미래철도기술개발사업

R&D-0001

열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발

최종보고서

2014. 10.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 대아티아이(주)
공동연구기관 /
위탁연구기관 /

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “미래철도기술개발사업”으로 진행된 “열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발“ 과제에 대한 최종보고서로 제출합니다..

2014. 10.

주관 연구기관명 : 대아티아이(주)
주관 연구책임자 : 안 진
수석연구원 : 노 희준
수석연구원 : 신 광호
수석연구원 : 송 승정
수석연구원 : 김 종용
수석연구원 : 한 찬희
선임연구원 : 류 지홍
선임연구원 : 고 재호
선임연구원 : 김 우정
선임연구원 : 두 원제
연 구 원 : 안 영모

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>12PRTD-C064003-01-000000</td><td>해당단계 연구기간</td><td>2012.10.26.~ 2014.10.25</td><td>단 계 구 분</td><td>2/2</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">미래철도기술개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>안진</td><td>총연구기간 참 여 연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 474,000천원
기업: 178,000천원
계: 652,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소 속 부 서 명</td><td colspan="2">대아티아이(주)
철도기술연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명: 해당사항 없음 상대국연구기관명: 해당사항 없음</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구는 기관사 책임모드로 운행 시 기관사의 잘못된 판단으로 신호를 어김으로 인해 야기될 수 있는 열차 탈선, 추돌, 신호설비 파손 등의 사고를 미연에 방지할 수 있는 열차제어시스템 설비 개발을 목적으로 하며, 시작품을 제작하고 운영기관과의 공동협의체를 구성하여 시범 설치에 따른 현장 성능시험을 통하여 시스템의 신뢰성과 안전성을 검증하고 실용화를 위한 국산화 기술 기반을 마련하고자 한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어 (각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">신호어김방지, 신호어김평가, 차축검지, 검지헤더, 차상인터페이스</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Signaling anti-violation, signaling violation evaluation, Axle Counter, Detection Header, Onboard Interface</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발

Ⅱ. 연구개발과제 개요

1. 연구개발 목적

본 과제의 목적은 신호어김 안전시스템을 개발하는 것으로, 신호어김 안전시스템은 차량기지 또는 일부 회차 구간에서 기관사 책임모드로 운행하는 열차가 정지신호를 무시하고 진행하는 경우, 신호 어김을 기관사에게 경고하는 동시에 비상 제동을 체결하고 더 나아가 주변의 열차까지도 정지시킴으로써 2차 사고를 미연에 방지하여 안전을 강화하는 신호어김 안전시스템을 개발하는 것이다.

2. 연구개발 필요성

가. 기술적 측면

차량기지 또는 일부 회차 구간은 기관사의 책임하에 열차가 운행되며 열차제어 안전설비가 설치되지 않아 사고가 발생될 우려가 크다. 국내 일부 노선에 본 연구과제와 유사한 시스템이 설치되어 있으나 해당 시스템은 외산 시스템으로 신호시스템을 납품한 업체가 동일할 경우에만 적용이 가능하며 국내에서 개발 적용한 사례가 없다. 또한, 차축 검지장치는 궤도회로의 노후화로 인한 열차 검지 장애, 모터카 등 중량이 작은 열차의 검지 장애등을 예방하기 위해 사용되며 국내 제품이 없어서 외산을 사용하는 실정이다.

나. 경제·산업적 측면

본 연구과제의 성과물은 서울메트로뿐 아니라 국내에 설치, 운영 중인 어떠한 철도 신호시스템에도 적용이 가능하다. 본 연구개발을 통해 국산화하는 경우 외산 시스템에 대한 수입대체는 물론 향후 수출가능성도 매우 높다.

다. 사회·문화적 측면

본 연구과제는 기관사의 신호어김으로 인해 발생되는 사고를 방지하므로 인적, 물적 피해를 최소화하여 철도 및 도시철도분야에 대한 대 국민 신뢰성을 향상 시키는데 일조할 수 있다.

3. 연구개발 범위

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 하드웨어 설계 및 초도품 제작	▪ 하드웨어 구조 및 상세설계 ▪ PCB 설계 및 제작 ▪ 하드웨어 조립 및 기능 시험
	▪ 소프트웨어 설계 및 프로그래밍	▪ 소프트웨어 구조 및 상세설계 ▪ 소프트웨어 구현 및 단위 시험
	▪ 기능 및 성능시험	▪ 하드웨어/소프트웨어 기능 및 성능 시험 ▪ 종합 시험
	▪ 초도품 제작 및 현장시험	▪ 초도품 시범설치 ▪ 현장 기능 및 성능시험
2차년도	▪ 기능 개선 및 시제품 제작	▪ 초도품 시험을 통한 개선사항 기능 추가 및 보완 ▪ 시제품 제작 ▪ 시제품 기능 및 성능시험
	▪ 환경 및 EMC 시험	▪ EN, IEC 및 KS R 규격 적용 ▪ 공인 시험소를 통한 시험
	▪ 시제품 현장설치 및 시험	▪ 시제품 시범 설치 ▪ 현장 기능 및 성능 시험

Ⅲ. 연구개발의 수행내용 및 결과

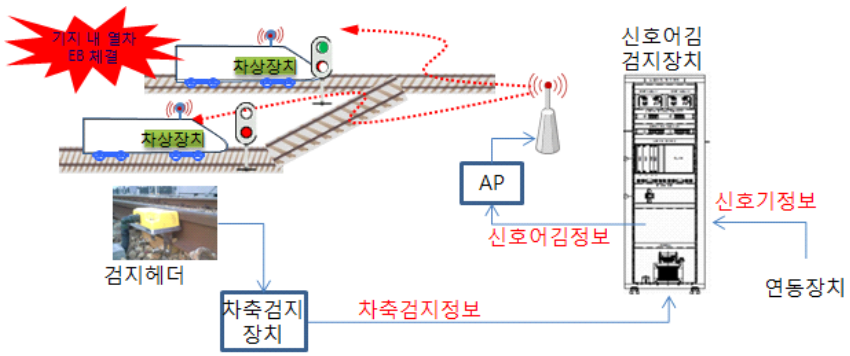
연차	성과목표	연구개발 수행과정	수행결과
1 차 년 도	신호어김 안전시스템 설계 및 초도품 개발	▪ 하드웨어 및 소프트웨어 설계 – 전문가활용을 통한 시스템 안전설계 – 하드웨어 설계 및 제작 – 소프트웨어 설계, 구현 및 시험 ▪ 기능 시험 – LAB TEST 환경구축 – 하드웨어/소프트웨어 통합시험 – 종합시험 ▪ 초도품 제작 및 현장시험 – 서울메트로와의 협의를 통한 시범 설치 – 모터카를 활용 현장 기능 및 성능시험	▪ 시스템 설계 사양서 ▪ 하드웨어 및 소프트웨어 설계사양서 ▪ 시험절차서 ▪ 기술협의체 구성 (서울메트로) ▪ 초도품 1식 제작 (신호기 1개소 감시) ▪ 자문보고서 3건 ▪ LAB TEST 시연회 ▪ 초도품 현장시연회
2 차 년 도	신호어김 안전시스템 시제품 개발	▪ 기능개선 및 시제품 제작 – 초도품 시험을 통한 기능개선 및 보완 – 시제품 제작 ▪ 환경 및 EMC 시험 ▪ 시제품 현장설치 및 시험 – 서물메트로 군자차량기지 시범설치 – 모터카 및 전동차 활용 성능시험	▪ 시제품 1식 제작 (신호기 8개소 감시) ▪ 특허 4건, SW 5건 ▪ 시험/인증 28건 ▪ 논문 4, 브로셔 제작 ▪ 자문보고서 2건 ▪ 시제품 현장시연회

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

1. 최종 연구 성과

가. 신호어김 안전시스템 개발

■ 시스템 개략도



■ 주요 기능

- 차축검지 및 점유상태 판단기능
  . 검지된 차축을 카운트하여 열차검지 및 진행 방향 판단
  . 진입측 / 통과측 2개 차축검지헤더의 차축카운터를 비교하여 열차 점유상태 판단

- 신호어김 및 과속진입 판단기능
  . 통과측 차축검지시 신호기 정보와 비교하여 신호어김 상태 판단
  . 진입측 차축검지시 열차의 속도를 검지하여 과속진입 상태 판단

- 신호어김 열차와 주변열차 경보 및 비상제동 기능
  . 기지 내 신호어김 열차는 물론 주변 열차가지 경보 및 비상 제동을 체결하여 2차 사고 예방

나. 신호어김 안전시스템 시제품 제작

연구목표	수량	주요 기능 및 구성	
신호어김검지장치 제작	1식	▪ 신호기 정보와 차축검지 정보를 비교하여 신호어김 평가 ▪ 신호어김 정보를 무선통신으로 차상인터페이스 장치로 전송	

차축 검지장치	8식	▪ 차축 유무, 진행방향 및 진입속도 검지 ▪ 진입측, 통과측 차축계수를 통한 열차점유 판단 ▪ 차축검지 및 열차점유 정보를 신호어김검지장치로 전송	 
지상무선 통신장치	3식	▪ 지상의 신호어김검지장치에서 전송되는 정보를 무선으로 변환하여 차상인터페이스장치로 전송	
차상인터페이스 장치	2식	▪ 지상에서 전송되는 신호어김 정보를 기관사에게 통보하고 비상제동을 출력	

다. 홍보 브로셔 제작



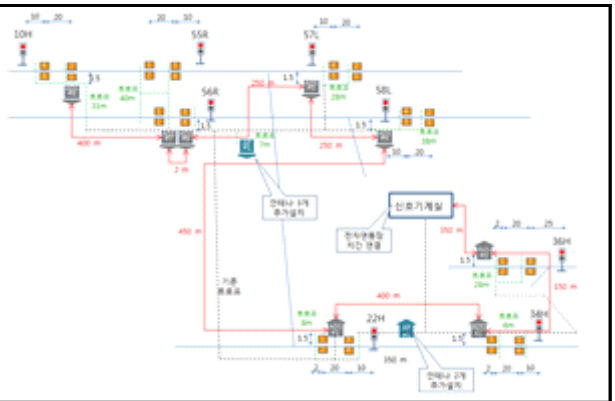
라. 특허 등록

명칭	등록번호 (출원번호)	등록일	출원일	특허권자 (출원인)
철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법	제10-1318350	2013.10.08	2013.04.12	대아티아이(주)
지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법	제10-1366099	2013.08.20	2013.08.28	대아티아이(주)
스마트 신호어김방지장치	제10-1447739	2013.11.27	2013.09.29	대아티아이(주)
레일 고정용 브래킷	(10-2013-0102281)		2013.08.28	대아티아이(주)

2. 적용실적

가. 시범 설치





서울메트로 군자차량기지 시범설치 약도 및 배치도

나. 현장 적용 시험



전동차 비상제동 성능시험 수행 결과

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

1. 연구목표 달성도

번호	세부 연구목표	달성 내용	달성도 (%)
1	신호어김검지장치 시제품 개발	▪ 신호기 정보와 차축검지 정보를 비교하여 신호어김 평가 ▪ 신호어김 정보를 무선통신으로 차상인터페이스 장치로 전송	100
2	지상무선통신장치 시제품 개발	▪ 차축 유무, 진행방향 및 진입속도 검지 ▪ 진입측, 통과측 차축계수를 통한 열차점유 판단 ▪ 차축검지 및 열차점유 정보를 신호어김검지장치로 전송	100
3	차축검지장치 시제품 개발	▪ 지상의 신호어김검지장치에서 전송되는 정보를 무선으로 변환하여 차상인터페이스장치로 전송	100
4	차상인터페이스장치 시제품 개발	▪ 지상에서 전송되는 신호어김 정보를 기관사에게 통보하고 비상제동을 출력	100
5	TEST BED 구축	▪ 현장상황 재현을 위한 열차 시뮬레이션 구현 ▪ 모의차축 이송장치 구현 ▪ 무선통신 검증을 위한 GPS 기반 검증툴 제작	100

2. 기대 효과

○ 차축검지 방식으로 기존 지상신호와 관계없이 기존 및 신규 기지 적용 가능
○ 외산 대비 저렴한 유지비용으로 기지 내 안전 확보를 위한 운영비용 절감
○ 신호 어김 발생시 무선통신으로 기지 내 열차에 통보되어 2차 사고 예방 가능
○ 속도 검지에 의한 과속 진입 사전 경고를 통해 사고방지 및 열차 운행 안전성 강화

Ⅵ. 연구성과 활용계획

○ 기지 구간에서 차축검지 방식에 의한 신호어김 방지시스템
○ 궤도회로 미설치 개소에서 열차검지에 의한 간이 궤도회로 시스템
○ 무선기반 열차제어시스템에서 교차형 분기기 구간의 열차 점유 검지 시스템
○ 터널, 건널목 등에서 차축검지에 의한 열차 접근 경보 시스템

SUMMARY

Ⅰ. Title

Developed for extra signal systems to prevent accidents caused by driving the train manually

Ⅱ. Purpose and Necessity of Research and Development

1. Purpose

The purpose of this project is that develope the Railway Signalling Violation Safety System(RSVS). It is a kind of train protection system which issues the alarm and activates emergency braking in case that train under yard mode in depot or turn back section ignores or mistakes the stop signal and tries to proceed. In this way, RSVS enhances the safety by enforcing stoppage of the train in signal violation and preventing the secondary accident by stopping all the train in the perimeter.

2. Needs

A. Technical Aspects

In Depot or a train station, the risk of accidents is greater because of driving under the responsibility of the engineer and safety equipment is not installed. In some domestic railway, a system similar to the research project is installed, but it is possible to apply if maker of the signal system is accord to the system. there is no case apply to domestic systems up to now. In addition, the axle detection device is used to prevent detection faults due to the aging of the track circuit, detection faults of low weighted trains. Because of there is no domestic product, it's true foreign product is used generally.

B. Economically and Industrial Aspects

Outcomes of this research can be applied to any railway signal system is being installed , operating in the domestic as well as the Seoul-metro. Localization of technic through the research and development increase possibility of alternative income to foreign systems as well as future export.

C. Socio-cultural Aspects

As this research project is to prevent accidents caused by the signal violation of driver, human and property damage is minimize. It can contribute to improving the reliability of public about the railway and urban railway.

3. Scopes

Period	Goals	Main Content of Research
1st Year	▪ Hardware design and prototype manufacturing	▪ Hardware structural and detail design ▪ PCB design and manufacturing ▪ Hardware assembly and functional test
	▪ Software design and source programming	▪ Software structural and detail design ▪ Software programming and unit test
	▪ Functional and performance test	▪ Hardware /Software functional and performance test ▪ System Integration Test
	▪ Manufacture prototype and site test	▪ Installation of prototype product ▪ Functional and performance test in Site
2nd Year	▪ Functional upgrade and manufacturing trial product	▪ Functional upgrade and adding function as result of prototype product test ▪ Manufacturing trial product
	▪ Environmental and EMC test	▪ Apply EN, IEC and KS R specification ▪ Certification for test
	▪ Trial product installation and site test	▪ Installation of Trial product ▪ Functional and performance test in Site

Ⅲ. Contents and Result of Research and Development

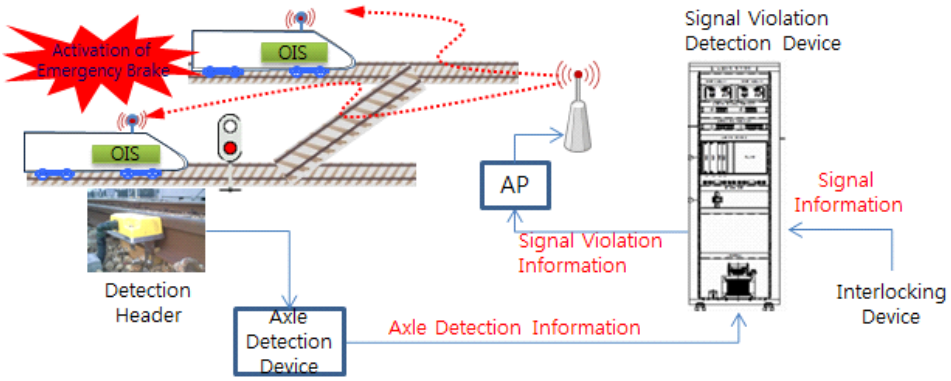
Period	Goals	Main Content of Research	Results
1st Year	System Design and Manufacturing Prototype product	▪ Hardware and Software Design - System Design considering safety concept through consulting of experts - Hardware Design and Manufacturing - Software Design, Coding & Test ▪ Functional Test - LAB TEST environment construction - Hardware/Software Integration - System Integration Test ▪ Manufacturing Prototype and Site test - Agreement between Seoul-metro - Site Functional and performance test using Motor Car	▪ System Design Specification ▪ Hardware and Software Design Specification ▪ Test Procedure ▪ Composition Technic Council with Seoul-metro ▪ Prototype 1 set (observation of 1 site) ▪ 3rd Consultant Reports ▪ LAB TEST Demonstration ▪ Prototype Site Demonstration
2nd Year	Manufacturing Trial product	▪ Functional upgrade and manufacturing trial product - Functional upgrade and adding function as result of prototype product test - Manufacturing trial product ▪ Environmental and EMC test ▪ Trial product installation and site tes - Installation in GUNJA, depot of Seoul-metro - Site Functional and performance test using Motor Car and real train	▪ Trial Product 1set (observation of 8 sites) ▪ Register 4th Patent, 5th SW ▪ 28th Test Certifications ▪ 4th Papers, a Brochure ▪ 3rd Consultant Reports ▪ Trial Product Site Demonstration

Ⅳ. Final study Achievements and apply earnings

1. Final study Achivement

A. Signal Violation Safety System Development

○ System Layout



○ Main Functions

- Axle Detection and Occupancy State Assessment Function
  . Assessing train occupancy and direction by counting the number of axle
  . Assessing the occupancy state by comparing the axle counter of Entry and Exit point

- Signal Violation and Over-speed Entry Assessment Function
  . Assessing the signal violation state by comparing signal information at exit point axle detector
  . Assessing the overspeed entry by detecting train speed at entry point axle detector

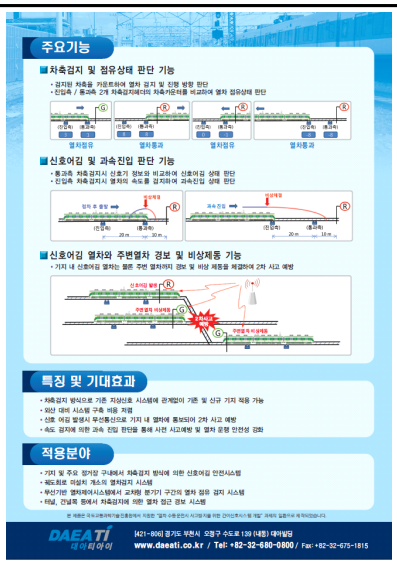
- Alarming the Train in Violation and Nearby Train and Emergency Braking Function
  . Preventing secondary accident by alarming and activating emergency braking of train in violation as well as nearby trains in the Depot compound

B. Trial manufactured goods

Goal	Quantity	Main Function & Photograph	
Signal Violation Detection Sub-system (SVDS)	1 set	▪ Assessing the signal violation state by comparing signal information at exit point axle detector ▪ Transmit signal violation information to Onboard Interface Sub-system using wireless communication.	
Axle Detection Sub-system (ADS)	8 sets	▪ Axle Detection and Occupancy State Assessment Function ▪ Assessing the occupancy state by comparing the axle counter of Entry and Exit point ▪ Transmit detection information to Signal Violation Detection Sub-System	 
Way Access Point (WAP)	3 sets	▪ Trasmit information from Signal Violation Detection Sub-System to Onboard Interface Sub-system converting to wireless	
Onboard Interface Sub-system (OIS)	2 sets	▪ Alarming the Train in Violation and Nearby Train and Emergency Braking Function	

C. Brochure





D. Patents

명칭	Registration Number (Application Number)	Registration Date	Application Date	Patentee
Devices of Railway Vehicles Preventing Signal Violations and Its Control Method	제10-1318350	2013.10.08	2013.04.12	DAEATI Co.
An Axle Detector System and A Method using An Earth Magnetic Sensor	제10-1366099	2013.08.20	2013.08.28	DAEATI Co.
Signal to prevent breaking unit	제10-1447739	2013.11.27	2013.09.28	DAEATI Co.
Bracket for fixing the rail	(10-2013-0102281)		2013.08.29	DAEATI Co.

2. Apply earnings

A. Installations



Installation Layout and detail replacement in GUNJA, Depot of Seoul-metro

B. Site Tests



Results of Embergency Braking Test in GUJA, Depot of Seoul-metro

Ⅴ. Research objectives Achieved and Effects

1. Research objective Achieved

No.	Goals	Achieved Contents	Achievement (%)
1	Signal Violation Detection Sub-system (SVDS)	▪ Assessing the signal violation state by comparing signal information at exit point axle detector ▪ Transmit signal violation information to Onboard Interface Sub-system using wireless communication.	100
2	Axle Detection Sub-system (ADS)	▪ Axle Detection and Occupancy State Assessment Function ▪ Assessing the occupancy state by comparing the axle counter of Entry and Exit point ▪ Transmit detection information to Signal Violation Detection Sub-System	100
3	Way Access Point (WAP)	▪ Trasmit information from Signal Violation Detection Sub-System to Onboard Interface Sub-system converting to wireless	100
4	Onboard Interface Sub-system (OIS)	▪ Alarming the Train in Violation and Nearby Train and Emergency Braking Function	100
5	TEST BED Construction	▪ Train simulation module implementation for real and reproduce a similar situation ▪ Simulated axle moving equipment ▪ Wireless Inspection Tool based on GPS for verification of wireless communication	100

2. Effects

○ Adopting axle detection method, to be applied to existing and new depot regardless of existing wayside signaling system

○ More competitive system construction and maintenance cost

○ Preventing the secondary accident through propagating signal violation information by wireless communication to other trains within Depot compound

○ Accident prevention and enhancing safety of train operation by assessing the overspeed entry through speed detection

Ⅵ. Strategies for Utilization of Research and Development Result

○ Signal violation prevention system at depot/yard area through axle detection
○ Train detection system to be used at the section where the track circuit is not installed.
○ Train occupancy detection system at turnout area under communication based train control system
○ Train approach alarm system based on axle detection at tunnel or level crossing area

공 란

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1

제1절 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1
1. 연구개발 목적 ····· 1
2. 연구개발 필요성 ····· 1
가. 기술적 필요성 ····· 1
나. 경제적 필요성 ····· 3
다. 사회적 필요성 ····· 4

제2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징 ····· 5
1. 연구개발 목표 ····· 5
2. 연구개발 범위 ····· 5

제3절 국내외 기술개발 현황 ····· 9
1. 국내 기술 및 산업 동향 ····· 9
가. 신호어김 사고 발생 ····· 9
나. 무선통신 환경 변화 ····· 9
다. 국내 운영업체 설치 현황 ····· 10
2. 국외 기술 및 산업 동향 ····· 12
가. 부정출발 방지장치 ····· 12
나. 엑셀 카운트 ····· 12
3. 특허 동향 ····· 14
4. 정부지원정책 현황 ····· 14
가. 철도안전법(2012.01.17.) ····· 14
나. 철도운행에 관한 안전지침 ····· 14
다. 정부지원 정책사업 종류와 현황 ····· 14

제2장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 15

제1절 연구수행 전략 및 방법론 ····· 15
1. 연구수행 전략 및 방법론 ····· 15
2. 연구개발 추진체계 ····· 16
3. 기술협의체 구성 ····· 17

제2절 연구수행과정 및 내용 ····· 19
1. 자료 수집 ····· 19
가. 기관사 책임운전 구간 사고분석 ····· 19
나. 유사(외산) 시스템 조사 ····· 19
2. 시스템 구성 ····· 20
가. 개요 ····· 20
나. 구현 기능 ····· 20
3. 운영시나리오 구축 ····· 21
가. 시나리오 개요 ····· 21
나. 정상운영 시나리오 ····· 24
다. 비상운영 시나리오 ····· 32
4. 초도품 개발 ····· 40
가. 신호어김검지장치 개발 ····· 40
나. 차축검지장치 개발 ····· 56
다. 지상무선통신장치 개발 ····· 66
라. 차상인터페이스장치 개발 ····· 73
마. 초도품 현장설치 ····· 84
5. 시제품 제작 ····· 87
가. 신호어김검지장치 제작 ····· 87
나. 차축검지장치 개발 ····· 92
다. 지상무선통신장치 개발 ····· 95
라. 차상인터페이스장치 개발 ····· 97
마. 시제품 현장설치 ····· 99

제3절 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 ····· 106
1. 검증 방안 ····· 106
가. 성능 검증 방안 ····· 106
나. 테스트베드 구축 ····· 108
나. 기능시험 방안 ····· 111
다. 성능시험 방안 ····· 120
라. 현장시험 방안 ····· 126
2. 수행결과 ····· 131
가. 기능시험 결과 ····· 131
나. 성능시험 결과 ····· 144
다. 전동차 비상제동 성능시험 ····· 153
3. RAMS 활동 수행 ····· 159
가. 개요 ····· 159
나. 전문가 활용 및 자문 ····· 159
라. 고 신뢰성 하드웨어 설계 및 제작 ····· 163

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 167

제1절 연구성과 및 핵심요소 기술 ····· 167
1. 차축검지를 활용한 신호어김검지 기술개발 ····· 167
2. 차축검지를 활용한 차축계수 기술 개발 ····· 169
3. 전문가 기술 자문 ····· 172
가. 1차년도 기술자문 ····· 172
나. 2차년도 기술자문 ····· 173

제2절 주요연구 성과 ····· 175
1. 특허성과 ····· 175
2. S/W 등록 ····· 176
3. 시험/인증 ····· 179
5. 브로셔 제작 ····· 185
6. 시연회 및 전시회 참여 ····· 186
가. 초도품 통합 시연회 ····· 186
나. 초도품 현장 시연회 ····· 188
다. 시제품 현장 시연회 ····· 191
라. 전시회 참가 ····· 194

제3절 기술실시 및 적용사례 ····· 195
1. 시제품 시범 설치 ····· 195
2. 전동차 비상제동 현장시험 실시 ····· 195

제4절 개발 성과와 국내외 시장전망 ····· 197
1. 개발성과 ····· 197
가. 신호어김검지장치 개발 ····· 197
나. 지상무선통신장치 ····· 198
다. 차축검지장치 ····· 198
라. 차상인터페이스장치 ····· 198
마. TEST BED 구축 ····· 199
바. 특허 ····· 199
사. SW등록 ····· 199
아. 시험/인증 ····· 199
자. 발표논문 ····· 200
차. 브로셔 제작 ····· 200
2. 국내외 시장전망 ····· 200
가. 국내 시장전망 ····· 200
나. 운영기관 현황 ····· 201
다. 해외 시장전망 ····· 201

제4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 203

제1절 연구목표 최종목표 달성도 ····· 203
1. 최종목표 달성도 ····· 203
2. 정량적 성과목표 및 성과지표 달성도 ····· 204
가. 1차년도 달성도 ····· 204
나. 2차년도 달성도 ····· 205

제2절 연구개발 성과의 효과분석 ····· 206
1. 기술적 측면 ····· 206
가. 기술적 성과 ····· 206
나. 학술적 성과 ····· 206
다. 외국 기술격차 해소 ····· 206
2. 경제적 측면 ····· 207
3. 사회적 측면 ····· 207

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 209

제1절 연구성과 향후 활용방안 ····· 209
1. 실용화 추진방안 ····· 209
2. 사업화 추진방안 ····· 209
3. 기술실시 계획 ····· 209
4. LTE-R 적용 검토 ····· 210
5. ATS 기능 비교 및 최대 반응시간 제시 ····· 211

