq THR < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq THR < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq THR < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$	1

다. 관제시스템 안전성 분석

- 대구도시철도 공사에서 운영하고 있는' 승강장안전문 관제시스템 (PSD Supervision System, 이하 'PSDS')'을 대상으로, 기 정의된 요구사항 명세서, 시스템 정의 및 운영 매뉴얼을 기반함.
- 분석 방법으로 HAZOP(HAZards & Operability study, 위험원 및 운영성 회의) 기법을 적용하며 수행한 시스템위험원 분석(System Hazard Analysis, 이하 'SHA') 결과를 통하여 본 PSDS 의 안전성을 검토
- HAZOP(HAZards & OPerability study)
 - 설계 의도에서 벗어나는 일탈현상(이상상태)을 찾아내 공정의 위험요소와 운전상의 문제점을 도출하는 방법
 - 이 안전성 분석 방법을 통해 승강장 관제시스템 안전성을 분석하고 그 분석한 내용을 토대로 위험도 권고사항을 도출

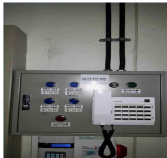
HAZOP 목적	HAZOP 전제 조건
• 안전측면에서 잠재적인 위험요소나 운전상의 문제점을 파악 • 파악된 위험요소나 운전상의 문제점에 대한 고려가 설계상에 반영되어 있는지 확인 • 설계상의 고려가 적합한지 확인 • 설계상의 고려가 누락 또는 적절하지 않다고 판단된 경우, 설계변경을 요구	• 동일기능의 2가지 이상 기기고장 및 사고는 발생치 않는다. • 안전장치는 필요시 정상작동 하는 것으로 한다. • 장치와 설비는 설계 및 제작사양에 적합하게 제작된 것으로 한다. • 작업자는 위험상황시 필요한 조치를 취하는 것으로 한다. • 위험의 확률이 낮으나 고가설비를 요구할 시는 안전교육 및 직무교육으로 대체 한다. • 사소한 사항이라도 간과하지 않는다.

- 안전성 요건 도출
 - 첨부 - “관제시스템 안전성 분석”
 - 관제시스템은 PSD와 연계되어 안전성이 분석되었으나, PSD 범위를 넘어서 구현은 수행하지 않음

(3) 대구도시철도 시설현황 조사

가. 신규 PSD 사양 조사를 통해 노후화 PSD 역사 개선 사양 연구

- 노후화 PSD 운용 역사(대구 다사역) 현황을 최근 PSD 설치 역사(대구 강창역)와 비교하여 제어부의 개선점을 도출함
 - 종합제어반에서 실선이중연결을 통해 인터페이스반과 연결하고, 인터페이스반을 통해 HMI, RF지상장치, 정위치 검지센서, MMS(2호선 통합관제실) 등을 통신 연계함으로써 운영 및 유지관리의 안전성이 떨어지는 상태임. PSD 동작 신호의 연결을 단순화하여 안전 기능이 기기 고장의 영향을 덜 받도록 개선 필요
 - 에어리어 센서의 상. 하 2POINT 방식 운영함으로써 안전성이 떨어지는 상태임. 장애물 검지 기능을 PSD 안전성에 매우 중요하므로 음영지역이 없도록 다중 Point 방식 센서적용 및 신뢰성 향상을 위한 센서 이중화 등의 개선 필요.
- 노후화 PSD 역사에 UPS, 분전반 등 이미 개선된 사항에 대해 재사용 결정

	노후화 PSD(다사역)_우리기술		신규 PSD(강창역)_현대 E/L	
종합 제어반	- 종합제어반을 릴레이 시퀀스 구성으로 운영 - MMS 없이 주제어반 램프 상태값으로 감시 - 기능 추가가 가능한 마이크로 프로세서 기반 제어 시스템 적용 필요		- 종합제어반 (MMS+주제어반) 구성으로 운영	
인터페이스반	- 제어실에 신규 PSD와 같은 인터페이스반을 별도로 추가 설치하여 종합제어반과 연계 운영 - 종합제어반과 기능 통합 필요		- RF장치, 기관사HMI, 정위치검지, 출입검지등을 인터페이스반을 통해 연계 운영	
역무원실	- 릴레이 시퀀스 회로로 실선 구성하여 운영 - 경보 감시만 운영 - 역무원실에서도 PSD 비상 수동 제어 기능 추가 필요		- 역무원실 조작반 통신 & 실선제어 구성하여 운영	
기관사 HMI	- 인터페이스반과 통신 연결을 통해 종합제어반과 연계 운영 - 안전 필수 기능 분석 필요, 필요시 실선 제어		- 인터페이스반과 통신 연결하여 운영	
장애물 감지센서	- 도어당 감지센서 2개소(상/하)씩 설치 운영 - 다중 감지 센서 필요 - 감지 기능 안전성 강화 필요 (이중화 설치 고려)		- 도어당 다중 감지센서 설치 운영	

정위치 검지센서	- 인터페이스반과 실선 연결을 통해 종합 제어반과 연계 운영 필요 - 센서 단일 고장 대비 필요		- 인터페이스반과 실선제어로 연결하여 운영 - 정위치센서 : 승강장 1-1 - 출입문센서 : 승강장 1-1, 1-2, 1-3, 1-4	
개별 제어반	- 노후화 단종 제어기 운용됨 - 기능 추가 가능한 전용 제어기 필요 - 통일된 구조체 사용을 위한 도어 상단부 설치 필요		- 1~6량 가동문 & 비상문에 설치 운영 - 7~8량 도어 & 비상문에 확장제어반을 개별제어반과 별도로 설치하여 운영	
승강장 조작반	- 릴레이 시퀀스 회로로 실선 구성하여 운영 - 안전 기능이므로 개별 제어반이 바로 제어될 수 있도록 구조 개선 필요		- 승강장조작반 - 인터페이스반 및 합제어반과 통신/실선제어로 연결하여 운영	

- 첨부 “대구 도시철도 PSD 현장조사결과”
- 다사역 실측을 통해 역사내의 정확한 사이즈, 구조체의 사이즈를 파악하고, 이를 기반으로 새로운 구조체의 사이즈를 정하도록 하였다.
- 첨부 “대구 다사역 실측보고서”

9) 노후화 승강장 스크린도어 요구사항 수립

(1) 승강장 안전 요구 사항 도출

- 스크린도어의 기본안전 요구사항과 함께 기존 노후화된 승강장 현장조사 기반으로 도출
- 가. 스크린도어 일반 구조 요건 사항
- 접근 권한을 부여할 때까지 이동하는 열차에서 고객/승객을 분리하는 안전장벽 형성
 - 균중하중, 공기역학적 부하, 바람하중, 지진에 견딜 수 있어야 하는데, 이러한 개별 조치는 다음과 같은 구조용 유로코드에 따라 일치되도록 한다.
 - 설계는 EN1990의 요구 사항을 따라야 한다.
 - 강재가 사용되는 경우 구조 설계는 EN 1993-1-1에 따라야 한다.
 - 알루미늄을 사용하는 경우 구조 설계는 EN 1999-1-1에 따라야 한다.
 - 강 또는 알루미늄 이외의 구조용 재료를 사용하는 경우, 설계의 성능은 Euro codes 카테고리 C5의 성능 요구 사항과 동등한 것으로 입증되어야 한다.
 - 내진 구조의 설계에 관한 EN 1998-1의 관련 국가 별 부속서가 요구하는 경우, EN 1998-1의 규정이 다른 관련 유로 코드의 규정에 추가로 적용된다.
 - 유리가 사용되는 경우 유약 재료의 두께는 유한 요소 해석을 사용하여 계산 될 수 있다. 대안 적으로, 경험적 국가 코드를 사용하여 두께를 결정할 수 있지만, 이것은 보수적 인 설계 및 중량 증가를 초래할 수 있다.
 - 균중 하중: 수평 적재 하중에 대한 설계는 EN 1991-1-1:2002, 6.4에 따라야 한다.
 - 풍하중: EN 1991-1-4에 따라 고려해야 한다.

량의 동적인 움직임 및 궤도, 차량, 플랫폼 및 장벽 시스템의 건설에 대한 허용오차를 고려한다. 목표는 완공된 층 수준에서 0m와 1.5m 사이의 모든 높이에서 L_n 을 최소화하는 것이다.

- L_n 의 측정은 기차가 고정되어 있고 트랙 또는 가이드웨이에 대해 중앙에 위치해야 한다. 스크린도어가 닫힐 때 위험으로부터 사람을 멀어지게 하거나, 스크린도어의 움직일 수 있는 부분에 부착 된 스트립 또는 바의 물질을 포함시켜 유효 거리 L_n 을 줄여야 한다.
- 열차와 출입구 너머의 장벽이 움직일 수 있는 차량과 장벽 사이의 한계가 인프라와 차량 사이의 게이지 한계 (gauge clearance)에 대해 일반적으로 명시된 것보다 안전하게 감소 될 수 있도록 부분적으로 유연하거나 약해질 수 있다.
- 각 문 또는 게이트의 바닥에 기차와 장벽 문 또는 게이트 사이에 서 있을 때 사람의 발을 놓을 수 있는 구역을 덮는 구조 요소를 포함하여 사람이 해당 구역에 서 있으면 문 또는 문이 폐쇄로부터 막히고 응답해야 한다.
- 열차, 스크린도어와 관련된 다른 모든 안전 루프가 폐쇄되어도, 그 사고가 확인 또는 간헐 있는 사람은 모두 제거될 때까지 열차와 장벽 사이의 틈에 있는 사람의 존재를 감지하고 열차가 역에서 출발하는 것을 방지하는 장치를 제공하여야 한다.
- 열차와 플랫폼 출입구 사이에 사람이 넘어지는 가능성을 통제하기 위해 플랫폼 격차를 최소화하여 디자인한다.
- 위험원 평가 또는 저감방안 조치의 설계에서 고려해야 할 사용자 집단은 3 세 이상의 보행자자와 그 연령대의 15% 점유하는 인체치수를 포함해야 한다.
- 설계의 첫 번째 원칙은 가능한 한 격차의 크기를 줄이거나, 끼임이 발생할 수 있는 영역에 진입하는 것을 방지하는 것이다. 장애물 센서 등의 장치 사용은 단지 위험원 저감방안으로 고려해야 한다.
- 장애물 센서가 사용되는 경우, 센서 장치는 최소한 3 세 이상의 아동, 인구의 다섯 번째 백분위 수, 인체 측정 차원 등을 대표하는 시험 대상물의 존재를 탐지할 수 있어야 한다.
- 센서가 활성화 된 경우 사고가 조사되고 운영 요원에 의해 시스템이 재설정 될 때까지 '장애물 감지 됨'상태로 유지되어야 한다.
- 장애물 감지장치가 사용되는 경우, 보호 시스템의 잘못된 작동의 영향을 완화하기 위한 조치가 취해져야 한다. 차량의 움직임에 의해 틈새에 바람을 불고 있는 쓰레기가 교통시스템에 불필요한 지연을 일으켜 혼잡과 과밀을 통해 안전을 위협 할 수 있습니다. 이러한 완화 조치에는 직원이 원격으로 상황을 평가하고 잘못된 작동을 취소 할 수 있도록 간격을 모니터링 하는 것이 포함될 수 있다.

나. 스크린도어 제어 및 전기 요건사항

- 스크린도어 중 하나가 열렸을 때 열차가 역에 진입하는 것을 허용 할 수 없다(a).
- 스크린도어는 열차가 정지 상태(즉, 제로 속도, 유지 브레이크가 걸려 있고 교통 관리 시스템에서 이동 명령이 없는 상태)로 유지되고 장벽과 올바르게 정렬 될 때까지 열리거나 열리지 않아야한다.
- 열차가 역에 접근하는 동안 요구 사항 (a)의 보증을 제공하는 안전 루프가 열리면 열차는 안전하고 실행 가능한 한 빨리 정지하게 된다. 모든 스크린도어가 폐쇄되고 잠길 때까지 열차가 움직일 수 없다.
- 제어 시스템에 의해 자동으로 또는 열차기관사 또는 승강장상의 권한 있는 사람이 탑승객이 열차 또는 승강장에서 로컬 제어 버튼을 사용하여 승객에게 국부적으로 출입문을 작동시킬 수 있습니다.
- 스크린도어 (제공된 경우)에 대한 로컬 제어 버튼은 EN 14752의 외부 열차 도어 제어에 설정된 원칙에 따라 설치해야 한다.
- 잠금 장치는 도어 / 게이트 개폐조건에 따라 '개방'명령에 의해 출입문이 해제되거나 비상 출입구 또는 출입구가 작동 할 때까지 잠긴 상태를 유지해야 한다.
- 비상 출입구 또는 출입 장치가 작동하지 않는 한 출입문 / 출입문 시스템에 대한 전원 공급이 끊어지더라도 잠금 장치는 잠긴 상태로 유지되어야 한다.
- 문 / 출입문 및 잠금 장치의 상태가 감지되어 제어 시스템에 보고되어야 한다. 이것

은 안전 루프를 통해 지속적으로 모니터링 되어야 한다.

- 문 잠금 장치의 탐지 시스템은 기계적 원인 또는 전기적 결함 여부에 관계없이 문을 닫고 잠근다는 잘못된 표시의 위험을 최소화하기 위해 적절한 안전 무결성을 갖도록 설계되어야 한다.
- 도어 상태표시는 플랫폼 또는 무인 (UTO) 작업의 경우, 모든 스크린도어가 닫혀 있는지 확인하기 위해 제어 센터 (운영 센터 및 유지 보수 직원에게 보임)에서 표시를 사용할 수 있어야 한다.
- 열차가 탑승 한 운전자의 통제 하에 있을 때마다, 운전자에게 표시를 제공해야 한다.
- 열차가 문을 열지 않고 열차를 운행하는 경우, 해당 플랫폼 출입구의 승객에게 위험 요소가 발생하지 않도록 하고 배리어 도어에 결함이 있는 경우 그 반대의 경우도 대비해야 한다. 이것은 열차가 플랫폼에 도착하기 전에 열차와 역 사이의 상태 데이터를 자동으로 교환하는 등의 작업 절차 (추가 직원의 존재 포함)를 통해 달성 될 수 있다. 따라서 스크린도어 또는 차량 도어가 사용하지 않으면 해당 차량 또는 스크린도어가 열리거나 열리지 않는다.
- 선택된 통제조치가 운영 절차에 기반을 둔 경우, 그것들은 효과성에 대해 적절한 위해 평가를 받아야 한다.
- 경고음: 출입문이 열리거나 닫히거나 곧 닫힘이 시작될 예정임을 알리는 가청 경보가 제공되어야 한다.
- 제어시스템 무결성: 제어 시스템의 무결성은 배리어 시스템의 기능적 안전과 신뢰성을 보장해야 한다. 이는 EN50126-1 또는 IEC61508을 준수함으로 입증 될 수 있다.
- 플랫폼 장벽에 있는 출입문 / 게이트 중 어떤 것도 열차가 플랫폼에 정확하게 정위치 정차하였음에도 어떤 이유로든 '열린'명령에 응답하지 않는 경우 적절한 운영 절차에 따라 스테이션의 운영 요원이 로컬 제어판에서 열고 닫힘을 실행할 수 있어야 한다.
 - 열림과 닫힘의 제어는 운전 위치에서 열차 운전자가 접근 할 수 있다.
 - 결함이 있는 경우 문 닫힘 및 잠긴 회로를 무효로 할 수 있어야 한다.
 - 명령거부 또는 지역 통제가 사용되는 위험을 최소화하기 위한 조치가 취해져야 한다.
- 전기 안전을 확보하기 위해 필요한 접지 및 결함 장치는 플랫폼 장벽 시스템이 설치되어야 하는 모든 스테이션 플랫폼에 수행되어야 한다. 요구 사항은 플랫폼 장벽 시스템 자체의 구조 및 노출 된 전도성 부품뿐만 아니라 작업을 가능하게 하기 위한 일부로 설치 될 시스템의 구조 요소에 적용되어야 한다. 요구 사항은 건인 장치, 스테이션을 사용하는 전동식 열차, 실제 출입문/게이트의 전원 및 제어 장비, 조명, 티켓기계 등을 포함한 타 역사장비의 전원 공급 장치로 인한 위험을 모두 포함한다.

다. 개별 기기 운용 현황 및 기기 요구 사항

- 모터 운용 현황: 모터의 경우 잡음을 생성하는 주 요인자이며, 1호선은 모터 전원선에 페라이트코어를 장착하여 외부로 방출되는 잡음을 소모하도록 설계 되었으며, 모터엔코더의 경우 내장된 홀 센서를 사용하였고, 출입문 닫힘 5mm검지는 전자정을 사용하였다. 2호선은 내장홀센서가 있으나, 외장홀센서인 RE 20(정밀제어용)을 사용하여 엔코더 측정과 5mm검지를 사용하고 있으며, 높은 정밀제어로 정상적으로 동작하는데도 불구하고 장애로 검지되는 경우가 많아 장애발생건수가 높은 것을 볼 수 있다 1호선의 경우 5mm검지를 유지보수원의 미세조정을 통해 사용함으로 조정자의 개인적 오차가 발생될 수 있는 단점이 있다.
- 모터 요구 사항: 구동모터의 요구사항으로는 출입문 닫힘 5mm검지 시 정밀 홀센서 사용, 일반적인 모터의 엔코더측정은 모터 내부의 엔코더를 사용하는 것이 가장 안

정적이라 판단되며, 구동모터의 잡음제거를 위해 페라이트코어를 장착하도록 요구한다.

- 장애물 검지센서 운용 현황: 장애물 검지센서의 경우 1,2호선 모두 불량광축 무시기능이 있으며, 동작방식은 Sync신호에 의한 송·수신부 1:1검출방식이다. 장애조치내용으로는 센서 광각조정 및 청소가 대부분을 차지하고, 1호선 보다 2호선의 장애 발생률이 높은 이유는 광축간격이 짧아 센서 간 간섭으로 판단된다.
- 장애물 검지센서 요구 사항: 센서의 광축간격을 충분히 하여(40mm 이상)센서 간 간섭을 최소화 하고, 불량광축 발생 시 어떤 센서 에서 장애가 발생된 것인지 확인 할 수 있는 기능이 구현, 센서 광각을 누구든 쉽게 조정할 수 있도록 하며, 커넥터는 잡음에 강한 BNC등으로 요구하며, 최근 사용되는 마이크로파 빔차단 검출방식을 이용한 마이크로웨이브 검지기 등 검토하여 설계에 반영할 수 있도록 요구한다.
- 정위치 검지센서 운용 현황: 1,2호선 정위치검지센서는 같은 모델을 사용하고 있으며, 모두 이중화로 구성되어 있다. 2호선의 경우 정위치검지센서로 열차의 진입과 진출을 판단한다.
- 정위치 검지센서 요구 사항: 열차 정위치검지센서의 구성은 진입센서(5-4), 진출센서(6-3), 정위치 센서로 구성하고, 이중화 되어야 한다. 이중화된 센서 중 하나라도 고장이 발생되면 유지보수원이 알 수 있도록 요구한다.
- RF 장치 운용 현황: 장애건수는 1,2호선이 비슷한 수준이지만, RF통신단절의 경우 1호선 일평균 15건 정도 발생되지만 2호선은 일평균 2,000건 정도 발생되고 있다. 2호선의 RF장치 통신 단절이 많은 것은 차상장치와 임피던스 매칭불량으로 인한 수신감도 저하로 판단된다. 2호선 모두 RF장치가 이중화되어있으며, 선두부와 후미부에 2개가 설치되어 있다.
- RF 장치 요구 사항: RF장치는 검증된 산업용으로 제품으로 도입하고, 이득이 충분한 제품을 사용하여 높은 수신감도로 설치하여 사용할 수 있도록 검토 요구함
- 종합제어반 운용 현황: 장애건수 연간 1호선 15건, 2호선 10건 이며, 장애가 발생할 경우 Reset을 통하여 시스템을 재부팅 시킨다.
- 종합제어반 요구 사항: 종합제어반 UI 구현 시 공사와 협의하여 편리하고 미려하게 구현 하며, 장시간 재부팅 없이 사용되는 윈도우시스템 홀딩 및 다운증상을 해결하기 위해 최신 서비스팩 과 프로그램의 변수초기화 등 개발 시 유의하도록 하고, 장비 발생데이터 저장 시 파일형식이 아닌 데이터베이스에 저장하도록 요구함. 종합제어반, 주제어장치간 가동상태 상호(Cross Check)감시기능 구현하고, 주제어장치 통신장애의 경우 종합제어반에서 관제설비로 장애정보 전송하고, 종합제어반 통신장애의 경우 역무실조작반 장애경보 발생될 수 있도록 요구함.
- 개별제어반 요구 사항: 개별제어반 전원공급장치는 SMPS방식을 사용하고, BLDC모터 드라이버는 개별제어반 Main보드 내 구현되도록 요구함
- 역무실 조작반: 역무실에 역무실조작반은 있으나, 승강장안전문을 모니터링 할 수 있는 모니터가 없으므로 (국토부 지적사항) 역무실에서 승강장안전문의 개별 장비이상 및 장애현황을 바로 확인할 수 있도록 모니터링 장비도입 요구함.

(2) 승강장 스크린도어 표준 사양 작성

- 표준사양서는 앞서 작성된 승강장 안전요구사항, 운영자 요구사항(첨부 “운영자 요구사항 도출”) 및 실질적으로 운영에 필요한 항목들을 작성하고, 안전 무결성 입증에 필요한 내용이 추가되었다. 표준사양서(첨부 “표준사양서”)는 운영사에서 스크린도어 구매 사양으로 이용될 수 있다.

(3) 승강장 스크린도어 개별 요건

- 표준사양서, 위험원 분석을 통해 시스템 설계에 필요한 상세 사양을 도출한다.
- 첨부 - “스크린도어 기능 사양서”

- 첨부 - “스크린도어 안전 기능 사양서”

10) 노후화 스크린도어 개량화를 위한 시스템 개발

(1) 시스템 설계

가. 시스템 구성 설계

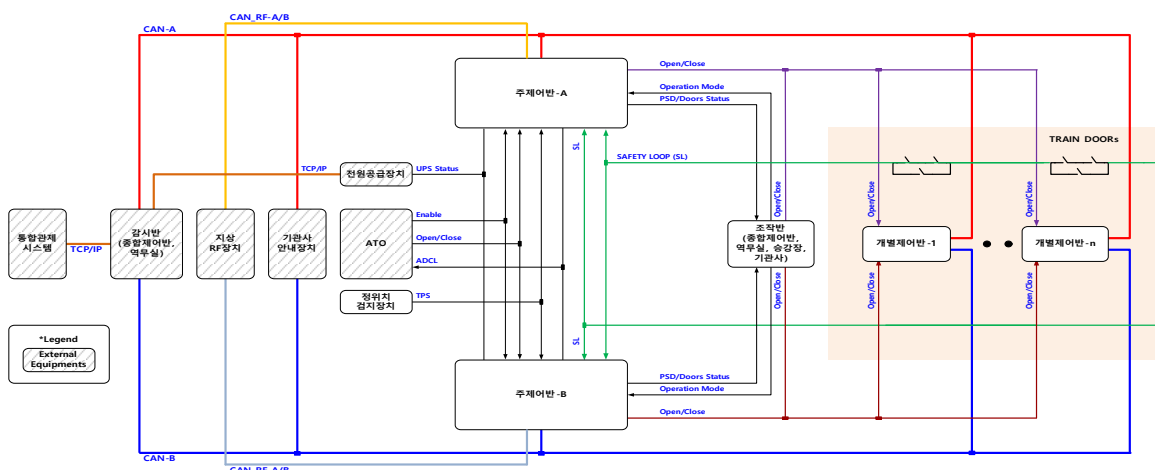
- 제어부: 스크린도어 제반 동작 감시 및 제어, 총 6개의 서브시스템으로 구성
 - 주제어반 (MCU: Main Control Unit): 주제어반은 PSD 시스템의 전반적인 동작을 결정하는 장치로 ATO 및 지상 RF장치, 종합제어반/역무실/승강장/기관사 조작반으로부터 정보를 수집하여 가동문의 열림/닫힘을 결정하고 해당 명령을 개별제어반으로 전달하여 전체 가동문의 열림/닫힘을 제어한다. 또한, 가동문의 닫힘/잠김 상태 및 비상문의 닫힘 상태를 감시하고, 상태 신호를 ATO 및 지상RF장치로 전달한다. 역사 내 승강장 (platform) 당 1개씩 승강장 기계실의 종합제어반에 설치된다.
 - 종합제어반 조작반 (MCP: Main Control Panel of PSCC): 권한을 가진 역내 운영자에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 장치로 승강장 당 1개씩 기계실의 종합제어반에 설치된다.
 - 역무실 조작반 (MCPS: Main Control Panel of SOCC): 권한을 가진 역내 운영자에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 장치로 역사당 1개가 역무실의 역무실 제어반에 설치된다.
 - 기관사 조작반 (DCP: Driver Control Panel): 기관사에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 장치로 승강장 당 1개씩 선로 측 (rail side) PSD 구조체 벽면에 설치된다.
 - 승강장 조작반 (LCP: Local Control Panel): 권한을 가진 역내 운영자에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 장치로 승강장 당 1개씩 승강장 측 (platform side)의 PSD 구조체 벽면에 설치된다.
 - 개별제어반 (DCU: Door Control Unit): 개별제어반은 도어의 정보를 수집하고, 열림/닫힘 명령에 따라 모터를 제어하여 가동문을 개폐하는 장치로 스크린도어 당 1개씩 각 스크린도어 헤더박스 내부에 설치된다.
- 장치부: 제어부 기능 동작 지원
 - 종합제어반 전원장치 (PSP: Power Supply of PSCC): 전원공급장치로부터 전원을 공급받아 종합제어반 각 장치에 전원을 공급하는 장치로 AC/DC Converter와 Diode module로 구성되며, 종합제어반에 설치된다.
 - 역무실 제어반 전원장치 (PSS: Power Supply of SOCC): 전원공급장치로부터 전원을 공급받아 역무실 제어반 각 장치에 전원을 공급하는 장치로 전원 이중화 분배장치, AC/DC Converter와 Diode module로 구성되며, 역무실 제어반에 설치된다.
 - 정위치검지장치 (TPC: Train Position Checker): 열차 진입/진출 및 열차 정차 시 정위치 정차를 검지하는 센서로 구성된 장치로 센서 신호는 주제어반에 연결된다. 승강장 당 1개씩 선로 측 구조체 상부에 설치된다.
 - 승강장 분전반 (PDU: Power Distribution Unit): 전원공급장치로부터 전원을 공급받아 배선용 차단기를 통하여 종합제어반을 제외한 PSD 시스템에 전원을 분배하는 장치이다. 승강장당 1개씩 승강장 측의 PSD 구조체 벽면에 설치된다.
 - 모터유닛 (Motor Unit): 가동문을 제어하기 위한 장치로 motor 및 encoder로 구성된다. 모터는 제어를 위한 MDU (Motor Driver Unit) 및 내부 encoder를 포함하며, 모터 동작의 건전성을 확인하기 위하여 모터 외부에 encoder를 별도로 장착한다. 개별제어반은 external encoder 정보를 통해 모터의 동작 상태를 감시하고 모터를 제어하여 가동문을 개폐한다. 스크린도어 당 1개씩 각 스크린도어 헤더박스 내부에 설치된다.
 - 전자 잠금장치 (Lock Device): 각 가동문의 닫힘 상태를 고정시키기 위한 잠금 장치로 개별제어반의 제어 명령에 따라 잠금 (locking) 및 잠금 해제 (unlocking) 상태가

- 되며, 잠금 상태를 감시하기 위한 가동문 잠금 확인 센서를 포함한다. 스크린도어 당 1 개씩 각 스크린도어 헤더박스 내부에 설치된다.
- 장애물 감지 센서 (Obstacle Sensor): PSD 구조체와 선로 사이에 장애물 등을 감지하기 위한 센서로 Area sensor와 2D Scanner로 구성하고 개별제어반에 상태를 전송한다. 스크린도어 당 1 개씩 설치되며 비 승차 구간은 제외하고 승강장당 24개씩 선로 측에 설치된다.
 - 유니트 센서 (Unit Sensor): 가동문과 선로출입문은 각각 1개의 센서, 비상문(기관사 출입문, 갱웨이 포함)은 2개의 센서를 설치하며, 각 도어의 닫힘 상태를 감시하여 개별제어반에 상태를 전송한다. 비상문에 설치되는 2개의 센서의 명칭은 All Doors Closed Safety Loop에 연결되는 닫힘 확인 센서, All Doors Locked Safety Loop에 연결되는 잠금 확인 센서로 구분한다. 단, 비상문(EED) 잠금 확인 센서는 사용되지 않으며, 닫힘 확인 센서와 동일한 센서를 사용하여 기구적인 닫힘 상태를 검출하여 잠금 확인 상태 신호로 전달한다.
 - 개폐표시등 (DOI: Door Open Indicator): 개폐표시등은 각 스크린도어 헤더박스에 위치하여 플랫폼의 승객 및 운영자가 도어의 동작 상태를 표시하기 위한 Lamp 장치로, 개별제어반에 의해 제어된다. 스크린도어 당 1개씩 각 스크린도어 헤더박스에 설치된다.
 - 구동부: 제어부의 기능 동작을 지원하고, 모터로부터 발생된 에너지를 스크린도어의 움직임으로 변환하기 위한 기구 구조물
 - 벨트구동: 벨트 구동은 모터로부터 발생된 동력을 가동문으로 전달하기 위한 장치로 Door Stopper, Door Hanger, Hanger Rail, Idle Pulley, Timing Belt, Belt Clamp, Hanger Roller Bracket 등으로 구성되어 있다.
 - 구조부: 스크린도어 설치 구조물
 - 헤더박스: 구동장치가 설치되는 구조물로 헤더박스 커버, 헤더박스 잠금 키, 전면 해지장치, 모드키 등으로 구성되어 있다. 승강장 당 최대 32개까지 구성된다.
 - 가동문 (MSD: Motorized Sliding Door): 열차와 승객 간 안전 거리를 위해 설치되는 스크린도어로 개별제어반의 모터 제어에 의해 동작하는 좌우 개폐식 도어이다. 승강장 당 최대 64개까지 구성된다.
 - 비상문 (EED: Emergency Escape Door): 가동문 고장 또는 비상 시 선로 측으로부터 승객이 안전하게 승강장으로 이동할 수 있도록 사용되는 비상용 수동 도어이다. 승강장 당 최대 64개까지 구성된다.
 - 기관사출입문 (ADD: Access Door for train Driver): 기관사가 출입하는 수동 도어이다. 승강장 당 최대 2개까지 구성된다.
 - 선로출입문 (ADT: Access Door for Track side): 선로로 출입하는 수동 도어이다. 승강장 당 최대 2개까지 구성된다.
 - 갱웨이 (EDT: Emergency Door for Train connection position): 열차 연결부분 위치에 설치되는 수동 도어이다. 승강장 당 최대 7개까지 구성된다.
 - 상부골조: 승강장안전문 상부를 고정하는 구조체이며, 승강장 당 최대 32개까지 구성된다.
 - 하부골조: 승강장안전문 하부를 고정하는 구조체이며, 승강장 당 최대 32개까지 구성된다.
 - 스크린도어 외부 연결 장치: 스크린도어 범위에는 포함되지 않으나 동작에 영향을 주거나 동작과 연관된 장치
 - 종합제어반 감시반 (MMSP: Master Monitoring System of PSCC): 종합제어반 감시반은 MCU와 DCU로부터 수집된 정보를 바탕으로 PSD 시스템의 동작 상태를 MMI (Man Machine Interface)를 통해 표시하고, 운영 로그를 저장하기 위한 모니터링 장치이다. 종합제어반 감시반은 수집된 정보를 통합관제시스템에 전송한다. 승강장 당 1개씩 기계실의 종합제어반에 설치된다.

- 종합제어반 통신장치 (SHP: Switching Hub of PSCC): 종합제어반 감시반의 TCP/IP 인터페이스 확장 장치로 종합제어반에 설치된다.
- 역무실 감시반 (MMSS: Master Monitoring System of SOCC): 역무실 감시반은 종합제어반 감시반과 연결되어 PSD 시스템의 동작 상태를 MMI를 통해 표시하고, 운영 로그를 저장하기 위한 모니터링 장치이다. 역사당 1개가 역무실의 역무실 제어반에 설치된다.
- 역무실 제어반 통신장치 (SHS: Switching Hub of SOCC): 역무실 감시반의 TCP/IP 인터페이스 확장 장치로 역무실 제어반에 설치된다.
- 기관사안내장치 (HMI: Human Machine Interface): PSD 시스템 상태를 기관사에 알려주는 기관사 안내장치로 열차의 정차정보 및 가동문의 닫힘/잠김 상태를 표시하기 위한 Lamp 장치이며 종합제어반 및 개별제어반과 CAN 통신을 통해 정보를 수신한다. 승강장 당 1개씩 선로 측에 설치된다.
- 통합관제 시스템: PSD 통합관제시스템은 역사에 설치된 PSD 시스템을 감시·조회하고 PSD 운영과 데이터의 수집·저장하며, PSD 운영 및 유지관리를 위한 각종 자료·통계 관련 데이터를 제공하는 시스템이다.
- 전원공급장치 (PPS: PSD Power Supply): 전원공급장치는 PSD 시스템에 전원을 공급하기 위한 전원 공급 장치로 역사 전기설비로부터 전원을 공급받아 PSD 분전반으로 전원을 공급하는 역할을 하며, 정전 시 PSD 가동문을 30분 동안 최소 10회 이상 개폐될 수 있는 용량의 축전지를 설치한다. 전원공급장치는 무정전 전원장치(UPS), 제어모듈, 축전지, 소화장치 등으로 구성된다.
- 지상 RF 장치: 지상 RF 장치는 승강장에 설치하여 열차 출입문 개·폐 신호를 차상 RF장치와 통신하며 PSD 열림 명령과 닫힘 명령을 생성하고, 해당 명령을 주제어반으로 전달하는 시스템이다.
- ATO: ATO(Automatic Train Operation)는 열차의 출발, 정지, 정 위치 정차 등을 제어하는 열차 자동 운전 장치를 의미하며, PSD 열림 명령과 닫힘 명령을 생성하고, 해당 명령을 주제어반으로 전달하는 시스템이다.
- 참고: System Hierarchy(Hierarchy Sheet)

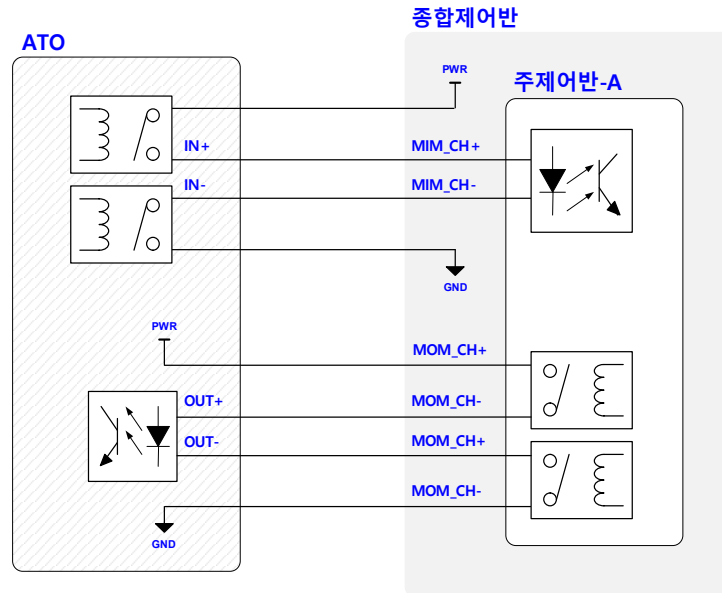
나. 인터페이스 구성 설계

- 주제어반(MCU)은 운전 가용성 (ability)을 위해 채널A와 채널B로 구성되며, 각 채널은 독립적으로 동작
- 제어는 실선 제어로 이중화 구성하며 모니터링을 위한 CAN 통신도 이중화 구성한다.



