

16CTAP
-C0867
44-03

인
도
네
시
아

계
전
기

기
반

연
동
장
치

개
발

최
종
보
고
서

2017
국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

교
통
사
업
본
부

철
도
실

인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발 R&D Report

보안 과제(), 일반 과제(√) / 공개(√), 비공개()
국토교통기술촉진연구사업 제3차 연도 최종보고서

R&D /
16CTAP-C086744-03

인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발

최종보고서

2017. 08

주관연구기관 / 철도신호사업연구조합
공동연구기관 / (주)혁신전공사
공동연구기관 / PT.INTI

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 (국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발’(연구개발 기간 : 2014. 11. 07~ 2017. 05. 28) 과제
의 최종보고서를 제출합니다.

2017.08.

주관연구기관명 : 철도신호사업연구조합 (연구책임자) 이 기 서



공동연구기관명 : (주)혁신전공사 (연구책임자) 강 신 주



공동연구기관명 : PT.INTI (연구책임자) PARWITO

(인)

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	16CTAP-C08674 4-03	해당 단계 연구 기간	2016.02.29.~ 2017.05.28	단계구분	3차년도(해당단계)/ 3차년도(총단계)
연구사업명	중사업명	철도교통기술			
	세부사업명	철도신호통신기술			
연구과제명	대과제명	인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발			
	세부과제명	인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발			
연구책임자	이기서	해당단계 참여 연구원 수	총: 16 명 내부: 16 명 외부: 0 명	해당단계 연구개발비	정부:300,000 천원 기업:113,600 천원 정부 외: 0 천원 계:413,600 천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 16 명 내부: 16 명 외부: 0 명	총 연구개발비	정부:700,000 천원 기업:280,220 천원 정부 외: 0 천원 계:980,220 천원
연구기관명 및 소속 부서명	철도신호사업연구조합			참여기업명 (주)혁신전공사	
국제공동연구	상대국명:인도네시아			상대국 연구기관명:PT. INTI	
1차년도				보고서 면수	
■ 인도네시아 환경 적합성 검토 및 요구사항 분석 ■ 국내·외 계전기기반 연동장치의 설계사양 분석 ■ 특허 회피전략 및 무효화전략 수립 ■ Fail-safe를 기반으로 하는 하드웨어의 기본 및 상세설계					
2차년도					
■ 소프트웨어 상세 설계를 인도네시아와 공동개발 ■ 시스템간 통신 프로토콜 분석 및 개발 ■ 제어 및 현시 알고리즘 개발 ■ 신호 시스템 간 인터페이스 연구 ■ 모듈, 하우징 시제품 제작 및 실험실 시험 ■ 시뮬레이터 시험 및 로그수집 ■ 모니터링 시스템 설계 및 제작					
3차년도					
■ 개발품에 대한 성능시험 기준 제시 및 통합시험 절차서 작성 ■ 인도네시아팀과 합동으로 연동장치 통합시험(인터페이스 시험 포함) ■ 현장적용 성능시험 및 평가					

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	열대기후인 인도네시아에서 운영하기 위하여 국내에서 사용하는 제품보다 고온과 습도에 지장을 초래하지 않는 소자를 사용하여 신뢰성 높은 제품을 개발하며 결함 허용을 위한 이중계구조와 Dual-standby 구조의 하드웨어를 기반으로 정거장과 폐색구간에 있는 각종 장치와 인터페이스를 용이하게 하고, 안전운행을 위하여 Fail-safe 기능이 강화된 계전기기반 연동장치시스템을 개발하여 기술이전을 한다.				
연구개발성과	개발품에 대한 성능사양 제시 및 통합시험 절차서 작성, 인도네시아팀과 합동으로 현장설치 및 연동장치 통합시험(인터페이스 시험 포함), 현장적용 성능시험 및 평가 수행				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	국내에서 제작/생산되어 설치 운영중인 전자연동장치를 인도네시아 환경과 요구사항을 만족시키고, 제작비용도 저렴하게 하기 위하여 소형화 및 모듈화하였고, 연동로직 또한 안전성과 신뢰성이 높은 소프트웨어로 공동 개발하였다. 새롭게 개발된 제품은 인도네시아뿐만 아니라 국내에서도 적용할 수 있도록 전자연동장치의 안전성과 신뢰성을 국제규격에 부합하도록 진행중이다. 따라서 이런 내용을 감안하면 새롭게 개발된 인도네시아용 계전기 기반 전자연동장치는 동남아를 비롯한 외국시장에 대한 국내 연동장치의 수출에 경쟁력이 생겨 일석이조의 효과를 얻을 수 있다.				
핵심어 (5개 이내)	계전기기반 연동장치	신뢰성	안전성	가용성	유지보수성

영문 요약문

Purpose & Contents	To operate in Indonesian tropical climate, we develop high reliable products which isn't affected by high temperature and humidity by using devices that compare to original Korean Interlocking. The system facilitates interface between stations and various devices in block section based on Dual-system structure for fault tolerant and Dual-standby hardware. For safe operation, we develop Relay Based Interlocking System with improved Fail-safe function, then the System technology will be transfered.				
Results	Provided performance specifications and Preparation of integrated test procedures for developed products, In conjunction with the Indonesian team, On-site installation and integrated test of Interlocking System(including interface test), On-site application of performance test and evaluation				
Expected Contribution	We have miniaturized and modularized the Electronic Interlocking device which is manufactured / produced and installed in Korea to meet the Indonesian environment and requirements. For make lower production cost, the interlocking logic is also jointly developed with high reliability and reliable software. Newly developed products are in progress to meet the international standards for safety and reliability of Electronic Interlocking devices so that they can be applied not only in Indonesia but also in Korea. Therefore, come to think of these contents, the Interlocking System which is newly developed Relay Based for Indonesia, can succeed in killing two birds with one stone about exporting of foreign market including Southeast Asia.				
Keywords	Relay based Interlocking System	Reliability	Safety	Availability	Maintainability

< 목 차 >

제 1 장. 연구개발과제의 개요	1
1. 연구개발 목적	1
2. 연구개발의 필요성	1
가. 장비의 다양성	1
나. 열대 환경	1
3. 연구개발 범위	1
가. 1차년도 연구개발 범위	2
나. 2차년도 연구개발 범위	2
다. 3차년도 연구개발 범위	3
제 2 장. 국내외 기술 개발 현황	5
1. 국내 철도기술 현황	5
2. 국내 연동장치 사용 현황	5
3. 국내연동장치의 기술 동향	6
4. 국외 철도기술 현황	6
제 3 장. 연구 수행 내용 및 성과	8
1. 1차년도 연구수행 내용 및 성과	8
가. 인도네시아 환경적합성 검토	8
나. 인도네시아 요구사항 분석	10
다. 인도네시아 철도환경 분석	11
라. 인도네시아 견본역(Pilot Station)	18
마. 연동장치 설계사양 분석	19
바. Software 기본설계	32
사. Hardware 기본설계	41
2. 2차년도 연구수행 내용 및 성과	55
가. S/W 상세설계 개발	56

나. H/W 상세설계 개발	59
다. 모니터링 시스템 설계 제작	68
라. 제어 현시 및 로직 시스템	70
마. 연동시험	73
바. 시제품 시험 절차서 작성	73
사. 시제품 제작 및 시험	80
3. 3차년도 연구수행 내용 및 성과	85
가. 성능시험 기준 및 통합시험 절차 작성	85
나. 연동장치 통합시험	91
다. 현장적용 및 성능시험 평가	96
라. 기술적 비교	105
마. 기타 성과	106
제 4 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	111
제 5 장. 연구개발성과의 활용계획	112
제 6 장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	115
제 7 장. 연구개발성과의 보안등급	118
제 8 장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	119
제 9 장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	119
제 10 장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	119
제 11 장. 기타 사항	119
제 12 장. 참고 문헌	119

제 1 장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

인도네시아 철도는 Siemens(독일), Ansaldo STS(이탈리아), Westinghouse(영국), Alstom(프랑스) 등 다양한 모델의 연동장치를 운영함으로써 시설개량 유지보수 등에서 많은 애로사항을 겪고 있다. 우리나라도 국철 등 일반철도의 경우 국내에서 연동장치를 개발하여 운영하고 있으나, 일부 지하철과 경전철은 건설 프로젝트 단계에서부터 시스템 단위로 해외의 연동장치를 채택하여 운영하고 있다. 우리는 이번 과업에서 국내에서 안정적으로 운영되고 있는 우리의 연동장치를 인도네시아의 산업과 철도 환경에 적합한 그들의 고유 시스템으로 개발하여 신호시스템의 안정적인 운영을 도모하고, 핵심기술을 수출하여 동남아 철도시장에서 우리의 기반을 다지고자 한다.

2. 연구개발의 필요성

인도네시아 철도는 고객의 열차운영의 수요가 매년 증가하는 상황이므로, 열차운행수의 증가가 필요하다. 고객은 더 빠르고 효율적인 열차운영서비스를 원하지만, 기계식 신호시스템은 많은 열차운행에 적합하지 않다. 그렇기 때문에 전기(전자) 신호시스템을 이용하여 기계식 신호시스템을 교체해야 한다. 그러나 전기(전자)시스템의 설치에 몇 가지 문제점을 발생시킬 수 있다.

가. 장비의 다양성

인도네시아에서 전기(전자) 신호시스템은 다른 나라의 몇 가지 타입의 연동 시스템 기술을 채택하여 사용하여 왔다. 이런 다양한 종류의 신호시스템은 유지보수를 요하는 현장설비의 다양화를 야기하고, 설비의 다양성은 많은 신호 제조업체의 국가에서 예비품의 구입을 어렵게 만든다.

나. 열대 환경

전기 신호시스템을 구성하기 위해 각기 다른 환경 조건을 고려해야 하며 이러한 환경 요인은 전기 신호장비의 장애발생 원인 중 하나로 나타난다. 특히 전자기반의 VPI, SSI 및 Westrace 시스템은 릴레이 기반의 연동장치와 비교했을 때 잦은 장애를 발생하며, 이런 장애는 인도네시아의 열대환경 때문에 야기되는 경우가 많다. 온도, 강수량, 습도, 낙뢰 등의 환경 조건은 신호장비의 직접적인 손상은 물론 피로도의 증가로 고장의 원인이 되며, 그 중 가장 주요한 환경적 요인은 낙뢰로 볼 수 있다. 우리나라에서는 일부 지하철, 국철 등 일반철도에 국내 업체들이 개발한 연동장치를 도입하여 안정적으로 운영하고 있다. 그러나 국내업체들이 개발한 연동장치를 해외로 수출하기 위해서는 많은 어려움이 있다.

따라서 인도네시아 고온, 고습, 낙뢰가 많은 등 자연환경에 적합하고 인도네시아 철도운행 요구사항을 수용하며 안전운행을 도모하는 Fail-safe 기능이 강화된 계전기기반 연동장치를 개발하여 인도네시아 철도에는 안정적인 고유 시스템을 도입하게 되고 국내철도업체는 인도네시아 나아가 동남아로 진출하는데 꼭 필요한 기술을 확보할 수 있어 이번 과제는 국내업체와 인도네시아 철도에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

3. 연구개발 범위

본 연구개발 기간은 총 3년으로 각 년차별 연구개발 범위는 다음과 같다.

가. 1차년도 연구개발 범위

연구 범위	구체적인 연구 내용
인도네시아 환경적합성검토 - 인도네시아 환경 적합성 검토 및 분석	-인도네시아 온도, 습도 낙뢰등 환경적합성 조사 분석
인도네시아 요구사항분석 - 인도네시아 철도 요구사항 분석	- 인도네시아 철도신호시스템 요구사항 조사 분석
인도네시아 철도환경 분석 - 인도네시아 철도관련 기관 및 인프라 소요 계획 조사	- 인도네시아 철도운영 현황 및 인프라 계획 조사 분석 - 인도네시아 견본역(Pilot Station)조사 분석
연동장치 설계사양분석 - 국내 · 외 계전기기반 연동장치의 설계사양 분석	- 연동장치 설계사양 분석
S/W기본설계 - 인도네시아용 계전기기반 연동장치에 사용되는 소프트웨어를 개발하여 여러 단계 중 기본 설계를 구성	- 인도네시아용 계전기기반 연동장치에 필요한 소프트웨어인 표시화면 구성과 연동DB를 생성하는 편집기, 표시부/유지보수부용 MMI(Men Machine Interface)프로그램, 임베디드용 소프트웨어인 메인 연동소프트웨어로 기본설계를 구성
H/W기본설계 - 2중계, Hot-standby, Fail-safe	- CPU 2 out of 2 구조설계 - Fail-safe를 기반으로 하는 하드웨어의 기본 및 상세설계

[표 1. 1차년도 연구개발 범위]

나. 2차년도 연구개발 범위

연구 범위	구체적인 연구 내용
S/W 상세설계 개발 - 입출력 Fail-Safe 동작 구현 - 이중계 처리	- 이중계의 입력이 상이할 경우 안전측 동작 기능 구현 - 이중계의 처리한 출력이 상이할 경우 안전측 동작 기능 구현 - 이중계 정상 동작일 경우 처리 알고리즘 구현 - 장애시 단일계 동작 알고리즘 구현
하드웨어 상세설계 개발 - I/O 카드 링방식 액세스 - Fail-Safe 및 Hot-Standby 방식 이중계 구성	- 각 단일계에서 I/O 카드를 링방식으로 액세스하여 유지시 끊임없이 액세스 가능하도록 구현 - 안전측으로 동작하는 Hot- Standby 방식으로 이중계를 구현
모니터링 시스템 설계 제작	- 편집기를 이용하여 연동DB와 화면을 구성하고 모니터링

- 톨을 이용한 연동DB 및 화면 작성 - 연동DB와 화면검사 - 지속적인 모니터링 시험	- SW에서 로딩하여 사용도록 구현 - 시뮬레이터를 사용하여 연동DB 및 맵파일을 검증 - 스위치박스(시뮬레이터 톨)를 이용하여 궤도점유상태, 신호기상태 및 기타 장치상태를 지속적으로 모니터링 시험 진행
제어 현시 및 로직 시험 - 연동DB 생성 - 제어 현시 알고리즘 구현 - 톨을 이용한 시험	- 편집기로 기기 및 기능에 관한 연동DB 작성 - 입력부터 출력까지의 처리 알고리즘을 구현 - 스위치박스 및 신호기모듈을 이용하여 제어부터 현장출력까지의 기능 시험
연동시험 - 한국철도표준규격(KRS 0015 14R)에 근거함	- 규격에 근거하여 연동검사 체크리스트를 작성 - 체크리스에 근거하여 기능 검사 후 결과보고서 작성
시제품 시험 절차서 작성 - 정적/동적 시험 절차서 - 시제품 구성방안 제시 - 각 시험의 주요 내용 제시	- 시제품의 장치 별 구성방안을 제시 및 제작 - 정적/동적 시험 절차서 작성 - 각종 시험별 범위 및 준수사항을 제시
시제품 제작 및 시험 - 시제품 제작 - 시험절차서에 따른 시험	- 시제품 제작 : 연동논리부, 표시제어부, 유지보수부, 계전기랙, 분선반랙 - 시제품 시험 : 시험절차서에 따른 연동시험 및 정적시험

[표 2. 2차년도 연구개발 범위]

다. 3차년도 연구개발 범위

연구 범위	구체적인 연구 내용
성능시험 기준 및 통합시험 절차 수립	- 인도네시아 공인시험 조사 및 연구 - 한국 공인시험 조사 및 연구 - 성능시험 ITP/ITC 검사표 작성 - 통합시험 절차 수립
연동장치 통합시험	- 통합시험 절차에 근거하여 통합시험 진행 - 한국 공인시험 진행
현장 설치	- 연동장치 및 기타 장비 인도네시아로 배송 - API/PT INTI 연동장치 설치 및 결선 - API/PT INTI 신호기, 선로전환기, 엑셀카운터 등 기타 장비 설치 및 결선

현장 적용 및 성능 시험 평가	- 현장설비 인터페이스 시험 - IPT/ITC 점검표에 근거하여 성능 점검
------------------	--

[표 3. 3차년도 연구개발 범위]

제 2 장. 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 철도기술 현황

국내 철도기술은 1992년 경부고속철도 착공시에는 토목과 궤도 설비뿐만이 아니라 신호와 차량 통신 그리고 전철분야에 이르기까지 많은 선진기술이 도입 되었으나, 이에 상응하는 자립기반을 구축할 수 있는 충분한 시간과 투자 및 체계적인 연구개발이 뒤따르지 못하여 많은 부분을 국산화 하고 있지만 아직까지도 일부는 선진기술에 의존하고 있고, 차량과 시스템 엔지니어링 분야나 핵심 부품의 설계 및 소프트웨어 부문은 원천기술의 상당부분을 외국기술에 의존하고 있는 실정으로 국내 철도기술의 동향은 다음과 같다.

국내 철도 기술 동향	
• 철도용품 및 장치의 표준화	• 고속철도 관련 기술 개발
• 차량 관련 기술 개발	• 경량전철 관련 기술 개발
• 대륙 철도 연계 기술 개발	• 분산형 전자연동장치 개발

[표 4. 국내 철도 기술 동향]

2. 국내 연동장치 사용 현황

연동장치 분야는 지하철과 고속철도의 경우는 턴키 형태로 차량 및 연동장치와 소프트웨어 등이 일괄적으로 외국시스템이 도입되었으나 국철의 경우 국내에서 개발된 장치로 문제점과 시스템의 개량을 통해 계속 발전되어 왔다. 현재 사용하고 있는 전자연동장치도 1993년도에 도입하여 개량을 거듭해 2002년부터는 매우 안정적으로 시스템으로써 자리잡고 있다.

그러나 아직까지도 기계연동장치(Machinery)와 전기계전연동장치(Relay) 및 전자연동장치(Electronics) 그리고 고속철도의 기기 분산형 전자연동장치가 운영되고 있어 유지보수 측면에서는 나름대로 어려움이 따르고 있다.

선 별	계	전자식	계전기식	기계식
계	496	407	81	2
고속선	16	16	-	-
경부선	70	70	-	-
중앙선	74	71	3	-
호남선	33	33	-	-
전라선	25	25	-	-
장항선	23	22	1	-
충북선	16	11	5	-
경전선	34	27	7	-

동해선	26	10	16	-
영동선	28	11	17	-
태백선	17	17	-	-
경북선	9	9	-	-
경인선	6	6	-	-
경의선	15	13	2	-
경원선	20	15	5	-
경춘선	11	11	-	-
교외선	3	-	3	-
과천선	5	3	-	-
분당선	11	11	-	-
일산선	8	4	-	-
안산선	6	6	-	-
대구선	5	2	3	-
기타선	51	30	19	2

[표 5. 국내 연동장치 설치 현황]

3. 국내연동장치의 기술 동향

국내에서 사용하고 있는 여러 연동장치 가운데 집중형 전자연동장치는 정부 표준규격으로 오랫동안 안전하게 운영되고 있으나, 최근에는 고속철도 건설구간에서 도입하여 사용하고 있는 분산형 전자연동장치의 형태로 확대 추진하고자 하는 움직임이 나타나고 있다.

고속철도 연동장치의 특성은 모듈이 TFM(기기별 특성화된 선로변 모듈)형태로 되어 있고 소규모 지역 단위로 처리하는 형태로 구성되어 있다. 그러나 고속철도의 연동장치는 비용이 많이 들 뿐만 아니라 기술이전도 쉽지 않아 국산화를 한다 하더라도 한꺼번에 전체적인 것을 교체한다는 것은 철도시스템의 특성상 안전성을 확보하기가 어려운 실정이다.

따라서 현재 오랜 기간 운영하여 안전성과 신뢰성이 확보되어 있는 기존의 전자연동장치에 성능개선과 인터페이스를 통해 보다 안정성 높은 시스템을 구축하는 데 관련 업계에서 노력을 하고 있다.

4. 국외 철도기술 현황

국외 철도기술의 추세는 350km/h이상 빠르고 대량수송을 할 수 있는 고속철도의 저변 확대와 그에 따른 차상장치 및 지상장치, 그리고 인터페이스의 표준화에 몰두하고 있으며, 고속철도 운행시간 3시간, 4시간 내외의 항공기 대체 교통수단으로 경제적인 열차제어시스템을 구축하기 위한 연합체로의 기술개발에 매진하고 있다. 현재 해외 열차제어시스템의 기술 개발 동향을 보면 다음과 같다.

국외 철도 기술 동향	
• 미래철도에 관한 연구개발	• 고속철도의차세대 기술개발
• CBTC 관련 상용화 기술 개발	• 대륙철도 연계 기술 개발
• 통합운영 관련 시스템 개발	• 무선운용 시스템 기술 개발

[표 6. 국외 철도 기술 동향]

제 3 장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 1차년도 연구수행 내용 및 성과

연구개발 범위	연구내용	연구결과	달성률 (%)
인도네시아 환경적합성검토	인도네시아 경제, 문화, 환경(온도, 습도) 등을 조사하여 인도네시아의 전반적인 환경에 적합성에 대한 조사	연구보고서 (별책1-1)	100
인도네시아 요구사항 분석	현재 인도네시아의 철도신호시스템 설치현황(ATP,ATO,CTC)등을 조사하여 국내 설치현황과 대비 분석하여 신호시스템에 대한 전반적인 요구사항을 분석하였음.	연구보고서 (별책1-2)	100
인도네시아 철도환경 분석	인도네시아 철도운영 및 건설현황, 철도관련법등을 조사하여 인도네시아의 철도환경에 대한 분석 및 조사를 하였으며 인도네시아 현지시험을 위한 견본역(Pilot Station)을 조사하였음	연구보고서 (별책1-3,1-4)	100
연동장치 설계사항 분석	국내외 연동장치의 분석과 현재시스템을 분석하여 개발시스템을 구성하였음	연구보고서 (별책1-5)	100
S/W기본설계	표시화면 구성과 연동DB를 생성하는 편집기, 표시부/유지보수부용 MMI 프로그램과 메인연동소프트웨어를 설계하였음	연구보고서 (별책1-6)	100
H/W기본설계	Fail Safe와 Hot standby에 입각한 연동논리부와 시스템을 구성하여 설계하였음	연구보고서 (별책1-7)	100

[표 7 . 1차년도 연구 수행 내용 및 결과]

가. 인도네시아 환경적합성 검토

인도네시아는 동남아시아와 오세아니아 사이에 위치한 주권국으로, 17,504개의 섬과 1,910,931.32 Km²에 달하는 면적을 가진 세계에서 군도가 가장 많은 국가이다.

● 지리

인도네시아 섬들은 2개의 대륙판이 해양저에서 충돌하는 라인을 따라 형성되어 있다. 그러한 결과로 섬들은 강한 화산섬의 성향을 띠고 있다. 실제로, 인도네시아는 지구 상의 어떤 나라보다도 많은 화산이 위치하고 있으며, 활화산 수가 약 220개에 달하고 있다.

● 문화

인도네시아 인구는 중국, 인도 및 미국에 이어 세계에서 4번째로 많은 인구를 가지고 있다. 인도네시아의 인구 다수는 농촌 지대에 거주하며, 이 중 대부분이 농업, 어업 또는 수공업 분야에 종사하고 있다. 인도네시아가 많은 섬들로 구성된 국가이지만, 인구의 90%는 5대 큰 섬들에

거주하고 있다. 인도네시아에서는 옥외 지역의 설치 메커니즘에 영향을 미칠 정도로 절도 범위가 심각한 수준으로 발생되고 있다는 점에 특별히 유의하여야 한다.

- 경제

경제활동의 동인은 주로 운송업으로부터 발생되고 있다. 운송은 경제활동 수단의 하나로서 많은 경우들에서, 물적 이동이 금융 거래를 선도한다는 점을 고려할 때, 운송 분야는 선행지표의 하나로 기능한다. 제품을 시장에 내다 팔아야 하는 관계로 만큼이나 운송 분야는 경제활동을 대변한다.

- 기후

인도네시아의 기후는 거의 모두 열대성 기후를 나타낸다. 인도네시아 지역의 81%를 차지하는 균일하게 따뜻한 해수 온도가 육지 온도를 상당히 일정한 수준으로 유지시켜 준다: 해안 평야의 평균 온도는 28° C 정도이며, 내륙과 산악지대의 평균 온도는 26° C 정도이고, 고산 지대의 평균 온도는 23° C 정도로 유지되고 있다. 계절별 온도 변화가 크지 않으며, 인도네시아의 계절별 일조시간 변화 정도는 상대적으로 적어서, 연중 일조시간이 가장 긴 날과 가장 짧은 날의 차이가 겨우 48분 정도에 불과하다. 이러한 기후는 작물이 연중 성장할 수 있도록 한다.

인도네시아의 환경 조건적 주요 지표는 아래와 같다:

- 기온

인도네시아에서 2007년 ~ 2012년 동안의 온도 변화 범위는 17.0oC(Sleman) ~ 38.80oC(Supadio) 정도이다.

- 습도

인도네시아의 상대적 습도 범위는 70% ~ 90% 정도이다. 탁월풍 패턴은 군도 전반에 걸쳐 강우량 면에서 상당한 차이를 나타내는 지역별 지형적 조건과 상호작용한다.

- 낙뢰

남태평양 지대에 위치한 인도네시아의 보고르(Bogor) 시는 낙뢰와 관련하여 세계적인 기록을 보유하고 있다. 1988년에 폭풍 일수가 322일, 즉 일주일에 6일 동안 발생하였다. 인도네시아에서, 특히 보고르 시에서 낙뢰 발생 빈도는 세계에서 가장 빈번한 수준으로 발생하고 있다. 현재의 기상 이변은 또한 자카르타 주변 해수면 위에서 고온의 구름 층이 산악지대로부터 형성된 차가운 구름 층을 만나 지역적 현상으로 발생되고 있다. 이러한 현상으로 낙뢰와 빠른 속도의 바람이 형성된다. 천둥과 번개 특성은 (이곳 지역에서) 가장 일반적인 기후 현상의 하나이다. 실제로, 지구는 초당 거의 100회 정도의 낙뢰 현상이 발생되고 있다. 뇌우는 고온의 여름철 동안 대기 중에서 발견되는 거대한 적란운 속에서 생성된다. 그러한 현상은 경이적이며, 그러한 폭풍우 속에서 생성되는 전기 에너지의 양은 많은 건물과 산림에 화재를 발생시키고, 정전, 항공기 피해의 원인이 될 수 있다. 낙뢰는 또한 전선을 통하여 컴퓨터에 손상을 일으킬 수 있다. 매우 습한 열대성 지대에서는 뇌우 현상이 가장 자주 발생한다.

인도네시아에서 장비 설치 시 고려하여야 할 몇 가지 조건적 요소는 아래와 같다:

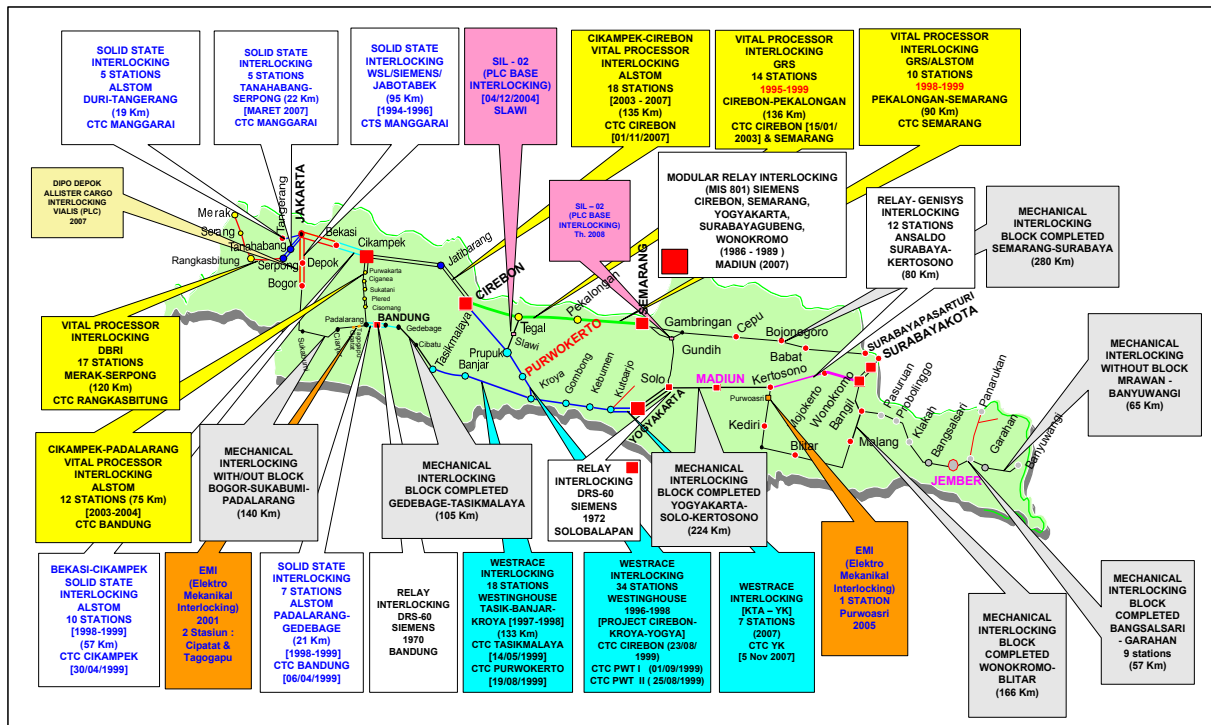
- a. 절도/도난
- b. 기온
- c. 습도
- d. 낙뢰

나. 인도네시아 요구사항 분석

현재까지, 인도네시아의 철도는 운영은 자바 섬과 수마트라 섬에서 오직 단일한 운영 기관으로서, 서부 자바 지역의 반둥(Bandung) 시에 본사를 두고 있는 PT. Kereta Api Indonesia(국영기업)이 관할하고 있다. 정부가 철도 기간 시설을 소유하고 있지만, PT. Kereta Api Indonesia(국영기업)가 신호장치, 레일 장비 및 교량 장비 등과 같은 인프라 장비에 대한 유지보수 작업을 담당하고 있다.

인도네시아 철도회사의 신호장치는 기계식 신호시스템과 전기식 신호시스템으로 구분되며, 자바 섬과 수마트라 섬에 보급되어 있다. 인도네시아에는 아래 지도에 표시된 바와 같이 다양한 주체들이 신호시스템을 설치하였다.

▶자바 섬에 설치된 신호시스템 지도◀



인도네시아에서 신호장치 설치 시 고려할 몇 가지 문제점은 아래와 같다:

- **장비의 다양성**
장비의 다양성으로 인하여 다수 신호장치 제조자 국가들로부터 예비용 부품을 조달하여 관리되어야 한다. 이러한 예비용 부품 조달 관리는 간단치 않으며, PT. Kereta Api Indonesia(국영기업)에서는 설치된 신호시스템과 유사한 신호시스템 방식을 조달하는 경향이 있다
- **열대 환경**
열대 환경 조건적 요소에는 기온, 강수량, 습도 및 낙뢰 등이 있다.
- **인적 자원의 능력과 교육**

다양한 운영 지역들에 대한 상이한 방식의 신호시스템은 다양한 지역들에 유지보수 직원들을 배치하는 면에 영향을 미치며, 특히 유지보수 직원들을 독려하고 교육시키는 면에 영향을 준다.

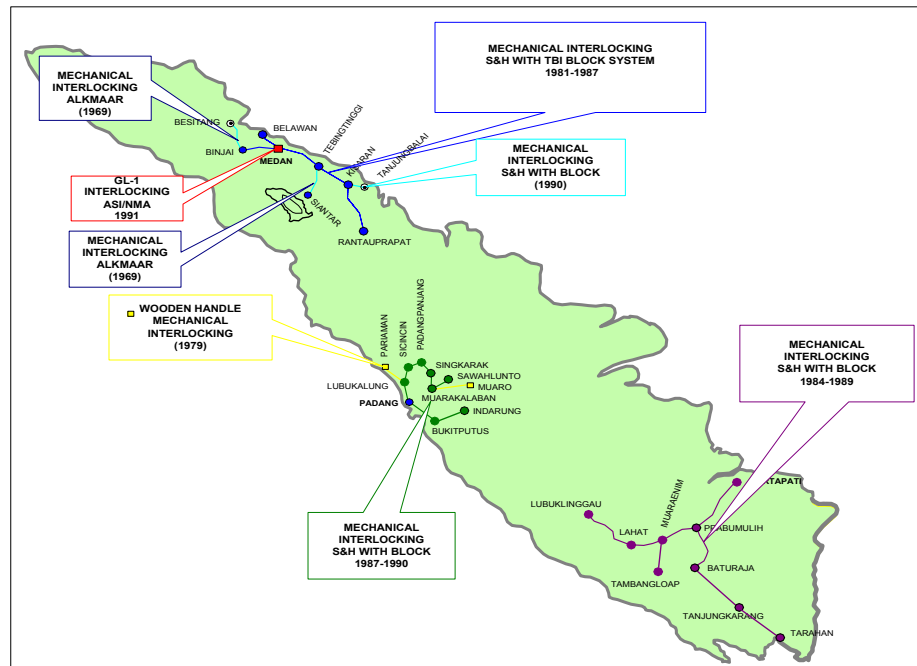
- 예비용 부품 수명과 이용 가능성

연동장치에 기초한 전자 (제품)의 수명은 보통 약 10년 정도이지만, 인도네시아에 설치된 장비의 수명은 예비용 부품에 대한 이용 가능성이 충분히 확보되어 있지 않은 관계로 설계 수명보다 짧다. 또한, 이러한 예비용 부품에 대한 이용 가능성이 제한됨으로 인하여 후속적으로 전반적 시스템 고장 면에 영향을 미치게 된다.

- 열차집중제어장치(CTC) 설치

인도네시아에서 열차집중제어장치(CTC)는 몇가지 운영에 대한 지원되지않는 요인으로 인하여 제대로 기능하지 않는다.

▶ 수마트라 섬에 설치된 신호시스템 지도 ◀



또한, 철도신호 보안장치의 기술규격에 관한 교통부 장관령 10호(2011년)에 따르면, 특히 전기신호 장치와 관련하여, 인도네시아에서 신호장치 설치를 위한 몇 가지 요건들이 명시되어 있다.