제2절 추가연구 필요성 ····· 212
1. 본선용 장비개발 ····· 212
2. 고속용 신호어김 장치 개발 ····· 212
3. 차축계수기 국산화 ····· 212
4. 폐색회로 대용으로 개발 ····· 212

[부 록]

특허

스마트 신호어김방지장치(제10-1447739호)
지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법(제10-1366099호)
철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법(제10-1318350호)
레일 고정용 브래킷(출원중 10-2013-0102281)

SW등록

신호어김검지 프로그램 등록증
차상인터페이스 프로그램 등록증
신호어김장치 성능시험 프로그램 등록증
차축검지 헤더 프로그램 등록증
차축검지 프로그램 등록증

시험/인증

절연변압기 시험성적서
신호어김검지장치 시험/인증 6건
차축검지장치 시험/인증 7건
지상무선장치 시험/인증 6건
차상인터페이스장치 시험/인증 7건

논문

차축계수기를 위한 차축검지방안 연구
신호어김방지 시스템의 고장률,신뢰성 예측을 통한 설계 방안 제시
차축검지를 이용한 신호어김방지시스템 성능검증방안 연구
도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석

자문보고

간이신호시스템_HW안전성 설계방안제시
간이신호시스템_SRS, PHA 기술자문
전문가 안전성자문보고서
현장 평가 및 설치운영 안전성 강의
현장시험을 위한 분석 및 결과 평가

공 란

표 목차

표 1 최근 10년간 신호어김으로 인한 사고 횟수(서울메트로) ····· 2
표 2 외산 시스템과 국산화 시 가격비교 및 절감효과 ····· 4
표 3 최종 성과물의 구성품 ····· 5
표 4 연구 개발 범위 ····· 5
표 5 외산 설치에 의한 가격 산출 예시 ····· 12
표 6 연구범위 및 연구수행방법 ····· 15
표 7 연구개발 추진체계 ····· 16
표 8 기술협의체 협력사항 ····· 17
표 9 업무 협약서 ····· 17
표 10 최근 신호어김 사례 조사 ····· 19
표 11 외산 시스템 설치 비용 (견적가) ····· 20
표 12 성능지표 및 목표치에 대한 설정근거 ····· 106
표 13 THR에 따른 SIL 할당 ····· 161
표 14 Hazard 노출 확률 ····· 162
표 15 사고 감소 확률 ····· 162
표 16 결과 감소 확률 ····· 162
표 17 SIL 할당 ····· 162
표 18 고장률 예측 결과 ····· 164
표 19 1차년도 기술자문 현황 ····· 172
표 20 전문가 안전성 자문 보고서 ····· 172
표 21 H/W안전성 설계방안 제시 및 SRS, PHA 기술자문 ····· 173
표 22 2차년도 기술자문 현황 ····· 173
표 23 서울과학기술대학교 및 TUV 자문결과 ····· 174
표 24 특허 성과 ····· 175
표 25 특허 성과 증빙 ····· 175
표 26 S/W 등록 ····· 176
표 27 S/W 등록 증빙 ····· 177
표 28 시험/인증 ····· 179
표 29 시험/인증 결과 ····· 180
표 30 시험/인증 증빙 ····· 180
표 31 논문 발표 ····· 183
표 32 논문 발표 증빙 ····· 184
표 33 브로셔 증빙 ····· 185
표 36 시연회 참석 인원 ····· 188
표 45 시연회 참석 인원 ····· 191
표 46 서울메트로 시범설치 예정 ····· 195
표 47 서울메트로 차량기지 중 신호기가 설치된 개소 ····· 195

표 48 서울메트로 각 노선별 열차 편성수 ····· 195
표 49 비상제동 시험 진행 내용 ····· 196
표 50 수도권 도시철도 현황 ····· 201
표 51 지방 도시철도 현황 ····· 201
표 52 최종목표 달성도 ····· 203
표 53 1차년도 달성도 ····· 204
표 54 2차년도 달성도 ····· 205

그림 목차

그림 1 사고발생 메카니즘 개요 ····· 2
그림 2 KTX 신호어김 사고사례(2007년 11월 3일) ····· 2
그림 3 신호어김방지시스템 개념도 ····· 5
그림 4 KTX 대구역 신호어김 사고사례 (2013년 08월 31일) ····· 9
그림 5 대불 시험선 LTR-R 구성도 ····· 10
그림 6 시스템 구성도 ····· 11
그림 7 부정출발 방지장치 ····· 11
그림 8 부정출발 방지장치 구성도 ····· 12
그림 9 검지 장치 헤드 구성도 ····· 13
그림 10 엑셀카운트 헤드 배치 ····· 13
그림 11 외산 시스템 구성도 ····· 19
그림 12 신호어김방지시스템 시스템 구성도 ····· 20
그림 13 신호어김방지시스템 정보 흐름도 ····· 21
그림 14 신호어김 판단논리 개념도 ····· 22
그림 15 차축검지 논리 개념도 ····· 23
그림 16 신호어김검지장치 기능 블럭도 ····· 40
그림 17 전원 분전함 외형도 ····· 41
그림 18 신호어김평가장치 외형도 ····· 42
그림 19 신호어김검지장치 SW 기능 관계도 ····· 44
그림 20 신호어김장치 SW 블록 다이어그램 ····· 44
그림 21 입출력 인터페이스 TASK 함수 구성도 ····· 45
그림 22 전자연동 인터페이스 TASK 함수 구성도 ····· 46
그림 23 차축검지 인터페이스 TASK 함수 구성도 ····· 46
그림 24 차상 인터페이스 TASK 함수 구성도 ····· 47
그림 25 어김제어 TASK 함수 구성도 ····· 48
그림 26 모드제어 TASK 함수 구성도 ····· 49
그림 27 저장 TASK 함수 구성도 ····· 49
그림 28 진단 TASK 함수 구성도 ····· 50
그림 29 차축검지장치 하드웨어 구성도 ····· 56
그림 30 차축검지헤더 이동방향 판단 개념도 ····· 58
그림 31 차축검지헤더 이동방향 판단 개념도 ····· 58
그림 32 차축검지장치장치 SW 기능 관계도 ····· 59
그림 33 신호어김장치 SW 블록 다이어그램 ····· 59
그림 34 지상무선 통신장치 구성도 ····· 66
그림 35 지상무선 통신장치 외함 외형도 ····· 67
그림 36 차상인터페이스장치 블록도 ····· 73
그림 37 차상인터페이스장치 SW 기능 관계도 ····· 77

그림 38 차상인터페이스장치 SW 블록 다이어그램 ····· 77
그림 39 초도품 설치 위치 ····· 84
그림 40 열차 사행동 주행 ····· 92
그림 41 시제품 설치 약도 ····· 99
그림 42 시제품 설치 개략도 ····· 99
그림 43 시제품 현장 상세 배치도 ····· 100
그림 44 시제품 성능평가 모듈 구성 ····· 107
그림 45 신호어김방지시스템 성능시험 TEST BED 구축 ····· 108
그림 46 신호방지시스템 TEST BED 구성도 ····· 108
그림 47 신호방지시스템 TEST BED 실행 화면 ····· 109
그림 48 GPS 통신검증 모듈 ····· 110
그림 49 신호어김 성능 평가 방안 ····· 121
그림 50 열차점유 성능 평가 방안 ····· 122
그림 51 차축검지 성능 평가방안 ····· 123
그림 52 무선통신장치 통신 성능 평가방안 ····· 124
그림 53 신호어김 반응 성능 평가방안 ····· 125
그림 54 신호어김방지시스템 현장시험 환경 구축 ····· 126
그림 55 현장시험 시스템 구성 ····· 127
그림 56 시제품 성능평가 개념 ····· 129
그림 57 과속진입 비상제동 측정 결과 ····· 154
그림 58 RAMS 활동 수행 체계 ····· 159
그림 59 FTA에 의한 위험원 분석 ····· 161
그림 60 서브시스템 신뢰도와 요구사항 비교결과 ····· 165
그림 61 신호어김 정상 판단 ····· 167
그림 62 반대방향 정상 판단 ····· 168
그림 63 신호어김 발생 판단 ····· 168
그림 64 과속에 의한 신호어김 발생 판단 ····· 169
그림 65 차축검지 논리 개념도 ····· 169
그림 66 차축검지헤더 설치 기준 ····· 170
그림 67 열차검지없음 판단 ····· 170
그림 68 진행방향 열차 진입 판단 ····· 170
그림 69 진행방향 열차통과 판단 ····· 171
그림 70 반대방향 열차진입 판단 ····· 171
그림 71 반대방향 열차통과 판단 ····· 172
그림 72 정상주행 시나리오 흐름도 ····· 187
그림 73 신호어김 주행 시나리오 흐름도 ····· 187
그림 74 반대방향 주행 시나리오 흐름도 ····· 188
그림 75 전동차 비상제동 성능시험 결과 ····· 196
그림 76 신호어김장치 구성 ····· 197
그림 77 지상무선통신장치 구성 ····· 198

그림 78 차축검지장치 제어렉 및 차축검지헤더 ····· 198
그림 79 차상인터페이스장치 제어판넬 및 전원모듈 ····· 198
그림 80 TEST 구성 ····· 199
그림 81 신호어김 안전시스템 홍보 브로셔 ····· 200
그림 82 무선망 구성 ····· 210

공 란

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발 목적

본 연구는 현재 대부분의 철도운영기관 차량기지 또는 일부 회차 구간에서 열차 운전모드 중 기관사책임모드(YARD MODE등)로 열차를 운행 시 진로가 설정되고 신호가 현시된 구간에서는 기관사의 책임하에 열차 안전 운행을 하고 있으나, 기관사의 실수, 착오, 실념 등으로 신호를 어겨 운행할 경우 선로전환기 파손, 탈선, 추돌 등 중대한 사고가 발생되고 있기에 이러한 신호어김 상황이 발생할지라도 신호어김 방지시스템에 의해 경고음 또는 비상제동이 체결되어 사고를 미연에 방지할 수 있는 열차제어시스템 설비를 개발한다.

2. 연구개발 필요성

가. 기술적 필요성

(1) 신호어김 사고 발생

■ 철도 신호시스템은 신호방식에 따라 지상신호방식과 차상신호방식으로 분류되며 일부 노선을 제외하고 모두 기관사에 의해 열차가 운행된다. 지상신호방식의 경우 선로변에 설치된 신호기의 현시정보를 확인하여 열차 속도를 제어하며 차상신호방식의 경우 열차의 목표속도가 차상 MMI(Man-Machine Interface)에 표시되며 이를 기관사가 확인하여 열차 속도를 제어한다. 상기 장치는 허용속도 초과 또는 정지신호 통과 시 자동으로 비상제동이 체결 된다

■ 현재 대부분의 철도운영기관 차량기지 또는 일부 회차 구간에서 열차 운전모드 중 기관사책임모드(YARD MODE등)로 열차를 운행 시 진로가 설정되고 신호가 현시된 구간에서는 기관사의 책임하에 열차 안전 운행을 하고 있으나, 기관사의 실수, 착오, 실념 등으로 신호를 어겨 운행할 경우 선로전환기 파손, 탈선, 추돌 등 중대한 사고가 발생되고 있다.

■ 즉 차량기지 또는 일부 회차 구간은 기관사의 책임하에 열차가 운행되며 열차제어 안전설비가 설치되지 않아 사고가 발생될 우려가 크다.

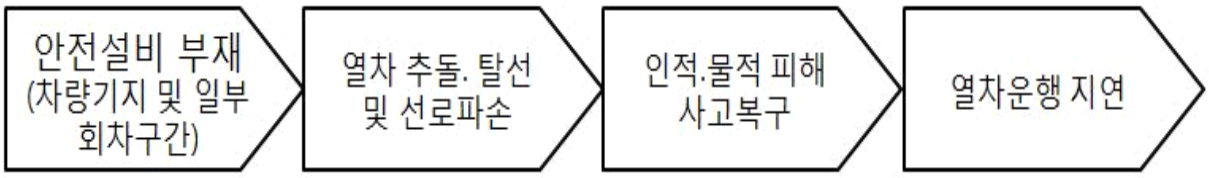


그림 1 사고발생 메카니즘 개요

■ 신호어김 사고 사례



[선로전환기 간류파손]



[긴급복구]





그림 2 KTX 신호어김 사고사례(2007년 11월 3일)

표 1 최근 10년간 신호어김으로 인한 사고 횟수(서울메트로)

년도	계	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	비고
계	40	6	8	1	5	2	-	1	3	10	4	
전동차	29	4	4	1	3	2	-	1	3	8	3	
모터카	11	2	4	-	2	-	-	-	-	2	1	

(2) 신호어김 사고의 방지

■ 이에 차량기지 또는 일부 회차 구간에서 기관사책임모드에서 열차 운행 중 신호어김 상황이 발생할지라도 신호어김 방지시스템에 의해 경고음 또는 비상제동이 체결되어 사고를 미연에 방지하고 열차 안전 운행을 보장하는 데 의의가 있다.

■ 또한 철도운영기관의 신호기계실에 설치된 속도제어장치에 의해 열차가 운행되며 이때 속도제어장치 고장 시 차량기지와 동일하게 기관사책임모드로 열차가 운행된다. 신호어김 방지시스템을 본선에 설치할 경우 속도제어장치의 고장 시에도 위험

도가 가장 높은 분기부에서 열차 안전 운행을 보장할 수 있다. 현재 국내외 대부분의 철도운영기관은 해당 가능을 수행하는 시스템이 설치되어 있지 않다.

■ 상기 사고사례와 같이 서울메트로 1개 운영기관에서만 10년간 40건의 신호어김 사고가 발생하였으나 현재도 기관사책임모드로 운행 시 기관사의 책임에 의해 열차를 운행하며, 열차 안전 확보를 위한 별도의 추가설비가 설치된 노선은 2개 노선(대전1호선, 인천1호선)의 차량기지이며 모두 외산시스템을 도입하였다.

■ 대전1호선 및 인천1호선에 설치된 외산시스템은 신호어김 발생 시 열차의 비상제동을 체결하며 본 연구개발 과제와 기능이 동일하다. 그러나 도입 금액이 대단히 높고 해당시스템이 신호시스템을 납품한 업체와 동일할 경우에만 적용이 가능하여 신호시스템이 상이한 타 노선에는 적용이 곤란할 뿐만 아니라 본선구간에서는 기능이 제한된다. 그러나 본 제안의 신호어김 방지시스템은 신호시스템의 종류와 차종에 상관없이 어떠한 철도 노선에도 적용이 가능하다.

나. 경제적 필요성

■ 기술의 시장성(현재 또는 미래 시장확대 전망)

- 본 연구과제의 성과물은 서울메트로뿐 아니라 국내에 설치, 운영 중인 어떠한 철도 신호시스템에도 적용이 가능하다. 이에 향후 본 연구과제가 성공적으로 완료되면 서울메트로의 시범설치 후 잔여 구간 및 타 노선에 대해 확대 적용이 가능하다.
- 차축 검지장치는 궤도회로의 노후화로 인한 열차 검지 장애, 모터카 등 중량이 작은 열차의 검지 장애등을 예방하기 위해 사용되며 국내 제품이 없어서 외산을 사용하는 실정이다. 본 연구과제는 차축 검지장치 개발을 통해 원천기술 확보 및 국산화를 통하여 향후 필요 개소에 적용하여 수입 대체 효과를 창출하고자 한다.

■ 경제적 기대성과(수입대체, 수출가능성)

- 국내 일부 노선에 본 연구과제와 유사한 시스템이 설치되어 있으나 해당 시스템은 외산 시스템으로 신호시스템을 납품한 업체가 동일할 경우에만 적용이 가능하며 국내에서 개발 적용한 사례가 없다. 본 제안에 의한 국산화 경우 외산 시스템에 대한 수입대체는 물론 향후 수출가능성도 매우 높다
- 외산 시스템과 국산화시 가격비교 및 절감효과(예시, 서울메트로)

표 2 외산 시스템과 국산화 시 가격비교 및 절감효과

구분	물량	외산 (단위:억원)		국산화 (단위:억원)		비고
		단가	금액	단가	금액	(절감효과)
지상	350개소	1.1	385.0	0.93	325.5	59.5
차상	243편성	2.3	558.9	1.18	286.7	272.2
합계		-	943.9	-	612.2	331.7

* 외산 시스템 개소당 금액은 종합성능시험 및 설치공사비가 제외된 금액임

다. 사회적 필요성

■ 국민복지, 안전 등 사회적 파급효과

본 연구과제는 기관사의 신호어김으로 인해 발생되는 사고를 방지하므로 인적, 물적 피해를 최소화하여 철도 및 도시철도분야에 대한 대 국민 신뢰성을 향상 시키는데 일조할 수 있다.

제2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징

1. 연구개발 목표

■ 본 연구개발의 최종목표는 기관사책임모드로 운행 시 기관사의 잘못된 판단으로 야기될 수 있는 열차 탈선, 추돌, 신호설비 파손 등의 사고를 미연에 방지할 수 있는 열차제어시스템을 개발하는데 있다.

■ 신호어김 방지시스템은 열차에 설치되는 차상 인터페이스장치와 현장에 설치되는 지상무선통신장치, 차축검지장치 및 신호기계실에 설치되는 신호어김 검지장치로 구성된다.

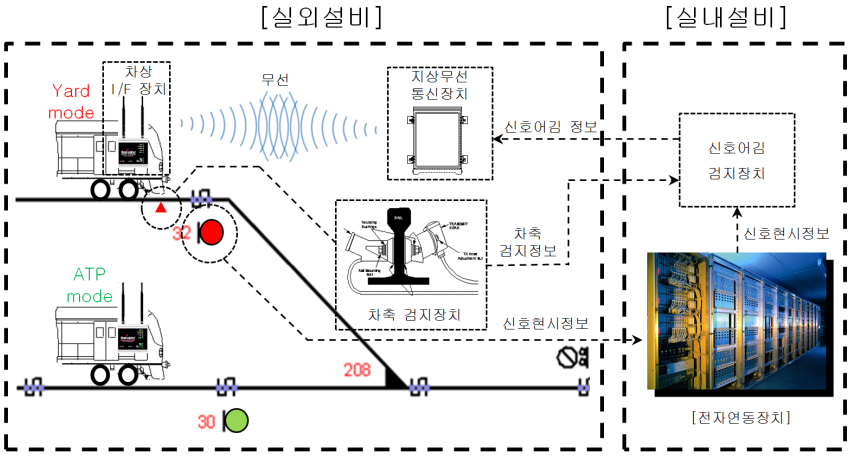


그림 3 신호어김방지시스템 개념도

■ 연구개발 최종 성과물의 구성품은 아래와 같다.

표 3 최종 성과물의 구성품

구분	신호어김 검지장치	지상무선 통신장치	차축 검지장치	차상인터페이스 장치	비고
1차년도	1set	1set	1set	2set	초도품 설치
2차년도	1set	3set	8set	2set	시범 설치

2. 연구개발 범위

표 4 연구 개발 범위

신호어김검지장치 개발	▪ 하드웨어 설계 및 제작	▪ 하드웨어 기본설계 - 기능 및 구현방법 정의 - 전문가 활용을 통한 위험원 분석 수행 ▪ 하드웨어 상세설계 - 하드웨어 인터페이스 설계 - 전원공급장치 설계 - 신호어김 평가장치 회로 설계

		- 하드웨어 기능 위험원 분석 및 반영 ▪ PCB 설계 및 제작 ▪ 초도품 제작 ▪ 하드웨어 성능 개선 ▪ 시작품 제작
	▪ 소프트웨어 설계 및 프로그래밍	▪ 소프트웨어 기본설계 ▪ 소프트웨어 상세설계 - 차축검지장치 통신 인터페이스 설계 - 전자연동장치 신호 인터페이스 설계 - 지상무선 통신장치 통신 인터페이스 설계 - 열차 점유상태 모니터링 모듈 설계 - 신호어김 평가 모듈 설계 - 소프트웨어 기능 위험원 분석 및 반영 ▪ 소프트웨어 구현 및 단위 시험 - 기능 구현 및 디버깅 - 가상 인터페이스 모듈을 이용한 단위시험 ▪ 소프트웨어 성능 개선
	▪ 기능 및 성능 시험	▪ 하드웨어/소프트웨어 통합 시험 - 검사절차서 작성 ▪ LAB 환경 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성 ▪ 현장 성능시험 - 검사절차서 작성
	▪ 현장설치 및 시범운영	▪ 현장설치 - 현장설치 계획서 작성 - 수요자와의 협의를 통한 설치 위치 선정 - 지상무선 통신장치와의 케이블링 시공 ▪ 현장설치 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성
차축검지장치 개발	▪ 하드웨어 설계 및 제작	▪ 하드웨어 기본설계 - 기능 및 구현방법 정의 - 전문가 활용을 통한 위험원 분석 수행 ▪ 하드웨어 상세설계 - 하드웨어 인터페이스 설계 - 메인 프로세서 회로 설계 - 차축검지 헤더 인터페이스 회로 설계 - 신호어김 검지장치와의 통신 인터페이스 회로 설계 - 하드웨어 위험원 분석 결과 설계 반영 ▪ PCB 설계 및 제작 ▪ 초도품 제작 ▪ 하드웨어 성능 개선 ▪ 시작품 제작
	▪ 소프트웨어 설계 및 프로그래밍	▪ 소프트웨어 기본설계 - 요구사항 정의 ▪ 소프트웨어 상세설계 - 차축검지장치 인터페이스 설계 - 신호어김장치 인터페이스 설계 - 소프트웨어 위험원 분석 결과 설계 반영 ▪ 소프트웨어 구현 및 단위 시험 - 기능 구현 및 디버깅 - 가상 인터페이스 모듈을 이용한 단위시험 ▪ 조합 시험 - 검사절차서 작성 및 조합시험

	▪ 기능 및 성능 시험	▪ 하드웨어/소프트웨어 통합 시험 - 검사절차서 작성 ▪ LAB 환경 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성 ▪ 현장 성능시험 - 검사절차서 작성
	▪ 현장설치 및 시범운영	▪ 현장설치 - 현장설치 계획서 작성 - 수요자와의 협의를 통한 설치 위치 선정 - 차축검지장치 설치를 위한 기초 시공 - 차축검지 헤더 설치 - 차축검지 헤더와의 케이블링 시공 - 지상무선 통신장치와의 케이블링 시공 ▪ 현장설치 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성
지상무선통신장치 개발	▪ 하드웨어 설계 및 제작	▪ 하드웨어 기본설계 - 기능 및 구현방법 정의 - 전문가 활용을 통한 위험원 분석 수행 ▪ 하드웨어 상세설계 - 하드웨어 인터페이스 설계 - DC/DC 전원 모듈 회로 설계 - 하드웨어 위험원 분석 결과 설계 반영 ▪ PCB 설계 및 제작 ▪ 기구설계 및 제작 - 외부 유입 보호 IP55 등급 설계 및 제작 - 함체 내부 온도 과열 방지 설계 및 제작 - 함체 내부 습기 배출 설계 및 제작 - 설치 및 케이블링 용이성 설계 및 제작 - 선로변 설치 고려 보호 설계 및 제작 ▪ 초도품 제작 ▪ 하드웨어 성능 개선 ▪ 시작품 제작
	▪ 기능 및 성능 시험	▪ 하드웨어/소프트웨어 통합 시험 - 검사절차서 작성 ▪ LAB 환경 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성 ▪ 현장 성능시험 - 검사절차서 작성
	▪ 현장설치 및 시범운영	▪ 현장설치 - 현장설치 계획서 작성 - 수요자와의 협의를 통한 설치 위치 선정 - 지상무선 통신장치 통신 영역 조사 - RF 안테나 설치 위치 선정 - 기주 설치 기초 시공 - 지상무선 통시장치 및 RF 안테나 설치 - RF 안테나간 케이블링 시공 ▪ 현장설치 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성
차상인터페이스장치 개발	▪ 하드웨어 설계 및 제작	▪ 하드웨어 기본설계 - 기능 및 구현방법 정의 - 전문가 활용을 통한 위험원 분석 수행 ▪ 하드웨어 상세설계 - 메인 프로세서부 회로 설계

		- 디지털 입력부 회로 설계 - 경고벨 출력부 회로 설계 - 비상제동 안전 출력부 회로 설계 - Ethernet 통신부 회로 설계 - 하드웨어 위험원 분석 결과 설계 반영 ▪ PCB 설계 및 제작 ▪ 초도품 제작 ▪ 하드웨어 성능 개선 ▪ 시작품 제작
	▪ 소프트웨어 설계 및 프로그래밍	▪ 소프트웨어 기본설계 - 요구사항 정의 - 전문가 활용을 통한 위험원 분석 수행 ▪ 소프트웨어 상세설계 - 인터페이스 설계 - 운전자 경보 발생 모듈 설계 - 소프트웨어 위험원 분석 결과 설계 반영 ▪ 소프트웨어 구현 및 단위 시험 - 기능 구현 및 디버깅 - 가상데이터를 이용한 단위 시험
	▪ 기능 및 성능 시험	▪ 하드웨어/소프트웨어 통합 시험 - 검사절차서 작성 ▪ LAB 환경 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성 ▪ 현장 성능시험 - 검사절차서 작성
	▪ 현장설치 및 시범운영	▪ 현장설치 - 현장설치 계획서 작성 - 수요자와의 협의를 통한 설치 위치 선정 - 차량 내부 설치를 위한 최적 사이즈 설계 ▪ 현장설치 기능 및 성능시험 - 검사절차서 작성

제3절 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술 및 산업 동향

가. 신호어김 사고 발생

대구역 열차 충돌 사고로 무궁화호 열차가 신호를 어겨 KTX와 충돌 후 마주 오던 KTX와 2차 충돌한 심각한 사고 발생하였음.

이에 신호제어시스템이 없는 선로를 기관사책임모드로 운행할 시 신호어김이 발생할지라도 신호어김 방지시스템에의해 열차 안전운행을 보장이 요구되고 있으며, 또한, 신호제어시스템 고장 시 차량기지와 동일하게 기관사책임모드로 열차가 운행되므로, 위험도가 가장 높은 분기부에서 열차 안전 운행을 보장할 수 있는 신호어김 방지시스템이 절실히 요구되고 있다. 1차 사고가 발생할지라도 주변 열차에도 함께 경고를 줌으로써 제 2차, 3차 사고를 미연에 방지할 필요가 있다. 국내외 대부분의 철도운영기관은 해당 기능을 수행하는 시스템이 설치되어 있지 않다.



[1차 충돌] [2차 충돌]

그림 4 KTX 대구역 신호어김 사고사례 (2013년 08월 31일)

나. 무선통신 환경 변화

세계적으로 철도전용 주파수 할당을 통한 무선통신 기반 열차제어 시스템 구축 및 기술개발 추세에 있으며, '12년 국토해양부에서 추진되는 지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획에서 주목하고 있는 철도전용무선망 LTE-R 전용 주파수 선정이 추진되고 있다.

현재 개발 중인 '열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템'은 ISM 밴드 기반으로 하는 무선통신 인터페이스를 하고 있으나, 향후 철도전용무선망(LTE-R)이 구축되게 되

면 이를 이용한 무선통신 인터페이스로 전환이 필요 함. LTE-R 망 계념도는 아래와 같다.