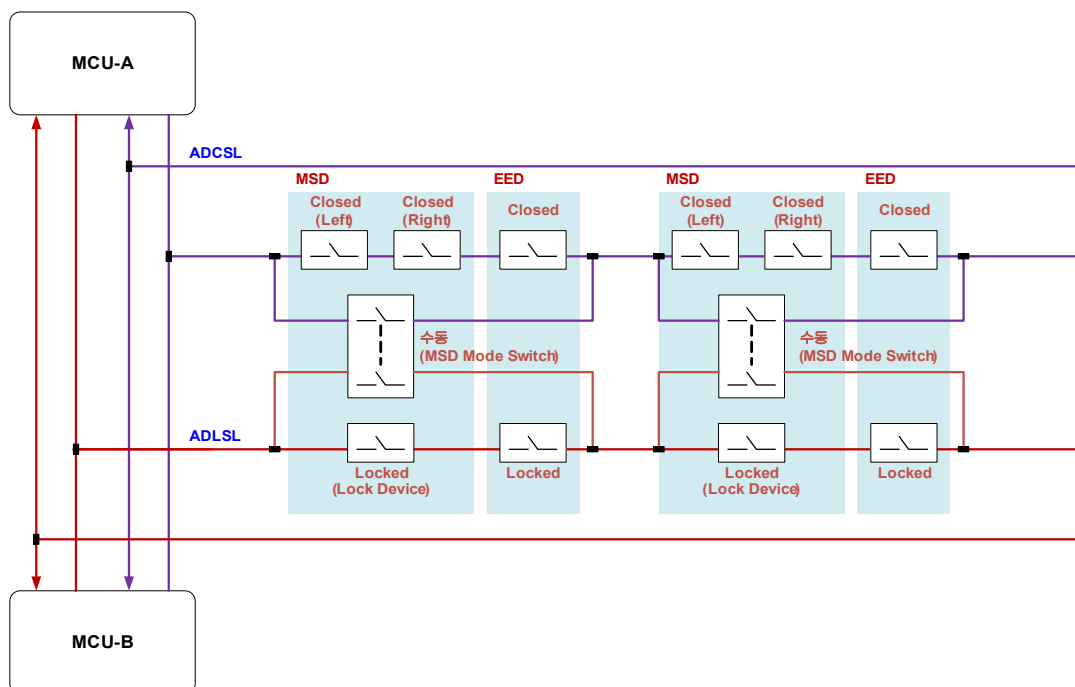
<그림 11> 단위 시스템 인터페이스 구성

- 외부장치인 ATO와는 이중화 실선 연결한다.



<그림 12> ATO 인터페이스

- Safety Loop
 - 각 도어 (가동문, 비상문(기관사 출입문, 갱웨이 포함))에 설치되는 닫힘 및 잠김 센서를 이용하여 배선을 통해 하드웨어적으로 전체 도어에 걸쳐 AND 조합을 구성함으로써 하나의 단일 신호로 인식하는 구조
 - Safety loop를 구성하는 sensor는 별도의 제어 신호가 요구되지 않으며, 도어의 물리적인 동작에 의해서만 구동되므로 제어부 오동작이 발생하더라도 safety loop에 영향을 미치지 않도록 한다.
 - PSD 시스템은 총 2개의 safety loop를 구성하며, 주제어반은 safety loop를 이용하여 전체 도어 닫힘/잠김 상태를 감지한다.

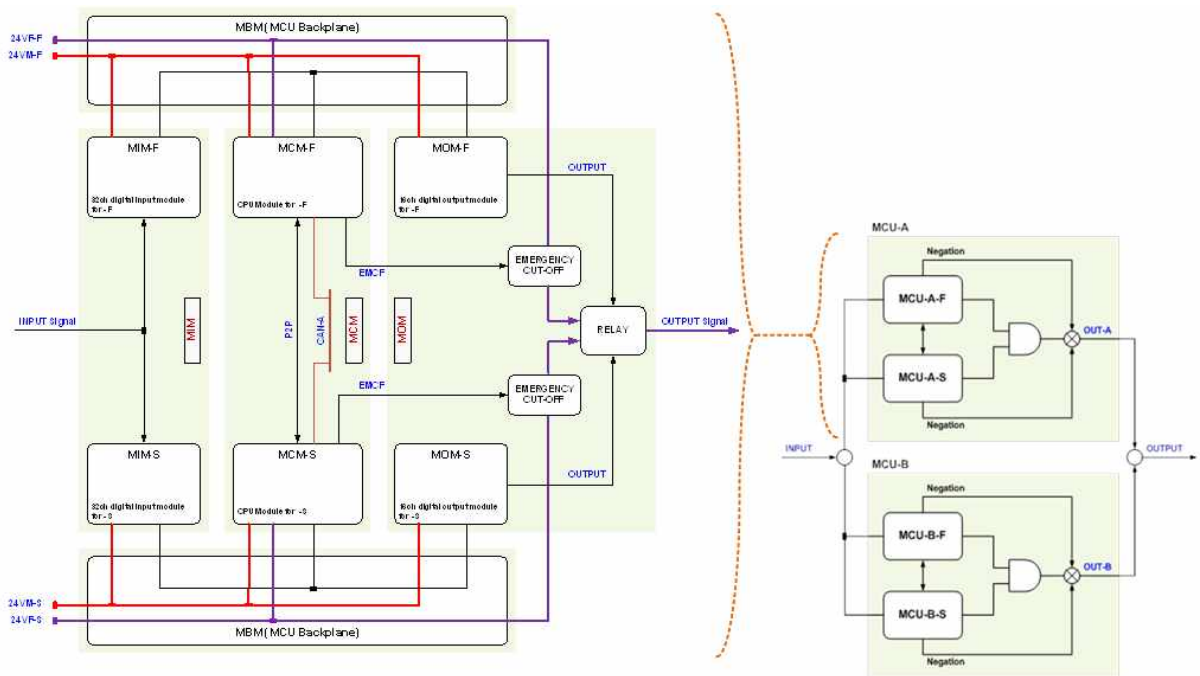


<그림 13> Safety Loop 구성

(2) 서브시스템 기능 모듈 설계

가. 주제어반(MCU) 구조

- 주제어반은 운전 가용성 (availability) 향상을 위해 채널A (MCU-A)와 채널B (MCU-B)로 구성되며, 상호 간섭 없이 독립적으로 동작한다.
- MCU-A와 MCU-B의 인터페이스 및 구조는 동일하며, 동일한 입력으로부터 각각 독립적인 출력을 발생시키고, 최종 출력은 운전 가용성을 위해 이중화된다.
- 주제어반은 composite fail safe를 충족시키기 위하여 내부적으로 2개의 sub-unit (MCU-A-F/MCU-A-S, MCU-B-F/MCU-B-S) 으로 구성된다.
- 주제어반은 MCM, MIM, MOM 및 MBM으로 구성되며 MIM 및 MOM 추가 장착을 통해 I/O 확장 가능하다. 각 모듈 및 Backplane에 코딩핀 사용으로 모듈 오삽입을 방지한다.
- MCM(CPU Module)
 - MCM은 주제어반 동작을 결정하고, MIM 및 MOM을 제어하기 위한 CPU 모듈이다.
 - MCM은 내부적으로 2개의 sub-module (MCM-F, MCM-S)으로 구성된다.
 - MCM-F와 MCM-S는 분리된 인터페이스로 구성되며, 상호 격리된 구조를 갖는다.
 - MCM-F와 MCM-S는 상호 감시 (P2P interface) 및 진단 (diagnostic)을 통해 지속적으로 주제어반의 건전성을 확인하고, 이상 발생 시 EMCF (Emergency Cut-Off)를 활성화시켜 주제어반의 모든 출력을 차단한다.
- MIM(Input Module)
 - MIM은 주제어반의 외부 입력 신호 인터페이스를 위한 32CH 입력 모듈이다.



<그림 14> 주제어반(MCU) 구조 설계

- MIM은 내부적으로 2개의 sub-module (MIM-F, MIM-S)으로 구성된다.
- MIM-F와 MIM-S는 분리된 인터페이스로 구성되며, 상호 격리된 구조를 갖는다.
- MIM-F와 MIM-S는 각각 외부 입력 신호의 건전성을 확인하기 위한 입력 진단 기능을 제공한다.
- MOM(Output Module)
 - MOM은 주제어반의 외부 출력 신호 인터페이스를 위한 16CH 출력 모듈이다.
 - MOM은 내부적으로 2개의 sub-module (MOM-F, MOM-S)으로 구성된다.
 - MOM-F와 MOM-S는 분리된 인터페이스로 구성되며, 상호 격리된 구조를 갖는다.
 - MOM은 4CH의 DRY 출력 인터페이스로 구성된다.
 - MOM은 12CH의 WET 출력 인터페이스로 구성된다.

- MCM-F 또는 MCM-S로부터 EMCF가 활성화될 경우 MOM은 출력을 위한 구동 전원 (24VF) 자체를 차단함으로써 MOM의 모든 출력이 차단되도록 구성된다.
- MOM은 출력의 건전성 확인을 위한 회로가 MOM-F 및 MOM-S에 대해 각각 구성된다.
- MBM(Backplane Module)
 - MBM은 주제어반 버스 인터페이스를 위한 8slot backplane 모듈 (MBM-J1)과 외부 입/출력 신호 인터페이스를 위한 8slot backplane 모듈 (MBM-J2)로 구성된다.

나. 주제어반(MCU) 안전 설계

- Power Fail Cross Check between MCM-F and MCM-S
 - MCM-F는 내부 동작 전원에 대한 과전압 및 저 전압 감시 및 보호 기능을 제공하며, 이상 발생 시 MCM-F의 내부 동작 전원은 차단된다.
 - MCM-F 내부 동작 전원이 차단되는 경우 MCM-F의 watchdog timer에 의해 EMCF (Emergency Cut-Off) 신호가 활성화되어 MOM의 모든 출력은 차단된다.
 - MCM-S는 MCM-F로부터 P2P_PF 인터페이스를 통해 MCM-F의 전원 상태를 감시하고, 이상 발생 시 MCM-S의 EMCF를 통해 MOM의 모든 출력이 차단되도록 한다.
- Diagnostic Fail Cross Check between MCM-F and MCM-S
 - MCM-F는 자체 진단을 통해 CPU의 동작 이상 상태를 감시하고, 이상 발생 시 NERROR 신호를 통해 EMCF를 활성화시킨다.
 - MCM-F는 CPU 외부에 별도의 watchdog timer를 사용하여 CPU의 동작 건전성을 확인하며, 이상 발생 시 watchdog timer로부터 WDF (Watchdog Fail) 신호가 발생하여 EMCF가 활성화된다.
 - MCM-F의 NERROR 또는 WDF 신호 중 어느 하나라도 활성화되는 경우 EMCF 신호가 활성화되어 MOM의 모든 출력은 차단된다.
 - MCM-S는 MCM-F로부터 P2P_DF 인터페이스를 통해 MCM-F의 EMCF 신호 상태를 감시하고, 이상 발생 시 MCM-S의 EMCF를 통해 MOM의 모든 출력이 차단되도록 한다.
- Peer Communication between MCM-F and MCM-S
 - MCM-F와 MCM-S는 P2P_COM 인터페이스 감시를 통해 시스템의 건전성을 확인한다.
 - P2P_COM 인터페이스를 이용한 상호 감시를 통해 동작 이상 상태가 검지되는 경우 MCM-F 및 MCM-S는 MOM의 출력이 차단되도록 한다.
 - P2P_COM 인터페이스는 UART 통신으로 구성되며, RX 및 TX 신호 라인은 개별적으로 구성된다.
 - EMCF (Emergency Cut-Off)
 - MCM-F 및 MCM-S는 자체 진단, 상호 감시 및 입/출력 진단 등을 통해 시스템 이상 상태를 감시하고, 이상 발생 시 각각 EMCF 신호를 활성화시킨다.
 - MOM은 MCM-F 또는 MCM-S 중 어느 하나라도 EMCF가 활성화되는 경우 출력 전원을 차단함으로써 모든 출력이 차단되도록 한다.
 - I/O Power Fail Check
 - MIM-F는 내부 동작 전원에 대한 과전압/ 저전압 감시 및 보호 기능을 제공하며, 이상 발생 시 MIM-F의 내부 동작 전원은 차단된다.
 - MOM-F는 내부 동작 전원에 대한 과전압/ 저전압 감시 및 보호 기능을 제공하며, 이상 발생 시 MOM-F의 내부 동작 전원은 차단된다.
 - MIM-F 또는 MOM-F에서 과전압 또는 저전압이 발생하는 경우 IOPF 신호가 활성화되며, MCM-F는 IOPF 신호가 활성화되는 경우 EMCF를 활성화시킨다.
 - IOPF 신호는 MIM-F 및 MOM-F에서 공통으로 사용되는 신호이며, MBM-J1을 통해 인터페이스 된다.

- Watchdog Timer of MOM
 - MOM-F는 MCM-F로부터 일정 시간 이상 access가 없을 경우 출력을 턴-오프 시키기 위한 watchdog timer를 제공한다.
 - MCM-F에서 내부 고장 또는 주제어반 BUS 이상 등으로 인해 일정 시간 이상 MOM-F를 access하지 않을 경우 MOM-F의 watchdog timer로부터 WDF (Watchdog Fail) 신호가 활성화되며, MOM-F의 모든 출력은 턴-오프 상태가 된다.
 - MCM-F에서는 MOM-F의 WDF 신호 (IODF)를 MBM-J1을 통해 감시하고, 이상 발생 시 MCM-F의 EMCF를 활성화시킨다.
 - Bus Integrity Check of MCU
 - MCM-F는 MBM-J1을 통해 주제어반 BUS 인터페이스를 이용하여 MIM-F 및 MOM-F를 제어한다.
 - MIM 및 MOM은 각각 고유의 ID로 식별된다. MCM에서는 MIM 및 MOM을 주기적으로 access 하여 각 I/O 모듈의 ID를 확인하고, 이상 발생 시 EMCF를 활성화시킨다.
 - MOM에는 watchdog timer가 내장되어 주제어반 버스 오류로 인해 일정시간 이상 access 가 이루어지지 않을 경우 주제어반의 모든 출력은 턴-오프 상태가 된다.
 - Under Voltage Detection for Field Power (24VF)
 - MCM-F는 외부 입/출력 신호 드라이브를 위한 필드 전원 (24VF-F)에 대한 under voltage detection을 통해 필드 전원의 이상 상태를 감지하고, EMCF를 활성화시켜 주제어반의 모든 출력이 차단되도록 한다.
- Input Signal Interface
 - MIM-F 및 MIM-S는 동일 신호를 받아 MCM-F 및 MCM-S로 입력 데이터를 전달한다.
 - MIM-F 및 MIM-S는 외부 입력 신호 활성화 시 입력 신호의 건전성 확인을 위한 진단 (diagnostic) 기능을 제공한다.
 - MCM-F 및 MCM-S는 P2P_COM 인터페이스를 통해 입력 신호의 상태 및 진단 상태를 상호 비교함으로써 입력 신호의 건전성을 확인한다.
 - 모든 입력 신호 인터페이스에는 2개의 저항을 직렬로 구성하여 단일 고장 (short)에 의해 신호에 영향을 미치지 않도록 한다.
 - 모든 입력 신호에는 외부로부터 유입될 수 있는 Surge/ESD로부터 회로를 보호하기 위하여 Varistor/TVS diode와 같은 보호 소자를 적용하며, clamping voltage는 입력 회로의 최대 정격을 넘지 않도록 한다.
- Output Signal Interface
 - 주제어반의 최종 출력은 MOM-F 및 MOM-S의 출력이 동시에 활성화된 경우에만 활성화되며, 둘 중 하나의 출력이라도 비활성화되는 경우 최종 출력은 활성화되지 않는다.
 - MCM-F 또는 MCM-S 중 어느 하나에서라도 EMCF가 활성화되는 경우 주제어반의 모든 출력은 차단된다.
 - MCM-F 및 MCM-S는 P2P_COM 인터페이스를 통해 출력 신호의 상태 및 진단 상태를 상호 비교함으로써 출력 신호의 건전성을 확인한다.
 - 각 채널은 구조적으로 분리되며, 모든 출력에는 외부로부터 유입될 수 있는 Surge/ESD 로부터 회로를 보호하기 위한 보호 소자를 사용한다.
- Output Read-back Interface
 - WET 타입 출력 신호의 경우 최종 출력 상태에 대한 read-back을 통해 출력 신호의 건전성을 확인한다.
 - MOM-F 및 MOM-S는 최종 출력으로부터 각각 read-back 인터페이스를 통해 동일한 신호를 입력 받는다.
 - MCM-F 및 MCM-S는 각각 read-back 인터페이스를 통해 자신의 출력 상태와 최종 출력 상태를 비교하고, P2P_COM 인터페이스를 통해 상호 비교함으로써 최종 출력

신호에 대한 이상 여부를 확인한다.

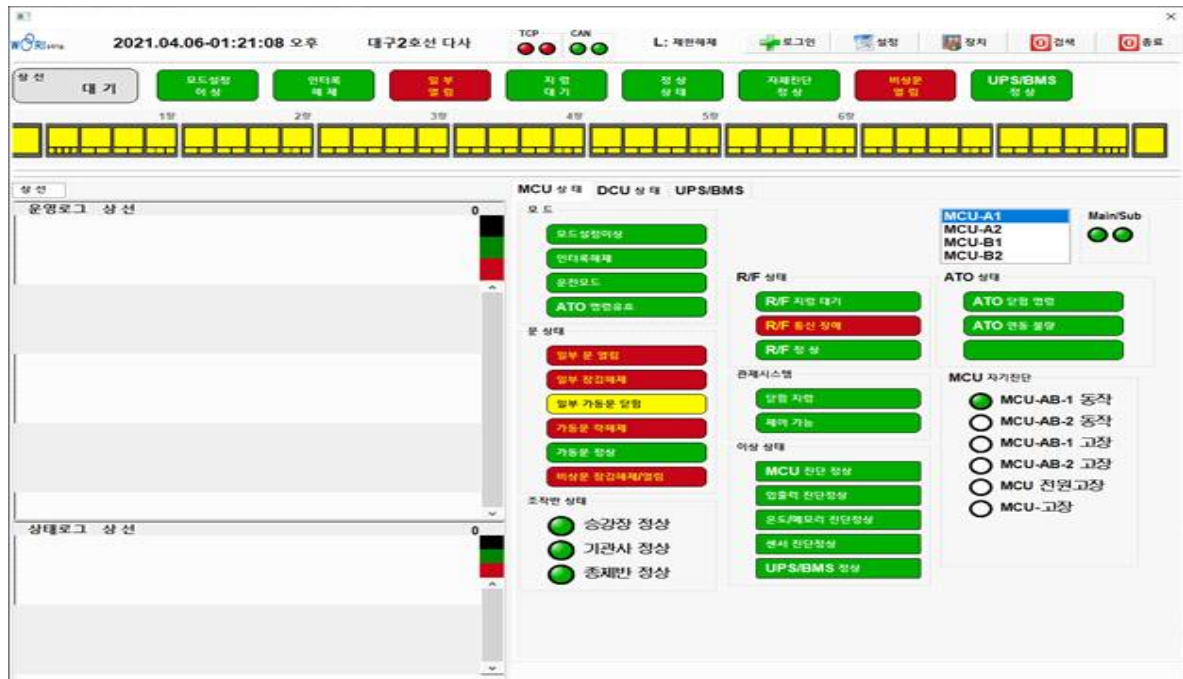
- Contact Status Feed-back Interface
 - DRY 타입 출력 신호의 경우 출력 접점만 존재하므로 최종출력을 직접적으로 read-back 받는 것은 어렵기 때문에 2A1B 접점을 갖는 forcibly guided relay를 사용한다.
 - MOM-F 및 MOM-S는 DRY 출력을 위한 forcibly guided relay로부터 각각 feed-back 신호 (CFB_NO/NC)를 입력 받는다.
 - MCM-F 및 MCM-S는 각각 contact status feed-back 인터페이스를 통해 자신의 출력 상태와 CFB_NO, CFB_NC 신호를 이용한 최종 출력 상태를 비교하고, P2P_COM 인터페이스를 통해 상호비교함으로써 최종 출력 신호에 대한 이상 여부를 확인한다.
- Output Data Read-back
 - MOM-F는 출력 데이터의 건전성을 확인하기 위한 output data read-back 인터페이스를 제공한다.
 - MCM-F는 자신의 출력 상태와 read-back 신호 상태를 비교하고, P2P_COM 인터페이스를 통해 상호 비교함으로써 출력 신호에 대한 이상 여부를 확인한다.
- 종합제어반조작반(MCPP), 역무실조작반(MCPS), 기관사조작반(DCP), 승강장조작반(LCP) 구조
 - PSD 상태 표시를 위한 Lamp와 PSD 제어를 위한 Button 및 Switch로 구성 되며, MCU-A와 MCU-B에 대해 분리된 인터페이스를 갖는다.

다. 종합제어반조작반(MCPP), 역무실조작반(MCPS) 사용자 인터페이스 설계

- CAN 통신을 통해 데이터를 송수신하고, 다음과 같은 표시 및 저장 기능을 제공
 - PSD 시스템 동작 상태 표시
 - 각종 데이터, 상태정보, 장애정보, LOG 파일 등의 저장
- 기능 설계
 - 각 통신의 연결상태를 표시
 - 개별제어반, 종합제어반로부터 CAN통신으로 데이터를 취득하여 가동도어상태, 개별 제어반상태, 종합제어반상태를 화면에 표시
 - 개별제어반로 파라미터 설정 및 조회
 - 소프트웨어의 동작을 확인하기 위해 각 Device에 데이터를 입력하고, 그 결과가 화면에 표시
 - 개별제어반, 종합제어반의 동작 상태 정보, 오류정보를 90일 동안 저장하고, 90일 이후의 데이터는 삭제하여 저장공간을 재사용 함
 - 개별제어반, 종합제어반의 동작 상태 정보, 오류정보를 조회
 - 사용자 관리 및 사용자 권한을 설정하여 권한에 따른 기능 제한을 처리
 - 개별제어반 및 종합제어반 펌웨어 정보를 조회가능
 - 시간을 개별제어반, 종합제어반로 전송하여 각 시스템간의 시간을 동기화 함
 - 표시 화면 구성

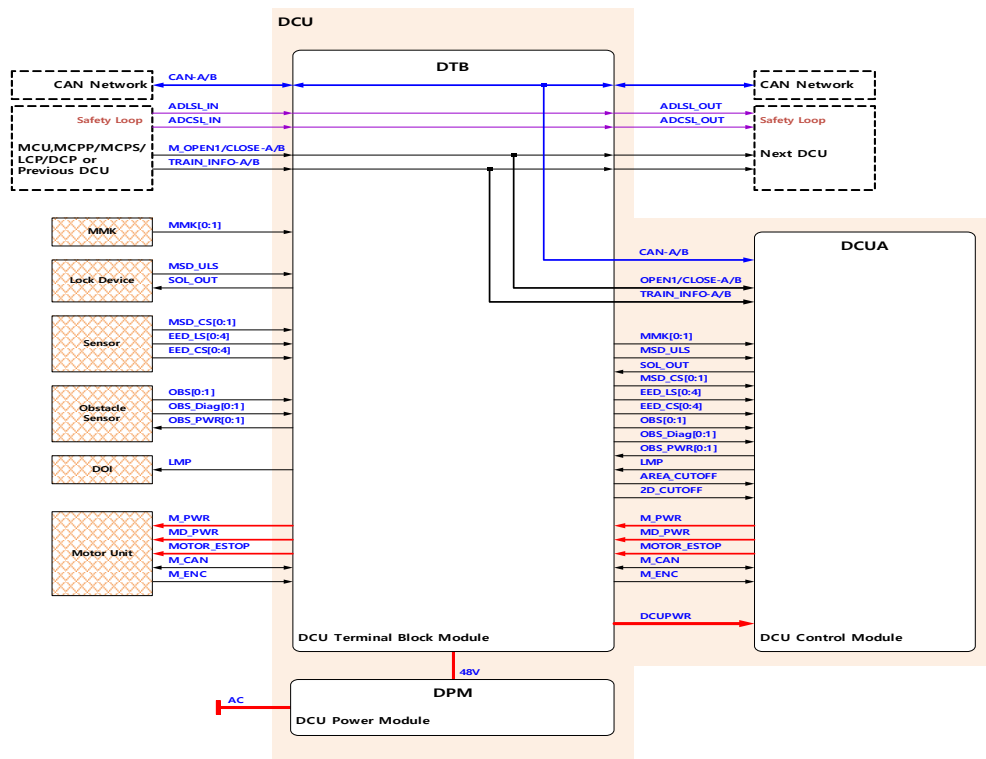
라. 종합제어반조작반(MCPP), 역무실조작반(MCPS), 기관사조작반(DCP), 승강장조작반(LCP) 안전 설계

- Command Interface
 - 명령을 생성하는 Button 및 Switch는 4A 접점으로 구성하며, 2개의 분리된 이중화 인터페이스로 구성된다.
- Open/Close
 - 열림과 닫힘 Button은 서로 다른 색으로 구성한다.
- Command Interface
 - 램프시험 Button을 통해 각 Lamp의 점등 여부를 육안으로 확인할 수 있다.



- 램프시험 Button은 열림/닫힘 Button의 위치와 물리적으로 분리한다.
- 램프는 전류 제한을 통해 과전류로 인한 파손을 방지한다.

마. 개별제어반(DCU) 구조



<그림 15> 개별제어반(DCU) 구조 설계

- 개별제어반은 입/출력 신호처리 및 모터제어를 위한 제어 모듈 (DCUA)과 외부 device part 장치와의 신호 배선 및 결선을 위한 터미널블록 모듈 (DTB), 전원 공급을 위한 Power Module (DPM)로 구성된다.
- Motor 및 external encoder와 개별제어반 간의 신호 배선 및 결선을 위한 인터페이스를 제공한다.
- DTB는 가동문/비상문의 닫힘 확인 센서 및 잠금 확인 센서로부터 safety loop 구

성을 위한 신호를 입력 받아, ADCSL 및 ADLSL를 구성할 수 있는 인터페이스를 제공한다.

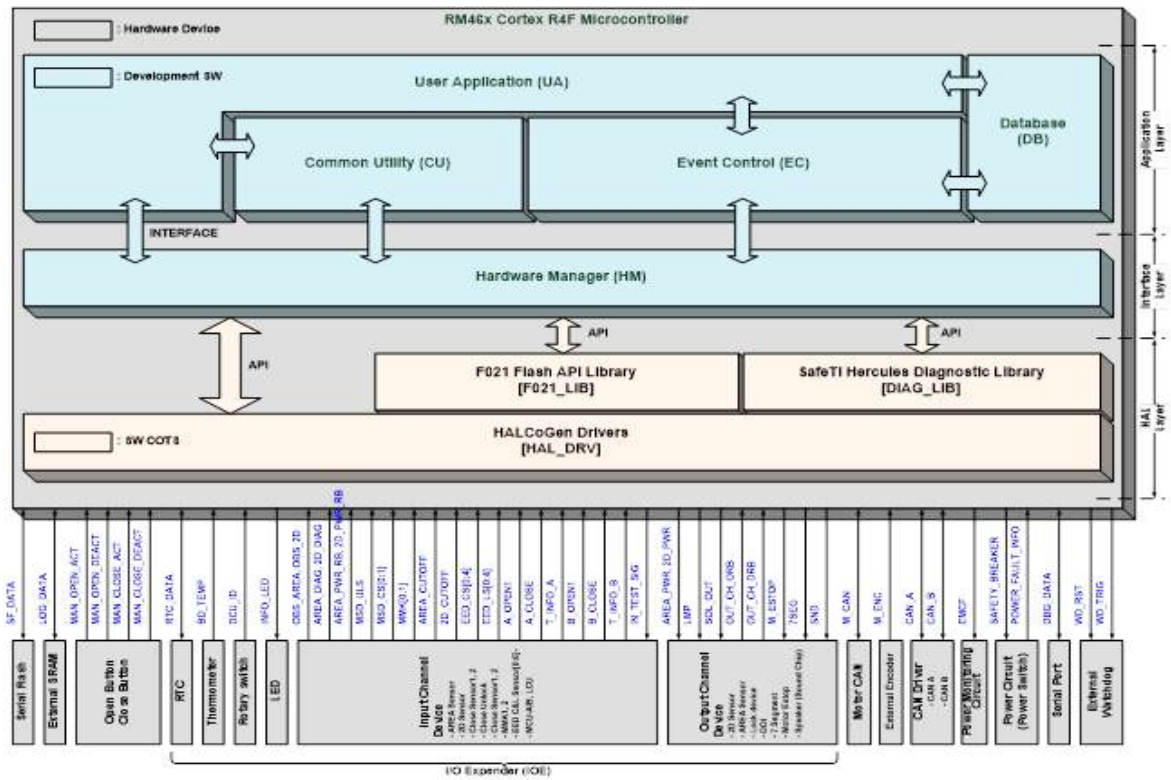
- 개별제어반은 가동문 열림/닫힘 동작 중 운영자 및 승객에게 가동문 동작 상태를 알리기 위해 내부에 speaker를 제공한다.
- 개별제어반은 모드키가 수동 모드로 설정된 경우, 수동으로 가동문 열림/닫힘을 제어하기 위해 내부에 가동문 open Button 및 가동문 close Button을 제공한다.
- 개별제어반은 장애물 검지센서 사용유무를 설정할 수 있게 DTB에서 스위치를 제공한다.

바. 개별제어반(DCU) 안전 설계

- Emergency Power Cut-Off
 - 개별제어반은 내부 CPU의 동작 건전성을 확인하기 위하여 CPU 외부에 별도의 watchdog timer를 사용하며, CPU 고장으로 인해 주기적으로 watchdog timer를 retrigger 시키지 못할 경우 하드웨어적으로 차단 신호가 활성화되어 자동으로 모터로 공급되는 전원 및 필드 전원은 차단된다.
 - 개별제어반은 CPU의 자체적인 자기 진단 기능 및 주변 회로의 건전성 확인과, 모터 건전성 확인 등을 통해 동작 건전성이 확보되지 못하는 경우 차단 신호를 활성화시켜 모터로 공급되는 전원 및 필드 전원을 차단한다.
 - 개별제어반은 내부 동작 전원 및 필드 전원에 대한 감시를 통해 전원 이상 발생 시 차단 신호가 활성화되어 모터로 공급되는 전원 및 필드 전원을 차단한다.
 - 필드 전원 차단 시 전자 잠금 장치는 자동으로 잠금 상태가 된다.
- Input/output Signal Interface and Integrity Check
 - 개별제어반은 외부로 입/출력되는 모든 디지털 입력 신호에 대하여 입력 인터페이스에 대한 건전성을 확인하기 위한 진단 기능을 제공한다.
 - 입/출력 인터페이스에 대한 진단 기능의 동작 원리는 MIM/MOM과 동일하며, 진단을 통해 이상이 발생시 개별제어반은 모터로 공급되는 전원/현장전원을 차단한다.
 - 모든 입/출력 및 통신 신호에는 외부로부터 유입될 수 있는 Surge/ESD 로부터 회로를 보호하기 위한 보호 소자를 사용한다.
- Open/Close Command Interface
 - 개별제어반은 가동문 열림/닫힘 명령이 채널A와 채널B 중 하나의 명령이라도 활성화되는 경우 열림/닫힘 명령으로 인식한다.
 - Manual Mode
 - 가동문 수동모드에서 개별제어반은 주제어반, 조작반으로부터 입력되는 가동문 열림/닫힘 명령을 무시하며, 개별제어반의 열림/닫힘 Button 입력으로만 가동문을 제어한다.
 - 개별제어반의 열림과 닫힘 Button은 물리적으로 분리되며, 모듈 전면의 Silk 인쇄를 통해 구분한다.
- Parameter Check
 - 개별제어반은 parameter의 건전성을 확인 한다.
- Obstacle Sensor
 - 장애물 검지 센서를 2중으로 구성한다.
 - 장애물 검지 센서의 건전성을 확인하여 오류가 발생한 센서는 제외한다.
 - 장애물 검지 센서 2개가 모두 오류가 발생하면 장애물 검지 상태로 설정한다.
 - 장애물 검지 센서 CUTOFF 신호의 상태를 전송한다.

사. 정위치 검지센서(TPS) 구조

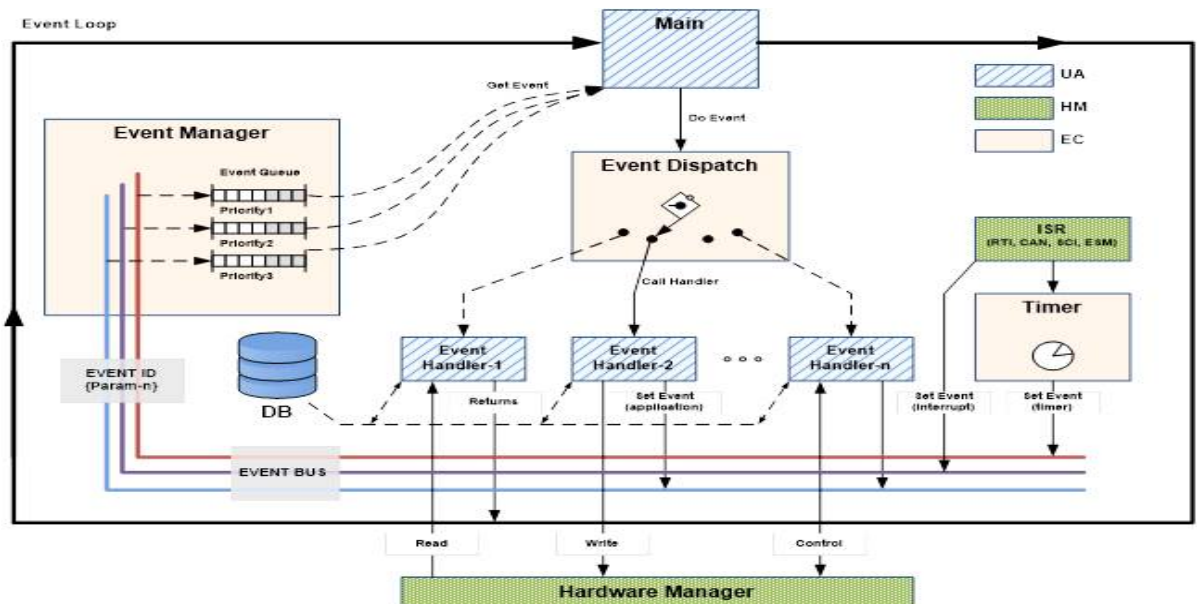
- 열차 정위치 정차를 검지하는 정위치 검지센서 (TPS: Train Position Sensor), 열차



<그림 17> 개별제어반(DCU) 소프트웨어 구조

- HAL 계층은 CPU 제조사로부터 제공되는 SW 라이브러리 (driver code and library code)로 구성되며, 인터페이스 계층에서 CPU 하드웨어에 접근할 수 있도록 API 인터페이스를 제공한다.
- HALCoGen Drivers, F021 Flash API Library, Safe TI Hercules Diagnostic Library 등과 같은 SW COTS로 구성된다.