다. 인도네시아 철도환경 분석

철도법 no. 23/2007, 정부 규정 no. 56/2009와 no.72/2009이 공표됨으로써 인도네시아 철도 분야는 대규모적이면서 신속한 재개발 방안이 마련되었다. 인도네시아 철도는 정부의 독점 체제 하에 있지 않게 될 것이며, 따라서 철도는 다양한 수송체계, 지방 정부, 국영기업(SOE), 지방정부 소유 기업(LSOE), 또는 민간 부문을 통하여 공동적으로 또는 개별적으로 개발 활동이 수행될 수 있다. 철도 개발은 국가경제의 이동성과 관련하여 관련 시장에서의 철도 비중을 개선하고, 인도네시아 경제 개발과 관련하여 국가물류 및 유통시스템에서 중추적인 역할을 담당하도록 국유 철도산업과 서비스 산업을 현대화하는데 궁극적인 목적이 있다. 인도네시아의 철도 현황은 아래 도표와 같이 요약할 수 있다:

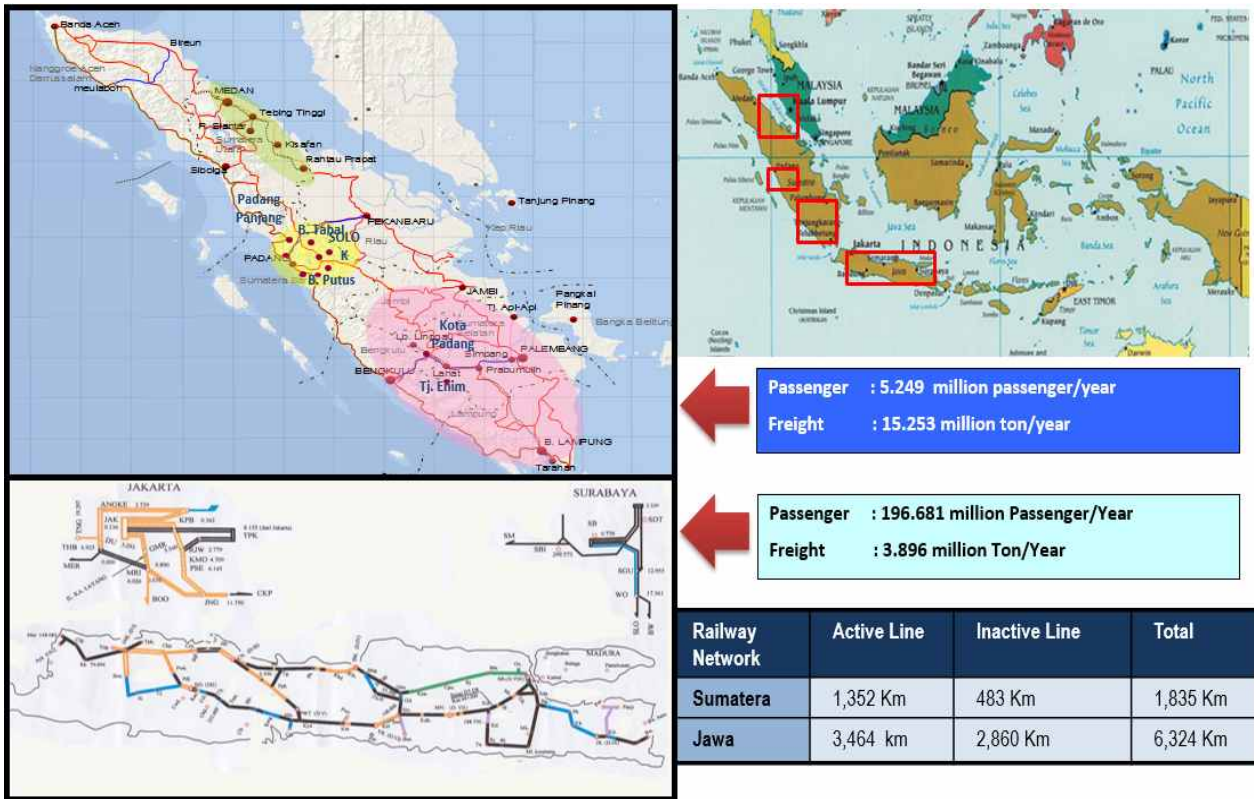
▶ 인도네시아 철도시스템에서 관련 기관의 역할 ◀

기관		역할	연관성
지배 기구	교통부(MOT)	- 운송 인프라 관련 국가 정책 수립 및 시행. - 운송 관할 및 규제.	
	철도총국	- 교통부 산하 기관; 주요 직무 - 철도 프로젝트 개발 관장 및 대중교통에서 철도 역할 증대 주도. 4개 부처: 철도 인프라부(인프라 및 네트워크 건설), 철도 수송부(수송, 네트워크 운용, 시간표 및 서비스), 철도안전부 및 철도 차량부.	교통부 산하
	DKI 자카르타 지방정부	자카르타 지역 개발 관련 제반 정책 주관.	
운영 기관	PT Kereta Api Indonesia (PT KAI)	정부 소유기관, PT KAI는 인도네시아의 철도(자바섬과 수마트라섬) 운영 담당; 다른 섬으로 확장 예정.	
	PTKAI Commuter Jabodetabek (KCJ)	PT KAI의 관계사이며, KCJ는 자카르타, 보고르, 드록, 탕에랑 및 브카시 지역에서 철로 노선을 가진 KRL Commuter Jabodetabek 운영 담당.	PT KAI의 관계사
	PT Mass Rapid Transit Indonesia (PT MRT Indonesia)	- 신규 설립된 회사로 지방정부소유기업으로 분류됨. - 자카르타에서 2017년부터 대량 고속수송열차 운영 예정.	
납품 업체	PT Industri Kereta Api (INKA)	철로 및 육로 수송 차량 지방 제작업체: 화차, 열차 및 차량 포함.	PTKAI와 KCJ 의 협력업체
	PT Len Industri (PT LEN)	- 다양한 산업용 전자장비 지방 제작업체. - 관계사인 PT LEN Railway Systems에서 인도네시아 철도 일부 구간에 대한 신호시스템 장비 도입 및 유지보수 담당.	철도신호 시스템 지방 협력업체
	PT Industri Telekomunikasi Indonesia (PT INTI)	- 다양한 산업용 전자장비 지방 제작업체. - 인도네시아 철도 일부 구간에 대한 신호 및 통신시스템 도입 및 유지보수 담당.	철도신호 및 통신 시스템 지방 협력업체

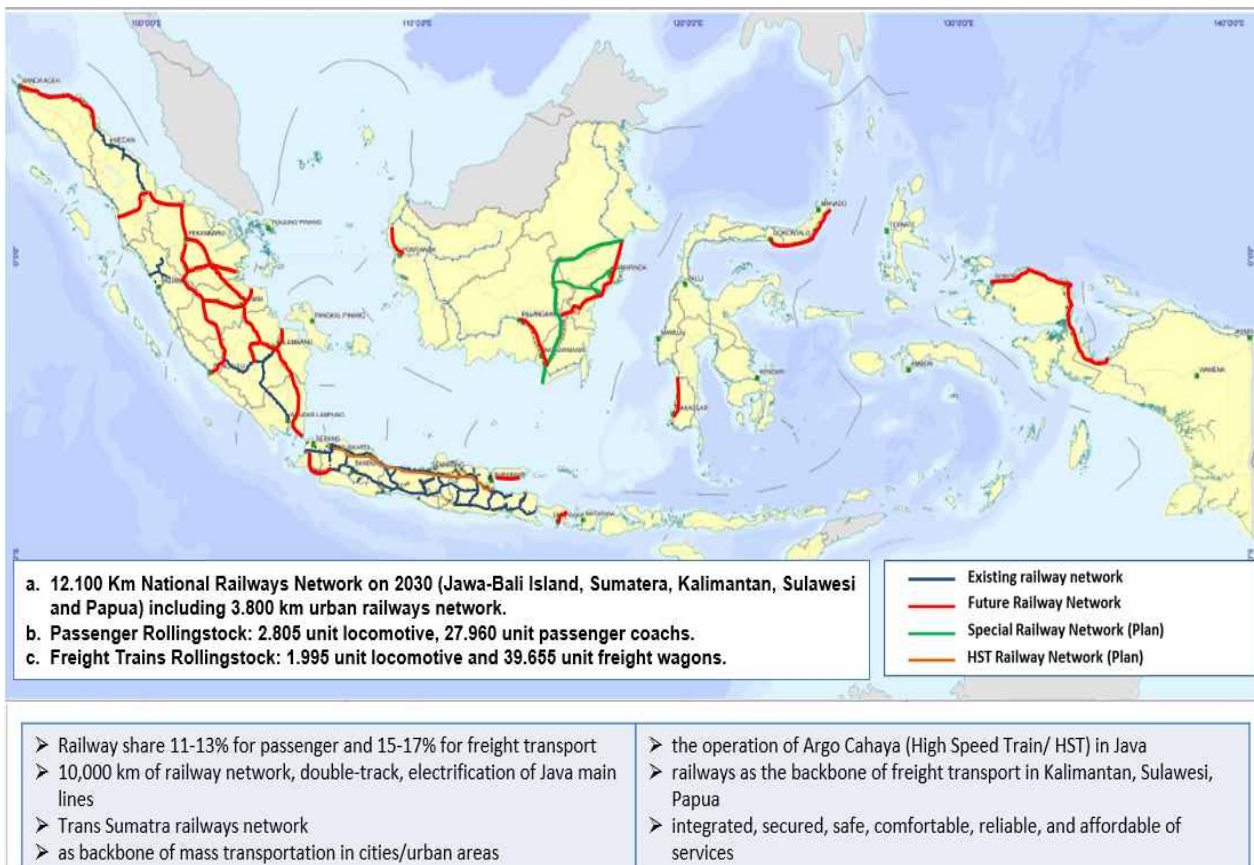
인도네시아 철도 부문의 향후 계획에 관한 내용은 법률 no. 23/2007의 7조 내지 12조에 따라 수립된 국유 철도기본계획(NRMP)을 참조할 수 있다. 동 법률 7조에는 국유 철도 수요를 다른 교통 수단으로 통합될 수 있도록 NRMP을 수립하도록 명시하고 있다. NRMP에는 아래와 같은 원칙들이 규정되어 있다:

- 제반 다른 교통 수단의 테두리 안에서 국유 철도의 정책 방향과 역할 (정립)
- 국가적 수준에서 출발지와 목적지에 기초한 승객과 화물 이송 체제 확립
- 국유 철도 인프라 소요 계획
- 국유 철도 개선 방안 계획(Java-Bali, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Papua 등 섬에 12,000km 건설예정, 이 중에는 3,800km 구간의 도시형 메트로도 포함됨)

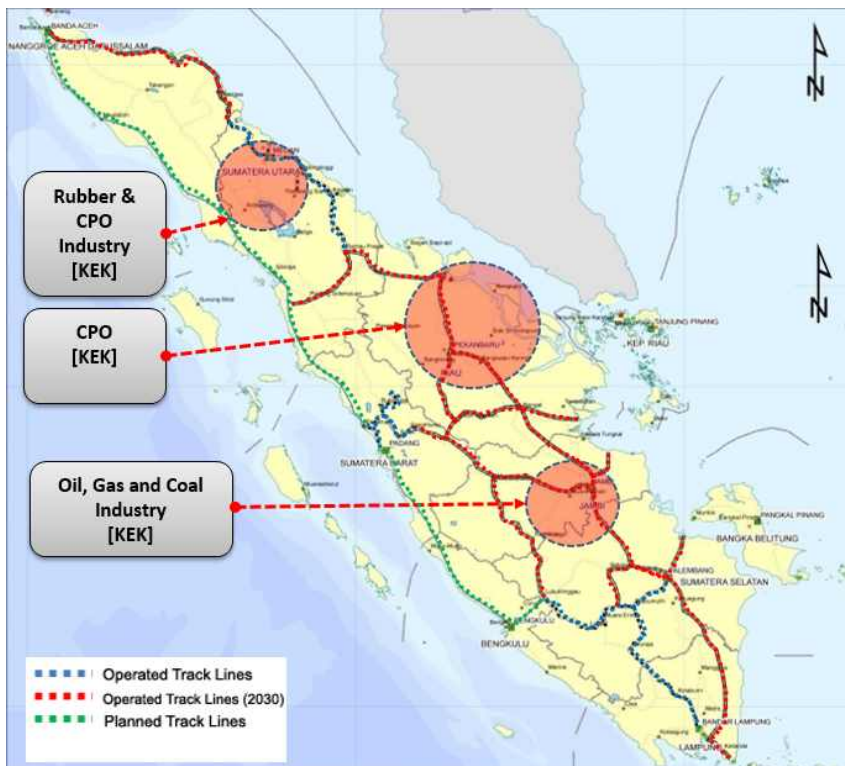
• 기존 철도망 현황(2015)



• 철도망 계획(2030년)



• Sumatera Island(수마트라 섬)

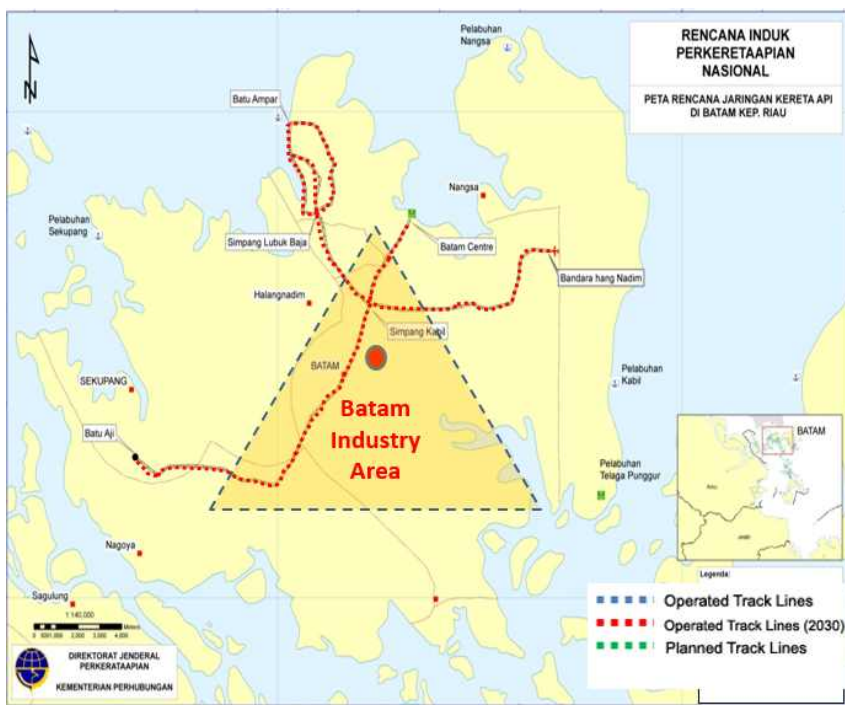


Sumatera Rail Network plan in 2030 to be **2,856 Km**

Target in 2030:

- **Developing intercity railways network:** Aceh, Medan, Pekanbaru, Padang, Jambi, Palembang, Bandar Lampung.
- **Developing urban railways network:** Medan, Pekanbaru, Padang, Palembang, Bandar Lampung and Batam.
- **Developing access to airport:** Kualanamu, Minangkabau, Sultan Mahmud Badarudin Dua and Hang Nadim.
- **Developing access to seaport:** Lhokseumawe, Belawan, Dumai, Tanjung Api-api, Dumai, Teluk Bayur and Panjang.

• Batam Island (바탐 섬)



Batam Island Rail Network Plan in 2030 to be **44 Km**

Target in 2030:

- Rail Network connecting central indutry area and airport and seaport.
- Developing airport train (Hang Nadim Airport)

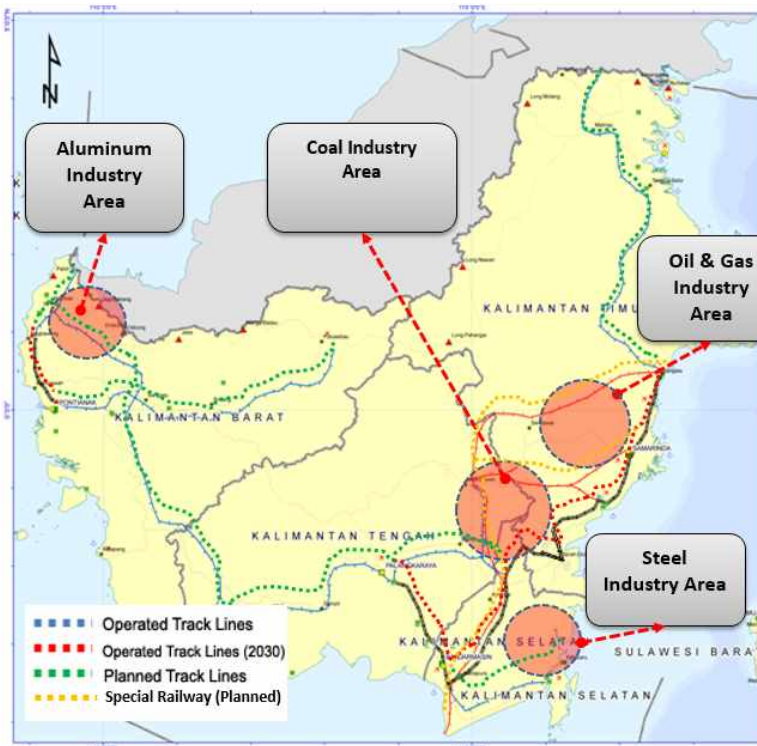
• Java Island (자바 섬)



• Bali Island (발리 섬)



• kalimantan Island (카리만탄 섬)

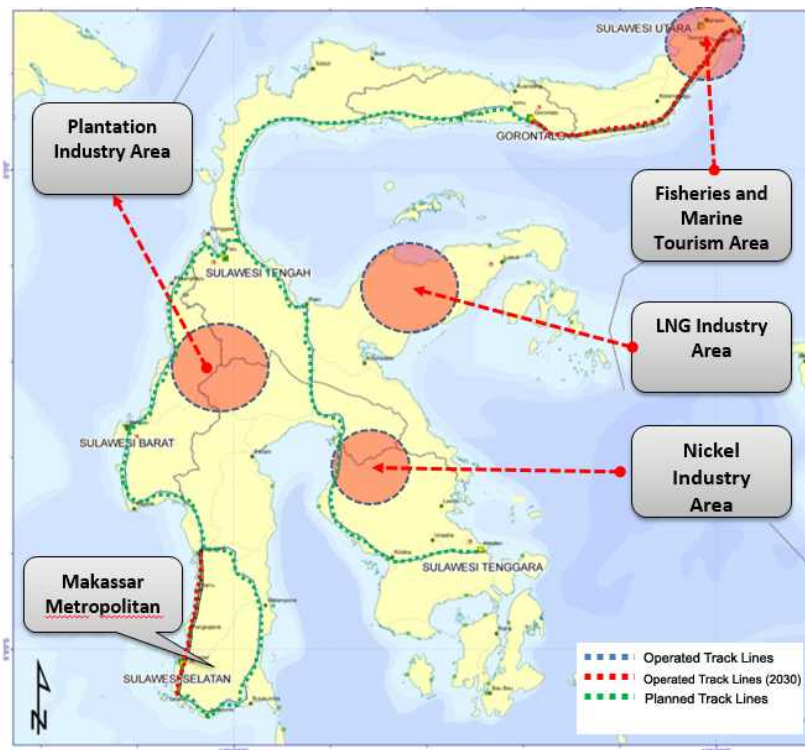


Kalimantan Rail Network Plan in 2030
to be **1,400 Km**

Target in 2030:

- **Developing intercity railways network:** Banjarmasin-Balikpapan-Samarinda-Bontang-Tenggarong-Kotabangun, Banjarmasin-Palangkaraya, Pontianak-Mempawah-Singkawang;
- **Developing railways network from mining area to seaport:** Samarinda, Balikpapan and Banjarmasin;
- **Railways network with coal potency:** Puruk Cahu – Bangkuang, Bangkuang – Lupak Dalam, Kudangan – Kumai, Muara Wahau – Lubuk Tutung, Bontang – Sangkulirang – Tanjung Redep, Tanjung Barabai – Martapura – Banjarmasin, Tanjung – Buntok – Muara Teweh.

• Sulawesi Island (술라웨시 섬)

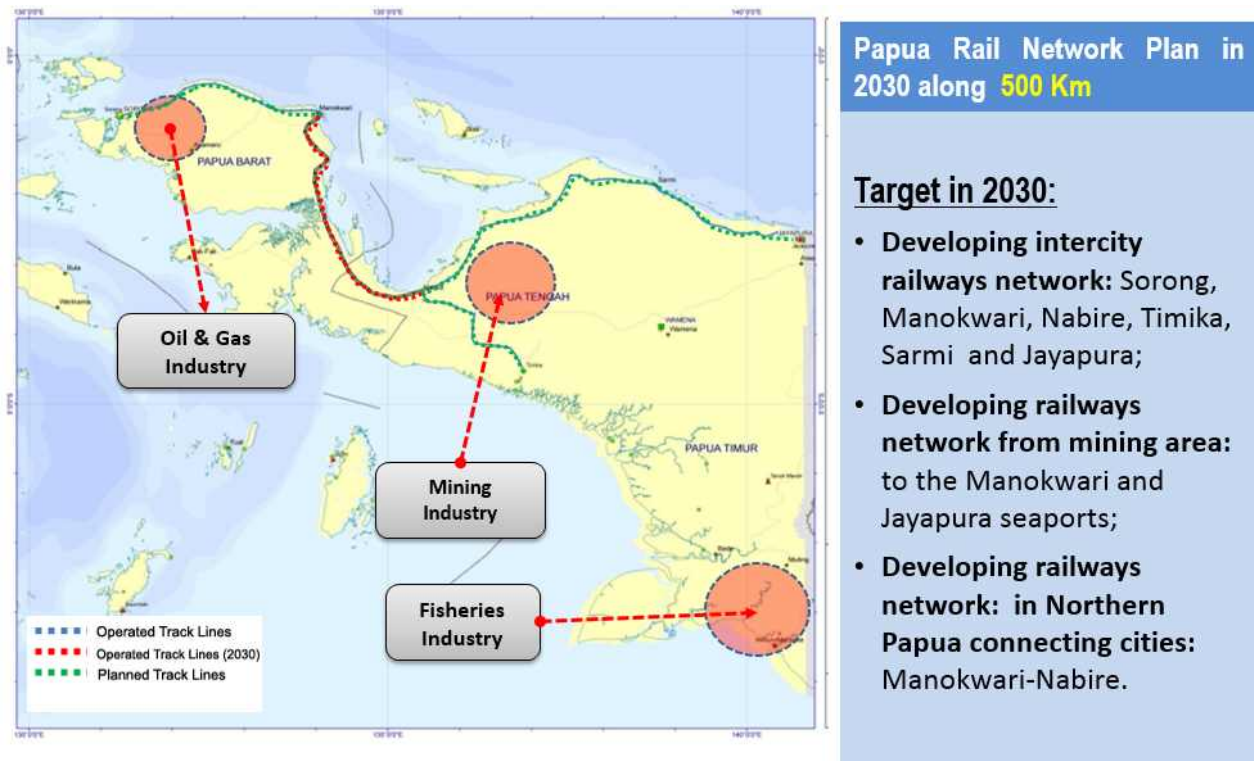


Sulawesi Rail Network Plan in 2030
to be **500 Km**

Target in 2030:

- **Developing intercity railways network:** Gorontalo, Manado, Bitung (North Sulawesi) also Parepare, Makassar, Bulukumba and Takalar (South Sulawesi);
- **Developing regional railway network:** Makassar, Maros, Sungguminasa and Takalar (Mamminasata);
- **Developing urban railways network:** Makassar and Manado;
- **Hasanudin airport railways;**
- **Developing access to seaport:** Bitung and Makassar.

• Papua Island (파푸아 섬)



○ 인적자원 수요계획

따라서, 인도네시아의 철도 정책은 아래와 같이 요약 설명할 수 있다:

- 인도네시아는 철도 운영 분야에서 2011년부터 2030년까지 장기 전략을 수립하였다.
- 처음 5개년 실행 (계획에서는) 투자 분야에 많은 진전을 도모할 예정이다. 민간 기업과 자카르타 내에 인프라를 개발하고, 철도 서비스 공급을 위한 PT MRT Jakarta로 명명된 합작투자회사를 구성한 자카르타 지방정부와 같은 지방정부로부터의 투자 등의 몇 가지 사례가 있다.
- 안전 측면에서, 현재 운용되는 모든 인프라와 차량에 대하여 교통부가 발표한 안전 기준을 충족시키도록 인증하는 방안에 일부 진전을 도모한다.
- PT Kereta Api Indonesia(국영기업)의 정부 의존적 기업 형태에서 인도네시아 내에서 이윤을 추구하는 기업 형태로 전환한다.
- 기술 이전 측면에서, 철도 정책은 지원 측면에 한하여 국내기업에 적용되지만, 또한 거대한 국제기업에 대해서도 절대 우위권을 가진다.

공공적으로 운영되는 철도 운영 교육과정을 개설한 특정 교육훈련 시설이 없다.

인도네시아에서 사용하는 전자기기의 장비들은 220VAC와 50HZ를 사용중에 있으며

현재 운영중인 장비의 입력전압 및 전류는 다음과 같다.

• 전자연동장치

전압 : 220/380VAC $\pm$ 10%, 주파수 : 50HZ $\pm$ 3HZ를 사용 중이며 무 전원 공급 장치와 과전압 및 저 전압에 대한 보호 장치를 장비하고 있다.

- 선로전환기

전압 : 120VDC, 110VAC, 140VAC, 380/220VAC 주파수 : 50HZ를 사용중이며 전기적인 파트와 케이스사이의 절연저항은 50Ω 이다. 또한 정상적인 부하동작전류는 10A를 초과할 수 없다.

- 신호기

전압 : 85~132VAC, 신호기 램프는 8개의 독립된 세크먼트와 최대4개의 세그먼트가 동작되지 않는 경우에도 좋은 밝기를 지닌다.

라. 인도네시아 견본역(Pilot Station)

인도네시아의 기후는 거의 모두 열대성 기후를 나타낸다. 인도네시아 지역의 81%를 차지하는 균일하게 따뜻한 해수 온도가 육지 온도를 상당히 일정한 수준으로 유지시켜 준다. 해안 평야의 평균 온도는 28°C 정도이며, 내륙과 산악지대의 평균 온도는 26°C 정도이고, 고산 지대의 평균 온도는 23°C 정도로 유지되고 있다. 계절별 온도 변화가 크지 않으며, 인도네시아의 계절별 일조시간 변화 정도는 상대적으로 적어서, 연중 일조시간이 가장 긴 날과 가장 짧은 날의 차이가 겨우 48분 정도에 불과하다. 이러한 기후는 작물이 연중 생장할 수 있도록 한다. 인도네시아에서는 우기와 낙뢰 등과 같은 특별히 고려되어야 할 환경 조건적 요소들이 존재한다.

야외 지역에서 연동 설계를 시험하려면, 인도네시아의 실제 역과 실제 조건을 반영한 견본 역이 요구된다. 인도네시아에서 견본 역 선택 시 고려되어야 하는 몇 가지 요소들은 아래와 같다.

- 인도네시아의 대표적 환경을 적용하여야 한다.
- 선로는 실제 선로로 한다. 선로 용량을 고려하여야 한다.
- 견본 역은 인도네시아에서 통상적인 역의 형태로 구성한다.
- 대중교통으로 역에 접근이 용이하여야 한다.

시테라(Citeras) 역은 자바 섬 자카르타 서부의 Rangkasbitung 시의 Rangkasbitung 역과 Maja 역 사이에 위치하고 있다. 시테라 역은 PT. Kereta Api Indonesia(국영기업)이 관할하는 자카르타 운전구역(Daop)에 속한다. 시테라 역의 해발 고도는 48m이며, 좌표는 $6^{\circ} 20'6''\text{S}$ $106^{\circ} 19'56''\text{E}$ 이다. 이곳의 평균 기온은 27.3°C 이며, 연간 강수량은 2339mm이다. 강수량은 6월에 평균 113mm로 가장 적으며, 최대 강수량은 1월에 평균 321mm를 나타낸다. 시테라 역은 또한 인도네시아에서 연간 낙뢰 빈도가 가장 빈번한 보고르 시와 자카르타 주변에 위치하고 있다. 보고르 시는 연간 뇌우 일수가 세계에서 가장 많은 지역이다.

시테라 역은 Rangkasbitung - Merak 노선(Mer-Rk) 사이에 소재하고 있다. 선로 용량은 하루 66량이지만, 선로 상의 열차 수량은 33량에 달한다. 붐비는 교통 시간대의 3시간 동안 선로 용량은 8회 운행되며, 붐비는 교통 시간대의 3시간 동안 열차 수량은 8량이다.

시테라 역의 연동 방식은 1993년 경에 설치된 DBRI에서 구축한 구형 전자연동장치(VPI) 방식으로 되어 있다. 시테라 역의 신호장치는 아래와 같이 구성되어 있다.

▶시테라 역의 현행 신호장치◀

신호장치	장치 수	장치 유형	비고
신호기			
흡	2 대	EB-신호 전구	
출발	6 대	SL35	
입환	6 대	12V/24V/24W	
원거리	2 대		
궤도 회로	8 세트	직류(DC) 궤도 회로	
선로전환기			
중앙 제어식	2 대	Alkmaar NSE-120	
현장 제어식	2 대		
차축검지기	2 세트	Alcatel AZL70-30	
연동장치	1 세트	VPI	ABB England
현장제어반(LCP)	1 세트		
입출력(I/O) 인터페이			
스	1 세트	ABB Relay Q	

시테라 역은 인도네시아의 환경적 조건과 인도네시아 일반 역들의 구성 형태를 적절하게 대변한다. 또한, 시테라 역을 통과하는 Rangkasbitung - Merak 구간의 선로 용량은 충분한 용량을 갖추고 있다. 또한, 고려되어야 하는 특별 요소들이 있으며, 특히 낙뢰에 대하여 신중하게 고려되어야 한다. 따라서, 그러한 특별 요소들을 해소할 수 있도록 보호 방안을 설계에 반영하여야 한다.

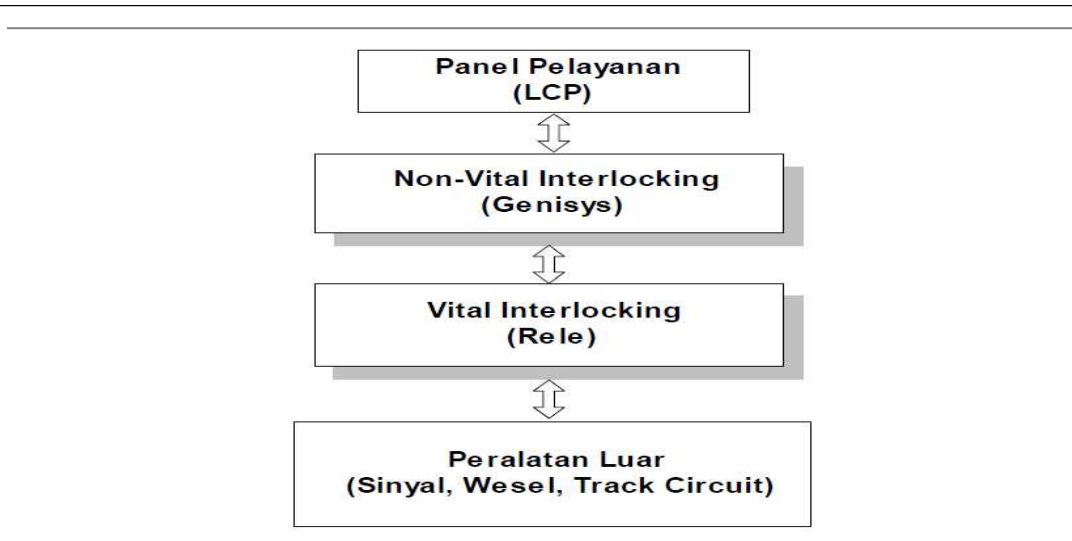
마. 연동장치 설계사양 분석

(가) 인도네시아 연동장치 분석

(1) 릴레이와 전자회로로 구성된 연동장치

① 안살도의 Genesys

Genesys라 불리는 연동장치는 P-150S 기본타입의 릴레이를 사용하는 릴레이와, 전자회로에 기반을 둔 Non-Vital 연동장치이다.



[안살도의 System Block Diagram]

② General Logic-1(GL-1)

General Logic-1의 연동장치 기술은 General Logic-1이라 불리는 Non-Vital 연동장치의 전자회로에 사용하고, B1 기본타입의 Vital 릴레이를 사용하는 방식으로 안살도와 비슷하다

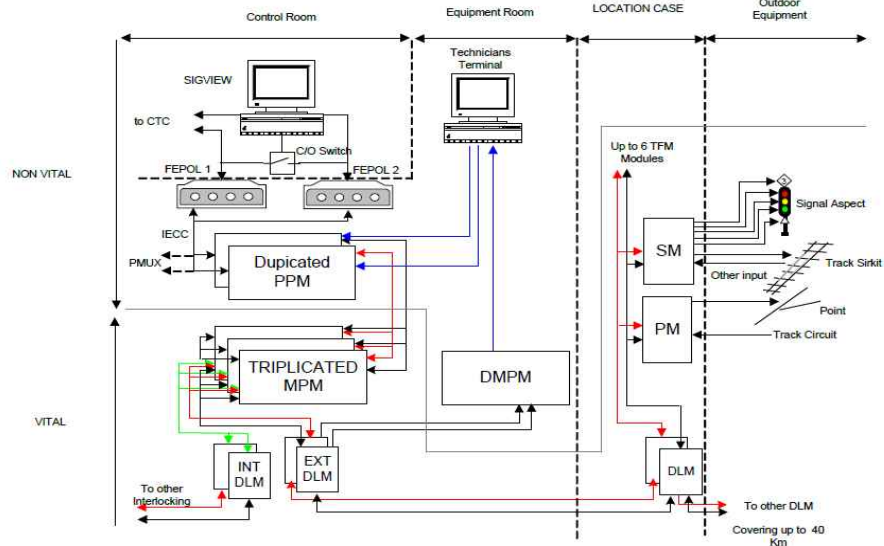
(2) 인도네시아의 전자연동장치 현황

① Vital Processor Interlocking(VPI)

VPI는 전자회로에 기반을 둔 모듈을 사용하고 현장설비와 릴레이를 통해 인터페이스 한다. 연동장치 시스템은 국내와 유사하게 VRD 릴레이라 불리는 Fail-safe System을 사용하는 Single 프로세서를 사용한다. 이 시스템은 Non-Vital과 Vital 연동장치 시스템을 확대하여 소형역과 대형역에 적용이 가능하다.

② Solid State Interlocking(SSI)

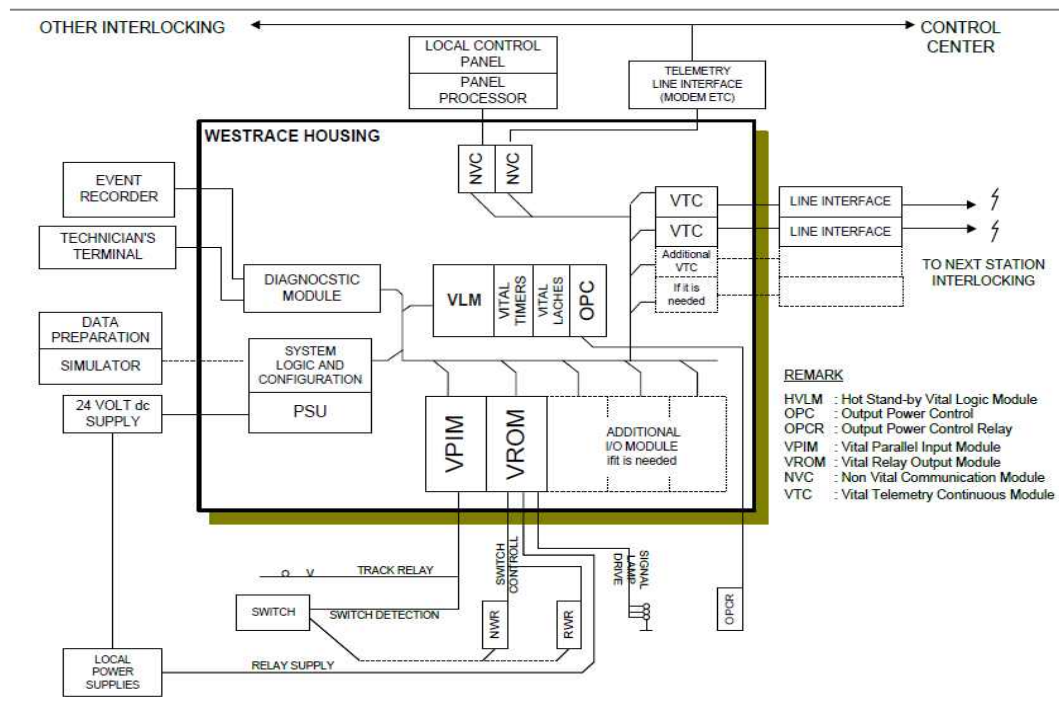
SSI는 영국철도 표준에 기반을 두고 개발되어진 전자연동장치이다. 이 시스템은 2:1의 결과로 실행되는 원리를 이용한 형태로, 세 개의 프로세서를 사용한다. 대형역과 소형역에 한 개의 연동장치를 구성하여, 2~3개의 소형역을 원격제어 할 수 있도록 구성할 수 있다. 실내장치와 실외장치가 전부 전자장치로 구성되어 있어 낙뢰와 전압 이상변동, 파손에 취약하다.



[SSI의 System Block Diagram]

③ Westrace

Westrace는 Westinghouse Brake & Signal Ltd. Australia (WBSA)에 의해 제작된 전자연동장치이다. 이 시스템은 소형역을 위해 설계되어 졌기 때문에 용량이 작아 소형역에 적용되었다. 연동장치는 OPCR 릴레이에 의해 제어되는 Fail-safe System을 가진 형태로, single 프로세서를 사용하여 릴레이를 통해 현장장치와 인터페이스 한다. 이 장비 역시 낙뢰와 전압 이상변동, 시설물 파손에 취약하다.



[Westrace의 System Block Diagram]

④ Centralized Traffic Control(CTC)

중앙에서 열차를 제어할 수 있도록 구성한 시스템이 Centralized Traffic Control(CTC)이다. 인도네시아의 CTC시스템의 구성은 VPI, SSI 그리고 Westrace 등의 전자연동장치에 기반을 두고 있다. 연동장치와 CTC 시스템간은 광케이블이나, 주파수를 통해 상호 통신을 하도록 연결되어 있으며, CTC로부터 역에 대한 정보를 모니터링 하고 제어할 수 있도록 되어 있다. CTC시스템의 구성은 아래와 같다.