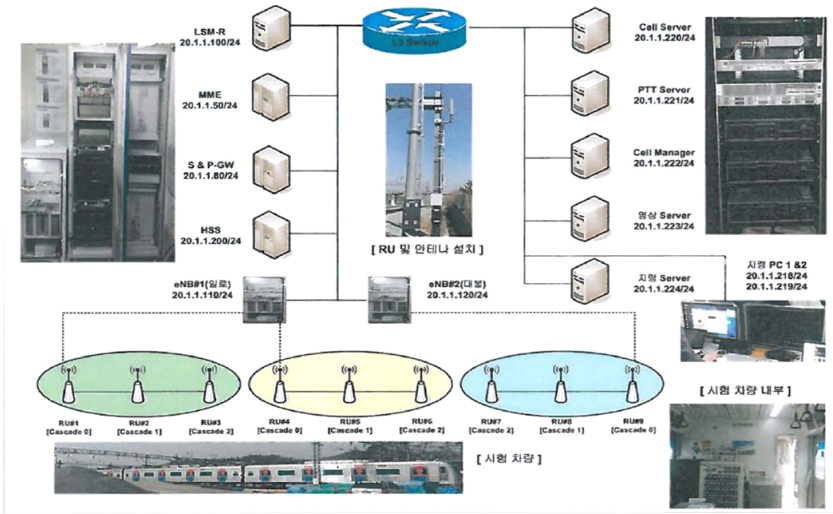


그림 5 대불 시험선 LTR-R 구성도

다. 국내 운영업체 설치 현황

(1) 인천지하철 ATS 시스템

인천지하철 1호선에서 도입된 장비로 외산의 ATS(Automatic Magnetic Train Stop) 시스템으로 부정 출발 방지 제어는 철도 교통의 안전을 담당한다. 열차가 위험 신호를 지나면, 비상 제동이 자동으로 작동되고 보호 구역안에 열차를 정지시킨다.

자장은 궤도에서 차량으로 전송 매개체의 역할을 한다. 마그네틱 전송기 (지상자)는 각 신호 위치 앞에 설치되고, 전송기의 자장은 공급 전압(영구자)과는 무관하다. 열차가 활성된 지상자 위를 지나면, 지상자 수신기가 작동된다. 이것이 릴레이 로직에서의 전환 처리 과정을 시작시키고 즉각적으로 차량을 제동시킨다.

차량은 “proceed”신호인 경우엔 지나칠 수 있다. 그러므로, 영구적인 지상자는 연동장치로부터 직접 스위치-on 되는 quenching 코일에 의해서 비활성화 된다. 그래서, 활성적인 전자자의 자장은 영구자의 자장을 소멸한다. 결과적으로, 지상자와 차상자 사이의 마그네틱 커플링은 없고, 열차는 방해없이 지날 수 있다.

지상자와 차량자의 올바른 상호 연결은 여러 가지 물리적, 지리학적 요소의 영향을 받는다. 그것들은 시스템의 안전과 이용성을 결정한다. 그러므로, 이 자석들의 장착, 제거, 테스트시에 적절한 주의와 배려가 요구된다

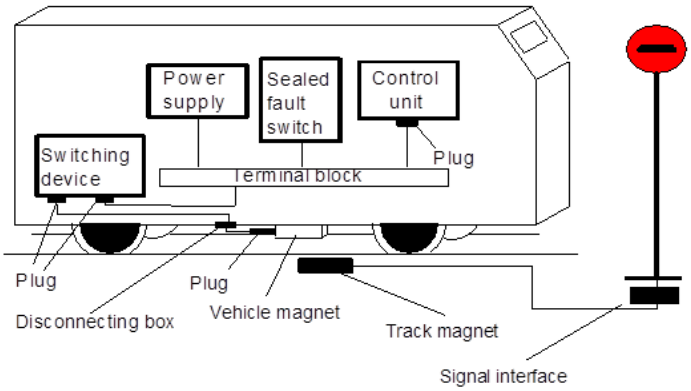


그림 6 시스템 구성도

(2) 대전지하철 MTS 시스템

대전지하철 1호선에서 도입된 장비로 외산의 부정출발장치 (MTS : Magnetic Train Stop) 시스템으로 차상 부정출발 방지장치는 열차가 정지 신호를 통과할 때 안전하게 제동이 시작 되도록 한다. 브레이크는 차상 제어장치에 의해 안전하게 개시 된다. 열차 정지 컴퓨팅 모듈로 통합된 이력 메모리는 운용 기록에 주요 이벤트와 작동 상황들을 영구적으로 저장한다.

이 시스템은 전통식 자기력 전송방식에 근거를 두고 있다. 지상장치는 궤도 자석이다. 두 개의 운전실이 있는 차량에 완전하게 설치하는 경우의 개요이다. 각 운전실에 CTS/M 장치가 설치된다



그림 7 부정출발 방지장치

2. 국외 기술 및 산업 동향

가. 부정출발 방지장치

해외 선진철도운영기관에서는 차량기지의 열차안전운행의 중요성을 인식하여 신호어김 방지장치를 설치·운영하고 있다.

(1) 시스템 구성도

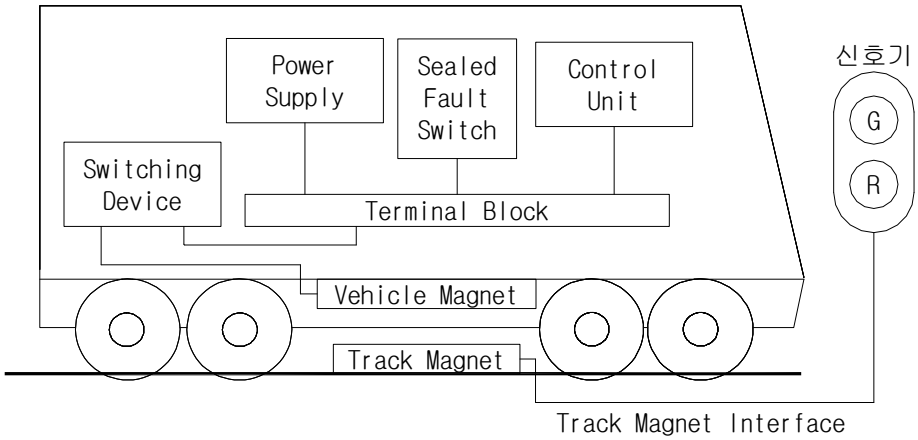


그림 8 부정출발 방지장치 구성도

(2) 외산 가격산출(견적가)

표 5 외산 설치에 의한 가격 산출 예시

구분	물량	금액	합계	비고
지상	7개소	7.4억원	95.8억원	
차상	38편성	88.4억원		

※ 공인인증기관 입회 종합성능시험 제외, 설치공사비 제외

(3) 외산 시스템 성능 및 문제점

- 열차 신호어김에 대해 마그네틱 지상자와 신호기(RED) 연동하여 차상자를 통해 차상시스템에 전달되며 차상 ATP 장치와 연계하여 열차 비상제동 체결함.
- 자사모델에 한하여 적용 가능하고 도입금액이 높으며. 차량기지내에서만 운영이 가능하다.

나. 엑셀 카운트

지정된 블록 내의 열차 위치를 결정하기 위해 차축의 통과를 검지하여 선로전환기 쇄정(switch deadlocking)에 사용한다. 각 장비는 선로에 장치된 차축검지 장치 헤드 및 전자 장치(Electronics Unit) 한 개로 구성된다. 이 전자 장치는 역사의 신호기계실에 위치한 차축검지기 계산 장치(Axle Counter Evaluation)와 통신한다. 차축이 검지될 때마다, 이 전자 장치 출

력은 검지 장치 헤드에서 검지된 차축의 지속 상태를 변경한다. 검지 장치 헤드를 통과하는 차축들이 일련의 펄스로 변환되고, 이는 EAK30C 전자 장치 모뎀 및 ACE 장치를 통해 ACE 장비로 데이터를 전달한다

- 차축 검지 장치 1개는 케이블이 있는 SK30C 검지 헤드 어셈블리 1개와 EAK30C 전자 장치 1개로 구성되어 있다.
- SK30C 검지 헤드 장치는 블록 테두리를 형성하여 선로에 한 쌍이 부착되어 있다. 이 장치는 통과하는 열차 차축의 존재 여부를 검지할 수 있게 설계되었다.
- EAK30C 전자 장치는 관련 검지 헤드를 통해 열차 차축이 통과하는 수와 이동 방향을 감시한다. 이 전자 장치는 Multi-Drop Serial Communication Link를 통해 ACE와 통신한다.

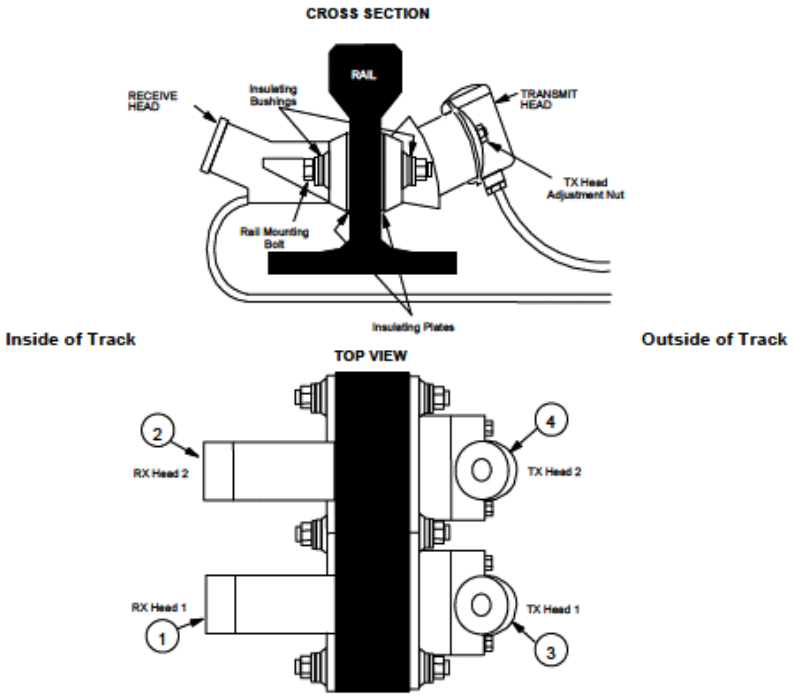


그림 9 검지 장치 헤드 구성도

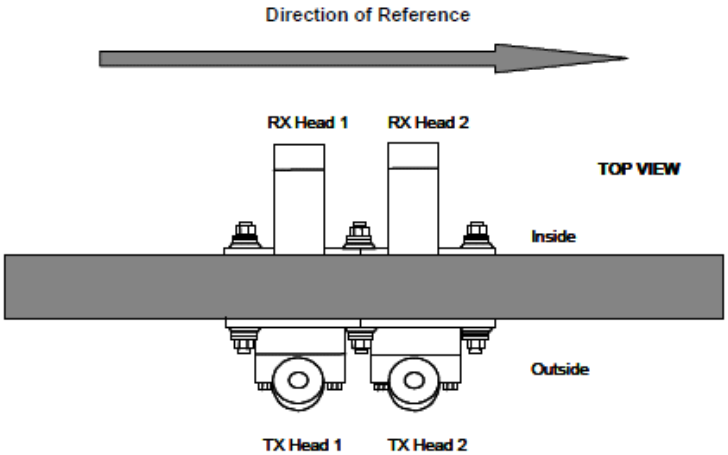


그림 10 엑셀카운트 헤드 배치

3. 특허 동향

본 연구에서 수행되는 신호어김방지장치는 전자연동장치로부터의 신호기 현시정보와 차축검지장치로부터의 검지정보를 수신하여 신호어김 여부를 확인할 수 있는 시스템으로서 열차운행에 대한 안전을 확보할 수 있는 시스템이다.
관련기술에 대한 특허조회 결과, 분쟁이 예상되는 사례는 존재하지 않으며 특수한 방식의 열차운행제어시스템으로서 본 연구에서는 총 2건의 특허가 계획되어 있다.

4. 정부지원정책 현황

가. 철도안전법(2012.01.17.)
- 제25조(철도시설의 안전기준)
- 제34조(표준화)
- 제39조(철도차량의 운행)
- 제40조(열차운행의 일시중지)
- 제68조(철도안전기술의 진흥)
- 제69조(철도안전 전문기관 등의 육성)

나. 철도운행에 관한 안전지침
- 4. 동력차승무원 및 모타카 관련 장비운전원

다. 정부지원 정책사업 종류와 현황
미래도시철도기술개발사업 및 미래철도기술개발사업의 열차제어시스템 안전성 확보를 위한 연구과제 다수 존재함.

제2장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 연구수행 전략 및 방법론

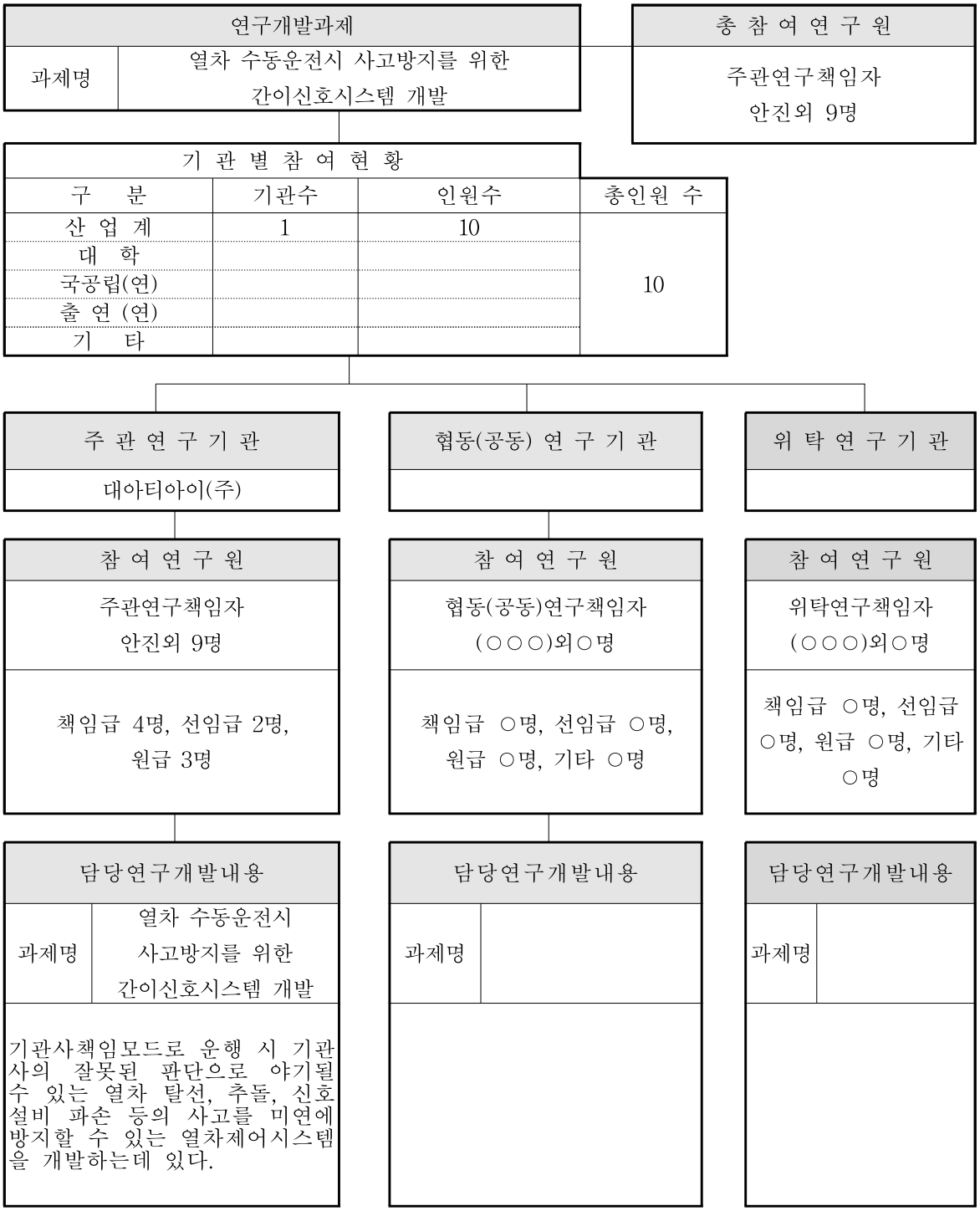
1. 연구수행 전략 및 방법론

표 6 연구범위 및 연구수행방법

연구범위	연구수행방법 (이론적・실험적 접근 방법)
고신뢰성 하드웨어 설계 및 제작	EN50129 부록B.3에서 제시되는 단일결함에 대한 복합적 안전측동작, 반응적 안전측동작 그리고 고유 안전측동작을 고려한 설계를 위해 시스템의 FTA(Fault Tree Analysis)가 적용되었음. 또한 Random H/W 고장을 방지하기 위해 모든 부품의 고장율 데이터를 수집하여 신뢰성분석을 수행하였음.(적용된 툴은 RELEX)
	차축검지헤더 신뢰도를 높이기 위해 현장 시험을 통한 기초데이터를 수집하였으며, 차륜의 특성을 파악하여 지그를 이용한 최적화된 검지 높이 선정하였음.
	SIL3 인증 고신뢰성 MCU를 적용하여 하드웨어 결함을 낮췄으며, MCU 결함에 대해 안전측으로 동작할 수 있도록 하였음.
시스템 위험원분석을 통한 안전성 확보	신호어김방지시스템에 대한 위험원을 전문가활용을 통해 도출하였으며, 이에 대한 검증을 안전인증기관인 TUV SUD에 의뢰해 체계적인 수정 및 갱신이 수행되었음. 이러한 안전성 확보는 EN50126을 기반으로 시스템의 Systematic Failure를 분석하여, 내부적, 인터페이스, 운영에 대한 분석을 수행하였음.
운영시나리오 마련 및 시뮬레이션 환경 구축	초기 설계 단계에서 시스템 운영에 대한 운영시나리오를 마련하여 운영상에 문제점을 해결하기 위한 방안들을 도출하여 개발될 장치들에 반영하였으며, 실험실내에서 종합적인 시험을 통해 문제점을 발견하고 해결하기 위한 시뮬레이션 환경을 구축하였음.
기술협의체를 통한 운영기관 의견 반영 및 현장 초도품 설치	시범설치 구간인 서울메트로 군자차량기지내 신호어김 감시구역에 대해 무선 통신 커버리지 확보를 위한 군자차량기지내 신호어김 감시 개소 및 지리적조건 조사하여 확보하였음.
	연구과제의 실용화를 위해 기술협의체를 서울메트로와 구성하였으며, 서울메트로와 군자차량기지에 초도품을 설치위한 협의를 진행 중에 있으며, 10월 중 설치 예정임. 차량기지의 지리적조건, 차량특성, 신호시스템 구성조건 그리고 케이블매설 조건 등에 대한 분석을 기술협의체와 함께 진행중에 있으며, 최초 초도품 설치에 있어 기술협의체와 연구개발 진행 현황 공유와 시연회가 진행되었음.

2. 연구개발 추진체계

표 7 연구개발 추진체계



3. 기술협의체 구성

■ 개요

서울메트로와 대아티아이(주)는 서울메트로의 아이디어를 기반으로 대아ti가 제안하여 수행중인 건설교통기술연구개발사업 자유공모과제인 열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발과업의 성공적인 과업수행 및 상호이익을 도모하기 위하여 엄부 협약을 체결함.

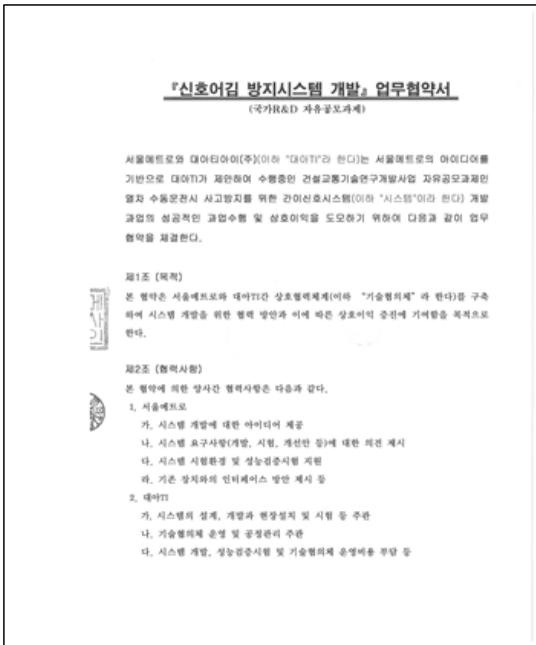
■ 협력사항

표 8 기술협의체 협력사항

서울메트로	대아티아이
시스템 개발에 대한 아이디어 제공 시스템 요구사항에 대한 의견 제시 시스템 시험환경 및 성능검증시험 지원 기존 장치와의 인터페이스 방안 제시 등	시스템의 설계, 개발과 현장설치 및 시험 등 주관 기술협의체 운영 및 공정관리 주관 시스템 개발, 성능검증시험 및 기술협의체 운영비용 부당 등

■ 업무협약서

표 9 업무 협약서



『신호어김 방지시스템 개발』 업무협약서

(국가R&D 자유공모과제)

서울메트로와 대아티아이(주)(이하 "대아TI"라 한다)는 서울메트로의 아이디어를 기반으로 대아TI가 제안하여 수행중인 건설교통기술연구개발사업 자유공모과제인 열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템(이하 "시스템"이라 한다) 개발 과업의 성공적인 과업수행 및 상호이익을 도모하기 위하여 다음과 같이 업무협약을 체결한다.

제1조 (목적)

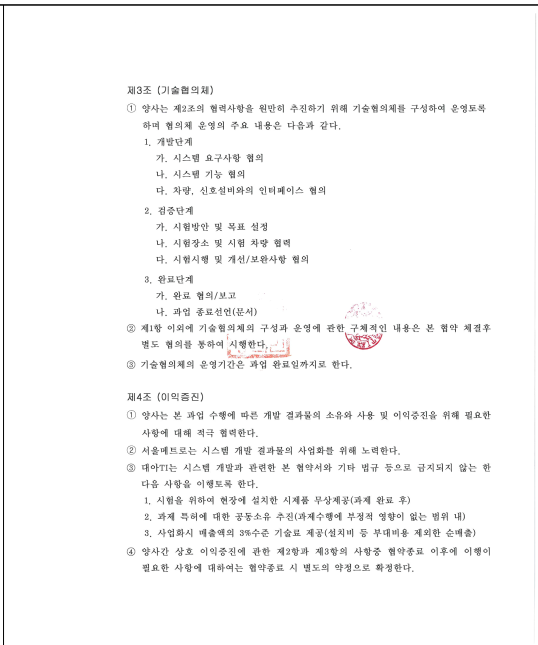
본 협약은 서울메트로와 대아TI간 상호협력체계(이하 "기술협의체" 라 한다)를 구축하여 시스템 개발을 위한 협력 방안과 이에 따른 상호이익 증진에 기여함을 목적으로 한다.

제2조 (협력사항)

본 협약에 의한 양사간 협력사항은 다음과 같다.

1. 서울메트로
   가. 시스템 개발에 대한 아이디어 제공
   나. 시스템 요구사항(개발, 시험, 개선안 등)에 대한 의견 제시
   다. 시스템 시험환경 및 성능검증시험 지원
   라. 기존 장치와의 인터페이스 방안 제시 등
2. 대아TI
   가. 시스템의 설계, 개발과 현장설치 및 시험 등 주관
   나. 기술협의체 운영 및 공정관리 주관
   다. 시스템 개발, 성능검증시험 및 기술협의체 운영비용 부담 등

업무협약서 #1



제3조 (기술협의체)

① 양사는 제2조의 협력사항을 원만히 추진하기 위해 기술협의체를 구성하여 운영토록 하며 협의체 운영의 주요 내용은 다음과 같다.

1. 개발단계
   가. 시스템 요구사항 협의
   나. 시스템 기능 협의
   다. 차량, 신호설비와의 인터페이스 협의
2. 검증단계
   가. 시험방안 및 목표 설정
   나. 시험장소 및 시험 차량 협력
   다. 시험시행 및 개선/보완사항 협의
3. 완료단계
   가. 완료 협의/보고
   나. 과업 종료선언(문서)

② 제1항 이외에 기술협의체의 구성과 운영에 관한 구체적인 내용은 본 협약 체결후 별도 협의를 통하여 시행한다.

③ 기술협의체의 운영기간은 과업 완료일까지로 한다.

제4조 (이익증진)

① 양사는 본 과업 수행에 따른 개발 결과물의 소유와 사용 및 이익증진을 위해 필요한 사항에 대해 적극 협력한다.

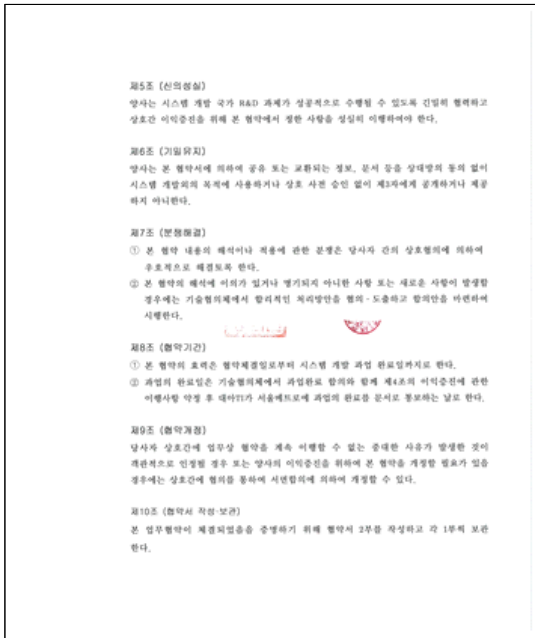
② 서울메트로는 시스템 개발 결과물의 사업화를 위해 노력한다.

③ 대아TI는 시스템 개발과 관련한 본 협약서와 기타 법규 등으로 금지되지 않는 한 다음 사항을 이행토록 한다.

1. 시험을 위하여 현장에 설치한 시제품 무상제공(과제 완료 후)
2. 과제 특허에 대한 공동소유 추진(과제수행에 부정적 영향이 없는 범위 내)
3. 사업화시 매출액의 3%수준 기술료 제공(설치비 등 부대비용 제외한 순매출)

④ 양사간 상호 이익증진에 관한 제2항과 제3항의 사항중 협약종료 이후에 이행이 필요한 사항에 대하여는 협약종료 시 별도의 약정으로 확정한다.

업무협약서 #2



제5조 (신의성실)
양사는 시스템 개발 국가 R&D 과제가 성공적으로 수행될 수 있도록 긴밀히 협력하고 상호간 이익증진을 위해 본 협약에서 정한 사항을 성실히 이행하여야 한다.

제6조 (기밀유지)
양사는 본 협약서에 의하여 공유 또는 교환되는 정보, 문서 등을 상대방의 동의 없이 시스템 개발외의 목적에 사용하거나 상호 사전 승인 없이 제3자에게 공개하거나 제공하지 아니한다.

제7조 (분쟁해결)
① 본 협약 내용의 해석이나 적용에 관한 분쟁은 당사자 간의 상호협의에 의하여 우호적으로 해결토록 한다.
② 본 협약의 해석에 이의가 있거나 명기되지 아니한 사항 또는 새로운 사항이 발생할 경우에는 기술협의체에서 합리적인 처리방안을 협의·도출하고 합의안을 마련하여 시행한다.

제8조 (협약기간)
① 본 협약의 효력은 협약체결일로부터 시스템 개발 과업 완료일까지로 한다.
② 과업의 완료일은 기술협의체에서 과업완료 합의와 함께 제4조의 이익증진에 관한 이행사항 약정 후 대아티가 서울메트로에 과업의 완료를 문서로 통보하는 날로 한다.

제9조 (협약개정)
당사자 상호간에 업무상 협약을 계속 이행할 수 없는 중대한 사유가 발생한 것이 객관적으로 인정될 경우 또는 양사의 이익증진을 위하여 본 협약을 개정할 필요가 있을 경우에는 상호간에 협의를 통하여 서면합의에 의하여 개정할 수 있다.