마. Event Driven Architecture



<그림 18> 소프트웨어 Event Driven 처리 구조

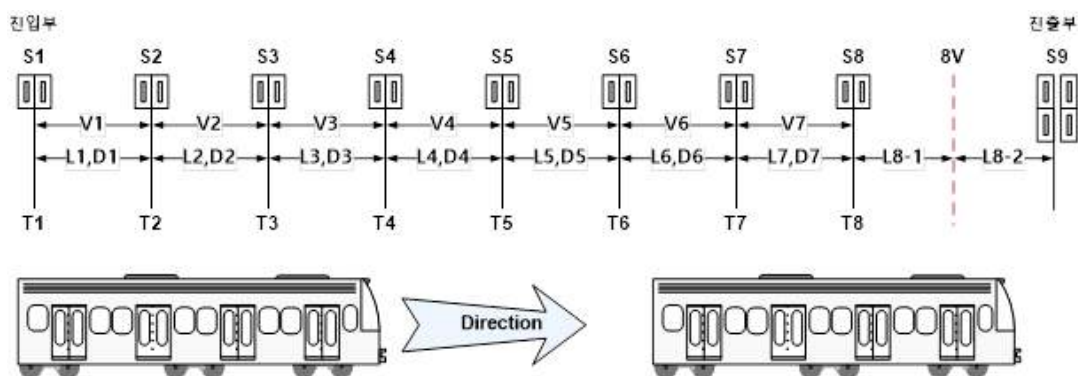
- 주제어반 및 개별제어반 소프트웨어는 이벤트 처리 기반 구조를 갖는다.
- 소프트웨어의 main 모듈에서는 메인 루프 사이클 (event loop) 마다 event manager로부터 event 정보 (event ID and parameters)를 입력 받아 event dispatcher로 전달

- Event dispatcher에서는 해당 이벤트를 처리하기 위한 event handler를 호출
- 각 event handler는 자체로서 다시 특정 이벤트를 발생시키거나 이벤트 처리 후 event loop로 제어권을 반환
- 각 event handler는 이벤트 처리 중 필요에 따라 HM 그룹으로부터 필요한 정보를 read 또는 write 하며, 처리 결과에 따른 주요 상태정보 및 데이터를 database에 업데이트
- Event manager 에서는 event bus를 통해 전달된 각 이벤트 정보에 따라 3가지 종류의 event queue에 이벤트 정보를 저장
- Main 모듈로부터 이벤트 정보 요청 시 (get event) 이벤트의 처리 우선순위에 따라 main 모듈로 이벤트 정보를 반환
- Event queue는 순위에 따라 timer event, interrupt event 및 application event로 구분
- 일정 주기마다 처리되어야 하는 주요 이벤트를 발생시키기 위하여 timer interrupt 처리를 위한 ISR 루틴을 통해 일정 주기 단위로 timer event를 발생시켜 동일한 프로세스로 관련 이벤트가 처리

(4) 해외사업의 다양성 대응을 위한 기반 기술

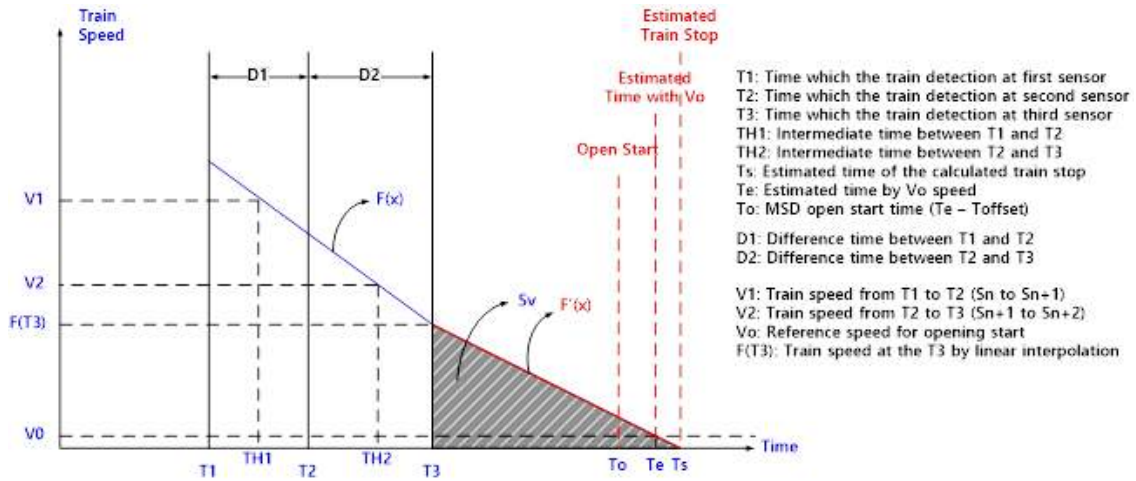
가. 설계스크린도어에서의 열차 감시방식 통제 시스템 설계 (첨부 “열차의 정차시간 예측 및 PSD 제어방법”)

- 다중의 포토센서를 이용하여 열차의 정차시간을 예측하고, 예측된 정차시간을 기반으로 스크린도어의 개폐를 제어
 - 기존의 정위치 검지는 열차의 특정 부분이 특정 위치에 있는지를 감지
 - 다양한 크기의 열차가 운행되는 역사에 적용하기 위해 다중의 포토센서를 이용하여 열차의 정차시간을 예측하고, 예측된 정차시간을 기반으로 스크린도어의 개폐를 제어하는 방법 설계



<그림 19> 열차 감지 포토센서 구성

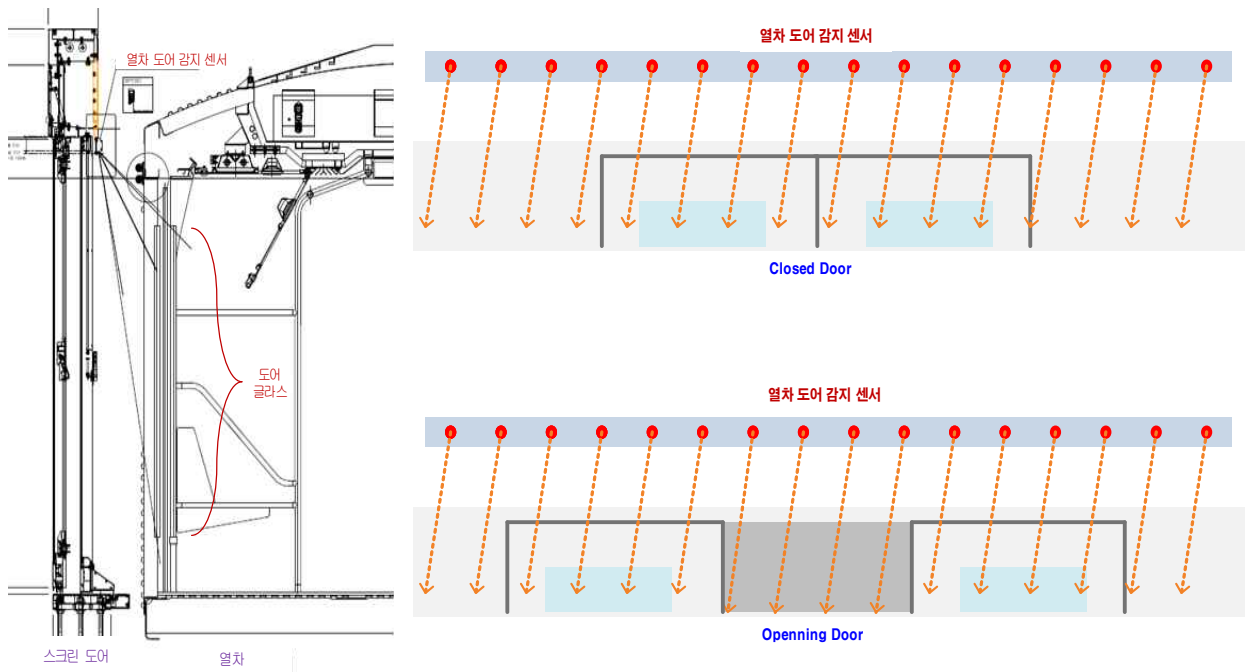
- S1~S8까지의 센서의 구간별 열차의 감지 시각으로부터 열차 정차 시각을 예측
- 열림 제어는 각 구간별 측정을 통해 진입열차가 정차차량인 경우 열차의 정차시간을 예측하여 열차가 완전히 정차하기 이전에 스크린도어 열림 제어를 수행
- 열차가 특정지점에서 멈추는 경우 앞서 예측된 시간을 기준으로 스크린도어 열림 동작을 수행
- 닫힘 제어는 출발검지용 S9 센서를 통해 수행
- 정차열차가 S9 센서를 초과하여 정차하거나 S9 센서의 고장 발생 시 닫힘 제어는 꼬리검지 방식을 이용하여 닫힘 제어를 수행
- 자동 열차운전 장치가 없는 기관사에 의한 수동 운전 및 다차종 정차하는 역사의 스크린도어 설치 시 열차와의 신호 인터페이스 없이 스크린도어 제어를 위한 방식으로 프랑스 노후화 역사에 적용 제안



<그림 20> 열차 정차 시간 예측방법

나. 열차출입문과 스크린도어와의 연동시스템 인터페이스 기술 개선

- 열차 도어의 열림 닫힘을 감지해서 스크린도어의 열림 닫힘 동작을 연동하는 기술
- 국내 역사의 경우 자동운전시스템(ATO) 고장 시 사용하기 위해 보조용으로 설치되기도 함
- 센서를 통한 열차 도어의 닫힘, 열림 감지 및 열차 정차 감지
- 센서가 스크린도어의 상단부에 높은 곳에 설치되는 경우 센서가 열차도어의 유리 부분으로 투영될 수밖에 없으므로, 열차 도어의 정확한 감지가 어려움.
- 열차 도어의 유리 외곽 부분을 추적 감시하는 센서 및 센서 인터페이스 방식 개발



<그림 21> 열차 도어 감지 방식

- 브라질 상파울루 메트로 1,2,3 호선 스크린도어 사업에 제한
- 국내 서울도시철도 공사에 적용 제한

(5) 설계 안전성 보장

가. 설계된 제품의 안전성을 분석적 기법에 의해 확인한다. 각 단위 부품의 고장이 시스템 동작에 미치는 영향을 분석하고, 고장 확률이 초래할 위험에 따라 안전 기능이 수행되

지 못 할 확률이 목표값 보다 작음을 분석적으로 증명한다.

- 안전성 목표(safety target)에 할당된 SIL에 부합하는 정량적인 목표치를 만족
- 시스템의 고장 확률이 각 위험원에 할당된 THR(Tolerable Hazard Rate) 값보다 작게 되어 안전성 기준을 만족

나. 설계된 제품이 RAM 목표를 달성할 수 있음을 분석적으로 증명한다.

- 시스템 신뢰성 모델링을 통한 신뢰성, 유지보수성, 가용성 예측하여 RAM 목표 만족함이 증명됨

다. 첨부 “동작 안전성 시험 및 검증 보고서”

11) 노후화 스크린도어 개량화 제작 및 설치

(1) 시험품, 시제품 제작

가. 스크린도어 제어기의 현장 적용을 위한 열차 시스템 인터페이스 구현 제작

- 열차 정위치 판단 및 열림/닫힘 명령 처리를 위한 주제어반 제작	- 열차 진입 및 정위치 정보를 주제어반에 전달하는 정위치검지장치 제작
	

나. 운영자 요구에 따른 운영자 시스템 인터페이스 구현 제작

- 운영자 인터페이스 시제품 제작

- 권한을 가진 역내 운영자에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 승강장 조작반 제작	- 기관사에 의해 전체 가동문을 수동 조작하기 위한 기관사 조작반 제작	- PSD 시스템의 동작 상태를 MMI (Man Machine Interface)를 통해 표시하고 운영 로그를 저장하기 위한 감시반 제작
		

다. 끼임 사고 방지를 위한 DCU 장애물 검지 센서 인터페이스 구현 제작

- DCU 장애물 검지센서 인터페이스 시제품 제작

- 가동문을 개폐하고 장애물 검지 유무를 판단하는 개별제어반 제작	- 장애물을 검지하는 장애물검지 센서 제작
	

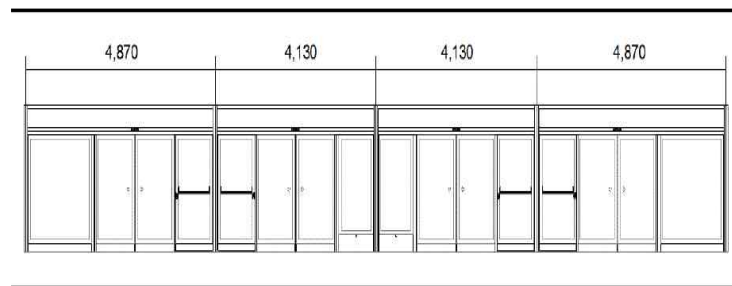
(2) 철거 및 설치

가. 구조 안전성 검토

- 대구 다사역 승강장 천장구조물 구조 안전성 검토
 - 개량화 승강장 안전성 확보를 위한 구조안전진단 수행
 - 승강장 천장구조물 구조 안전성 검토
 - 대구 지하철 다사역 PSD 구조설계
- 재활용 대상 선정 및 안전성 검토
 - 구조체 모듈 표준화 적용함

대구2호선 다사역(노후화 역사)	대구2호선 강창역(신규 역사)
	

대구도시철도공사 PSD 표준모듈 설정



- 구조체 이격거리 검토 및 적용

항목	기존 이격거리(mm)	개량화 이격거리(mm)	적용
승강장 끝단	200	100(철도시설 안전세부기준 제45조)	준수
건축한계 기준	1,650(선로중심에서)	1,400(선로중심에서)	준수

• 구조체 재활용 검토 및 적용

- 구조체의 철거 및 설치는 특성상 수명주기가 길어 교체하기 위해서는 노후화 스크린 도어의 안전상에 문제가 없는 부분(국제공인기관의 안전성 평가 수행)이나 발주처의 의견을 청취하여 구조체의 재활용이나 재설치를 선정

항목	검토내용	적용
구동부	안전무결성 시스템과 연동될 수 없는 구동부 시스템으로 재활용이 부적합하여 안전무결성 시스템과 연동될 수 있는 구조로 신규 제작하여 적용	신규 제작하여 적용함
가동문	RAMS에서 요구하는 안전요구사항 중 선로에서 대피할 수 있는 후면해지장치 및 승강장에서 개방할 수 있는 전면개방장치 시스템이 미 반영되어 있으며, 가동문 하부에 설치된 가이드 레일이 바닥면보다 돌출된 구조로 승객의 안전 저해되어 재활용하기에 부적합하여 신규로 제작하여 적용	신규 제작하여 적용함
비상문	RAMS에서 요구하는 안전요구사항이 반영하여 2017년 신규로 제작 반영된 제품으로 재활용 가능	재활용하여 적용함
기둥(H BEAM)	구동부 및 가동문 신규제품 반영으로 연결구조가 변경되어 재활용하기에 부적합하여 신규로 제작하여 적용	수직기둥에서 상부골조는 절단하여 재활용하고, 하부골조는 신규 제작하여 적용함

• 설계 성과물

성과물	성과물 내용
사업수행계획서	◆ 철거 및 제작, 제작 개요 ◆ 철거, 제작, 설치 관리체계 ◆ 사업관리 조직 ◆ 시뮬레이션 수행계획서 ◆ 공정계획서
품질보증계획서	◆ 품질보증 조직 및 개념
안전관리계획서	◆ 가설물설치 및 철거계획 ◆ 현장기술인력 운영계획 ◆ 안전관리계획

환경관리계획서	◆ 청소전담반 편성 및 운영계획 ◆ 민원방지 및 전문기관 안전진단 ◆ 외부 건설안전 전문기관 안전진단 ◆ 구조물 철거시 승강장안전관리계획 및 ◆ 승강장 연단부 안전난간대 설치 등 안전관리 계획, 공사철거 및 시공 단계별 승객 안전관리 계획서 ◆ 안전표지판, 가설전기 설치계획, 안전요원 배치계획 등
자재검사계획서	◆ 강도시험, 인장시험, 표면처리방법, 절연시험, 도장시험, 주요 부재시험 등(공장검사 계획서 포함)
시험계획서	◆ 조정, 개별, 연동
시운전계획서	◆ 종합, 성능
사후관리계획서	◆ 하자관리, 교육, 기술이전 등 기타
사전승인서	◆ 시스템 계통도 ◆ 전기계통도 ◆ 구조체 레이아웃 도면, 기본모듈 사양도면 ◆ 구조해석계산서
착공전 문서	◆ 착수계
설계문서	◆ 구조체 상세도 ◆ 현장설치도 ◆ 시스템 구성도 및 계통도 ◆ 주요 구성품 상세도면 ◆ 전원, 접지 계통도 ◆ 케이블 결선도, 소프트웨어 설계 명세서 ◆ 동작 플로차트, 설치공법, 주요구성품에 대한 시험성적서 또는 인증서
착공후 문서	◆ 운영자 지침서(역무원용) ◆ 운영자 지침서(기관사, 차장용) ◆ 유지보수자 취급설명서, 현장유지보수 지침서 ◆ 전자회로 및 동작설명서 ◆ 기계 상세도면 및 동작설명서 ◆ 시험장비 지침서, 장비별 세부부품목록
기타	◆ 현장/현차시험 결과서

나. 현장 현차 설치

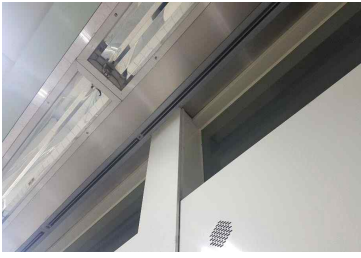
- 구조체 철거 절차 수립

단계	작업계획
1	안전 신호수 배치(상, 하행선)
2	가동문 분리 후 모터카를 이용하여 차량기지로 이동 하차
3	좌측 비상문 및 제어기함 분리 후 차량기로 이동 하차
4	우측 비상문을 분리하여 승강장의 안전한 위치에 보관(재활용)
5	실링(헤더박스 상단 유리) 철거 후 차량기지로 이동 하차
6	구동부(헤더박스) 분리 후 차량기지로 이동 하차
7	기타 마감재 철거 후 차량기지로 이동 하차
8	기둥(H BEAM)을 바닥기준으로 약2,700mm 구간에서 절단
9	절단된 기둥부에 조립할 수 있는 볼트홀 가공
10	상단에 남아있는 기둥(H BEAM)을 기준하여 승강장 양카 마킹
11	대리석 절단 및 양카 시공

- 화재위험방지를 위해 기둥(H BEAM)절단은 산소절단보다 밴드쏘로 절단함.
- 기둥(H BEAM)을 상단부를 재사용하는 이유는 승강장 천정을 기둥(H BEAM)에 연결하여 지탱하고 있으므로 재사용하지 않고 철거시 승강장 천정을 철거 후 재 설치함.

• 구조체 철거 작업

1. 선로 수직마감판하부물 딩 샘플 철거 * 트랜섬 상부 물딩탈거 방 안 및 수직포스트 철거 시 간섭물 확인	2. 가동도어 철거	3. 비상도어 철거 * 재활용/비재활용 분리
		
4. 트랜섬(유리) 철거	5. 헤더박스 철거	6. 주기동 전면커버 철거
		

7. 선로 수직마감판 하부물 딩 철거	8. 트랜섬 상단 유리고정 프레임 철거	9. 선로수직마감판 철거
		

10. 주기동 연결 앵글 용접 부 절단	11. 주기동 철거	12. 가동문 레일철거
		

단계	헤더박스 철거 작업 내용	수직빔 철거 작업 내용
철거		

- 구조체 설치절차
 - 시공과 반대로 조립설치하며, 모든 자재는 차량기지 모터카를 이용하여 반입 후 시공

단계	작업내용
1	기둥(H BEAM) 시공
2	도어턱 시공
3	구동부(헤더박스) 중간기둥 시공
4	우측 비상문 재 활용 시공
5	좌측 비상문 시공
6	실링 시공
7	기타 마감재 시공
8	시운전 및 미세조정

- 변경된 수직빔 설치단면도

구분	설치단면 도면
단면도	

- 수직빔 및 가이드레일 취부 상세도

구분	설치 상세도
수직빔취부도	
가이드레일 취부도	

- 수직빔 천정 및 가이드레일 취부 상세도

서브시스템	하드웨어 모듈명	설명
주제어반	MCM	MCU CPU Module, MCU 동작을 결정하고, MIM 및 MOM을 제어하기 위한 CPU 모듈
	MIM	MCU Input Module, MCU 외부 입력 신호 인터페이스를 위한 32채널 입력 모듈
	MOM	MCU Output Module, MCU 외부 출력 신호 인터페이스를 위한 16채널 출력 모듈
	MBM	MCU Backplane Module, MCU 버스 인터페이스를 위한 backplane 모듈
개별제어반	DCUA	DCU Control Module, 개별제어반 전반적인 동작 결정하는 장치
	DTB	DCU Terminal Block, 개별제어반 입/출력 신호 interface 하는 장치
	DPM	DCU Power Module, 개별제어반 및 헤더박스 전원 공급 장치
승강장 조작반	*N/A	Local Control Panel, 권한을 가진 역내 운영자에 의해 전체 가동문(MSD)을 수동 조작하거나, 전체 도어의 개폐상태를 확인하기 위한 장치
기관사 조작반	*N/A	Driver Control Panel, 열차 운전자에 의해 전체 가동문(MSD)을 수동 조작하거나, 전체 도어의 개폐상태를 확인하기 위한 장치
종합제어반 조작반	*N/A	Main Control Panel of PSCC, 승강장(platform) 기계실의 종합제어반(PSCC)에 위치하여 가동문 개폐를 수동으로 조작하거나 도어의 개폐 상태를 확인할 수 있는 장치
역무실 조작반	N/A	Main Control Panel of SOCC, 역무실에서 개괄적인 스크린도어(PSD) 상태를 파악하거나 가동문 개폐를 조작할 수 있는 장치
정위치검지 장치	TPS	Train Position Sensor, 열차 정차 위치에 대한 정보를 수집하여 주제어반(MCU)에 정보를 전달하는 장치
	TES	Train Entry Sensor, 열차 진입 정보를 수집하여 주제어반(MCU)에 정보를 전달하는 장치
	TAS	Train Advance Sensor, 열차 진출 정보를 수집하여 주제어반(MCU)에 정보를 전달하는 장치

* N/A: Not assigned. 서브시스템이 하위 하드웨어 모듈로 나누어지지 않음.

(나) Software 설계 검증

- ✓ PSD 서브시스템을 구성하는 주제어반 및 개별제어반에 장착되는 소프트웨어가 설계 요건에 부합 함을 검증 함
 - IEC 62279에 규정된 소프트웨어 수명 주기에 따라 다음과 같이 단계적으로 검증을 수행 함

시험 종류	내용
소프트웨어 유닛 시험	• 소프트웨어 모듈/함수에 대하여 정적 분석을 통해 소스코드가 올바르게 구현되었음을 확인 함 ✓ 식별된 모든 모듈/함수에 대하여 모듈(파일) 단위로 LDRA 툴을 이용하여 quality review, code review 및 control/data flow analysis 분석을 수행 함 ✓ 분석된 결과를 통해 소스코드가 올바르게 구현되었음을 확인 함 • 소프트웨어 모듈/함수에 대하여 동적 분석/시험을 통해 정의된 조건 하에서 구현된 코드가 올바르게 동작함을 확인 함 ✓ 식별된 모든 인터페이스 및 내부 함수를 시험대상으로 LDRA 툴을 이용하여 각 함수의 입력조건에 따라 예상출력을 확인 함 • IEC 62279 Appendix A에 기술된 다음과 같은 techniques and measure를 소프트웨어 유닛 시험에 적용 함
소프트웨어 통합 시험	• 개발된 소프트웨어 모듈 간 상호작용이 의도된 기능의 정확한 수행을 확인 함 - 식별된 개별 프로세스를 시험대상으로 하여 프로세스의 입력/출력을 확인하여 모듈의 기능을 시험하고, 정의된 인터페이스를 통해 데이터 흐름을 확인 함 • 소프트웨어와 하드웨어를 결합하여 주제어반 및 개별제어반에 탑재되는 소프트웨어와 하드웨어의 상호 작용이 의도된 기능을 올바르게 수행함을 확인 함 - 검증된 통합 소프트웨어와 하드웨어 형상에서, 각 모듈의 입력조건에 따른 예상출력을 확인 함
소프트웨어 검증 시험	• 소프트웨어 통합 시험 및 하드웨어 검증이 완료된 소프트웨어와 하드웨어를 적용하여 소프트웨어가 요구사항을 충족하는지 검증 함 - 식별된 모든 소프트웨어 요구사항을 대상으로, 각 요구사항에 대하여 입력조건에 따른 예상출력을 확인 함

나) 시스템 통합 시험

- PSD 시스템의 기능 요구사항 및 안전 관련 요구 사항을 만족함을 검증 함
- Black box testing 기법을 통하여 17개의 test case에 따라, 각 요구사항에 대하여 입력조건에 따른 예상출력을 확인 함

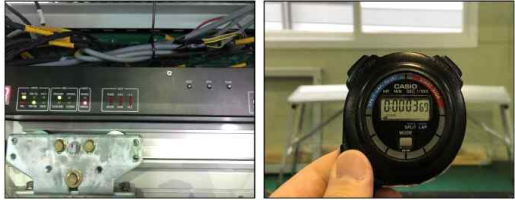
나. 규격 시험

- 한국철도표준규격 (KRS SG 0068-17(R))에 규정된 시험을 국가적으로 인정된 공인 시험기관에서 수행하여 규격에 적합함을 증명 함

가) 성능 시험

(가) 작동시간 측정 시험

- ✓ 한국SGS(주)에서 시험을 수행 함
- ✓ 승강장안전문을 동작시켰을 때 동작신호로부터 동작 완료까지의 시간을 측정하여 4.5초 이하 요건을 만족함을 확인 함

점검 항목	시험 결과		
MSD 열림 작동 시간 (4.5초 이하)	1차	3.69초	 < 1 차 열림 작동 : 3.69 s >
	2차	3.68초	 < 2 차 열림 작동 : 3.68 s >
	3차	3.81초	 < 3 차 열림 작동 : 3.81 s >
MSD 닫힘 작동 시간 (4.5초 이하)	1차	3.96초	 < 1 차 닫힘 작동 : 3.96 s >
	2차	4.05초	 < 2 차 닫힘 작동 : 4.05 s >
	3차	4.14초	 < 3 차 닫힘 작동 : 4.14 s >

(나) 작용력시험

- ✓ 한국SGS(주)에서 시험을 수행 함

- ✓ 승강장안전문에 작동하는 방향으로 작용력을 측정하여 400N 이하 요건을 만족함을 확인 함

점검 항목	시험 결과		
MSD 닫힘 시 작용력 힘 (400N 이하)	1차	52.7N	  < 1 차 열림 작동 : 52.7 N >
	2차	50.5N	  < 2 차 열림 작동 : 50.5 N >
	3차	46.3N	  < 3 차 열림 작동 : 46.3 N >

(다) 수동 개폐력 시험

- ✓ 한국SGS(주)에서 시험을 수행 함
- ✓ 승강장안전문에 작동하는 방향으로 수동 개폐력을 측정하여 100N 이하 요건을 만족함을 확인 함

점검 항목	시험 결과		
MSD 수동 열림 힘 (100N 이하)	1차	51.7N	  < 1 차 열림 작동 : 51.7 N >
	2차	70.8N	  < 2 차 열림 작동 : 70.8 N >
	3차	79.3N	  < 3 차 열림 작동 : 79.3 N >

MSD 수동 닫힘 힘 (100N 이하)	1차	48.9N	 < 1차 닫힘 작동 : 48.9 N >
	2차	58.5N	 < 2차 닫힘 작동 : 58.5 N >
	3차	62.1N	 < 3차 닫힘 작동 : 62.1 N >

(라) 하중시험

- ✓ 설계하중 및 설치상황 등을 반영하여 모델링하고 그에 따른 구조 해석을 실시하여 구조 도면대로 승강장안전문(PSD) 설치 시 구조체가 안전함을 확인 함
- ✓ (주)건우기술이 구조안전성을 검토하여 다음과 같은 KRS 기준 및 규격을 만족함을 확인 함

구분	기준 및 규격	비고	구조검토결과
열차풍속	30m/sec	순간풍속	적합
풍압하중	0.992 kN/m ²	열차풍압	적합
승객혼잡 (수평하중)	1.00 kN	FL+1.2~1.5m	적합

✓ 구조 도면 및 구조 설계서

구조 설계서

구조 도면

구 조 설 계 서

STRUCTURAL DESIGN AND CHECK

- 대구 지하철 다사역 PSD 구조설계 -

위 건축물(공작물)에 대하여 국토해양부 고시 건축구조기준(KBC)에 따라 책임구조기술자가 구조설계를 수행하여 구조안전성을 확인하였으므로, 본 구조설계서에 표시된 구조형식, 사용재료 및 강도, 하중조건, 치단확성, 구조설계의 위치를 올리르게 되어하여 구조설계도에 표기하시기 바랍니다. 구조안전성을 확인한 구조설계도(구조설계도, 구조설계서, 구조자공서)와 설계는 사단법인 한국건축구조기술사(주) 건우기술에 등록된 일함으로 남았합니다. 사용재료(A)에 대한 구조안전확인, 시공 중 구조안전확인, 유지관리 중 구조안전 확인이 필요한 경우에는 미리 해당구조기술자에게 구조안전의 확인을 요청하시기 바랍니다.

1	2018. 10	구조원	양 나 경	양 영 희	
차	제	최	제	결	
회	사	(주) 건 우 기 술			
대	표	이	사		
건	우	기	술		
주	소	서울시 구로구 디지털로35길 27			
		상영아이리얼의 803호			

사단법인 한국건축구조기술사
THE KOREAN STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION

회 사 (주) 건 우 기 술

대 표 이 사 양 영 태 (인)

건축구조기술사

주 소

The figure contains two sets of structural drawings. The top set shows a cross-section of a three-story structure with dimensions and reinforcement details. The bottom set shows a longitudinal section of the same structure, detailing the floor slabs, beams, and columns. Both drawings include reinforcement schedules and material specifications.

(마) 내구시험

- ✓ 한국SGS(주) 입회하에 (주)우리기술 에서 시험을 수행 함
- ✓ 승강장안전문 구동부 (벨트타입)를 1,000,000cycle (열림,닫힘/cycle) 동작시켜 매 25만 cycle 마다 외관 상태 및 동작 상태를 확인하여 KRS 요건을 만족함을 확인 함

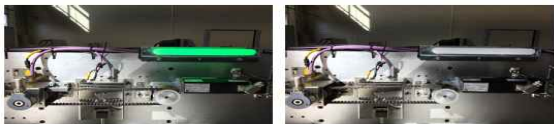
검사(점검) 차수	시험 결과		시험 사진
초기 점검 (0 cycle)	시험환경 점검	적합	* 시험 중 사진 
	외관 검사	적합	
	동작 검사	적합	
1차 중간점검 (25만 cycle)	시험환경 점검	적합	* 시험 후 제품 외관 
	외관 검사	적합	
	동작 검사	적합	
2차 중간점검 (50만 cycle)	시험환경 점검	적합	
	외관 검사	적합	
	동작 검사	적합	
3차 중간점검 (75만 cycle)	시험환경 점검	적합	
	외관 검사	적합	
	동작 검사	적합	
최종 점검 (100만 cycle)	시험환경 점검	적합	
	외관 검사	적합	
	동작 검사	적합	

① 기능 및 인터페이스 시험

- 시운전 시험 및 SAT를 통해 PSD 시스템이 요구된 기능 및 안전기능을 수행함을 확인 함

나) 전원변동 시험

- 한국SGS(주) 에서 시험을 수행 함
- PSD 시스템 구동부의 정격전압(AC220V)에 전원변동을 $\pm 10\%$ 를 적용하였을 시 상한치와 하한치의 모든 조합에 대하여 성능이 이상 없음을 확인

구분	시험 결과		
AC 187V 전원 인가 시	기능 동작 확인	정상 동작	 < WPDPM3(콘트롤부) 램프 점등 사진 >  < DCU 램프 점등 및 소등 사진 >
AC 253V 전원 인가 시	기능 동작 확인	정상 동작	 < DOI 램프 점등 및 소등 사진 >

다) 온도 시험

시험 종류	내용
저온 시험	- 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-1:2007 시험방법에 따라 시험 수행 - PSD 시스템의 종합제어반 및 구동부가 저온상태(-40℃)에서 요구되는 성능을 만족함을 확인 함
고온시험	- 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-2:2007 시험방법에 따라 시험 수행 - PSD 시스템의 종합제어반 및 구동부가 고온상태(40℃)에서 요구되는 성능을 만족함을 확인 함
온도 사이클 시험	- 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-14:2007 시험방법에 따라 시험 수행 - PSD 시스템의 종합제어반 및 구동부가 온도의 변화(-40℃ ~ 70℃)에 대해 요구되는 성능을 만족함을 확인 함
고온고습시험	- 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-30:2007 시험방법에 따라 시험 수행 - PSD 시스템의 종합제어반 및 구동부가 고온 고습(55℃, 75~97%R.H.)상태에서 요구되는 성능을 만족함을 확인함

온도 변화

* 저온 시험

25 °C
-40 °C
2 h 20 min
16 h
1 h 10 min
1 h
20 h 30 min
기능 검사

* 고온 시험

70 °C
25 °C
1 h
16 h
1 h
1 h
19 h
기능 검사

* 온도 사이클 시험

70 °C
25 °C
-40 °C
2 h 20 min
30 min
2 h
30 min
45 min
5 Cycle(6 h 5 min/Cycle)
기능 검사

* 고온 고습 시험

97 % R.H.
93 % R.H.
75 % R.H.
55 °C
25 °C
2 h
9 h
2 h
9 h
2 cycle(24 h/cycle)
기능 검사

시험 결과

* 종합제어반

작동 상태 확인	시험 전	시험 중	시험 후
MCM RUN/SBUS -F S 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
HUB 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
MIM-1.2 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
MOM-1.2 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
Opened, Opening: 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
1 초 작동(Open)	이상 없음	이상 없음	이상 없음
M-01 Yellow	이상 없음	이상 없음	이상 없음
MCU MIM-1, MOM-2 (CH0.2.5)	이상 없음	이상 없음	이상 없음
Closed, Closing: 작동	이상 없음	이상 없음	이상 없음
1 초 작동(Close)	이상 없음	이상 없음	이상 없음
M-01 Green	이상 없음	이상 없음	이상 없음
MCU MIM-1, MOM-2 (CH2.4)	이상 없음	이상 없음	이상 없음

기능 검사
(동작 상태
확인)

* 구동부

작동 상태 확인	시험 전	시험 중	시험 후
MAIN PWR GOOD 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
BACKUP PWR GOOD 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
MODE 'NORMAL' 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
STATUS 'RUN', 'MSD C&L' 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
STATUS 'EED C&L' 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
STATUS 'FAIL' 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
STATUS 'CAN A', 'CAN B' 램프 작동	이상 없음	-	이상 없음
DOI Closing 램프 작동 (GREEN)	이상 없음	RED 정렬상태	이상 없음
DOI Closed 램프 작동 (GREEN)	이상 없음	RED 정렬상태	이상 없음
DOI Opening 램프 작동 (GREEN)	이상 없음	RED 정렬상태	이상 없음
DOI Opened 램프 작동 (GREEN)	이상 없음	RED 정렬상태	이상 없음

	기구물 외관 확인 (육안 확인)	변형 및 변색 없음
--	-------------------------	------------

라) 전기자기 적합성 (EMC) 시험

- (주)아이씨알 에서 IEC 62236-4:2018 시험방법에 따라 시험을 수행 함
- PSD 시스템의 종합제어반 및 구동부가 전도와 복사 방해 신호가 있는 외부의 오염된 전자파 환경에 장애를 방지 않는 내성(immunity)을 보유하여 요구되는 성능을 만족하고, 방출(emission)하는 장애 전자파를 억제하여 다른 전기, 전자기기와 시스템에 나쁜 영향을 주지 않음을 확인 함
- 종합제어반 및 구동부 시험 결과

Emission Test			
Standard	Test Items	Applied	Result
IEC 62236-4:2018	Conducted Emission	√	Pass
	Radiated Emission	√	Pass
	Discontinuous Disturbance Voltage	√	Pass
IEC 61000-3-2:2014	Harmonics Current Emissions	√	Pass
IEC 61000-3-3:2013	Voltage Fluctuations and Flickers	□	N/A
Immunity Test			
Standard	Test Items	Applied	Result
IEC 61000-4-2:2008	Electrostatic discharge immunity test	√	Pass
IEC 61000-4-3:2006	Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	√	Pass
IEC 61000-4-4:2012	Electrical fast transient/burst immunity test	√	Pass

IEC 61000-4-5:2014	Surge immunity test	√	Pass
IEC 61000-4-6:2013	Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	√	Pass
IEC 61000-4-8:2009	Power frequency magnetic field immunity test	√	Pass

(가) 방사 (Emission)

① 전도성 방사 (CE, Conducted emission)

- AC 주 전원 및 입/출력 신호선에 존재하는 내부 노이즈를 제한하는 능력을 평가하여 허용치를 만족함을 확인 함
- Measurement Frequency range and RBW : (0.15 to 30) MHz : 9kHz

시험 결과

Live

EMI test graph for Live mode. The graph shows Level in dBu on the y-axis (0 to 100) versus Frequency in Hz on the x-axis (150k to 30M). A red line indicates the limit, and a dashed line indicates the noise floor. Several peaks are marked with red arrows and labeled with their frequency and level.