- Control Panel
- Supervisor Panel
- Mimic Panel
- Management Information System
- Data logger

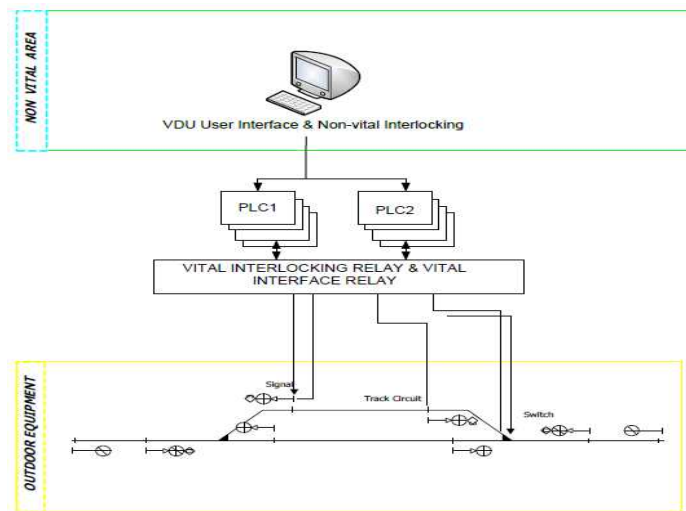
⑤ Centralized Traffic Supervisory(CTS)

중앙에서 열차를 모니터링을 할 수 있도록 구성한 시스템이 Centralized Traffic Supervisory(CTS)이다. CTS시스템의 구성은 SSI와 같은 전자연동장치에 기반을 두고 있다. CTS시스템의 구성은 아래와 같다.

- Mimic Panel
- Management Information System
- Data logger

⑥ SIL-02

SIL-02시스템은 PLC(Programmable Logic Control)에 기반을 둔 연동장치로 Vital Interlocking 타입의 PLC S7-400와 Non-vital Interlocking 타입의 PLC S7-400 그리고 현장 장치와 인터페이스를 위해 릴레이를 사용하여 구성된다.

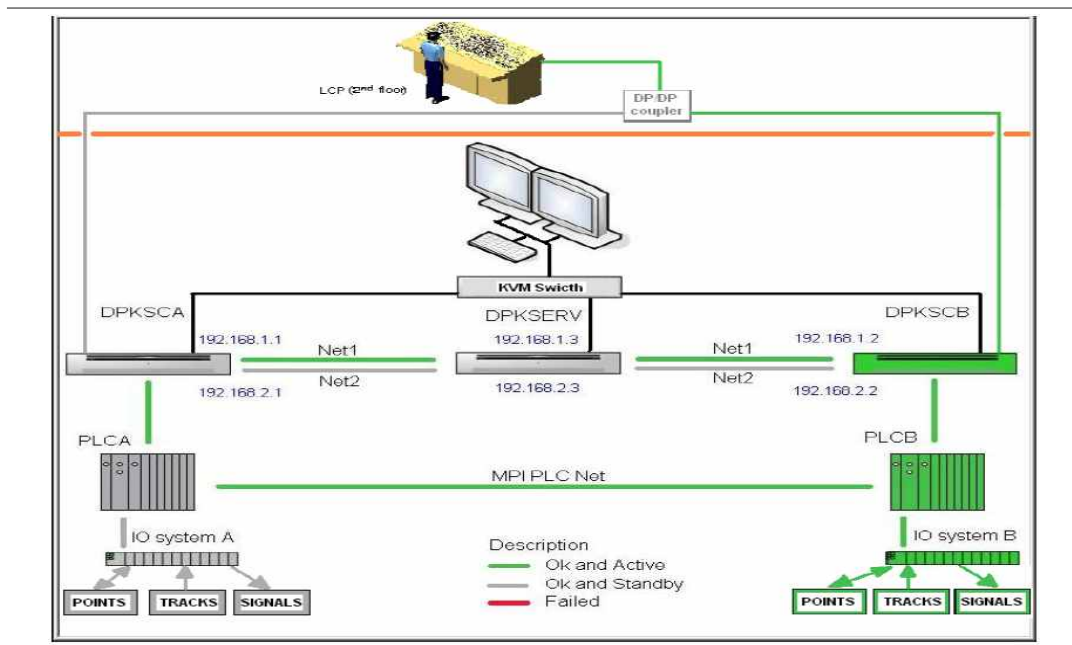


[SIL-02의 System Block Diagram]

⑦ AlisterCargo

AlisterCargo시스템은 PLC(Programmable Logic Control)에 기반을 연동장치로 Vital Interlocking 타입의 PLC, Non-vital Interlocking 타입의 PLC로 구성된다. 이 시스템 타입은

차량기지나 입환역 등에 설치되어 있으며, SIL2 안정성 인증이 되었다. AlisterCargo는 CPU, Input/Output, Terminal, 통신장치 등과 같이 모듈로 구성되어진 시스템이다.



[AlisterCargo의 System Block Diagram]

(3) 인도네시아 전자연동장치의 특징

인도네시아 연동장치의 특징은 MIS-801, VPI, Westrace, SSI 등과 같이 서로 다른 타입의 시스템이 각기 다른 방식으로 설치 운영 중이다. 각기 다른 특성의 시스템은 설계 사양 (하드웨어 또는 소프트웨어), 재료 사양, 운영 및 유지 보수의 방법에서 볼 수 있듯이, 운영 규정, 운영 지침, 유지 보수 방법과 같은 기존의 일부 규정을 개선 할 필요가 있다.

인도네시아 전기 신호 시스템은 다음과 같은 특성과 기술의 3 단계로 구분된다.

① 릴레이에 기반을 둔 연동장치

- 시스템의 규모를 요구에 따라 구성할 수 있다.
- 릴레이모듈의 배열이므로 구조가 간단하다.
- 릴레이모듈을 사용하므로 많은 공간이 필요하다.
- 수정이 단순하고 저렴하다.
- 전자연동장치에 비해 안전하고 수명이 길다.

② 전자회로에 기반을 둔 연동장치-1

- 소형역을 위해 설계되어 있기 때문에 시스템의 용량이 작다.
- 시스템 구성에 적은 설비를 필요로 하고 릴레이 모듈의 구성이기 때문에 소프트웨어는 비교적 복잡하지 않다.

-
- 취급 시간 빠르지는 않지만 특히 트랙의 형태의 변경에 운전자가 보다 익숙하다.
 - 역에 하나의 연동장치를 가지고 있어서, 시스템 장애시 영향을 받는다.
 - 전자 기반 연동장치-2 보다 신뢰성이 높으며 및 응답 시간이 짧다.

③ 전자회로에 기반을 둔 연동장치-2

- 대형역이나 2~3개의 소형역을 구성하여 제어할 수 있기 때문에 시스템의 규모가 크다.
- 시스템 구성에 더 많은 장비가 필요하고 복잡하다.
- 비용이 많이 소모되고 장애에 더 민감하다.
- 시스템이 2~3개의 소형역으로 구성된 경우 역간의 vital 정보를 전송할 수 있는 시스템이 필요하고, 이 시스템의 장애가 발생할 경우 다른 피제어 역에 영향을 미칠 수 있다.
- 열대환경에 신뢰성이 떨어지며, 동작시간이 길다.

(4) 인도네시아 연동장치의 문제점

고객의 열차운영의 수요가 매년 증가하는 상황이므로, 열차운행수의 증가가 필요하다. 고객은 더 빠르고 효율적인 열차운영서비스를 원하지만, 기계식 신호시스템은 많은 열차운행에 적합하지 않다. 그렇기 때문에 전기(전자) 신호시스템을 이용하여 기계식 신호시스템을 교체해야 한다. 그러나 전지(전자)시스템의 설치에 몇가지 문제점을 발생시킬 수 있다.

① 장비의 다양성

인도네시아에서 전기(전자) 신호시스템은 다른 나라의 몇가지 타입의 연동 시스템 기술을 채택하여 사용하여 왔다. 이런 다양한 종류의 신호시스템은 유지보수를 해야만 하는 현장설비의 다양화를 야기하고, 장비의 다양성은 많은 신호 제조업체의 국가에서 예비품의 구입을 어렵게 만든다.

② 열대 환경

전기 신호시스템을 구성하기 위해 각기 다른 환경 조건을 고려해야 하며 이러한 환경 요인은 전기 신호장비의 장애발생 원인 중 하나로 나타난다. 특히 전자기반의 VPI, SSI 및 Westrace 시스템은 릴레이 기반의 연동장치와 비교했을 때 잦은 장애를 발생하며, 이런 장애는 인도네시아의 열대환경 때문에 야기되는 경우가 많다. 온도, 강수량, 습도, 낙뢰 등의 환경 조건은 신호장비의 직접적인 손상은 물론 피로도의 증가로 고장의 원인이 되며, 그중 가장 주요한 환경적 요인은 낙뢰로 볼 수 있다.

(5) 개발과제

① 개발시 주요 검토 사항

- 인도네시아의 환경특성상 온도, 습도, 낙뢰 등으로 인한 장애 발생을 최소화 하도록 구성
- 역의 규모에 맞춰 확장이 용이하고, 시스템 변경시 비용이 저렴한 방향으로 구성
- 소규모 역에 대해서는 원격제어가 용이하도록 구성
- 구성이 간단하고 처리가 빠른 시스템 구성
- 수명이 긴 시스템의 구성
- 가용성과 신뢰성이 높은 시스템의 구성

② 개발 방향

개발될 연동장치는 안전성에 중점을 두어 설계를 하고, 만약에 발생할 수 있는 장애에 대비하여 Hot-Standby 시스템으로 구현한다. 그리고 인도네시아의 열대 환경에 맞게 설계하여 가

능한 한 낙뢰, 습도, 온도 등의 영향으로부터 안전이 보호될 수 있는 시스템 개발에 중점을 둔다. 연동장치의 로직부분 등 실내의 주요부분과 실외 즉 현장측 설비와 연결되는 부분은 실내에서 계전기를 사용하여 현장설비에서 유입될 수 있는 낙뢰나 서지로부터 연동장치가 보호될 수 있도록 하며, 이에 대한 방호 대책을 구성한다.

(나) 현재시스템 분석

(1) 특징

① Fail-safe 구조

시스템에 대한 안전측 동작을 위하여 시스템 감시부는 시스템으로부터 입력되는 일정한 주기의 펄스를 감시한다. 이 신호가 정해진 주기(30ms) 이내에 연속적으로 입력이 되면 “RUN” 신호를 출력하고, 입력이 되지 않으면 시스템에 장애가 발생한 것으로 간주하여 시스템 오류 신호를 발생시키고 해당 모듈의 모든 출력은 이 신호에 의하여 Clear 된다. 또한 모듈 내의 부품 손상에 의한 출력오류 감시를 위하여 포트별 출력 귀환회로를 부가하여 매 주기 현장설비 측으로부터의 과부하 발생 시 모듈 자체에서 출력을 “off” 시키고, 데이터를 중앙제어부로 전송하여 오류출력 및 현장설비 측의 고장에 대하여 안전측으로 처리토록 한다. 시스템 오류 시 시스템 클럭이 발생되지 않을 수 있으므로 자체 발진 클럭이 채용되어 있다.

a) CPU 모듈의 이중계에 의한 Fail-safe.

b) 1계의 CPU(CPU-A)와 2계의 CPU(CPU-B) 동작이 일치하고 있을 때에만 정상적으로 제어계전기(HR, WR, WLR) 동작.

c) VRD 계전기의 여자접점에서 출력부의 전원공급.

d) 부정출력, 시스템에러, surge 등으로 VRD 계전기가 낙하했을 경우, 출력부의 전원공급이 차단되어 제어계전기가 낙하됨.

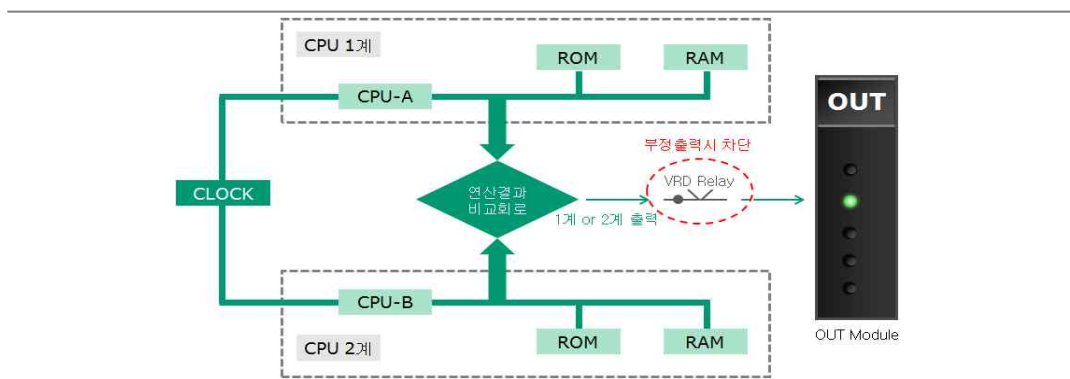
② Hot-standby 이중계구조

a) 장치 및 인터페이스의 이중계 구성.

b) 상시동작 이중계(병렬운영)로 중단 없는 가동상태 유지.

c) 계간 정보공유로 연동정보의 일치성 및 연속성 보장.

d) 통신회선의 이중화로 한 모듈의 고장 발생시에도 제어 및 표시 정상동작 유지.



[Redundancy System of Output Processing]

③ 자가진단 및 로깅 데이터

시스템이 처음 기동할 때 자가 진단을 먼저 실시한다. 진단의 대상은 RAM, 연동 DB, 시스템

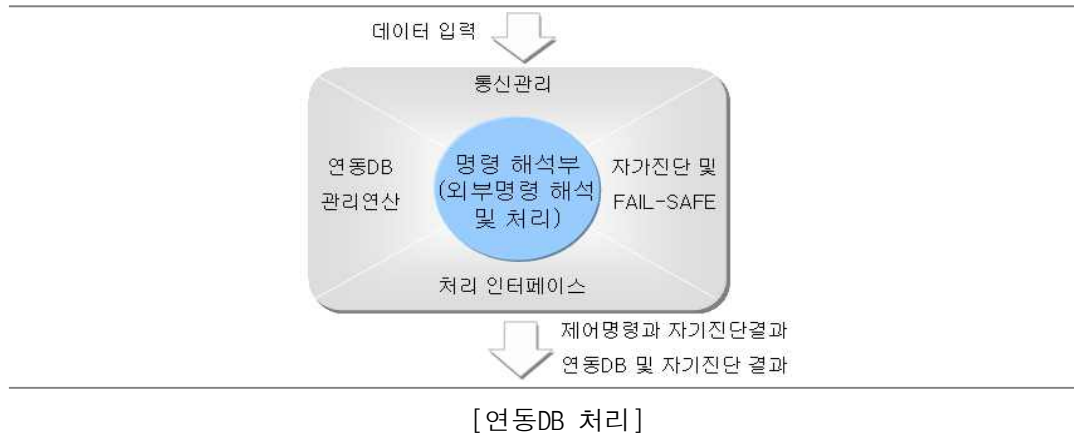
모듈 등을 검사하여 이상이 발견되면 외부로 Fault 표시를 한다. 이는 연동도표, 각종 셋팅 및 해정, 연쇄 등의 데이터 테이블을 해석하여 연동 DB의 결과에 대한 치명적인 오류를 검출한다. 또한 시스템이 동작 중에 잘못된 입력이 들어오는 경우 이를 검사하여 부적당한 입력 정보라 판단되면 자동으로 출력을 차단한 후 계 절체를 하여 시스템이 안전측으로 동작하도록 되어 있다. CPU 모듈은 내장된 연동 DB에 의해 출력을 연산한다. 또한 자체적인 Fail-Safe 처리를 행하여 적재된 DB의 안전을 검증한다.

- a) 자계/타계의 주계/부계 인식의 합리성 검사.
- b) 소프트웨어에 의해 연산결과가 일치 시 출력하고, 불일치 시 출력차단.
- c) 제어정보, 상태정보를 Local Control 콘솔 및 Maintenance 콘솔에 저장.
- d) 저장되어 있는 로깅데이터를 시간별 날짜별로 조회.
- e) 저장되어 있는 로깅데이터를 분석하여 동일한 화면을 구성하여 조회.

④ System Software

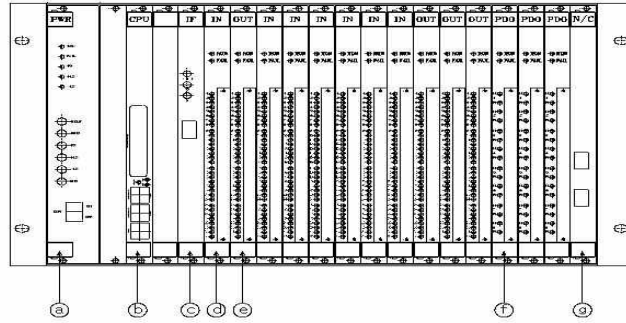
연동논리부에서 사용하는 운영체제는 세계적으로 가장 많이 사용하는 실시간 운영체제 인 VxWorks이며, 그 처리 결과의 출력은 200ms 이내에 처리되도록 시스템이 구성되어있다.

a) 연동 DB처리



(2) 연동논리부 시스템 구성

현재 사용중인 시스템의 구성형태는 아래와 같다.



③ Power Module ⑤ CPU Module ⑥ IF Module ⑦ Input Module
⑧ Output Module ⑨ PDO Output Module ⑩ EXT Module

[현재 시스템의 연동논리부 시스템 모듈 구성]

전체시스템은 Hot/Standby 구조형태로 하나의 계마다 독립적으로 운용되는 CPU모듈과 계간 통신을 위한 IF모듈, 데이터의 입출력을 위한 I/O 모듈, 시스템의 확장을 위한 EXT모듈로 있다.

구 분	내 용
6U POWER	DC 24V를 공급받아 DC +5V, -5V, +12V, -12V를 출력
CPU 모듈	연동로직 처리 및 제어 및 유지보수 장치와 통신
IF 모듈	주, 부계간 로직처리 결과의 비교
IN 모듈	각종 입력정보(궤도, 신호기, 선로전환기 등)의 처리
OUT 모듈	신호기, 선로전환기, 폐색 등의 제어출력
PDO 모듈	선로전환기 정,반위 제어
EXT 모듈	확장랙의 버스통신 모듈(필요시)

[현재 시스템의 연동논리부 시스템 모듈 구성]

(3) 시스템의 기능

각각의 계마다 독립적으로 운용되는 구조를 가지고 있으므로, 어느 하나의 시스템 이상 발생시 다른 예비계로 전환되어 동작하는 구조로 되어 있어 가용성이 높은 구성형태로 되어 있다.

연동논리부 CPU 모듈은 정해진 시간 내에 처리 결과를 출력하여야 하는 실시간 시스템으로 구성하고, 운영체제는 성능이 입증된 상용 실시간 운영체제를 사용한다. 연동논리부에 입력되는 정보(입력 모듈)의 변화로부터 그에 대한 정당한 출력을 발생하기까지 소요되는 시스템 동작주기는 200msec 이하로 처리한다. 각각의 두 시스템은 취급자의 취급 요구 정보와 입력된 데이터에 대하여 두 시스템이 동시 처리하고 현장의 제어 출력은 주계에서만 출력한다. 1, 2계의 입력 모듈로 입력되는 데이터를 상호 비교하여 동일한 경우에만 정상적인 입력 데이터로 처리하고 서로 상이한 경우에는 입력 포트 단위로 안전측(Off)으로 고정하고 계속 운용된다.

Fail-safe 구조를 가지고 있는 입출력 모듈로 구성되어 있고, 소프트웨어에서도 확인이 가능하고, 최대한의 안전측 처리를 위한 방안을 가지고 있으나, 이례사항이 발생하였을 경우에는 그대로 현장으로 출력이 되기 때문에 심각한 문제가 야기될 수가 있는 구조이다.

(4) 전체 시스템의 구성

현재 연동장치는 장치의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해서 이중계로 제작되며, 연동논리부, 광통신부, 표시제어부, 유지보수부, 계전기랙, 휴즈랙, 궤도랙, 폐색랙, 분선반랙 등으로 구성된다. 연동장치의 전원부는 단상 220V를 공급 받아 내뢰트랜스와 배전반을 거쳐 UPS에 공급된다. 연동논리부의 전원은 UPS에서 AC/DC 컨버터를 거쳐서 공급하고, 나머지 랙의 전원은 배전반에서 공급한다. 내뢰트랜스는 유도뢰와 같은 외부 서지에 대하여 기기를 보호하기 위하여 설치되어 있다.



[현재 시스템의 전체 시스템 구성도]

(다) 개발시스템 분석

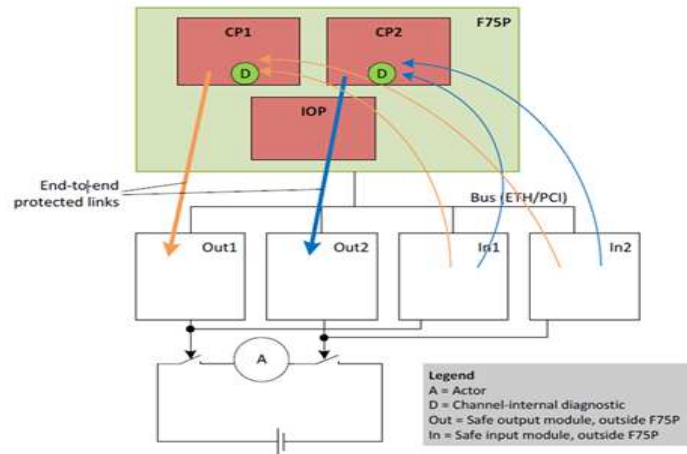
(1) 특징

① Fail-safe 구조

- 하나의 CPU 모듈내에 3개의 프로세서를 가지고 있다. 이 프로세서들 중 2개는 I/O를 제어하는 데 사용되며, 1개의 프로세서는 VGA 및 USB의 관리 등에 사용된다.
- 두 개의 제어 프로세서가 탑재된 하나의 CPU에 제어 프로세서마다 OUT, IN 모듈을 가지고 있도록 구성하였다. 하나의 시스템은 CPU와 2개의 OUT모듈, 2개의 IN 모듈을 가지고 있도록 기본 구성한다.
- CPU모듈내의 프로세서들은 독립적으로 작업을 수행하여, I/O를 제어하는 프로세서들은 각각 출력을 내어 OUT1, OUT2의 출력 결과가 같을 시에만 정상적으로 제어계전기를 동작시킨다. 즉, 프로세서1, 프로세서2가 제어명령들을 처리하여 각각의 OUT모듈을 제어하고 이 처리 결과는 하나의 회로를 구성하기 때문에 두 개의 프로세서의 처리 결과가 같아야만 실제 제어명령이 출력되게 된다. 하나의 잘못된 연산 결과로 인한 오작동을 보다 안전한 시스템 방식을 통해 예방할 수 있다.
- 각각의 출력모듈인 OUT1, OUT2의 출력은 입력모듈인 IN1, IN2의 모듈이 OUT1, OUT2의 출력에

이터를 읽어 프로세서1, 프로세서2에 모두 처리결과를 알려주고, 이 처리결과를 비교하고 서로 감시토록 한다.

- e) OUT모듈의 최종단에 출력전원으로 계전기를 제어하는 방식은 기존과 동일하게 VRD 계전기의 여자접점에서 출력부의 전원공급하게 되고 차단하게 된다.
- f) 부정출력, 시스템에러, Surge등으로 VRD 계전기가 낙하했을 경우, 출력부의 전원공급이 끊겨 제어계전기가 낙하된다.



[개발 시스템의 Processor 구성도]

② Hot-standby에 기반을 둔 이중계 구성

- a) 현재 시스템의 장점인 가용성 부분을 해결하기 위해 하나의 시스템을 다시 2중계로 구성하여 Hot-Standby 기능을 구현한다.
- b) 시스템 및 인터페이스의 이중계 구성.
- c) 상시동작 이중계(병렬운영)로 중단 없는 가동상태 유지.
- d) 계간 정보공유로 연동정보의 일치성 및 연속성 보장.
- c) 통신회선의 이중화로 한 모듈의 고장 발생시에도 제어 및 표시 정상동작 유지.

③ 자가진단 및 로깅 데이터

- a) 자계/타계의 주계/부계 인식의 합리성 검사.
- b) 소프트웨어에 의해 연산결과가 일치할 경우에만 출력하고, 불일치 시에는 출력차단.
- c) 제어정보, 상태정보를 Local Control 콘솔 및 Maintenance 콘솔에 저장.
- d) 저장되어 있는 로깅데이터를 시간별 날짜별로 조회.
- e) 저장되어 있는 로깅데이터를 분석하여 동일한 화면을 구성하여 조회.

(2) 연동논리부 시스템의 구성

현재 사용중인 시스템의 구성형태는 아래와 같다.

하나의 시스템은 3개의 프로세서가 있는 CPU와 I/O부와의 통신을 담당하는 EtherCAT통신모듈로 구성된 Master부와 I/O모듈과 Master부와의 통신을 담당하는 EtherCAT통신모듈로 구성된 Slave 부로 구성된다.



CPU가 있는 Master부

I/O모듈이 있는 Slave부

[개발 시스템의 연동논리부 시스템 모듈 구성]

구 분		내 용
Master 부	3U Power	AC 110~230V를 공급받아 DC 24~110V를 출력
	EtherCAT 모듈	Slave부의 EtherCAT 모듈과 Fail-safe 통신
	CPU 모듈	연동로직 처리 및 제어 및 유지보수 장치와 통신
Slaver 부	EtherCAT 모듈	Master부의 EtherCAT 모듈과 Fail-safe 통신
	IN 모듈	각종 입력정보(궤도, 신호기, 선로전환기 등)의 처리
	OUT 모듈	신호기, 선로전환기, 폐색 등의 제어출력

[개발 시스템의 연동논리부 시스템 모듈 구성]

(3) 시스템의 기능

새로 개발하는 시스템 구조는 프로세서 모듈이 2 out of 2의 구조로 되어 있어, Safe_CPU가 처리한 내용을 입출력 처리하는 형태로 되어 있고 또한 각 CPU 프로세서가 독립적인 I/O를 가지고 처리하지만 최종출력의 경우에는 AND형태로 되어 있어 2개의 처리 결과가 일치하지 않으면 출력이 되지 않도록 하는 구조이다. 따라서 안전성이 강화된 구조이다.

시스템의 강화된 내용은 다음과 같다.

- ① 한 개의 CPU모듈에 두 개의 프로세서로 구성되어 있어 서로 동작상태를 비교 할 수 있다.
- ② I/O 구조가 한 개의 프로세서마다 할당된 I/O 모듈 형태로 되어 있어 각각의 프로세서가 처리하기 때문에 최종 처리 결과는 동일하지 않으면 출력이 처리되지 않아 안전성이 확보된다.
- ③ 각 시스템간의 비교는 보팅회로를 거쳐 자체적으로 처리되며, 또한 SIL 4를 획득한 검증된 프로세서(SAFE_CPU)이다.
- ④ I/O 모듈의 확장을 용이하게 하기 위하여 인증이 되어 있는 FSoE(Fail-safe of Ethernet) 방식을 사용하여 처리한다.

(4) 전체시스템의 구성

개발될 연동장치의 전체시스템 구성은 기존 연동장치의 구성과 비슷하다. 연동논리부, 광통신부, 표시제어부, 유지보수부, 계전기랙, 휴즈랙(전원분배랙), 궤도랙, 폐색랙, 분선반랙 등으로 구성된다. 연동논리부의 내부 구성이 변경되며, 계전기랙은 인도네시아의 현지 사정에 맞게 계전기의 배열을 조정하고, 신호기의 소등 등 Error검지를 위하여 부하전류 검지모듈을 별도로 설치한다. 또한 분선반랙은 낙뢰와 서지 등으로 부터 연동장치와 실내설비를 보호하기 위하여

보다 강화된 서지 프로텍터를 설치한다. 전원공급장치는 절연트랜스를 설치하여 낙뢰와 같은 외부 서지에 대하여 기기를 보호할 수 있도록 한다.

전체 시스템 구성



[현재 시스템의 전체 시스템 구성도]

(5) 현재시스템과 개발 시스템의 비교 분석

항 목	현재 시스템	개발 시스템
구성도		
구성방식	하나의 CPU 프로세서를 병렬로 연결하여 동기화 하는 방식으로 이중계(Hot-standby Sparing System) 구성하는 하는 방식	- CPU에 두개 프로세서가 제어명령을 각각 처리하여 연산한 값이 일치할 때만 제어함 - 시스템을 2개의 시스템으로 병렬설치하여 이중계(Hot-standby Sparing System) 구성 하는 하는 방식
연동논리부 프로세서	- Emerson MVME5100 - MPC 750 Class 450MHz	- MEM F75P 2 x intel Atom 1.6Ghz(onboard dual redundancy) 1 x intel Atom 1.6Ghz(I/O)
메모리	1MB via two 32-pin PLCC/CLCC sockets 16MB surface mount	512MB DDR2 RAM(각 제어프로세서마다) 1GB DDR2 RAM(I/O프로세서)
운영시스템	- 연동논리부 Real Time OS(VxWorks 5.4) - 표시제어부 운영체제 : Window 7	- 연동논리부 Real Time OS(QNX) - 표시제어부 운영체제 : Window 7

프로그램언어 (컴파일러)	- 연동논리부 소프트웨어 : ANSI C(Tornado2) - 표시제어부 소프트웨어 : Visual Tool	- 연동논리부 소프트웨어 : QNX - 표시제어부 소프트웨어 : Visual Tool
신뢰도 (Reliability)	인증자료 없음	SIL 4
통신프로토콜 (전송속도)	- 연동논리부 계간통신 : VME Adapter - 표시제어부와 연동논리부 : RS422통신광변환기를 사용한 광통신) - 확장버스 : DMA 35Mbyte/sec(SBS 414어댑터 모듈 사용) - 연동논리부와 입출력모듈 : VME 6U Standard(16bit)	- 연동논리부 계간통신 : Ethernet연결 - 표시제어부와 연동논리부 : RS422통신광변환기를 사용한 광통신) - 확장버스 : F305(CPCI Realtime Ethernet Interface Card 사용) - 연동논리부와 입출력모듈 : EtherCAT bus사용

바. Software 기본설계

(가) 편집기 기본설계

(1) 개요

연동장치 편집기는 객체지향 방식의 알기 쉬운 사용자 인터페이스로 표시부/유지보수부용 MMI 프로그램에서 사용할 역화면 파일을 작성/편집하고 연동도표의 정보를 입력/편집하며 연동장치에서 사용되는 연동 DB를 입력/편집한다. 역화면 파일을 작성하기 위하여 각 기기들을 객체화하여 보다 용이하게 작성 및 편집할 수 있게 만든다.

(2) 개발 환경

연동장치 편집기는 Windows 운영체제 상에서 C/C++ 언어 또는 다른 객체지향 언어(C#, JAVA)를 사용하여 개발한다. 따라서 신호기, 궤도회로, 기기상태 등 Object들을 객체화하여 수정 및 분석이 보다 용이하게 한다.

(3) 역화면 작성 및 편집

① 역정보 입력

작성할 역에 관한 제반 정보를 입력한다. 입력할 정보들은 다음과 같다.

역명 및 역번호

시작역/종점역, 인접역

방향

모니터 해상도, 모니터 가로/세로 수량

기타 필요한 정보

② 화면 그리기

a) 신호기

신호기 객체를 정의하여 신호기를 표시하는데 편이를 제공한다. 신호기 객체는 신호의 발점 버튼, 신호기의 심볼과 명칭으로 구성된다. 각각은 점 객체(Point Object)를 통한 위치 지정이 가능하며 하나의 선로객체에 4개의 신호기 객체를 생성 할 수 있다. 신호기 객체는 속성에 따라 여러 가지 모양으로 그려지고 발점 버튼은 압구보기에 의해 생략될 수 있으며 신호기 종류 및 방향도 편집이 가능하다.

b) 선로(궤도회로)

- 단순 선로: 선로전환기단순선로는 선로 내에 선로전환기가 없는 선로로서 임의의 두 점이 존재하고 선로는 이 두 점을 잇는 하나의 경로를 갖는다. 두 점을 잇는 경로는 여러 가지가 있을 수 있으며 프로그램 내에서 두 점만 결정되면 선로형태는 메뉴의 선로모양과 같이 자동으로 생성하도록 되어 있으며 생성된 선로객체의 끝점(b, n)을 마우스를 이용 드래그하면서 모양과 길이 등을 조절할 수 있다. 드래그 시 마우스를 클릭한 점은 기준점(b)이 되고 마우스를 놓은 점은 n점이 되며 단순선로는 반위끝점은 존재하지 않는다.
- 분기선로 : 분기선로는 선로 내에 선로전환기가 있는 선로로서 임의의 세 점과 선로전환기에 해당하는 분기점이 존재하고 선로는 분기점으로부터 각 점을 잇는 경로로 구성된다. 이 경로들도 단순선로와 마찬가지로 각 점을 연결하는 경로는 자동으로 생성되며 선로객체의 시작점(b)를 기준으로 분기점(s)은 정위(n)방향의 선로는 연결되어 표시하고 반위(r)방향은 기준선로로부터 분리되어 표시한다. 인접 선로와 연결하기 위해 궤도의 끝점(b, n, r)과 분기점(s)을 마우스를 이용 드래그하면서 모양과 길이와 위치 등을 조절할 수 있으며 분기점(s)을 기준으로 정위(n), 반위(r) 방향을 잘못 배치하였을 경우 연동도표가 정상적으로 생성되지 않을 수 있으므로 주의해야 한다. 드래그 시 마우스를 클릭한 점은 기준점(b)이 되고 마우스를 놓은 대각선 방향의 점은 반위점(r)이 되며 기준점과 직선방향의 끝점은 정위점(n)이 되고 중간지점은 분기점(s)이 되므로 분기선로 생성 시 드래그 방향으로 반위, 정위방향을 조정할 수 있다.
- 무궤도: 무궤도는 궤도에 대한 표시정보가 없는 궤도로서 생성방법은 단순선로와 같으나 궤도정보편집에서 '궤도회로 없음'에 체크를 해줌으로서 무궤도로 인식하며 선로의 모양은 끝이 단순선로의 둥근 모양과 달리 사각형으로 표시하여 역 화면에서 무궤도를 다른 선로들과 구분할 수 있다.

c) 엑셀카운터

엑셀카운터 객체

d) 상태 표시램프

상태표시 램프 객체는 MMI 프로그램에서 시스템의 상태나 역에 있는 장치들의 상태를 표시할 수 있게 하는 객체이다. 표시 상태에 대한 색상과 표시방식 등의 정보를 지정할 수 있다.

- 각종 기기 상태
- 날짜, 시간 표시

e) 제어가능 램프

제어가능 램프 객체는 MMI 프로그램에서 제어가 필요한 장치들의 상태를 표시할 수 있게 하는 객체이다.

f) 열차번호창

열차번호창은 스케줄에 의해 운행되는 시스템에서 열차번호를 표시하기 위한 표시창을 의미하며 열차번호창은 선로객체와 연결되어야 한다.

g) 그리기도구 모음창

위의 각 객체를 보다 쉽게 사용하기 위하여 그리기도구 모음창을 제공한다. 예를 다음 표에 제시한 것처럼 특정한 심볼로 각 객체를 표시해야 한다.

	그리기 - 객체선택		그리기 - 출발신호기
	그리기 - 선로1		그리기 - 엄호신호기
	그리기 - 선로2		그리기 - 구내폐색신호기
	그리기 - 선로3		그리기 - 입환신호기
	그리기 - 선로4		그리기 - 입환표지
	그리기 - 분기선로1		그리기 - 폐색신호기
	그리기 - 분기선로2		그리기 - 중계신호기
	그리기 - 분기선로3		그리기 - 진로선별표지
	그리기 - 선로연결선		그리기 - 열차번호창
	그리기 - 도착/출발		그리기 - 폐색방향표
	그리기 - 입환		그리기 - 표시램프
	그리기 - 공용		그리기 - 기타
	그리기 - 장내신호기		그리기 - 모든표시램프
	그리기 - 역별 선로표시		

③ 역화면 편집 기능

일반적인 그리기 및 편집 순서는 다음과 같다.

- 툴바 또는 메뉴에서 원하는 객체 모양을 클릭한다.
- 삽입할 위치에 마우스를 위치시키고 마우스의 왼쪽 버튼을 누르고 원하는 위치까지 이동한 다음 마우스 버튼을 놓으면 객체가 생성된다.
- 객체 위에 마우스를 위치시키고 마우스의 왼쪽 버튼을 더블클릭한다.
- 속성을 편집할 수 있는 대화상자가 나타나면 필요한 정보를 편집하고 '확인' 버튼을 Click한다.