제10조 (협약서 작성·보관)
본 업무협약의 체결되었음을 증명하기 위해 협약서 2부를 작성하고 각 1부씩 보관한다.

업무협약서 #3



2013년 6월 5일

DAEA
주식회사 대아티아이

Seoul Metro
서울메트로

대표이사 최 진 우

대표자 사장 장 정 기

업무협약서 #4

제2절 연구수행과정 및 내용

1. 자료 수집

가. 기관사 책임운전 구간 사고분석

차량기지 또는 일부 회차 구간에서 열차 운전모드 중 기관사책임모드(Yard Mode등)로 열차 운행 시 정상적인 진로 및 신호가 현시되었음에도 불구하고 기관사의 실수, 착오, 실념 등으로 신호를 어기고 운행하여 탈선, 충돌, 기기파손 등의 중대한 사고가 발생하고 있음. 이에 최근 10년간 신호어김으로 발생한 사고를 조사한 결과 아래와 같았으며, 신호어김에 대한 대책이 시급하였음.

표 10 최근 신호어김 사례 조사

년도	계	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	비고
계	40	6	8	1	5	2	-	1	3	10	4	
전동차	29	4	4	1	3	2	-	1	3	8	3	
모터카	11	2	4	-	2	-	-	-	-	2	1	

위의 결과분석 결과 차량기지 또는 일부 회차 구간에서 기관사책임모드에서 열차운행 중 신호어김 상황이 발생할지라도 신호어김 방지시스템에 의해 경고음 또는 비상제동이 체결되어 사고를 미연에 방지하고 열차 안전운행을 보장할 수 있는 시스템이 필요하였음.

나. 유사(외산) 시스템 조사

대전1호선 및 인천1호선에 설치된 외산시스템은 차상 출발방지장치(MTS)로 신호어김 발생 시 열차의 비상제동을 체결하는 기능을 가지고 있어 본 연구과제와 유사하다고 할 수 있음. 그러나 도입 금액이 매우 높으며 외산시스템의 호환성 문제(동일 메이커간 제어가능)로 타 노선 적용이 불가능할 뿐만 아니라 본선구간에서는 기능이 제한적임. 외산 시스템의 구성은 아래와 같으며, 외산 시스템의 가격은 아래와 같음.

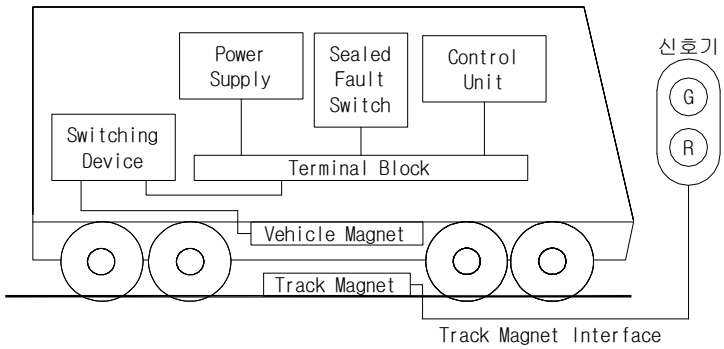


그림 11 외산 시스템 구성도

표 11 외산 시스템 설치 비용 (견적가)

구분	물량	금액	합계	비고
지상	7개소	7.4억원	95.8억원	
차상	38편성	88.4억원		

2. 시스템 구성

가. 개요

열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템은 차량에 설치되는 차상인터페이스장치(OIS), 현장에 설치되는 지상무선통신장치(WAP), 선로변에 설치되는 차축검지장치(ADS) 및 헤더(ADH), 그리고 신호기계실에 설치되는 신호어김검지장치(SVDS)로 구성된다. 전체 시스템 구성도는 아래와 같다.

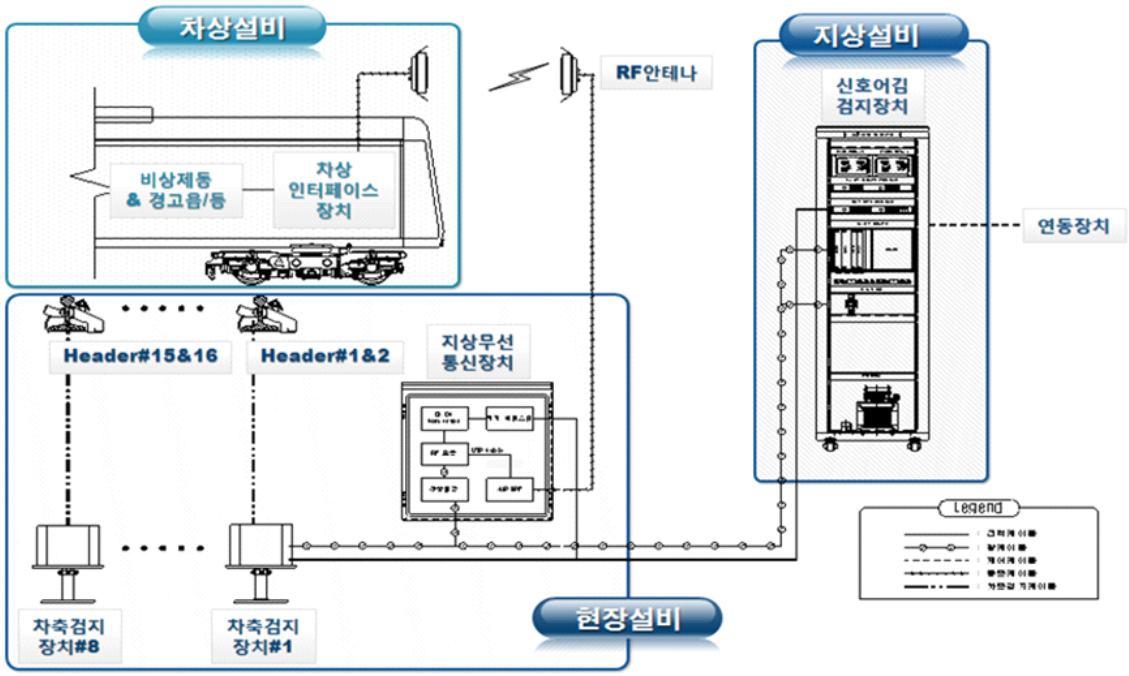


그림 12 신호어김방지시스템 시스템 구성도

나. 구현 기능

신호어김방지시스템은 인적오류로 신호기의 정지현시를 무시하고 열차 진행 시 차축검지장치에 의해 열차의 진행이 검지되면 신호어김검지장치로 열차 진행 정보가 전달된다. 신호어김검지장치는 차축검지장치로부터의 차축검지정보와 전자연동장치로부터 신호기 정지현시정보 얻어 신호어김을 평가 후 지상무선통신장치로 신호어김 정보 전달한다. 지상무선통신장치는 차상인터페이스장치로 무선 인터페이스를 통해 신호어김 정보가 전달하고, 차상

인터페이스장치는 신호어김 정보 확인 후 신호어김이 발생한 경우 경고등/경고음 동작시키고 비상제동 체결하는 기능을 하고, 그렇지 않은 경우에는 정상 운행을 한다. 신호어김 정보의 흐름은 아래 그림과 같다.

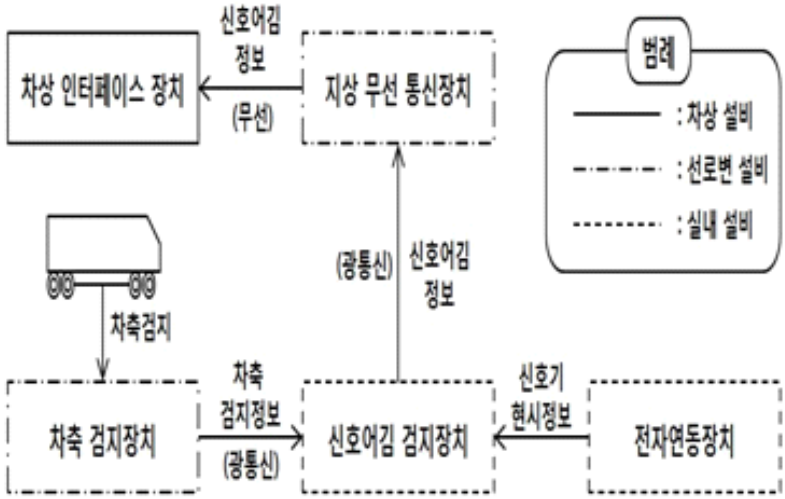


그림 13 신호어김방지시스템 정보 흐름도

3. 운영시나리오 구축

가. 시나리오 개요

열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템(이하 “신호어김방지시스템”)의 운영 시나리오에 대한 내용을 서술한다. 신호어김방지시스템는 차량기지 또는 일부 회차구간에서 열차 운전모드 중 기관사책임모드(YARD MODE)로 열차를 운행하면서 기관사의 실수, 착오, 실념 등으로 신호를 어겨 신호어김 상황이 발생하는 경우 경고음/경고등을 발생시켜 기관사에게 통보하는 기능을 구현한다.

(1) 신호어김 판단논리

신호어김방시스템을 운영하기 위한 신호어김 감시는 신호기 현시가 “R”인 상태에서 지상의 차축검지장치에서 열차가 진입하는 것을 검지하는 경우 신호어김으로 판단하고 차상인터페이스장치로 신호어김 상황을 기관사에게 통보하게 된다. 신호어김을 판단은 전자연동장치에서 전달되는 신호기 정보와 현장에 설치되는 차축검지장치에서 전송되는 차축검지상태를 비교하여 신호검지장치에서 수행하게 된다. 신호어김 감시를 수행하는 주요 단계는 다음과 같다.

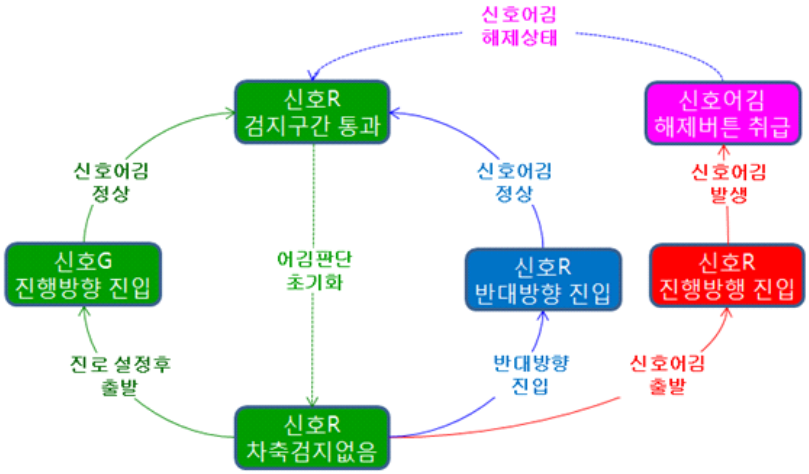


그림 14 신호어김 판단논리 개념도

- 열차 진입 판단

  신호어김방지시스템에서 신호어김 감시를 수행하기 위하여 차축검지구간에 열차가 진입하는 지를 감시하는 단계로, 현장에 설치된 차축검지장치에서 수행하게 된다. 차축검지장치에서 검지되는 차축검지상태는 진입여부와 진행방향을 조합하여 진행방향으로 진입, 반대방향으로 진입으로 구분한다.

- 열차 진입 판단신호기 정보 판단

  신호어김방지시스템에서 신호어김 감시를 수행하기 위하여 신호기 정보를 입력받는 단계로, 전자연동장치의 신호기 릴레이 접점에서 입력을 받게 된다. 신호어김검지장치에서 입력되는 신호기 정보는 출발, 정지로 구분된다.

- 신호어김 판단

  신호어김방지시스템에서 신호어김 감시를 수행하기 위하여 신호기 정보와 열차 검지를 비교하여 신호어김 상태를 평가하는 단계로, 신호어김 상태는 신호어김 정상과 신호어김 발생으로 구분된다. 신호어김 상황이 발생한 경우 차상인터페이스장치로 신호어김상태를 전송하여 기관사에게 통보하게 된다.

- 검지구간 통과 판단

  신호어김방지시스템에서 정상적으로 진입한 열차가 차축검지구간을 통과하는 동안 신호어김이 정상적으로 유지되는 단계로, 차축검지장치에서 차축검지 상태가 통과가 될 때까지 신호어김 장치는 신호어김 상태를 정상으로 판단하게 된다.

- 신호어김 해제 판단

  신호어김방지시스템에서 신호어김이 발생한 경우 열차에서 신호어김 상황을 해제하는 단계로, 신호어김이 발생한 상태에서 기관사가 해제버튼을 취급하는 경우 차상에 설치된 차상인터페이스장치에서 신호어김을 인식한 차축검지구간에서의 신호어김을 계속 무시하여 열차가 진행하도록 구현된다.

- 신호어김 판단 초기화

신호어김방지시스템에서 열차가 차축검지구간을 진입하여 완전하게 통과하는 것을 판단하는 단계로, 신호어김검지장치에서 열차가 진입하여 통과한 것을 판단하여 후방 진입 열차에 대한 신호어김 판단을 위하여 기존 차축검지 정보를 초기화하게 된다.

(2) 차축검지 논리

신호어김방시스템을 신호어김을 판단하기 위하여 현장에 설치된 열차의 차축을 검지하는 것으로, 하나의 차축감시구간에 2개의 차축검지헤더를 설치하여 각각의 차축검지헤더에서 검지되는 차축의 개수를 입력 받아 차축검지헤더에서 차축감시상태를 판단하는 것으로, 지상에 설치된 차축검지장치에서 수행하게 된다

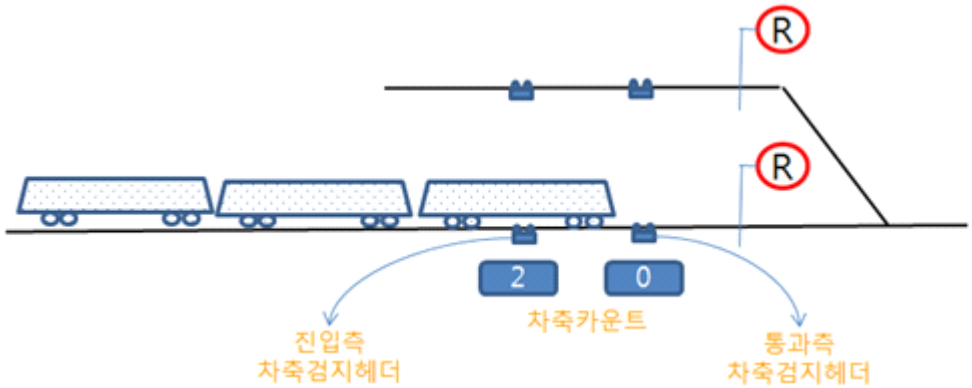


그림 15 차축검지 논리 개념도

- 열차검지없음 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트와 통과측 차축카운트가 모드 '0'인 경우 차축검지구간내 열차가 없다는 것으로 판단하여 차축검지상태를 "열차검지 없음"으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다.

- 진행방향 열차진입 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트가 0보다 크고 통과측 차축카운트가 '1'인 되는 경우 차축검지구간내 진행방향에서 진입한 것으로 판단하여 차축검지상태를 "진행방향 열차진입"으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 신호어김검지장치는 신호기 정보와 비교하여 신호어김 상태를 평가하게 된다.

- 진행방향 열차통과 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트가 '0'보다 크고 통과측 차축카운트가 진입측 차축카운트가 동일한 경우 차축검지구간을 열차가 진행방향으로 통과한 것으로 판단하여 차축검지상태를 "진행방향 열차통과"로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 차축검지장치는 신호어김장치로부터 열차통과 확인 메시지를 수신한 후 차축카운트를 초기화하여 후방 열차를 감시하게 된다.

- 반대방향 열차진입 판단
  차축검지장치는 진입측 차축카운트가 ‘0’이고 통과측 차축카운트가 ‘-1’(반대방향 진입)인 경우 차축검지구간내 반대방향에서 진입한 것으로 판단하여 차축검지상태를 “반대방향 열차진입”으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 신호어김검지장치는 반대방향 진행으로 신호어김 정상으로 평가하게 된다.

- 반대방향 열차통과 판단
  차축검지장치는 통과측 차축카운트가 ‘0’보다 적고 진입측 차축카운트가 진입측 차축카운트와 동일한 경우 차축검지구간을 열차가 반대방향으로 통과한 것으로 판단하여 차축검시상태를 “반대방향 열차통과”로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 차축검지장치는 신호어김장치로부터 열차통과 확인 메시지를 수신한 후 차축카운트를 초기화하여 후방 열차를 감시하게 된다.

나. 정상운영 시나리오

신호어김방지시스템을 정상적으로 운용하기 위한 정상운영 시나리오를 서술하는 것으로, 신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치와 차축검지장치 및 차상인터페이스장치를 구동하기 위하여 전원을 투입하고, 차축검지 상태를 감시하고, 신호어김 상태를 감시하고, 기관사에게 신호어김에 대한 알람을 통보하는 절차 등으로 구성한다.

(1) 기동
  신호어김방시스템을 운영하기 위하여 장비를 기동하는 절차를 서술한다.

- 지상장치 기동
  신호어김방지시스템을 운영하기 위하여 지상에 설치된 신호어김검지장치와 현장에 설치된 차축검지장치에 전원을 투입한다. 신호어김방지시스템의 지상설비에 대한 전원투입은 시스템을 운영하고 관리하는 담당자가 수행하게 된다.

· 운영 및 관리 담당자는 지상에 설치된 신호어김검지장치의 메인 전원을 투입한다.
· 신호어김검지장치는 장비에 전원이 투입되면서 시스템에 대한 자체 진단을 수행한다. 이때, 현장에 설치된 차축검지장치에도 자동적으로 전원이 투입되어 자체 진단을 수행한다.
· 신호어김검지장치는 자체 진단이 정상인 경우 진행결과를 표시한다. 이때, 시스템에 이상이 검지된 경우에는 “신호어김검지장치 고장 ” 의 비상운영 시나리오를 참고한다
· 차체진단이 정상적으로 완료된 신호어김검지장치는 신호어김 대기모드로 설정하고, 현장에 설치된 모든 차축검지장치에서 차축검지상태가 수신되는 것을 대기한다.
· 차축검지장치는 차체 진단이 정상인 경우 진행결과를 표시한다. 이때, 시스템에 이상이 있는 경우에는 “차축검지장치 고장 “ 의 비상운영 시나리오를 참고한다.
· 자체 진단이 정상적으로 완료된 차축검지장치는 차축검지상태를 “차축검지 없음”으로 설정하여 지상의 신호어김검지장치로 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 전송한

다.

· 신호어김검지장치는 DB에 등록된 모든 차축검지장치의 차축검지상태가 정상인경우 신호어김감시를 개시하고, 신호어김상태 메시지를 주기적 또는 이벤트가 발생한 경우 차상인터페이스장치로 전송한다.

- 차상장치 기동

신호어김방지시스템을 운영하기 위하여 차상에 설치된 차상인터페이스장치에 전원을 투입한다. 차상인터페이스장치의 전원은 기관사가 열차를 기동하는 경우 자동적으로 투입된다.

· 기관사가 열차를 운행하기 위하여 열차를 기동한다.
· 차상에 설치된 차상인터페이스장치는 장비에 전원이 투입되면서 시스템에 대한 자체 진단을 수행한다.
· 차상인터페이스장치는 자체 진단이 정상인 경우 진행결과를 표시한다. 이때, 시스템에 이상이 검지된 경우에는 “ 차상인터페이스 장치 고장” 의 비상운영 시나리오를 참고한다.
· 자체 진단이 정상적으로 완료된 차상인터페이스장치는 지상의 신호어김검지장치에서 신호어김상태 메시지가 수신되는 것을 대기한다. 이때, 반복적으로 지상의 신호어김검지장치에서 메시지가 수신되지 않은 경우에는 “차상에서 신호어김상태 미수신“ 의 비상운영 시나리오를 참조한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 전송된 신호어김상태 메시지를 수신한 차상인터페이스장치는 수신상태가 정상적으로 판단하여 신호감시제어를 개시하고 기동을 종료한다.

(2) 운영모드

신호어김방시스템을 운영하기 위하여 신호어김에 따른 제어모드를 설정하는 절차를 서술하는 것으로, 신호어김에 따른 제어모드는 기관사가 차상인터페이스장치에서 운영모드 선택스위치를 취급하여 설정하게 된다.

- 감시모드 설정

신호어김방지시스템의 운영에 있어 신호정보와 차축검지정보를 비교하여 신호어김상태를 감시하고 이에 대한 결과를 차상인터페이스로 전달되어 기관사에게 신호어김상태를 전달하게 된다.

· 신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스장치가 정상운영을 확인한다.
· 기관사는 신호어김에 따른 제어를 감시모드로 선택하기 위하여 운영모드 선택스위치를 감시모드로 선택한다.
· 차상인터페이스는 운영모드 선택스위치의 감시모드 선택을 확인 한 후, 신호어김검지장치에서 신호어김상태 메시지 수신을 대기한다.
· 신호어김상태 메시지를 수신한 차상인터페이스장치는 신호어김상태의 확인 메시지를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 신호어김검지장치에서 수신한 신호어김상태가 신호어김 정상의 경우에는 열차는 정상적으

로 주행을 계속한다. 신호어김 발생의 경우에는 알람등, 알람벨 또는 비상정지를 출력하여 기관사에게 신호어김 발생 상황을 통보한다.
· 신호어김 발생한 상태에서 기관사가 취급해제버튼을 취급하면 알람등, 알람벨 또는 비상정비 출력을 중단한다.

- 격리모드 설정
신호어김방지시스템의 운영에 있어 기관사의 취급에 따라 신호어김제어를 전혀 받지 않는 상태의 운전모드를 제공한다.

· 신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스장치가 정상운영을 확인한다.
· 기관사는 신호어김에 따른 제어를 격리모드로 선택하기 위하여 운영모드 선택스위치를 격리모드로 선택한다.
· 차상인터페이스는 운영모드 선택스위치의 격리모드 선택을 확인 한 후, 신호어김검지장치에서 수신한 메시지를 초기화하고 신호어김제어를 해제한다. 이때, 신호어김검지장치에서 신호어김이 발생하더라도 차상인터페이스는 신호어김 상황을 기관사에게 통보하지 않는다.

- 차단모드 설정
신호어김방지시스템의 운영에 있어 고장견인 및 조차 등의 사유로 운영자의 취급에 따라 신호어김제어를 전혀 받지 않는 상태의 차단모드를 제공한다.

· 신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스장치가 정상운영을 확인한다.
· 기관사는 고장견인 및 조차 등의 사유로 신호어김제어에 대한 차단을 운영자에게 요구한다.
· 운영자는 신호어김검지장치에서 차단하고자하는 차축검지장치의 선택스위치를 차단으로 선택한다.
· 기관사는 고장견인 및 조차 등을 수행한 후 운영자에게 차단모드 종료를 통보한다.
· 운영자는 차단한 차축검지장치의 선택스위치를 정상으로 선택한다.

(3) 차축검지 감시
신호어김방시스템을 운영하기 위하여 신호어김을 검지하기 위하여 차축검지를 감시하는 절차를 서술하는 것으로, 차축검지의 감시는 지상에 설치된 차축검지장치에서 수행된다. 차축검지는 현장에 설치된 진입측, 통과측 차축검지헤더에서 검지된 차축정보를 활용하여 열차가 차축검지 구간에 진입 또는 통과한 상태를 감시하여 신호어김검지장치로 전송하게 된다. 차축검지헤더에서 검지된 차축은 진행방향을 동시에 제공한다.

- 차축검지상태를 주기적으로 전송
차축검지를 감시하는 동안 검지된 차축검지상태가 정상적으로 신호어김검지장치로 전송되

는지를 보장하기 위하여 주기적으로 전송하게 된다.

· 차축검지장치에서 차축검지를 감시하는 동안 차축 검지가 없는 상태가 지속되고 있다.
· 차축검지장치에서 차축의 검지가 일정 시간을 초과하여도 없는 경우 현재의 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 차축검지상태의 확인 메시지를 차축검지장치로 전송한다. 이때, 일정 시간을 초과하여도 차축검지상태가 수신되지 않는 경우에는 고장으로 간주하고 “차축검지상태 정보 미수신“ 의 비상운영 시나리오를 참고한다.
· 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 다시 차축의 검지여부를 검사하게 된다. 이때, 신호어김검지장치에서 차축검지상태의 확인메시지가 수신되지 않는 경우에는 “차축검지상태 확인 미수신“ 의 비상운영 시나리오를 참조한다.

- 진행방향으로 열차가 진입하는 것을 검지
차축검지를 감시하는 동안 열차가 진행하면서 차축검지장치의 통과측 차축검지헤더에서 최초로 차축이 진행방향으로 검지되어 차축검지 상태를 판단하게 된다.

· 열차가 진행하면서 진입측 차축검지헤더를 지나 통과측 차축검지헤더에서 최초로 차축이 진행방향으로 검지된다.
· 통과측 차축검지헤더는 진행방향으로 차축이 검지된 것을 차축검지장치로 전달하게 된다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더의 차축카운트를 ‘+1’ 증가한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더에서 진행방향으로 최초로 차축이 검지된 것을 확인한 후, 차축검지상태를 “진행방향 진입”으로 설정한다.
· 차축검지장치는 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 차축검지상태의 확인 메시지를 전송한다. 또한, 신호어검검지장치에서는 전자연동에서의 신호정보와 비교하여 신호어김에 대한 검지를 수행한다.
· 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 다시 차축의 검지여부를 검사하게 된다. 이때, 신호어김검지장치에서 차축검지상태의 확인메시지가 수신되지 않는 경우에는 “차축검지상태 확인 미수신“ 의 비상운영 시나리오를 참조한다.

- 진행방향으로 열차가 통과하는 것을 감지
차축검지를 감시하는 동안 열차가 진행하면서 차축검지장치의 통과측 차축검지헤더에서 진입측 차축검지헤더와 동일한 차축카운트가 검지되어 차축검지 상태를 판단하게 된다.

· 열차가 진행하면서 통과측 차축검지헤더에서 진입측 차축검지헤더와 동일한 차축이 진행방향으로 검지된다.
· 통과측 차축검지헤더는 진행방향으로 차축이 검지된 것을 차축검지장치로 전달하게 된다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더의 차축카운트를 ‘+1’ 증가한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더에서 진행방향으로 진입측 차축검지헤더와 동일한 차

축이 검지된 것을 확인한 후, 차축검지상태를 “진행방향 통과”로 설정한다.
· 차축검지장치는 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 차축검지상태의 확인 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 진입측 차축카운트와 통과측 차측카운트를 0으로 초기화하고 다시 차축의 검지여부를 검사하게 된다. 이때, 신호어김검지장치에서 차축검지상태의 확인메시지가 수신되지 않는 경우에는 “차축검지상태 확인 미수신 “ 의 비상운영 시나리오를 참조한다

- 양방향 운전이가능한 노선에서 반대방향으로 열차가 진입하는 것을 감지
차축검지를 감시하는 동안 열차가 진행하면서 차축검지장치의 통과측 차축검지헤더에서 최초로 차축이 반대방향으로 검지되어 차축검지 상태를 판단하게 된다.