Final Result

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBuV)	CAverage (dBuV)	Lim it (dBuV)	Margin (dB)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Line	Filter	Corr. (dB)
2.098500	42.25	---	73.00	30.75	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
2.098500	---	39.34	60.00	20.66	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
2.620500	41.98	---	73.00	31.02	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
2.620500	---	30.22	60.00	29.78	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
2.980500	48.10	---	73.00	24.90	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
2.980500	---	42.64	60.00	17.36	1000.0	9.000	L1	ON	9.7
4.400250	43.49	---	73.00	29.51	1000.0	9.000	L1	ON	9.8
4.400250	---	38.86	60.00	21.14	1000.0	9.000	L1	ON	9.8
10.239000	37.23	---	73.00	35.77	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
10.239000	---	24.47	60.00	35.53	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
16.113750	48.92	---	73.00	26.08	1000.0	9.000	L1	ON	10.0
16.113750	---	40.52	60.00	19.48	1000.0	9.000	L1	ON	10.0

Neutral

EMI test graph for Neutral mode. The graph shows Level in dBu on the y-axis (0 to 100) versus Frequency in Hz on the x-axis (150k to 30M). A red line indicates the limit, and a dashed line indicates the noise floor. Several peaks are marked with red arrows and labeled with their frequency and level.

Final Result

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBuV)	CAverage (dBuV)	Lim it (dBuV)	Margin (dB)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Line	Filter	Corr. (dB)
2.049000	46.78	---	73.00	26.22	1000.0	9.000	N	ON	9.7
2.049000	---	44.84	60.00	15.16	1000.0	9.000	N	ON	9.7
2.613750	43.48	---	73.00	29.52	1000.0	9.000	N	ON	9.7
2.613750	---	30.39	60.00	29.61	1000.0	9.000	N	ON	9.7
2.980500	48.33	---	73.00	23.67	1000.0	9.000	N	ON	9.7
2.980500	---	43.26	60.00	16.74	1000.0	9.000	N	ON	9.7
3.583500	48.44	---	73.00	24.56	1000.0	9.000	N	ON	9.8
3.583500	---	47.15	60.00	12.85	1000.0	9.000	N	ON	9.8
4.501500	44.73	---	73.00	28.27	1000.0	9.000	N	ON	9.8
4.501500	---	42.63	60.00	17.37	1000.0	9.000	N	ON	9.8
10.448250	37.81	---	73.00	35.19	1000.0	9.000	N	ON	9.9
10.448250	---	32.67	60.00	27.33	1000.0	9.000	N	ON	9.9

Live

EMI test graph for Live mode. The graph shows Level in dBu on the y-axis (0 to 100) versus Frequency in Hz on the x-axis (150k to 30M). A red line indicates the limit, and a dashed line indicates the noise floor. Several peaks are marked with red arrows and labeled with their frequency and level.

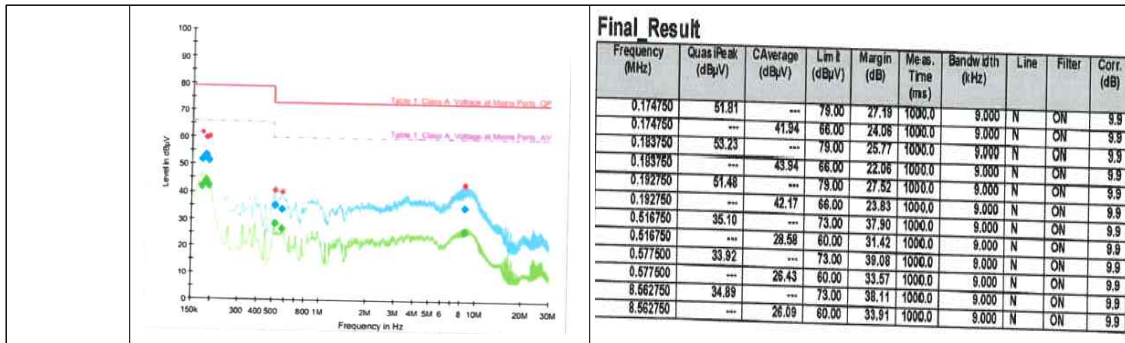
Final Result

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBuV)	CAverage (dBuV)	Lim it (dBuV)	Margin (dB)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Line	Filter	Corr. (dB)
0.174750	55.40	---	79.00	23.60	1000.0	9.000	L1	ON	10.0
0.174750	---	45.91	66.00	20.09	1000.0	9.000	L1	ON	10.0
0.188250	57.47	---	79.00	21.53	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
0.188250	---	50.20	66.00	15.80	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
0.192750	54.82	---	79.00	24.18	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
0.192750	---	45.43	66.00	20.57	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
0.369250	35.18	---	79.00	43.82	1000.0	9.000	L1	ON	9.8
0.369250	---	27.20	66.00	38.80	1000.0	9.000	L1	ON	9.8
0.386500	34.65	---	79.00	44.35	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
0.386500	---	26.27	66.00	39.73	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
8.720250	34.78	---	79.00	44.22	1000.0	9.000	L1	ON	9.9
8.720250	---	26.82	66.00	42.18	1000.0	9.000	L1	ON	9.9

Neutral

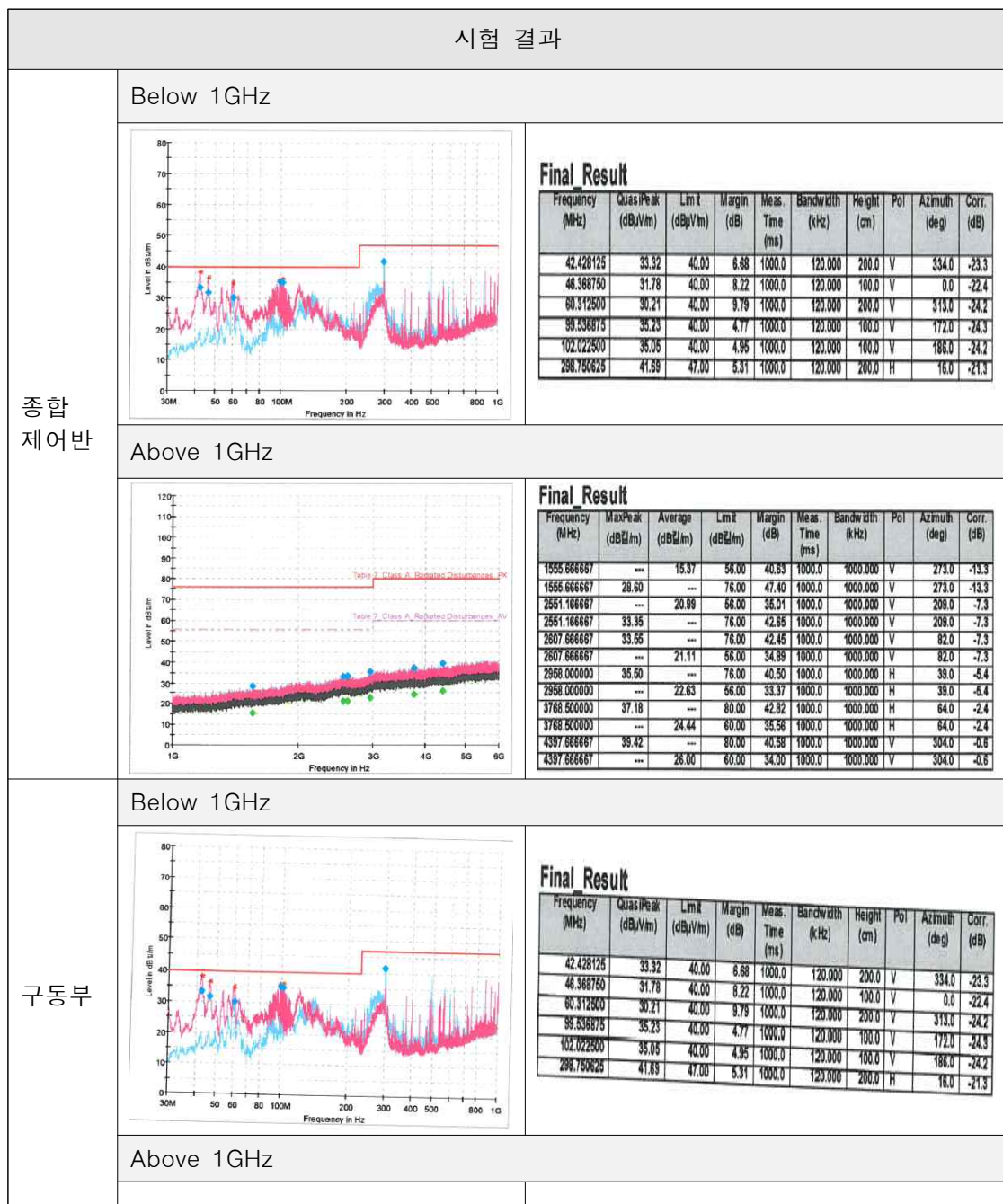
종합
제어반

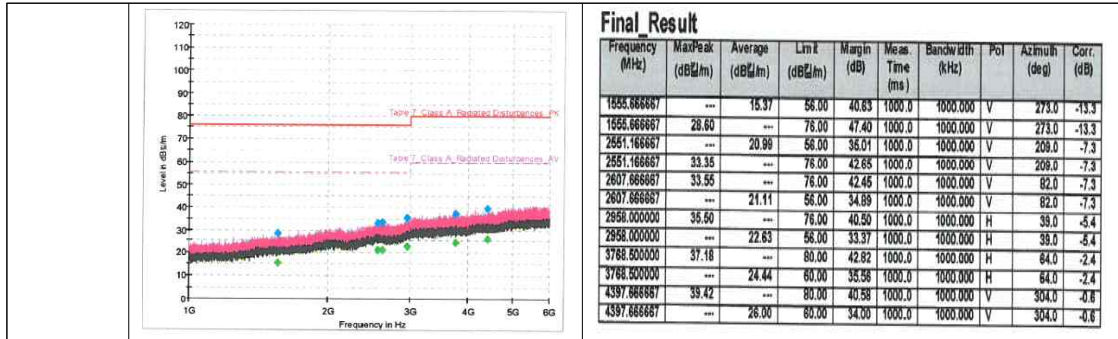
구동부



② 방사성 방사 (RE, Radiated emission)

- 내부 노이즈를 방출을 제한하는 능력을 평가하여 허용치를 만족함을 확인 함
- Measurement Frequency range: (30 to 6000)MHz
- Measurement RBW: Below 1GHz@ 120 khz / Above 1GHz@ 1MHz

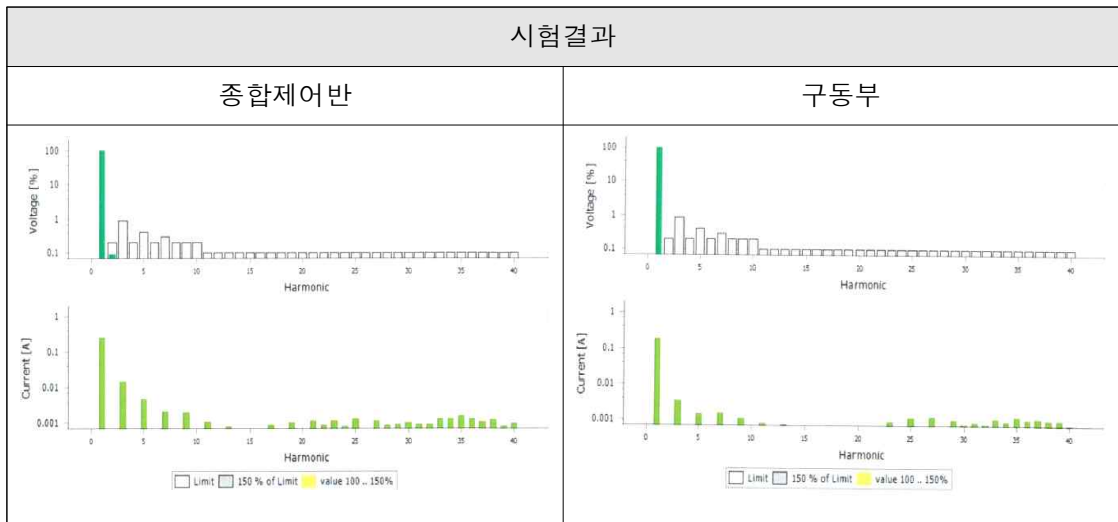




- ③ Discontinuous Disturbance Voltage & Harmonic current Emission
- Measurement Frequency range: 150kHz, 500kHz, 1.4MHz, 30MHz

시험결과	
종합제어반	구동부
Mode Click Rate Type of Eut - Rx 150 KHz Att. [dB] 20 Rx 500 kHz Att. [dB] 20 Rx 1.4 MHz Att. [dB] 20 Rx 30 MHz Att. [dB] 20 Rx 150 kHz Input Offset [dB] 0 Rx 500 kHz Input Offset [dB] 0 Rx 1.4 MHz Input Offset [dB] 0 Rx 30 MHz Input Offset [dB] 0 External Att. [dB] NONE Remote NONE 150 kHz 500 kHz 1.4 MHz 30 MHz First Run Short 0 0 0 0 Long 0 0 0 0 Long (10< t ≤20 ms) 0 0 0 0 Tot. Clicks Corr 0 0 0 0 Events 0 0 0 0 0 Time(s) 0.00 0.00 0.00 0.00 Sw.Op. 0 0 0 0 4.2.3.4 events 0 0 0 0 Limit dBuV 66 56 56 60 N 0.00 0.00 0.00 0.00 PASS PASS PASS PASS	Mode Click Rate Type of Eut - Rx 150 KHz Att. [dB] 20 Rx 500 kHz Att. [dB] 20 Rx 1.4 MHz Att. [dB] 20 Rx 30 MHz Att. [dB] 20 Rx 150 kHz Input Offset [dB] 0 Rx 500 kHz Input Offset [dB] 0 Rx 1.4 MHz Input Offset [dB] 0 Rx 30 MHz Input Offset [dB] 0 External Att. [dB] NONE Remote NONE 150 kHz 500 kHz 1.4 MHz 30 MHz First Run Short 0 0 0 0 Long 0 0 0 0 Long (10< t ≤20 ms) 0 0 0 0 Tot. Clicks Corr 0 0 0 0 Events 0 0 0 0 0 Time(s) 0.00 0.00 0.00 0.00 Sw.Op. 0 0 0 0 4.2.3.4 events 0 0 0 0 Limit dBuV 66 56 56 60 N 0.00 0.00 0.00 0.00 PASS PASS PASS PASS

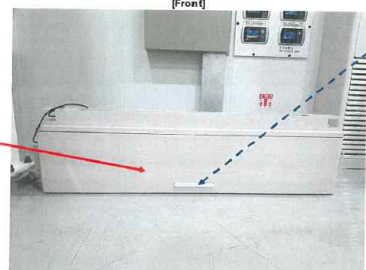
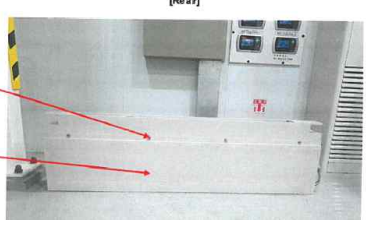
- ④ Harmonic Current Emission
- 고조파 전류 방출을 제한하는 능력을 평가하여 허용치를 만족함을 확인 함



(나) 내성 (Immunity)

① 정전기 방전 내성 시험 (Electrostatic discharge immunity test)

- 정전기 방전 시 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함
- Test Condition
 - Type of discharge (air discharge): $\pm 2, 4, 8$ kV
 - Type of discharge (contact discharge): ± 6 kV
 - Number of discharges at each point: 10 of each polarity
 - Discharge Repetition on Rate: 1/sec

시험 Point	
종합제어반	구동부
Test point Air Discharge(Air)  Contact Discharge(Contact)  [Front]  [Rear] 	Test point Air Discharge(Air)  Contact Discharge(Contact)  [Front]  [Rear] 

② 방사 내성 (RI, Radiated immunity)

- 무선주파수 전자기 방해시 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함
- Frequency range and Test level
 - (80 to 800)MHz, 10 V/m (r.m.s) (unmodulated)
 - (80 to 1000)MHz, 20 V/m (r.m.s) (unmodulated)
 - (1400 to 2000)MHz, 10 V/m (r.m.s) (unmodulated)
 - (2000 to 2700)MHz, 5V/m (r.m.s) (unmodulated)
 - (5100 to 6000)Mhz, 3V/m (r.m.s) (unmodulated)

③ 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성 시험 (Electrical Fast Transient/burst immunity test)

- 입/출력 신호선 및 전원선에 전기적 빠른 과도현상이 발생 했을 시 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함
- Test Condition
 - Test Level: ± 2.0 kV (I/O port, DC Power port, AC Power port)
 - Polarity: Negative / Positive
 - Repetition frequency: 5khz Tr/Th = 5ns / 50ns

④ 서지 내성 시험 (Surge immunity test)

- AC 주전원에 서지가 발생 시 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함
- Test Condition
 - Polarity pulses: (0, 90, 180, 270)°
 - Test level: $\pm(0.5, 1.0)$ kV (Line to Line), $\pm(0.5, 1.0, 2.0)$ kV (Line to

Ground)

- Wave shape: 1.2μs/50μs pulse

⑤ 전도 내성 (CI, Conducted immunity)

- 입/출력 선에 무선 주파수 전자기 방해가 있을 때 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함

⑥ Power frequency magnetic field immunity test

- 자기장이 존재하는 경우 종합제어반 및 구동부가 정상 동작함을 확인 함
- Test Condition
- Magnetic field strength: 100 A/m (rms)
- Frequency: (16.7, 60)Hz

마) 절연저항 및 내전압 시험

(가) 절연저항 시험

- ✓ 한국에스지에서(주)에서 KRS SG 0068-17 (R) 에 따라 시험을 수행 함
- ✓ 절연 저항이 4.63GΩ 이상으로 KRS 규격에서 요구한 5MΩ 이상을 만족하여 종합제어반 및 구동부가 감전이나 과열에 의한 화재 및 쇼크에 안전함을 확인 함

(나) 내전압 시험

- ✓ 한국에스지에서(주)에서 KRS SG 0068-17 (R) 에 따라 시험을 수행 함
- ✓ 종합제어반 및 구동부가 KRS 규격에서 요구한 1.5kV 전원 인가 시 절연이 파괴되지 않으며 기능이 정상 동작 수행함을 확인 함

시험 결과

종합
제어반

내 전압 측정 (AC 1.5kV/1min)

방전 및 불꽃 발생 없음

절연저항 측정 (DC 500V/1min)

시험 전		시험 후	
Standard: More than 5 MΩ		Standard: More than 5 MΩ	
(+) + GND	4.63 GΩ	(+) + GND	4.63 GΩ
(-) + GND	5.00 GΩ	(-) + GND	4.10 GΩ
(+ · -) + GND	5.00 GΩ	(+ · -) + GND	4.81 GΩ

기능 검사 (동작 상태 확인)

작동 상태 확인	시험 전	시험 후
MCM RUN/SBUS -F, S 점등	이상 없음	이상 없음
HUB 점등	이상 없음	이상 없음
MIM-1,2 점등	이상 없음	이상 없음
MOM-1,2 점등	이상 없음	이상 없음
Opened, Closed: 점등	이상 없음	-
1 초 점등(Open)	이상 없음	이상 없음
M-01 Yellow	이상 없음	이상 없음
MCU MIM-1, MOM-2 (CH0,2,5)	이상 없음	이상 없음
Opening, Closing: 소등	이상 없음	-
1 초 점등(Close)	이상 없음	이상 없음
M-01 Green	이상 없음	이상 없음
MCU MIM-1, MOM-2 (CH2,4)	이상 없음	이상 없음

구동부

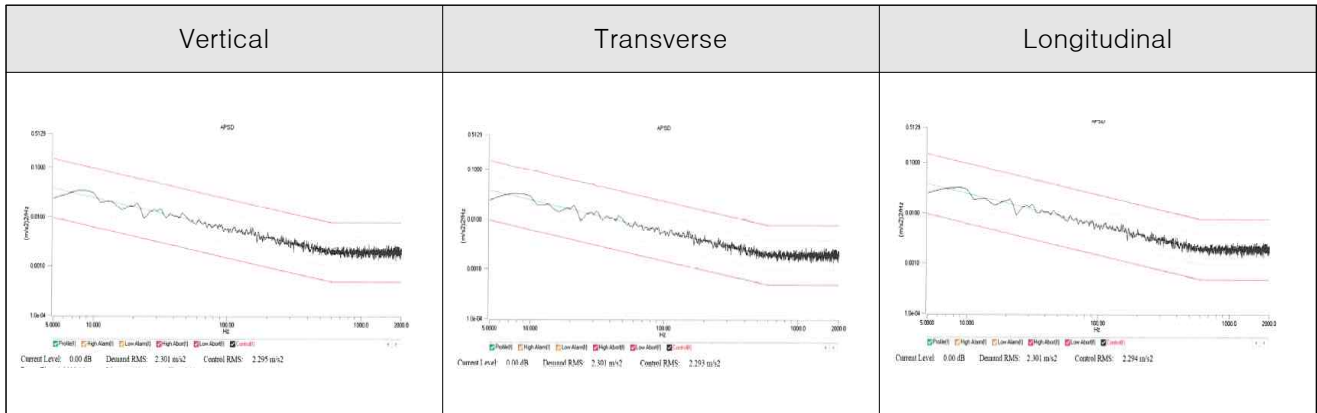
기구물 외관 확인 (육안 검사)	변형 및 변색 없음																																				
내 전압 측정 (AC 1.5kV/1min)	방전 및 불꽃 발생 없음																																				
절연저항 측정 (DC 500V/1min)	<table><tr><th colspan="2">시험 전</th><th colspan="2">시험 후</th></tr><tr><td colspan="2">Standard: More than 5 MΩ</td><td colspan="2">Standard: More than 5 MΩ</td></tr><tr><td>(+) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td><td>(+) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td></tr><tr><td>(-) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td><td>(-) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td></tr><tr><td>(+ • -) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td><td>(+ • -) + GND</td><td>More than 9.99 GΩ</td></tr></table>	시험 전		시험 후		Standard: More than 5 MΩ		Standard: More than 5 MΩ		(+) + GND	More than 9.99 GΩ	(+) + GND	More than 9.99 GΩ	(-) + GND	More than 9.99 GΩ	(-) + GND	More than 9.99 GΩ	(+ • -) + GND	More than 9.99 GΩ	(+ • -) + GND	More than 9.99 GΩ																
시험 전		시험 후																																			
Standard: More than 5 MΩ		Standard: More than 5 MΩ																																			
(+) + GND	More than 9.99 GΩ	(+) + GND	More than 9.99 GΩ																																		
(-) + GND	More than 9.99 GΩ	(-) + GND	More than 9.99 GΩ																																		
(+ • -) + GND	More than 9.99 GΩ	(+ • -) + GND	More than 9.99 GΩ																																		
기능 검사 (동작 상태 확인)	<table><tr><th>작동 상태 확인</th><th>시험 전</th><th>시험 후</th></tr><tr><td>MAIN PWR GOOD 램프 점등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>RACK/UP PWR GOOD 램프 점등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>MODE 'NORMAL' 램프 점등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>STATUS 'RUN', 'MSD C&L' 램프 점등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>STATUS 'EED C&L' 램프 점등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>STATUS 'FAIL' 램프 소등</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>STATUS 'CAN A', 'CAN B' 램프 점멸</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>DOI Closing 램프 점등 (GREEN)</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>DOI Closed 램프 소등 (GREEN)</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>DOI Opening 램프 점멸 (GREEN)</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr><tr><td>DOI Opened 램프 점등 (GREEN)</td><td>이상 없음</td><td>이상 없음</td></tr></table>	작동 상태 확인	시험 전	시험 후	MAIN PWR GOOD 램프 점등	이상 없음	이상 없음	RACK/UP PWR GOOD 램프 점등	이상 없음	이상 없음	MODE 'NORMAL' 램프 점등	이상 없음	이상 없음	STATUS 'RUN', 'MSD C&L' 램프 점등	이상 없음	이상 없음	STATUS 'EED C&L' 램프 점등	이상 없음	이상 없음	STATUS 'FAIL' 램프 소등	이상 없음	이상 없음	STATUS 'CAN A', 'CAN B' 램프 점멸	이상 없음	이상 없음	DOI Closing 램프 점등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음	DOI Closed 램프 소등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음	DOI Opening 램프 점멸 (GREEN)	이상 없음	이상 없음	DOI Opened 램프 점등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음
작동 상태 확인	시험 전	시험 후																																			
MAIN PWR GOOD 램프 점등	이상 없음	이상 없음																																			
RACK/UP PWR GOOD 램프 점등	이상 없음	이상 없음																																			
MODE 'NORMAL' 램프 점등	이상 없음	이상 없음																																			
STATUS 'RUN', 'MSD C&L' 램프 점등	이상 없음	이상 없음																																			
STATUS 'EED C&L' 램프 점등	이상 없음	이상 없음																																			
STATUS 'FAIL' 램프 소등	이상 없음	이상 없음																																			
STATUS 'CAN A', 'CAN B' 램프 점멸	이상 없음	이상 없음																																			
DOI Closing 램프 점등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음																																			
DOI Closed 램프 소등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음																																			
DOI Opening 램프 점멸 (GREEN)	이상 없음	이상 없음																																			
DOI Opened 램프 점등 (GREEN)	이상 없음	이상 없음																																			
기구물 외관 확인 (육안 검사)	변형 및 변색 없음																																				

바) 진동 및 충격 시험

(가) 진동 시험

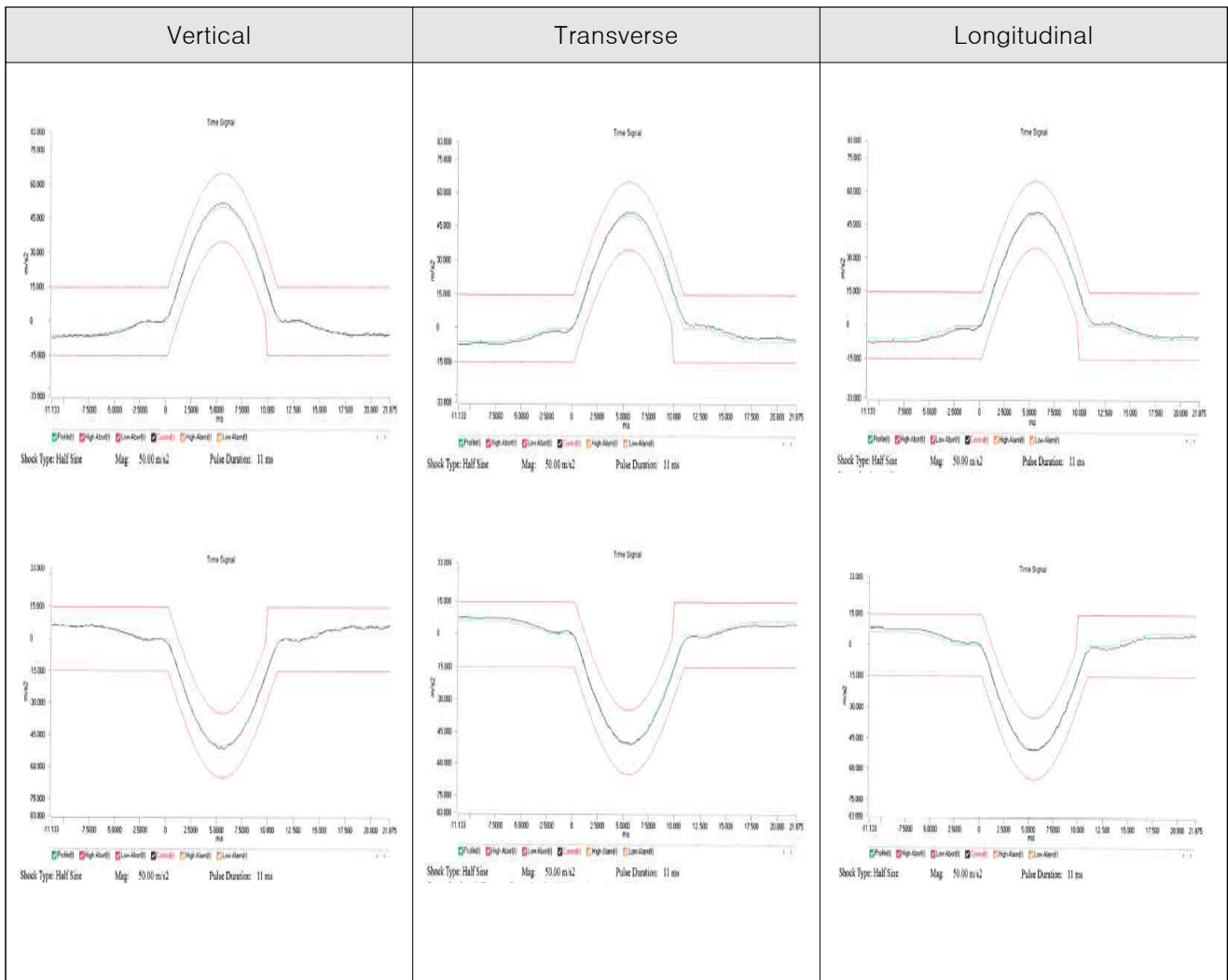
- ✓ 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-64 및 IEC 62498-3에 따라 시험을 수행 함
- ✓ 구동부가 아래와 같은 진동이 발생 하여도 성능 및 기계적 결함 없음을 확인 함
- ✓ 진동 조건
 - 주파수 & 가속도

Frequency [Hz]	ASD Levels [$(m/s^2)^2/Hz$]
5	0.03867
600	0.001 933
2000	0.001 933
2.3m/s ²	



(나) 충격 시험

- ✓ 한국SGS(주) 에서 IEC 60068-2-27 및 IEC 62498-3에 따라 시험을 수행 함
- ✓ 구동부가 아래와 같은 충격이 발생 하여도 성능 및 기계적 결함 없음을 확인 함
- ✓ 충격 조건
 - 가속도: 50m/s^2 , 유지시간: 11ms



① 시험 결과

시험 결과																																																																																																																										
충격 시험 / 진동 시험	외관 상태 확인 - 변형 및 crack 확인 - 부품 이탈 확인 - Screw 풀림 확인	이상 없음																																																																																																																								
	기능 동작 확인	진동시험 (Longitudinal) <table border="1"> <thead> <tr> <th>대상</th><th>체크 항목</th><th>시험전</th><th>시험후</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">WPDPM3(전원부) 체크항목</td><td>MAIN POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>BACKUP POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="5">DCU 체크항목</td><td>MODE 'NORMAL' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'FAIL' 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="4">모터 구동부 체크 항목</td><td>DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> </tbody> </table> 진동시험 (Transverse) <table border="1"> <thead> <tr> <th>대상</th><th>체크 항목</th><th>시험전</th><th>시험후</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">WPDPM3(전원부) 체크항목</td><td>MAIN POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>BACKUP POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="5">DCU 체크항목</td><td>MODE 'NORMAL' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'FAIL' 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="4">모터 구동부 체크 항목</td><td>DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> </tbody> </table> 진동시험 (Vertical) <table border="1"> <thead> <tr> <th>대상</th><th>체크 항목</th><th>시험전</th><th>시험후</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">WPDPM3(전원부) 체크항목</td><td>MAIN POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>BACKUP POWER GOOD 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="5">DCU 체크항목</td><td>MODE 'NORMAL' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'FAIL' 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td rowspan="4">모터 구동부 체크 항목</td><td>DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> <tr> <td>DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)</td><td>ok</td><td>ok</td></tr> </tbody> </table>	대상	체크 항목	시험전	시험후	WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok	모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok	대상	체크 항목	시험전	시험후	WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok	모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok	대상	체크 항목	시험전	시험후	WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok	DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok	모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok
대상	체크 항목	시험전	시험후																																																																																																																							
WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok																																																																																																																							
모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
대상	체크 항목	시험전	시험후																																																																																																																							
WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok																																																																																																																							
모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
대상	체크 항목	시험전	시험후																																																																																																																							
WPDPM3(전원부) 체크항목	MAIN POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	BACKUP POWER GOOD 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
DCU 체크항목	MODE 'NORMAL' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'RUN' 'EED C&L' 램프 점등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'MSD C&L' 램프 소등(DOOR 이동 중) 및 점등(DOOR 이동 후)	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'FAIL' 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	STATUS 'CAN A' 'CAN B' 램프 점멸	ok	ok																																																																																																																							
모터 구동부 체크 항목	DOOR 오른쪽으로 이동(closing) 및 DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 오른쪽으로 이동 후(closed) DOI 램프 소등	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동(opening) 및 DOI 램프 점멸(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							
	DOOR 왼쪽으로 이동 후 (opened) DOI 램프 점등(GREEN)	ok	ok																																																																																																																							

사) 시험성적서

성능 시험 (작동시간 측정시험,
작동력 시험, 수동 개폐력
시험)

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-1747-KR00
접수번호 : TON-R19-0464
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 07월 24일
시험규격/방법 : (시험장 제시 규격)
시험결과 : Page 11 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 07. 30.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

성능 시험 (내구 시험)

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-1164-KR00
접수번호 : TON-R19-0464
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM (구동부, 방화기능)
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 12월 19일 ~ 2019년 09월 19일
시험규격/방법 : (시험장 제시 규격)
시험결과 : Page 7 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 09. 21.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

전원 변동 시험

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-0762-KR00
접수번호 : TON-R19-0885
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울특별시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM (구동부)
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 03월 20일
시험규격/방법 : (시험장 제시 규격)
시험결과 : Page 8 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 03. 26.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

온도 시험 & 절연저항 및
내전압 시험 - 종합제어반

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-0566-KR00
접수번호 : TON-R19-0245
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM (종합제어반)
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 01월 31일 ~ 2019년 02월 21일
시험규격/방법 : IEC 60068-2-1:2007 Environmental testing Part 2-1: Tests - Test A: Cold
IEC 60068-2-2:2007 Environmental testing Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat
IEC 60068-2-30:2005 Environmental testing Part 2-30: Tests - Test D: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)
시험결과 : Page 22 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 03. 07.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

온도 시험 & 절연저항 및
내전압 시험 - 구동부

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-0561-KR00
접수번호 : TON-R19-0245
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM (구동부)
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 01월 31일 ~ 2019년 02월 19일
시험규격/방법 : IEC 60068-2-1:2007 Environmental testing Part 2-1: Tests - Test A: Cold
IEC 60068-2-2:2007 Environmental testing Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat
IEC 60068-2-30:2005 Environmental testing Part 2-30: Tests - Test D: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)
시험결과 : Page 22 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 03. 07.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

전기자기 적합성(EMC) 시험 -
종합제어반

시험 성적서

발행번호 : KCR17-R190126-0A
접수번호 : WOODTECHNOLOGY INC.
시험기관 : 4F, Woon Technology Bldg, EMC World Cup Bldg 8th Fl, Minsong-dong, Seoul
회사주소 : 서울특별시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019. 01. 03 ~ 2019. 01. 11
시험규격/방법 : AC 220 V 40 Hz
시험결과 : IEC 62264-2:2018
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 01. 22.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

전기자기 적합성(EMC) 시험 -
구동부

시험 성적서

발행번호 : KCR17-R190126-0A
접수번호 : WOODTECHNOLOGY INC.
시험기관 : 4F, Woon Technology Bldg, EMC World Cup Bldg 8th Fl, Minsong-dong, Seoul
회사주소 : 서울특별시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019. 01. 03 ~ 2019. 01. 11
시험규격/방법 : AC 220 V 40 Hz
시험결과 : IEC 62264-2:2018
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

2019. 01. 22.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

진동 및 충격 시험 - 구동부

SGS 시험 성적서

발행번호 : SGS-R19-0546-KR00
접수번호 : TON-R19-0246
시험기관 : (주)우진기술
회사주소 : 서울특별시 마포구 상암동 1593, 우진기술빌딩 4층
제품명 : PSD SYSTEM (구동부)
모델명 : WPMCU-030A
시험일자 : 2019년 04월 04일
시험규격/방법 : IEC 60068-2-64:2008 Environmental testing - Part 2-64: Tests - Test F: Vibration, broadband random and guidance
IEC 60068-2-27:2008 Environmental testing - Part 2-27: Tests - Test E: Shock
시험결과 : Page 7, Page 13 참조
첨도 : 품질 관리팀

본 보고서의 모든 내용은 시험대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

확인
작성 : 최정호
검정 : 최정호
기술책임자 : 최정호

본 보고서의 시험 결과는 시험 대상품의 실제 제품명, 시험장, 제품, 및 기타 사항을 포함합니다.