역화면 파일을 보다 용이하게 작성하기 위하여 편집에 필요한 도구모음을 툴바로 만든다.

역 화 면 편 집 사 용 도 구		편집 - 복사
		편집 - 붙여넣기
		편집 - 역화면 뒤집기
		도구 - 그리기 도구 모음
		편집 - 격자보기 · 숨기기
		편집 - 압구보기 · 숨기기
		편집 - 화면 확대
		편집 - 화면 축소
		편집 - 화면 1:1

(4) 연동도표 작성 및 편집

① 연동도표 작성

연동도표 작성은 선로 객체 및 기타 신호기기 정보를 입력하는 과정에 필요한 데이터 모두 입력되게 하였다. 때문에 연동도표 작성을 위해 또 다른 입력 작업은 필요하지 않다. 연동도표 작성은 메뉴에서 연동도표작성 메뉴를 클릭하여 연동도표 파일으로 자동으로 생성한다.

② 연동도표 편집

연동도표 작성을 통해 생성된 연동도표 파일은 ‘열기’ 메뉴를 통해 읽어서 편집할 수 있다. 연동도표 편집에 필요한 메뉴는 다음 예와 같이 도구모음 메뉴로 제공한다.

연 동 도 표 편 집 사 용		북부 연동도표 보기
		남부 연동도표 보기
		추가내용표시하기 · 숨기기
		삭제내용표시하기 · 숨기기
		연동파일관리 - 다운로드

연동도표에는 명칭, 진로방향, 취급버튼, 쇄정정보, 신호제어 및 철사쇄정, 진로(구분)쇄정, 접근 보류 쇄정에 대한 정보가 기록되어 있으며 해당 정보를 클릭하여 그 내용을 수정할 수도 있고, 수정된 정보는 별도의 파일에 따로 저장하여 필요에 따라 수정된 내용을 표시하거나 숨긴다.

연동도표 편집 순서는 다음과 같다.

- a) 연동도표 파일을 열기한다.
- b) 화면에 표시된 진로 연동 조건을 수정한다.
- c) 연동장치파일작성 메뉴를 선택하여 연동장치파일을 생성한다.
- d) 연동장치(궤도, 선로전환기, 신호기) 및 진로조건(진로궤도, 진로 선로전환기, 경합진로) 등 메뉴를 선택하여 편집화면에서 수정한다.
- e) 출력, 입력, CTC 정보를 입력하고 입·출력·선로전환기 정보의 카드할당을 지정한다.
- f) 표시제어부/유지보수부 시스템에서 사용할 다운로드파일을 작성한다.

(5) 연동 파일 작성 및 편집

① 연동 파일 작성

연동 파일 작성은 메뉴에서 ‘연동 파일 작성’ 메뉴를 선택하면 자동으로 생성된다. 연동장치 파일은 연동장치 및 진로조건 등이 기록된 파일이며 연동장치 파일을 생성하여야만 연동장치 내역을 편집할 수 있다.

연동 파일에 기록한 내용은 다음과 같다.

Track	궤도	TrackLock	진로궤도
Signal	신호기	PointSrc	진로선로전환기
Point	선로전환기	AppTrack	접근 채정 궤도
Course	진로	ConCourse	경합진로
LimitTrack	차량접촉한계궤도	Display/ViewInfo	표시정보
Button	제어정보	Control	제어정보

② 연동 파일 수정

역 화면 파일에서 생성된 연동 파일은 역 조건에 맞게 연동장치, 진로 조건 등을 수정할 수 있으며 변경된 내용은 별도의 파일에 저장하지 않고 연동 파일에 변경 저장된다.

③ 다운로드 파일 작성

편집기로는 표시제어부/유지보수부 MMI 프로그램에서 사용할 역화면 파일 및 연동 로직파일, 연동장치에서 사용할 연동 DB를 생성할 수 있다. 이런 파일들은 역화면 파일 작성, 연동도표 작성, 연동 DB 작성을 통하여 필요한 내용들이 작성되며 메뉴에서 ‘다운로드 파일작성’ 메뉴를 선택하여 자동으로 생성된다.

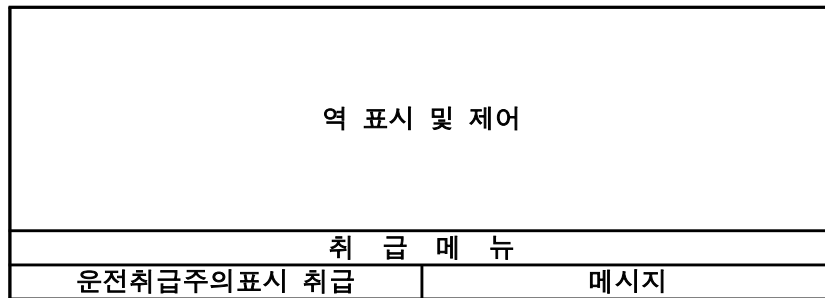
(나) MMI 프로그램

(1) 개발 환경

MMI 프로그램은 Windows 운영체제 상에서 C/C++ 언어 또는 다른 객체지향 언어(C#, JAVA)를 사용하여 개발한다. 또한 연동장치와 RS422 통신을 하며 제어 명령을 전달하고 상태표시정보 및 알람 메시지를 전송받는다.

(2) 역화면 표시

MMI 프로그램 화면은 세 부분으로 나뉘어져 있으며 각각 역 표시 및 제어 화면, 취급 메뉴 표시화면, 메시지 표시화면으로 구성된다. 역 표시 및 제어 화면은 화면의 중앙부를 차지하며 취급메뉴 표시화면은 좌측 하단, 메시지 표시화면은 우측하단에 위치하며 모니터의 해상도에 따라 역화면 크기가 자동으로 변경된다.



[표시제어부 화면 구성도]

(3) 제어 기능

취급 메뉴는 역 화면 밑에 위치하고 있으며 각 메뉴는 키보드를 이용하여 각 취급에 대한 내용을 확인하여 필요한 제어명령을 취급할 수 있다.

① 신호 취급

신호 취급은 발점 신호기에서 도착지점을 선택하여 신호를 현시하거나 현시된 신호 취소, 신호 재 취급 및 TTB를 설정하는 작업이라 할 수 있다.

◎ 신호 상태에 따른 취급 가능 제어

② 선로전환기 단독 취급

선로전환기 단독 취급은 LOCK상태가 아닌 선로전환기 즉, 선로전환기의 채정표시램프가 회색으로 표시하고 있는 선로전환기만 취급이 가능하다.

MMI 프로그램은 선로전환기의 정, 반위 취급에 있어서 역 상태 화면상에서 직관적으로 해당 선로전환기의 명칭 표시를 마우스로 지정해서 조작하는 취급 방법과 취급메뉴의 키보드 입력에 의한 운용 명령의 메뉴 처리를 지원한다.

③ 비상구분해정

표시제어부 컴퓨터 시스템은 구성된 진로에 장애가 발생하였을 때 즉, 신호기램프가 적색을 표시하고 있을 때 궤도별로 비상구분해정 취급을 할 수 있으며 신호기 램프가 녹색을 현시하고 있으면 비상구분해정 취급을 할 수 없다.

궤도의 비상구분해정 취급에 있어서 역 상태 화면상에서 직관적으로 해당 궤도의 명칭을 마우스로 지정해서 조작하는 취급 방법과 취급메뉴의 키보드 입력에 의한 운용 명령의 메뉴 처리를 지원한다.

④ 열차번호 취급

MMI 프로그램의 모니터링(Monitoring)기능은 역내 진입 및 역외로 출발하는 열차의 열차번호 까지 모니터링하는 열번 추적 기능이 지원된다. 이 기능은 타 역에서 들어오는 열차번호 정보를 열차가 이동하는 타 역으로부터 전송받아 역 상태 화면의 열차번호 표시창에 표시한다.

열차 번호의 표시는 열차가 이동하는 역내 진로 중에서 진입·진출진로의 도착점 궤도에 표시되며, 열차의 이동에 따라 열차번호도 이동한다.

열차번호는 열차의 진행에 따라 자동으로 이동하지만 열차가 장내에서 시발하는 경우나 타 역에서 열차번호가 정상적으로 전송되지 않았을 경우 수동으로 입력해야 한다.

⑤ 연동장치기동 취급

마우스를 RUN 램프 위에 놓고 마우스의 왼쪽버튼을 더블클릭하여 취급확인 메시지 박스에서 ‘확인’ 버튼을 클릭하면 연동장치가 재 기동된다.

⑥ 경고음 끄기

장애 발생시 경고음이 울린다. 경고음이 울리고 있는 해당 램프 위에 마우스를 올려놓으면 마우스의 모양이 ‘손 +스피커’ 모양으로 바뀌고 램프를 더블클릭 하면 경고음이 멈추고 마우스 모양은 화살표 모양으로 바뀐다.

⑦ CTC 전환요구 취급

역 화면에서 CTC 램프위에 마우스를 놓고 왼쪽버튼을 더블클릭하여 취급확인 한다.

⑧ 비상 LOCAL 전환요구 취급

CTC 장애 시 비상LOCAL 전환요구 취급하여 LOCAL로 전환한다. LOCAL 램프를 더블클릭하면 취급확인 메시지가 표시되고 비상 LOCAL 취급 사유 및 취급자 입력 메시지가 표시되며 사유 및 취급자 입력 후 ‘확인’ 버튼을 클릭하면 비상 LOCAL 전환요구 취급된다.

(4)메시지 검색

MMI 프로그램은 역 상태의 변화, 장애, 제어취급 등 메시지를 기록하고 기록된 메시지를 검색 및 프린터 출력 할 수 있으며 메시지는 시간별·장치별로 검색할 수 있다. 또한 MMI 프로그램은 실시간으로 역 정보를 저장하여 과거의 역 상태를 볼 수 있는 화면재현 기능을 지원한다.

① 시간별 메시지 검색

시간별 메시지 검색은 검색하고자 하는 시간의 범위를 지정하고 메시지 분류, 항목을 선택하여 원하는 메시지를 검색할 수 있으며 검색된 자료는 오름차순으로 정렬되어 리스트에 표시된다.

② 장치별 메시지 검색

지정한 시각의 역 상태를 장치별로 검색하며 신호현시, 선로전환기 LOCK, 궤도 점유 상태를 표시한다.

(5) 연동장치와의 인터페이스

MMI 프로그램은 연동장치와 시리얼로 통신하며 2중계로 구성되었다. 통신은 주계 라인에서만 진행되고 주계에서 통신이 이상 있으면 부계로 통신을 진행한다.

MMI 프로그램은 연동장치에서 기기 상태 표시, 각종 알람/경고/일반 메시지를 수신하고 조작자가 취급하는 제어명령을 연동장치에 전송한다.

① 기기 상태 표시

MMI 프로그램이 연동장치에서 전송받는 기기 상태 표시 메시지에는 역화면에 표시되는 신호기의 점등여부, 선로전환기의 방향 및 쇄정 상태, 궤도의 점유 여부, 진로설정여부, 기타 기기들의 장애 여부 등이 포함된다.

② 제어명령

MMI 프로그램이 연동장치에 전송하는 제어명령에는 신호기 취급, 선로전환기 취급, 연동장치 시작여부, 진로 취급, 열차번호 취급 등이 있다.

③ 알람/경고/일반 메시지

MMI 프로그램이 연동장치에서 전송받는 알람/경고/일반 각종 취급 메시지와 장애메시지, 궤도 점유/해제 메시지 등이 있다. 자세한 메시지는 메시지 검색에서 제시한 메시지 표에 기술되었다.

④ 화면 재현 기능

MMI 프로그램은 현재 역 상태를 그래픽으로 표시하는 것을 기본으로 하며 실시간으로 현재 상태를 저장하여 과거의 역 상태를 재현하는 기능이 지원되며 역의 현재 상태 저장 및 과거 정보를 검색, 재현하기 위해 MMI 프로그램을 가동 시 화면재현 프로그램(Eis_Replay.exe)을 동시 가동하여야 한다.

(다) 연동소프트웨어 기본설계

(1) 개발 환경

연동논리부는 MEN사 SIL4 인증을 받은 제품인 F75P CPU보드는 사용하고 운영체제는 세계적으로 많이 사용하는 실시간 운영체제인 QNX를 사용하였으며 프로그래밍 언어인 c언어로 개발한다. 연동 처리결과의 출력은 200ms이내에 처리되도록 시스템을 구성한다.

운영체제인 QNX는 주로 다음과 같은 산업에 사용된다.

- 자동차 인포테인먼트, 스마트폰, 태블릿PC
- 산업 제어 및 자동화 시스템, 네트워크 장비
- 의료기기, 로봇, 군사, 보안, 항공, 교통, 철도
- 발전소, 원자력 발전 시스템

QNX는 다음과 같은 특징을 가진다.

- Microkernel RTOS
- Transparent distributed processing
- POSIX
- Eclipse
- Scalability
- Fault tolerant
- Clean IP
- More than 30 years

(2) 연동 로직

국내.

(3) 연동 DB

각각 현장에 맞는 연동 DB를 쉽고 정확하게 만들기 위해 편집기를 사용하여 작성된다. 연동 DB 파일에는 I/O 카드 설정 정보, 기기 상태 정보를 표시하기 위해 번지 정보, 각종 신호기기 취급에 필요한 번지 정보가 HEX 값으로 기록되었다.

① I/O 카드 설정

- 카드 번지
- 카드 종류(Input/Outp/Point/확장)
- 카드 상태
- 카드 값

② 궤도

- 궤도 명칭
- 역번호
- 신호기 ID(있을 경우 사용)
- 선로전환기 명칭(해당이 있을 경우 사용)
- 궤도 상태(점유/복귀)
- 복구지연시간(범위:1~5초)
- 진로 구성 여부
- 입력카드 번지
- 출력카드 번지
- 접근설정 궤도
- 차량접촉한계 궤도

③ 신호기

- 신호기 ID
- 신호기 역번호
- 신호기 상태(점등/소등)
- 신호기 출력 번지(HR, YR, GR, MR)
- 신호기 입력 번지(HR, YR, GR, MR)
- 신호기 표시 지연(Y, R, G)
- 접근 궤도
- 접근 선로전환기
- 진로 개수

④ 진로

- 진로 명칭
 - 역번호
 - 신호기 ID
 - 신호기 상태
 - 신호기 종류
 - 진로상태
-

-
- 진로 에러 상태
 - 지연 시간
 - 보류 채점 여부
 - 경합 진로

⑤ 제어버튼 정보

- 제어 버튼 명칭
- 제어 버튼 종류
- 제어 번지

⑥ 선로전환기

- 선로전환기 ID
- 역번호
- 전환 출력 번지
- 정위방향 입력 번지
- 반위방향 입력 번지
- 궤도 ID
- 궤도 개수
- 궤도 상태

⑦ 표시정보

- 기기 명칭
- 기기 번지
- 기기 상태

사. Hardware 기본설계

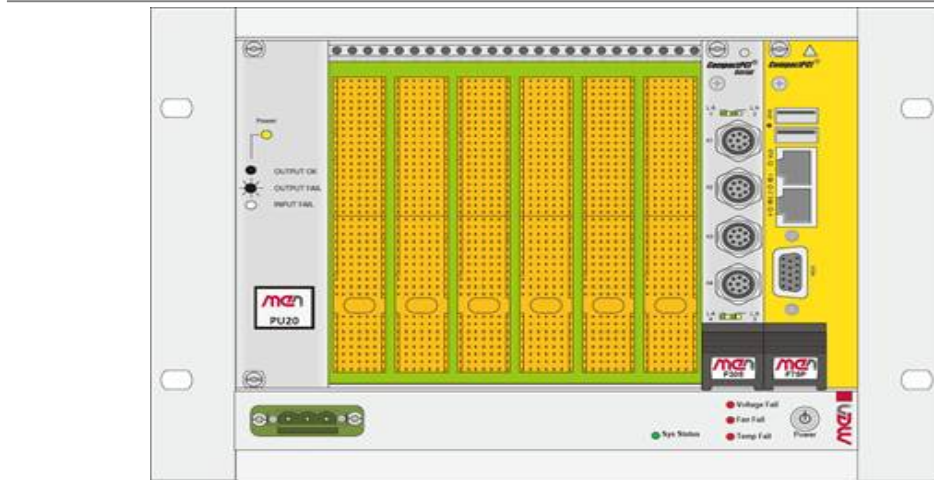
(가) 연동논리부 구성

(1) 연동논리부 하드웨어 구성

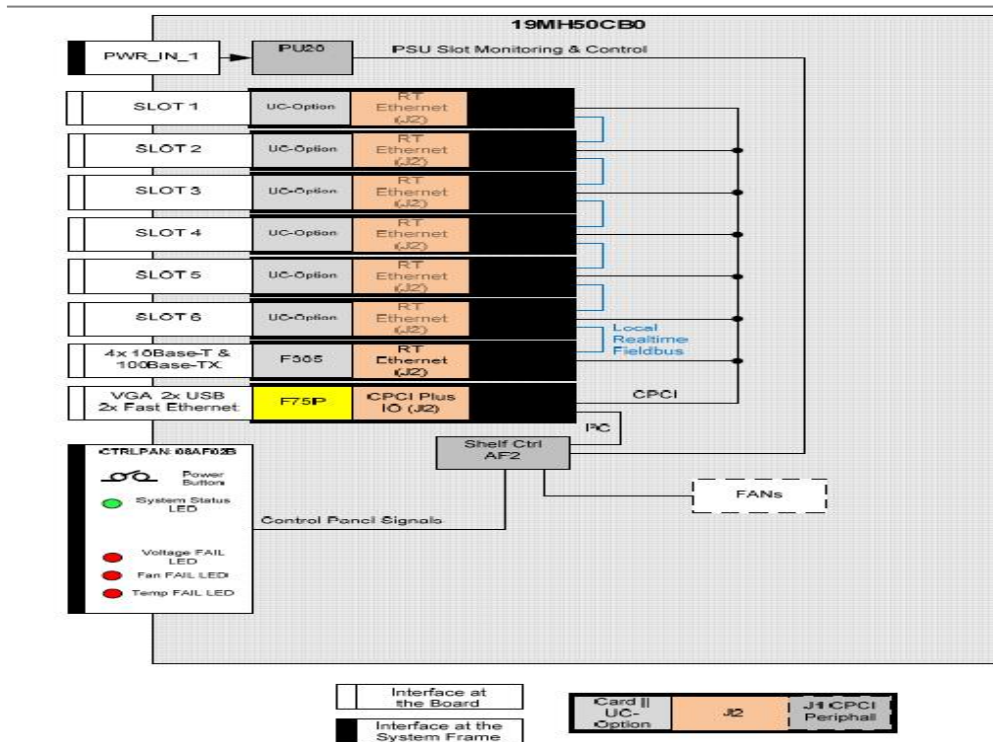
1) Master Shelf 기본구성 방식

① 기본 구성

- SIL4 인증된 F75P CPU보드 사용(CPU Board with 3 CPUs)
 - Power Supply (AC110 TO 230V or DC 24 TO 110V, 120Watts)
 - Real-time Ethernet Card
 - Shelf Controller(System Monitoring such as Temperature, Fan Speed, Power) 등으로 구성된다.
-



[MTCS의 Master Shelf 외형]



[MTCS의 Master Shelf 구조]

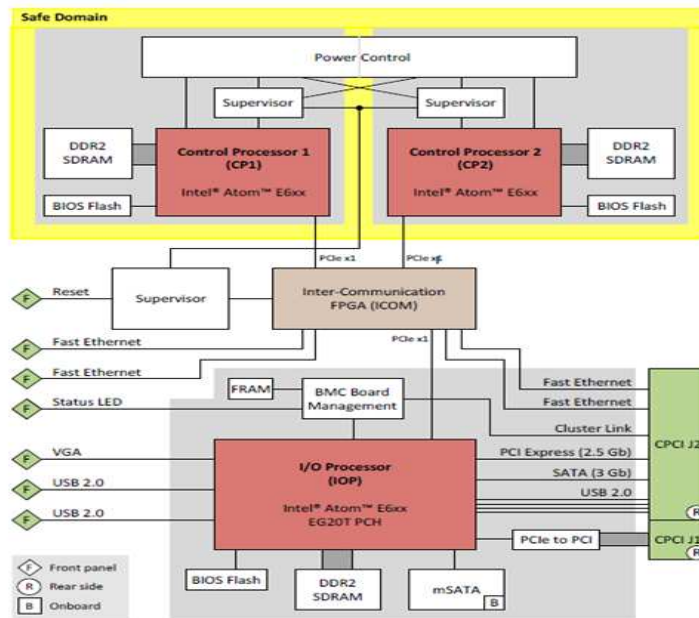
② CPU모듈

- 2 x Intel Atom E680T, 1.6GHz, 512MB DDR2 RAM for Onboard Dual Redundancy
- 1 x Intel Atom E680T, 1.6GHz, 1GB DDR2 for I/O
- 각 블록에 대한 독립적인 감시
- Fail Safe와 Fail Silent의 보드 구조
- 가용성 향상을 위한 두 개의 F75P Clustering
- Event Logging 제공
- SIL4 인증(with Report from TÜV Süd)
- EN 50129, EN 50128과 IEC 61508에 따른 개발

- EN 50155 준수
- -40℃ ~ +85℃에서 검증된 시스템



[F75P CPU의 외형]



2 X Control
Processor
Safe
Domain

Iner-
Communication
FPGA

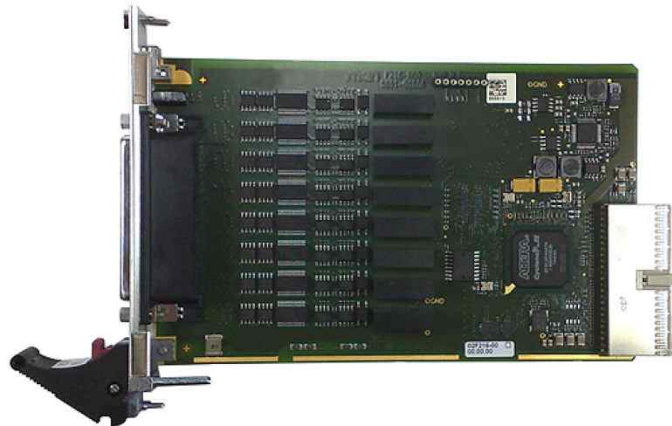
I/O Processor

[F75P CPU의 Block Diagram]

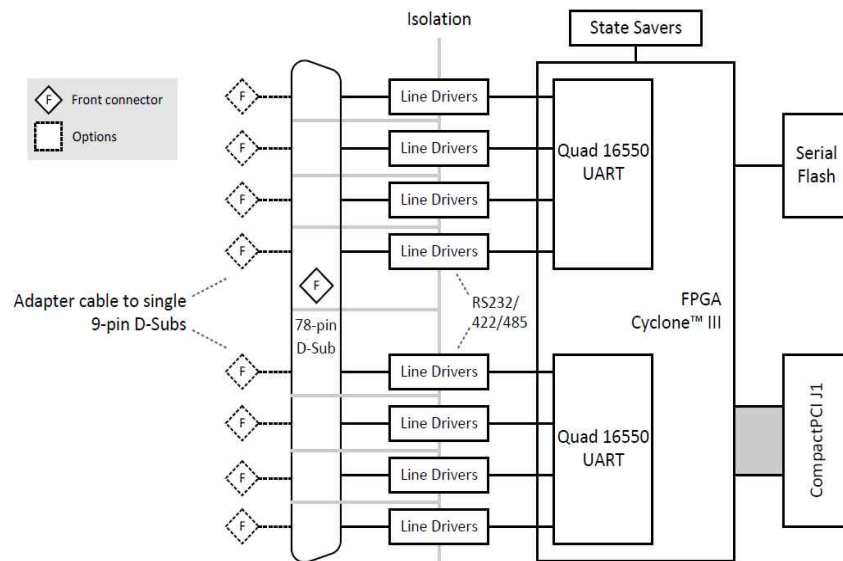
③ F216-3U CompactPCI Octal UART

F216 모듈은 3U CompactPCI에 기본을 둔 Octal UART I/O카드 이다. 두 개의 UART 컨트롤러는 각 4개의 Full-duplex Channel을 제공한다. 각각의 8 Channel은 개별적으로 설정할 수 있고, RS232, RS422, RS485를 지원하며, 기본적으로 RS422방식을 지원한다.

- FIFO방식의 대용량 데이터 송수신 지원
- 921,600bit/s의 높은 데이터 전송 속도
- Full Handshake 지원
- -40℃ ~ +85℃에서 검증된 시스템



[F216 Octal UART 외형]



[F216 Octal UART Block Diagram]

2) Slave부 구성 방식

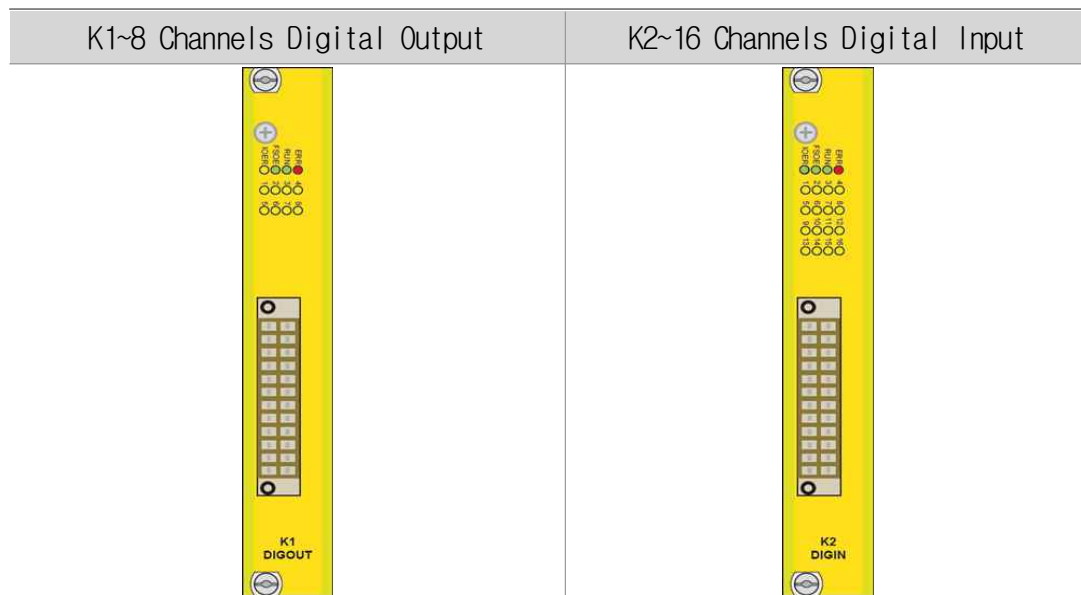
① 3U Slave부

Slave부는 2개의 EtherCAT Bus Connector와 Slave부의 Address를 할당할 수 있는 스위치, Power Connector와, Output 모듈, Input 모듈로 구성되어 있다.

- 3U로 구성된 Compact Size(H: 134mm)
- 6개의 슬롯으로 구성된 EtherCAT Backplane
- I/O Head Unit(광범위 Power Supply, EtherCAT IN/OUT, Unit Address Switch)
- Wall Mountable
- DIN Rail Mountable



[MTCS의 3U Slave I/O System]



[K1~8 Channels Digital Output/Input]

② Output 모듈(K1~8 Channels Digital Output)

- 8x Safe Digital Outputs
- High Side Switch
- Single Isolation Group
- 24~110V DC Nominal
- 300mA Switching Current

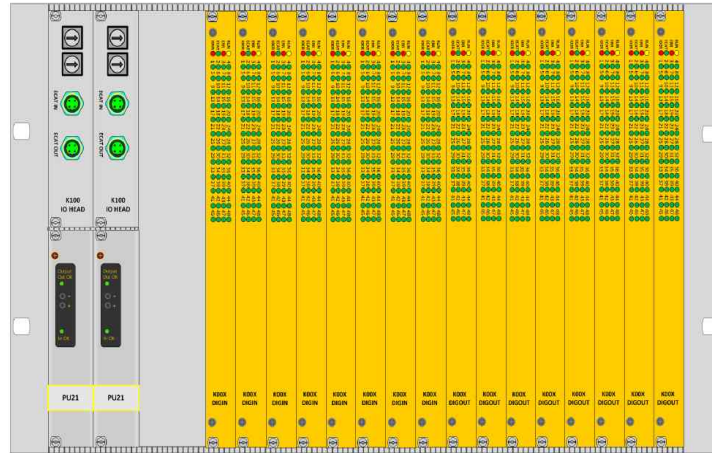
③ Input 모듈(K2~16 Channels Digital Input)

- 16x Digital Inputs
- Single Isolation Group
- 24~110V DC Nominal
- Pulsed Input Current 1~10mA

④ 6U Slave부

기본적인 구성은 3U Slave부와 같지만 두 개의 EtherCAT, Power, Connector로 구성된다.

- 48channels의 Input 과 Output을 지원하는 6U형태로 구성 (230 x 160mm)
- 2x Backplane Connectors, P1(EtherCAT, Power)/ P2(Input or Output Signals)
- 제어상태, Address와 Input/Output 상태를 알려주는 전면 LED
- Health Monitor Controls by FPGA



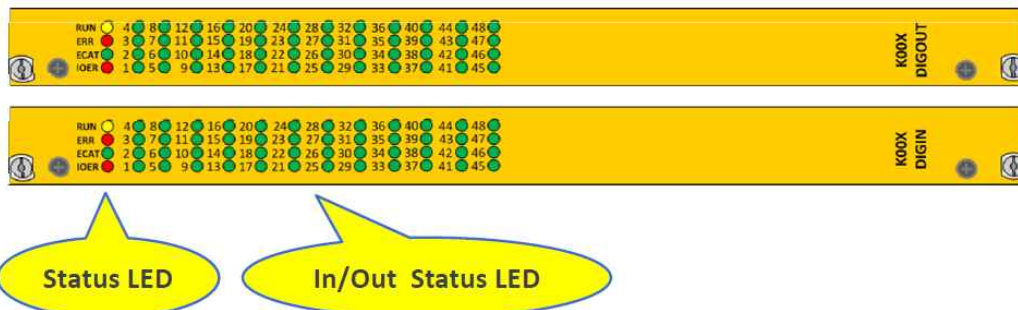
[MTCS의 6U Slave I/O System]

⑤ Output 모듈(48 Channels Digital Output)

- 모니터링 기능이 있는 48x Digital Outputs
- 과전류보호회로 구성(≤ 2초이내)
- 24V DC Nominal
- 500mA Switching Current

⑥ Input 모듈(48 Channels Digital Input)

- Bite회로로 구성된 48x Digital Inputs
- 전압 DC 14.4~ 154V
- Trip 전압(low → high) : DC 18V ± 2V, (high → low) : DC 14V
- 24~110V DC Nominal
- Pulsed Input Current 1~10mA

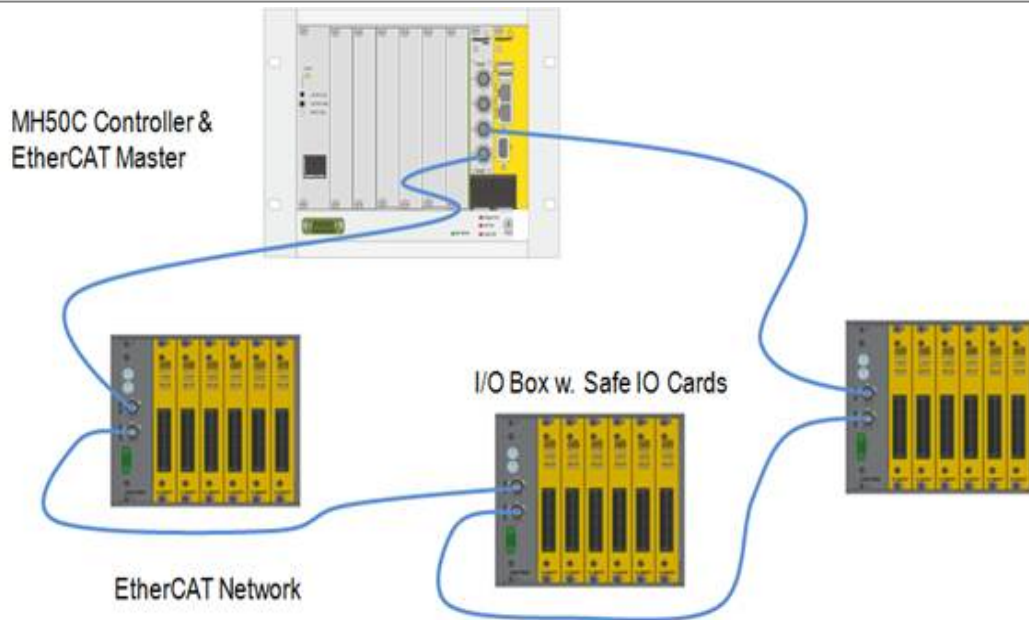


[48 Channels Digital Output/Input]

(2) 연동논리부 시스템 구성

① 시스템확장의 기본사양

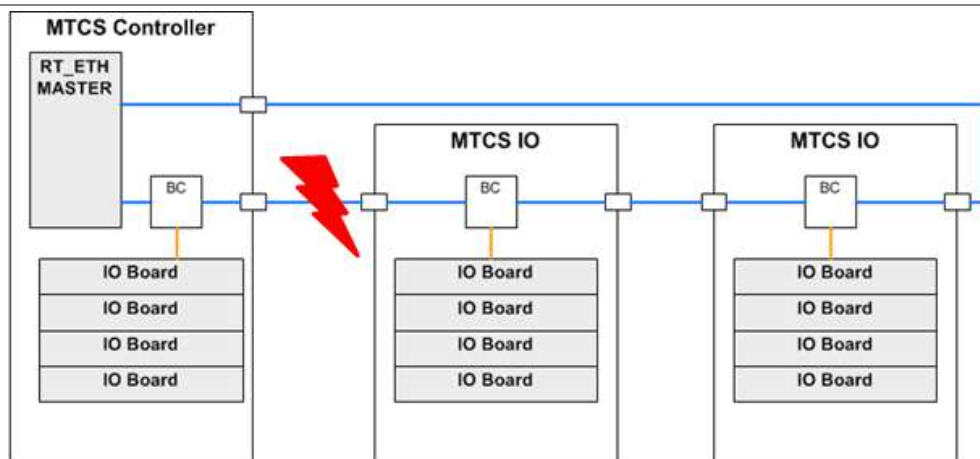
- I/O모듈은 최대 400장까지 확장이 가능
- Millisecond Cycle Time
- Hot-Plug of I/O 모듈



[EtherCAT을 통한 시스템 확장]

② EtherCAT

- Called "FSoE"(Fail-safe of Ethernet)
- FSoE was assessed by TÜV Süd
- IEC61508 SIL3 Certifiable
- FSoE Master runs on Safety CPU Board (E.g. F75P)
- FSoE Slave runs in Safe EtherCAT I/O



[I/O Network 개념]

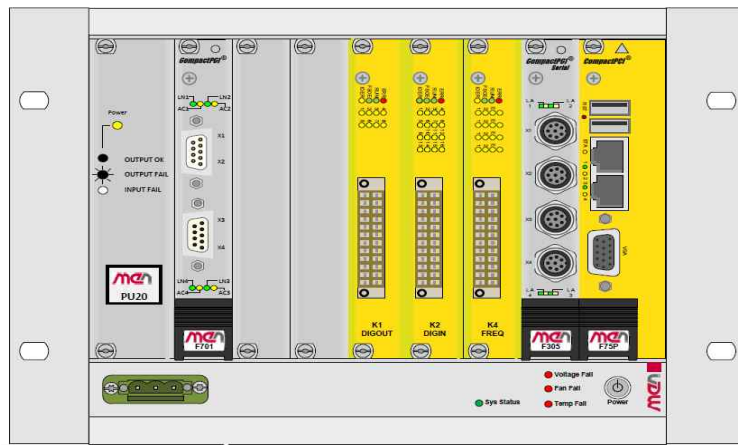
③ 구성방안

MEN사의 열차제어시스템인 MTCS시스템을 사용한 기본구성 방은 SIL4 인증된 F75P CPU보드 사용(CPU Board with 3 CPUs)하여 3U I/O모듈 혹은 6U I/O모듈을 구성할 수 있다. 2장의 I/O모듈 사용하여 SIL4시스템을 구성하는 방법과 한 장의 I/O모듈을 사용하여 SIL2 시스템을 구성하는 방법이 있다.

a) 1개의 I/O 로 구성된 SIL2 시스템 구성

아래의 구성의 예는 SIL2시스템을 목표로 기본shelf에 Safe I/O 모듈을 단지 하나씩만 구성했을 때의 방식으로, 확장을 위해 옆에 여분의 슬롯을 두었다.