· 열차가 진행하면서 통과측 차축검지헤더에서 최초로 차축이 반대방향으로 검지된다.
· 통과측 차축검지헤더는 반대방향으로 차축이 검지된 것을 차축검지장치로 전달하게 된다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더의 차축카운트를 ‘-1’ 감소한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축검지헤더에서 반대방향으로 최초로 차축이 검지된 것을 확인한 후, 차축검지상태를 “반대방향 진입”으로 설정한다.
· 차축검지장치는 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 차축검지상태의 확인 메시지를 전송한다. 또한, 신호어김검지장치에서는 반대방향 진입을 확인하고 신호어김은 정상으로 판단한다.
· 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 다시 차축의 검지여부를 검사하게 된다. 이때, 신호어김검지장치에서 차축검지상태의 확인메시지가 수신되지 않는 경우에는 “차축검지상태 확인 미수신 “ 의 비상운영 시나리오를 참조한다.

- 양방향 운전이 가능한 노선에서 반대방향으로 열차가 통과하는 것을 검지
차축검지를 감시하는 동안 열차가 진행하면서 차축검지장치의 진입측 차축검지헤더에서 통과측 차축검지헤더와 동일한 차축카운트가 검지되어 차축검지 상태를 판단하게 된다.

· 열차가 진행하면서 진입측 차축검지헤더에서 통과측 차축검지헤더와 동일한 차축이 반대방향으로 검지된다.
· 진입측 차축검지헤더는 반대방향으로 차축이 검지된 것을 차축검지장치로 전달하게 된다.
· 차축검지장치는 진입측 차축검지헤더의 차축카운트를 ‘-1’ 감소한다.
· 차축검지장치는 진입측 차축검지헤더에서 진행방향으로 통과측 차축검지헤더와 동일한 차축이 검지된 것을 확인한 후, 차축검지상태를 “반대방향 통과”로 설정한다.
· 차축검지장치는 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 차축검지상태의 확인 메시지를 전송한다.
· 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 진입측 차축카운트와 통과측 차측카

운트를 '0'으로 초기화하고 다시 차축의 검지여부를 검사하게 된다. 이때, 신호어김검지장치에서 차축검지상태의 확인메시지가 수신되지 않는 경우에는 "차축검지상태 확인 미수신" 의 비상운영 시나리오를 참조한다

(4) 신호어김 감시

신호어김방시스템을 운영하기 위하여 차축검지 정보와 신호정보를 비교하여 신호어김을 수행하는 절차를 서술하는 것으로, 신호어김의 감시는 지상에 설치된 신호어김검지장치에서 수행된다.

- 주기적으로 신호어김상태를 전송

신호어김을 감시하는 동안 검지된 신호어김상태가 정상적으로 차상인터페이스로 전송되는지를 보장하기 위하여 주기적으로 전송하게 된다.

· 신호어김검지장치에서 신호어김을 감시하는 동안 신호어김 검지가 없는 상태가 지속되고 있다.
· 신호어김검지장치에서 신호어김의 검지가 일정 시간을 초과하여도 없는 경우 현재의 신호어김상태를 차상인터페이스장치로 전송한다.
· 신호어김상태 메시지를 수신한 차상인터페이스장치는 메시지의 무결성을 확인한 후, 신호어김상태의 확인 메시지를 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 일정 시간을 초과하여도 신호어김상태가 수신되지 않는 경우에는 고장으로 간주하고 "차상에서 신호어김상태 미수신" 의 비상운영 시나리오를 참고한다.

- 신호어김 없이 정상주행

신호어김을 감시하는 동안 전자연동에서 전달되는 신호기 정보가 "G"인 상태에서 차축검지장치에서 전송된 차축검지상태 정보가 "진행방향 진입"인 경우 신호어김은 정상으로 판단되어 차상인터페이스장치로 전송된다.

· 열차를 출발하기 위한 진로를 설정하여 신호기에는 G 신호가 현시된다.
· 신호어김검지장치에서 전자연동의 신호기 정보를 "G"로 수신한다.
· 기관사는 출발신호등을 확인하고 열차를 운전한다.
· 열차가 진행하면서 진입측 차축검지헤더를 지나 통과측 차축검지헤더에 진행방향으로 접근한다.
· 차축검지장치는 진입측 차축카운트가 있는 상태에서 통과측 차축카운트가 최초로 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 "진행방향 진입"으로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 전자연동 신호정보 "G"신호와 "진행방향 진입"의 차축검지상태를 "신호어김 정상"으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 열차가 진행하면서 점유에 의해 신호기 정보가 "R"신호로 변경된다.
· 신호어김검지장치는 전자연동 신호정보 "R"신호로 변경되어도 "진행방향 통과"의 차축검지상태가 수신되기전까지 "신호어김 정상"으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.

· 열차가 계속 진행하여 통과측 차축검지헤더를 통과한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축카운트가 진입측 차축카운트와 동일하게 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 “진행방향 통과”로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 전송하고, 전자연동 신호정보 “R“신호와 “진행방향 통과”의 차축검지상태를 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 차축검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 후 진입측, 통과측 차축카운트를 0으로 초기화하여 다시 차축검지를 감시하게 된다.

- 신호어김 발생하여 기관사에게 알림
신호어김을 감시하는 동안 전자연동에서 전달되는 신호기 정보가 “R”인 상태에서 차축검지장치에서 전송된 차축검지상태 정보가 “진행방향 진입”인 경우 신호어김 발생으로 판단되어 차상인터페이스장치로 전송된다.

· 열차 출발 대기 상태로 신호기에는 R 신호가 현시된다.
· 신호어김검지장치에서 전자연동의 신호기 정보를 “R”로 수신한다.
· 기관사는 출발신호등을 확인하지 않고 열차를 운전한다.
· 열차가 진행하면서 진입측 차축검지헤더를 지나 통과측 차축검지헤더에 진행방향으로 접근한다.
· 차축검지장치는 진입측 차축카운트가 있는 상태에서 통과측 차축카운트가 최초로 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 “진행방향 진입”으로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 전자연동 신호정보 “R“신호와 “진행방향 진입”의 차축검지상태를 “신호어김 발생”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 신호어김 발생을 수신한 차상인터페이스장치는 알람벨 또는 제어접점을 출력하여 기관사에게 신호어김 상황을 알린다.
· 기관사는 열차를 정차한 후, 지상의 관리자에게 유선으로 신호어김 상황을 보고하고 해제운전에 대한 허가를 요청한다. 신호어김 해제상태에서의 운전은 “기관사가 해제버튼으로 신호어김 해제 취급“ 의 정상운영 시나리오를 참조한다.

- 기관사가 해제버튼으로 신호어김 해제 취급
신호어김을 감시하는 동안 신호어김이 발생하여 차상인터페이스장치에서 알람벨 또는 제어접점이 출력되고 있는 상태로, 기관사는 지상의 관리자에게 해제운전에 대한 허가를 요청한다.

· 지상의 관리자는 신호어김 상황을 확인한 후, 기관사에게 해제운전을 허가한다.
· 기관사는 해제운전 허가를 얻은 후, 신호어김 해제버튼을 취급한다.
· 차상인터페이스장치는 신호어김이 발생했던 구간에 대하여 해제운전을 설정한 후, 알람벨 또는 비상접점 출력을 중단한다.

· 기관사는 신호어김 해제상태에서 운전을 계속한다.
· 신호어김검지장치는 “진행방향 통과”의 차축검지상태를 수신하기전까지 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다
· 열차가 계속 진행하여 통과측 차축검지헤더를 통과한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축카운트가 진입측 차축카운트와 동일하게 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 “진행방향 통과”로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 전송하고, 전자연동 신호정보 “R“신호와 “진행방향 통과”의 차축검지상태를 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 차축검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 후 진입측, 통과측 차축카운트를 0으로 초기화하여 다시 차축검지를 감시하게 된다.

- 양방향 운전이 가능한 노선에서 반대방향으로 운행
차축검지를 감시하는 동안 양방향 운전이 가능한 노선에서 기관사가 열차를 운행하여 반대방향에서 진입하는 경우 통과측 차축검지헤더에서 반대방향의 차축검지를 인식하여 차축검지장치로 전달한다.

· 양방향 운전이 가능한 노선에서 열차가 반대방향으로 진행하여 진행방향의 통과측 차축검지헤더에 접근한다.
· 열차가 진행하면서 통과측 차축검지헤더에 반대방향으로 접근한다.
· 차축검지장치는 진입측 차축카운트가 없는 상태에서 통과측 차축카운트가 최초로 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 “반대방향 진입”으로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 “반대방향 진입”의 차축검지상태를 확인하고 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 기관사는 신호어김 정상상태에서 운전을 계속한다.
· 신호어김검지장치는 “반대방향 통과”의 차축검지상태가 수신되기전까지 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다
· 열차가 계속 진행하여 통과측 차축검지헤더를 통과한다.
· 차축검지장치는 통과측 차축카운트가 진입측 차축카운트와 동일하게 검지되는 것을 확인한 후 차축검지상태를 “반대방향 통과”로 설정하여 신호어김검지장치로 차축검지상태 메시지를 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 전송하고, “반대방향 통과”의 차축검지상태를 “신호어김 정상”으로 판단하여 차상인터페이스로 전송한다.
· 차축검지장치는 차축검지상태 확인 메시지를 수신한 후 진입측, 통과측 차축카운트를 0으로 초기화하여 다시 차축검지를 감시하게 된다.

(5) 기록 및 다운로드
신호어김방시스템을 운영하기 위하여 구성되는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상

인터페이스장치는 각각의 시스템에서의 입출력 내용과 발생한 이벤트를 기록모듈에 저장하고, 저장한 기록파일은 외부로 다운로드하여 시스템 운영에 대한 이력을 분석하게 된다.

- 정보 기록
  신호어김방지시스템에서 발생하는 입출력 및 이벤트 내용을 기록하여 운영에 대한 이력을 분석하게 된다.

· 신호어김검지장치에서는 신호정보, 차축입력정보, 신호어김정보 등의 입출력 내용과 이벤트 내용을 저장하게 된다. 이때, 기록모듈에 이상이 있는 경우에는“신호어김검지장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우“ 의 비상운영 시나리오를 참고한다.
· 차축검지장치에서는 차축검지정보, 차축검지상태 등의 입출력 내용과 이벤트 내용을 저장하게 된다. 이때, 기록모듈에 이상이 있는 경우에는“차축검지장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우“ 의 비상운영 시나리오를 참고한다.
· 차상인터페이스장치에서는 감시모드선택, 해제버튼 취급, 신호어김상태 등의 입출력 내용과 이벤트 내용을 저장하게 된다. 이때, 기록모듈에 이상이 있는 경우에는“차상인터페이스장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우“ 의 비상운영 시나리오를 참고한다.

- 기록파일 다운로드
  신호어김방지시스템의 운영 상황을 분석하기 위하여 기록된 이력을 다운로드하는 기능을 제공한다.

· 관리자는 기록파일 다운로드를 원하는 신호어김장치, 차축검지장치 또는 차상인터페이스장치의 시리얼 포트에 콘솔을 접속한다.
· 관리자는 로그인하여 기록된 파일의 다운로드 명령을 수행한다.
· 관리자는 연결한 장치와의 접속을 종료한다.

다. 비상운영 시나리오

신호어김방지시스템을 운용하는 도중 시스템의 고장 등의 상황에 대처하기 위한 비상운영 시나리오를 정상적으로 운용하기 위한 정상운영 시나리오를 서술하는 것으로, 신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치와 차축검지장치 및 차상인터페이스장치의 고장, 통신 인터페이스 오류 등의 상황이 발생하는 경우 조치 내용 등으로 구성한다.

(1) 시스템 고장
신호어김방시스템을 운영하기 위하여 구성되는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스 장치에서 시스템에서 고장이 검지되는 경우에 대한 조치 내용을 서술한다.

- 신호어김검지장치 고장
  신호어김방지시스템이 운영되는동안 신호어김검지장치에서 심각한 시스템고장이 검지되어 운영상에 차질이 발생하고 있다.

· 신호어김검지장치가 운용하는 동안 기동전 검사 및 실시간 진단 과정에서 시스템의 고장이 발생한다.
· 고장을 검지한 신호어김검지장치는 시스템의 고장내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장 벨을 출력하여 운영 담당자에게 통보한다.
· 신호어김검지장치의 고장을 확인한 운영 당당자는 시스템에 접속하여 고장내용을 확인한 후 관리자에게 보고한다.
· 보고를 마친 담당자는 기관사에게 통보하여 차상인터페이스장치에 대한 격리모드 선택을 지시한다.
· 신호어김검지장치에 접속되어 있는 모든 차상인터페이스장치에 대한 격리모드 선택을 확인 한 후, 신호어김검지장치를 리셋한다.
· 담당자는 신호어김검지장치가 정상적으로 재기동하는지를 감시한다.
· 신호어김검지장치에서 계속적으로 오류가 있는 경우에는 기관사에게 격리모드로 계속 운행하도록 지시한다.
· 신호어김검지장치가 정상적으로 기동되는 경우에는 기관사에게 다시 감시모드로 선택하여 운행하도록 지시한다.
· 담당자는 신호어김장치가 정상적인 것을 확인한 후 조치를 종료한다

- 차축검지장치 고장
신호어김방지시스템이 운영되는동안 차축검지장치에서 심각한 시스템고장이 검지되어 운영상에 차질이 발생하고 있다.

· 차축검지장치가 운용하는 동안 기동전 검사 및 실시간 진단 과정에서 시스템의 고장이 발생한다.
· 고장을 검지한 차축검지장치는 시스템의 고장내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장 램프를 표시하고 신호어김검지장치로 고장 메시지를 전송한다. 이때, 신호어김검지장치에서는 차축검지장치의 고장에 대하여 차축검지상태로 판단하여 수행하게 된다.
· 차축검지장치의 시스템 고장 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 오류 보고 내용을 기록에 보관하고, 시스템 고장벨을 출력하여 담당자에게 고장 상황을 통보한다.
· 담당자는 관리자에게 보고한 후, 신호어김검지장치에 접속하여 현재 고장이 검지된 차축검지장치에 대한 차단을 설정한다.

- 차상인터페이스 장치 고장
신호어김방지시스템이 운영되는동안 차상인터페이스장치에서 심각한 시스템고장이 검지되어 운영상에 차질이 발생하고 있다.

· 차상인터페이스장치가 운용하는 동안 기동전 검사 및 실시간 진단 과정에서 시스템의 고장이 발생한다.
· 고장을 검지한 차상인터페이스장치는 시스템의 고장내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장등, 경고벨을 표시하고 신호어김검지장치로 고장 메시지를 전송한다

· 차상인터페이스장치의 시스템 고장 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 오류 보고 내용을 기록에 보관하고, 시스템 고장벨을 출력하여 담당자에게 고장 상황을 통보한다.
· 기관사는 지상의 담당자에게 유선상으로 차상인터페이스의 고장에 대하여 보고한다.
· 담당자는 기관사의 보고와 차상인터페이스장치 고장의 내용을 보고한 후, 기관사에게 격리모드 운행을 지시한다.
· 기관사는 담당자의 지시에 따라 격리모드로 설정하여 운행을 계속한다.

(2) 서브시스템간 통신 오류

신호어김방시스템을 운영하기 위하여 구성되는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스 장치에서 서브 시스템간 통신상에 오류가 발생하는 경우의 조치 내용을 서술한다

- 신호기 정보 미수신

신호어김방지시스템의 신호어김검지시스템에서 신호어김 감시를 수행하는 동안 전자연동장치에서의 신호기 정보가 전달되지 않아 신호어김 상태에 문제가 발생한다.

· 신호어김검지장치의 신호기 정보 입력모듈이나 전자연동장치와의 인터페이스상에 문제가 발생하여 신호기 정보가 전달되지 않고 있다.
· 신호기 정보 미수신을 검지한 신호어김검지장치는 고장 내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장벨을 출력하여 운영 담당자에게 통보한다. 이때, 신호어김검지장치는 신호기 정보 미수신에 따라 신호정가가 “정지”로 판단하여 수행한다.
· 신호어김검지장치의 알람을 확인한 당당자는 시스템에 접속하여 고장내용을 확인한 후 관리자에게 보고한다.
· 담당자는 신호어김검지장치의 신호기 정보 입력 여부를 재점검한다.
· 신호기 입력이 정상적으로 수신되는 경우 계속적으로 신호어김검지장치에서 신호어김을 수행하도록 조치를 종료한다.
· 신호기 입력에 계속적으로 오류가 발생하는 경우 담당자는 기관사에게 모든 신호어김 감시를 격리모드로 하여 운행하도록 지시한 후 조치를 종료한다.

- 차축검지상태 정보 미수신

신호어김방지시스템의 신호어김검지장치에서 신호어김 감시를 수행하는 동안 차축검지장치는 주기적 또는 이벤트가 발생하는 경우 신호어김검지장치로 차축검지상태를 전송하여야 하나 DB에 등록된 차축검지장치에서 시간이 초과하여도 차축검지상태 전송이 지연되고 있다.

· 신호어김검지장치에서 DB에 등록된 차축검지장치에서 시간이 초과하여도 차축검지상태 전송이 지연되고 있다.
· 차축검지상태 미수신을 검지한 신호어김검지장치는 고장 내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장벨을 출력하여 운영 담당자에게 통보한다. 이때, 신호어김검지장치는 차축검지장치 미수신에 따라 차축이 검지된 것으로 판단하여 수행한다.

· 신호어김검지장치의 알람을 확인한 당당자는 시스템에 접속하여 고장내용을 확인한 후 관리자에게 보고한다.
· 담당자는 차축검지상태 미수신이 발생한 차축검지장체에 대한 작동 여부를 재점검한다.
· 차축검지장치가 정상적으로 작동하는 경우 계속적으로 신호어김검지장치에서 신호어김을 수행하도록 조치를 종료한다.
· 차축검지장치가 계속적으로 문제가 발생하는 경우 차축검지를 차단하는 “차축검지장치 고장” 의 비상운영 시나리오를 참조한다.

- 차축검지상태 확인 미수신

신호어김방지시스템의 신호어김검지장치에서 신호어김 감시를 수행하는 동안 차축검지장치는 주기적 또는 이벤트가 발생하는 경우 신호어김검지장치로 차축검지상태를 전송하였으나 차축검지장치에서 시간이 초과하여도 신호어김검지장치로부터 차축검지상태 확인 전송이 지연되고 있다.

· 차축검지장치에서 시간이 초과하여도 신호어김검지장치로부터 차축검지상태 확인 전송이 지연되고 있다.
· 차축검지상태 확인 미수신을 검지한 차축검지장치는 고장 내용을 기록모듈에 저장한 후 정보확인 미수신 메시지를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차축검지상태 확인 미수신을 검지한 신호어김검지장치는 고장 내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장 램프, 알람벨을 출력하여 운영 담당자에게 통보한다. 이때, 신호어김검지장치는 차축검지장치 고장 수신에 따라 차축이 검지된 것으로 안전측 동작을 수행한다.
· 신호어김검지장치의 알람을 확인한 당당자는 시스템에 접속하여 고장내용을 확인한 후 관리자에게 보고한다.
· 담당자는 차축검지상태 확인 미전송이 발생한 차축검지장체에 대한 작동 여부를 재점검한다.
· 차축검지장치가 정상적으로 작동하는 경우 계속적으로 신호어김검지장치에서 신호어김을 수행하도록 조치를 종료한다.
· 차축검지장치가 계속적으로 문제가 발생하는 경우 차축검지를 차단하는 “차축검지장치 고장” 의 비상운영 시나리오를 참조한다.

- 차상에서 신호어김상태 미수신

신호어김방지시스템의 신호어김검지장치에서 신호어김 감시를 수행하는 동안 주기적 또는 이벤트가 발생하는 경우 차상인터페이스장치로 신호어김상태를 전송하여야하나, 차상인터페이스에서 시간이 초과하여도 신호어김상태전송이 지연되고 있다.

· 차상인터페이스장치에서 시간이 초과하여도 신호어김상태 전송이 지연되고 있다.
· 신호어김상태 미수신을 검지한 차상인터페이스장치는 시스템의 고장내용을 기록모듈에 저장한 후 시스템 고장등을 표시하고 신호어김검지장치로 고장 메시지를 전송한다. 이때, 차상인터페이스장치에서는 신호어김사상태 미수신에 대하여 신호어김이 발생한 것으로 수행하게 된다.

· 차상인터페이스장치의 시스템 고장 메시지를 수신한 신호어김검지장치는 오류 보고 내용을 기록에 보관하고, 시스템 고장 램프 및 알람벨을 출력하여 담당자에게 고장 상황을 통보한다.
· 기관사는 지상의 담당자에게 유선상으로 차상인터페이스의 상황에 대하여 보고한다.
· 담당자는 기관사의 보고와 차상인터페이스장치 고장의 내용을 확인한 후, 기관사에게 격리모드 운행을 지시한다.
· 기관사는 담당자의 지시에 따라 격리모드로 설정하여 운행을 계속한다

(3) 비정상 운행

신호어김방시스템을 운영하기 위하여 구성되는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스 장치에서 비정상적으로 동작하거나 지상의 담당자 또는 기관사가 취급상 오류를 범하는 등의 비상 시 상황에 대한 조치내용을 서술한다.

- 신호어김 감시모드에서 기관사가 퇴행하는 경우

신호어김방지시스템의 운영에 있어서 퇴행을 하는 경우에는 기관사가 격리모드로 설정하여 운행하여야 하나 신호어김 감시모드에서 퇴행을 시도한다.

· 기관사의 취급 오류로 신호어김 감시모드에서 퇴행으로 운행한다.
· 차축검지장치는 열차가 퇴행하는 것을 반대방향으로 진입한 것으로 판단하여 검지된 진입측, 통과측 차축카운트를‘-1’감소한다.
· 차축검지장치는 진입측, 통과측 차축카운트를 확인하여
· 진입측이‘0’이고, 통과측이‘-1’인 경우 차축검지상태를 “반대방향 열차진입”으로 판단한다.
· 진입측이 0보다 적고, 통과측과 진입측이 동일한 경우 차축검지상태를 “반대방향 열차통과”로 판단한다.
· 진입측이‘0’보다 크고, 통과측이 1’인 경우에는 “진행방향 열차진입”으로 판단한다.
· 진입측이‘0’이고, 통과측이 0이 되는 경우에는“열차검지 없음”으로 판단한다.
· 차축검지장치는 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지장치에서 전송한 차축검지상태와 신호기 정보를 비교하여 신호어김 감시를 정상적으로 수행한다. 이때, 비정상적인 운행에 의해 신호어김이 발생하는 경우에도 신호어김이 발생한 것으로 판단하여 차상인터페이스장치로 신호어김상태를 전송하게 된다.
· 지상의 담당자는 신호어김 발생 상황에 대하여 확인한 후 계속하여 신호어김 감시를 수행한다

- 신호어김 감시모드에서 기관사가 점유궤도로 진입하는 경우

신호어김방지시스템의 운영에 있어서 조성을 위하여 열차가 점유하고 있는 궤도로 진입하는 경우에는 기관사가 격리모드로 설정하여 운행하여야 하나 신호어김 감시모드에서 점유궤도 진입을 시도한다.

· 기관사의 취급 오류로 신호어김 감시모드에서 점유궤도로 진입하여 운행한다.

· 차축검지장치는 통과측 차축카운트가 ‘1’이 되는 것을 감지하여 차축검지상태를 “진행방향 열차진입”으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다.
· 신호어김검지장치는 “진행방향 열차진입”의 차축검지상태와 현재 점유에 의한 신호기 정보 “R”을 비교하여 신호어김이 발생한 것으로 판단하고 신호어김상태를 “신호어김 발생”으로 설정하여 차상인터페이스 장치로 신호어김상태를 전송한다.
· 차상인터페이스장치는 신호어김 발생을 수신한 후, 알람등, 알람벨 또는 비상정지 를 출력하여 기관사에게 통보한다.
· 지상의 담당자는 신호어김 발생 상황에 대하여 확인한 후 계속하여 신호어김 감시를 수행한다.

- 열차가 차축검지구간 진입 후 차축검지장치가 리셋되는 경우
신호어김방지시스템의 운영에 있어서 열차가 차축검지구간을 진입하고 통과하는 동안에는 차축검지장치의 진입측, 통과측 차축카운트가 정상적으로 동작되어야 하나, 차축검지장치의 일시적인 고장 등으로 열차가 차축검지구간을 진입하여 진행하는 동안 차축검지장비가 리셋되어 차추카운트가 모두 0으로 초기화되었다.

· 열차가 차축검지구간을 진입한 후 차축검지장치의 일시적인 고장 등으로 차축카운트가 모두 ‘0’으로 초기화 된다.
· 열차가 계속 운행하면서 진입측, 통과측 차축카운트에서 차축이 검지된다.
· 차축검지장치에서 진입측 통과측 카운트가 최초로 검지되는 경우 차축검지장치는 차축검지상태를 “진행방향 열차진입”으로 설정하여 신호어김검지장치에 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지상태와 신호기 정보를 비교하여 정상적으로 신호어김 감시를 수행한다. 이때, 열차가 이미 진입한 상태이므로 신호어김이 발생할게 된다.
· 차축검지장치에서 진입측이 ‘1’보다 크고 통과측과 진입측이 동일한 경우 차축검지장치는 차축검지상태를 “진행방향 열차통과”으로 설정하여 신호어김검지장치에 전송한다.
· 차축검지장치는 신호어김장치에서 확인 메시지를 수신 한 후 진입측, 차측 카운트를 0으로 초기화 한다.
· 열차가 계속 진입하면서 통과측 차축검지헤더에 최초로 검지된다.
· 차축검지장치는 차축검지상태를 “진행방향 열차진입”으로 설정하여 신호어김검지장치에 전송한다.
· 신호어김검지장치는 차축검지상태와 신호기 정보를 비교하여 정상적으로 신호어김 감시를 수행한다. 이때, 열차가 이미 진입한 상태이므로 신호어김이 발생할게 된다.
· 신호어김검지장치는 “진행방향 열차진입”의 차축검지상태와 현재 점유에 의한 신호기 정보 “R”을 비교하여 신호어김이 발생한 것으로 판단하고 신호어김상태를 “신호어김 발생”으로 설정하여 차상인터페이스 장치로 신호어김상태를 전송한다.
· 차상인터페이스장치는 신호어김 발생을 수신한 후, 알람등, 알람벨 또는 비상정지 를 출력하여 기관사에게 통보한다.
· 지상의 담당자는 신호어김 발생 상황에 대하여 확인한 후 계속하여 신호어김 감시를 수행한다.

(4) 기록모듈 오류

신호어김방시스템을 운영하기 위하여 구성되는 신호어김검지장치, 차축검지장치 및 차상인터페이스 장치에서 운영 상황에 대한 정보를 기록에 문제가 발생하는 경우의 조치 내용을 서술한다.

- 신호어김검지장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우

신호어김방지시스템의 구성하는 신호어김검지장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에서 정보 기록이 중단된다.

· 신호어김검지장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에 고장 표시 알램등, 알람벨이 작동된다.
· 지상의 운영 담당자는 신호어김검지장치에 접속하여 기록모듈 오류 내용을 확인한 후, 관리자에게 보고한다.
· 기록모듈 이상을 보고한 후, 우선적으로 기록모듈에 접속하여 현재까지 저장된 기록파일을 다운로드하여 백업한다.
· 기록파일을 백업한 후, 기록모듈을 리셋한다,
· 신호어김검지장치는 기록모듈에 이상이 없는 경우 장치에 대한 점검을 종료한다. 이때, 계속하여 기록모듈에 오류가 발생하는 경우에는 “신호어김검지장치 고장“ 의 비상상황 운영시나리오를 참조한다.

- 차축검지장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우

신호어김방지시스템의 구성하는 차축검지장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에서 정보 기록이 중단된다.