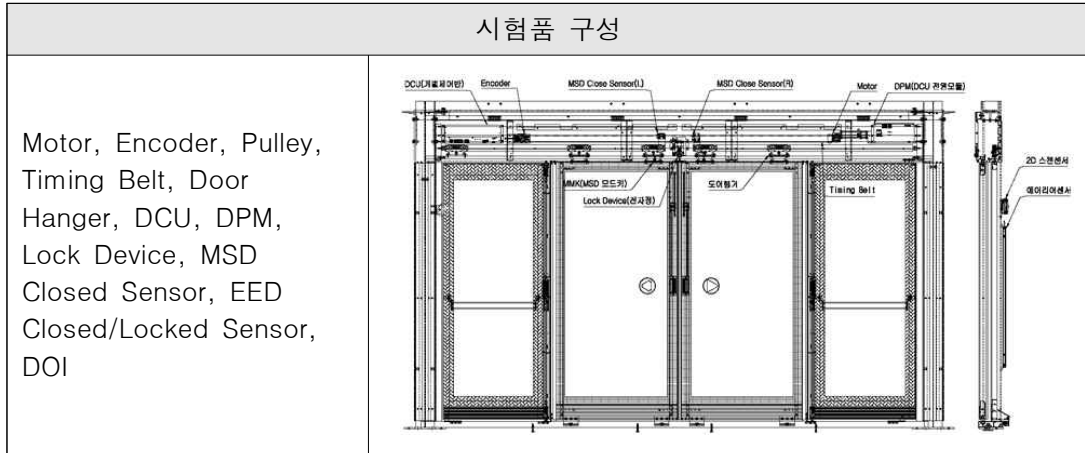
2019. 04. 16.

한국에스지이(주) 동탄시험소장

다. 공장 시험

가) 구동부 공장 검사

- PSD 벨트 타입 구동부가 요구사항 및 제작도면에 맞게 제작되었음을 확인 함
- 대구도시철도공사 감독 및 한국교통연구원 입회하에, (주)우리기술의 시험 자격 인정자가 시험 수행 함



(가) 양산품 검사

- ✓ KRS SG 0068-17(R) 규격에서 요구한 겉모양 검사 및 치수 검사를 실시하여 설계 도면에 따라 제작되었음을 확인 함

(나) 기능 검사

- ✓ 전원 인가 시험, MSD 동작 확인 및 장애물 감지 확인을 수행하여 구동부가 기본 기능을 정상 수행함을 확인 함

(다) 시험 결과

시험 결과 (전체 시험 중 일부만 예시 함)

양산품 검사 (DCU)

구분	검사항목	판정기준	검사결과	비고	
DCU	치수검사	'A'	460 ± 5 [mm]	460.0 [mm] Pass	출자
		'B'	500 ± 5 [mm]	500.0 [mm] Pass	
		'C'	150 ± 4 [mm]	150.0 [mm] Pass	
		'D'	140 ± 4 [mm]	140.0 [mm] Pass	
외관검사	총, 균열 또는 훼손 등의 결함		Pass	육안검사	

- 검사결과 판에는 적합할 시 "PASS", 부적합할 시 "FAIL" 로 명기한다.

	시공사	감독관	입회자
성명 / 서명	주관사 / 1차	이정민 / 2차	신정호 / 3차
소속	㈜우리기술	대구도시철도공사	한국교통연구원
일자	2018/12/19	2018/12/19	2018/12/19

기능 검사 (MSD 동작 확인)

검사항목	판정기준	검사결과	비고
초기상태	MSD C&L 램프 "점등" "EED C&L" 램프 "점등" "MANUAL" 램프 "점등" [FAULT] 램프 "소등"	N/A	
DCU 수동모드로 MSD 열림 동작	MSD 열림 동작	정상 □ 비정상 Pass	육안검사
	개폐표시등 동작 중 "점멸" 열림 완료시 "점등"	정상 □ 비정상 Pass	
	DCU "MSD C&L" 램프 "소등"	정상 □ 점등 Pass	
DCU 수동모드로 MSD 닫힘 동작	MSD 닫힘 동작	정상 □ 비정상 Pass	육안검사
	개폐표시등 동작 중 "점멸" 닫힘 완료시 "소등"	정상 □ 비정상 Pass	
	DCU "MSD C&L" 램프 "점등"	정상 □ 소등 Pass	

- 검사결과 판에는 적합할 시 "PASS", 부적합할 시 "FAIL" 로 명기한다.

	시공사	감독관	입회자
성명 / 서명	주관사 / 1차	이정민 / 2차	신정호 / 3차
소속	㈜우리기술	대구도시철도공사	한국교통연구원
일자	2018/12/19	2018/12/19	2018/12/19

나) PSD 시스템 공장 검사

- PSD 시스템을 구성하는 각 서브시스템이 요구사항 및 제작도면에 맞게 제작되었음을 확인 함
- 대구도시철도공사 감독 및 한국교통연구원 입회하에, (주)우리기술의 시험 자격 인정자가 시험 수행 함

시험품 구성			
종합제어반		종합제어반 (주제어반)	
종합제어반 (MMS PC)		종합제어반 (조작반)	
역무실제어반		역무실제어반 (MMS PC)	
역무실제어반 (선로출입문 경보 제어반)		역무실제어반 (역무실조작반)	
승강장조작반		기관사조작반	
기관사안내장치		기관사안내장치 (컨트롤러)	

(가) 양산품 검사

- ✓ KRS SG 0068-17(R) 규격에서 요구한 겉모양 검사 및 치수 검사를 실시하여 설계 도면에 따라 제작되었음을 확인 함

(나) 기능 검사

- ✓ 전원 인가 시험 및 PSD 시스템 구성 시 MSD 동작 확인을 수행하여 PSD 시스템을 구성하는 각 항목들이 정상 동작을 수행함을 확인 함

(다) 시험 결과

[illegible]

나) 설치 검측

설치 검측 결과 예시																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
상부천공깊이 검측 - 검사표	[다사역] 수직발 현상시공 검사표 ○ 검사일 : 2018. 11. 30 검 사 자 : 윤아 중대 과 시공자 : 천성호 (현장) ○ 현상위치 : 축제, 상부, 하부 <table><tr><th>현상</th><th>위치</th><th>1번</th><th>2번</th><th>3번</th><th>4번</th><th>특기 사항 (방향, 내용, 설명 등)</th></tr><tr><td rowspan="32">상부</td><td>1-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>1-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>1-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>1-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>1-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>2-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>2-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>2-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>2-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>2-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>3-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>3-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>3-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>3-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>3-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>4-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>4-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>4-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>4-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>4-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>5-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>5-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>5-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>5-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>5-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>6-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>6-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>6-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>6-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>6-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>7-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>7-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>7-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>7-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>7-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>8-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>8-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>8-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>8-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>8-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>9-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>9-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>9-3</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>9-4</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>9-5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>10-1</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>10-2</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr></table>	현상	위치	1번	2번	3번	4번	특기 사항 (방향, 내용, 설명 등)	상부	1-1	○	○	○	○		1-2	○	○	○	○		1-3	○	○	○	○		1-4	○	○	○	○		1-5	○	○	○	○		2-1	○	○	○	○		2-2	○	○	○	○		2-3	○	○	○	○		2-4	○	○	○	○		2-5	○	○	○	○		3-1	○	○	○	○		3-2	○	○	○	○		3-3	○	○	○	○		3-4	○	○	○	○		3-5	○	○	○	○		4-1	○	○	○	○		4-2	○	○	○	○		4-3	○	○	○	○		4-4	○	○	○	○		4-5	○	○	○	○		5-1	○	○	○	○		5-2	○	○	○	○		5-3	○	○	○	○		5-4	○	○	○	○		5-5	○	○	○	○		6-1	○	○	○	○		6-2	○	○	○	○		6-3	○	○	○	○		6-4	○	○	○	○		6-5	○	○	○	○		7-1	○	○	○	○		7-2	○	○	○	○		7-3	○	○	○	○		7-4	○	○	○	○		7-5	○	○	○	○		8-1	○	○	○	○		8-2	○	○	○	○		8-3	○	○	○	○		8-4	○	○	○	○		8-5	○	○	○	○		9-1	○	○	○	○		9-2	○	○	○	○		9-3	○	○	○	○		9-4	○	○	○	○		9-5	○	○	○	○		10-1	○	○	○	○		10-2	○	○	○	○		상부천공깊이 검측 -검수사진	 상부 양기 천공 깊이 검수 상부 양기 천공 깊이 검수
	현상	위치	1번	2번	3번	4번	특기 사항 (방향, 내용, 설명 등)																																																																																																																																																																																																																																																																																														
상부	1-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	3-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	3-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	3-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	3-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	3-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	4-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	4-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	4-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	4-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	4-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	5-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	5-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	5-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	5-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	5-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	6-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	6-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	6-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	6-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	6-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	7-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	7-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9-3	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9-4	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9-5	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10-1	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10-2	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
양카시공 검측- 검수사진	 양기 시공 검수 양기 시공 검수	양카 인발테스트 보고서	인발 테스트 보고서 TEST 요청회사 : 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) TEST 번호 : 2018-12-04 TEST 일자 : 2018-12-04 TEST 장소 : 동원건설 (주) TEST 인원 : 동원건설 (주) TEST 장비 : 동원건설 (주) <table><tr><th>순</th><th>시험명</th><th>시험결과</th><th>시험일자</th><th>시험인원</th><th>시험장소</th><th>시험장비</th><th>시험결과</th><th>비고</th></tr><tr><td>1</td><td>HIT200 + HIT-C W10</td><td>125</td><td>47.1</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>HIT200 + HIT-C W10</td><td>125</td><td>47.1</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>HIT200 + HIT-C W10</td><td>125</td><td>47.1</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>HIT200 + HIT-C W10</td><td>125</td><td>47.1</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td>49.0</td><td></td></tr></table> • 테스트 요약 : 동원건설 • 참고내용 : - 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) - HIT200 + HIT-C W10 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) - HIT200 + HIT-C W10 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) - HIT200 + HIT-C W10 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) - HIT200 + HIT-C W10 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) TEST 보고서 작성자 : 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주) 동원건설 (주)	순	시험명	시험결과	시험일자	시험인원	시험장소	시험장비	시험결과	비고	1	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0		2	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0		3	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0		4	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0																																																																																																																																																																																																																																																						
순	시험명	시험결과	시험일자	시험인원	시험장소	시험장비	시험결과	비고																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	HIT200 + HIT-C W10	125	47.1	49.0	49.0	49.0	49.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														

마. 승인 시험

가) 시운전

- 대구도시철도공사 다사역에 PSD 설치완료 후, 시운전을 실시하여 승강장안전문 운전의 안정성을 확보 함
- 시운전은 조정작업, 동작시험, 연동시험, 종합시험, 성능시험의 5단계로 진행 하였으며 대구도시철도공사의 확인을 받아 진행 함

시험 종류	내용
조정작업	• PSD 설치 완료후 아래와 같은 센서 및 장치들이 정상 동작 하도록 위치, 방향등에 대한 조정 작업을 실시 함 - 정위치검지센서 조정, 가동도어 잠김/단힘 센서 조정, 개별제어반 ID 설정 및 인터폰 설정, 모터 과부하장치 및 장애물 센서 조정, UPS 시험, 각 조작반/기관사안내장치/지상RF 장치 위치 조정, 비상문 잠김/단힘 센서 조정, 제어회로 및 구조체 절연저항 및 접지 저항 측정, 각종 계측자료 측정 및 조정
동작시험	• 개별 서브시스템에 대한 동작시험을 실시하고, 각 도어별로 다음과 같은 성능을 만족함을 확인 함 - 수동 개폐 시험: 개별제어반 열림/단힘 버튼을 누를 때 가동도어가 열림/단힘 동작을 확인 함 - 개폐 속도 시험: 가동도어 열림/단힘 시간이 약 3.1초(열림)/3.8초(단힘)로, 설정값(2.5~4.5초)이내로 동작함을 확인 함

	- 개폐 가감속 시험: 가동도어 열림/단힘 시 가속, 등속 감속을 하면서 부드럽게 열림/단힘 동작 수행함을 확인 함 - 잠금장치 작동 시험: 가동도어 단힘 상태에서 인위적으로 가동도어가 열리지 않음을 확인 함 - 각종 안전장치에 대한 재 개폐 시험: 가동문 단힘 시 장애물을 검지시켜(에어리어 센서), 가동도어가 재 개폐됨을 확인 함 - 각종 안전장치에 대한 재 개폐 시험: 가동문 단힘 시 장애물을 검지시켜(레이저 스캔센서), 가동도어가 재 개폐됨을 확인 함 - 각종 안전장치에 대한 재 개폐 시험: 가동문 단힘 시 도어사이 끼임을 발생시켜, 가동도어가 재 개폐됨을 확인 함 - 비상도어 개폐 시험: 비상도어 열림/단힘 시 동작 상태와 음석 및 개폐표시등이 정상 동작함을 확인 함 - 승강장안전문 비상 열림장치 동작 시험(선로측): 선로측 비상 열림장치 동작 시 수동으로 가동문이 열림을 확인 함 - 마스터키(승강장측): 마스터키를 사용하여 수동으로 가동문이 열림을 확인 함 - 선로출입문 재 개폐 시험: 키드리더기에 출입증으로 EM lock이 해지되고, 일정 시간 후 EM lock이 잠기는지 확인 함 - 작용력 시험: 가동문단힘 시 단힘력이 400N 이하에서 재 개폐됨을 확인 함
연동시험	• PSD 서브시스템을 연동하여 다음과 같은 성능을 만족함을 확인 함 - 종합제어반 수동 개폐동작 및 장애 발생 시험: 열림/단힘 버튼 누림 시, 열림확인/단힘 확인 램프가 점등되고 전체 승강장안전문이 열림/단힘을 확인 함. 또한 임의의 장애 발생 시 장애램프가 점등됨을 확인 함 - 승무원조작반 수동 개폐동작 및 장애 발생 시험: 열림/단힘 버튼 누림 시, 열림 확인/단힘 확인 램프가 점등되고 전체 승강장안전문이 열림/단힘을 확인 함. 또한 임의의 장애 발생 시 장애램프가 점등됨을 확인 함 - 승강장조작반 수동 개폐동작 및 장애 발생 시험: 열림/단힘 버튼 누림 시, 열림 확인/단힘 확인 램프가 점등되고 전체 승강장안전문이 열림/단힘을 확인 함. 또한 임의의 장애 발생 시 장애램프가 점등됨을 확인 함 - 역무실조작반 수동 개폐동작 및 장애 발생 시험: 열림/단힘 버튼 누림 시, 열림 확인/단힘 확인 램프가 점등되고 전체 승강장안전문이 열림/단힘을 확인 함. 또한 임의의 장애 발생 시 장애램프가 점등됨을 확인 함 - 개별제어반 수동 개폐동작 및 헤더박스 모든 스위치조작에 의한 종합제어반 현시 시험: 개별제어반에서 열림/단힘 조작 시, 개별 가동문이 열림/단힘을 수행하고 종합제어반에서 모니터링 됨을 확인 함. 또한 헤더박스 수동/자동 모드 조작 시, 종합제어반에서 모니터링 됨을 확인 함 - UPS 저전압 및 Battery 절체시험: UPS 저전압 발생 시, 종합제어반에 저전압 발생 램프, 경보, 로그데이터 모니터링을 확인 함. 또한 UPS battery 절체 시 종합제어반에 주전원 이상 발생 램프, 경보, 로그데이터 모니터링을 확인 함
종합시험	• 현차시험 - 전동차 (임시열차 운행) 연동시험을 실시하여 PSD 시스템 운전의 안정성을 확인함 · ATO 연동 시험: 자동모드에서 ATO와 연동하여 열림/단힘이 수행

	됨을 확인 함 · 기관사안내장치(HMI) 표시시험: 전동차 정위치 상태 및 승강장안전문 상태가 기관사안내장치(HMI)에 적합하게 표시됨을 확인 함 · 인터록 연동시험: PSD 닫힘 완료 상태 해제 시 인터록(비상제동)이 동작함을 확인 함. 또한 PSD 닫힘 완료 상태가 아닌 경우 전동차가 발차하지 못함을 확인함. 또한 PSD 닫힘 완료 상태가 아닌 경우 조작반의 인터록해제 버튼 취급 시 전동차가 발차함을 확인 함 • 종합시험 - PSD 시스템에 대한 동작시험을 실시하고, 아래와 같은 종합적인 성능을 만족함을 확인 함 · 열림/닫힘 연동 시험(자동모드, 현차시험 시): 현차시험 시, ATO 연동에 따른 열림/닫힘이 수행됨을 확인 함 · 열림/닫힘 연동 시험(수동모드): 각 조작반의 열림/닫힘 버튼 조작 시 전체 승강장안전문이 열림/닫힘을 수행함을 확인 함 · 도어 열림 유지 시험: 가동문 열림 완료 시, 가동문을 손으로 닫으려 해도 열림 상태를 유지함을 확인 함 · 도어 이상 시험: 장애물 검지 시, 가동문이 재 열림/닫힘 동작을 수행하고, 설정횟수 초과 시 가동문이 동작을 멈춤을 확인 함 · RF장치 연동 시험(현차시험 시): 자동모드에서 지상 RF장치와 연동하여 열림/닫힘이 수행됨을 확인 함 · 정위치 정차 검지 시험(현차시험 시): 전동차가 정위치 정차 시, 기관사안내장치(HMI)에 양호가 표시되고, 종합제어반의 정위치 램프가 동작함을 확인 함 · 기관사안내장치(HMI) 표시시험(현차시험 시): 승강장안전문 동작에 맞게 기관사안내장치(HMI)에 표시됨을 확인 함 · 시스템 기동 및 shut down 시험: 시스템 종료 및 재기동이 정상적으로 이루어짐을 확인 함																						
성능시험	• 종합시험 완료 후 정상적인 조건에서, 역사 및 열차 등 모든 설비와의 인터페이스 기능을 확인하여 종합적인 열차 운행 기능에 이상이 없음을 확인 함 • 시운전을 수행하여 다음과 같은 항목에 대해 성능을 보증 함 <table><tr><th>번호</th><th>항목</th><th>보증</th></tr><tr><td>1</td><td>PSD 개폐율 시험</td><td>전동차 운행횟수 대비 100%를 보증 함</td></tr><tr><td>2</td><td>비상도어 개폐 시험</td><td>비상도어 열림/닫힘 100%를 보증 함</td></tr><tr><td>3</td><td>조작반 수동 작동 시험</td><td>각 조작반(기관사, 승강장, 종합제어반, 역무실)의 수동 열림/닫힘을 100% 보증 함</td></tr><tr><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">장애물 검지 시험</td><td>닫힘 중에 100mm 이상 장애물 검지 100%를 보증 함 (에어리어센서, 레이저 스캔 센서)</td></tr><tr><td>닫힘 중에 최소사이즈 장애물(두께 5mm이상) 끼임 검지를 100% 보증 함</td></tr><tr><td>5</td><td>정위치정차 정도 시험</td><td>정위치정차 인지를 기준치 이내로 보증 함</td></tr><tr><td>6</td><td>지상RF장치 신뢰성 시험</td><td>전동차 정차시의 RF통신 접속 및 전동차 출입문 개폐시 승강장안전문 열림/닫힘 99.9%를 보증 함</td></tr></table>	번호	항목	보증	1	PSD 개폐율 시험	전동차 운행횟수 대비 100%를 보증 함	2	비상도어 개폐 시험	비상도어 열림/닫힘 100%를 보증 함	3	조작반 수동 작동 시험	각 조작반(기관사, 승강장, 종합제어반, 역무실)의 수동 열림/닫힘을 100% 보증 함	4	장애물 검지 시험	닫힘 중에 100mm 이상 장애물 검지 100%를 보증 함 (에어리어센서, 레이저 스캔 센서)	닫힘 중에 최소사이즈 장애물(두께 5mm이상) 끼임 검지를 100% 보증 함	5	정위치정차 정도 시험	정위치정차 인지를 기준치 이내로 보증 함	6	지상RF장치 신뢰성 시험	전동차 정차시의 RF통신 접속 및 전동차 출입문 개폐시 승강장안전문 열림/닫힘 99.9%를 보증 함
번호	항목	보증																					
1	PSD 개폐율 시험	전동차 운행횟수 대비 100%를 보증 함																					
2	비상도어 개폐 시험	비상도어 열림/닫힘 100%를 보증 함																					
3	조작반 수동 작동 시험	각 조작반(기관사, 승강장, 종합제어반, 역무실)의 수동 열림/닫힘을 100% 보증 함																					
4	장애물 검지 시험	닫힘 중에 100mm 이상 장애물 검지 100%를 보증 함 (에어리어센서, 레이저 스캔 센서)																					
		닫힘 중에 최소사이즈 장애물(두께 5mm이상) 끼임 검지를 100% 보증 함																					
5	정위치정차 정도 시험	정위치정차 인지를 기준치 이내로 보증 함																					
6	지상RF장치 신뢰성 시험	전동차 정차시의 RF통신 접속 및 전동차 출입문 개폐시 승강장안전문 열림/닫힘 99.9%를 보증 함																					

[illegible]

- 82 -

- 안전성 요구사항이 추가로 구현된 소프트웨어를 적용하여, PSD 시스템의 안전 기 요구 사항을 검증함
- 대구도시철도공사 2호선 다사역에서 단독시험, 연동시험을 진행하여 PSD 시스템의 안전성을 입증 함
- 단독시험: 열차가 없는 상황에서 여러 신호를 가상으로 조작하여 PSD 시스템이 정상적인 기능 및 안전기능을 수행함을 확인 함
- 연동시험: 열차 운행과 연동하여, PSD 시스템이 정상적인 기능 및 안전기능을 수행함을 확인 함

(4) 개량화 스크린도어의 기능향상 시험

가. 열차 연동 방식 다중화(RF, ATO, 정위치 검지 방식 결합)

- 여러 센서의 조합을 통해 정위치를 검지 확인
- 열차 정위치를 감시하여 열차 정위치 정차 시에만 입력된 명령을 처리 확인
- 자동 모드 인 경우, ATO 입력 및 CAN_RF에 의해 가동문 열림 신호 및 닫힘 신호 활성화 확인
- CAN_RF를 통해 입력되는 전체 가동문 열림 명령/닫힘 명령상태를 검지 확인
- CAN_RF의 통신 데이터는 Checksum 으로 보호됨을 확인

나. 스크린도어와 열차 사이 장애물 검지 방식 이중화

- 장애물검지센서는 이중화 검지 방식 적용 확인
 - 가동문 열림 상태에서 가동문 닫힘 명령이 활성화되면 Area Sensor와 2D Sensor에 따른 장애물 검지를 시작
 - Area Sensor와 2D Sensor의 장애물 검지 결과를 LED로 출력

다. 스크린도어 끼임 검지 방식 이중화

- 모터 건전성 확인을 위해 별도의 외부 encoder를 사용하고, 모터 상태 정보와 상호 비교를 통해 모터의 위치 건전성을 확인
- 모터 내부 Encoder와 외부 Encoder의 Mismatch 발생 시, 안전 상태로 동작 확인

라. 오동작 방지를 위한 모든 기능 모듈에 자체 진단 기능 구현

- 주제어반은 주기적으로 self-diagnosis를 통해 CPU와 Peripheral에 대한 진단을 수행해야 하고 fault 가 검지 되면 안전 상태로 동작할 수 있도록 함을 확인
- 출력 모듈의 수량 및 고유 ID의 건전성을 확인하고, 이상 발생 시 안전 상태로 동작함을 확인
- 입력 채널에 대한 건전성 체크를 수행하며, 체크결과 fault 발생 시 안전상태로 동작함을 확인
- 출력 채널 건전성 진단을 수행하며, 안전 기능에 연관된 출력 채널의 Fault가 발생한 경우, 안전 상태로 동작함을 확인
- 주제어반은 이상 신호(주 파워 오류 , 입출력 진단 오류, 입출력 파워 오류)가 활성화되면, 안전 상태로 동작함을 확인
- 열차 진입 센서(TPC1_[3], TPC2_[3]), 열차 정위치 센서(TPC1_[0:2], TPC2_[0:2], TPC1_[4:6], TPC2_[4:6]), 열차 진출 센서(TPC1_[7], TPC2_[7])의 값이 일정 시간(1분)이상 TPC1_[x]와 TPC2_[x]가 서로 다른 경우에 센서 이상으로 판단함을 확인
- Peer 의 상태 값을 확인하고, 이상이 발생한 경우, 안전 상태로 동작함을 확인
- 보드의 온도를 체크하고, 80℃ 이상인 경우 안전 상태로 동작할 수 있도록 함을 확인
- 개별제어반은 주기적으로 self-diagnosis를 통해 CPU와 Peripheral에 대한 진단을 수행해야 하고 fault 가 검지 되면 안전 상태로 동작함을 확인
- 입력 채널 건전성 진단을 수행하고, 안전 기능에 연관된 입력 채널의 Fault가 발생한 경우, 안전 상태로 동작함을 확인

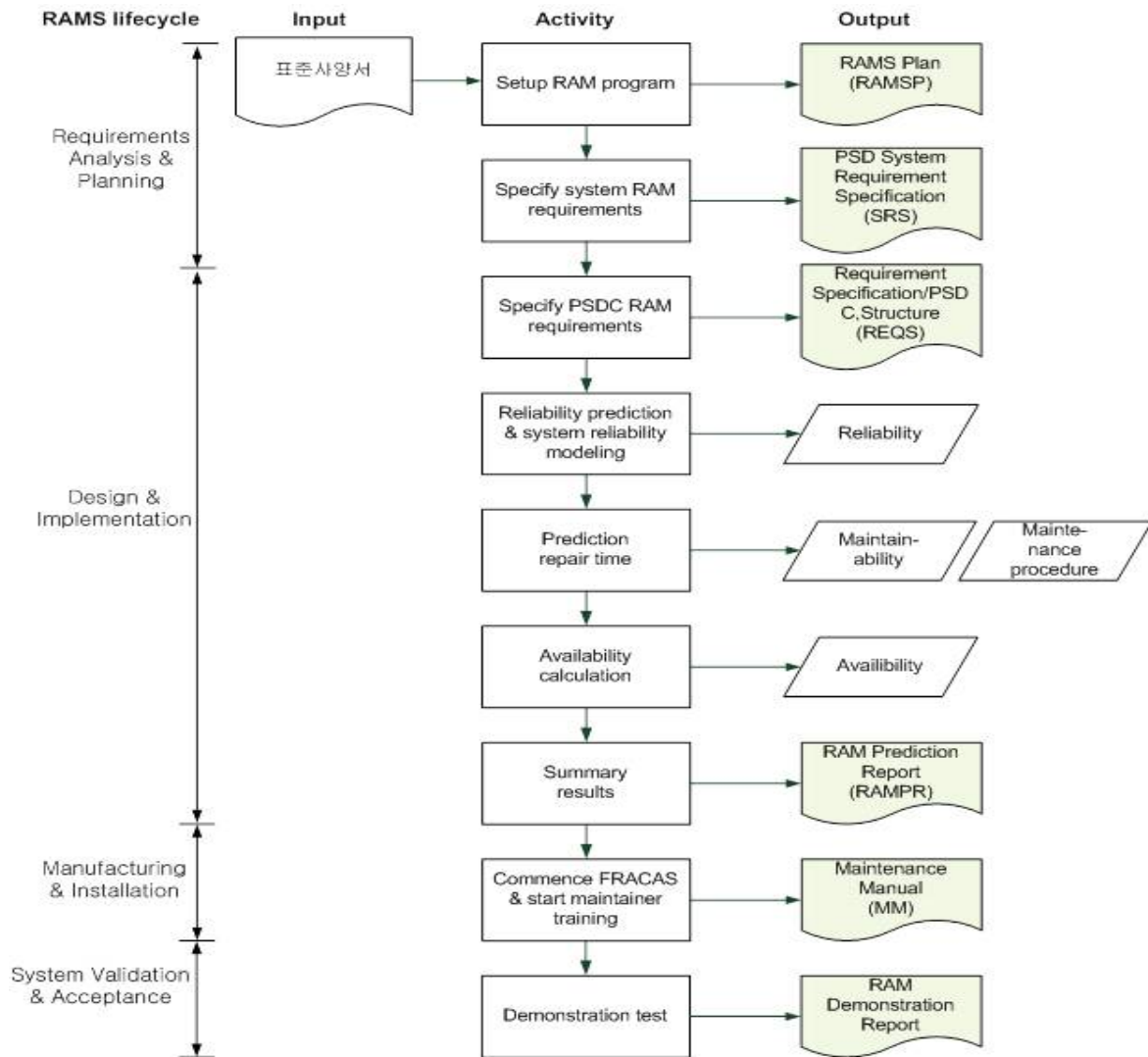
- Lock device 제어 신호와 출력 건전성 진단을 확인하여 이상 발생 시, 안전 상태로 동작함을 확인
 - 모터의 Over-speed 와 상태 이상을 감시하여, 모터의 이상 발생 시, 안전 상태로 동작함을 확인
 - 장애물 센서 신호에 대한 건전성 진단을 수행하고, 그 결과에 따라 해당 센서의 값을 처리함을 확인
 - 보드의 온도 이상이 검지 되면, 모니터링 포트에 온도 상태 이상을 전달함을 확인
 - 보드의 온도를 체크하고, 80℃ 이상인 경우 안전 상태로 동작함을 확인
 - 모니터링 포트의 이상 상태를 감시하여, 이상 발생 시 LED로 표시함을 확인
 - 모터의 이상이 발생하는 경우, MOTOR (LED)를 출력함을 확인
- 마. 종합제어반 이중화 및 제어신호선 실선 방식 이중화를 통한 안전 기능 향상
- ATO로부터 입력되는 제어 명령은 이중화된 인터페이스를 사용함을 확인
 - ATO로 출력되는 전체 도어 닫힘 상태는 이중화된 인터페이스를 사용함을 확인
 - RF장치로 출력되는 전체 도어 닫힘 상태는 이중화된 인터페이스를 사용함을 확인
 - 모드 키 센서는 2개의 개별적인 출력을 지원함을 확인
 - 정위치검지장치는 이중화 시스템으로 구성함을 확인
 - 개별제어반은 출입문 모드 스위치로부터 2개의 신호를 입력 받아 개별 가동문 모드를 결정함을 확인
 - 개별제어반은 이중화된 2개의 분리된 인터페이스를 갖도록 구성하고, 둘중 하나에서라도 열림/닫힘 명령이 활성화되는 경우 활성화된 명령으로 인식함을 확인
 - 전원장치의 AC/DC converter를 이중으로 구성함을 확인
 - 주제어반 출력은 '2 out of 2 system' 구조로 설계하고, 각 시스템은 각자 출력 건전성을 체크함을 확인
- 바. 도어 close 센서 이중화
- 전체 도어 닫힘 검지를 위한 safety loop를 이중화로 구성 확인
 - 전체 도어 닫힘 검지를 위한 safety loop를 closed safety loop와 locked safety loop로 분리하고, 두 개의 safety loop가 모두 닫힘 및 잠김 상태인 경우에만 전체 도어 닫힘 상태로 인식함을 확인
 - closed sensor는 2개의 개별적인 출력을 지원하여 safety loop 구성과 상태 감시용 출력이 분리됨을 확인
 - locked sensor는 2개의 개별적인 출력을 지원하여 safety loop 구성과 상태 감시용 출력이 분리됨을 확인
- 개량화 스크린도어의 기능향상 시험
- 첨부 - TR Test Report(Appendix B_Test case_result 포함), SWTR_SW Requirement Test Report

기능	TR Test Report의 해당 항목	SWRTR_SW Requirement Test Report의 해당 항목
열차 연동 방식 다중화(RF, ATO, 정위치 검지 방식 결합)	TC4	SW_MCU_02_TC05, SW_MCU_07_TC02, SW_MCU_07_TC03
스크린도어와 열차 사이 장애물 검지 방식 이중화	TC11	SW_DCU_03_TC01
스크린도어 끼임 검지 방식 이중화	TC10	SW_DCU_05_TC04, SW_DCU_07_TC04
오동작 방지를 위한 모든 기능 모듈에 자체 진단 기능 구현		SW_MCU_01_TC04, SW_MCU_06_TC01, SW_MCU_06_TC02, SW_MCU_06_TC03, SW_MCU_06_TC04, SW_MCU_06_TC05, SW_DCU_07_TC01, SW_DCU_07_TC02, SW_DCU_07_TC06, SW_DCU_07_TC07, SW_DCU_08_TC01, SW_DCU_07_TC04
종합제어반 이중화 및 제어신호선 실선 방식 이중화를 통한 안전 기능 향상	TC17	SW_MCU_04_TC01, SW_DCU_02_TC02
도어 close 센서 이중화, closed sensor는 별도의 전기적 제어가 요구되지 않고, 물리적으로 동작	TC5	SW_MCU_03_TC01, SW_MCU_03_TC02

12) 개량 스크린도어 운영자 평가

(1) RAM 평가

- RAM 계획, 예측 및 입증 프로세스



<그림 22> RAM 계획, 예측 및 입증 프로세스

가. RAM 목표 설정

지표	목표
신뢰성 (Reliability)	MCBF $\geq 10,000$ cycles (complete open and close movement) on system Failure: class 3 “Significant” and class 2 “Major”
가용성 (Availability)	Availability: $\geq 99.99\%$ Failure: class 3 “Significant” and class 2 “Major”
유지보수성 (Maintainability)	MTTR ≤ 0.5 hour It will be possible to lock and isolate the faulty door in less than five minutes. It will be possible to maintain or completely replace all LRU’s within three hours or less during non-traffic hours.