- SIL4의 F75P CPU를 기본적으로 사용
- SIL2의 16/8(48) Digital Input/ Output 1장을 사용하여 SIL2 구현

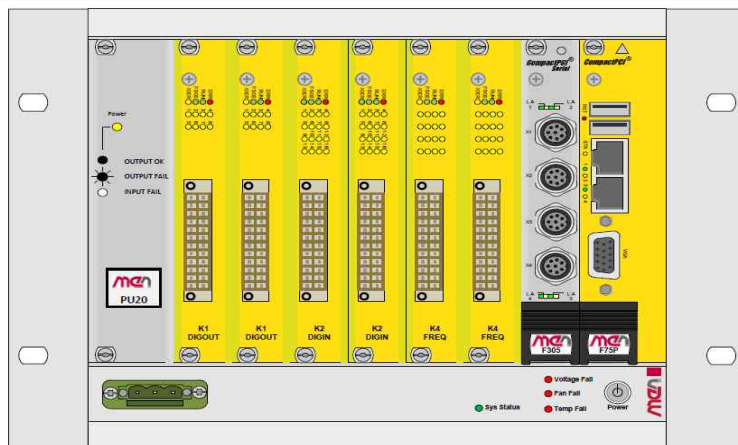


[MTCS의 SIL2 구성]

b) 2개의 I/O 로 구성된 SIL4 시스템 구성

아래의 구성의 예는 SIL4시스템을 목표로 기본shelf에 Safe I/O 모듈을 제어 프로세서 마다 하나씩 즉 2개의 Safe I/O모듈을 구성했을 때의 방식이다.

- SIL4의 F75P CPU를 기본적으로 사용
- SIL2의 16/8(48) Digital Input/Output 2장을 사용하여 SIL4 구현



[MTCS의 SIL4 구성]

④ 시스템 구성의 방안

1개의 Safe I/O 로 구성된 SIL2 시스템 구성은 시스템 구현시 적은 예산을 가지고 구현이 가능하고 현재 사용하는 시스템과 유사한 부분이 있기 때문에 개발기간 또한 단축할 수 있다. 그러나 인도네시아 환경과 요구사항을 만족시키는 제품을 개발하여, 인도네시아뿐만 아니라 세계의 다른 시장에 진출 할 기회를 마련하기 위해서 보다 안전한 시스템의 개발이 필요하다.

개발 예정인 시스템은 SIL4수준의 안전성을 확보하기 위하여, F75P CPU보드 사용(CPU BOARD with 3 CPUs)하고, 2개의 제어프로세서는 I/O 프로세서를 통해 각 2개의 Output모듈에 제어명령을 처리하고 그 결과를 Input를 통해 서로 감시하고 확인하도록 구성한다. 2개의 제어프로세서가 같은 연산결과로 출력 했을 때에만 제어를 수행하도록 하여 신뢰성이 높고 안전성이 높은 제품을 구성하도록 한다.

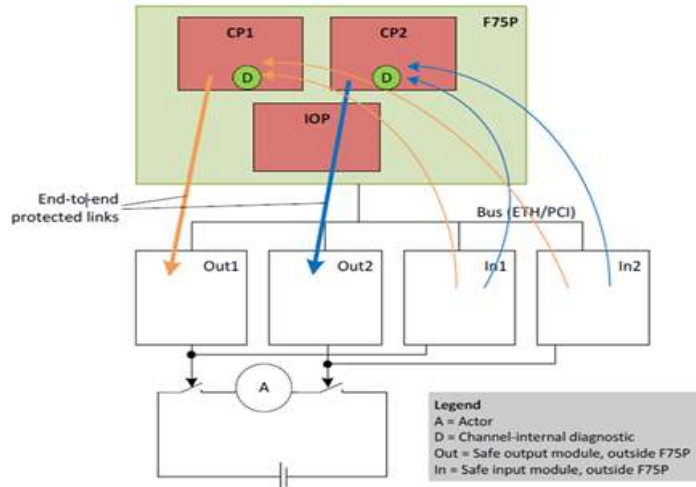
또한, 인도네시아의 환경 특성을 고려하여 낙뢰나 서지로부터 내부 시스템을 보호하는 방안을 세워 장애 없는 시스템을 구축하도록 한다.

(나) Fail-safe 및 Hot standby 구성

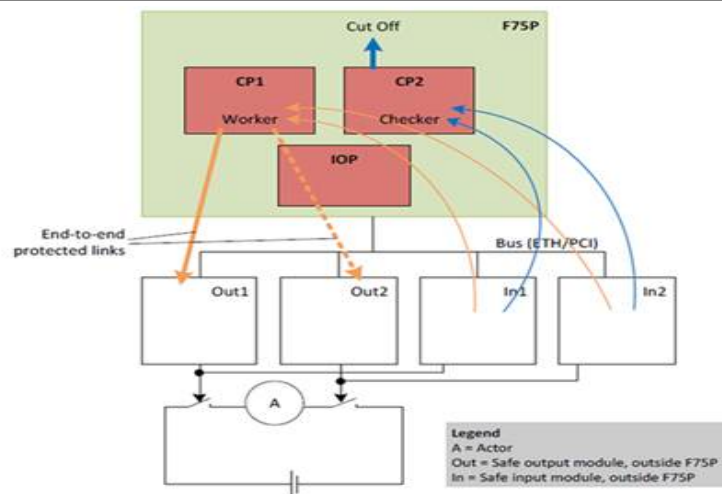
(1) Fail-safe 동작원리

연동장치는 안전측 동작(Fail-Safe)의 원칙에 의하여 설계, 제작되었으며 한 개 또는 여러 개의 부품 또는 모듈, 장치에 고장이 발생하거나 입력신호의 손실, 연산 오류, 소프트웨어 작성 오류 등의 어떠한 경우에도 오동작 또는 열차 운행에 위험한 출력이 발생되지 않는다.

- ① CPU모듈내의 두 개의 제어프로세서들은 독립적으로 작업을 수행하여, I/O프로세서를 통해 각각 출력을 내어 OUT1, OUT2의 출력 결과가 같을 시에만 정상적으로 제어계전기를 동작시킨다.
 - ② 프로세서1, 프로세서2가 I/O프로세서를 통해 제어명령들을 처리하여 각각의 OUT모듈을 제어하고 이 처리 결과는 하나의 회로를 구성하기 때문에 두 개의 프로세서의 처리 결과가 같아야만 실제 제어명령이 출력되게 된다. 하나의 잘못된 연산 결과로 인한 오작동을 보다 안전한 시스템 방식을 통해 예방할 수 있다.
 - ③ 출력모듈인 OUT1, OUT2의 출력은 입력모듈인 IN1, IN2의 모듈이 OUT1, OUT2의 출력데이터를 읽어 프로세서1, 프로세서2에 양쪽 모두에 처리결과를 알려주고, 이 처리결과를 비교하고 서로 감시하고 진단한다.
 - ④ CPU내부의 Fail-Safe처리 이외에 외부 출력에 대해서 출력단자의 최종단에 출력전원으로 계전기를 제어하는 방식은 기존과 동일하게 VRD 계전기를 사용하여 부정입력과 부정출력에 대해 출력을 차단할 수 있도록 한다.
-



[MTCS의 Voting by I/O]



[MTCS의 Worker/Checker]

(2) Hot-standby 이중계 구성

MEN사의 MTCS(MEN Train Control System)의 시스템은 안정성이 검증된 시스템이지만, 하나의 시스템으로 운영시 하드웨어의 손상이 발생하였을 때 단일시스템의 특성상 운영에 지장을 줄 수 있다. 그래서 시스템을 병렬로 연결하여 운영할 수 있도록 하여 한쪽의 시스템에 이상이 발생하였을 때 대기중인 예비시스템이 가동토록 하여 가용성을 높이도록 구성 한다.

모든 장치는 기능별로 모듈화, 이중화하여 어느 한쪽 계의 고장 시에도 절체되어 정상 동작되며, 하드웨어는 모듈 및 부품 단위로 호환성이 있도록 한다.

- 시스템 및 인터페이스의 이중계 구성
- 상시동작 이중계(병렬운영)로 중단 없는 가동상태 유지
- 전기적으로 분리된 두 개의 Ethernet Channel을 통한 이중계 구성
- 계간 정보공유로 연동정보의 일치성 및 연속성 보장
- 통신회선의 이중화로 한 모듈의 고장발생시에도 제어 및 표시 정상동작 유지

① 현재 운용중인 연동장치와 같은 F75P CPU를 사용한 시스템 구성

아래와 같이 현재와 같은 방식으로 하나의 F75P CPU 모듈에 I/O모듈을 하나씩 사용할 경우 시스템의 이중계 구성으로 Hot -Standby 시스템은 구현 할 수 있으나, SIL4수준의 안전성이 충족되지 않는다.



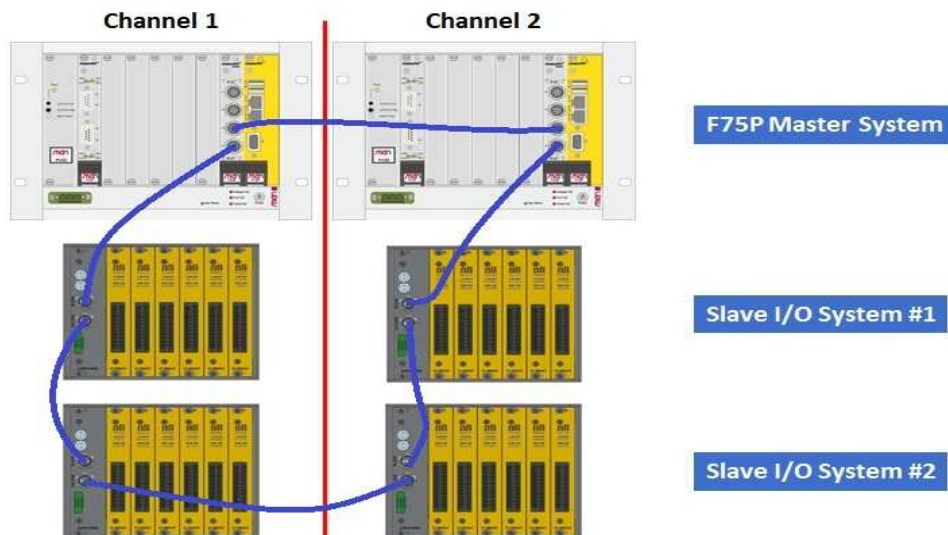
[현재시스템과 같은 방식의 Hot-Standby 시스템 구성]

② 두 개의 MTCS(MEN Train Control System)를 사용한 시스템 구성

향후 개발될 연동장치는 SIL4수준의 안전성과 현재 시스템 수준의 가용성을 가지도록 할 계획이다. 그러기 위해서 MEN사의 SIL4수준의 MTCS시스템을 두 개가 시스템으로 병렬로 구성하고, 각 I/O모듈을 링방식의 망으로 구성한다.

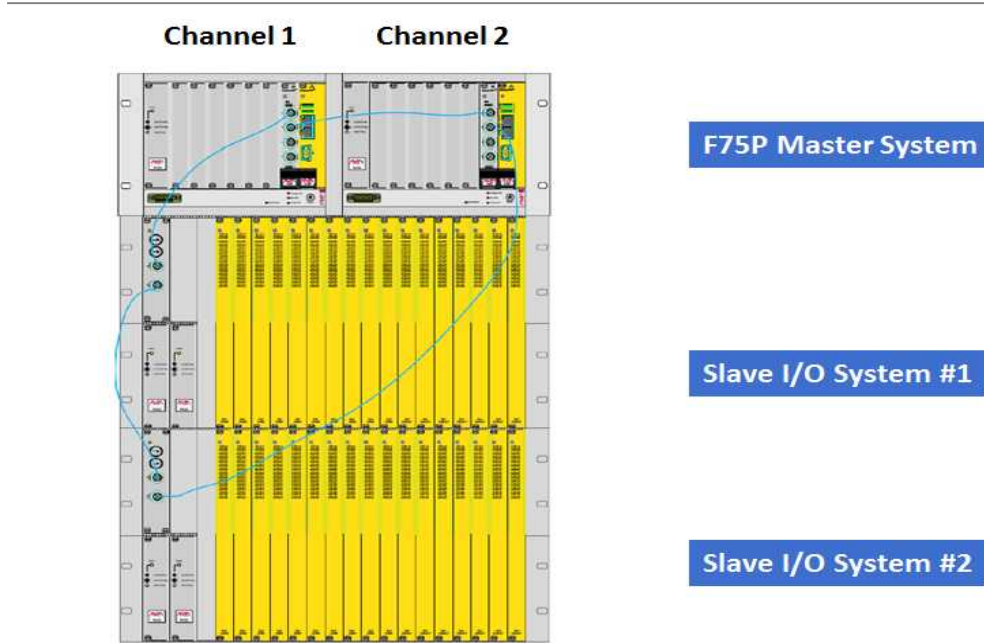
F75P CPU에 SIL2수준의 I/O모듈을 2중으로 구성하여 SIL4수준의 시스템을 구현하고, 각 시스템은 주계와 예비계로 구성하여 시스템 장애시 자동 절체되도록 Hot-Standby기능을 구현한다.

a) 3U Safe I/O Board를 사용한 시스템 구성



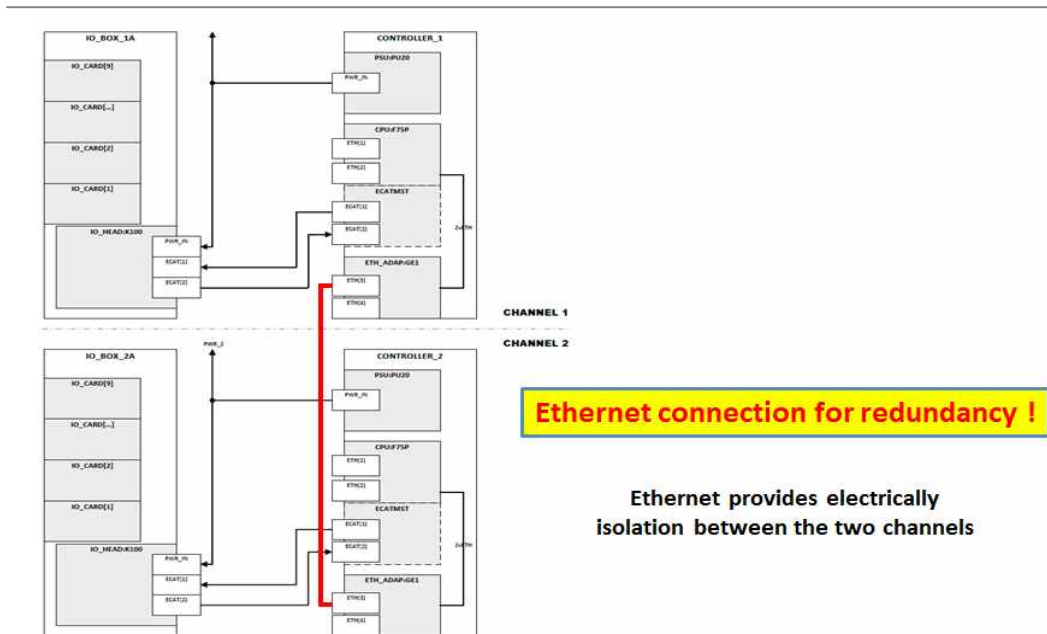
[3U Safe I/O Board 시스템의 Hot-Standby 시스템 구성]

b) 6U Safe I/O Board를 사용한 시스템 구성



[6U Safe I/O Board 시스템의 Hot-Standby 시스템 구성]

c) 2중계 구성



[MTCS의 Redundancy Architecture]

③ 두 개의 Channel을 사용시 Fail - Safe 방법

- a) 연동논리부 CPU 모듈은 정해진 시간 내에 처리 결과를 출력하여야 하는 실시간 시스템으로 구성하고 사용되는 운영체제는 성능이 입증된 상용 실시간 운영체제를 사용한다.

-
- b) 1, 2계의 입력 모듈로 입력되는 데이터를 상호 비교하여 동일한 경우에만 정상적인 입력 데이터로 처리하고 서로 상이한 경우에는 입력 포트 단위로 안전측(Off)으로 고정하고 계속 운용된다.
 - c) 주계와 부계의 처리 결과를 비교하여 일치할 경우에 주계의 출력을 제어하고, 처리 결과가 상이할 경우 3회까지 반복 처리한 후 불일치 할 경우 해당 출력에 대하여 안전측으로 제어된다.
연동논리부 시스템의 고장이 검지될 경우 대기중인 예비계로 처리 및 출력을 전환하고 모든 출력은 안전측으로 처리한 후 1, 2계의 데이터 비교 없이 단독으로 운전한다.
 - d) 1, 2계 시스템 상호간 통신이 불가능할 경우에는 부계는 고장으로 처리하고 주계 단독으로 운전한다.

다) 주변장치부 구성

전자연동장치는 연동논리부랙, 광통신부랙, 표시제어부랙, 유지보수랙, 계전기랙, 궤도랙, 전원분배랙(저항자랙), 폐색랙, 분선반랙으로 구성되며, 현장여건에 맞춰 시스템의 변경이 가능하다.

취급자의 제어를 처리하고 표시하는 표시제어부, 표시제어부의 제어 명령을 처리하는 연동논리부, 보수자가 연동장치의 동작상태를 감시하고 분석할 수 있는 유지보수랙, 연동논리부의 계전기를 통해 현장제어를 하고 현장상태정보는 연동부 입력모듈로 전달하는 계전기랙, 궤도회로의 구성 및 동작상태를 알려주는 궤도랙, 역간 폐색장치에 대한 제어를 담당하는 폐색랙, 현장장치와 인터페이스를 담당하는 분선반랙으로 구성된다.

(다) Surge로부터의 보호 대책

(1) 전원선로 경로인입 Surge보호

간접뢰 및 Surge의 피해를 방지하기 위하여 시스템에 접속되어진 전원 입력단에 최적의 Surge보호 용량을 가진 설비를 설치한다.

(2) 통신회선 경로인입 Surge보호

통신회선 경로에 통신용 Surge보호기를 설치하여 Surge피해를 방지하도록 한다.

(3) OPT카드를 통한 인터페이스 장치의 보호

광통신부는 연동논리부를 보호하기 위하여 연동장치부와 외부 장치 사이에 광변환 모듈을 설치하고 광케이블을 통해 연결하여 외부장치와 전기적으로 절연을 하여 보호한다.

(4) 신호기능실 및 운전취급실의 Surge보호

신호기능실 통신케이블은 차폐가 된 케이블을 사용하고, 케이블의 실드에 접지를 연결하여 외부의 잡음이나 Surge로부터 보호토록 하며, 전원케이블은 표시제어부용 뇌뢰변압기를 별도로 설치하여 주요설비를 Surge로부터 보호토록 한다.

연동장치는 처리된 신호들 각각의 제어계전기를 사용하여 동작케 하고, 각 기능에 필요한 전원을 최대한 분리하여 사용한다. 또한 보안기(Surge보호기)를 통해 실내장치와 실외의 시스템 사이를 분리시키도록 한다.

(5) 신호용 보안기(Surge보호기)

실내설비와 현장케이블 연결부분에는 각각 사용전압에 적합한 보안기를 설치하여 Surge 및 지락으로부터 피해를 예방하도록 한다.

(6) 모뎀라인 피뢰기

저용량 피뢰기로 모뎀전송선로에 인가되는 Surge, 고압노이즈, 낙뢰 등의 위협적인 장애요소로부터 연동장치를 보호한다.

2. 2차년도 연구수행 내용 및 성과

연구개발 범위	연구내용	연구결과	달성률 (%)
S/W 상세설계 개발	- 이중계 입력데이터를 이용한 Failsafe 기능을 구현함 - 이중계 처리를 위한 알고리즘을 구현 - 장애시 단일계 처리를 위한 알고리즘을 구현 - 연동시험 절차서에 근거하여 기능을 점검	연구보고서(별책2-1)	100
H/W 상세설계 개발	- 단일계의 CPU모듈에서 I/O카드를 링방식으로 액세스하도록 구성 - fail-safe 및 Hot-standby 방식으로 하드웨어를 구성 - 연동모듈의 FMEA 분석을 통하여 SIL4수준인 $10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$ 에 근접한 제품을 구성	연구보고서(별책2-2)	100
모니터링 시스템 설계 제작	- 연동DB와 화면 맵을 작성하는 편집기와 기기상태를 표시하는 모니터링 프로그램을 구현 - 시뮬레이터를 이용한 연동DB와 화면 맵 검증시험 - 지속적인 모니터링 시험을 위한 시험방법을 사용	연구보고서(별책2-3)	100
제어 현시 및 로직 시험	- 기기 및 기능 별 연동DB를 정의 - 연동장치에서 현장장치까지의 알고리즘을 구현	연구보고서(별책2-4)	100
연동시험	- 한국철도표준규격(KRS SG 0015 - 14R)을 기준으로 연동검사 체크리스트를 작성 - 체크리스트에 근거하여 하드웨어와 소프트웨어 기능을 시험하여 연동오류 검사함 - 인도네시아 전자연동장치 설치면황 조사	연구보고서(별책2-5)	100
시제품 시험 절차서 작성	- CBI 정적인 시험 절차서를 작성 - CBI 동적인 시험 절차서를 작성	연구보고서(별책2-6)	100
시제품 제작 및 시험	- 시제품 장치 별 구성방안을 제시 및 제작 - 각종 시험별 범위 및 준수사항을 제시 - CBI 연동검사의 모의시험 방안을 제시 - 개별 시험의 주요 내용을 제시 - 종합시험의 주요 내용을 제시	연구보고서(별책2-7)	100

[표 8 . 2차년도 연구 수행 내용 및 결과]

가. S/W 상세설계 개발

MEN사의 Safe CPU모듈인 F75P는 QNX에 기초하여 BSP와 함께 EN50128 규격에 적합하게 설계되었으며 2개의 Safe Domain과 1개의 IOP Domain을 제공한다. 2개의 Safe Domain은 동기화 되어 정보를 비교하며 CPU와 IOP간 데이터를 교환하는 기능도 포함하고 있다. CPU내 동기화 방식은 하나의 어플리케이션 로직을 두 개의 별개 프로세서에서 두 번 실행하여 결과를 비교 후 결과가 동일할 때에만 데이터가 전송한다. IOP Domain은 CPU FPGA 공유메모리를 사용하여 EtherCAT Master와 CPU간 데이터를 순환적으로 전송하고 CPU 부팅 이미지가 포함된 SSD를 액세스한다.

연동소프트웨어는 시스템 감시 Task, 외부통신 Task, 연동로직 및 이중계 처리 Task, 입/출력 처리 Task, 타이머 Task로 구성하였다. 연동DB는 역, 진로, 궤도, 선로전환기, 신호기, 인터페이스, 카드 할당, 버전 등 정보들을 포함하고 있다. 연동논리부 상세 설계에는 각 Task의 흐름도를 제시하고 연동 DB의 각 필드를 정의하여 소프트웨어 구현에 개발방안을 제시하였다.

(1) 소프트웨어 아키텍처

그림1. 노란색 부분은 안전파트를 나타내고 두 개의 동일한 CPU(이하 "CP")는 QNX에 기초하여 BSP와 함께 EN50128 SIL4에 적합하게 설계되었다. 회색 부분은 I/O 도메인으로 장시간 사용에 적합한 Linux로 가동되어 3번째 CP로 통신을 통하여 CP - I/O간 안전한 데이터 전송을 한다. 이렇게 CP는 3개의 CP로 각 도메인별로 설명은 다음과 같다.

(가) Safe Domain(CP1/CP2)

PACY를 이용하여 하나의 통일된 인터페이스 플랫폼에서 모든 프로세스 및 상태를 제공 받아 I/O 어플리케이션에 데이터를 매핑하는 방법을 사용한다. 또한 입/출력모듈로 통신을 보호하기 위해 Functional Safety Over EtherCAT 프로토콜을 사용한다.

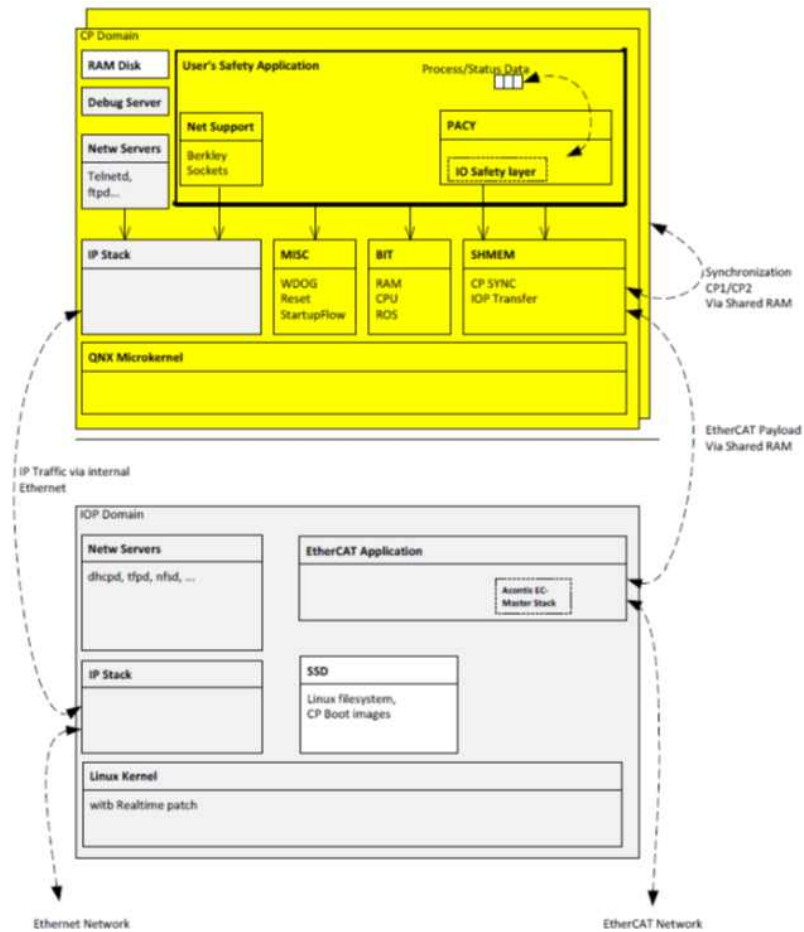
두 개의 CP는 동기화 되어 정보를 비교하며 CP와 IOP간 데이터를 교환하는 기능도 포함하고 있다. CPU내 동기화 방식은 하나의 어플리케이션 로직을 두 개의 별개의 프로세서에서 두 번 실행하여 결과를 비교 후 결과가 동일할 때에만 데이터가 전송한다.

안전 조치로서 QNX BSP는 무결성을 위해 각 가동 프로세스의 세그먼트를 확인 한다. 즉, 가동 프로세스의 세그먼트 위에 CRC값을 파일을 저장하고 비교확인 한다.

(나) IOP Domain(CP3)

IOP는 Real-Time(표준 Linux 커널)는 Yocto Linux distributon을 사용했다.

도메인은 CPU FPGA 공유메모리를 사용하여 EtherCAT Master와 CP간 데이터를 순환적으로 전송하고 CP 부팅 이미지가 포함된 SSD에 액세스가 가능하다.



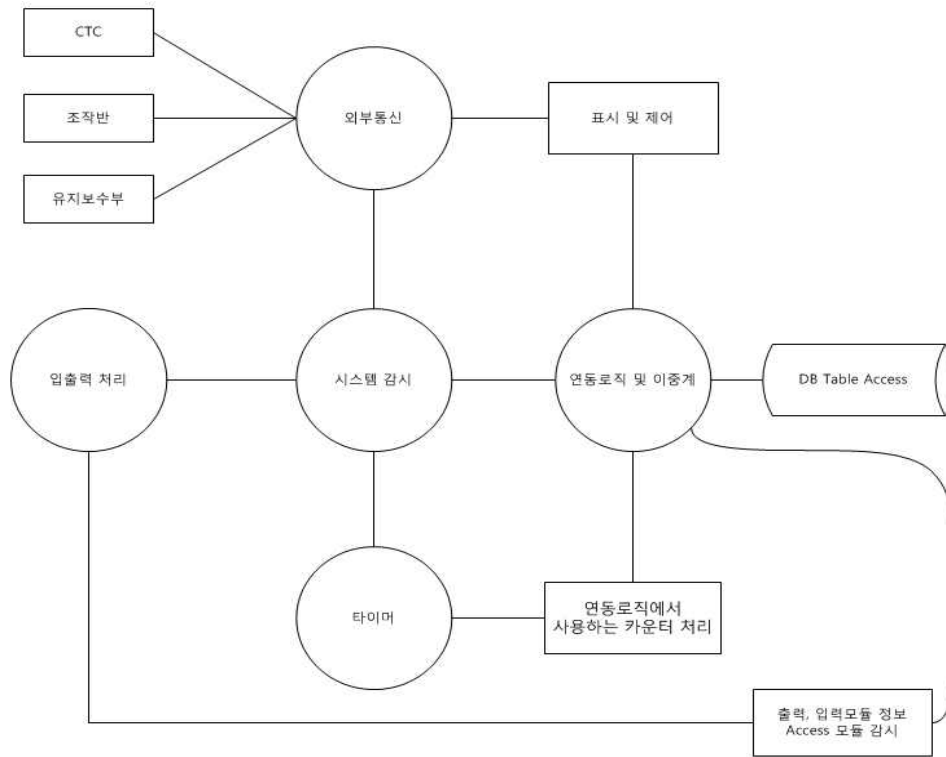
[소프트웨어 아키텍처]

(2) 연동로직 소프트웨어

연동로직 소프트웨어(이하 “연동로직”)는 실시간 운영체제(QNX, Linux)를 기반으로 하는 프로그램으로 연동Database 소프트웨어를 리드하여 반복적인 산술 및 연산을 일관성 있고 안정된 처리를 하도록 한다.

(3) 연동로직 소프트웨어 구조

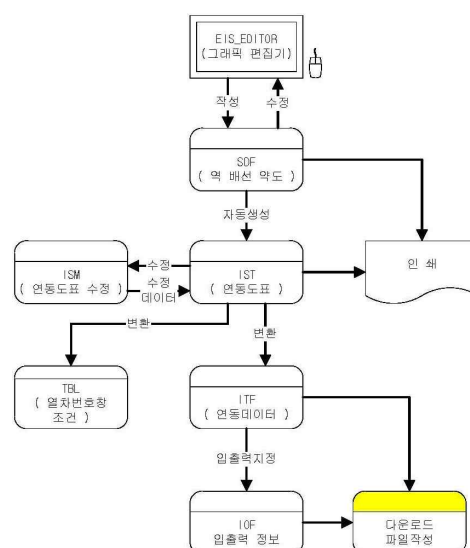
- 시스템 감시 Task
- 외부통신 Task
- 연동로직 및 이중계 Task
- 입출력 Task
- 타이머 Task



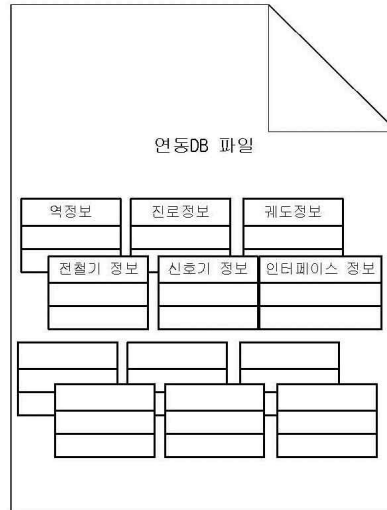
[연동로직 소프트웨어 구조]

(4) 연동Database 소프트웨어

연동Database 소프트웨어(이하"연동DB")는 해당역의 연동약도를 Drawing 하면Data가 자동으로 생성 된다. 사용자는 화면형태로 구성된 소프트웨어에서 입/출력 모듈의 Address를 할당하고 조건이나 특 이사항을 수정하면 최종 결과물로서 연동로직 소프트웨어가 Access하여 사용할 수 있는 형태로 변환 한다. 연동DB파일 내부에는 역, 진로, 궤도, 선로전환기, 신호기, 인터페이스, 버전 정보들이 저장되 어 진다.



[연동DB 작성 구조]



[연동DB 내용 구조]

(5) 이중계 및 Dual-Standby

이중계 구조는 아래 [그림3] 과 같이 Channel1과 Channel2로 독립된 하드웨어 방식으로 구성되어 입력모듈과 통신모듈을 Access하여 주계와 부계(예비)로 분리되어 동작한다. 주계와 부계는 각 각의 CPU가 하드웨어가 독립적으로 동작하며 서로를 감시 및 데이터를 공유하여 연산 및 산술 처리의 오류를 방지하고 하드웨어 손상에도 운영상에 시간을 최대한 확보 할 수 있는 장점을 가진다.



[하드웨어 이중계 구성]

나. H/W 상세설계 개발

열대기후인 인도네시아에서 운영하기 위하여 고온과 높은 습도에 보다 강하고, 신뢰성 높은 제품을 개발하고 결함허용을 기반으로 하는 2 out of 2 구조와 가용성을 높이기 위한 Dual-Standby 구조의 하드웨어를 기반으로 하여, 역구내와 폐색구간의 각종 장치와 인터페이스를 용이하게 하고, 안전운행을 위하여 Fail-Safe 기능이 강화된 계전기 기반 연동장치 시스템을 설계하여 시제품을 제작하였다. 또한 설계 제작된 제품에 대한 고장해석(failure analysis)을 진행하여 개발·설계, 제조, 사용 등의 단계에서 발생하는 이상 및 고장 원인을 조사해서 필요한 대책을 취하고 대상의 신뢰성을 향상시켰다. 고장해석을 위한 원인분석 방법으로는 FMEA(Failure Mode & Effect Analysis)를 사용하였다.

(1) 연동논리부 하드웨어 구성

MEN사의 열차제어시스템인 MTCS(Modular Train Control System)시스템을 기본으로 사용한다. MTCS는 열차 제어 장치등의 주요 열차 제어 어플리케이션에 사용할 수 있는 모듈 형태의 시스템 플랫폼으로, SIL4 레벨의 시스템 구성으로 되어 있으며, 연동논리에 의해 열차 자동운영과 자동방호기능을 갖추고 있다.

이 시스템은 이미 개발이 완료되어서, 공개된 플랫폼으로 사용자에게 의해 이 시스템을 기반으로 하여 어플리케이션을 추가하거나 드라이버 소프트웨어를 추가하여 사용할 수 있다.

시스템 구성은 Safe CPU모듈과 Safe I/O모듈, 그리고 MVB, CAN 혹은 내장 된 Safe 어플리케이션에서 사용하여 기존 열차 장비에 연결이 가능한 인터페이스 모듈로 구성된다.

MTCS는 CompactPCI를 기반으로 한다. 이 시스템은 Safe System CPU, Realtime Ethernet Card, Power Supply Card 그리고 Shelf Controller로 구성된다. 또한 마스터와 슬레이브로 구분되어 확장성이 높아 사용자의 필요에 의해 인터페이스 모듈을 추가 할 수 있고, 시스템의 구성에 맞춰 Safe I/O모듈을 구성할 수 있다.

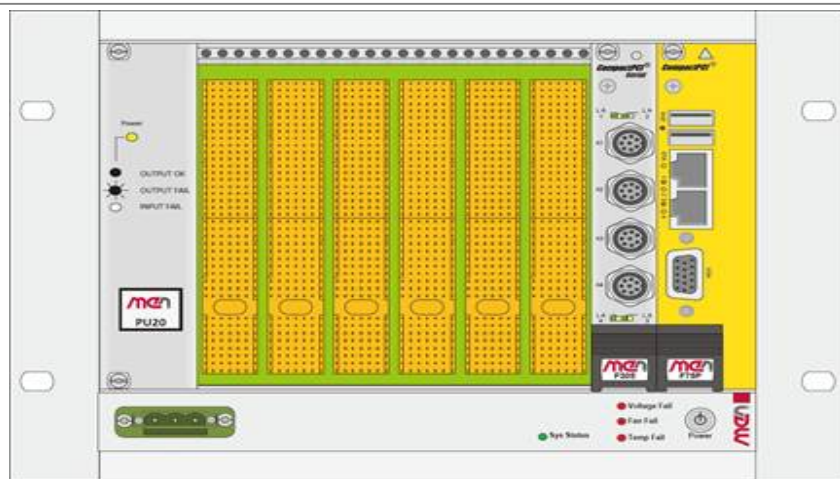
이 시스템의 구성 특징은 아래와 같다.