· 차축검지장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에 고장 표시 램프를 표시한 후, 신호어김검지장치에게 기록모듈 고장에 대한 메시지를 전송한다.
· 차축검지장치에서 기록모듈 오류를 수신한 신호어김검지장치는 오류 보고 내용을 기록에 보관한 후, 오류 확인의 메시지를 전송한다.
· 오류 확인 메시지를 수신한 차축검지장치는 기록모듈을 자동으로 기록모듈을 리셋한다..
· 차축검지장치는 기록모듈에 이상이 없는 경우 조치를 종료한다. 이때, 계속하여 기록모듈에 오류가 발생하는 경우에는 “차축검지장치 고장“ 의 비상상황 운영시나리오를 참조한다.

- 차상인터페이스장치의 기록모듈에 오류가 있는 경우

신호어김방지시스템의 구성하는 차상인터페이스장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에서 정보 기록이 중단된다.

· 차상인터페이스장치의 기록모듈에 오류가 검지되어 기록모듈에 고장 표시 램프를 표시한 후, 신호어김검지장치에게 기록모듈 고장에 대한 메시지를 전송한다.
· 차상인터페이스장치에서 기록모듈 오류를 수신한 신호어김검지장치는 오류 보고 내용을

기록에 보관한 후, 오류 확인의 메시지를 전송한다.

· 오류 확인 메시지를 수신한 차상인터페이스장치는 자동으로 기록모듈을 리셋한다.

· 차상인터페이스장치는 기록모듈에 이상이 없는 경우 조치를 종료한다. 이때, 계속하여 기록모듈에 오류가 발생하는 경우에는 “차상인터페이스 장치 고장“ 의 비상상황 운영시나리오를 참조한다.

4. 초도품 개발

가. 신호어김검지장치 개발

(1) 개요

신호어김검지장치는 차축검지장치로부터 전송받은 열차검지정보와 전자연동장치로 부터 수신 받은 신호기 정보를 비교하여 신호어김을 판단하고, 판단 결과를 지상무선장치를 통해 차상인터페이스장치로 전달하는 장치이다. 전원분전함, 신호어김평가장치, 이더넷스위치, 광이더넷스위치, 작업선반, 광분배함, 절연변압기로 구성된다. 신호어김검지장치는 연동장치로부터 신호어김을 감시하는 위치의 신호기 신호현시정보를 입력 받는다. 선로변에 설치되는 차축검지장치와 통신하여 열차 차축카운터 정보를 수신한다. 또한 차축검지장치로 수행하여 할 명령을 송신한다. 신호기 현시정보와 열차 이동 정보를 이용하여 신호어김에 대한 평가를 수행하며, 신호어김정보를 광 이더넷 스위치를 통하여 지상무선장치로 보내며, 지상무선장치는 이 정보를 해당 무선 영역안에 존재하는 차상인터페이스 장치로 송신한다. 신호어김검지장치에 고장 또는 신호어김 발생시 사용자가 인지할 수 있는 인터페이스를 발생한다.

신호어김검지장치의 하드웨어 기능요구사항 및 기능 블럭도는 다음과 같다.

- 연동장치로부터 신호기 현시정보를 디지털 입력 수신 기능
- 차축검지장치와 통신하기 위한 광통신 기능
- 지상무선장치와 송수신하기 위한 이더넷 송수신 기능
- 차축검지장치의 이벤트 데이터 기록 기능
- 지상무선통신장치의 이벤트 데이터 기록 기능
- 프로그램 다운로드 및 유지보수를 위한 모니터링 지원 기능
- 신호어김 결과 표시 기능
- 고장 유무 표시 기능

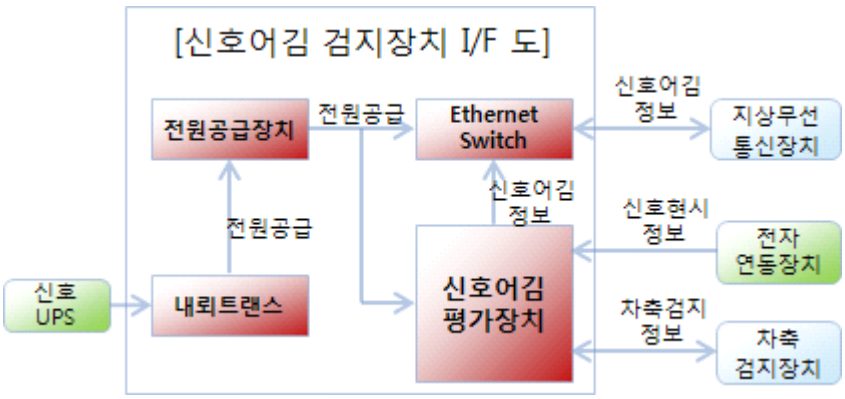


그림 16 신호어김검지장치 기능 블럭도

(2) 시스템 설계

신호어김검지장치는 19인치 랙 단위로 구성되며, 19인치 랙의 구성은 AC220V를 입력 받아 DC24V를 제공하는 전원 공급장치, 과전류를 보호하는 퓨즈블록, 신호어김을 판단하는

신호어김평가장치, 스위칭 허브, 지상무선통신장치와 통신하기 위한 이더넷 광스위치, 광 접속을 위한 광분배함, 절연트랜스로 구성된다. 신호어김검지장치 랙에는 신호어김평가장치를 최대 2대까지 장착 가능하다.

■ 랙

신호어김 검지장치는 19인치 표준랙이며, 랙 구성은 아래와 같다. 19인치 랙에는 전원 공급장치, 절연트랜스, 신호어김 평가장치, 이더넷 광스위치 등이 장착된다. 랙 당 신호어김평가장치는 최대 4대까지 장착 가능한다. 랙은 19인치 표준랙이며, 크기는 600x750x2,000mm 이다. 랙은 상용품으로 구성된다.

■ 절연트랜스

신호어김 검지장치 랙 내에 설치되는 절연트랜스는 외부의 이상 전원 요인으로부터 안전한 보호를 위해 사용된다. 입력 전원은 신호 전원설비인 UPS로부터 받는다. 절연트랜스는 아래와 같은 성능을 만족해야 한다. 추가로 낙뢰로부터 전원 설비를 보호하기 위하여 서지 어레스터를 보유한다. 절연트랜스는 상용품으로 구성된다.

· 용량: 1KVA
· 입/출력 전압: 단상 AC220V/220V, 60Hz
· 절연저항: DC500V 절연저항계측정 시(100㏁ 이상)
· 절연내력: AC1500V, 1분간(누설전류 10mA 이하)
· 효율: 90% 이상

■ 전원분전함

전원분전함은 19인치 랙에 설치되며, 양질의 전원을 랙에 설치된 장치로 공급하기는 기능을 하며, 각 장치 별로 전원공급을 위한 차단기들이 구성되어 있어 개별 전원 ON/OFF가 가능하다. 또한 차축검지장치로 전원을 공급 및 차단하는 기능을 한다. 사양은 다음과 같다.

· 입력전압 : 단상 220VAC
· 출력전압 : 단상 220VAC
· 차단기 수 : 최대 8대
· 차단기 사양 : 220VAC/2A
· 크기 : 482 X 221.5 X 314.5mm (5U 사이즈)

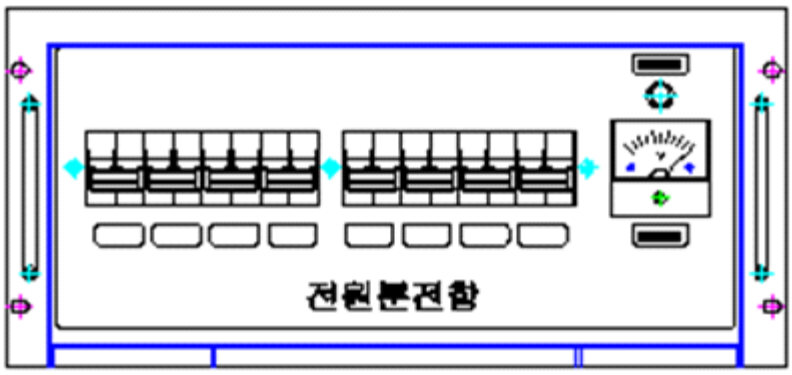


그림 17 전원 분전함 외형도

■ 신호어김평가장치

신호어김평가장치는 열차 점유 정보 전송을 위한 선로변 차축검지장치, 그리고 신호 현시 정보를 위한 전자연동장치와의 인터페이스를 통해 신호어김 정보를 평가하는 장치이다. 신호어김평가장치 1대당 32대의 차축검지장치를 인터페이스 할 수 있다. 사양은 다음과 같다.

· 입력 전압: DC24V
· 디지털 입력: 32 접점, 소스타입
· 통신: Serial over Optics 2 포트

신호어김평가장치의 구성은 PDU보드, CPU보드, DIU 보드, SCU보드로 구성된다. 신호어김평가장치의 서브랙 실장도는 다음과 같다.

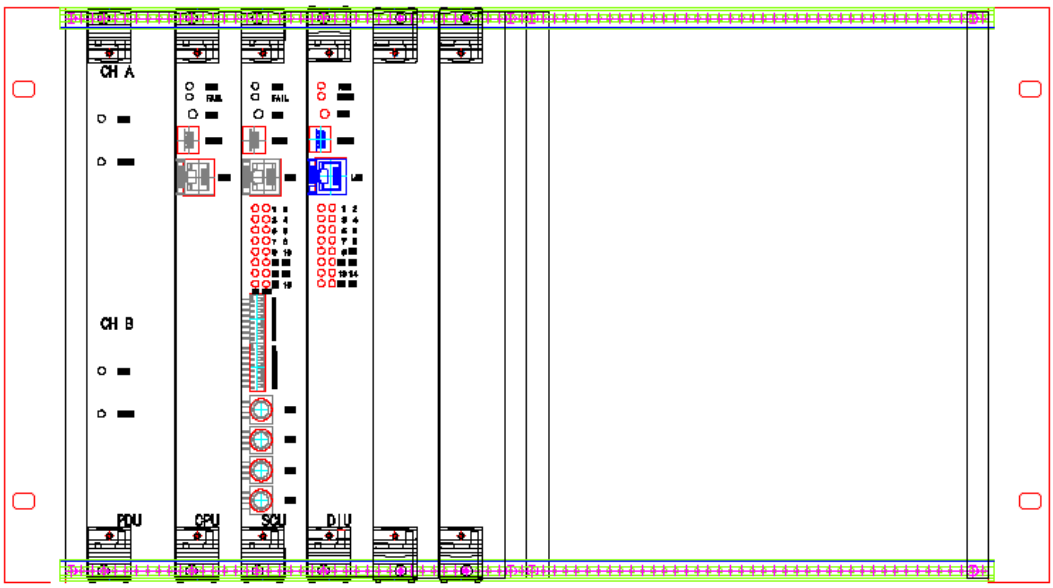


그림 18 신호어김평가장치 외형도

- PDU 보드

· PDU 보드는 전원공급장치로부터 DC24V를 입력 받아 입출력보드에서 필요한 DC 5V를 공급한다.
· Power Off시 정상적인 기록을 위하여 Power OFF 신호를 입력 받아, 현재의 기록을 완료할 수 있는 충분한 시간을 확보해야 한다.
· 안정적인 기록과 데이터의 안정적인 보존을 위하여 전원이 정상적으로 입력되는지에 대한 감시 기능이 필요하다. 전원의 기준치 이하로의 하강이 검지되는 경우 현재 기록 중인 작업을 마무리해야 한다.
· 현장설비, 기계실내 설비, 그리고 차상 설비와의 통신은 광Ethernet switch 를 통해 이루어지고, 망 구성은 링 구성을 갖는다. CPU 보드는 광 ethenet switch와 Ethernet 포트로 연결되어 있으므로 CPU보드는 Ethernet 기능을 가져야 한다. 기본적으로 10/100Based-T Ethernet을 사용한다.

- CPU 보드

· 보드간의 통신은 CAN통신을 통하여 1Mbps로 정보를 주고 받는다.
· 이벤트 기록장치로는 1MB Serial Flash를 사용한다. (TBD: 대용량이 필요한 경우 SD 카드에 기록하는 방법을 고려할 수 있다.)
· 유지보수하기 위하여 모니터링 포트 1개를 지원하며, 이 포트는 Baud rate 115200bps, Data 8bit, Stop 1bit, 흐름제어 없음으로 통신한다.
· 현재 시각을 저장하기 위하여 RTC를 사용하는 것을 고려 중이다.
· 부팅 시 또는 고장 시 외부 장치로 자기 상태를 알릴 수 있는 고장 접점 출력 1개를 갖는다. 이 포트는 dry contact을 지원한다.

- DIU 보드

CPU 보드와 통신을 하기 위하여 CAN 통신 포트를 갖는다. CAN 속도는 1Mbps를 지원한다. 보드 내부에 CAN ID를 설정하기 위한 ID 설정 스위치를 갖는다. 연동장치로부터 신호기 현시정보를 받기 위하여 디지털입력 최소 16포트 이상을 지원한다. 전면에는 디지털 입력 포트의 상태를 알려주기 위한 LED를 갖는다.

- SCU 보드

CPU 보드와 통신을 하기 위하여 CAN 통신 포트를 갖는다. 보드 내부에 CAN ID를 설정하기 위한 ID 설정 스위치를 갖는다. 그리고, 차축 검지장치와 통신하기 위하여 시리얼 광통신 2포트를 지원한다. 전면에는 차축 검지장치의 상태를 알려주기 위하여 차축 검지장치의 수만큼의 LED갖는다. 특수한 상황에서 (예를 들면, 차량 조성 등) 해당 차축검지장치의 기능을 바이패스 하고자 할 경우에 사용되는 각 차축검지장치 기능을 바이패스할 수 있는 스위치를 갖는다. 각 차축검지장치에 해당하는 수만큼의 바이패스 스위치를 갖는다. 바이패스 스위치는 차축검지장치의 수만큼의 개수를 갖는다.

- BP보드

Back Panel 보드로서 신호어김평가장치를 구성하는 보드간의 신호 및 전원을 내부적으로 연결한다. CPU보드와 입출력보드를 장착하기 위한 커넥터, 전원을 입력 받는 커넥터, 접지를 연결하는 커넥터, 신호기 현시정보를 입력받는 커넥터, 알람을 출력하는 커넥터 등을 갖는다.

■ 스위칭 허브

신호어김평가장치가 2대이상 설치가 된 경우 광이더넷 스위치가 이더넷 포트를 한 개만 가지므로, 두 개 이상의 이더넷 포트를 지원하기 위하여 별도의 스위칭 허브가 랙에 장착된다. 스위칭 허브는 최소 4포트 이상을 가진다.

■ 광 이더넷스위치

신호어김평가장치와 차상제어장치간에 무선으로 정보를 전달하기 위해 지상무선 통신장치와 광 전송매체를 통해 인터페이스 시키기 위한 장치이다. 광이더넷스위치의 사양은 다음과 같다.

· 입력전압: DC24V

· 광 인터페이스: 2 FX (Multimode)
· 랜 인터페이스: 2 10/100-BaseT Ethernet

(3) 신호어김장치 SW 설계

신호어김검지모듈(SVDM)은 전자연동장치의 신호기 정보와 차축검지모듈(ADM)에서 입력되는 차축검지상태를 비교하여 신호어김 상태를 판단하여 주기적으로 차상인터페이스모듈(OIM)으로 신호어김상태를 전달하는 기능을 구현한다. SVDM의 주요 기능 관계도는 다음과 같다.

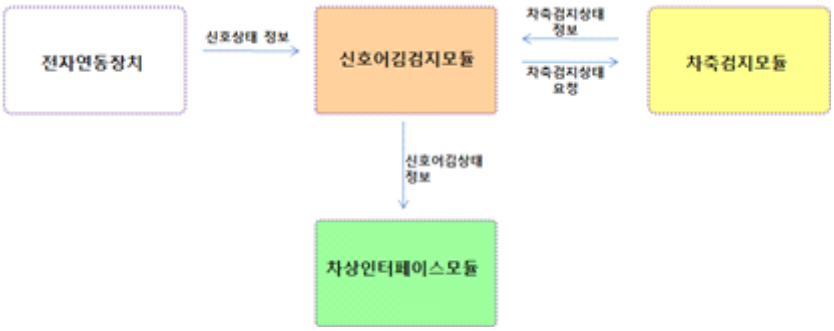


그림 19 신호어김검지장치 SW 기능 관계도

■ 구조 설계

다음은 신호어김 검지 모듈의 소프트웨어 구성도이다. Real-Time OS인 SafeRTOS 기반으로 개발되며, scheduler를 통해 각 task들이 실행된다.

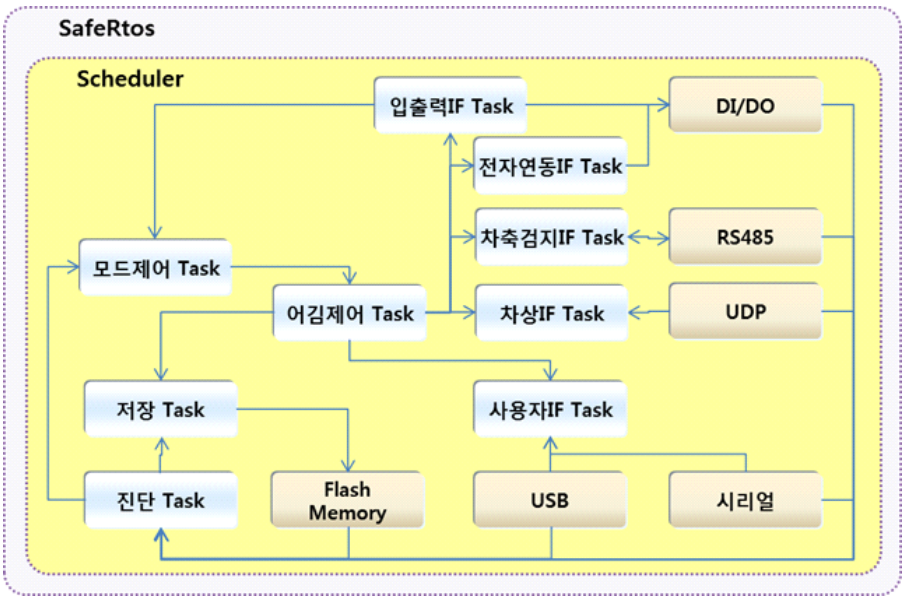


그림 20 신호어김장치 SW 블록 다이어그램

■ SCHEDULER TASK

모든 task의 시작과 task의 우선순위를 결정한다.

- xTaskInitializeScheduler()
  task scheduler를 초기화 한다.

- xTaskStartScheduler();
  task scheduler의 시작과 함께 각 task들이 동작하도록 알린다.

■ 입출력 인터페이스 TASK

차단 스위치 입력 및 경고벨, 경고등의 입출력을 관리하는 task 이다.

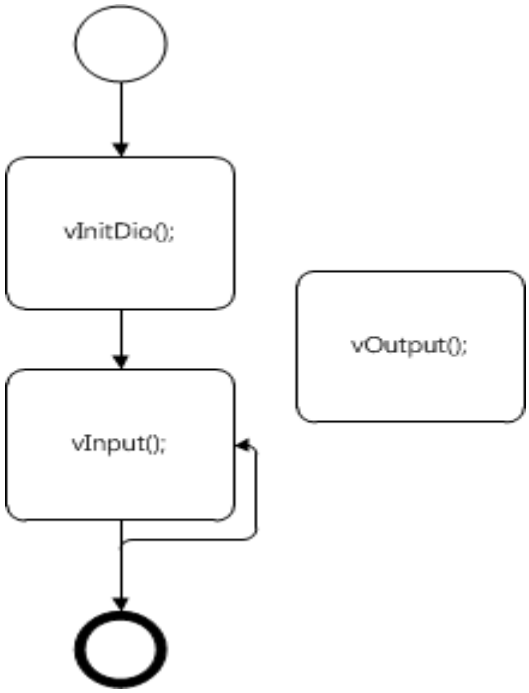


그림 21 입출력 인터페이스 TASK 함수 구성도

- vInitDio();
  입출력 if_task 초기화 한다.

- vInput();
  차단 스위치의 값을 입력 받으며, 신호의 값을 어김제어 task로 전송한다.

- vOutput();
  경고등, 경고벨 등의 사용자 알림 신호를 디지털 출력으로 내보낸다.

■ 전자연동 인터페이스 TASK

전자 연동 장치와의 인터페이스를 위한 통신을 설정한다.

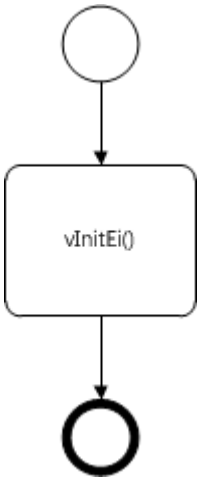


그림 22 전자연동 인터페이스 TASK 함수 구성도

- vInitEi();
  전자 연동 장치와의 인터페이스 모듈 초기화한다

■ 차축검지 인터페이스 TASK
차축검지장치와 인터페이스를 위한 task의 집합체이다.

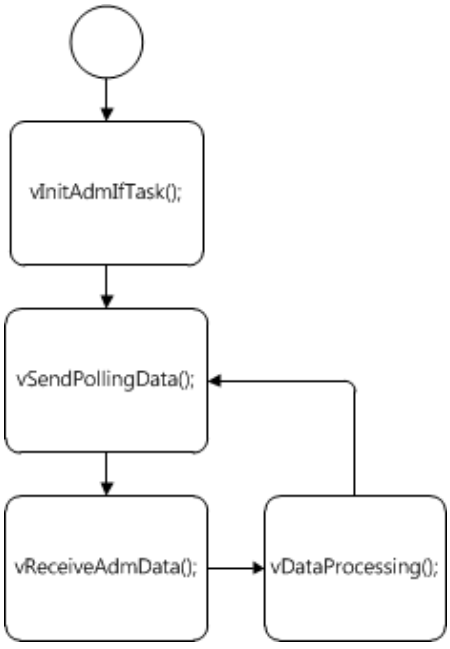


그림 23 차축검지 인터페이스 TASK 함수 구성도

- vInitAdmIfTask();
  차축 검지 장치와의 인터페이스를 위한 초기화 하는 기능이다

- vReceiveAdmData()
  차축 검지 장치의 데이터를 수신하며, 수신된 데이터를 데이터 어김 제어 task로 전송한다.

- vDataProcessing();
  차축 검지 장치로부터 수신된 데이터를 처리한다.

- vSendPollingData();
  차축 검지 장치로 데이터를 전송한다.

■ 차상인터페이스 TASK
차상 인터페이스 장치 모듈과 인터페이스 하는 task의 집합체이다.

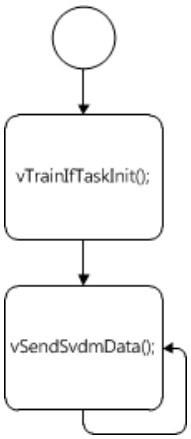


그림 24 차상 인터페이스 TASK 함수 구성도

- vTrainIfTaskInit();
  차상 인터페이스 task 초기화 함수이다.

- vSendSvdmData();
  차상 인터페이스 장치와 데이터 송신 기능이다.

■ 사용자 인터페이스 TASK
  사용자와의 인터페이스를 위한 TASK 집합체로 차축 검지 장치의 차단 결정 데이터를 수신한다

- vUsrIfTaskInit();
  사용자 인터페이스 Task를 초기화한다.

- vDataSet()
  사용자에 입력에 의한 차축 검지 장치 차단 모드를 설정한다.

- vUsrDataInput();
  사용자의 입력 키 값을 수신한다.

■ 어김제어 TASK

차축검지 정보와 신호기 정보를 비교하여 어김상태 평가를 수행하는 task의 집합체이다.

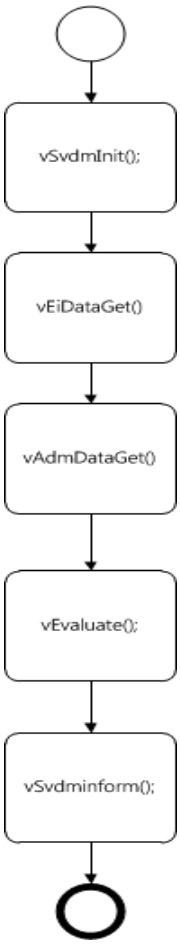


그림 25 어김제어 TASK 함수 구성도

- vSvdmInit();

  신호어김 제어 모드 초기화 한다.

- vEiDataGet();

  전자 연동 장치 데이터를 수신하여 상태 값을 업데이트 한다.

- vAdmDataGet();

  차축 검지 장치 데이터를 수신하여 상태 값을 업데이트 한다.

- vEvaluate();

  각 장치의 데이터를 분석하여 신호 어김 판단을 수행한다.

- vSvdmInform();

  차상 인터페이스 장치에 어김 상태를 전송한다.

■ 모드제어 TASK

신호 어김 검지장치의 모드를 판단한다.

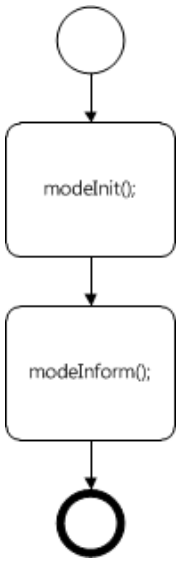


그림 26 모드제어 TASK 함수 구성도

- vModeInit();

모드를 초기화 하고 시스템 모드를 확인하고 사용자의 차축 검지 차단 입력 스위치 설정을 분석하여 모드를 결정한다

■ 저장 TASK

신호어김검지장치의 이벤트를 저장하고 기록한다.

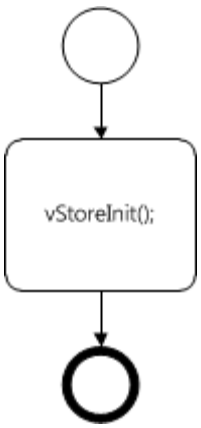


그림 27 저장 TASK 함수 구성도

- vStoreInit();

저장 Task를 초기화한다. 큐를 생성하고 큐의 데이터를 수신하여 LOG로 저장한다.

■ 진단 TASK

모듈의 TASK 상태 및 통신 상태를 관리한다.

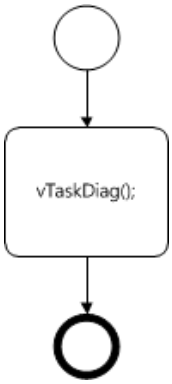


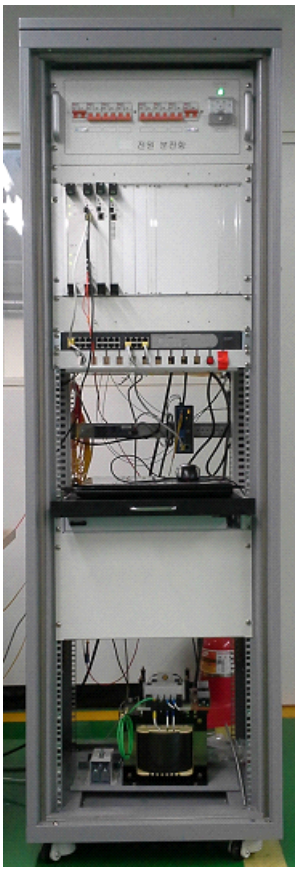
그림 28 진단 TASK 함수 구성도

- vTaskDiag();
  진단 TASK를 초기화한다. TASK마다 클럭 카운트를 비교하여 관리하며, 시리얼 통신과 이더넷 통신의 연결 상태를 체크한다

(4) 초도품 제작

신호어김검지장치는 전원분전함, 신호어김평가장치, 이더넷스위치, 광이더넷스위치, 작업선반,광분배함, 절연변압기로 구성된다. 개발 초도품은 다음과 같다.