Class	Types of failures or incidents	Definitions
-------	--------------------------------	-------------

3	Significant	The failure leads to an incident that requires evacuation (for passengers train) and restoration of the operation will take a long time.
2	Major	The failure leads to a disturbance of the operation with a significant loss of missions degrading regularity and “offered service”.
1	Negligible	The failure has no immediate consequence on the pursuit of the missions but may lead to an intervention in corrective maintenance.

- 신뢰성 목표를 MTBF 30,000h(도어당)에서 MCBF 10,000cycles(시스템)으로 적용함. PSD 시스템은 24도어가 하나의 단위 시스템을 이루므로, MCBF 10,000cycles(시스템)로 MTBF 30,000h(도어당) 목표가 달성됨으로 인정함. RAM 분석범위를 명확히 하고 현장검증을 위한 시간 한계로 인해 도어당 MTBF 목표를 시스템당 MCBF 목표로 변환함.

나. RAM 예측

- PSD 시스템 및 PSD 시스템을 구성하는 각 서브시스템에 대한 RAM 분석을 수행
- RAM 요구 사항 및 분석에 따라 시스템 구조 설계에 반영
- 신뢰성
 - 모듈의 신뢰성은 개별 부품의 고장률에 근거하여 예측된다. 개별 부품 고장률은 제조사 자료 혹은 Telcordia SR-332의 Method-1 통해 계산된 자료를 사용한다. 시스템 신뢰성은 RBD (Reliability Block Diagram) 기법을 이용하며, 시스템 고장률과 열차 운행 정보를 기반으로 하여, 하나의 가동문에 대한 MCBF (Mean Cycle Between Failure)를 계산한다.
 - 모듈의 정의 및 구성은 첨부 “RAMDTP Appendix A_LBS”에서 정의하였으며 각 모듈의 고장율은 첨부 “FMECA(Failure Mode Effects and Criticality Analysis)”에서 분석되었다.
 - 전체 시스템을 모듈들을 연결관계로 모델링하여 분석된 신뢰성 데이터는 다음과 같다.

Item	Unit	Value
(Significant) failure rate of PSD (A)	/ hour	5.0148E-05
(Major) failure rate of PSD (B)	/ hour	9.2605E-05
(Significant + Major) Failure rate (C)	/ hour	1.4257E-04
(Significant + Major) MTTF (C1)	hour	7.0140E+03
Train per hour (D)	/ hour	7.8
Cycles per hour (E=D*24doors)	cycle / hour	7.8
MCBF (F=E/C)	cycle	54,812

- 유지보수성
 - 유지보수성 MTTR은 유지보수성의 특성을 정량적으로 표현하기 위한 지표로 MIL-HDBK-472 Procedure-5에 기반을 두어 고장 발생 시 고장 발견으로부터 재-동작까지 소요되는 시간에 따라 결정되며, PSD 시스템을 구성하는 LRU (Line Replaceable Unit) 레벨에서의 개별 하드웨어 모듈에 대한 MTTR을 통해 전체 PSDC 시스템의 MTTR을 계산한다.

ID	Part	Qty.	Failure rate (/h)	Maintainability
----	------	------	-------------------	-----------------

					prediction (h)	
			Significant	Major	Significant	Major
0	PSD System	1	5.0148E-05	9.2605E-05	0.6	0.6
1	종합제어반	1	2.0012E-06	1.3967E-08	2.0	0.5
2	역무실제어반	1	3.0844E-06	1.0166E-08	0.5	0.5
3	수동조작반	1	0.0000E+00	2.4251E-08	0.0	0.5
5	열차인터페이스반	1	0.0000E+00	6.4247E-11	0.0	0.5
6	전원반	1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0	0.0
7	구동장치	1	4.5062E-05	9.2547E-05	0.5	0.6
8	도어부	1	0.0000E+00	9.6000E-09	0.0	0.5
9	골조부	1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0	0.0

System	(Significant + Major) MTTR	(Significant + Major + Negligible) MTTR
PSD	0.58083 hour	0.33511 hour

- 가용성
 - 가용성은 주어진 시간 또는 주어진 시간 내에 시스템이 요구되는 기능을 올바르게 수행할 수 있는 상태에 있는지에 대한 확률로 정의하며 신뢰성 및 유지보수성을 이용하여 계산한다.

Item	Unit	Value
(Significant + Major) Failure rate (A)	/ hour	1.4257E-04
(Significant + Major) MTBF (B=1/A)	hour	7014
(Significant + Major) MTTR (C)	hour	0.58083
Availability (D=B/(B+C))	%	99.9917

- 설계된 PSD 의 계산 값이 RAM 목표 값을 만족함 (첨부 “RAM Prediction Report”)

다. RAM 입증

- PSD 시스템 설치 후, RAM 입증 시험을 수행하여 PSD 시스템이 정량적 RAM 요건을 모두 만족함을 확인 함
- 가용성
 - 기간: 69일 동안 정상적인 상업운전 중 Failure 없음
 - 기간설정 근거 : (목표 시스템 사이클 10,000회 / 하루 열차 정차 횟수 144회) = 69
 - 시험조건
- PSD 전체 System으로 테스트 진행한다.
- PSD와 연관된 전체 System이 연결 되어진 상태로 진행한다.
- Reliability Demonstration 시험은 운행 기간 동안 지속되어야 한다.
- 데이터 수집, 분류, 분석은 운행 기간 동안 이루어져야 한다.
- 환경 조건: 상온, 상습
 - Failure 감시
- Failure 상태는 종합제어반, 역무실제어반에서의 error log를 통해서 확인한다.
- 단, PSD System에 이상이 없는 경우는 예외이다.
- RAM Demonstration test 동안에 설계 변경이 필요한 경우 설계 변경 완료 전의 failure는 무시된다.
- Failure 발생 시 처리는 FRACAS 절차에 따라 수행한다.
- 유지보수성

- 방법: 실제 교체 시간을 측정하여 목표 값과 비교
- 가용성
- 방법: MTBF 와 MTTR 의 값을 통해 다음 수식에 의해 가용성 값을 계산함

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- PSD 시스템이 요구하는 신뢰성, 유지보수성 및 가용성 목표들을 달성하여 시스템이 신뢰성 있게 지연을 최소화하고 사고의 발생을 제거하거나 최소화하며 정해진 시간 내에 유지보수가 이루어짐을 입증 함
- 첨부 “RAM Demonstration Test Plan”, RAM Demonstration Test Report
- RAM 지표 달성을 위해 69일간의 시험을 진행하였으나, 2019년 3월부터 현재까지 상업 운전 진행 중으로, 고장 식별 및 처리는 신뢰성 시험과 동일 조건으로 진행되고 있다. 개선된 스크린도어의 신뢰성은 2년 이상의 시험 데이터로 신뢰성을 높이는 작업이 진행 중이다.

(2) 장기간 현장 운영 평가

가. 운영자 시험평가

가) 시험 및 시운전(대구도시철도 전자부-515, 2019.3.4)

(가) 개별 및 연동시험

① 단계별 시험평가

<표 14> 단계별 시험평가 결과

구 분	기 간	시험·시운전 내용	시험결과
조정 작업	3.5.~3.6. (2일)	가동문/비상문 조정 센서 조정 개별제어반 ID 설정	양호
동작 시험	3.7.~3.8. (2일)	가동문/비상문 개폐시험 장애물검지 기능시험 잠금장치 동작(끼임 검지)시험 각종 안전장치 기능시험	양호
연동 시험	3.11.~3.12. (2일)	제어분야 통신시험 제어반 연동 개폐(속도)시험 조작반 연동 개폐시험 제어반 설정기능 시험	양호
종합시험	3.15.~3.21. (7일)	비상도어/조작반 성능시험 ATO 연동시험 RF 연동시험 HMI 연동시험 열차방호시험 관제시스템 연동시험	양호

② 전동차 투입 연동시험

<표 15> 전동차 투입계획

단 계	일 자	편성수	시 험 내 용	비 고
종합시운전 (종합시험)	2019.03.17.	1편성	현차투입 연동시험(상선)	00:00 ~ 04:30
	2019.03.20.	1편성	현차투입 연동시험(하선)	"
성능보증시험 (영업시운전)	3.22 ~ 3.28. (시작일 별도지정)		영업열차 연동시험	영업시간

나) 영업시운전(대구도시철도 전자부-751, 2019.3.29)

① 영업시운전

- 시험기간 : 2019.4.3. ~ 4.9(7일간)
- 검증기관 : (주)우리기술, 한국교통연구원
- 단계별 투입인력

<표 16> 단계별 투입인력

구분	합계	1일차	2일차	3일차	4일차	5일차	6일차	7일차
대구도철	14명	2명	2명	2명	2명	2명	2명	2명
검 증 기 관	42명	6명	6명	6명	6명	6명	6명	6명

② 영업시운전 성능보증평가

<표 17> 영업시운전 성능보증평가

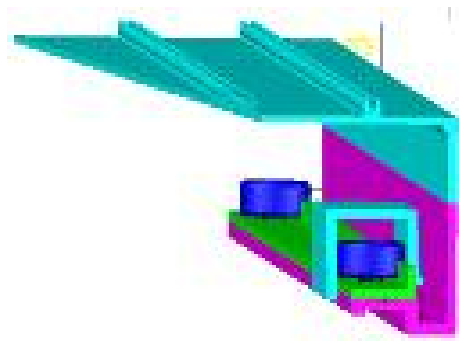
시 험 종 류	시 험 방 법	시험기준	결과
PSD 개폐율 시험 (Door Open/Close)	전동차 운행 횟수와 PSD 개폐 횟수 비교	100%	양호
비상도어 개폐시험	비상문 개폐 정상동작 및 종합제어반 Log 확인 테스트 횟수 : 10회	10회	10회
조작반 작동시험	조작반에 의한 수동 개폐시 PSD 개폐 연동 확인 테스트 횟수 : 10회	10회	10회
장애물 검지시험	에어리언 센서 닫힘 중 100mm이상 장애물 검지 모터 끼임 과부하 닫힘 중에 최소사이즈의 장애물(두께5mm이상) 검지 레이저스캔센서 닫힘 중 100mm이상 장애물 검지	100mm 검지 5mm검지	검지
정위치 정차시험	전동차 정차시의 기관사 안내장치 및 종합 제어반 모니터링 화면의 정위치 양호 현시 정위치 정차기준 : ±600mm	±600mm	양호
무선(RF)장치 신뢰성시험	전동차 정차 시 RF통신 접속 및 전동차 출입문 개폐시 PSD 개폐 확인	99.9%	99.9%
관제 프로그램시험	PSD 상태 현시 및 제어 동작 확인	상태현시 제어동작	양호

나. 노후화 개량 스크린도어 운영자 요구사항 만족도 평가

가) 노후화 승강장안전문(PSD) 개량화 기술에 대한 요구사항 연구(한국철도학회논문집 제21권 제5호, 2018년 6월)

(가) 운영자 요구사항

- ① 가동문이 전동보장구와 충돌 시 450J이상 충격에 견딜 수 있어야 한다.
 - 안전삼각대 가이드 브래킷 장착으로 가동문 밀림 방지



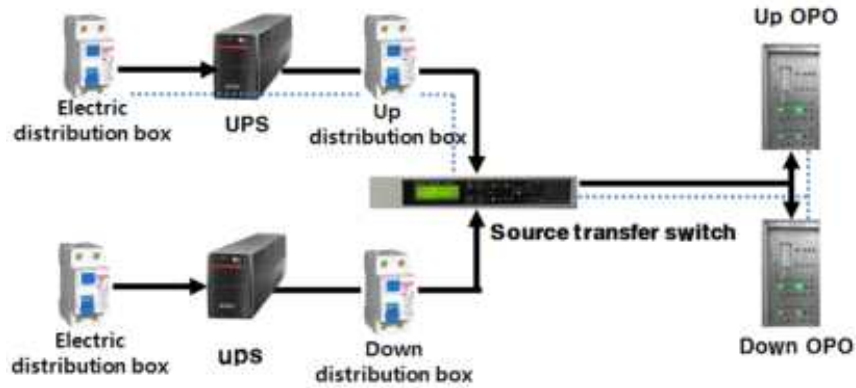
<그림 23> 안전삼각대 가이드 브래킷

- 안전삼각대 가이드 브래킷 장착 전후 충격시험
 - 시험역사 : 대구역(상선 7-2)
 - 시험내용 : 연질진자 90Kg, 높이 1520mm 타격시험(충격에너지 약 890J)
 - 시험결과
 -

<표 18> 안전삼각대 가이드 브래킷 장착 전·후 충격시험

구분	시험결과	소손부품	시험사진
브래킷 장착 전	가동문 이탈	1브래킷, 안전삼각대 힌 롤러 파손	
브래킷 장착 후	선로 측 5Cm 밀림	롤러파손, 안전삼각대 힌	

- ② 역무실조작반 전원 이중화 구성으로 어떤 상황에서도 제어 가능하여야 한다.
 - 역무실조작반 교류전원 이중화 분배 장치((Source Transfer Switch) 설치



<그림 24> 교류전원 이중화 분배장치 설치도

③ 장애물검지센서 이중화로 안전성 향상

- 2D센서와 에어리어 센서 이중화 시스템 적용
 - 장애물검지센서는 전동차와 승강장안전문 사이의 승객 또는 장애물이 끼는 것을 방지하기 위한 중요한 장치이며,
 - 기존 싱글적외선 센서에서 2D센서와 에어리어센서 이중화를 통한 전동차와 승강장안전문 사이 전체영역 감시로 안전성을 향상함



<그림 25> 개선 전·후 장애물검지센서

④ 안전성을 고려한 장애물검지센서 활성화 시점 최적화

- 최적화된 장애물 검지센서 활성화 시점적용
 - 시작시점 : 승강장안전문 열림
 - 종료시점 : 승강장안전문 닫힘 완료+5초 & 정위치이탈

<표 19> 기관별 장애물검지센서 활성화 시점

구분		시작 시점	종료시점
대구		PSD 열림	[PSD닫힘 완료+5초]&[정위치이탈]
서울	1-4Line	전동차 정위치	전동차 진출
	5-8Line	PSD 열림	PSD 닫힘 완료+5초
인천		PSD 열림	PSD 닫힘 완료+5초
대전		PSD 열림	PSD 닫힘 완료+10초
광주		PSD 열림	PSD 닫힘 완료+5초
부산		PSD 열림	[PSD닫힘 완료+5초]&[정위치이탈]

(나) 요구사항 만족도 평가

- ① 노후화 승강장안전문 개량 시 요구사항 4가지 모두 매우 만족함

<표 20> 요구사항 만족도 평가표

순번	요구사항	만족도 평가				
		매우 만족	만족	보통	불만	매우 불만
1	가동문 450J 타격 시 견딜 수 있어야 함	✓	④	③	②	①
2	역무실조작반 전원 이중화 구성	✓	④	③	②	①
3	장애물검지센서 이중화 시스템 구현	✓	④	③	②	
4	장애물검지센서 활성화 시점 최적화	✓	④	③	②	

다. 대구도시철도 노후화 역사 개선 구매 규격서

가) 일반사항

(가) 사업개요

- ① 사업명 : 대구도시철도공사 2호선 대실역 노후화 승강장안전문 개량사업
- ② 사업내용
 - 2호선 대실역 PSD 철거 및 제작·설치
 - 기존 설치 운영 중인 PSD 통합관제시스템과 인터페이스 포함
 - PSD 설치관련 승강장 기존 시설 개·보수 공사 및 부대공사 포함
 - 역사 현황

<표 21> 역사 현황

호선 (역사명)	승강장 수량 (트랙수)	승강장 형식	개별 도어수	비고
2호선 (대실역)	2	상대식	64	밀폐형 (상선/하선)

(나) 사업범위

① 개량공사

<표 22> 개량공사 범위

분류	업 무 내 용	비 고
철거 공사	PSD 본체 전면 철거(H-Beam 절단, 가공) PSD 고정문 및 비상문, 선로출입문 철거 PSD 승강장 제어부(구동부, 기타) 철거 PSD 승강장 제어부(기계실) 철거 PSD 승강장 제어부(역무실) 철거	
설치 공사	PSD 본체(도어, 구조물, 커버) PSD 구동장치 제작 설치 PSD 설치공사(수평, 수직, 기존 H-Beam 연결) PSD 본체 시스템과 연동(인터페이스) PSD 개별제어반 제작 및 설치 PSD 조작반 제작 및 설치 PSD 설치 관련 각종 케이블 설치 PSD 기존 관제시스템과 연동	

전원 공사	전원공급장치(UPS포함)	재활용
접지 공사	PSD 접지(기존선 시공분에 접속)	
부대 공사	전기, 기계, 건축, 통신(필요시) - CCTV, 공조설비, 조명설비 이설 - 벽체, 바닥마감 및 천정판 보수	

② 시험 및 검수

<표 23> 시험 및 검수

분류	시험내용	비고
연동	연동시스템 구축(ATO연동 포함) - 종합제어반 ~ 지상RF장치, ATO) - 지상RF장치 ~ 차상RF장치 기존 관제시스템과 연동 - 종합제어반 ~ 통합관제시스템 - 통합관제시스템 서버, 기타 선로출입문제어장치 구축 - 역무실제어반 ~ 선로출입문제어장치 - 출입통제시스템 ~ 선로출입문제어장치 - 전자잠금장치, 카드리더기 ~ 선로출입문제어장치	재활용 제외 재활용 재활용 재활용
시험 및 시운전	PSD 단독시운전 PSD 연동시운전 - 종합제어반 및 각종조작반, UPS, 역무실 PSD 종합시운전(전동차 시운전) PSD 성능시험	
검수	수량, 외관, 치수, 단계별 설치검사	
교육	유지보수자 교육 및 유지보수 매뉴얼 제출	

③ RAMS 및 하자보증

<표 24> RAMS 및 하자보증

분류	업무내용	비고
RAMS	PSD RAMS 계획 PSD 시스템 위험원 식별 및 분석 PSD 시스템 요건 및 구조 설계 PSD RAM 분석 및 예측 PSD 상세 위험원 분석 (서브시스템, 인터페이스, 운영/유지보수) PSD SIL 할당 및 입증 PSD 고장모드 및 영향 분석 PSD 소프트웨어 시험 (모듈, 통합, 소프트웨어/하드웨어 통합) PSD RAM 입증 시험 SIL 인증	
하자	SIL 인증 후 3년	

A/S	무상책임보증기간: 설치완료후 1년	
-----	--------------------	--

나) 기술사항

(가) 설계조건

- ① PSD시스템은 주변 환경을 고려하여 기본요구 기준을 만족하도록 설계, 제작, 설치되어야 하며 상세 설계 시 협의하여야 한다.
- ② 설치 역사 환경

<표 25> 설치역사 환경

호선	역명	승강장	트랙 수	승강장 형태	량수	승무원
2호선	대실역	상대식	2	직선	6량	1인

③ 열차제원

- 열차크기 1량 : 길이 17,500mm(연결기 포함 18,000mm), 폭(幅) : 2,750mm
- 열차 출입문 1량
 - 수량 : 편 4조(4조 x 2쪽= 편 8쪽)
 - 열림폭 : 1,300mm, 높이 : 1,860mm
- 열차 출입문 간격 : 4,130mm(출입문간 중심거리)

④ 구조체 설계기준

- 형식 및 설치방식

<표 26> 구조체 형식 및 설치방식

역사명	형태	설치형식	설치방식	비 고
다사역	지하	완전 밀폐형	양단 고정방식	

• 적용하중

- 순간풍속 : 지하 30m/s 이상, 내풍압 : 지하 992 N/m² 이상
- 수평분포하중 : 지하 992 N 이상, 피로하중 : 500 N/m², 50만회 이상
- 지진 : 0.2g(수평방향)

- 설계수명 : 30년(본체, 프레임)

⑤ PSD제어방식 : ATO+RF

(나) PSD시스템 구성

① PSD 1 UNIT 구성

<표 27> PSD 1 UNIT 구성

구 분	구성요소	비고
하부골조	하부 POST, PLATE, 강화유리(Unit간), 수평보, 중간기둥, 커버 등	모듈부
가동도어	새시, 강화유리 등	
비상도어	새시, 강화유리, 패닉바 등	
구동박스	구동장치지지대, 구동박스지지대, 구동장치, 덮개 등	
도어턱	FRAME, FLOOR, 절연타일(절연재), 안전삼각대 등	

② PSD시스템의 1개 역사 구성은 아래와 같으며, 설계시 협의하여야 한다.

<표 28> 1역 PSD시스템 구성

No	설비구성		단위	1 트랙	2트랙(1역)	비고
				8량	8량	
1	상/하부(모듈부) 골조		식	32	64	
2	구동박스		식	32	64	
3	승객출입문(가동도어)		식	64	128	좌, 우측 문 구분
4	기관사출입문		식	1	2	비상문 사용
5	선로출입문		식	2	4	제어장치 포함
6	비상문(비상도어)		식	64	128	좌, 우측 문 구분
7	갱웨이	비상문	식	7	14	열차 연결 부분
8	종합제어반	감시반(MMS)	대	1	2	
		조작반	대	1	2	
		주제어반	식	1	2	
		전원장치	대	1	2	
		통신장치	대	1	1	스위칭허브
9	기관사조작반		식	1	2	
10	승강장조작반		식	1	2	
11	역무실제어반	감시반(MMS)	대	1	1	
		조작반	대	1	1	
12	장애물검지센서		식	24	48	이중화, 비 승차 구간 제외
13	정위검지장치		식	1	2	
14	기관사안내장치(HMI)		식	1	2	
15	승강장분전반		식	1	2	
16	전원공급장치(축전지포함)		식	1	2	
17	구동장치		식	32	64	
18	개별제어반		대	24	48	비 승차 구간 제외 (열림/닫힘 감시)
19	END부		식	4	8	비상문, 선로출입문 포함
20	지상RF장치		식	1	2	선두부(재활용), 후미부(추가설치)

다) 특기사항

(가) RF장치

- ① 승강장안전문을 제어하기 위하여 기존 RF장치와 PSD 시스템이 연동하도록 구현해야 하며, 후미부에 설치되는 지상RF장치가 상호 연동되도록 구현하여야 한다.
- ② 승강장안전문을 제어하기 위하여 기존RF장치와 PSD 시스템이 연동하도록 구현해야 하며, 후미부에 설치되는 지상RF장치가 상호 연동되도록 구현하여야 한다.
- ③ ATO 및 RF로 전달되는 정보를 종합제어반로그에 표시되어야 하며, 통신장애 발생 시 종합제어반에 로그로 기록하여야 한다.

(나) 통합관제시스템 연동

- ① 통합관제시스템은 역사에 설치된 PSD시스템을 감시·조회하고 PSD 운영과 데이터의 수집·저장하며, PSD운영 및 유지관리를 위한 각종 자료·통계 관련 데이터를 제공하는 시스템이다.
- ② 통합관제시스템과 원활한 인터페이스에 문제가 발생할 경우 직접 해결해야 하며, 직접적인 인터페이스가 불가할 경우 별도의 서버를 구축하는 방안 등을 제시하여야 하며, 소요되는 모든 비용은 제작사가 책임지고 부담하여야 한다.

13) 개량 스크린도어의 3자 안전성 평가

(1) SIL 활동

가. 안전 계획

- SIL인증을 위해 IEC 62278, IEC 62279 및 IEC 62425 에 따른 시스템 안전 관리 활동들을 정의하고 계획 함
- 안전 계획은 독립안전성평가기관에 의해 평가 완료 됨
- PSD 시스템 개발 과정에서 안전 계획에 따라 안전관리활동을 수행 함

나. 안전성 활동

- 프로젝트 수명주기에 따라 몇 개의 단계로 나누어, 각 단계별로 특정 목적을 가지고 안전성 활동을 수행 함
- 각 단계별로 다음과 같은 주요 안전성 활동들을 수행 함
 - 개발 시스템 범위 내에 잠재된 모든 위험원을 도출
 - 도출된 위험원으로 발생하는 위험을 줄이기 위해 수행되는 안전 대책을 정의
 - 안전 대책이 실제 설계에 구현되었는지 확인
 - 알맞은 확인과 검증으로 모든 행위를 보증(assurance)
 - 모든 활동들은 관리되고, 최종적으로 안전 대책서(Safety Case)를 작성하여 PSD 시스템의 안전성을 입증 함
- 위험 평가와 위험원 관리/제어 프로세스는 안전 관리를 중요한 부분으로, 시스템의 잠재적 위험과 이로 인한 위험을 제거하거나 최소화 하는 것을 목표로 수행 함
-

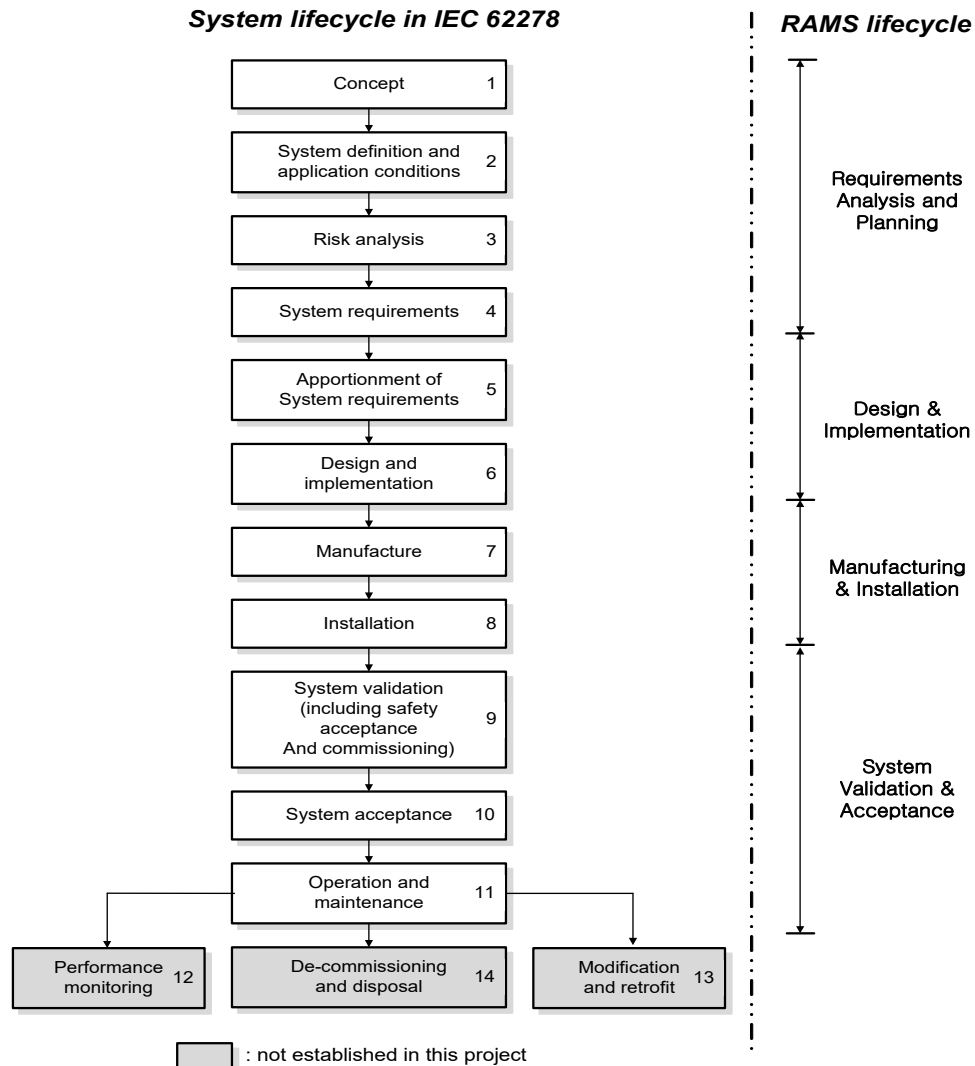
다. 수명주기

- 활동 수명주기는 IEC 62278에 규정된 시스템 수명주기를 기본으로 적용 함
- 수명주기 내에서 본 과제가 단계적으로 진행됨에 따라 PSD 시스템의 RAMS(RAM, Safety)를 계획, 관리, 제어 및 관찰하기 위한 활동들을 수행 함

라. RAMS 수명주기별 활동 수행

가) 요건 분석 및 계획 단계 (Requirements Analysis and Planning)

- 본 단계에서 아래와 같은 주요 활동 후 독립안전성평가기관을 통해 평가 완료 함
 - RAMS 활동 계획과 안전 프로세스를 위한 시스템의 기본 사양과 구조들을 정의 함
 - 프로젝트 수행 기간 동안 관리하여야 하는 형상항목 식별과 그 형상항목의 변경을 체계적으로 통제하여 형상항목의 무결성을 확보, 유지하기 위한 계획을 수립 함
 - 수명주기에 따라 시스템 확인 및 검증 목표를 달성하기 위한 계획을 수립 함
 - 시스템 수준에서 수행되는 초기위험원분석(PHA)을 수행하여, 정의된 PSD시스템에서 발생 가능한 잠재 위험원 식별과 위험도 평가를 통해 안전성 기능과 관련된 하부 구성요소를 정의하여 안전성 보증 활동의 대상 및 안전기능을 정의 함
 - PSD 시스템 요구사항을 식별하고 정의 함



<그림 26> RAMS 수명 주기

- PSD 시스템 요구사항 및 안전 요구사항을 검증하기 위한 시스템 시험을 계획 함
- 요건 분석 및 계획단계의 산출물이 요건과 계획에 충족하다는 것을 증거에 근거하여 확인(verify) 함

나) 설계 및 구현 단계 (Design & Implementation)

- 본 단계에서 아래와 같은 주요 활동 후 독립안전성평가기관을 통해 평가 완료 함
- 이전 단계에서 분석한 시스템 수준의 분석 결과를 활용하여 서브시스템 수준에서 위험원을 분석하고 경감 프로세스를 수행 함
- PSD 시스템을 연결하는 인터페이스 수준에서 내재된 위험을 분석하고 경감 프로세스를 수행 함
- PSD 시스템의 운영과 지원에 관계되는 위험원을 분석하고 경감 프로세스 수행 함
- 위험원 분석 및 경감 프로세스를 통해 안전 기능 요구사항, 안전 무결성 요구 사항 및 인터페이스 요구 사항을 도출 함
- 분석된 위험원 및 위험 경감 활동들을 기록 함
- 도출된 안전 요구사항을 적용하여 PSD 시스템을 설계하고 구현 함
- 시스템, 서브시스템 및 하드웨어 블록 단위의 위험 고장 확률 예측과 PSD시스템이 할당된 SIL에 부합하는 정량적인 목표치를 만족함을 입증 함. PSD시스템의 위험 고장 확률이 위험원의 THR 값보다 작게 되어 안전성 기준 만족을 증명 함

다) 생산 및 설치 단계 (Manufacturing & Installation)

- PSD 시스템을 제조한 후 공장시험을 통해 PSD 시스템 구성품 및 구동부의 외관상태 및 동작 상태를 확인 함
- PSD 시스템을 다사역에 설치한 후 시운전을 수행하여 성능을 만족함을 확인 함

라) 시스템 검증 및 수용 단계 (System Validation & Acceptance)