- SIL4 인증을 받은 Safe CPU Board 적용
- SIL2, SIL4 인증을 받은 Safe I/O Board 적용
- 인증을 받은 범용 Realtime O/S인 QNX를 사용하여 시스템의 안전성 확보
- SIL4인증 받은 Package의 사용
- Safe I/O Box의 분리에 의한 확장성이 용이
- 긴 수명 등.

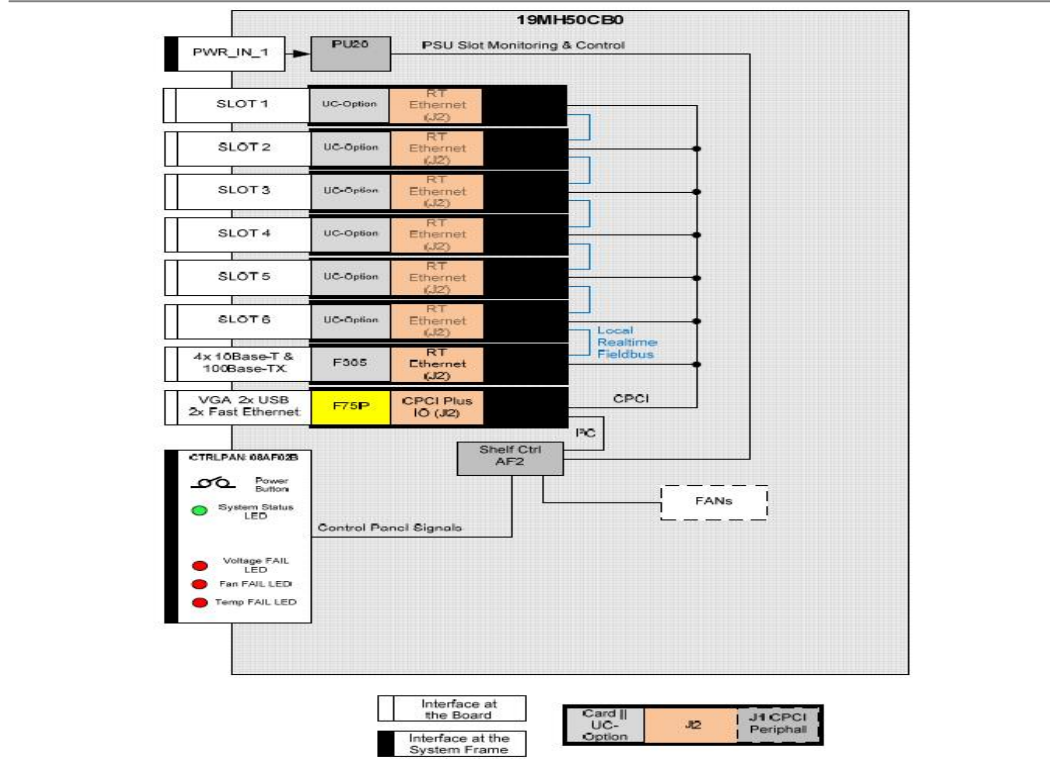
(2) Master Shelf 기본구성

Master shelf의 구성은 아래와 같다.

- SIL4 인증된 F75P CPU보드 사용(CPU Board with 3 CPUs)
- Power Supply (AC110 TO 230V or DC 24 TO 110V, 120Watts)
- Real-time Ethernet Card
- Shelf Controller(System Monitoring such as Temperature, Fan Speed, Power) 등으로 구성된다.



[MTCS의 Master Shelf 외형]



[MTCS의 Master Shelf 구조]

MTCS Master는 아래와 같은 기능 사양을 가지고 있다.

구 분	내 용
Safe I/O Control	Safe Digital Input/Output 모듈을 사용한 SIL4 열차 제어 시스템의 구축
Logic Controller	Safety critical logic의 Intel Atom 프로세서로 CPU 이중화 시스템 구성 및 하나의 I/O controller로 구성된 SIL4 CPU 보드 F75P
mSATA	F75P에 설치된 8GB mSATA SSD
Video Output	최대 1280x1024를 지원하는 1개의 VGA Port
Ethernet	두개의 100Mbit의 Ethernet
USB	키보드, 마우스, 메모리 스틱을 지원하는 2개의 USB 2.0

[MTCS의 기능적 사양]

(가) CPU모듈(F75P)

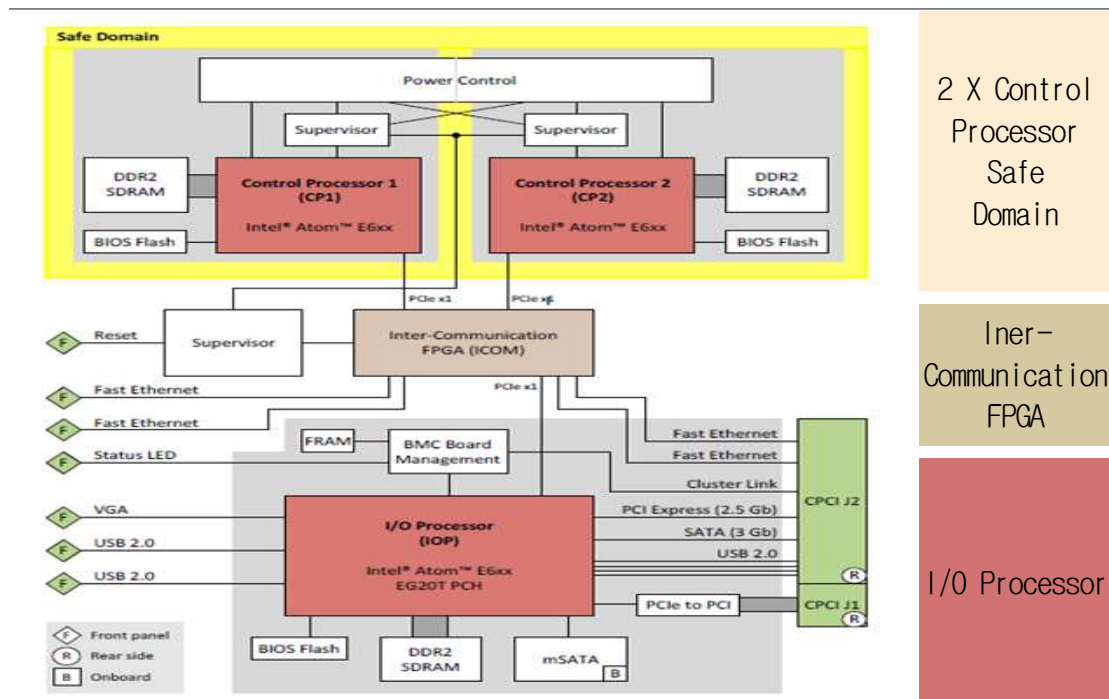
F75P CPU의 사양과 외형 및 기본 구조는 아래와 같다. 특징으로는 모듈내에 2개의 CPU와 이들의 출력을 제어하는 하나의 IOP가 있어서 외형상으로는 하나의 CPU를 가지고 있는 모듈과 같이 동작하는 것과

같다. 또한 보팅회로와 감시 프로세서를 내장하고 있어서 소프트웨어적으로는 개발자가 신경을 쓰지 않아도 된다.

- 2 x Intel Atom E680T, 1.6GHz, 512MB DDR2 RAM for Onboard Dual Redundancy
- 1 x Intel Atom E680T, 1.6GHz, 1GB DDR2 for I/O
- 각 블록에 대한 독립적인 감시
- Fail Safe와 Fail Silent의 보드 구조
- 가용성 향상을 위한 두 개의 F75P Clustering
- Event Logging 제공
- SIL4 인증(with Report from TÜV Süd)
- EN 50129, EN 50128과 IEC 61508에 따른 개발
- EN 50155 준수
- -40℃ ~ +85℃에서 검증된 시스템



[F75P CPU의 외형]

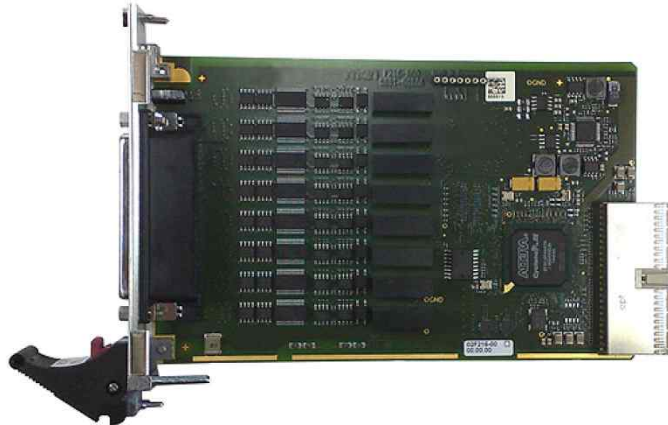


[F75P CPU의 Block Diagram]

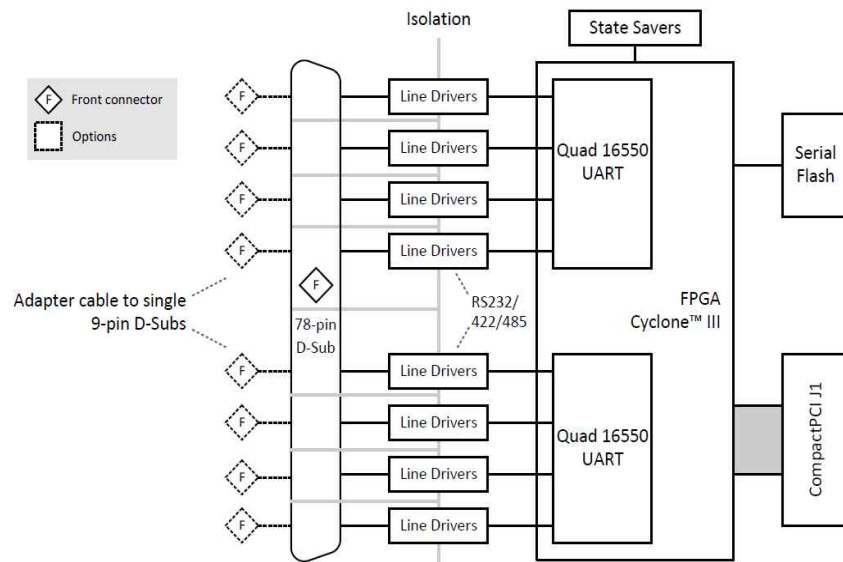
(나) F216-3U CompactPCI Octal UART

F216 모듈은 3U CompactPCI에 기본을 둔 Octal UART I/O카드이다. 두 개의 UART 컨트롤러는 각 4개의 Full-duplex Channel을 제공한다. 각각의 8 Channel은 개별적으로 설정할 수 있고, RS232, RS422, RS485를 지원하며, 기본적으로 RS422방식을 지원하며, 특징과 구조는 아래와 같다.

- FIFO방식의 대용량 데이터 송수신 지원
 - 921,600bit/s의 높은 데이터 전송 속도
 - Full Handshake 지원
 - -40℃ ~ +85℃에서 검증된 시스템
-



[F216 Octal UART 외형]



[F216 Octal UART Block Diagram]

(3) Slave부 구성

Slave부는 Master와 통신으로 연결되어 현장의 기기들을 제어할 수 있는 입출력 모듈로 구성하며 여기에는 기본적으로 shelf와 backplane, 통신처리 모듈 등으로 구성되어 있으며 상세한 내용은 아래와 같다.

(가) Slave부

Slave부는 3U 크기이며, 2개의 EtherCAT Bus Connector와 Slave부의 Address를 할당할 수 있는 스위치, Power Connector와, 입력모듈, 출력 모듈로 구성되어 있다.

- 3U로 구성된 Compact Size(H: 134mm)
- 6개의 슬롯으로 구성된 EtherCAT Backplane
- I/O Head Unit(광범위 Power Supply, EtherCAT IN/OUT, Unit Address Switch)
- Wall Mountable
- DIN Rail Mountable



[MTCS의 3U Slave I/O System]

(나) 출력모듈(K1~8 Channels Digital Output)

출력모듈은 현장기기로의 출력을 담당하며, 커넥터 핀아웃과 내부구조 및 특성은 아래와 같다.

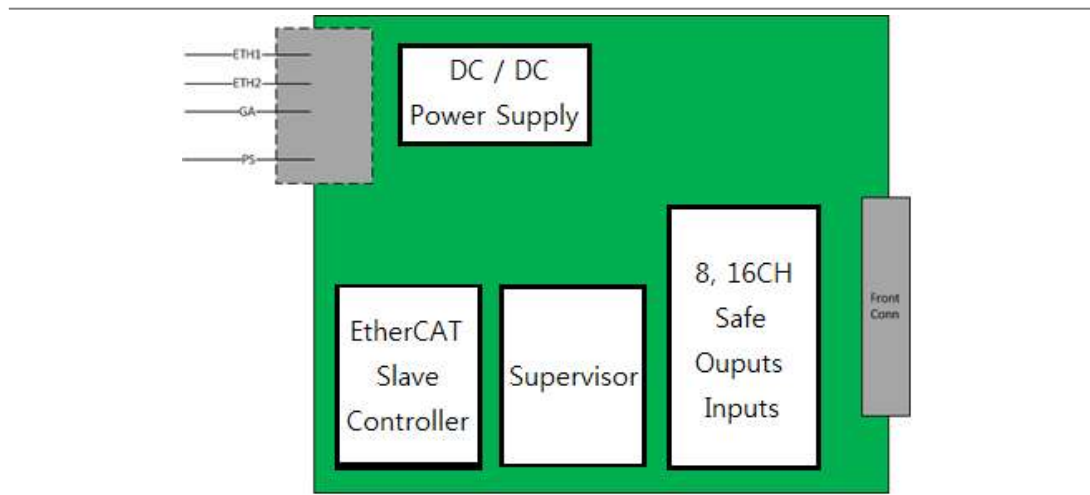
핀	신호	핀	신호
1	VS-	2	VS+
3	02	4	01
5	04	6	03
7	VS-	8	VS+
9	06	10	05
11	08	12	07
13	VS-	14	VS+
15	n.c.	16	n.c.
17	n.c.	18	n.c.
19	VS-	20	VS+
21	n.c.	22	n.c.
23	n.c.	24	n.c.

[출력모듈 커넥터 내부구조]

(가) I/O Head unit(통신처리)의 Block Diagram

I/O Head unit는 마스터와 인접 슬레이브를 통신으로 연결할 수 있도록 하는 기능과 I/O 모듈을 통하여 현장기기와의 입출력을 담당할 수 있도록 구성되어 있으며 구조 및 특성은 아래와 같이 되어 있다.

- DC/DC Power Supply
- EtherCAT Slave Controller
- Supervisor
- Output/Input Front-end Circuit
- Status LEDs
- Connector



[3U I/O Block Diagram]

(4) FMEA(Failure Mode Effect Analysis) 분석

평점요소	점수	평가기준
C1: 기능적 결함의 영향의 중요도	10	임무달성 불능
	9	임무달성 불능, 대체방법에 의해 일부만의 달성 가능
	8	임무의 중요한 부분달성 불능.
	7	임무의 중요한 부분달성 불능. 보조수단을 쓰면 달성 가능.
	6	임무의 일부 달성 불능.
	5	임무의 일부 달성 불능, 보조수단을 쓰면 달성 가능.
	4	임무의 경미한 부분 달성 불능.
	3	임무의 경미한 부분 달성 불능, 보조수단을 쓰면 달성 가능.
	2	외관기능을 저하시키는 경미한 고장.
	1	임무에 전혀 영향이 없음.
C2: 영향이 미치는 치명도	10	재난, 다수의 심한부상, 중대한 환경 손상
	7.5	단일치명적손상, 심한부상
	5	사소한 부상
	2.5	사소한 손상

C3: 고장 발생의 빈도	10	10-2이상
	9	10-2 ~ 3 x 10-2
	8	3 x 10-2 ~ 10-3
	7	10-3 ~ 3 x 10-4
	6	3 x 10-4 ~ 10-4
	5	10-4 ~ 3 x 10-5
	4	3 x 10-5 ~ 10-5
	3	10-5 ~ 10-6
	2	10-6 ~ 10-7
	1	10-7 이하

[평가기준]

평점요소의 점수는 3단계로 구분하여 10점을 기준점으로 정하여 점수를 체크하였다.
또한 고장등급은 4단계로 구분하여 표67을 기준으로 수립하였다.

Cs	고장등급	결함구분	대책
7점이상 ~ 10점	I	치명결함	설계변경 필요
4점이상 ~ 7점미만	II	중대결함	설계 재검토 필요
2점이상 ~ 4점미만	III	경미결함	설계변경 거의 불필요
2점 미만	IV	허용결함	설계변경 전혀 없음

[고장등급]

FMEA 분석을 함에 있어서 평점요소의 함에 의하여 결함등급을 평가하였다. 2등급 이상의 결함이 판정 되었을 때 설계를 다시 하거나 또는 위험원을 특별히 관리하여 제품의 설계부터 폐기까지 수명주기별로 관리를 해야 하며 위험원 저감에 최선을 다해야 한다.

추후 MEN사 F75P CPU보드와 I/O보드에 대한 FMEA 자료를 조사와 적용되는 연동로직에 관한 분석을 통하여 전체 시스템을 보다 정확하고 상세한 FMEA 분석을 진행할 것이다.

다. 모니터링 시스템 설계 제작

모니터링 시스템은 관할 연동역의 신호기기 상태, 열차 이동, 기타 장비들의 상태를 모니터링 하고 취급자가 보다 쉽고 용이하게 신호기 기기를 취급하도록 인터페이스 기능을 제공하며 이벤트 또는 장치 장애가 발생하면 알람을 울려 취급자가 빠른 시간 내에 감지하도록 편의를 제공한다. 모니터링 시스템은 연동 DB와 화면 표시 데이터를 생성하는 편집기와 화면표시 및 제어 조작이 가능한 모니터링 프로그램으로 구성한다.

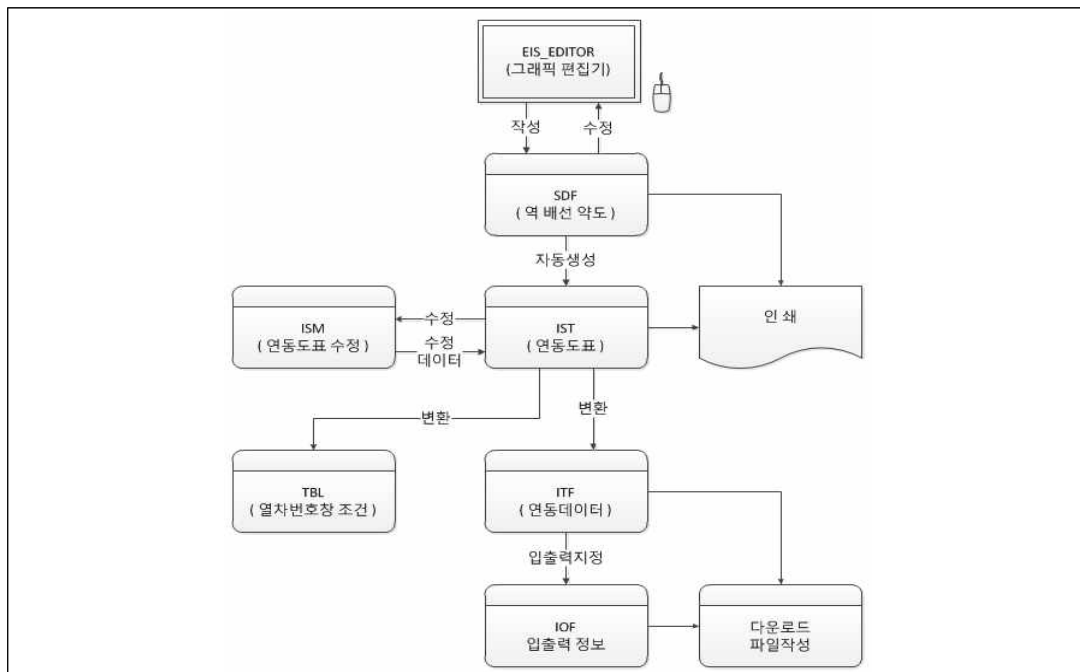
편집기는 작성자가 입력하는 데이터와 그린 선로 배선을 이용하여 연동 DB와 화면 표시 데이터를 생성하는 기능을 한다. 편집기에서는 선로배선과 각 심볼의 속성을 변경 또는 재사용하여 연동 DB와 화면표시 데이터를 수정할 수 있다. 또한 작성된 연동도표를 조회 및 출력할 수 있다. 연동 DB는 ROM에 인스톨하여 연동장치에서 사용하게 된다. 편집기 제작을 위해서 편집기에서 사용할 객체들을 정의하고 편집기 사용방법을 확인하여 사용자의 조작에 관한 기능을 제시한다.

모니터링 프로그램은 역화면 표시, 신호관련 제어, 메시지 기록 및 인쇄 등 3개 기능으로 구분된다. 역화면 표시에는 해당 역내 기기 상태, 제어 및 결과, 장애 메시지, 궤도 점유 상태, 열차번호 그리고

제어버튼 등이 표시된다. 모니터링 프로그램은 표시제어부와 유지보수부 모니터링 프로그램이 있으며 이 두 종류는 환경설정만 다른 동일 프로그램이다. 표시제어부 모니터링 프로그램은 제어가 가능하고 유지보수부 모니터링 프로그램은 제어 기능이 없고 모니터링 기능만 있다. 본 문서에서는 모니터링 프로그램의 화면 구성, 표시 및 제어 방법, 자료 및 자료 흐름 등을 제시하여 개발자가 개발하는데 사용하고자 한다.

(1) 편집기 설계 제작

편집기는 연동 DB와 화면 표시 데이터를 생성하는 기능을 하며 모니터링 프로그램은 이 데이터들에 근거하여 화면을 표시하게 된다. 또한 연동 DB는 ROM에 인스톨하여 연동장치에서 사용하게 된다. 편집기 제작을 위해서 편집기에서 사용되는 객체들을 정의하고 편집기 사용방법을 확인하여 사용자의 조작에 관한 기능을 제시한다. 편집기에서 사용되는 파일의 흐름도는 다음과 같다.



(2) 화면 표시 프로그램 설계 제작

모니터링 프로그램은 역화면 표시, 신호관련 제어, 메시지 기록 및 인쇄 등 3개 기능으로 구분된다. 역화면 표시에는 해당 역내 기기 상태, 제어 및 결과, 장애 메시지, 궤도 점유 상태, 열차번호 그리고 제어버튼 등이 표시된다. 모니터링 프로그램은 표시제어부와 유지보수부 모니터링 프로그램이 있으며 이 두 종류는 환경설정만 다른 동일 프로그램이다. 표시제어부 모니터링 프로그램은 제어가 가능하고 유지보수부 모니터링 프로그램은 제어 기능이 없고 모니터링 기능만 있다.

(3) 역화면 구성 및 상태 표시 설계

모니터링 프로그램 화면은 네 부분으로 나뉘어져 있으며 각각 역 표시 및 제어 화면, 취급 메뉴 표시 화면, 운전취급주의표시 화면, 메시지 표시화면으로 구성된다. 역 표시 및 제어 화면은 화면의 중앙부를 차지하며 취급메뉴 표시화면은 좌측 하단, 메시지 표시화면은 우측하단에 위치하며 모니터의 해상도에 따라 역화면의 크기가 자동으로 변경된다.

역 표시 및 제어	
취 급 메 뉴	
운전취급주의표시 취급	메시지

(4) 제어 관련 설계

역 화면에서 제어되는 명령들은 다음과 같이 정의한다.

- 진로설정 제어
- 신호기 정지제어
- 신호기 Fleeting 모드 제어
- 신호기 자동모드 제어
- 정차등 제어
- 선로전환기 단동전환 제어
- 임시속도제한 설정제어
- 비상정지 제어
- 운전모드 제어
- 회차모드 제어
- 입환, 역방향 제어
- 임시속도제한 해제 제어
- 기타 제어: 정보요구, 전체 Tsrcan, 전체 Emsrst, 전체 출구금지 해제제어
- ACK 제어

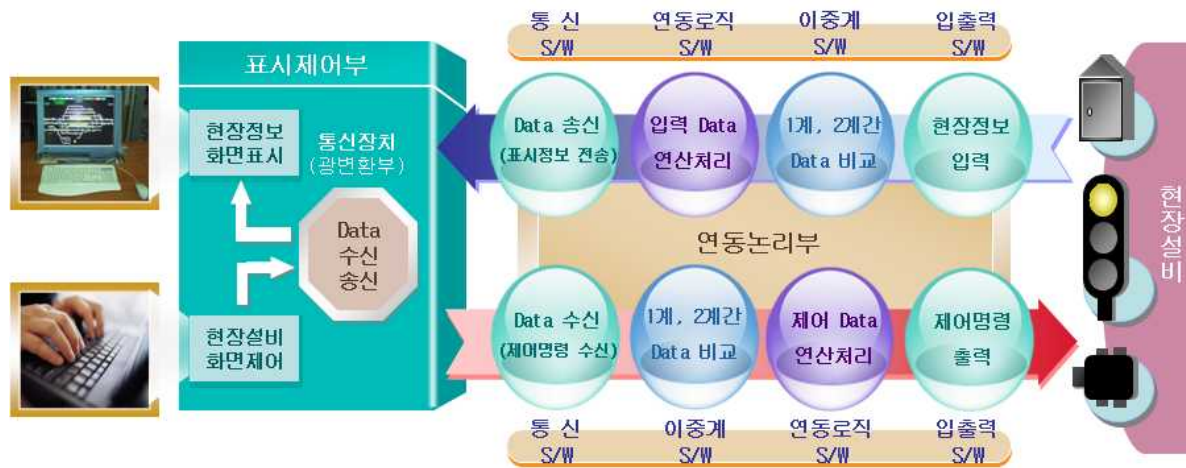
라. 제어 현시 및 로직 시스템

연동로직은 실제 연동DB에 의해 연동장치가 설치되는 역의 신호연쇄 및 기타 조건에 의하여 신호를 현시하고 선로를 변경하는 등 직접적인 동작을 위하여 수행되는 부분이다. 연동DB는 편집기에 의해 생성된 연동조건을 DB화한 것이다. 역이나 시설이 변경되면 연동DB수정만으로도 각종 신호기, 선로전환기, 궤도회로 등의 시설에 대한 변경 및 수정을 별도의 프로그램 수정 없이 용이하게 처리하여 적용 가능하다. 연동로직은 각각의 시설물 및 환경에 따라 동작하여야 하므로 각 기능별로 구성 및 설계가 이루어 져야 하며 각 기능별로 특화한 프로그램은 새로 연관되어 유기적으로 동작되어야 한다. 구성 순서는 초기화, 입력정보 처리, 내부정보 생성, 제어 명령 구성 및 처리, 신호현시 및 제어로 구성한다.

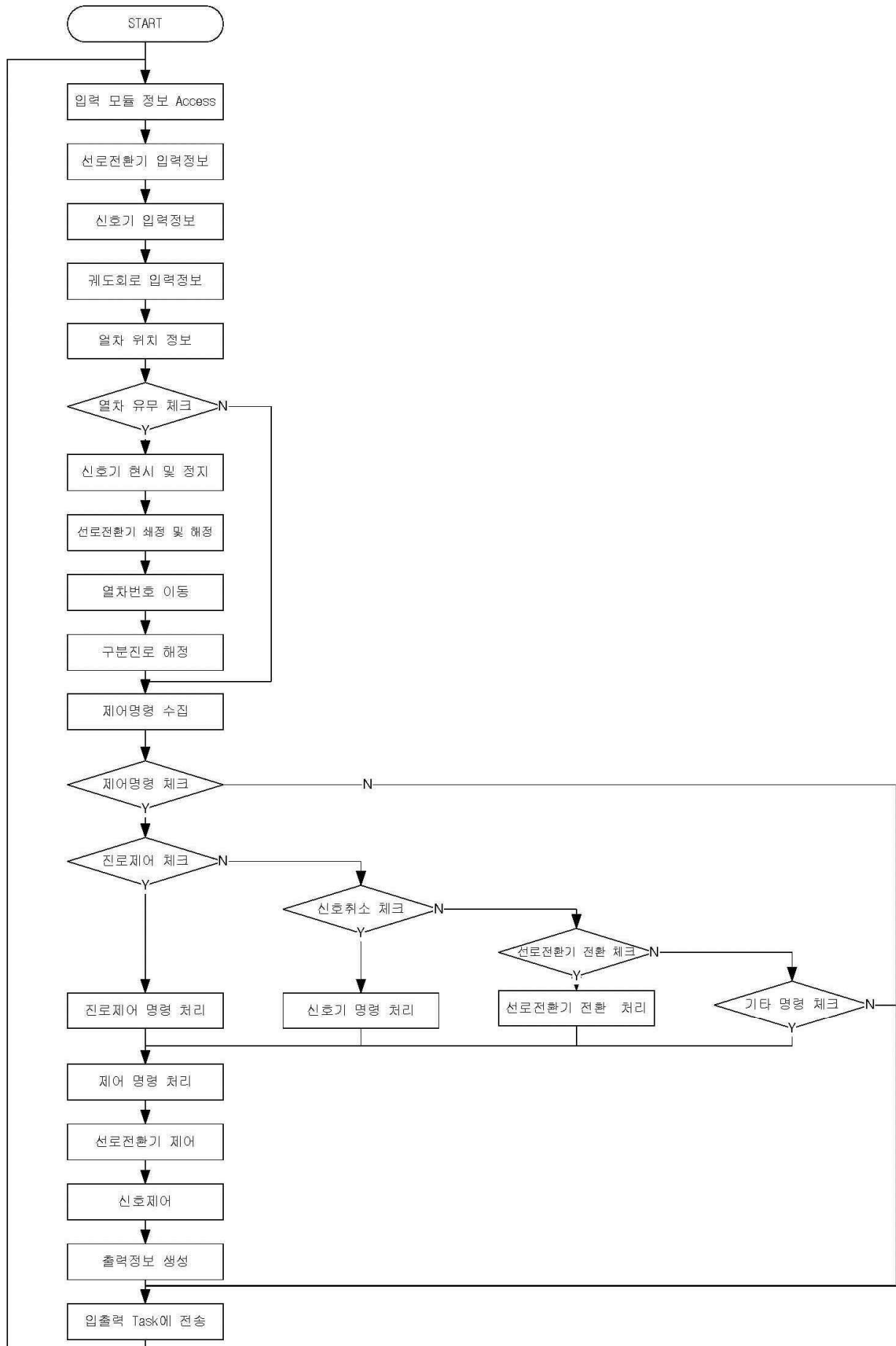
(1) 현시 제어 알고리즘

인도네시아용 계전기 기반 연동장치는 사용자가 모니터링 프로그램에서 키보드나 마우스로 입력한

데이터를 통신을 수신하여 내부 처리를 거쳐 현장으로 제어를 출력하며 현장의 장치들이 동작된 상태는 인도네시아용 계전기 기반 연동장치가 입력정보를 통하여 수신하여 내부 처리를 거쳐 통신을 통하여 모니터링 프로그램에 전달된다.



현시제어 흐름도는 다음과 같다.



마. 연동시험

인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발품의 기능 및 시스템 성능 적합성을 확인하고, 검증에 따른 품질보증 및 국내·외 규격, 한국철도 관계규정에 대한 신뢰성과 적합성을 검증한다.

이는 열대기후인 인도네시아 현장에 설치 및 안전한 운용을 위해 국내에서 사용하는 제품보다 고온, 습도에 강한 소자를 사용하여 현지 특성에 맞게 안전성, 확장성, 유지보수성 등 신뢰성 높은 시스템 구축을 위해 구현된 것으로 외부환경으로 부터 안전성 보장 및 Error 발생, 기기 고장 등의 변수에 의한 고도의 신뢰성을 확인, 성능 검증 및 시스템의 완전무결화를 위해 시스템 검사 및 시험을 진행하기 위함이다.

한국철도표준규격 (Korean Railway Standards) KRS SG 0015 - 14 (R)을 기준으로 작성하였다.

우리는 연동 시험으로 열차의 안전운행을 확보하기 위해 시스템의 안전성, 신뢰성, 상호호환성, 유지보수성을 검증한다.

연동 시험 검사종류 및 검사방법

검 사 종 류	검 사 방 법
전수검사	전량 검사
샘플검사	10개당 1개 물품 검사
전수측정	전량 측정
샘플측정	10개당 1개 물품 측정
사양서 확인	첨부 사양서 내용 확인
성적서 확인	첨부 성적서 내용 확인
육안 확인	외형 이상, 색상, 램프 점멸 등 확인
실측 검사	치수 검사
계측기 측정	계측장비를 이용하여 측정
시스템 확인	시스템 애러 및 정상 동작 확인
제어 시험	입력 및 출력 제어 시험
동작 시험	정상동작 및 오동작 시험
연동 기준 확인	연동 기준 자료 확인
취급 확인	정상동작 및 오동작 확인
교정성적서 확인	첨부 교정성적서 확인

바. 시제품 시험 절차서 작성

이번 과제를 통하여 인도네시아용 계전기 기반 연동장치 사양을 분석하고, 앞으로 개발할 인도네시아의 환경에 적합한 시스템을 개발하는데 목적이 있다. 그러나 국내 연동장치와 달리 해외 연동장치의 경우 기업의 기술누출을 우려하여 기술 자료의 공개가 극히 제한되어 인도네시아에서 가장 많이 보급되어 사용 중인 Alstom의 CBI 전자연동장치를 참조하여 인도네시아 환경에 적합한 시제품 시험 절차서를 작성하였다.

(1) CBI 정적시험 절차서

CBI 정적시험 절차서의 목적은 ATS/CBI와 실외 설비간의 정확한 인터페이스를 확인하기 위해 필요한 모든 검사방법을 기술하는 것이다. 모든 ATS 제어(진로, Cycle, 선로전환기등등)의 검증은 CBI에서 실외 설비 간에 정확한 제어 절차에 의해 실행되는지를 확인하는 것이다. 모든 실외설비장비의 검증은 (궤도 회로 상태, 선로전환기검지) CBI에 의해 감시되고, ATS에서 표시된다.

CBI 정적시험 절차서에서 기술된 검사방법은 다음과 같다.

- 궤도 회로 점유 ATS 상에서 표시와 SDM 상에서 관련 변수확인
- DOT SDTC 상에서 받은 정보와 SDM 상에서 관련 변수확인
- 선로전환기 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- 진로 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- 접근쇄정 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 감시 기능
- 신호 측면 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- PSD ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 감시기능

(가) CBI 정적시험을 위한 안전원칙

- 선로전환기가 CBI와 연결되면 열차 및 모든 이동 물체의 진행을 금지한다.
- 궤도 검사 시에는 반듯이 안전화와 헬멧을 착용한다.

(나) CBI 정적시험 방 법

① 도 구

- 도구 박스
- 디지털 멀티미터
- 무전기(1Set)
- 현장 시뮬레이터
- SDM이 설치된 PC

② 인 원

- ATS 엔지니어 1명
- ASCV SDM엔지니어 1명
- 현장 엔지니어 2명

③ CBI 정적시험을 위한 참조문서

- 컨트롤 테이블
- CBI Input output Mapping Data
- SDM 변수 확인을 위한 불식.

④ CBI 정적시험

㉠ CBI 정적시험 소개

다음과 같이 하나에 대한 상태용어를 정의 한다.