■ 신호어김검지장치 랙



19인치 랙

전원분전함

신호어김평가장치

스위칭 허브

광 이더넷 스위치

작업선반 / 광 분배함

절연변압기

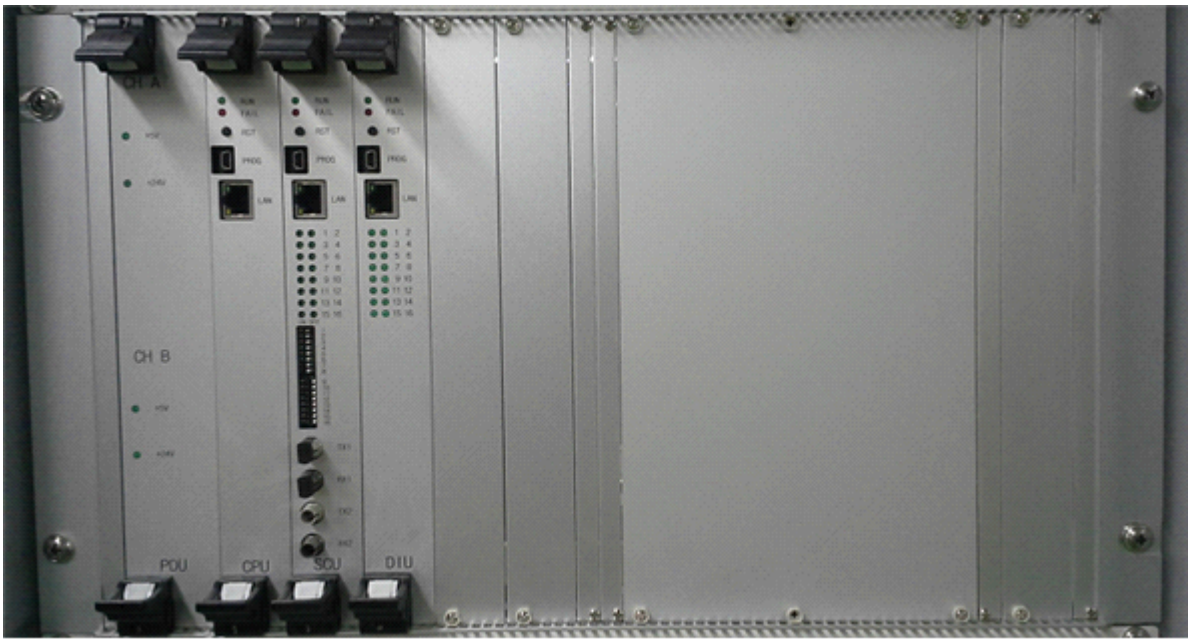
신호어김검지장치 랙

■ 전원분전함



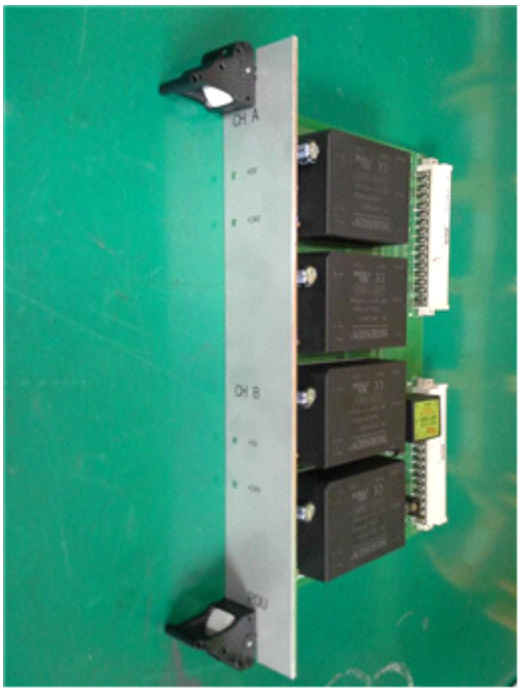
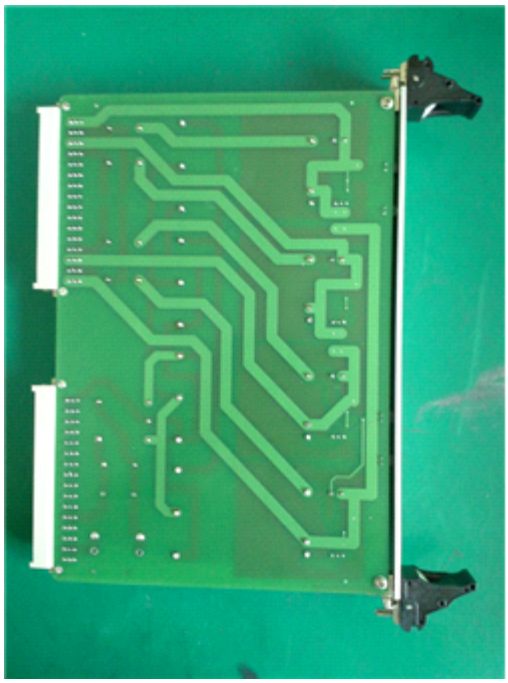
전원분전함

■ 신호어김평가장치 서브랙

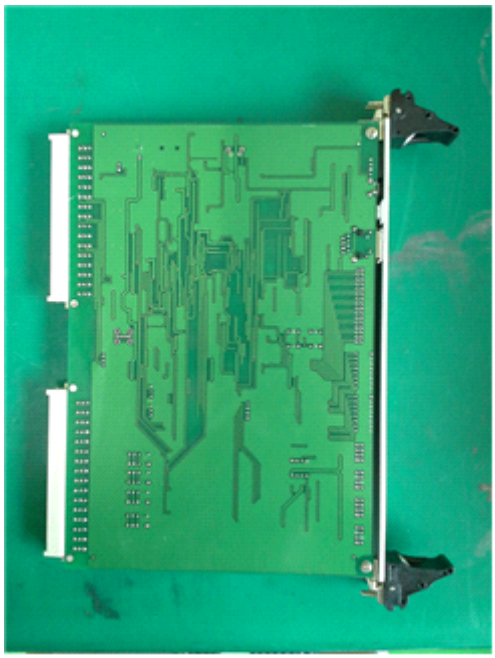


신호어김평가장치

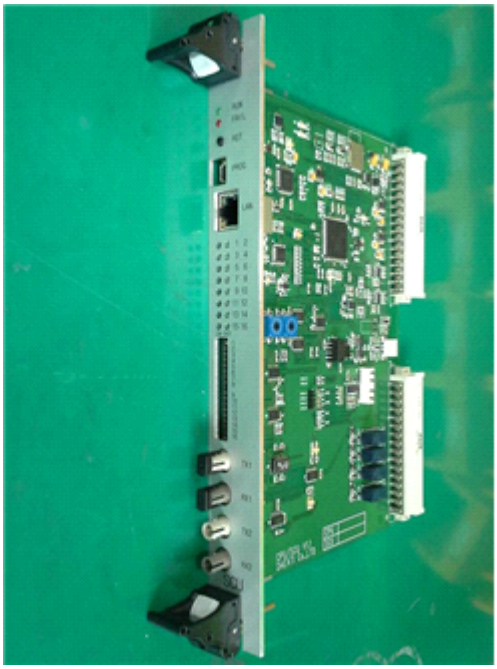
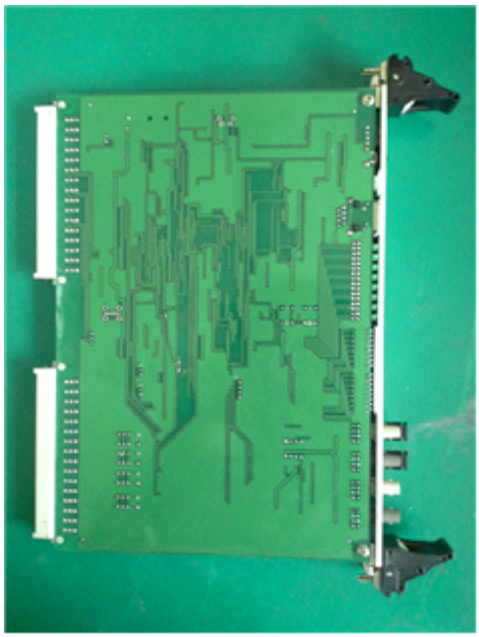
■ PDU 보드

	
PDU 보드1	PDU 보드2

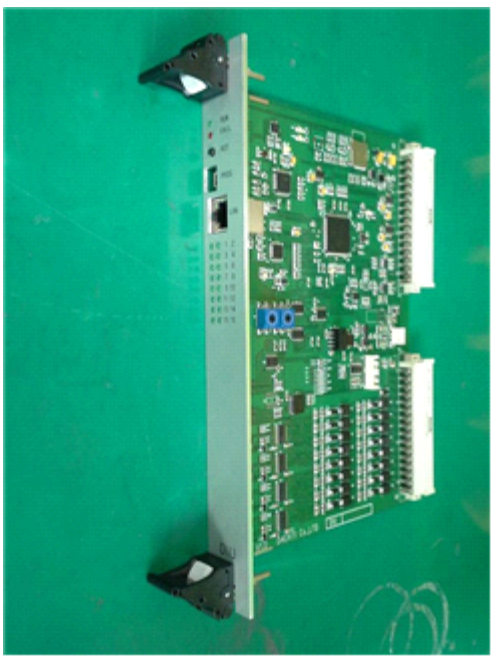
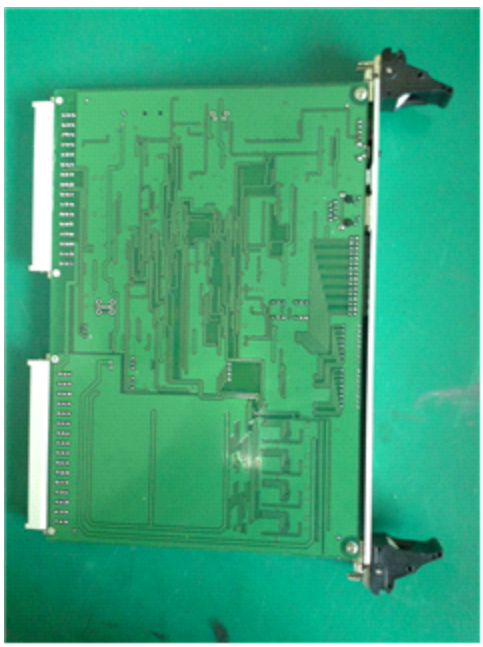
■ CPU 보드

	
CPU 보드1	CPU 보드2

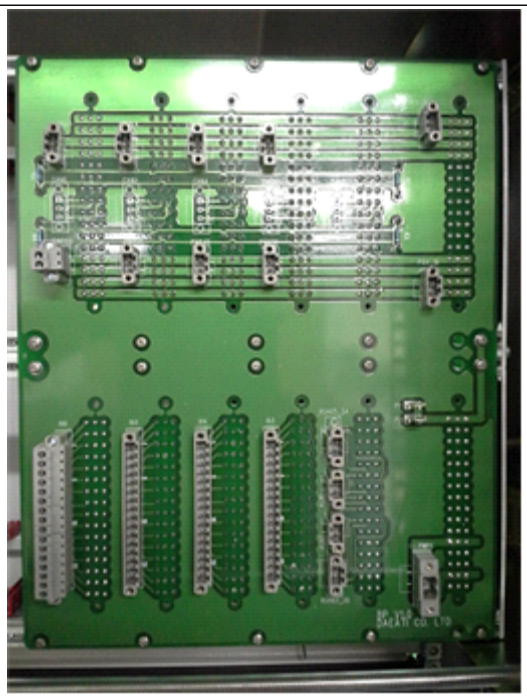
■ SCU보드

	
SCU 보드1	SCU 보드2

■ DIU 보드

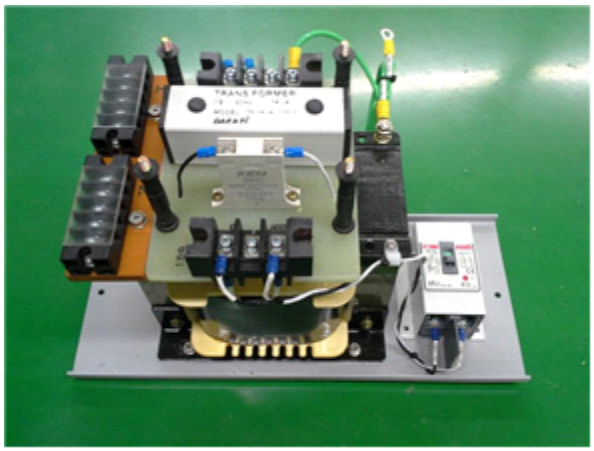
	
DIU 보드1	DIU 보드2

■ Back Panel 보드



Back Panel 보드

■ 절연변압기



절연변압기

■ 광 이더넷 스위치



광 이더넷 스위치

■ 스위칭 허브



스위칭 허브

■ 광분배함



광분배함

나. 차축검지장치 개발

(1) 개요

차축검지장치는 차축검지장치와 차축검지헤더에 의해 이루어지며, 차축검지헤더는 열차의 차축의 방향과 수를 카운트하여 차축검지장치로 차축 정보를 송신하는 장치이며, 차축검지장치는 차축검지헤더로부터 전송받은 차축정보를 분석하여 열차검지정보를 생성하며, 이 생성된 열차검지정보를 신호어김검지장치로 송신하는 장치이다. 차축검지장치는 열차 차축검지에 대한 안전성과 신뢰성 향상을 위해 두 개의 센서를 포함하며, 차축검지헤더의 신호 변화를 검지하여 열차의 점유 및 이동 정보를 신호어김검지장치로 링 방식 광통신을 통해 전달한다. 이를 위한 기능 블럭도는 아래와 같이 구성한다.

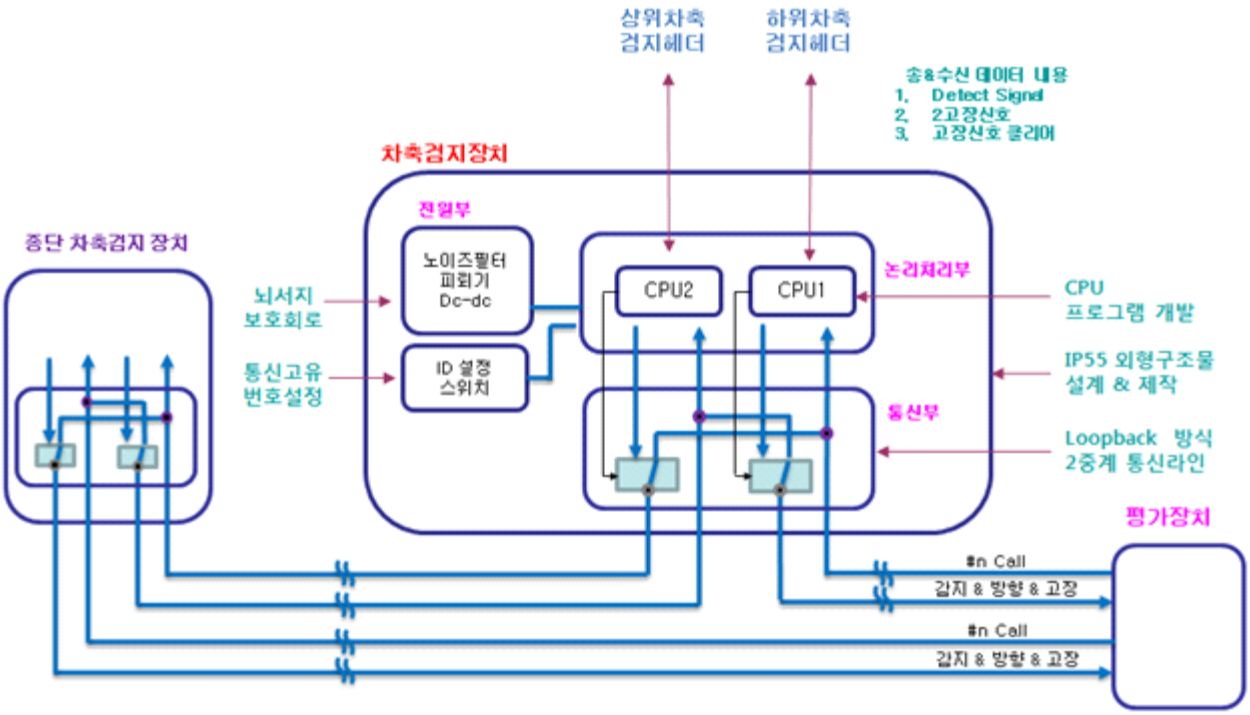


그림 29 차축검지장치 하드웨어 구성도

(2) 시스템 설계

■ 차축검지장치(ADS)

차축검지장치는 전원부와 메인부로 나눠져 구성된다. 각 장치의 상세 설명은 다음과 같다.

- 전원부

외부의 AC220V를 절연변압기에서 AC 19.2V 로 변환하여 브리지 다이오드를 통과하면 19.2V / 0.8 = 24V되어 필터를 거쳐 노이즈를 제거한다. DC-DC 2중계로 구성하여 출력단은 다이오드를 사용하여 병렬 형태의 2중 출력으로 전원에 대한 안전성을 확보한다. 또한 DC/DC 컨버터의 수명은 350,000시간을 사용하도록 회로를 구성하였다. DC24V는 차축

검지헤더의 구동 전압으로 사용되고, DC5V는 차축검지장치 메인부의 구동 전압으로 사용된다.

· 입력 전원 : AC220V
· 출력1 : 5VDC, 10W
· 출력2 : 24VDC

- 메인부

차축검지장치 마다 ID 설정스위치를 가지며 평가 장치에서 Call시 해당 ID 장치만 통신프로토콜에 준하는 결과를 응답한다. 신호어김평가장치와 폴링 방식으로 통신하며 데이터를 Loopback 방식으로 통신 지연시간을 최소화 하였다. 산업용 수준의 광소자와 라인드라이브 IC.를 적용하여 현장 온도에 대하여 내성을 확보한다.

메인부에서 사용된 CPU 사양은 다음과 같다.

· 입력전압 : DC5V
· 코어 : C8051F412
· 메모리 : 32KB Flash
· 디지털 입출력 : 24 port I/O, 5.25V tolerant
· ADC : 12-bit
· 동작온도 : -40~85도

■ 차축검지헤더(ADH)

차축검지헤더는 외부로부터 전원을 공급받아 내부의 필요한 전원을 생성하는 전원부와 센서로부터 입력되는 입력신호를 처리하여 차축을 카운트하여 상위단으로 정보를 전송하는 CPU부로 구성된다.

- 전원부

전원부는 전기적으로 분리되는 DC/DC 컨버터를 사용하여 구현하였다. 차축헤더 감지 보드에 적용된 POWER 사양은 다음과 같다. 또한 세 종류의 DC/DC 컨버터로 구성되며수명은 350,000시간을 사용토록 회로를 구성하였다.

· 입력 전원 : 24VDC
· 출력1 : 12VDC, 10W
· 출력2 : 5VDC, 10W

- CPU보드

CPU 보드 기능은 2개의 센서로부터 입력되는 신호를 분석하여 차량 휠 감지 수량을 카운트와 방향을 감지하고 차축검지 장치에 통신에 의한 상태를 전달한다. 발진소자는 22.1184Mz를 사용하여 38400 bps에서 오차가 거의 없도록 하여 통신 프레임 에러에 대하여 안정화하였다. 통신용 DC/DC회로를 적용하여 전기적으로 분리가 되어, 외부 내뢰성 고압서지로부터 CPU 및 핵심 소자를 보호하도록 한다. DC-DC 출력에는 이상전압으로부터 소자를 보호하도록 TVS를 적용한다. 회로 최종단에 Polyswich XF017를 사용하여 고압 입력시 과열에 대한 임피던스 증가로 인입 전류를 줄이며 TVS로 고압을 커트한다.

ADUM1201은 Digital Isolators로 그라운드 분리를 가능토록 한다. MAX13488 RS-485 DRIVER IC는 TX/RX Enable 제어없이 통신을 가능하게 한다. C2CK 방식의 프로그램 다운로드 회로를 구성하며 전원 ON 경우 콘덴서와 저항 시정수에 의하여 CPU RESET 하도록 구성한다.

- 차축검지헤드 구조설계

센서 외형에 비자성체 재질에 자기진단용 미세하게 특정주파수의 구형파형을 입력하여 자기장을 형성한다. 센서 출력에는 구형파가 항상 출력되며 외부 금속 물체가 근접하면 가우스가 급격하게 변하며 자기진단 파형과 합성되어 출력한다. 전원은 DC24V 입력을 외부에서 받아 DC5V 로 변환하여 센서에 공급한다. 입출력 선로는 양질의 실드선을 사용하여 외부 잡음로 부터의 보호와 전자파 방출하지 않도록 차단한다.

- 차축검지헤더의 배치

헤더는 2개 구성으로 일반 철도차량일 경우 위상차를 갖도록 일정한 거리(현장에서의 측량 후 설정)를 설정 한다. 작업 차량의 작은 바퀴도 2개의 센서 출력상이 겹치도록 센서 거리를 고려한다.

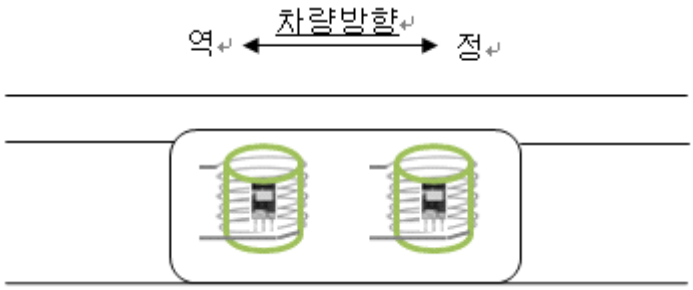


그림 30 차축검지헤더 이동방향 판단 개념도

- 센서위상차 출력에 의한 열차의 이동방향 판단

작업 차량의 바퀴도 2개의 센서 출력상이 겹치도록 고려한다. 상기 차축검지헤더 센서배치 그림과 같이 설치할 경우 센서1의 신호가 앞서는 경우 정방향이 되며 센서2 신호가 앞서는 경우 역방향이 된다.



그림 31 차축검지헤더 이동방향 판단 개념도

(3) 차축검지장치 SW 설계

■ 개요

차축검지모듈(ADM)은 차축검지헤더에서 입력되는 헤더검지상태 정보를 활용하여 차축검지상태를 평가하여 신호어김검지모듈(SVDM)으로 차축검지상태를 전달하는 기능을 구현한다. ADM의 주요 기능 관계도는 다음과 같다

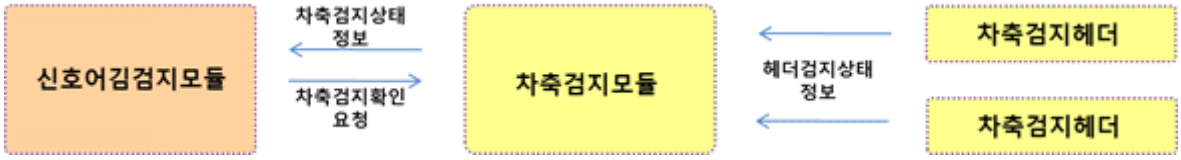


그림 32 차축검지장치장치 SW 기능 관계도

■ 구조 설계

ADM은 차축검지헤더에서 입력되는 헤더검지상태 정보를 활용하여 차축검지상태를 평가하여 SVDM으로 차축검지상태를 전달하는 기능을 구현한다. ADM을 구성하는 Task들의 전체 구조는 다음 그림과 같이 구성된다.

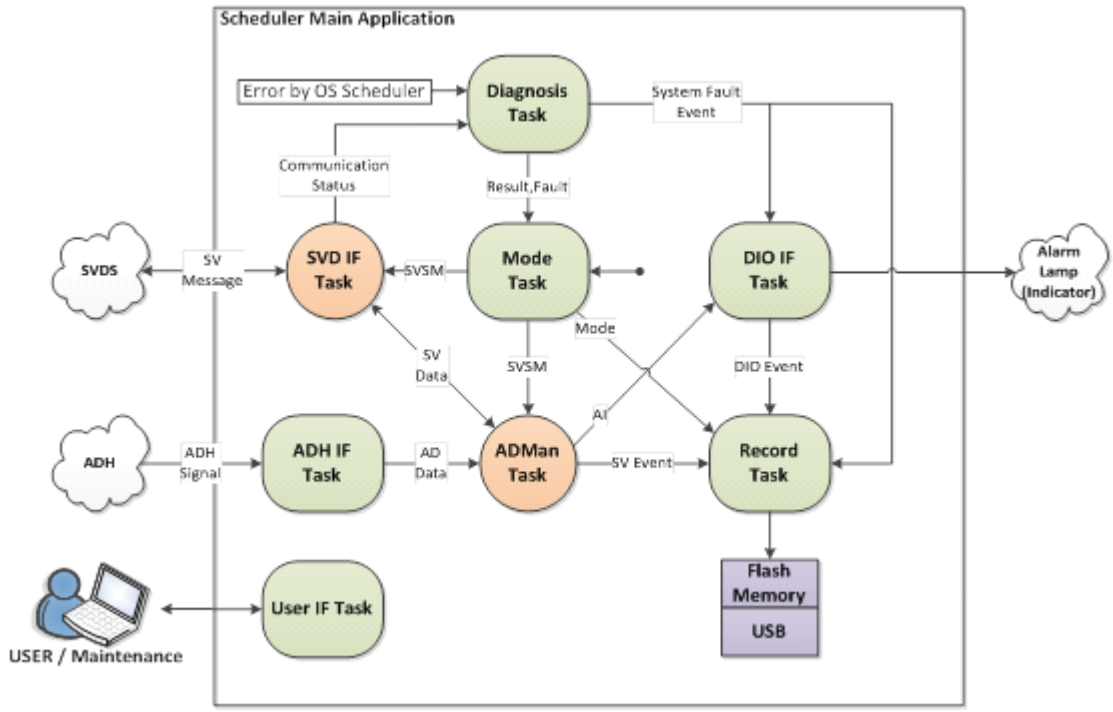


그림 33 신호어김장치 SW 블록 다이어그램

■ Scheduler

Scheduler Parameter 설정, 데이터 초기화, 실행 Task 생성하고 모두 이상이 없을 시 스케줄러를 동작을 시작한다.

- xInitScheduler()

SafeRTOS Scheduler를 동작시키기 위한 Parameter를 설정하고 사용될 전역변수들을 초기화 시킨다.

- xRunTaskCreate()

ADM을 구성하는 Task들를 생성하는 함수를 호출한다.

■ Mode Task

ADM의 운영을 위한 모드를 결정하는 기능으로, 기동전 모드, 감시 모드, 안전 모드에 대한 감시를 수행하고, 시스템의 동작에 장애 및 오류가 있을 시 안전 모드로 설정한다.

- xInitModeTask()

Task Parameter를 설정하고, Task를 생성한다.

- xStartMode()

최초 실행 시 모드를 기동전 모드로 설정한다. 기동전 검사를 초기화 하고 검사 결과를 감시한다.

- vSelectMode()

최초 실행 시 모드는 기동전 모드로 초기화한다. 기동전 검사가 정상적으로 완료되면 감시모드로 설정한다. 시스템에 이상이 있는 경우 안전모드를 설정한다.

■ ADMan Task

차축검지상태를 '열차검지 없음', '순방향 진입', '순방향 통과', '역방향 진입', '역방향 통과' 등으로 결정한다. 신호어김검지장치의 초기화 메시지에 의해 차축검지상태를 '열차검지 없음'으로 초기화한다.

- xInitADManTask()

차축검지 제어 Task를 생성한다.

- vSetADStatus()

신호어김 감시 모드일 경우에 신호어김 감시를 수행한다. 수신된 신호어김 카운트 값과 현재 저장된 카운트 값을 비교하여 수신된 신호어김 카운트 값이 클 경우 신호어김 상태를 설정한다.