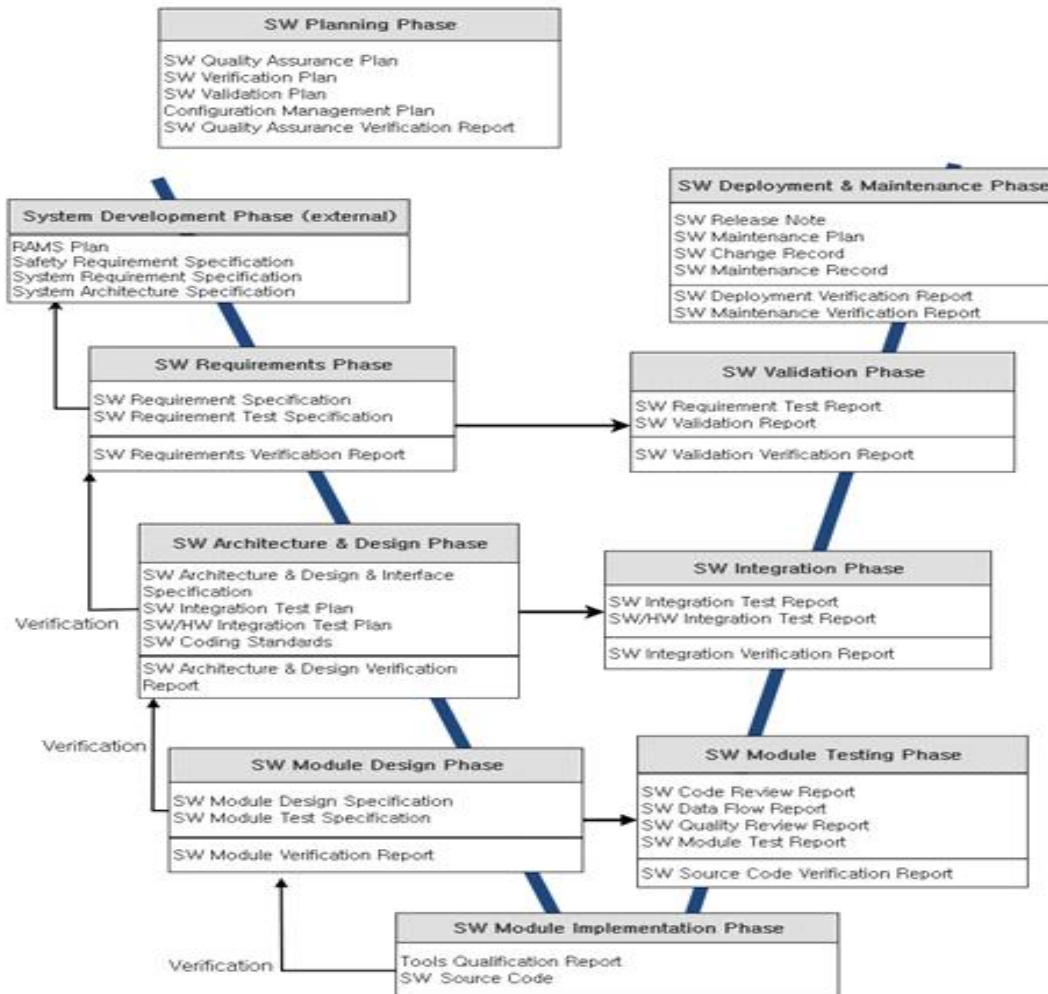
- PSD 시스템의 안전성은 시스템 통합 시험을 통해 안전 관련 기능이 올바르게 구현되었는지 검증

마) 수립된 안전 보장 활동 및 산출물

LIFE CYCLE PHASE		Safety-Specific Activities	Safety-Specific Outputs
요건 분석 및 계획 단계	Concept System definition and application conditions Risk analysis	• Review of Project Plan • Establish Safety Plan • Establish Verification & Validation (V&V) Plan • Analysis of Safety requirement • Perform Preliminary Hazard Analysis (PHA) • Set up Hazard Log • Perform risk assessment	• Safety Plan • V&V Plan • PHA (including Trace matrix for Safety Requirement and Hazard log) • Hazard Log
	System requirements Apportionment of system requirements	• Review the system design, assess safety integrity level of functions • Review safety related System Test procedures	• System Requirement Spec • System Requirement Trace Matrix
설계 및 구현 단계	Design and Implementation	• Provide linking of Hazard Log to safety requirements • Prepare Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) • Perform System Hazard and safety risk Analysis (SHA) Including SSHA & IHA • Create O&SHA • Review safety related System Validation Test Procedures • Prepare Safety Related Application Conditions (included as part of safety case)	• FMECA • SHA • O&SHA • FTA (Fault Tree Analysis) • Updated Hazard Log
생산 및 설치 단계	Manufacturing	• Review FAT result • Update Hazard Log, if necessary	• Updated Hazard Log, if necessary
	Installation	• Review Installation Inspection result • Update Hazard Log, if necessary	• Update Hazard Log, if necessary
시스템 검증 및 수용 단계	System validation (including safety acceptance)	• Safety Validation • Update Hazard Log with evidence of compliance • Prepare Specific Application Safety Case	• System Validation Report • Updated Hazard Log • Safety Case

마. Software 수명주기

- Software 수명주기는 IEC 62279에 규정된 주기를 기본으로 다음과 같이 적용 함



<그림 27> Software 수명주기

바. Software 수명주기별 활동 수행

가) Planning

- 수명주기 동안 software가 요구된 품질을 달성할 수 있도록 보장하는 모든 기술적 관리적 활동을 감시, 제어 및 식별 함
- 특정 개발단계의 출력물이 완전성(completeness), 정당성(correctness) 및 일관성(consistency) 측면에서 조건과 계획에 충족하다는 것을 증거에 근거하여 판단하기 위한 계획을 수립 함
- Software 개발 프로세스와 산출물이 요건을 만족하며, 의도된 적용에 적합하다는 것을 시험과 분석을 통해 입증하기 위한 절차와 활동을 계획 함

나) SW Requirements Phase

- PSD 시스템에 탑재되는 software 요구 사항을 정의하고, 개발에 필요한 요구사항을 식별 함

다) SW Architecture & Design Phase

- PSD 시스템에 탑재되는 software에 대한 구조, 설계 및 인터페이스를 설계 함
- 개발된 software 모듈간 상호작용이 의도된 기능을 올바르게 수행하는지 확인하기 위한 시험을 계획 함
- 개발된 software와 하드웨어의 상호 작용이 의도된 기능을 올바르게 수행하는지 확인하기 위한 시험을 계획 함

라) SW Module Design Phase

- Software 모듈 및 모듈간 인터페이스 동작을 구현하기 위한 모듈 및 모듈 인터페

이스 상세 구현

- 개발된 software 모듈을 시험하여, 구현된 모듈의 적합성을 보증
- 산출물이 완전성(completeness), 정당성(correctness) 및 일관성 (consistency) 측면에서 오류가 없다는 것을 증거에 근거하여 확인

마) SW Module Implementation and Testing Phase

- 소프트웨어 수명주기 동안 개발활동에 사용한 아래 소프트웨어 도구가 IEC 62279 표준에 따라 안전관련 소프트웨어 개발에 적합함을 검증함

No	Tools	Description	Version	Maker	Class
1	[CCS IDE]	Code Composer Studio IDE. Source code editor and code debugging (with XDS200)	v6.1.1	Texas Instruments	T1
2	[SVN]	Tortoise SVN. Configuration control program for source code	v1.9.5	Open Source	T1
3	[LDRA]	LDRA Tool Suite. Static and dynamic analysis, coverage measurement.	v9.5.7	LDRA	T2
4	[UniFlash]	Uniflash software for programming in flash memory of TI MCUs (with XDS200)	v6.1.0	Texas Instruments	T2
5	[XDS200]	USB to JTAG debug probe. Model number: TMDSEMU200-U	-	Texas Instruments	T2
6	[Tera Term]	Tera Term software. Terminal program for monitoring of serial communication	v4.85	Open Source	T2
7	[Ginkgo]	USB to CAN interface adapter. Model number: VTG203B	-	Viewtool	T2
8	[Classic]	USB to CAN interface classic software for monitoring of CAN communication	v2.9.2	Viewtool	T2
9	[ARMCGT]	TI ARM Cortex™ Compiler	v5.2.5	Texas Instruments	T3
10	[HalCoGen]	Hardware Abstraction Layer (HAL) code generator for Hercules MCUs of TI	v4.7.0	Texas Instruments	T3

- 소프트웨어 개발에 사용된 C언어에 대하여 MISRA-C:2004 코딩 규칙이 적용되었음을 입증 함
- LDRA Tool을 이용한 동적 분석 및 시험을 통해 설계사양 및 요구사양에 따라 소스코드가 올바르게 구현되었음을 검증 함
- 소프트웨어 중 SW COTS로 분류된 HALCoGenDriver, SafeTI Diagnostic Library 및 F021 Flash API Library가 사용에 적합하며, 소프트웨어 설계에 적절히 적용되었음을 검증 함
- LDRA Quality Metrics의 기준 총적 여부를 확인하여 개발되는 소프트웨어가 품질 목표를 만족함을 확인 함

바) SW Integration Phase

- 소프트웨어 모듈 간 상호 작용이 의도된 기능을 올바르게 수행함을 확인하여 소프트웨어의 적합성을 보증 함
- 소프트웨어와 하드웨어의 상호 작용이 의도된 기능을 올바르게 수행함을 확인하여 소프트웨어의 적합성을 보증 함

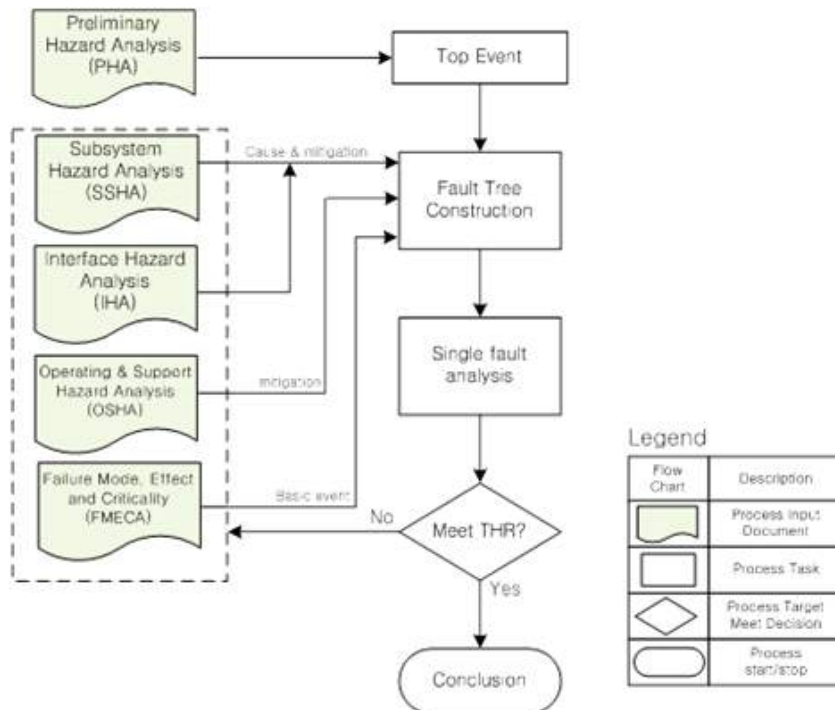
사) SW Requirements Testing/Final Validation Phase

- 소프트웨어가 요구사항의 정확한 수행 확인 후 소프트웨어의 적합성을 보증 함
- 각 단계별 프로세스와 산출물이 SW SIL3/4 이고, SW 요건이 만족되며, 의도된

어플리케이션에 대해 적합하다는 것을 검증 함

아) SW Development and Maintenance Phase

- 개발이 완료되어 고객 및 시스템 사용자에게 제품이 인도된 이 후, 소프트웨어 유지보수 활동과 역무를 정의 함
- 소프트웨어 릴리즈 노트, 소프트웨어 배포 승인원, 소프트웨어 설치 확인 check list를 사용하여 배포된 소프트웨어를 관리하며, 의도된 소프트웨어가 배포되었음을 증명 함



<그림 28> Fault Tree Analysis

사. 안전성 목표 증명

- 설계 내용이 안전성 목표를 만족함은 분석적 기법에 의해 증빙하였다.

가) FMECA(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)

- 각 컴포넌트(부품)마다의 고장률을 계산하고 그 컴포넌트가 고장 시에 발생하게 될 고장 Case를 생성
- 고장 Case 의 심각성(Criticality)을 평가하고, 이를 충분히 낮출 수 있는 위험 저감 대책 및 추가 설계 내용을 도출한다.

나) 서브시스템에 대한 안전성 목표

서브시스템	목표
주제어반	SIL4
개별제어반	SIL3
승강장조작반	SIL4
기관사조작반	SIL4
종합제어반조작반	SIL4
역무실조작반	SIL4

- 서브시스템 위험원 분석을 통해 서브시스템의 기능 오류로 발생하는 위험원에 THR을 할당하고, 서브시스템의 위험원 중 가장 낮은 THR이 SIL 기준표에 해당하는 등급에 따라 서브시스템의 SIL로 할당 함

- FTA(Fault Tree Analysis)를 수행하여 각 서브시스템의 안전 기능 결함 또는 오류로 발생 가능한 위험원의 고장 확률 중 가장 낮은 고장 확률이 목표 값에 부합하는 정량적인 목표치를 만족함을 증명함
- FTA에서 적용한 분석 방법

Process	Task
Top Event	특정 상황에서 발생할 수 있는 PHA(Preliminary Hazard Analysis)에서 설정한 hazard 을 Top event로 정의
Fault Tree Construction	Top event를 일으키는 원인을 top down 방식으로 분석 * FMECA를 통해 분석된 failure mode를 기본 이벤트로 사용
Single fault analysis	Top event를 일으키는 single fault를 분석
Meet THR	PSD 시스템의 고장 확률이 각 위험원에 할당된 THR(Tolerable Hazard Rate) 값을 만족하는지 확인 THR 값을 만족하지 못할 경우, 위험원을 재분석 하여 경감 대책 추가하고 재분석 수행

다) 안전 기능에 대한 안전성 목표

안전 기능	목표
열차 1량을 담당하는 EED중 최소 2/3의 EED가 수동 개폐가 가능해야 한다.	SIL4
가동도어 운동 에너지는 제한되어야 한다.	SIL3
가동도어 닫힘 시 장애물은 검지되어야 한다.	SIL3
동작 모드 결정 기능	SIL3
열림 명령 생성 기능	SIL3
닫힘 명령 생성 기능	SIL3
전체 도어 닫힘 상태 검지 및 전송	SIL3

- 안전 기능에 대한 안전성 목표는 각 기능의 오류로 인한 위험원 분석을 수행하여 위험원에 THR을 할당하고, 위험원 중 가장 낮은 THR이 SIL 기준표에 해당 하는 등급에 따라 서브시스템의 SIL로 할당 함
 - FTA(Fault Tree Analysis)를 수행하여 각 안전 기능의 결함, 오류로 발생 가능한 위험원의 고장 확률이 목표값을 부합하는 정량적인 목표치를 만족함을 증명함
 - IEC 62279 Appendix A에서 요구하는 다음과 같은 techniques and measure를 소프트웨어 검증 시험에 적용 함
- Verification and testing

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
2. Static Analysis	HR	Yes
3. Dynamic Analysis and Testing	HR	Yes
5. Traceability	M	Yes
7. Test Coverage for Code	HR	Yes
8. Functional/Black-box Testing	HR	Yes
9. Performance Testing	HR	Yes

– Static analysis

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
3. Control Flow Analysis	HR	Yes
4. Data Flow Analysis	HR	Yes
9. Walkthroughs/Design Reviews	HR	Yes

– Dynamic analysis and testing

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
1. Test Case Execution from Boundary Value Analysis	HR	Yes
5. Equivalence Classes and Input Partition Testing	HR	Yes
6. Structure-Based Testing	HR	Yes

– Test coverage for code

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
1. Statement	HR	Yes
2. Branch	HR	Yes
3. Compound Condition		

– Functional/black-box testing

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
3. Boundary Value Analysis	HR	Yes
4. Equivalence Classes and Input Partition Testing	HR	Yes

– Performance testing

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
2. Response Timing and Memory Constraints	HR	Yes
3. Performance Requirements	HR	Yes

– Software validation

Techniques/Measures	SIL3/4	Confirmity
2. Performance Testing	HR	Yes
3. Functional and Black-box Testing	HR	Yes

(2) 안전성 검증

가. 감사

- RAMS 프로세스의 요구사항 준수 여부를 확인하기 위해, 수명주기에 걸친 모든 RAMS 활동과 결과들을 독립안전성평가기관을 통해 진행 함

나. 확인 및 검증 (Verification and Validation)

- 수명주기 각 단계별 활동이 검증됨

Validation item	Activities	Validation result
Planning & Requirement phase verification report	• Verify system requirements • Verify quality management plan • Verify RAM and Safety plan • Verify PHA • Verify V&V plan • Verify Hazard log • Review of input/out of the phase • Verification methodology	• Conformed by correctness, consistency and adequacy • Correctness : All the verification items was verified and the review of input/output was performed • Consistency : The system requirement was registered at the system requirement matrix • Adequacy : The verification result was summarized in the verification result table.
Design & implementation phase verification report	• Verify RAM and Safety plan (updated) • Verify Safety requirement (updated) • Verify PHA(updated) • Verify Hazard Analysis results • Verify Hazard Log management • Verify PSD design • Verify FMECA • Verify RAM analysis report • Verify Test plan • Verify Test procedures • Review of input/out of the phase • Verification methodology	• Conformed by correctness, consistency and adequacy • Correctness : All the verification items was verified and the review of input/out was performed • Consistency : System requirement and safety requirement were registered in the trace matrix • Adequacy : The compliance matrix for IEC62425 was reviewed for the verification and design verification sheet was appended.
Manufacturing & Installation phase verification report	• Verify the quality control results related to manufacturing and installation • Verify FAT(factory acceptance test) results • Verify the SAT(site acceptance test) result of the installation • Verification of Hazard management results • Review of input/out of the phase • Verification methodology	• Conformed by correctness, consistency and adequacy • Correctness : All the verification items was verified and the review of input/out was performed • Consistency : System requirement was traced by the trace matrix • Adequacy : The compliance matrix for IEC62425 was reviewed for the verification and design verification sheet was appended.

• 소프트웨어 개발 단계별 활동 내용이 검증됨

Verification Item	Methodology	Verification Result	Validation result
-------------------	-------------	---------------------	-------------------

Verification Item	Methodology	Verification Result	Validation result
SW Quality Assurance Verification	Technical reference of SWQAP and IEC62279 was used	The verification was performed based on the SWQAP and IEC62279 and there was no defect.	Conformed by document evaluation table with comment
SW Requirement Verification	Technical reference of SWQAP, document review with IEEE1012 and Traceability Matrix were used	The document review by SWQAP was satisfied and there was no defect with the document review by verifier comment. The verification by traceability matrix with the input/output document was performed and there was no defect.	Conformed by the document evaluation table of SWQAP and the document evaluation table reviewed by verifier
SW Architecture and Design Verification	Technical reference of SWQAP, document review with IEEE1012 and Traceability Matrix were used	The document review by SWQAP was satisfied and there was no defect with the document review by verifier comment. The verification by traceability matrix with the input/output document was performed and there was no defect.	Conformed by the document evaluation table of SWQAP and the document evaluation table reviewed by verifier
SW Module Verification	Technical reference of SWQAP, document review with IEEE1012 and Traceability Matrix were used	The document review by SWQAP was satisfied and there was no defect with the document review by verifier comment. The verification by traceability matrix with the input/output document was performed and there was no defect.	Conformed by the document evaluation table of SWQAP and the document evaluation table reviewed by verifier
SW Source Code Verification	Document review with SWQAP, document review with IEEE 1012, Source code review, Static analysis review by LRDA, traceability matrix and inspection of SW module test report	The document review with SWQAP and IEEE 1012 was performed and there was no defect. Source code review, static analysis review by LRDA and the verification by traceability matrix with the input/output were performed and there was no defect.	Conformed by the document evaluation table of SWQAP, the document evaluation table reviewed by verifier, Source code review and safety diagnostic inspection
SW Integration Verification	Document review with SWQAP, document review with IEEE 1012, inspection of	The document review with SWQAP and IEEE 1012 was performed and there was no defect. The SWITP, SHITP result was verified	Conformed by the document evaluation table of SWQAP, the document

Verification Item	Methodology	Verification Result	Validation result
	integration test report and trouble report review	and there was no defect. The defect from previous stage was reviewed and closed.	evaluation table reviewed by verifier, Trouble report
SW Validation	Compliance matrix by IEC62279	All the SW requirements which were defined, designed, implemented and tested according to the SIL3,4 requirement of IEC62279 was validated by test and analysis.	Conformed by the compliance matrix
SW Validation Verification	Document review with SWQAP, document review with IEEE 1012, inspection of software validation report	The document review with SWQAP and IEEE 1012 was performed and there was no defect. The SWVALR was verified and there was no defect. The defect from previous stage was reviewed and closed.	Conformed by the document evaluation table of SWQAP, the document evaluation table reviewed by verifier, Trouble report

다. 안전 대책서 (Safety Case)

- 프로젝트 수명주기에서 수행한 안전성 보증(assurance) 프로세스가 잘 관리 및 제어되고, 모든 수행 결과가 목적을 만족하는지 증명하기 위해 작성 함.
- 개발 과정에서 수행된 모든 안전성 활동이 기술됨 (첨부 “Safety Case”)

(3) 제3자 안전성 전문기관 평가

- 독립 안전성 평가 활동을 통해서 스크린도어 시스템에 대한 RAMS 관리 계획을 수립하고 보완함.
- 스크린도어 시스템에 탑재된 시스템 수준의 위험원에 대한 안전성 분석 활동을 통해서 PSD 시스템에 대한 안전 요구사항을 도출함.
- 이러한 안전 요구사항을 입력하여 스크린도어 시스템의 기능/안전 요구사항서가 수립됨.
- PSD 시스템을 구축함에 있어 PSD 표준사항서를 기반으로 계통적 접근 방식(Systematic Approach)을 통하여 인터페이스를 포함한 서브시스템 수준의 위험원 분석(Subsystem Hazard Analysis)을 수행함.
- 관련된 위험원에 대한 저감대책을 식별하였고, 운영지원 위험원 분석 (Operating & Support Hazard Analysis)을 통하여 운영 지원에 관련한 저감대책을 식별함.
- 분석을 통해 도출된 저감대책은 시스템요구사항서(System Requirement Specification)에 반영되어 시스템 구조 설계(System Architecture Specification)에 반영됨.
- 운영지원 위험원 분석 활동에 대한 결과로 운영기관에 대한 요구사항이 정의됨.
- 해당 항목들은 운영 기관의 절차에 따라 분석되고, 운영 매뉴얼 및 시스템의 안전한 사용을 위한 필요조건(SRAC, Safety Related Application Condition)으로 반영됨.
- PSD 시스템의 RAM(Reliability [신뢰도], Availability [가용도], Maintainability [유지보수도])의 분석을 위하여 FMECA (Failure Mode & Effect Criticality Analysis) 및 RBD (Reliability Block Diagram) 분석을 수행함.
- 안전성 평가를 통해 시스템 및 소프트웨어의 안전성 활동에 대한 계획이 평가됨.
- 시스템 수준의 설계 및 하드웨어 설계에 대한 확인.

- 소프트웨어 설계/확인 단계에 대한 감사와 안전성 감사.
- 시스템 안전성 보증 활동에 따라 안전성 평가보고서 발행 (첨부 “대구2호선 다사역 PSD 시스템 안전성 평가 보고서”)
- SIL 인증 단계별 활동 및 평가
 - 각 단계별 주요 활동 내역 및 그 결과물에 대해 독립 안전성 평가 기관(ISA: Independent Safety Assessor)의 평가를 받음
 - 각 활동에 대해 ISA 평가 의견이 Assessment Record로 발행되며 AR-xxx 와 같이 건별로 구분되며 평가 의견과 그에 따른 수정 내용이 관리되었다. 최초 수정 의견 (Initial AR) 에 대해 개정(Rev)을 통해 평가 수정 의견을 해소하였다.
 - 수정 의견은 심각도에 따라 C1(반드시 수정 필요), C2(수정 권고), C3(수정 추천) 등으로 구분되며, C1이 있는 경우 해당하는 단계별 활동이 완료되지 않은 것으로 평가한다.
 - 활동 중 일부는 Audit 과정에서 한꺼번에 평가 되며 AR-101 ~ AR-105 와 같이 Audit AR로 한꺼번에 제시된다.
 - 활동 평가가 Approve, Closed 는 활동이 정상적으로 수행되어 종료됨을 표시하며, Assess 는 ISA 가 평가 중, Ready 활동이 수행되었으나 평가 대기 중 임을 나타낸다.

Phase	Action	Status	Rev	Current AR				Initial AR			단계별상세현황
				No	C1	C2	C3	C1	C2	C3	
계획 단계	Quality Management Plan	Approve	00	-	-	-	-	-	-	-	100% 평가종결
	RAMS Plan	Closed	13	AR-001	0	0	0	8	3	11	
	Configuration Management Plan	Closed	11	AR-003	0	0	0	0	7	5	
	Verification and Validation Plan	Closed	05	AR-002	0	0	0	3	7	1	
요건 단계	Preliminary Hazard Analysis	Closed	13	AR-004	0	0	0	3	6	9	100% 평가종결
	Safety Requirement Specification	Approve	10	-	-	-	-	-	-	-	
	System Requirement Specification	Approve	07	-	-	-	-	-	-	-	
	Test Specification	Approve	09	-	-	-	-	-	-	-	
	Requirements and Planing Verification Report	Closed	02	AR-010	0	0	0	3	5	1	
시스템 설계 단계	FMECA	Closed	07	AR-005	-	-	-	2	2	1	100% 평가종결
	RAM Prediction Report	Closed	09	AR-005	0	0	0	3	5	11	
	Sub System Hazard Analysis	Closed	12	AR-006	0	0	0	2	11	0	
	Interface Hazard Analysis	Closed	11	AR-007	0	0	0	8	6	3	
	System Architecture Specification	Approve	07	-	-	-	-	-	-	-	
	SIL Demonstration Report	Closed	10	AR-009	0	0	0	19	9	10	
	Operating & Support Hazard Analysis	Closed	11	AR-008	0	0	0	4	4	2	
	Hazard Log	Approve	04	-	-	-	-	-	-	-	

하드웨어 설계 단계	Hardware Requirements Specification	Approve	05	-	-	-	-	-	-	-	100% 평가종결
	Hardware Design Specification	Approve	05	-	-	-	-	-	-	-	
	Hardware Test Plan	Approve	04	-	-	-	-	-	-	-	
	Hardware Test Report	Approve	03	-	-	-	-	-	-	-	
소프트웨어 설계 단계	SW Quality Assurance Plan	Closed	05	AR-011	0	0	0	0	13	4	95% 평가중문서에서 C.1 (심각결함) 항목없음 2021.7 종료예정
	SW Quality Assurance Verification Report	Closed	02	AR-015	0	0	0	0	1	0	
	SW Verification Plan	Closed	05	AR-013	0	0	0	0	6	2	
	SW Validation Plan	Closed	03	AR-014	0	0	0	0	4	4	
	SW Maintenance Plan	Approve	00	-	-	-	-	-	-	-	
	SW Requirement Specification	Closed	08	AR-016	0	0	0	0	8	1	
	SW Requirement Test Specification	Closed	12	AR-017	0	0	0	0	13	0	
	SW Requirement Verification Report	Assess	05	AR-018	0	1	0	0	3	1	
	Tools Qualification Plan	Approve	01	-	-	-	-	-	-	-	
	COTS Design Specification	Closed	01	AR-019	-	-	-	-	1	3	
	SW Architecture & Design & Interface Specification	Closed	05	AR-019	0	0	0	1	8	1	
	SW Integration Test Plan	Closed	05	AR-021	0	0	0	1	10	1	
	SW/HW Integration Test Plan	Assess	06	AR-020	0	5	0	1	11	2	
	SW Architecture and Design Verification Report	Assess	01	AR-022	0	3	1	0	3	1	
	SW Module Design Specification	Assess	03	AR-023	0	1	0	0	8	5	
	SW Module Test Specification	Assess	02	AR-024	0	11	0	0	11	0	
	SW Module Verification Report	Assess	00								
	SW Coding Standards	Assess	00	-	-	-	-	-	-	-	
시험 단계	Tools Qualification Report	Assess	02	AR-026	-	4	1	-	7	-	90% 시험보고서 4건 평가대기중. 설계단계에서 시험절차서평가 완료되었고, 현재 절차서항목이 모두 Pass 된 보고서
	COTS Analysis Report	Assess	03	AR-026	-	-	-	-	3	-	
	SW Code Review Report	Approve	00	-	-	-	-	-	-	-	
	SW Data Flow Report	Approve	00	-	-	-	-	-	-	-	
	SW Quality Review Report	Approve	00	-	-	-	-	-	-	-	
	SW Module Test	Assess	00	-	-	-	-	-	-	-	

	Report										작성완료되어 평가대기중. 2021. 7 종료예정
	SW Source Code Verification Report	Reply									
	SW Integration Test Report	Assess	00	-	-	-	-	-	-	-	
	SW/HW Integration Test Report	Ready									
	SW Integration Verification Report	Ready									
	SW Requirement Test Report	Ready									
	Test Report	Approve		-	-	-	-	-	-	-	
구현 단계	Installation Manual	Approve		AR-031							95% Change, Maintenance 항목은 변경 및 유지보수사항이 존재하지 않으므로 검증단계 종료시 Close 될 예정임 2021.8 종료예정
	Operation Manual	Approve		AR-032							
	Maintenance Manual	Approve		AR-033							
	Manufacturing Instruction	Approve		-	-	-	-	-	-	-	
	Manufacturing and Installation Verification Report	Ready		AR-034							
	SW Change Records	Ready		-	-	-	-	-	-	-	
	SW Maintenance Record	Ready		-	-	-	-	-	-	-	
	SW Maintenance Verification Report	Ready		-	-	-	-	-	-	-	
	SW Deployment Verification Report	Ready		-	-	-	-	-	-	-	
검증 단계	SW Validation Report	Ready									90% 검증단계는 설계, 시험, 구현단계 종료후 그내용을 정리하는 것으로 현재 설계, 시험, 구현단계 종료대기중. 2021. 8 종료예정
	SW Validation Verification Report	Ready									
	Design and Implementation Verification Report	Ready		AR-012							
	Validation Report	Ready		AR-035							
	Safety Case	Ready		AR-036							
	Technical Safety Report	Ready		AR-036							
	SW Release Note	Ready		-	-	-	-	-	-	-	
	Requirements Traceability Matrix	Approve	08	-	-	-	-	-	-	-	
	1st RAMS Audit	Closed		AR-101	0	0	0	4	1	0	
	2nd RAMS Audit	Closed		AR-102	0	0	0	4	1	0	
	3rd RAMS Audit	Closed		AR-103	0	0	0	5	1	0	
	1st SW Audit	Closed		AR-104	0	0	0	1	3	0	
	2nd SW Audit	Reply		AR-105	6	0	0	6	0	0	

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

-
- 노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치
 - 설치될 현장 조사를 통한 종합제어반(PSDC)의 열차 인터페이스, 사용자인터페이스 방식 결정 및 시험품 제작, 개별제어반(DCU)의 장애물인터페이스 방식 결정 및 구현 제작
 - ◆ 열차 인터페이스, 운영자 인터페이스, 장애물 검지 인터페이스 시제품, 사양서, 제작보고서
 - 대구도시철도 시설현황 조사 및 승강장 위험원 및 위험원의 사고영향 분석과 위험원 관리를 통해 안전 확보 방안 도출
 - ◆ 현장 조사 산출물: 대구 도시철도 PSD 현장조사서, 대구 다사역 실측보고서
 - ◆ 위험분석 및 관리 산출물: 사전 위험원 분석서, 관제 시스템 안전성 분석서, Hazard Log
 - 대구 다사역 현장노후 스크린도어 철거 및 구조체, 제어시스템 설계 및 설치
 - ◆ 설계 동작 안전성 시험 및 검증 보고서, 개량화 개발 및 설치 프로세스 안전성 평가 보고서, 현장 현차 설치 보고서
 - 개량화 스크린도어 공인기관 KRS 규격시험, 기능 시험 통과
 - ◆ 내구성 시험 검사보고서, 환경시험 검사보고서, 성능시험 보고서
 - 개량화 스크린도어 기능 향상 구현 및 시험을 통한 확인
 - ◆ PSD Test Report, PSD SW Requirement Test Report
 - 해외사업의 다양성에 대응 가능한 공통 기술시스템 확보를 통한 해외 사업 수주
 - ◆ 열차의 정차시간 예측 및 PSD 제어방법 명세서, 해외 스크린도어 사업 계약서
 - 철도 안전무결성 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)을 만족하는 개량 스크린도어의 안전성 보장
 - SIL 인증취득을 위한 절차 수립
 - ◆ 제3자 독립 평가 기관 평가 계획서, 품질보증계획서, RAMS 계획서, 형상관리계획서, V&V(확인 및 검증)계획서
 - 노후화 승강장 현장 안전성 분석을 통한 안전 요구사항 도출 및 표준 사양서 작성
 - ◆ 시스템 설계 요구 사항서, 승강장 안전문 요구사항서, 표준사양서
 - 스크린도어 운영사례를 통한 SIL 인증 가능 스크린도어 기능 요구 사양 작성, RAMS 요구 사양 작성 및 현장/현차 시험 요구 사양 작성
 - ◆ System Requirement Specification, Safety Requirement Specification, 통신프로토콜 사양서
 - SIL 인증을 위한 계획, 요건, 설계, 구현, 시험, 검증 단계별 독립안전성평가 기관의 안전성 감사 및 보증
 - ◆ Safety Case(안전성 활동 종합 보고서), 대구2호선 다사역 PSD 시스템 안전성 평가 보고서
 - 개량 스크린 도어 운영자 시험을 통한 신뢰성 확보
 - 장시간 현장/현차시험 및 신뢰성 시험, 유지보수 시험을 진행하여 신뢰성, 가용성, 유지보수성 목표 달성 입증
 - ◆ RAM Prediction Report, RAM Demonstration Test Plan, RAM Demonstration Test Report
 - 운영자 평가 만족에 따른 구매 계획
 - ◆ 현장 현차 시험 운영 리포트, 구매 의향서
-

(2) 정량적 연구개발성과

○ 논문발표 및 게재(발표(2건/5건), 게재(5건/2건))

- 한국철도학회 발표(2건)
 - ◆ 노후화 스크린도어 개량화를 위한 승강장 안전성 검증에 관한 연구(18.10)
 - ◆ Bowtie 기법을 이용한 DTRO 승강장안전문 관제시스템 안전성 분석(18.10)
- 학회지(한국철도학회, 한국도시철도학회) 논문 게재(3건)
 - ◆ 노후화 승강장안전문 (PSD) 개량화 기술에 대한 요구사항 연구(18.06)
 - ◆ 승강장안전문 승객교통사상사고 시나리오 모델에 대한 考察(18.12)
 - ◆ 스크린도어 고장·장애 분석을 통한 안전관리 수립에 관한 연구(20.09)
- 학회지(한국철도학회) 논문 신청/심사/게재(2건)
 - ◆ 승강장안전문(PSD) 관제시스템 프로토콜 표준화 적용에 관한 연구(10월 목표)
논문신청 및 심사(1.5개월), 수정보완(1개월), 게재확정 및 게재(0.5개월)
 - ◆ 개선된 신뢰도 예측기법을 통한 노후화 PSD 하부시스템 교체주기산출(10월 목표)
논문신청 및 심사(1.5개월), 수정보완(1개월), 게재확정 및 게재(0.5개월)

○ 지식재산권(특허 출원 및 등록)(5건/5건)

- 특허 출원(2건)
 - ◆ 플랫폼 스크린도어의 연동제어를 위한 방법 및 장치(21.03)
 - ◆ 열차의 정차시간 예측 및 스크린도어 제어방법(21.04)
- 특허 등록(3건)
 - ◆ 센서 틀어짐 감지가 가능한 스크린 도어 장치 및 시스템(19.10)
 - ◆ 확장된 장애물 방지판을 가진 스크린 도어 장치(20.06)
 - ◆ 이중화된 광센서를 가진 장애물 감지장치(21.05)

○ 지식재산권 활용유형(1건/0건)

- 플랫폼 스크린도어의 연동제어를 위한 방법 및 장치(21.03)
 - ◆ 향후 인천1호선 검단연장선 사업(2024년 준공)에 3개역(총 6세트) 공급할 예정임.
: 인천1호선은 정위치정차를 FSK방식을 이용한 루프를 사용함.(선두부: 1세트설치)
⇒ 1역사는 2트랙으로 구성되어 총 6세트가 적용될 예정임.