- 입력 상태 = 1, 또는 ON 또는 TRUE
 - 입력 상태 = 0 또는 OFF 또는 FALSE
 - 출력 상태 = 1, 또는 ON 또는 TRUE
 - 출력 상태 = 0 또는 OFF 또는 FALSE
-

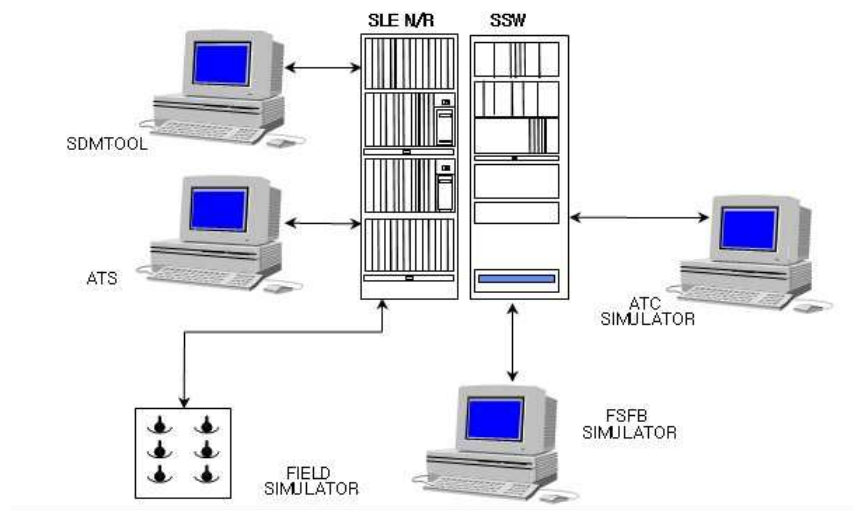
- 경고음이 발생 경고음이 ON 상태
- 경고음이 미발생 경고음이 OFF 상태

㉠ CBI 정적시험 용어 정의

ASCV	Apparato di Stazione con Calcolatore Vitale 전자연동장치의 이탈리아 명칭
ATC	Automatic Train Control
ATS	Automatic Train Supervision
CBI	Computer Based Interlocking
CRC	Cyclic Redundancy Code
FSFB	Fail Safe Field Bus
DI	Departure Indicator
PSD	Platform Screen Door
SDM	Diagnostic and Maintenance Sub-system
T/C	Track Circuit
UPS	Uninterruptible Power Supply

㉡ 현장 검사 준비 시뮬레이션

궤도 장비가 없을 때는 시뮬레이터를 이용하여 시험한다.



㉢ 시험 항목

- 궤도회로
- Cycle에 의한 진로제어
- 진로제어
- DOT(Direction of Traffic)
- 선로전환기
- 진로재설정
- Traffic Direction

-
- 진로설정
 - 진로취소
 - Overlap
 - 신호기와 진로표시기
 - 접근채널

(2) CBI 동적시험 절차서

CBI 동적시험 절차서의 목적은 CBI 시스템이 장착된 신호 시스템 운행시험을 위함이며, 모든 운행(진로, 사이클, 플리팅)이 정상적으로 운영됨을 확인하는 절차이다.

본 문서에 기재된 시험은:

운행 절차: 정의된 모든 진로(사이클 및 플리팅 포함)를 두개의 열차가 진행. 본 절차의 목적은 실제 운행에서 CBI가 정상적으로 동작하는지 보기 위함이다.

이외에 운행시험은 지상 ATC 운행시험에서 수행되고 제반 시험은 SER, SCR과 열차에서 이루어진다. 시험 관련하여 모든 픽업 지점은 시험이 이루어지는 역사 플랫폼이다.

비고: 통신 수단은 기본적으로 갖추어져 있어야 하며, SER, SCR 및 열차간의 통신이 확립되어야 한다.

(가) CBI 동적시험 준비 사항

① 장비

SCR, SER 및 열차간의 통신 수단

② 시험인원

SCR, SER 및 열차에 필요한 인원

③ 시험열차

2개의 열차

④ 선행 시험 조건

- UPS/PDC 시험
- 선로전환기 시험
- 신호 및 진로 표시기 시험
- SDTC 시험
- CBI 정적 시험

(나) CBI 동적시험 준비 자료

- Interface Data Mapping & Naming Rules
- CBI Signalling Principles
- 각 섹터의 기술적 바탕에 맞춰 준비한 테스트 시트.

(다) CBI 동적시험 종류

① 궤도 시험

- 목적
열차에 의해 궤도 점유가 발생하는가에 대한 점검.
- 방법
 - 진로 설정.
 - 열차 운행시 첫번째 차축에 의해 궤도가 선평과 동시에 점유가 되는지 확인.

- 열차가 빠져나가면 궤도 점유취소가 되었는지 확인.

주의

- 해당섹터의 궤도시험과 확인 후 시험한다.
- 열차 운행 후 진로 자동 해정 된다.

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기	
단계	동작	확인
초기상태 확인		
N/A	비동작 → 확인 참조	다음 단계가 진행될때까지 결과 없음.
열차 운행		
1.	신호기계실: 진로설정 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: • 열차 운행시 점유된 궤도: TCwwz_DI: 0 • 열차 선두 또는 후미의 궤도: TCxxz_DI: 1

② 선로전환기 시험

• 목적

분기부를 포함한 궤도의 선로전환기 상태가 정위 혹은 반위 일 때 점유상태 확인.

• 방법

- 선로전환기 정위방향의 진로 설정
- 열차 운행시(분기부) 첫번째 차축에 의해 궤도가 선폭됨과 동시에 점유가 되는지 확인.
- 열차가 빠져나가면 궤도 점유취소가 되었는지 확인.

주의:

- 열차 운행 후 진로 자동 해정 된다.

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기.	
단 계	동 작	확 인
초기상태 확인		
N/A	비동작 → 확인 참조	다음 단계가 진행될때까지 결과 없음.
• 선로전환기 정위		
1.	신호기계실: 선로전환기 정위 진로 설정. 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: 열차 운행시 점유된 궤도: DPNxxz_DI: 1 DPRxxz_DI: 0 TCwwz_DI: 0 열차 선두 또는 후미의 궤도: DPNxxz_DI: 1 DPRxxz_DI: 0 TCxxz_DI: 1
• 선로전환기 반위		
2.	신호기계실: 선로전환기 반위진로 설정. 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: 열차 운행시 점유된 궤도: DPNxxz_DI: 0 DPRxxz_DI: 1 TCwwz_DI: 0 열차 선두 또는 후미의 궤도: DPNxxz_DI: 0 DPRxxz_DI: 1 TCxxz_DI: 1

③ 사이클 진로 시험

• 목적

회차지역의 정해진 사이클을 운행 하는지 확인

• 방법

- LCC에서 사이클 설정.
- 열차가 구간에 진입 한후 사이클의 첫번째 신호기로 접근.
- 사이클 설정/동작하는지 확인.

• 절차

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기.	
단 계	동작	확인
초기상태 확인		
	비동작 → 확인 참조	신호기: 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED

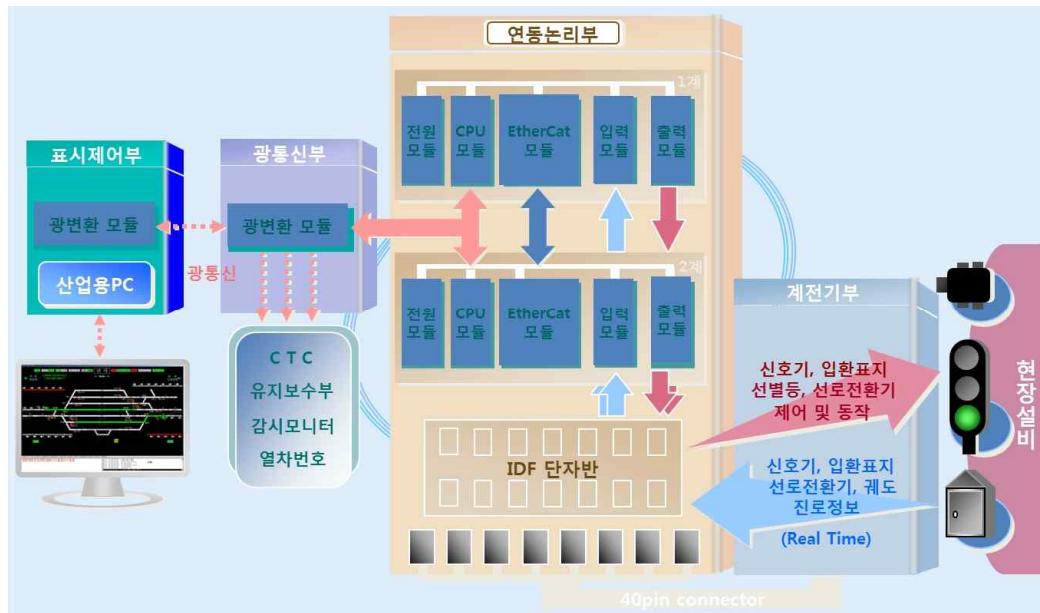
		CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 0
SET cycle		
	신호기계실: Cycle 설정	신호기: 진입 신호: YELLOW 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 0 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 1 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
열차 운행 (진입)		
	Train: 신호현시 확인 열차 운전.	신호기 (진입 신호 통과후, 진입 진로 목적지 도착 전): 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
	비동작. → 진입진로 목적지 열차 도착 후, 확인 참조. 주의:	신호기 (진입 진로 목적지 도착 후): 진입 신호: RED 진출 신호: YELLOW CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호)

	진입진로 자동 취소. 진출진로 자동 설정.	Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 0 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 1 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 1 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
열차 운행 (진출)		
	Train: 선두, 후미 변경후 신호현시 확인 열차 운전. 주의: 진로가 설정되면 모든 신호는 목적지까지 설정방향을 가리켜야 한다.	신호기 (진출 신호 통과 후, 진출 진로 목적지 도착 전): 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 1 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
	비동작. → 진출진로 목적지 열차 통과 후, 확인 참조. 주의: 진출진로 자동 취소. 진입진로 자동 설정.	신호기 (진출 진로 목적지 도착 후): 진입 신호: YELLOW 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 0 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 1 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1

사. 시제품 제작 및 시험

(1) 시제품의 제작

시제품의 구성은 연동로직의 제어명령을 처리하는 연동논리부, 운전자의 제어를 처리하고 표시하는 표시제어부, 보수자가 연동장치의 동작상태를 감시하고 분석할 수 있는 유지보수부, 연동논리부의 출력을 계전기를 통해 현장 설비를 제어하고 현장상태 정보를 연동부 입력모듈에 전달하는 계전기랙, 현장장치와의 인터페이스와 실내설비를 보호하기 위한 장치로 구성된 분선반랙등으로 구성된다.



[전자연동장치(CBI) 구성]

시제품은 19인치 표준랙을 기본으로 하여 필요에 따라 랙 내부의 구성을 다르게 하여 제작한다. 19인치 표준랙의 상부에는 온도에 따라 가동을 하는 팬과 작업등, 전면부의 강화유리문, 후면부의 필터가 포함된 문을 기본 구성으로 하게 된다.

(2) 시제품 사진

	
인도네시아 계전기랙	표시제어부

	
인도네시아 분선반랙	인도네시아 연동부 MTCS
	
인도네시아 연동부랙	인도네시아 퓨즈랙

(3) 시제품의 시험

시제품으로 제작된 CBI시스템은 열대기후의 인도네시아에 사용될 시스템으로 인도네시아의 현장 환경에 운영한 경험이 없고, 인도네시아의 제작기준 또한 마련되어 있는 않은 상태이기 때문에 국내의 연동장치 기준을 준수하여 충분한 신뢰성 시험을 수행하여 안전성을 확보하여야 한다. 개발되는 시스템의 구성품 및 전체시스템의 시험평가를 체계적으로 관리하여 시험평가를 수행함으로써 신뢰성의 입증 및 시스템 안전성을 유지하고자 한다.

(가) 검사 및 시험의 목적

성능 검증 및 시스템의 완전무결화를 위한 완벽한 시스템 검사 및 시험

- 시제품 시스템의 필수조건의 확인 및 검증
- 시스템의 기능 및 성능 적합성 확인
- 검증에 따른 품질보증 기반 구축
- 국내 · 외 규격 및 한국철도 관계규정에 대한 확인 및 검증

(나) 검사 및 시험 시 고려사항

- 검사 및 시험 시 발생할 수 있는 안전사항을 확인하고 사전 안전조치를 취한다.
- 검사 및 시험에 발생하는 위험사항 또는 중대한 결함 상태 발견 시 보고체계를 확립한다.
⇒ 결함 및 오류 발견 시 오류에 대한 분석을 통해 수정을 하고, 추가 및 재시험을 하도록 한다.

(다) 조직과 역할

검사 및 시험을 원활히 수행하기 위한 조직을 구성하여 합리적이고 적절한 의사소통을 통하여 조직 구성원 모두가 맡은 역할 및 책임을 충분히 인식하고 검사표에 의한 업무를 수행하도록 하여 시험 준비 미 절차, 보고, 기록, 시험 오류와 이상 발생 시 수정 및 조치를 할 수 있는 조직을 구성한다.

(라) 검사 및 시험 계획서

검사 및 시험계획서는 본 과제의 적합성을 달성하기 위한 전반적인 활동 계획을 수립한다. 기능검증 및 확인을 위한 대상 선정, 시험항목 및 방법, 일정을 정의 한다.

검사 및 시험계획서의 작성

구 분	내 용
검사 및 시험	·계획서 및 점검표(설비별 각 장치의 기능, 성능, 특성, 외관 등) ·운영지침 ·지침에 부합되는 문서화된 절차를 작성 ·입회검사 ·인터페이스 호환성 확인 검증 ·공장검사 ·종합모의시험 ·현장반입검사 ·현장설치검사 ·종합운용시험
검사 및 시험 실시	·시험에 필요한 자료 준비 ·시험기 공구, 기구 등 준비 ·입회검사 ·공장검사 ·현장반입검사 ·현장설치검사 ·시험 및 시운전 ·종합 시운전

[검사 및 시험계획서 작성]

(마) 검사 및 시험계획서 분류

구분	내 용
항목별 분류	·항목별 고유번호 및 관리번호 부여
정 의	·목적, 범위, 절차에 대한 내용 정의
장비	·검사 및 시험절차를 설정하고 시행에 필요한 장비 및 계측기 확인 ·보유설비 및 장비활용방안
예비시험	·검사 및 시험 시행전 완료되어야 할 시험

설치환경	·설치 완료된 설비에 대한 설치확인 검사 방법 및 절차
환경조건	·적합한 시험 조건과 환경을 설정하는 지침
결과판정	·합격과 불합격의 판단기준
안전관계	·검사 및 시험과정의 안전확보 및 위험요소 제거 방안, 계획 ·비상 상황시 대처방법

[검사 및 시험계획서 분류]

(바) 시제품 정적시험

시제품으로 제작된 인도네시아용 계전기 기반 연동장치는 (주)혁신전공사 용인공장에 설치되어서 정적 시험 절차에 따라 시험 수행중이며, 시험결과는 3차년도에 종합분석 및 결과보고 예정임.

(사) 시제품 동적시험

시제품으로 제작된 인도네시아용 계전기 기반 연동장치는 국내에서 정적시험 수행 후 3차년도에 인도네시아 현지(장소 미정)에 설치 후 동적시험 절차서에 따라 시험 및 결과보고 예정임.

3. 3차년도 연구수행 내용 및 성과

연구개발 범위	연구내용	연구결과	달성률 (%)
성능시험 기준 및 통합시험 절차 작성	- 통합시험 절차 수립 - 성능시험 ITP/ITC 검사표 작성	성능시험 기준 및 통합시험 절차서(별책3-1)	100
연동장치통합시험	- 통합시험 절차에 근거한 통합시험	연동장치통합시험 보고서(별책3-2)	100
현장적용 및 성능 평가 시험	- 신호설비 현장설치 - 현장설비 인터페이스 시험 - 현장 단위 시험 - ITP/ITC 점검표를 이용한 성능평가 시험 - 공인시험	현장적용, 성능평가 보고서(별책3-3) 공인시험 성적서(별책3-4)	100

[표 9. 3차년도 연구 수행 내용 및 결과]

가. 성능시험 기준 및 통합시험 절차 작성

통합시험 절차 작성의 목적은 ATS/CBI와 실외 설비간의 정확한 인터페이스를 확인하기 위해 필요한 모든 검사방법을 기술하고 CBI 시스템이 장착된 신호 시스템 모든 운행(진로, 사이클, 플리트)이 정상적으로 운영됨을 확인하기 위한 것이다. 인도네시아 현장에 전체 신호시스템이 완비되지 않은 관계로 적절한 시뮬레이터를 활용하여 기능을 확인하였다.

(1) CBI 정적시험 절차서

CBI 정적시험 절차서의 목적은 ATS/CBI와 실외 설비간의 정확한 인터페이스를 확인하기 위해 필요한 모든 검사방법을 기술하는 것이다. 모든 ATS 제어(진로, Cycle, 선로전환기등등)의 검증은 CBI에서 실외 설비 간에 정확한 제어 절차에 의해 실행되는지를 확인하는 것이다. 모든 실외설비장비의 검증은 (궤도 회로 상태, 선로전환기검지) CBI에 의해 감시되고, ATS에서 표시된다.

CBI 정적시험 절차서에서 기술된 검사방법은 다음과 같다.

- 궤도 회로 점유 ATS 상에서 표시와 SDM 상에서 관련 변수확인
- DOT SDTC 상에서 받은 정보와 SDM 상에서 관련 변수확인
- 선로전환기 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- 진로 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- 접근채정 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 감시 기능
- 신호 측면 ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 제어 및 감시 기능
- PSD ATS와 SDM 상에서 표시되는 관련 변수에 의한 감시기능

(가) CBI 정적시험

① CBI 정적시험 소개

다음과 같이 하나에 대한 상태용어를 정의 한다.

- 입력 상태 = 1, 또는 ON 또는 TRUE

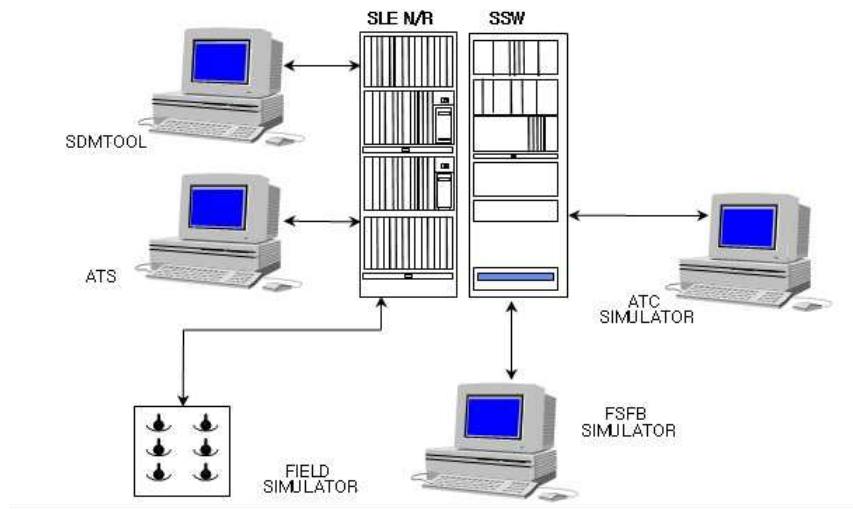
- 입력 상태 = 0 또는 OFF 또는 FALSE
- 출력 상태 = 1, 또는 ON 또는 TRUE
- 출력 상태 = 0 또는 OFF 또는 FALSE
- 경고음이 발생 경고음이 ON 상태
- 경고음이 미발생 경고음이 OFF 상태

② CBI 정적시험 용어 정의

ASCV	Apparato di Stazione con Calcolatore Vitale 전자연동장치의 이탈리아 명칭
ATC	Automatic Train Control
ATS	Automatic Train Supervision
CBI	Computer Based Interlocking
CRC	Cyclic Redundancy Code
FSFB	Fail Safe Field Bus
DI	Departure Indicator
PSD	Platform Screen Door
SDM	Diagnostic and Maintenance Sub-system
T/C	Track Circuit
UPS	Uninterruptible Power Supply

③ 현장 검사 준비 시뮬레이션

궤도 장비가 없을 때는 시뮬레이터를 이용하여 시험한다.



④ 시험 항목

- 궤도회로
- Cycle에 의한 진로제어
- 진로제어
- DOT(Direction of Traffic)

-
- 선로전환기
 - 진로재설정
 - Traffic Direction
 - 진로설정
 - 진로취소
 - Overlap
 - 신호기와 진로표시기
 - 접근색정

(2) CBI 동적시험 절차서

CBI 동적시험 절차서의 목적은 CBI 시스템이 장착된 신호 시스템 운행시험을 위함이며, 모든 운행(진로, 사이클, 플리팅)이 정상적으로 운영됨을 확인하는 절차이다.

본 문서에 기재된 시험은:

운행 절차: 정의된 모든 진로(사이클 및 플리팅 포함)를 두개의 열차가 진행. 본 절차의 목적은 실제 운행에서 CBI가 정상적으로 동작하는지 보기 위함이다.

이외에 운행시험은 지상 ATC 운행시험에서 수행되고 제반 시험은 SER, SCR과 열차에서 이루어진다. 시험 관련하여 모든 픽업 지점은 시험이 이루어지는 역사 플랫폼이다.

비고: 통신 수단은 기본적으로 갖추어져 있어야 하며, SER, SCR 및 열차간의 통신이 확립되어야 한다.

(가) CBI 동적시험 종류

① 궤도 시험

- 목적
열차에 의해 궤도 점유가 발생하는가에 대한 점검.
- 방법
 - 진로 설정.
 - 열차 운행시 첫번째 차축에 의해 궤도가 선트됨과 동시에 점유가 되는지 확인.
 - 열차가 빠져나가면 궤도 점유취소가 되었는지 확인.

주의

- 해당섹터의 궤도시험과 확인 후 시험한다.
 - 열차 운행 후 진로 자동 해제 된다.
-

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기	
단계	동작	확인
초기상태 확인		
N/A	비동작 → 확인 참조	다음 단계가 진행될때까지 결과 없음.
열차 운행		
1.	신호기계실: 진로설정 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: • 열차 운행시 점유된 궤도: TCwwz_DI: 0 • 열차 선두 또는 후미의 궤도: TCxxz_DI: 1

② 선로전환기 시험

• 목적

분기부를 포함한 궤도의 선로전환기 상태가 정위 혹은 반위 일 때 점유상태 확인.

• 방법

- 선로전환기 정위방향의 진로 설정
- 열차 운행시(분기부) 첫번째 차축에 의해 궤도가 선폭되고 동시에 점유가 되는지 확인.
- 열차가 빠져나가면 궤도 점유취소가 되었는지 확인.

주의:

- 열차 운행 후 진로 자동 해정 된다.

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기.	
단 계	동 작	확 인
초기상태 확인		
N/A	비동작 → 확인 참조	다음 단계가 진행될때까지 결과 없음.
• 선로전환기 정위		
1.	신호기계실: 선로전환기 정위 진로 설정. 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: 열차 운행시 점유된 궤도: DPNxxz_DI: 1 DPRxxz_DI: 0 TCwwz_DI: 0 열차 선두 또는 후미의 궤도: DPNxxz_DI: 1 DPRxxz_DI: 0 TCxxz_DI: 1
• 선로전환기 반위		

2.	신호기계실: 선로전환기 반위진로 설정. 열차: 신호현시 확인 열차 운전	CBI-SDM: 열차 운행시 점유된 궤도: DPNxxz_DI: 0 DPRxxz_DI: 1 TCwwz_DI: 0 열차 선두 또는 후미의 궤도: DPNxxz_DI: 0 DPRxxz_DI: 1 TCxxz_DI: 1
----	--	--

③ 사이클 진로 시험

• 목적

회차지역의 정해진 사이클을 운행 하는지 확인

• 방법

- LCC에서 사이클 설정.
- 열차가 구간에 진입 한후 사이클의 첫번째 신호기로 접근.
- 사이클 설정/동작하는지 확인.

• 절차

	초기상태: 진로설정 없음, 궤도 점유 없음. 열차의 ROS 모드 상태 및 신호기 앞 대기.	
단 계	동작	확인
초기상태 확인		
	비동작 → 확인 참조	신호기: 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 0
SET cycle		
	신호기계실: Cycle 설정	신호기: 진입 신호: YELLOW 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 0 (진입 신호)

		Sxxz_OFF_X0: 1 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
열차 운행 (진입)		
	Train: 신호현시 확인 열차 운전.	신호기 (진입 신호 통과후, 진입 진로 목적지 도착 전): 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
	비동작. → 진입진로 목적지 열차 도착 후, 확인 참조. 주의: 진입진로 자동 취소. 진출진로 자동 설정.	신호기 (진입 진로 목적지 도착 후): 진입 신호: RED 진출 신호: YELLOW CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0 Syyz_ON_X0: 0 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 1 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 1 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
열차 운행 (진출)		
	Train: 선두, 후미 변경후 신호현시 확인 열차 운전. 주의: 진로가 설정되면 모든 신호는 목적지까지 설정방향을 가리켜야 한다.	신호기 (진출 신호 통과 후, 진출 진로 목적지 도착 전): 진입 신호: RED 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 1 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 0

		Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 0 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 1 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1
	비동작. → 진출진로 목적지 열차 통과 후, 확인 참조. 주의: 진출진로 자동 취소. 진입진로 자동 설정.	신호기 (진출 진로 목적지 도착 후): 진입 신호: YELLOW 진출 신호: REDRED CBI-SDM: Sxxz_ON_X0: 0 (진입 신호) Sxxz_OFF_X0: 1 Syyz_ON_X0: 1 (진출 신호) Syyz_OFF_X0: 0 RLxxz_yyz_NEXMT: 1 (진입 진로) RLyyz_wwz_NEXMT: 0 (진출 진로) CYnnz_NEXMT: 1

(3) 성능시험 기준(ITP/ITC 점검표)

CBI 통합시험 절차서에 근거하여 인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발품의 기능 및 시스템 성능 적합성을 확인하고, 검증에 따른 품질보증 및 국내·외 규격, 한국철도 관계규정에 대한 신뢰성과 적합성을 검증하기 위해 성능시험 기준인 ITP/ITC를 작성하여 성능시험 기준으로 활용한다.

나. 연동장치 통합시험

계전기를 이용한 인도네시아용 연동장치/ATS와 실외 설비간의 정확한 인터페이스를 확인하기 위해 CBI 정적시험을 진행하고 CBI 시스템이 장착된 신호 시스템 모든 운행(진로, 사이클, 플리트)이 정상적으로 운영됨을 확인하기 위해 동적인 시험을 진행하였다. 인도네시아 현장에 전체 신호시스템이 완비되지 않은 관계로 적절한 시뮬레이터를 활용하여 기능을 확인하였다.

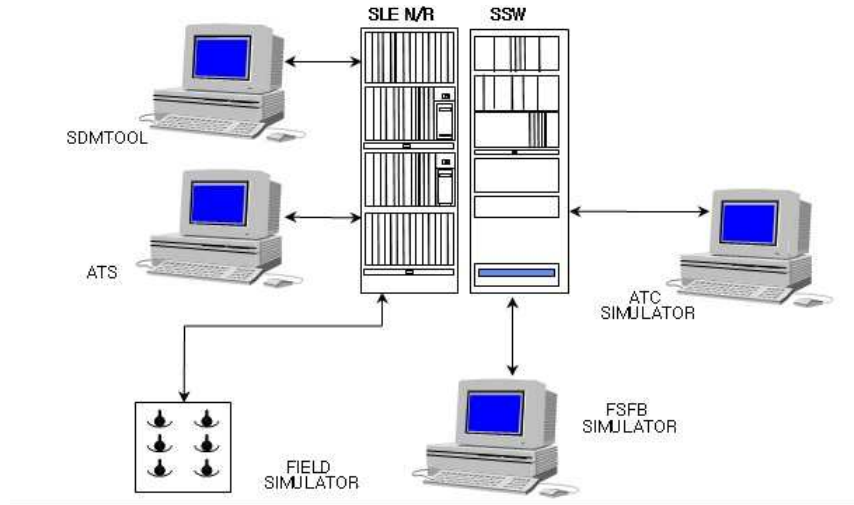
(1) CBI 정적시험

(가) 도 구

- 도구 박스
- 디지털 멀티미터
- 무전기(1Set)
- 현장 시뮬레이터
- SDM이 설치된 PC

(나) 현장 검사 준비 시뮬레이션

궤도 장비는 시뮬레이션용 스위치박스로 대체하고 ATS는 ATS시뮬레이터를 이용하여 시험한다.



(다) 시험 항목

- 궤도회로
- Cycle에 의한 진로제어
- 진로제어
- DOT(Direction of Traffic)
- 선로전환기
- 진로재설정
- Traffic Direction
- 진로설정
- 진로취소
- Overlap
- 신호기와 진로표시기
- 접근채정

(2) CBI 동적시험

(가) CBI 동적시험 종류

① 궤도 시험

- 목적
열차에 의해 궤도 점유가 발생하는가에 대한 점검.
- 방법
 - 진로 설정.
 - 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 점유하여 궤도점유 상태 표시기능 확인.
 - 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 복구하여 궤도복구 상태 표시기능 확인.
 - 해당 섹터의 궤도가 차례로 모두 점유, 해제되면 해당 진로가 자동해제 되는 것을 확인.

• 시험결과

정적시험 항목	사 진
비 점유 (정상)	
궤도 순차 점유 (정상)	
비 순차 점유 (궤도 장애)	

② 선로전환기 시험

• 목적

분기부를 포함한 궤도의 선로전환기 상태가 정위 혹은 반위 일 때 점유상태 확인.

- 방법

- 선로전환기 정위방향으로 제어
- 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 점유하여 선로전환기 궤도점유 상태 표시기능 확인.
- 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 복구하여 선로전환기 궤도복구 상태 표시기능 확인.
- 선로전환기 반위방향으로 제어
- 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 점유하여 선로전환기 궤도점유 상태 표시기능 확인.
- 시뮬레이션(스위치박스)에서 궤도를 차례로 복구하여 선로전환기 궤도복구 상태 표시기능 확인.

- 시험결과

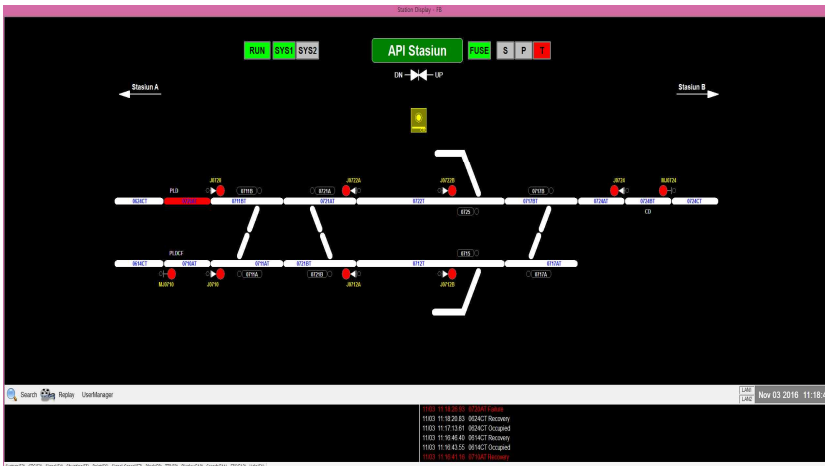
정적시험 항목	사 진
WR 출력 + KR 표시 + 정상(정위)	
선로전환기 WR 출력 - KR 표시 - 정상(반위)	

	WR 출력 + KR 표시 - 입력 불일치	
	WR 출력 - KR 표시 + 입력 불일치	

③ 사이클 진로 시험

- 목적
회차지역의 정해진 사이클을 운행 하는지 확인
- 방법(시뮬레이터로 구현 불가, 진로부분만 시험)

정적시험 항목		사 진
진로제어	비 설정	

	예비 진로	
	진로 설정	

다. 현장적용 및 성능시험 평가

(1) 신호설비 현장설치

(가) 계전기를 이용한 연동장치 설치

공사명	현장 작업	
내 용	CBI 랙배치	
위 치	실습실	
일 시	2017. 1. 5	

(나) 주신호 설치

공사명	현장 작업
내 용	신호기 및 진로선별등 설치
위 치	실습실 전방 50M
일 시	2017. 1. 9



(다) 선로전환기 설치

공사명	실내 작업
내 용	선로전환기 설치
위 치	실습실
일 시	2017. 1. 11



(라) AxleCounter 설치

공사명	현장 작업
내 용	선로변유닛설치 (COUNTER A)
위 치	신호기 옆
일 시	2017. 1. 6



공사명	현장 작업
내 용	센서 설치
위 치	COUNTER A 지점
일 시	2017. 1. 6



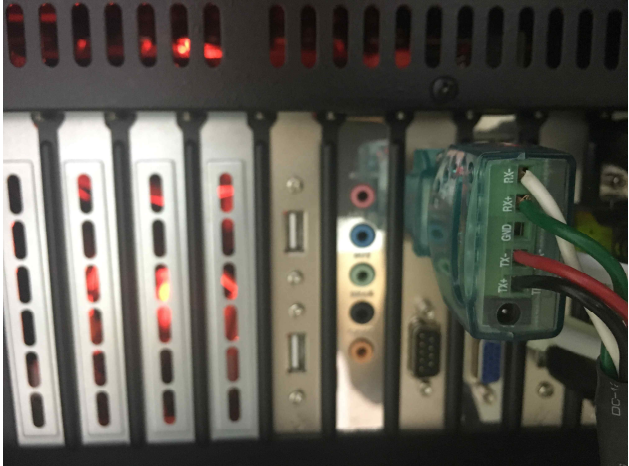
(마) 현장 케이블 공사

공사명	실내 작업
내 용	현장케이블 분선반랙 결선 실내신호기 진로선별등 결선 선로전환기 결선
위 치	실습실
일 시	2017. 1. 7 ~ 1. 8



공사명	실내 작업
내 용	엑슬카운터 실내결선
위 치	ACE 후면 DOU카드에서 RELAY2 AC반응계전기 결선
일 시	2017. 1. 11



공사명	실내 작업	
내 용	RS422 케이블 설치	
위 치	MCCR 유지보수 PC	
일 시	2017. 1. 12	

(2) 현장설비간 인터페이스 시험

(가) 설치상태 확인 시험

전원투입 전 시험으로서 전원계통의 연결 상태 및 가간케이블의 연결 상태를 확인하였고, 정상전원투입에 지장이 없는지를 확인하였음.

(나) 개별기기 시험 및 조정

전원투입이 이루어지고, 각종 H/W의 초기화 작업 및 초기 성능시험에 지장이 없는 지 확인하였고, 이 과정에서 개별기기가 현장설비와 연결되어 H/W적으로 이상 없이 작동하는지 여부를 확인하였고, 필요시 보완작업을 완료하였음.

- 현장기기 연결 시험 및 조정
- 컴퓨터 등의 점검 작업

(다) 자체 시험

S/W의 탑재와 기본적 H/W, S/W의 작동이 정상적으로 이루어지는지, 제어 및 표시상태에 대한 확인 및 실내장치에 대한 시험을 수행한다.

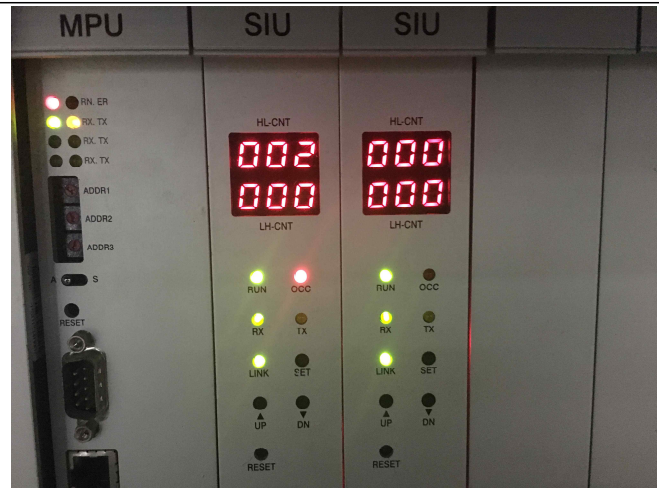
(라) 종합 시험

- 엑슬카운터 작동시험
- 선로전환기 작동시험
- 신호기 등압조정 및 투시조정
- 연동장치 작동시험

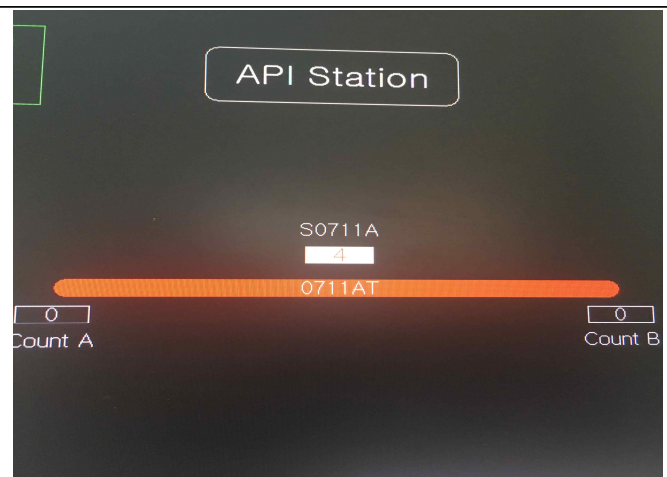
공사명	현장 작업
내 용	CBI 조작반에서 신호기 선로 전환기 동작 확인
위 치	실습실, 실습실내 선로전환기, 현장 신호기
일 시	2017. 1. 12



공사명	실내 작업
내 용	SIU 카드 동작시험
위 치	실습실 내 MCCR 랙
일 시	2017. 1. 13



공사명	실내 작업
내 용	모니터링 프로그램 휠 검지시험
위 치	MCCR 내 유지보수 PC
일 시	2017. 1. 13



(3) 현장단위 시험

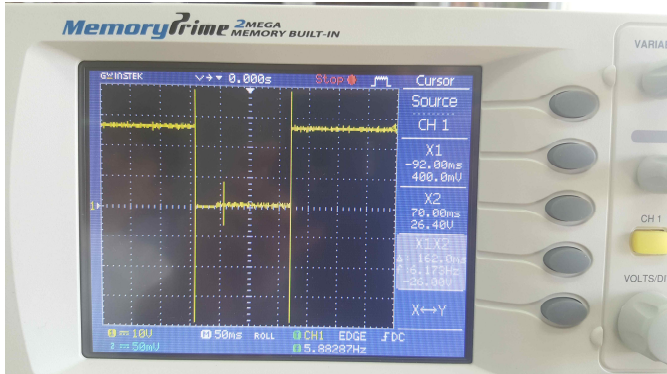
연동 시험 검사종류 및 검사방법

검 사 종 류	검 사 방 법
전수검사	전량 검사
샘플검사	10개당 1개 물품 검사

전수측정	전량 측정
샘플측정	10개당 1개 물품 측정
사양서 확인	첨부 사양서 내용 확인
성적서 확인	첨부 성적서 내용 확인
육안 확인	외형 이상, 색상, 램프 점멸 등 확인
실측 검사	치수 검사
계측기 측정	계측장비를 이용하여 측정
시스템 확인	시스템 애러 및 정상 동작 확인
제어 시험	입력 및 출력 제어 시험
동작 시험	정상동작 및 오동작 시험
연동 기준 확인	연동 기준 자료 확인
취급 확인	정상동작 및 오동작 확인
교정성적서 확인	첨부 교정성적서 확인

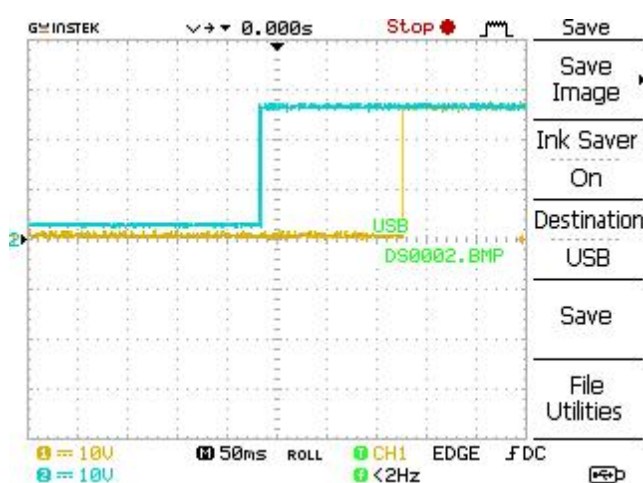
(4) ITP/ITC 점검표를 이용한 통합시험

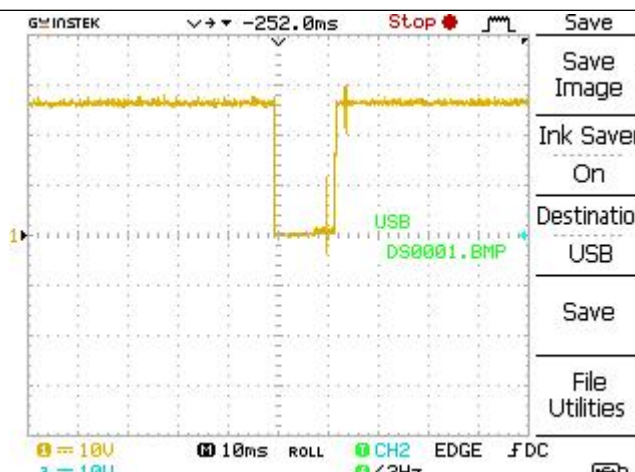
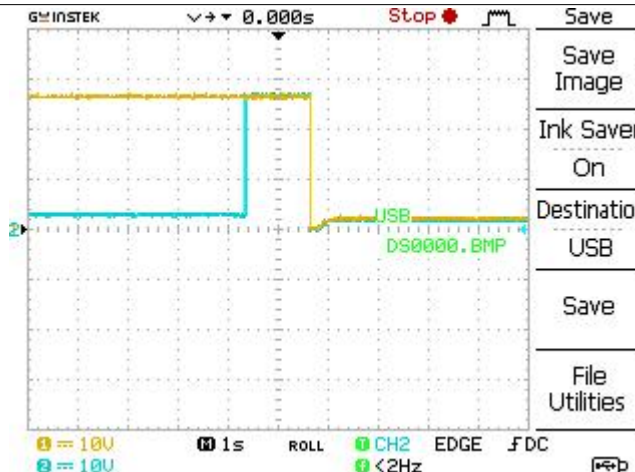
(가) 시험자 및 시험장비

종류	사 진
계측장비	
시험용 확장카드	

	
시험자	

(나) 시험결과

시험 종류 (ITC번호별)	사 진
8.1.2) 시스템 동작주기	

8.1.5) 절체시간	
8.1.7) 기동시간	약 58초
9.1.1) (9.1.6) 시간) 부정출력차단 및 시간	
9.1.2) 출력모듈 안전측 처리	양호
9.1.3) CPU모듈에서 정상적인 연산처리가 되지 않을 경우	양호
9.1.4) 정상운용이 불가능 한 경우	양호
9.1.5) 안전측 동작에 위반	안전측으로만 동작함으로 해당 자료 없음
9.1.7) 부정출력 차단회로 동작 후 메시지 표출	양호

9.1.8) 출력회로 회로도



9.1.9) 출력제어와 관계되지 않은 모든 기능은 정상

양호

10.2.1) 마우스, 키보드 취급



(5) 공인시험

(가) 계전기 시험성적

혁신전공사에서 사용하는 계전기들은 모두 공인기관으로부터 시험성적서를 발급받았다.

시험성적서로는 소형무극선조계전기 시험성적서, 소형유극검지계전기 시험성적서, 소형자기유지계전기 시험성적서, 소형전류검지계전기 시험성적서 등이 있다.

(나) EMI/EMS 시험성적

① EMI시험규격

전도 시험: IEC 61000-6-4:2011

방사 시험: IEC 61000-6-4:2011

② EMS 시험규격

정전기 방전 내구성 시험: IEC 61000-4-2:2008

방사 무선고주파 전기자기장 내성 시험: IEC 61000-4-3:2010

전기적 과도현상 내구성 시험: IEC 61000-4-4:2012

서지 내성 시험: IEC 61000-4-5:2005

전기자기장 전도 내성 시험: IEC 61000-4-6:2013

(다) 온도/습도 시험 범위 / 공인 시험결과

MTCS		기존 연동장치	
온도 °C	습도	온도 °C	습도
-40 to +85	max.95%	0 to +55	5% to 90%
-40 to +85	-	0 to +60	0% to 90%
-40 to +85	-	기준 없음	
-40 to +85	-		
-40° to 70° C, with up to 85° C for 10 minutes according to class TX (EN50155) (assembled in the rack)	-		

구분	MTCS	기존
저온	-5°C 16시간	0°C 16시간
고온	45°C 16시간	45°C 16시간
온도변화	-5°C ~ 45°C 5사이클	0°C ~ 45°C 5사이클
고온 고습	55°C 95프로	55°C 75프로

(라) 공인 성적서

- ① 계전기 시험성적서
- ② EMI/EMS 시험성적서
- ③ 온도/습도 시험성적서

라. 기술적 비교

구분	인도네시아용 연동장치	국내 전자연동장치	비고
규격	-	한국철도표준규격 (KRS SG 0015)	
운영 OS	QNX (SIL3 레벨)	Vxworks (국내용 SIL등급 없음)	
시스템 버스	Safety over EtherCAT (FS0E, Ring Topology)	VMEbus	
CPU Architecture	Three Onboard Processors (2-out-of-2 시스템)	One Onboard Processors (단일 시스템)	
Safety CPU	SIL4 적용	인증 받지 않음	
	-40°C ~ +85°C	0°C ~ +55°C	Operating 기준

	max. 95%	5% ~ 90%	Operating 기준
I/O Architecture	Dual Channel I/O	Single Channel I/O	
Safety I/O	SIL4 적용	인증 받지 않음	
Watchdog in I/O	In, Out Card	-	
IF 모듈	-40℃ ~ +85℃	0℃ ~ +85℃	온도기준
낙뢰방지	전자접촉기 사용 (10만V까지 방호)	4000V까지 방호	
고온시험	45℃에서 16시간	45℃에서 16시간	인도네시아 기준 부합
고온습도시험	55℃ 95%	55℃ 75%	습도 향상

마. 기타 성과

(1) 현지 교육

일자	2017년 1월 16일 (월)
장소	API 실습실
교육내용	1. 전자연동장치(CBI) 랙별 기능 및 전체구성에 대한 설명 2. 엑슬카운터 장치별 기능 및 전체구성에 대한 설명 3. 현장시설물(주신호기, 진로선별등, 선로전환기, 엑슬카운터 선로변 유닛 및 센서)과 실내 CBI 엑슬카운터 연산유닛의 인터페이스에 대한 설명 4. 질문 및 답변
대상	API 전자통신과 학생
교육과정	전자연동장치(CBI), 엑슬카운터

일자	2017년 1월 17일 (화)
장소	API 실습실
교육내용	1. 전자연동장치(CBI) 랙별 기능 및 전체구성에 대한 설명 2. 엑슬카운터 장치별 기능 및 전체구성에 대한 설명 3. 현장시설물(주신호기, 진로선별등, 선로전환기, 엑슬카운터 선로변 유닛 및 센서)과 실내 CBI 엑슬카운터 연산유닛의 인터페이스에 대한 설명 4. 질문 및 답변
대상	API 경영학과 학생
교육과정	전자연동장치(CBI), 엑슬카운터

일자	2017년 1월 18일 (수)
장소	API 실습실
교육내용	1.전자연동장치(CBI) 랙별 기능 및 전체구성에 대한 설명 2.엑슬카운터 장치별 기능 및 전체구성에 대한 설명 3.현장시설물(주신호기,진로선별등,선로전환기,엑슬카운터 선로변 유닛 및 센서)과 실내 CBI 엑슬카운터 연산유닛의 인터페이스에 대한 설명 4.질문 및 답변
대상	API 교수님
교육과정	전자연동장치(CBI), 엑슬카운터

일자	2017년 1월 19일 (목)
장소	API 실습실
교육내용	1.전자연동장치(CBI) 랙별 기능 및 전체구성에 대한 설명 2.엑슬카운터 장치별 기능 및 전체구성에 대한 설명 3.현장시설물(주신호기,진로선별등,선로전환기,엑슬카운터 선로변 유닛 및 센서)과 실내 CBI 엑슬카운터 연산유닛의 인터페이스에 대한 설명 4.질문 및 답변
대상	API 조교님
교육과정	전자연동장치(CBI), 엑슬카운터

일자	2017년 1월 20일 (금)
장소	API 실습실
업무내용	1.전자연동장치(CBI) 자체성능시험 2.엑슬카운터 자체성능시험 3.API 교수님 전자연동장치(CBI),엑슬카운터 인수인계 4.문서정리



(2) 개통식

한국의 철도신호 전자연동장치가 인도네시아 국립 철도학교에 최초로 설치됐다. 국토교통부 지원을 받아 산·연 공동으로 개발한 철도신호 전자연동장치가 인도네시아에 설치됨으로써 앞으로 현지에서 철도프로젝트 참여 기회를 높일 수 있는 계기가 마련됐다.

현지시각 3월 9일 열린 전자연동장치 설치 행사에는 개발과제를 진행한 이기서 철도신호사업연구조합 이사장과 김영신 혁신전공사 대표를 비롯해 인도네시아에서는 연통 교통부 철도국 국장, 마이디 마디 운시 부시장, 데디 카하디 철도학교 교장과 학생 등 관계자 300여명이 참석해 자리를 빛냈다.

이번에 인도네시아에 설치된 전자연동장치는 국토부 산하 국토교통과학기술진흥원의 해외R&D과제 지

원을 받아 개발된 것으로 철도신호조합이 주관연구기관, 혁신전공사와 PT INTI가 공동연구기관으로 참여했다. 혁신전공사와 PT INTI는 앞으로도 긴밀한 협업을 통해 인도네시아 시장 진출을 지속적으로 추진할 예정이다.



Kerjasama Indonesia-Korsel, API Resmikan Peralatan Computer Base Interlocking (CBI)

Emplasemen SDM Senin, 13 Maret 2017



52 2 1 G+ 0

Iklan ditutup oleh Google

[Laporkan iklan ini](#)

Iklan oleh Google

Terbaru Terpopuler Terkomentar

Dirjen KA Ajak Pemotor Balik ke Jakarta Pakai Kereta Api
Emplasemen Rabu, 28 Jun 2017

Batam-Belawan Urutan Pertama Jumlah Penumpang Kapal Pelnit Terbanyak
Dermaga Rabu, 28 Jun 2017

Begini Isi Video Pegawai Ditjen KA Disangka jadi Calo Tiket
Emplasemen Rabu, 28 Jun 2017

Dirjen Prasetyo: Tidak Ada

한국 전차전통차기 전차 교체
필리핀로 세입자구조합·전차전통차기 교체
전기 국영철도전차기 - 철도프로젝트 참여 기대

2017년 3월 11일

2017년 3월 11일



제 4 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

- 현재 국내에서 제작/생산되어 국내노선에 설치 운행중인 전자연동장치를 활용, 인도네시아 환경과 요구사항을 만족시킬 수 있는 제품을 개발하였다.
- 인도네시아 M0T에서 요구하는 SIL4 인증 후에는 인도네시아 현지에 설치 및 시험이 가능하며 향후 수출도 가능할 것으로 예상된다.
- 목표달성도 : 100%

2. 관련 분야 기여도

• 기대성과 및 파급효과

동남아의 인도네시아에 국내철도의 집약시스템인 인도네시아용 계전기 기반 연동장치를 개발하여 수출을 ka으로써 시스템 구축비도 저렴하며 신뢰성도 높음이 인정된다면 인도네시아의 시장을 확대하고 비슷한 환경의 근처 국가인 동남아 국가에 수출을하여 파급효과는 크다고 할 수 있다.

• 기술 및 경제적 기대효과

현재의 우리나라 경제는 침체의 늪에 빠져있고, 실업률 또한 높다. 한국의 철도현황은 타 산업분야보다 더 심하다고 볼 수 있다. 철도산업의 포화로 철도관련 업체는 열악한 상태이다. 따라서 선진기술을 보유한 한국의 철도신호업체가 인도네시아와 같이 잠재력이 무한한 나라에 철도신호의 핵심설비이자 기술 집약체인 연동장치를 기술 제휴하여 한국에서만 운영하던 시스템을 인도네시아와 같은 고온 다습한 지역에 알맞게 설계 제작함으로써 한층 더 업그레이드된 시스템을 갖추게 된다. 한층 더 업그레이드된 시스템을 설치하고 기술이전을 함으로써 기술한국의 위치가 더욱더 높아질 것이다. 한국의 기술이 신뢰성과 안전성을 인증 받아 더 나아가 동남아시아, 아프리카까지 확대 된다면 기술과 경제적 효과는 무궁무진하다고 할 수 있다.

- 국내의 대기업은 해외 철도신호분야 기업과 업무제휴를 통해 국내·외 철도신호시장에 진출하고 있으며, 그로 인해 중소기업 종사자의 이직률이 높아지고 기술수준이 안정되지 못하는 산업구조로 인해 협력연구개발을 체계적으로 구축하지 못하고 있다. 유럽의 철도신호표준이 주도하고 있는 철도신호시장에서 소규모의 국내 철도신호분야의 연구개발에 대한 투자는 리스크가 발생할 우려도 있지만, 상대적으로 앞으로 수요가 많은 인도네시아의 환경과 요구사항에 적합한 계전기 기반 연동장치를 국내의 기술력으로 제작 및 설치를 하므로써, 철도신호분야의 협소한 시장성을 감안하여 연동장치의 해외 수출의 가능성을 높였다.

제 5 장. 연구개발성과의 활용계획

○ 인도네시아 시장 개척

□ 인도네시아 철도 정책

- 인도네시아 철도 정책은 아래와 같이 요약 설명할 수 있다.

- 인도네시아는 철도 운영 분야에서 2011년부터 2030년까지 장기 전략을 수립하였다.
- 처음 5개년 실행(계획에서는) 투자 분야에 많은 진전을 도모할 예정이다. 민간기업과 자카르타 내에 인프라를 개발하고, 철도 서비스 공급을 위한 PT MRT Jakarta로 명명된 합작투자회사를 구성한 자카르타 지방정부와 같은 지방정부로부터의 투자 등의 몇 가지 사례가 있다.
- 안전 측면에서, 현재 운용되는 모든 인프라와 차량에 대하여 교통부가 발표한 안전 기준을 충족 시키도록 인증하는 방안에 일부 진전을 도모한다.
- 기술 이전 측면에서, 철도 정책은 지원 측면에 한하여 국내기업에 적용되지만, 또한 거대한 국제 기업에 대해서도 절대 우익권을 가진다.

□ 인도네시아 연동장치 현황

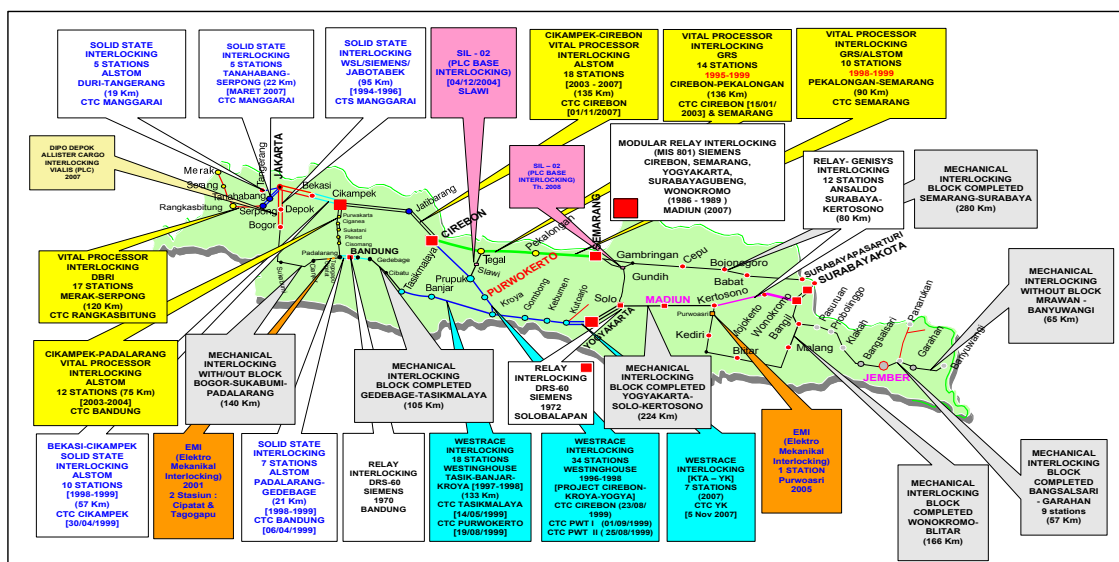
• 전자식 연동장치

Island	Electric Interlocking						
	Number of Unit	SSI	VPI	Westrace	Ansaldo	SIL02	EMI/DRS60/MIS801/NX
JAWA	205	43	74	58	12	8	10
SUMATERA	9	0	0	0	0	7	1

• 계전기 방식 연동장치

Island	Mechanic Interlocking				
	Number of unit	S&H With Block	EMI	S&H Without Block	Alkmaar/Krian/High Handle /Without Handle
JAWA	188	175	3	0	9
SUMATERA	140	106	0	25	9

• 자바섬에 설치된 신호시스템 지도



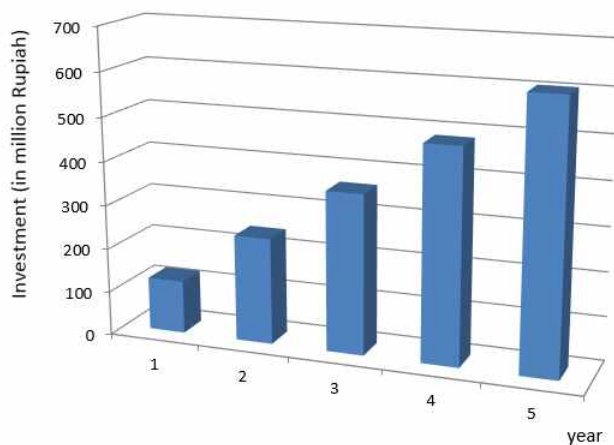
□ 철도차량 종류별 가용 수량 및 투자계획

• 철도차량 종류별 가용 수량

	Description	Number Of Unit		Total (unit)
		Java Island	Sumatera Island	
A.	Locomotive			410
	1. Steam Locomotive	3	1	
	2. Diesel Electric Locomotive	172	120	
	3. Hydrolic Diesel Locomotive	68	46	
B.	Rail Cars			2.332
	1. Diesel Rail Cars	38	3	
	2. Diesel Hydrolic Rail Cars	67	18	
	3. Electric Rail Cars	584	0	
C.	Passenger Cars (Coach, Coach+Generator, Coach+Dining+Generator)	1.473	149	1.622
D.	Wagon			4.097
	1. Flat Wagon	507	175	
	2. Open Wagon	277	1.751	
	3. Covered Wagon	249	171	
	4. Tank Wagon	296	511	
	5. Bagage Cars (Bagage , Bagage+Generator)	155	5	

• 철도분야 투자계획

Total estimated investment USD 60 Billion
(30 % government and 70 % private)



Enhancing private sector involvement

regulatory and licensing mechanisms for investment

railway infrastructure financing institutions

financing mechanism / Investment through PPP

financing of Special Purposed Railway

□ 인도네시아 현지회사와 협력체계 구축

- 인도네시아 공동연구기관인 PT. INTI를 비롯하여 인도네시아 철도국 역할을 하는 PT.KAI, 통신전문회사인 PT.LEN 및 철도사관학교 API와 협력체계를 유지 발전시켜 인도네시아 시장현황을 파악하고, 현지 입찰정보를 입수하여 인도네시아 도시철도 및 일반고속철도에 진출할 수 있는 기회를 마련한다.



PT.LEN 방문(2017.3)

개발품 설치 현장(API) 방문(2017.3)

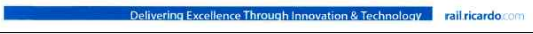
□ 철도신호사업연구조합 근무 인도네시아 연구원 협력

‘인도네시아용 계전기 기반 연동장치 개발’ 과제의 1차년도부터 3차년도까지 참여한 ‘Ahmad Sugiana’ 연구원은 과제 종료 후 인도네시아 반둥 지역에 있는 Telkom University교수로 근무 중이다. 철도신호사업연구조합과 공동연구기관인 혁신전공사에서는 과제를 같이 진행한 ‘Ahmad Sugiana’ 연구원과의 인도네시아내 철도신호시장 정보를 공유하고 있으며, 인도네시아 현지 상황을 지속적으로 받고 있다. 앞으로도 인도네시아 철도 현황과 시장 현황과 관련한 정보를 교환할 예정이며, 인도네시아 시장진출을 위한 교두보로 교류할 계획이다.

□ 해외수출을 위한 연구개발품의 SIL4 인증 추진

공동연구기관의 혁신전공사에서는 ‘인도네시아용 계전기 기반 연동장치’ 과제를 진행하며 자체적으로 안전성 인증(SIL4인증)을 추진중에 있다. 안전성 인증은 전세계적으로 안전을 위하여 추구하고 있는 인증으로 국내에서 SIL4인증을 요구하는 추세이다. 세계적인 추세에 발맞추어 본과제를 진행중에 과제의 과업은 아니지만 안전성을 인증을 추가적으로 진행하고 있으며 인증 획득은 2018년 획득할 예정이며 이에 대한 확인서류를 받은 상태이다.

- 2016.9 - 혁신전공사 ISA기관(리카르도)과 안전성 인증 계약 체결(I/O System, CBI System)
- 2017.1 - I/O System, CBI System Confirmation Letter
- 2017.7 - CBI 설계단계 문서 완성
- 2017.8 - IO 설계단계 문서 완성
- 2017.10 - CBI SW 및 IO SW/HW 구현 및 단위시험 완료
- 2017.12 - IO 통합시험 완성 완료
- 2018.2 - IO 시스템 환경시험 완료
- 2018.3 - I/O System SIL4인증 획득 예정
- 2017.3 - CBI/IO 통합시험 완성 완료
- 2018.6 - CBI System SIL4인증 획득 예정

 To : HYUKSHIN ENGINEERING Co., Ltd. 19, Seoae-ro 3-gil, Jung-gu Seoul, 04623, Korea Attn: Mr. JIN, ZHEHUAN Manager / SP R&D Section Chief Ricardo Plc. Shoreham Technical Centre Shoreham-by-Sea, West Sussex, BN43 5FG www.ricardo.com Ricardo Asia Ltd (Korea branch) Rail office 42F, PK Tower, 24, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul, 07320, Korea raik@ricardo.com Telephone +82 2 761 4123 Facsimile +82 2 761 4124 Email sung-kwon.kim@ricardo.com Date 17 January 2017 Your ref Our Ref 17-014 Subject: Letter of Confirmation on Project Progress - ISA for Input and Output(I/O) System Development Dear Sir, This letter is to confirm that Ricardo Rail has been performing independent safety assessment at generic application level for the development of the I/O system by HYUKSHIN ENGINEERING(HYUKSHIN), which will be integrated into HYUKSHIN's CBI system, to ensure the I/O system is being developed to meet SIL 4 requirements and in compliance with relevant international standards including EN 50126, EN 50128, and EN 50129. The assessment activities by the Independent Safety Assessor(ISA), Ricardo Rail, are expected to be completed by the end of January 2018. Yours sincerely, <i>SK Kim</i> Sung-Kwon Kim Senior Consultant/Project Manager of Ricardo Rail Korea Ricardo Asia Limited   1/1	 To : HYUKSHIN ENGINEERING Co., Ltd. 19, Seoae-ro 3-gil, Jung-gu Seoul, 04623, Korea Attn: Mr. JIN, ZHEHUAN Manager / SP R&D Section Chief Ricardo Plc. Shoreham Technical Centre Shoreham-by-Sea, West Sussex, BN43 5FG www.ricardo.com Ricardo Asia Ltd (Korea branch) Rail office 42F, PK Tower, 24, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul, 07320, Korea raik@ricardo.com Telephone +82 2 761 4123 Facsimile +82 2 761 4124 Email sung-kwon.kim@ricardo.com Date 17 January 2017 Your ref Our Ref 17-013 Subject: Letter of Confirmation on Project Progress - ISA for Computer Based Interlocking(CBI) System Development Dear Sir, This letter is to confirm that Ricardo Rail has been performing independent safety assessment at generic application level for the development of the CBI system by HYUKSHIN ENGINEERING(HYUKSHIN) to ensure the CBI system is being developed to meet SIL 4 requirements and in compliance with relevant international standards including EN 50126, EN 50128, and EN 50129. The assessment activities by the Independent Safety Assessor(ISA), Ricardo Rail, are expected to be completed by the end of June 2018. Yours sincerely, <i>SK Kim</i> Sung-Kwon Kim Senior Consultant/Project Manager of Ricardo Rail Korea Ricardo Asia Limited   1/1
---	--

I/O System Confirmation Letter(2017.1.17.)

CBI System Confirmation Letter(2017.1.17.)

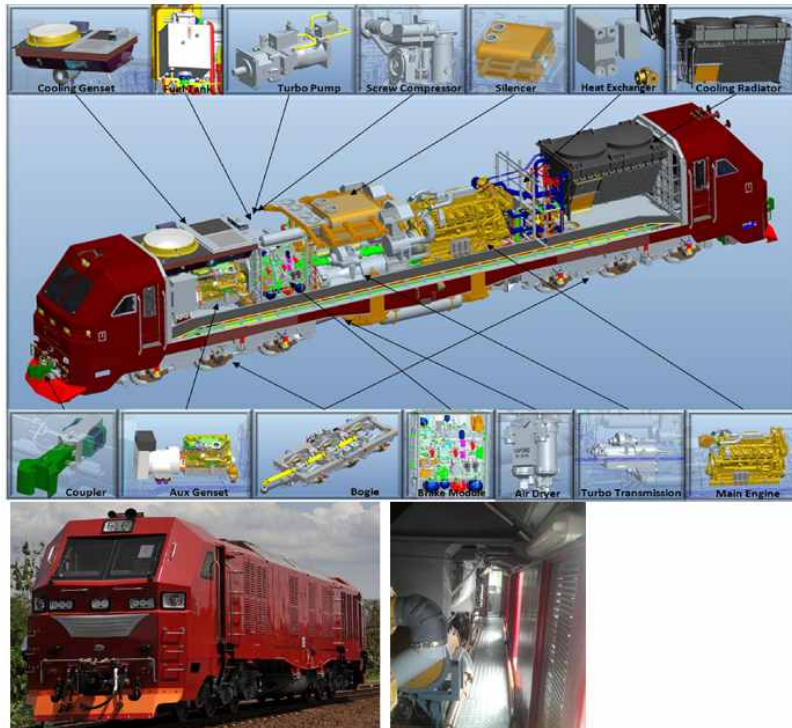
□ 실용화를 위한 건설계획 취득 및 철도 운영상황 모니터링 계획

본 과제를 통하여 개발된 연동장치를 실용화하기 위해 혁신전공사에서는 공동연구기관인 PT INTI와의 지속적인 협력을 통해서 추후 인도네시아 사업에 공동참여하기로 MOU를 체결하여 사업을 추진하고 있다. 또한 본 과제에 참여한 아흐마드 수기니아 연구원이 인도네시아 반둥대학교에 교수로 가게 되어 향후 인도네시아에서 지속적으로 협력할 수 있는 방안이 있을 것으로 기대하고 있다.

□ 국내에서 사용하고 있는 전자연동장치의 신뢰성과 안전성이 높은 전자연동장치 개발에 따른 기술 축적과 인도네시아 수출을 통하여 국내 철도신호시스템의 이미지를 향상시키고, 동남아 시장에 수출을 하여 국내 경제를 활성화시킬 계획이다. 고효율 저비용으로 만든 인도네시아 연동장치 개발은 설치비용 및 유지보수비용 절감을 가능하게 하고 해외시장 개척을 통해 국내 철도신호사업을 활성화시킬 계획이다. 또한, 신뢰성과 안전성이 높은 모듈로 국내외 설치된 제품을 부분 교체를 할 수 있고 기능이 향상된 연동장치 소프트웨어를 개수하고 고효율 저비용에 따른 국내 전자연동장치를 교체하고 열대기후에 적합한 전자연동장치에 대해 수출을 확대할 계획이다.

제 6 장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

□ 화물열차 사양



Type: CC 300
Manufacture: PT. INKA
System: Diesel Hydraulic
Double Cabin

Weight & Capacity
 Fuel : Diesel (v: 3000 litre)
 Net Weight: 87,50 Ton

Main Component
 Main Engine : CAT 3512 (1700 Kw/ 2280 HP)
 Transmission : VOITH L620 re U2
 Breaking System : WABTEC
 Genset Type : CAT C15 (410 KVA)

Performance
 Max. Speed: 120 Km/Hour

Dimension
 Track gauge : 1067 mm
 Carbody Length : 19000 mm
 Carbody Width : 2790 mm
 Diameters Wheels : 914

□ 전동차 사양



1. Axle Load : 14 Tons
2. Tare Weight, Approximately
 Trailer Car : 32 Tons
 Motor Car : 39 Tons
3. Bogie Wheel Balance : 2,200 mm
4. Wheel Diameter : 860 mm
5. Maximum Speed : 100 km/hrs
6. Power Supply : 1,500 Volt (DC)
7. Starting Acceleration : 0,8 m / s²
8. Braking Deceleration : 0,8 m / s²
9. Emergency Braking : 1,0 m / s²
10. Passenger Capacity
 Trailer Car : 54 Seating
 Motor Car : 64 Seating
11. Configuration of Train Set :
 TC1 + M1 + M2 + TC2
12. Car Body : Stainless Steel with Air Condition
13. Propulsion System : VVVF Inverter with IGBT
14. Bogie : Bolsterless
15. Brake System : Electro pneumatic
 Blending System
16. Coupler : Tight lock coupler and bar coupler

□ 디젤차량 사양



Train Configuration : TeC-M-T- T -TC
Passenger Capacity : TeC = 110 pass.
 M = 246 pass.
 T = 238 pass.
 TC = 220 pass.
Maximum Speed : 100 km/jam
Track Gauge : 1067 mm
Axle Load : 14 tons
Tare Weight : TeC 47 tons
 M 38 tons
 T 33 tons
 TC 32.5 tons

MAIN COMPONENT

- Car Body : Mild steel
 - Bogie : Bolsterless
 - Brake System : Electro pneumatic
 - Coupler : Automatic tight locked
 coupler,
 Bar coupler
 - Propulsion : Traction Motor AC, 3-phase,
 VVVF Inverter with IGBT
 Diesel engine 1350kW
 (On floor type)
 Alternator AC 3-phase

□ 차량 시뮬레이터



Number of unit : 2 (two)
(GE U20EMP Locomotive series & KRDi-INKA series)

Location:

Railway Engineering Training Center / BPTP-Bekasi
 West Java, Indonesia

Software vendor:

Orca Railway System

Feature:

- Geospesifi Track (Maximum length 200 Km)
- Scoring system (based on: time travel, fuel consumption & number of violation)
- 4 (four) LCD screen (42 Inch ; Res. 1280x800)
- Alert system (wheel friction, brake etc)
- 4 unit CCTV (to monitor the trainees)
- 2 Type scenario (Fixed & Costumized)

제 7 장. 연구개발성과의 보안등급

한국철도시설공단이나 한국철도공사 등에 표준으로 규격화되어 있는 관계로 일반적으로 분류하였음.

제 8 장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제 9 장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제 10 장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Intermittent automatic train protection using an infrared system	철도신 호사업 연구조 합	주관 기관	영국		2017.3		SCI

제 11 장. 기타 사항

제 12 장. 참고 문헌

- [1] 철도기술연구원 (2014) 전자연동장치 한국철도표준규격 KRS SG 0015-14 (R)
- [2] 한국철도시설공단 (2014) 철도표준설계 편람(신호제어편)
- [3] 한국철도기술연구원 (2001) “철도신호제품에 대한 신뢰성과 안전성 검증기준 제정연구”
- [4] (주)혁신전공사 (2015) 전자연동장치 매뉴얼
- [5] (주)혁신전공사, 한국철도협력포럼 (2010) “Relayless 전자연동장치에 대한 안전성활동문서 작성 및 자문”
- [6] (주)혁신전공사 (2015) 인도네시아용 계전기기반 연동장치 개발 보고서
- [7] (주)혁신전공사 (2015) 인도네시아용 연동장치 설계사양 분석
- [8] 철도신호사업연구조합 (2015) Indonesia Need Analysis
- [9] 철도신호사업연구조합 (2015) Indonesia Environmental Compliance Review
- [10] 철도신호사업연구조합 (2015) Indonesian Railway Policy Review
- [11] 인도네시아 PT.KAI(2016) Check List Electrical Signaling Equipment(Computer Based Interlocking/CBI)

-
- [12] (주)혁신전공사(2015) 인도네시아용 계전기 기반 연동장치 설계 사양 분석(김병곤, 강신주)
 - [13] (주)혁신전공사(2015) 인도네시아용 계전기 기반 연동장치 진로제어 FMEA분석(김병곤, 강신주)
 - [14] Systems Engineering for Time Triggered Architectures(SETTA), ALCATEL, 2003
 - [15] MEN Mikro Elecktronik Gmbh (2015) MEN Train Control System MTCS
 - [16] Systems Engineering for Time Triggered Architectures(SETTA), ALCATEL, 2003
 - [17] MEN Mikro Elecktronik Gmbh (2015) AG150110 Interlocking
 - [18] MEN Mikro Elecktronik Gmbh (2015) MEN EtherCat concept
 - [19] MEN Mikro Elecktronik Gmbh (2014) MEN Train Control System Controller System Data Sheet
 - [20] PT.KAI (2016) Symbol of signal in PT.KAI
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

비매품/무료

93530



ISBN 979-11-961863-0-2