○ 소프트웨어 저작권 등록(3건/3건)

- 승강장안전문용 SW 등록(3건)
 - ◆ 다사역 스크린도어 종합제어반 소프트웨어 소스코드(21.06.30)
 - ◆ 다사역 스크린도어 개별제어반 소프트웨어 소스코드(21.06.30)
 - ◆ 주제어반(MCU)(21.06.30)

○ 제품 인증(1건/1건)

- 국제철도규격 안전성 인증서 취득(1건/1건)
 - ◆ 독립안전성평가자(리카르도레일)로부터 PSD SIL3 인증서 취득 진행중(8/30발급예정)
⇒ 안전성평가종합보고서(Safety Case) 완료 후 영국 현지에서 발급

○ 시제품 제작(4건/4건)

- 승강장안전문용 시제품 제작(4건)
 - ◆ 주제어반(MCU)(18.11)
 - ◆ 개별제어반(DCU)(18.11)
 - ◆ 감시반(MMS)(18.11)
 - ◆ 수동제어반(LCP)(18.11)

○ 현장 적용(1건/0건)

- 대구도시철도공사와 협약을 통하여 대구도시철도 2호선 다사역에 설치
 - ◆ 다사역 개량화기술을 적용 이후에 현재까지 상업운영 중

○ 사업화 현황(2건/0건)

- 기술이전(기존제품 개선)을 통한 사업화: 2건(매출: 약 19.2억)
 - ◆ 브라질 상파울로메트로 1,2,3호선(37억 88트랙)(발주처: 상파울로메트로주식회사)
 - ⇒ 매출액(0.14억/국내, 0.13억/해외)
 - ◆ 브라질 상파울로메트로 1,3호선(47억 12트랙)(발주처: 알스톰브라질)
 - ⇒ 매출액(9.38억/국내, 9.57억/해외)

○ 홍보 실적(4건/0건)

- 2017년 부산국제철도 기술산업전 참석 및 홍보
 - ◆ 당사 PSD를 국내전시자로 홍보(6.14~17)
- 2018년 독일이노트랜스 전시자 참석 및 홍보
 - ◆ 당사 PSD를 해외전시회의 전시자로 홍보(9.18~21)
- 2019년 부산국제철도 기술산업전 참석 및 홍보
 - ◆ 당사 PSD를 국내전시회 참석을 브로슈어를 통하여 홍보(6.12~15)
- 2020년 독일이노트랜스 전시자 참석 및 홍보
 - ◆ 당사 PSD를 해외전시회 참가를 하려하였으나 코로나10로 취소(9.22~25)

○ 포상 및 수상실적(2건/0건)

- 2020년 철도의 날, 국토교통부 장관상 수상
 - ◆ 중앙연구소 정승권 상무
 - 2020년 철도의 날, 국토교통부 장관상 수상
 - ◆ SOC사업부 철도사업팀 기술파트 이상훈 부장
-

[년차별 성과기준표]

가. 1차년도 성과기준표

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적성과목표	실적
				질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	가 중 치 (%)					
A	승강장안전 문 제어기 현장/현차 개량화 호환성 기술	A-1	노후화 스크린도어 개량을 위한 인터페이스 개발 시험품	①	PSDC 열차 인터페이스 개발 및 시험품 제작	1건	시양서 및 시험품	개발 여부	15	우리 기술	580	특허: 출원 2 건	특허: 출원 2 건
				②	PSDC 운영자 인터페이스 개발 및 시험품 제작	1건	시양서 및 시험품	개발 여부	15				
				③	DCU 장애 물 검지 센서 인터페이스 개발 및 시험품 제작	1건	시양서 및 시험품	개발 여부	15				
		A-2	SIL 인증취득을 위한 RAMS 활동	①	인터페이스 장치 및 SW 개발단계 SIL 평가	30%	인증기관의 안전성 평가에 근거한 공정율	공정율 평가표	10				
		A-3	노후화 스크린도어 개량 시스템	①	노후화 스크린도어 개량 설계	30%	수요자 평가에 근거한 공정율	공정율 평가표	10				
B	광역, 도시철도 승강장 노후화 현황 및 안전성 분석	B-1	광역 도시 철도 노후화 스크린도어 안전성분석	①	스크린도어 관제시스템 운영 안전성 평가보고서	1건	보고서	전문가 평가	10	한국교 통연구 원	150	논문: 발표 1 건	논문: 발표 1 건
		B-2	Functional Safety Requirements 수립	①	Functional Safety 요구 사양서	1건	보고서	전문가 평가	10	한국교 통연구 원			
C	승강장안전 문 요구사항 수립 및 현장/현차 시험평가	C-1	승강장안전문 기능 요구사항 수립	①	승강장 안전 문 기능 (열차 연동 기능 포함) 사양 서	1건	사양서	전문가 평가	5	대구도 시철도 공사	30	논문: 발표 1 건	논문: 발표 1 건
		C-2	현차 현장 시험 적용 요구사항 수립	①	개량화 스크린 도어 RAMS 요 구 사양서	1건	사양서	전문가 평가	5	대구도 시철도 공사			
				②	현장 현차 시험 요구 사양서	1건	사양서	전문가 평가	5	대구도 시철도 공사			
									100		760	특허: 출원 2 건 논문: 발표 2 건	특허: 출원 2 건 논문: 발표 2 건

나. 2차년도 성과기준표

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적성과목표	실적							
				질적 성과지표	목표치	측정 방법	검 증 방 법	가 중 치 (%)											
A	승강장안전문 제어기 현장/현차 개량화 호환성 기술	A-1	노후화 스크린도어 개량을 위한 인터페이스 개발 시험품	①	PSDC 열차 인터페이스 시제품 제작	1건	개발여부	개발 여부	5	우리 기술	988	사제품 : <u>4 건</u> 특허 : <u>출원 2건</u>	사제품 : <u>4 건</u> 특허 : <u>출원 2건</u>						
				②	PSDC 운영자 인터페이스 시제품 제작	1건	개발여부	개발 여부	5										
				③	DCU 장애물 검지 센서 인터페이스 시제품 제작	1건	개발여부	개발 여부	5										
		A-2	SIL 인증취득을 위한 RAMS 활동	①	계획, 요건, 개발, 구현 단계	100%	인증기관의 안전성 평가	안전성 평가서	20										
				A-3	노후화 스크린도어 개량 시스템	①	노후화 스크린도어 개량 설계	100%	수요자 평가에 근거한 공정율					공정율 평가표	15				
						②	현장 현차 설치	1개소	설치여부					설치 여부	20				
		③	공인기관 KRS 규격 시험			1건	시험보고서	작성 여부	10										
		B	광역, 도시철도 승강장 노후화 현황 및 안전성 분석	B-1	노후화 스크린도어 개량 시스템 안전성 평가	①	개량화 개발 및 설 치 프로세스 안전 성 평가 보고서	EN5012 6/EN50 128/EN 50129 충족	보고서					전문가 평가	5	한국교 통연구 원	330	논문 : <u>발표 1 건</u>	논문 : <u>발표 1 건</u>
						②	동작 안전성 시험 및 검증 보고서	EN5012 6/EN50 128/EN 50129 충족	보고서					전문가 평가	5	한국교 통연구 원			
C	승강장안전문 요구사항 수립 및 현장/현차 시험평가	C-1	안전관리 모니터링 요구사항 수립	①	승강장안전 문 장치의 통신 프 로토콜 사양서	1건	사양서	전문가 평가	5	대구도 사철도 공사	65	논문 : <u>발표 1 건</u>	논문 : <u>발표 1 건</u>						
		C-2	현차 현장 설치 평가	①	운영자 시험 평 가표	1건	평가	전문가 평가	5	대구도 사철도 공사									
									100	1,383	특허 : <u>출원 2 건</u> 논문 : <u>발표 2 건</u> 사제품 : <u>4 건</u>	특허 : <u>출원 2 건</u> 논문 : <u>발표 2 건</u> 사제품 : <u>4 건</u>							

다. 3차년도 성과기준표

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준					해당 기관	예산 (백만 원)	양적성과목표	실적	
				질적 성과지표		목표치	측정 방법	검 증 방 법					가 중 치 (%)
A	승강장안전 문 제어기 현장/현차 개량화 호환성 기술	A-1	노후화 스크린도어 개량화 안전성 인증	①	안전성 활동 보고서	EN50126/EN50128/EN50129 충족	작성여부	작성여부	20	우리 기술	776	논문 : 게재 1건 특허 : 출원 1건 SW: 등록 3건 국제표준인증서: 1 건	논문 : 게재 1 건 특허 : 출원 1 건 SW: 등록 3건 국제표준인증서: 1 건
				②	노후화 스크린도어 개량 역사 현장 SIL 인증	SIL3 이상	SIL 인증서 획득 여부	인증서 획득 여부	20				
		A-2	향상된 기능성 구현	①	기능성 향상 시 험 보고서	기능성 향상 6건	보고서	전문가 평가	20				
B	광역, 도시철도 승강장 노후화 현황 및 안전성 분석	B-1	노후화 스크린도어 개량 시스템 신뢰성 평가	①	신뢰성 평가 보 고서	백만회 내구성(도어당) 30,000h (도어당) 신뢰성	보고서	전문가 평가	20	한국교 통연구 원	200	논문 : 게재 1건	논문 : 게재 1 건
C	승강장안전 문 요구사항 수립 및 현장/현차 시험평가	C-1	현장 현차 시험 평가	①	현장 현차 시험 보고서	가용율 99.99%, 유지보수 30분이내	보고서	전문가 평가	20	대구도 시철도 공사	20	논문 : 발표 1건	논문 : 발표 1 건
									100		996	특허 : 출원 1 건 논문 : 발표 1건 논문 : 게재 2건 SW: 등록 3건 국제표준인증서: 1 건	특허 : 출원 1 건 논문 : 발표 1 건 논문 : 게재 2 건 SW: 등록 3건 국제표준인증서: 1 건

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	노후화 승강장안전문(PSD) 개량화 기술에 대한 요구사항 연구	한국철도학회	김성일	21(5)	한국	한국철도학회	비SCIE (KCI)	18.06	ISSN 2288-2235	
2	승강장안전문 승객교통사상사고 시나리오 모델에 대한 考察	한국도시철도학회	조래혁	6(4)	한국	한국도시철도학회	비SCIE (KCI)	18.12	ISSN 2508-6588	
3	노후화 스크린도어 개량화를 위한 승강장 안전성 검증에 관한 연구	한국철도학회	신판주, 이호	-	한국	한국철도학회	비SCIE	18.10	-	
4	Bowtie 기법을 이용한 DTRO 승강장안전문 관제시스템 안전성 분석	한국철도학회	유성호	-	한국	한국철도학회	비SCIE	18.10	-	
5	스크린도어 고장·장애 분석을 통한 안전관리 수립에 관한 연구	한국철도학회	신판주, 이호	12(9)	한국	한국철도학회	비SCIE (KCI)	20.09	ISSN 2288-2235	
6	승강장안전문(PSD) 관제시스템 프로토콜 표준화 적용에 관한 연구	한국철도학회	김성일	00(0)	한국	한국철도학회	비SCIE	21.10	-	
7	개선된 신뢰도 예측기법을 통한 노후화 PSD 하부시스템 교체주기산출	한국철도학회	조래혁	00(0)	한국	한국철도학회	비SCIE	21.10	-	

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국철도학회 추계학술대회	신판주	10.19	라마다프라자 제주	한국
2	한국철도학회 추계학술대회	유성호	10.19	라마다프라자 제주	한국

☐ 기술 요약 정보

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

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	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, 신품종, 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	센서 틀어짐 감지가 가능한 스크린 도어 장치 및 시스템	한국	(주)우리기술	2018년02월06일	10-2018-0014828	10-2019-160	(주)우리기술	2019년09월02일	10-2019-160		
2	확장된 장애물 방지판을 가진 스크린 도어 장치	한국	(주)우리기술	2018년11월21일	10-2018-0144763	10-2120-481	(주)우리기술	2020년06월02일	10-2120-481		
3	이중화면 광센서를 가진 장애물 감지장치	한국	(주)우리기술	2018년11월13일	10-2018-0138935	10-2251-602	(주)우리기술	2021년05월07일	10-2251-602		
4	플랫폼 스크린도어의 연동 제어를 위한 방법 및 장치	한국	(주)우리기술	2021년03월11일	10-2021-0032251	-	-	-	-		
5	열차의 정차 시간 예측 및 스크린 도어 제어 방법	한국	(주)우리기술	2021년04월22일	10-2021-0052397	-	-	-	-		

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
10-2021-0032251	√									향후 인천1호선 검단연장선 사업('2024년 개통)에 3개역(총 6세트)가 공급될 예정임

☐ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	다사역 스크린도어 종합제어반 소프트웨어 소스코드	2021년04월29일	(주)우리기술	2021년6월30일	-	(주)우리기술	
2	다사역 스크린도어 개별제어반 소프트웨어 소스코드	2021년04월29일	(주)우리기술	2021년6월30일	-	(주)우리기술	
3	다사역 스크린도어 감시반 소프트웨어 소스코드	2021년04월29일	(주)우리기술	2021년6월30일	-	(주)우리기술	

☐ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

☐ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	국제철도규격안전성인증	리카르도레일	PSD SIL3	00000000	2021년8월30일	대한민국

☐ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	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)
1	주제어반(MCU)	2018-11-01	(주)우리기술	우리기술 파주공장	PSD			
2	개별제어반(DCU)	2018-11-01	(주)우리기술	우리기술 파주공장	PSD			
3	감시반(MMS)	2018-11-01	(주)우리기술	우리기술 파주공장	PSD			
4	조작반(LCP)	2018-11-01	(주)우리기술	우리기술 파주공장	PSD			

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	노후화스크린도어기술	2019.06	대구도시철도공사	(주)우리기술	대구2호선 다사역

□ 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	사업화방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	기존 제품 개선	브라질	PSD	제작,설치	상파울루 메트로	14,401	11,787	2019 2020	10년
2	기술이전	기존 제품 개선	브라질	PSD	제작,설치	알스툼	938,155	832,537	2020	10년

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
브라질 상파울로 1,2,3호선 승강장안전문 구매설치	2019-09-20	13,998	11,787		1USD=1,187.60
브라질 상파울로 1,3호선(알스툼) 승강장안전문 구매설치	2020-10-27	988,720	832,537		
합계		1,002,718	844,324		

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			- 브라질 상파울로 1,2,3호선 승강장안전문 구매설치 - 브라질 상파울로 1,3호선(알스툼) 승강장안전문 구매설치		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		약 2년		
	소요예산(천원)		1,500,000(추정)		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			1,840,000	1,500,000	53,180,130
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0.5	2	5
		국외	0.5	5	10
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		노후화개량화기술을 이용하여 대구도시철도 2호선 대실역 사업추진 (참조: 대구도시철도 사업계획_2021년)			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

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

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	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, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	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

☐ 정책 활용 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

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

☐ 전문 연구 인력 양성

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

☐ 산업 기술 인력 양성

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

☐ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

☐ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

☐ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	오프라인	부산백스코 인쇄물	2017년 부산국제철도 기술 산업전 참석 및 홍보 - 전시자	6.14~17, 2017
2	오프라인/온라인	INNOTRANS 인쇄물	2018년 독일이노트랜스 전시회 참석 및 홍보 - 전시자	9.18~21, 2018
3	오프라인	자체 인쇄물 (브로슈어)	2019년 부산국제철도 기술 산업전 참석 및 홍보 - 참석자	6.12~15, 2019
4	온라인	INNOTRANS 인쇄물	2020년 독일이노트랜스 전시회 참가신청 및 취소 - 전시자	9.22~25, 2020

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	2020년 철도의 날	국토교통부장관상	상장, 시계	정승권 (우수연구책임자)	20.6.26	국토교통부
2	2020년 철도의 날	국토교통부장관상	상장, 시계	이상훈 (우수연구자)	20.12.04	국토교통부

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	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]

해당없음

(3) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

2) 목표 달성 수준

최 종 연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 국토교통부가 2017년 2월에 발표한 승강장 안전사고 제로화 목표에 대해 노후화 스크린도어의 개량화 기술 확보 및 현차/현장시험 대상의 안전성, 신뢰성, 기능성을 입증하고자 한다. 안전성, 신뢰성의 정량적 목표는 다음과 같음 - 안전성 : SIL3 이상 - 신뢰성(Reliability) 30,000시간/도어당 이상, 가용성(Availability) 99.99% 이상, 유지보수성(Maintainability) 30분 이하 - 기능성 : 열차 연동 방식 다중화(RF, ATO, 정위치 검지 방식 결합), 스크린도어와 열차 사이 장애물 검지 방식 이중화, 스크린도어 끼임 검지 방식 이중화, 오동작 방지를 위한 모든 기능 모듈에 자체 진단 기능 구현, 종합제어반 이중화 및 제어신호선 실선 방식 이중화를 통한 안전 기능 향상	○ 개량화 기술 확보 및 현차/현장시험으로 안전성, 신뢰성, 기능성을 입증함 - 개별제어반 및 조작반 SIL3, 종합제어반 SIL4 수준의 안전성 확보를 위해 안전무결성 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)에서 제시된 설계 기법이 모두 적용되었고, 계획, 요건, 설계, 구현, 시험, 검증 단계별 안전성 보장 활동이 모두 수행되었음. 단계별 산출물과 활동 내용은 모두 안전성 전문 평가 기관에 의해 확인되었음. 확인 결과 검증 단계 일부 근거 문서 보완 작업이 진행 중이나, 안전성 확보를 위한 기술 및 활동은 대부분 적용되었음이 평가 기관에 의해 입증되어 SIL 인증서 발행에 문제가 없다는 의견서 확보됨. - 신뢰성(54,812 MCBF/시스템당)로 목표 달성함. 목표 (30,000시간/도어당) 는 (10,000 MCBF/시스템당) 과 같음을 보이고, (30,000시간/도어당) 이상으로 증빙함 - 가용성 99.9917% 로 목표 달성, 목표 99.99% 이상 - 유지보수성 0.33511 hour 로 목표 달성, 목표 0.5hour 이하 - 신뢰성, 가용성, 유지보수성 목표는 설계 단계에서 시스템 모델링 및 개별 부품 고장에 근거한 분석적 기법으로 만족함을 입증한 후 설계 구현되어 대구 다사역 현장 적용됨. 장시간 현장/현차시험 및 신뢰성 시험, 유지보수 시험을 진행하여 신뢰성, 가용성, 유지보수성 목표가 만족되었음을 실증함. - 스크린도어 개량화에 따른 향상된 기능으로 설정된 목표 사양은 모두 구현되었고, 구현 내용은 시험 및 설계 확인으로 입증함. 향상된 기능이 구현된 개량화 스크린도어는 현장 설치되어 상업운전 중이며, 수요처에 의해 만족스럽게 평가되어, 동일 사양의 구매 의향이 확인됨.	95%
○ 부품 호환성을 확보하여 설치 업체 도산 등에 따른 부품 조달 문제를 해소한다. - 개별제어장치(DCU) : 벨트, 스크류 등의 모든 제품의 구동부 호환성 확보 - 중앙제어장치(PSDC) : 차량과 인터페이스(AT0, RF, Sensor 등) 호환성 확보 - 모니터링 장치 : 제어장치, 센서 등 고장 관리 장치의 호환성 확보	○ 안전성 분석 및 수요처 의견, 해외 요건 사례를 포함한 사양이 작성되고 설계가 상세화 되어 시제품이 제작, 등록되었다. - 해외사업의 다양성에 대응하기 위한 공통된 통합기술 개발하여 적용 (해외 사업 계약 성과 확보) - 위험도 평가 및 RAM 분석을 설계에 반영하여 SIL, RAM 사양에 포함 - 해외 사양, 국내 사양, 수요처 의견을 통해 각각의 사양에 대응 가능한 제품의 표준사양서가 작성됨 - DCU 는 모듈형으로 터미널블럭과 착탈식 결합되므로, 터미널블럭 변경으로 기능 확장 가능 - PSDC 는 카드 Type 모듈 형태로 기능 모듈이 쉽게 추가될 수 있어 추가, 변경된 기능에 대응 가능함 - 모니터링 장치는 간결하고 생산성 높은 Python 개발 환경 이용으로 메뉴 변경 등의 사용자 요구 대응용이 - 동일 기술을 기반으로 해외 수출 사업 계약 및 국내 스크린도어 적용(브라질 상파울루 1,2,3호선 스크린도어, 국내 인천1호선 송도랜드마크시티역 및 7호선 석남역 2역 PSD)	100%

세 부 연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 개별부품의 신뢰성을 역사 환경(온도, 습도, 진동 등)에 반영된 신뢰성으로 정밀검증	○ 2년여의 대구 다사역 현장 운영 시험, KRS 규격에 따른 전문기관에서의 환경시험으로 신뢰성 검증 완료	100%
○ 신뢰성테스트를 통한 메커니즘 수명주기를 분석하여 유지보수항목 및 시간개선	○ 운영자의 장시간 현장 시험 및 구동부 내구성 100만회 시험 등의 신뢰성테스트 수행 완료, 유지보수성을 수치화 (교체시간 30분 이내) 하고 이를 분석적 방법, 실험적 방법으로 증빙함	100%
○ 해외사업의 다양성에 대응하기 위한 공통된 통합기술 시스템 확보	○ 해외 스크린도어 요구 사항에 대한 기능 구현 내용 특허 출원 및 국내 적용을 위한 사업 제안, 해외 사업 계약	100%
○ 개량된 노후화 스크린도어가 장애물 센서와 구동부 제어기(DCU)의 인터페이스 오작동과 같은 사망 사고의 위험원이 발생하지 않음을 현장/현차 시험을 통해 평가 입증한다. 또한 시스템에 내재된 위험이 없음을 전문 안전성 평가 기관으로부터 SIL3 이상의 인증서를 취득하여 입증한다.	○ 신뢰성 목표를 현장/현차 시험을 통해 입증함. 운영기관으로부터 만족 평가 받음. SIL 인증을 위한 개발, 설치, 운용에 독립안전성평가 기관 감사를 통해 개별제어반 및 조작반 SIL3, 종합제어반 SIL4 인증 가능 평가를 받음, 인증서 발행 2021년 8월 예정.	90%
○ 개량화 스크린도어 안전요구사항 반영 검증	○ 제품의 안전성 분석에 더해, 타 기기 인터페이스 및 운영 조건 등을 포함한 승강장 위험 분석을 수행함. 이를 통해 안전요구사항을 도출하고 이러한 안전요구사항들이 설계 적으로 만족함이 독립안전성평가 기관으로 부터 보증됨	100%
○ 독립안전성평가(ISA) 및 단계별(제작 및 구현, 시험 및 검증) 대상문서 검증	○ 전문 독립안전성평가 기관으로부터 계획, 요건, 설계, 구현, 시험, 검증 단계별 산출물 평가 및 개발 체계에 대한 감사 수행. 이를 반영한 수정 보완을 통하여 SIL 인증 가능한 산출물 체계 수립. 50여종의 단계별 산출물 철도 안전무결성 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)에 부합함이 독립안전성평가 기관으로 부터 보증됨	100%
○ 상업운전을 통한 신뢰성 평가 및 입증	○ 2년여의 상업운전 진행함. 정상적인 상업운전 외에 신뢰성 시험, 유지보수 시험을 진행하여 철도운영자에 의해 신뢰성 평가 완료됨	100%
○ ALARP 원칙에 따라 위험원 저감 및 제거	○ 사전위험분석, 서브시스템 위험분석, 인터페이스 위험분석, 운영 위험 분석으로 통해 위험을 낮출 수 있는 설계 방안을 도출하고 이를 구현함. 위험분석 및 구현내용은 전문 독립안전성평가 기관으로부터 철도 안전무결성 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)에 부합함이 보증됨	100%

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 안전성, 신뢰성, 기능성 목표 중 안전성 일정 지연
 - 노후화 스크린도어 개량 시스템 현장 시험 평가가 COVID-19 에 의해 지연됨. 감염병 유행으로 사회적 거리두기를 지키기 위해 현장/현차 시험 현장인 대구 다사 역에서의 연구 참여 기관 간의 협업 업무를 원활히 수행할 수 없었음. 특히 COVID-19 유행 초기 대구 지역은 다른 지역에서 출장도 제한이 있었음
 - COVID-19에 따른 지연 업무 내용
 - 개량 스크린도어의 운영 및 유지 보수에 대한 대구도시철도(위탁연구기관) 사용자 교육
 - 유지 보수성 확인을 위한 스크린도어 단위 구성품의 교체 실증 시험 및 평가
 - 열차의 각종 운행 조건과 승객의 행동조건에 따라 스크린도어의 가용성 시험 및 평가
 - 설치 및 운용에 대한 독립 평가 기관에 의한 감사
 - SIL 인증을 위해서는 단계별 순서에 맞게 평가가 종료되어야 다음 단계 업무가 진행되도록 안전무결성 규격에 정의되어 있으므로, 특정 단계 일정 지연이 전체적인 일정 지연을 초래하였음
 - 안전성 확보를 위해 철도 안전무결성 규격(IEC62278, IEC62279, IEC62425)을 모두 적용하였으나, 안전성 전문 평가 기관의 수정 의견에 따라 일부 평가가 완료되지 못함. 다만 수정 내용은 안전성 증빙을 위한 문서이며, 문서 변경이 완료되면 최종 현장 감사 후 안전성 인증 절차가 종료되어, 2021년 8월 노후화 개량 스크린도어에 대한 안전무결성 SIL4 등급의 대구 다사역 적용 인증서 발행 예정되어 있음.

2) 자체 보완활동

- SIL 인증 완료를 위한 보완 작업
 - 안전성 전문 평가 기관으로부터 평가 완료되지 않은 검증 문서 보완함.
 - 남은 활동은 전문 기관의 인증서 발행을 위한 검증 단계 근거 문서 보완임
 - 과제 기간이 종료되었지만, 전문 기관과 인증서 발행까지 지속적인 업무 추진을 약속함
 - 인증서 발행은 2021년 8월 30일로 예정됨

3) 연구개발 과정의 성실성

- 노후화 스크린도어 개량
 - 1차년도에 SIL 스크린도어 제어기의 현장 적용을 위한 열차, 사용자, 장애물 인터페이스가 적용될 현장에 적합하도록 개발되었다. 현장조사 및 수요처 의견에 따라 사양서가 작성되었고, 시험품을 제작하였다. 2차년도에 안전성 분석(RAM, 위험도 분석) 및 수요처 의견에 따라 설계가 상세화 되어 시제품이 제작되었다. 수요처 의견을 통해 표준사양서를 작성하여 이를 기반으로 설계를 진행하였으며 설계 내용이 독립안전성 평가기관(ISA)에 의해 검토되었다. 설치 완료 및 시운전 후 수요기관에 의해 계속 상업운전에 이용될 수 있다는 만족된 평가를 얻었으며, 이를 위해 현장 공사, 운영 지원, 유지 보수를 성실히 수행하였다.
- SIL 인증취득을 위한 RAMS 활동
 - 국제표준규격에 따른 라이프사이클 개발 순서에 따라 단계별 활동 및 그에 따른 산출물이 작성되고 독립안전성 평가기관(ISA)에 의해 평가 되었다.
 - 계획단계: “RAMS 계획서”, “품질보증계획서”, “형상관리계획서”, “확인 및 검증 계획서”등이 평가되고 안전성 요구사항에 부합되도록 수정 완료되었다.
 - 요건단계: “사전 위험도 분석서”, “인터페이스 위험도 분석서”, “운전 및 유지 위험도 분석

서”에 의해 스크린도어의 위험요인을 찾고 위험을 방지할 수 있는 요건을 수립하여 “시스템 요건서”를 작성하고 ISA에 의해 평가 완료되었다.

- 설계단계: 요건단계 산출물의 사항이 만족되는 설계를 진행하여 “시스템구조설계서”, “하드웨어 요건서”, “하드웨어 설계서” 등을 작성하고 ISA에 의해 평가되었다. 안전 요구사항인 안전 무결성 수준을 “SIL 입증 보고서”를 통해 설계단계에서 증빙하였다.
 - 구현단계: 하드웨어, 소프트웨어를 구현하였다. 모듈 단위의 상세 설계 및 설계를 검증할 수 있는 시험사양을 만들었다. 안전성 표준에 부합하도록 하드웨어의 블록단위, 소프트웨어의 코드단위 설계가 검증될 수 있는 White-Box 테스트가 될 수 있도록 하였으며, 소프트웨어 코딩 룰 작성 및 적용, 정적/동적 분석 작업을 통해 구현된 설계의 안전성 품질을 보장하였다.
 - 시험단계: 모듈단위 시험, 소프트웨어 통합 시험, 하드웨어와 소프트웨어 통합 시험, 소프트웨어 요건 시험, 시스템요건 시험 등 단계별 단위 시험 및 통합 시험을 수행하였고, 시험 결과를 ISA를 통해 검증 받았다.
 - 검증단계: 개발, 설치, 운용 등 모든 단계에서의 활동이 국제표준규격에 따른 라이프사이클에 따라 수행되고, 이를 증빙할 수 있는 산출물들이 생성되고 평가되었음을 확인 검증하여, 개발된 제품이 안전 무결성 등급 SIL3, SIL4에 해당함이 ISA에 의해 증빙될 수 있도록 하였다.
-

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 국내 스크린도어 안전성 향상을 위한 기술 기준 적용

- 과제 시작 전, 국내 스크린도어 사업에서는 외국 스크린도어 사업에서 적용되는 안전성 국제 기술 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)이 적용되지 않아서, 이 기술 기준 적용 여부의 제 3자 평가에 의한 SIL 인증이 요구되지 않았음.
- 현재는 국내 스크린도어 사업에서 SIL 인증을 제품 사양으로 요구하게 됨. 제품 SIL3 수준의 인증이 기본 사양이 되어 가고 있음.
- 해외 스크린도어 사업의 경우 SIL4 까지 요구하는 경우도 많으며, 제품 SIL 인증이 아닌 제품이 역사에 적용되어 운용될 때의 안전성을 보장하는 더 넓은 범위의 특정 적용 SIL 인증을 요구하고 있음.
- 본 과제에서는 가장 최상위 등급인 SIL4 수준으로 특정 적용 SIL 인증을 수행하여 해외 사업에 충분히 대응할 수 있는 기술을 확보하였음.
- 개량화 스크린도어 제품이 설치된 대구 다사역에서 상업 운전을 계속 진행할 것이므로, 국내 안전성 기술 기준 상향 시 참고역사로서 역할을 할 수 있음.

○ 호환성 향상을 통한 해외 사업 확대

- 과제 개발품이 국내 국외 스크린도어 사업에서 요구되는 사양을 거의 포함하고 있으므로, 스크린도어 신규 혹은 교체 사업에 기능적으로 대응이 어렵지 않도록 하는 수준의 연구 성과를 도출함
 - RAM, SIL 목표 만족을 위한 분석 기법, 검증 기법 기술 보유로 스크린도어 사업에서 필요로 하는 기술적 대응 체계가 수립됨
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 국토교통부가 발표한 노후화 스크린도어 개량 사업(구동부 및 그 제어장치와 S/W)과 스크린도어 안전시설 보강 사업에 적용
- 연구성과물을 다른 口역사에 적용시 개량화 사업비 및 유지보수비 20% 절감
- 주요 제어기는 착탈식 구조로 유지보수시간(30분 이내) 최소화
- 스크린도어 사망사고 제로화 기여
- 해외 및 국내에서 요구하는 다양한 기술을 반영한 PSD 시스템 확보

구분(정량 및 정성적 성과 항목)			연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE		매년 목표치
	비SCIE		-
	계		-
국내논문	SCIE		-
	비SCIE(KCI 포함)		7
	계		7
특허출원	국내		2
	국외		-
	계		2
특허등록	국내		3
	국외		-
	계		3
인력양성	학사		-
	석사		-
	박사		-
	계		-
사업화	상품출시		-
	기술이전		2
	공정개발		-
제품개발	시제품개발		4
비임상시험 실시			-
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	-
		2상	-
		3상	-
	의료기기		-
진료지침개발			-
신의료기술개발			-
성과홍보			4
포상 및 수상실적			2
정성적 성과 주요 내용			• 노후화 스크린도어 개량화 설계 및 설치 • 철도 안전무결성 기준(IEC62278, IEC62279, IEC62425)을 만족하는 개량 스크린도어의 안전성 보장 • 개량 스크린 도어 운영자 시험을 통한 신뢰성 확보

참고문헌

1. 시사저널 (2016), 서울 지하철이 늘었다.
2. 국토교통부 (2017), 승강장안전문 안전종합대책
3. 서울교통공사 (2016), 스크린도어 장애 발생 빈도
4. 한국교통연구원 (2017), 승강장안전문 무재해 달성을 위한 세미나
5. 서울도시철도공사 (2012), PSD 신뢰성 분석과 가용성 재고 방안
6. 구의역 사고진상 위원회 (2016), 구의역 사고조사 보고서
7. 동양뉴스통신 (2016), 서울시 자료제공
8. QYR Machinery & Research Center (2016), Global Capacity Market Share of PSD Major Manufactures (2016)
9. IEC 62278 Railway applications The specification and demonstration of Reliability
10. IEC 62279 Railway applications Communications, signalling and processing systems Software for railway control and protection systems
11. IEC 62425, Railway applications Communications, signalling and processing systems Safety related electronic systems for signalling
12. IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems
13. engineering Safety Management: The yellow Book
14. EN50121, Railway applications – Electromagnetic compatibility
15. EN50125, Railway applications – Environmental conditions forequipment

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 “2017 철도기술연구사업의 노후화스크린도어 개량화기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장검증” 연구개발 과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.