■ DIO IF Task

시스템 고장이 발생하면 경고등 제어 출력을 수행한다.

- xInitDIOTask()

입출력 메모리를 초기화하고 Digital Input/Output port를 활성화시킨다. DIO Task를 생성한다.

- vSetDOutput()

시스템 고장이 발생할 경우 경고등 출력을 수행한다.

■ ADH IF Task

차축검지헤더와 인터페이스가 되는 task로서 차축검지헤더의 검지 신호를 수신한다. 차축

검지 신호에 따라 진입측 및 통과측의 차축검지 카운트를 계산하여 ADMan Task로 전달한다. 차축검지 카운트를 초기화한다.

- xInitADHIFTask()
  Digital Input Driver를 활성화 시킨다. Task를 생성한다.

- vChkADHSignal()
  진입측 차축 헤더 검지 신호를 감시한다. 통과측 차축 헤더 검지 신호를 감시한다. 헤더 검지 신호를 증감시킨다.

- vSendQADHCnt()
  차축 검지 카운트의 변화가 있을 시 ADMan Task에 전달한다..

■ SVD IF Task

신호어김검지장치와 시리얼 인터페이스가 되는 기능을 제공한다. 신호어김검지장치의 차축검지상태 요청 메시지를 수신하고 차축검지상태 대한 응답을 송신한다.

- xInitSVDIFTask()
  시리얼 통신을 위한 SCI Driver를 활성화 시킨다. 시리얼 데이터의 송수신을 위해 전송 Queue를 생성한다. 신호어김검지장치와 인터페이스를 하기 위한 Task를 생성한다.

- xSVDSendTask()
  차축검지장치의 송신 메시지를 시리얼 포트로 전송한다.

- xSVDRcvTask()
  시리얼 포트를 통한 신호어김검지장치의 메시지를 수신한다. 수신된 메시지를 검사한다.

- xSVDIFTask()
  신호어김검지장치로부터 수신한 메시지의 종류에 따라 응답할 메시지를 생성하여 전송 큐에 데이터를 전달한다.

■ User IF Task

사용자의 시리얼 통신으로 시스템에 접속하는 기능을 제공한다. 사용자의 요청 메시지에 따른 서비스를 제공한다. 사용자의 시스템 상태 요청에 시스템 상태를 제공한다.

- xInitUserIFTask()
  시리얼 통신을 위한 SCI Driver를 활성화 시킨다. 시리얼 데이터의 송수신을 위해 전송 Queue를 생성한다. 사용자와 인터페이스를 하기 위한 Task를 생성한다.

- xSCISndTask()

사용자의 정보 요청에 대한 데이터를 시리얼 포트로 전송한다.

- xSCIRcvTask()
  시리얼 포트를 통한 사용자의 입력 신호를 수신한다.

- xRunbugTask()
  사용자의 상태 요청에 대해 시스템 상태들을 수집하여 SCI 송신 Queue에 전달한다.

■ Record Task
시스템 운영 및 이벤트를 메모리에 저장한다. 기록된 정보들을 USB Memory에 저장할 수 있다.

- xInitRecordTask()
  저장 메모리를 초기화 한다. Task를 생성하고 성공 여부를 반환한다.

- xDetectEvent()
  시스템 변경이력을 감시하고 저장 여부를 결정한다.

- vRecMem()
  이벤트 발생 시 Memory에 저장한다.

- vRecUSB()
  USB Memory를 인식 시 또는 저장 명령에 의해 USB Memory에 기록 데이터를 저장한다.

■ Diagnosis Task
최초 기동 시 시스템 상태를 진단한다. 기동 후 주기적으로 시스템의 동작 상태를 진단한다. Task 동작 상태를 감시한다.

- xInitDiaTask()
  기동전 검사 상태로 초기화 한다. 진단 Task를 생성하고 정상적인 생성 여부를 반환한다.

- vChkMCU()
  기동 전 검사에서 MCU의 상태를 검사한다. 실행 중 검사에서는 MCU의 상태를 검사하지 않는다.

- vChkDIO()
  디지털 입력/출력의 상태를 검사한다.

- vChkSCI()

시리얼 통신 통신 드라이브의 상태를 진단한다.

- vChkMEM()
  기동 전 검사에서 탑재된 Memory의 상태를 진단한다. 실행 중 검사에서는 Memory의 상태를 진단하지 않는다.

- vChkTask()
  생성된 Task의 동작 상태를 감시한다. 실행 중 검사에서 감시를 시행한다.

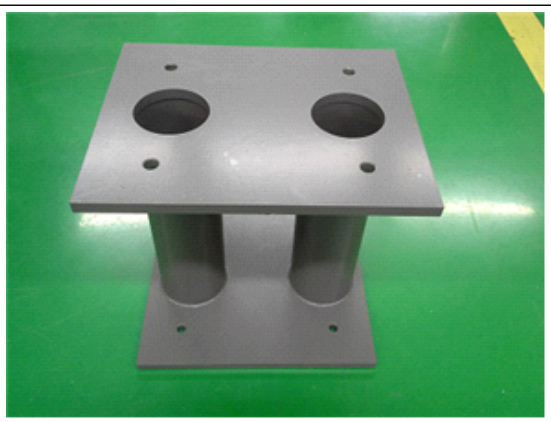
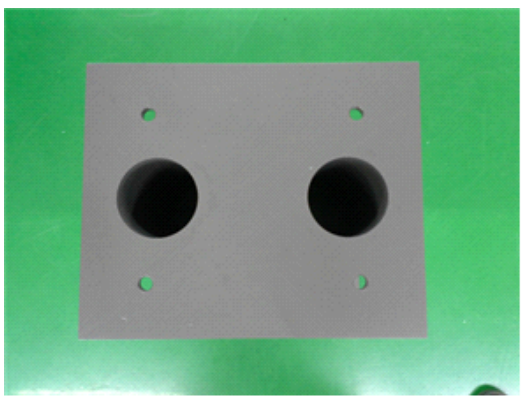
- vDiaMan()
  기동전 검사에서 각 부분별 진단 결과를 취합하여 실행 중 검사로 전환과 시스템 진단 결과를 반환한다. 실행 중 검사에서 각 부분별 진단 결과를 취합하여 시스템 진단 결과를 반환한다.

(4) 초도품 제작

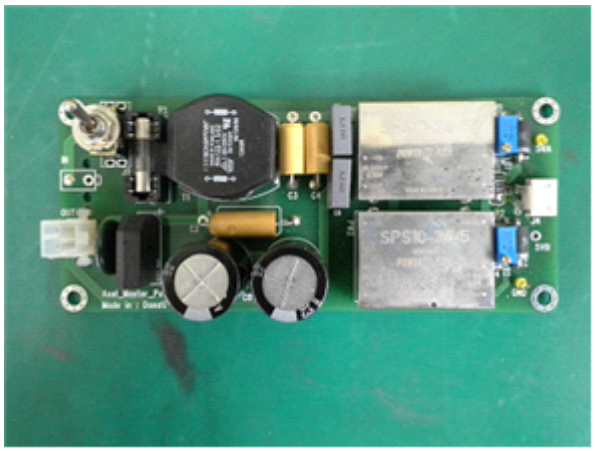
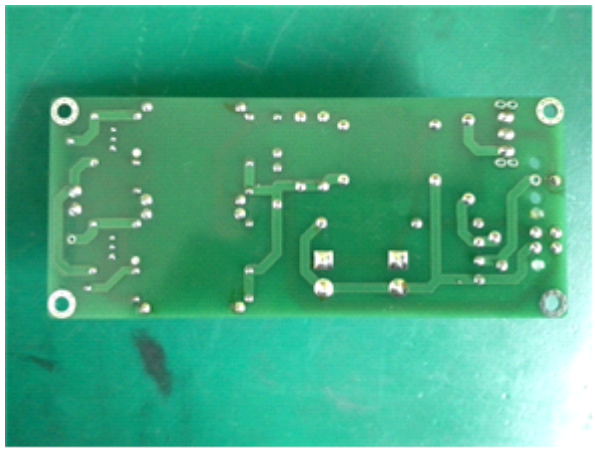
■ 차축검지장치

	
차축검지장치	차축검지장치

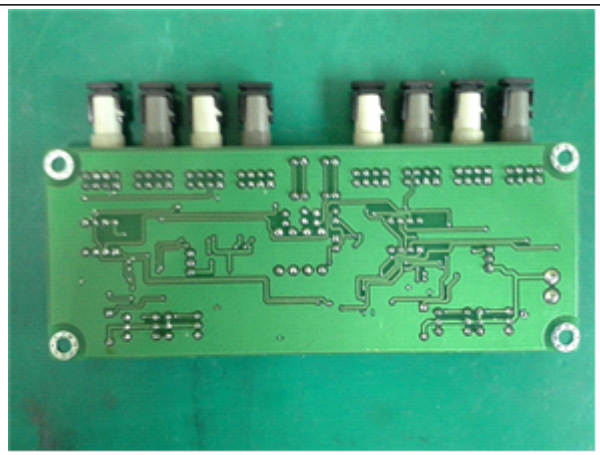
■ 차축검지장치 거치대

	
차축검지장치 거치대1	차축검지장치 거치대2

■ 차축검지장치 - 전원부 보드

	
차축검지장치 - 전원부 사진1	차축검지장치 - 전원부 사진2

■ 차축검지장치 - 메인부 보드

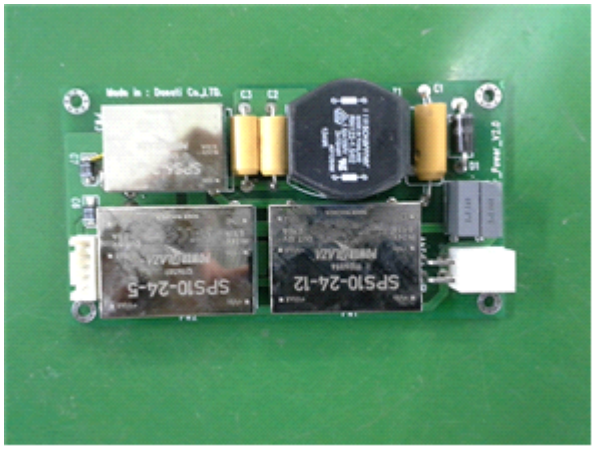
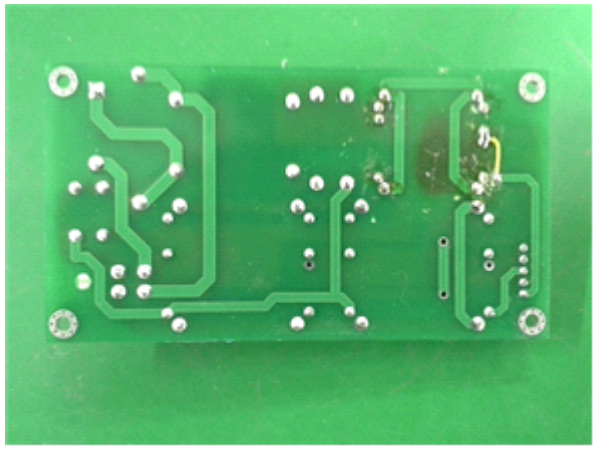
	
차축검지장치 - 메인부 사진1	차축검지장치 - 메인부 사진2

■ 차축검지헤더

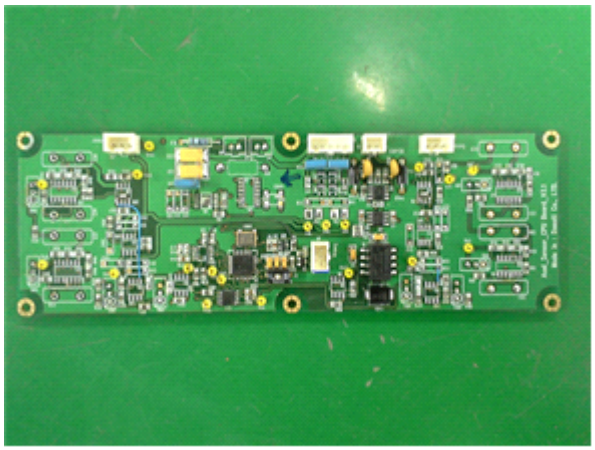
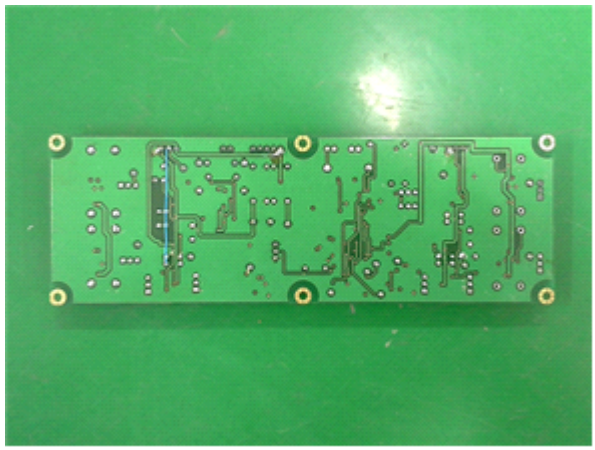
센서의 외형은 방수 구조와 충격에 대하여 내성이 강한 FRP 재질로 제작된다.


차축검지헤더

■ 차축검지헤더 - 전원부

	
차축검지헤더 - 전원부 사진1	차축검지헤더 - 전원부 사진2

■ 차축검지헤더 - 메인부

	
차축검지헤더 - 메인부 사진1	차축검지헤더 - 메인부 사진2

다. 지상무선통신장치 개발

(1) 개요

지상무선통신장치는 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 주고받는 신호어김정보를 무선으로 전달하여주는 장치이다. 지상무선통신장치는 신호어김검지시스템을 구성하는 지상설비인 신호어김검지장치와 차상설비인 차상인터페이스장치간 정보를 무선통신으로 전달하기 위한 장치로 IEEE 801.11 무선변환모듈을 이용하여 구현한다. 지상무선통신장치가 정상적으로 동작하기 위해서는 AC220V 전원이 필요하며, 지상무선통신장치 내 데이지체인 스위치와 광통신에 이상이 없어야 한다. 지상무선통신장치의 입력 전원은 신호기계실에 설치되는 신호어김검지장치의 내뢰트랜스 2차측 전원을 공급 받으며, 신호어김 감시 구간의 무선통신 영역 확보를 위해 지상무선통신장치가 추가 구성될 경우를 대비하여 네트워크 토폴로지는 링 방식으로 구성한다. 지상무선통신장치의 인터페이스 구성도는 아래와 같다.

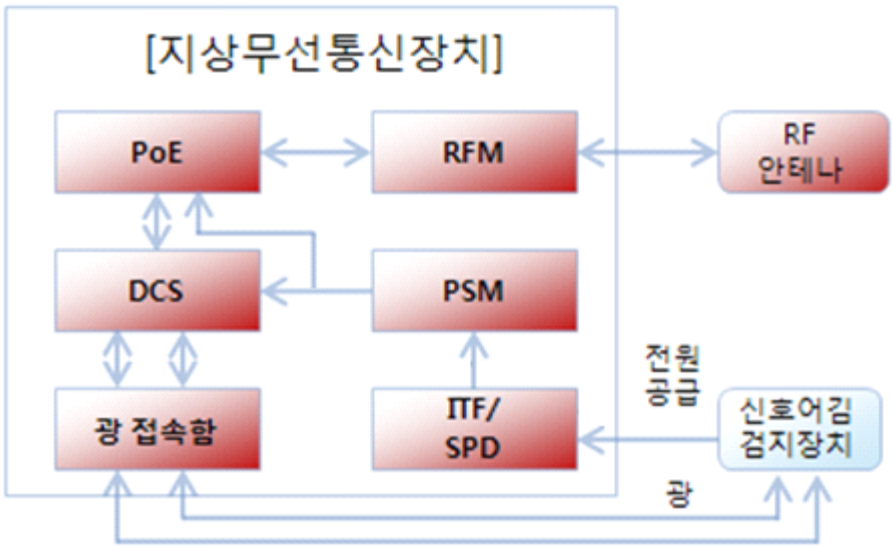


그림 34 지상무선 통신장치 구성도

(2) 시스템 설계

지상무선통신장치 함체는 선로변에 설치하는 방열형으로 제작되었으며 데이지 체인 스위치에서 광변환이 이루어지고 무선통신모듈에서 5GHz대 무선주파수를 사용하여 차상인터페이스장치와 데이터를 송수신한다. 전원은 차단기와 AC 써지어레스터를 거쳐 절연변압기를 통해 안전하게 공급된다. 구성품의 세부설명은 다음과 같다.

■ 외함

외함은 철도 선로변에 설치하는 방열형 구조로 제작되었다.

· 재질 : 냉연강판

· 구조 : 선로변 설치에 적합한 방열형

· 크기 : 780(W) x 974(H) x 640(D)mm

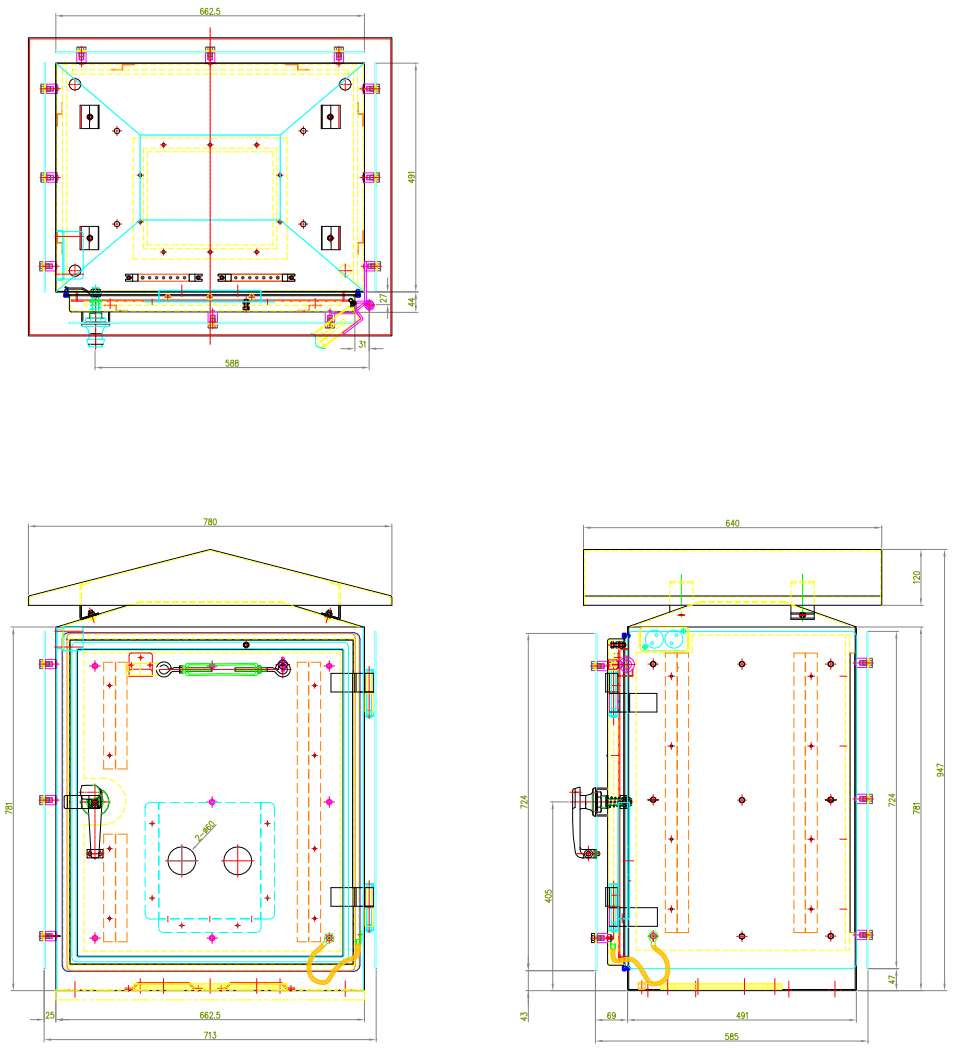


그림 35 지상무선 통신장치 외함 외형도

■ 회로차단기(CB)

전원 ON/Off 기능 및 과전압, 과열 등의 사고 시 장비 보호를 위하여 사용한다. 회로 차단기의 사양 및 외형은 다음과 같다.

· 함체 내 전원 On/Off (유지 보수 및 설비 교체)
· 과전압, 과전류 또는 과열로 인한 AC 전원 차단
· 극수 : 2극
· 정격전류 : 2A
· 정격차단 전류 : AC 220V-10kA
· 과전류 트립(Trip)방식 : 열동-Coil Magnetic 방식
· 취부 형태 : DIN-35 레일 마운트

■ 써지프토텍터(SPD)

AC 써지 어레스터는 낙뢰에 대해 지상무선통신장치 보호를 위해 설치된다. 낙뢰 발생시 전압 임펄스나 스파크와 같은 과도 써지전압으로부터 지상무선통신장치를 보호하는 장치로서, 낙뢰 유입시 고전압의 전류를 흡수하고 과열을 방지하는 소자로 구성되어 있어 장비의 피해를 최소화 할 수 있다. AC 써지 어레스터의 사양 및 외형은 다음과 같다.

· 정격 시스템 전압 : 단상 AC100V~240V, 2W+G
· 최대 서지 전류 용량 : 60kA/Total (20kA x 3 mode)
· 보호 모드 : L-N, L-G, N-G
· 최대 연속 동작 전압 : 275Vac
· 응답 속도 : 5ns 이하
· 취부 형태 : DIN-35 Rail Mount Typ

■ 절연트랜스(ITF)

AC 전원의 낙뢰 및 서지와 같은 외부의 높은 전압으로부터 보호하기 위하여 입력단에 절연변압기를 설치한다. 절연변압기 사양은 아래와 같다.

· 용량 : 100VA
· 입력 전압 : 단상 AC220V/110V, 60Hz
· 출력 전압 : AC220/100VA
· 절연저항 : DC500V 절연저항계 측정시 (100㏁ 이상)
· 절연내력 : AC10KV, 1분간 (누설전류 10mA이하)
· 효율 : 80%이상

■ 전원공급모듈(PSM)

전원공급모듈은 절연변압기를 통해 AC220V 전원 입력받아 DC24V를 출력하여, 데이체인 스위치와 무선변환모듈의 동작전원을 공급한다. 전원공급장치의 사양 및 외형은 다음과 같다.

· 입력 전압 : AC85 ~ 264V
· 출력 전압/전류 : DC24V/3A
· 효율 : 80%
· 설치유형 : DIN35 레일 마운트
· 크기 : 55.5(D) X 125(H) X 110(D)mm

■ PoE 전원공급장치

무선변환모듈 장치는 PoE(Power over Ethernet)방식이므로, 이를 위하여 LAN 케이블을 통하여 전원을 공급해주는 기능을 한다.

■ 무선변환모듈(RFM)

OIS의 무선통신을 위한 RFM은 '열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템'이 설치되는 구간에 무선 영역을 확보하기 위해 다수의 지상무선통신장치(WAP)가 설치될 수 있어 Mesh 기능이 지원되는 RFM이 사용되어야 하며, 네트워크 프로토콜은 IGMP(Multicast)를 지원할 수 있어야 한다. 이를 위해 사용될 RFM의 사양은 다음과 같다.

· 주파수 : 5250 ~ 5850MHz
· 통신표준 : 801.11abgn Layer2 Mesh
· 전원규격 : PoE DC12 ~ 36V
· 동작습도 : 5 ~ 95%(non condensing)

■ 데이지체인 스위치

WAP는 SVDS와 물리적인 링 구조의 광 통신을 구성하여 다수의 WAP 설치 시 이를 지원하기 위한 데이지체인 스위치를 함체내에 구성하며, 아래와 같은 사양을 갖는다.

· Ethernet : 2 pots
· Fibber : 2 ports
· 소모전력 : DC24V/240mA
· 크기 : 53.6(W) x 135(H) x 105(D)mm

■ 광 접속함

광 접속함은 지상무선통신장치 함체 내에 설치되어 외부 환경으로부터 광 케이블의 접속부를 보호하는 함체부 및 광 컨넥터, 광 케이블 접속 및 여장 처리를 위한 접속 및 여장 처리부로 구성된다. 광분배 트레이에는 광 케이블 고정 클립, 광분배 트레이, 광 어댑터 플레이트 등의 구성 요소를 가지며 지상무선통신장치 광 케이블의 인입 및 인출에 충분한 8C 이상의 광 케이블을 수용할 수 있는 광 분배 트레이로 구성된다.

또한 광분배 트레이에는 SC 타입의 광 컨넥터를 결합하기 위한 광 어댑터가 취부되어 있다. 지상무선통신장치의 현장 설치시 4C를 역 장비와 WAP간 통신에 사용되며, 나머지 4C는 여유분으로 예비용으로 사용된다. 광분배함의 사양 및 외형은 다음과 같다.

· 광 케이블 정리 및 접속부 보호
· 광분배 어댑터 : 광 점퍼 코드의 상호 연결
· 광점퍼 코드 : 광 케이블과 접속, 광 점퍼 코드 상호 연결
· 광어탭터 플레이트 (AL) : 광 어댑터 고정 및 취부

■ AC용 콘센트

AC용 콘센트는 지상무선통신장치내 유지보수 및 다목적용으로 사용된다. AC용 콘센트의 사양 및 외형은 다음과 같다.

· 원형노출콘센트 1구
· 정격전압 : AC 250V
· 정격전류 : 16A

■ RF 케이블

WAP함체의 RF 아답터와 RF 안테나간 연결 케이블로 아래와 같은 사양을 갖는다.

· Coaxial LMR400
· 차단 주파수 : 16.2GHz
· Velocity : 85%
· DC 저항(내부) : 4.6Ω/Km
· DC 저항(외부) : 5.4Ω/Km
· 임피던스 : 50Ω
· 차폐 효과 : > 90dB

· 최소 밴드 곡선 : 25.4mm
· 자켓 표준 : PE(10.29)

■ RF 안테나(지향성)

WAP용 RF 안테나는 실외용 지향성 안테나로 다음과 같은 사양을 갖는다. 실제 현장 설치 시, 지리적 요건 및 시험 결과에 따라서 제품이 변경될 수 있고, 무지향성 안테나로 변경될 수도 있다.

· 주파수 : 5150 ~ 5850MHz
· 밴드폭 : 700MHz
· 게인 : 최소 10dBi, 최대 12dBi
· 빔폭 : 45도(V), 55도(H)
· 반사계수 : <1.5
· 임피던스 : 50옴
· 극성 : 수평
· 전력 : 최대 100W
· 커넥터 : N-Tpye female
· 크기 : 120(W) x 150(H) x 42(D)mm

(3) 초도품 제작

■ 지상무선통신장치 외함



지상무선톤신장치 외함 사진

■ 지상무선통신장치 내함

내함

절연변압기

써지프토텍터

회로차단기

AC용 콘센트
접지단자



전원공급장치

PoE 어댑터

광이더넷 스위치

광분배함

지상무선장치 내함 사진

■ 무선변환모듈



지상무선통신장치 무선변환모듈 사진

■ RF-안테나



지상무선통신장치 RF-안테나 사진

라. 차상인터페이스장치 개발

(1) 개요

차상인터페이스장치는 신호어김검지장치로부터 전달되는 신호어김정보를 기관사에게 알려주는 장치이다. 차상인터페이스장치는 신호어김검지장치에 의해 신호어김이 평가되어 신호어김 발생 정보가 지상무선통신장를 통해 무선으로 전달되면 차량이 운전자 책임모드(기지운전"YARD")하에 운행 시 운전자로 하여금 신호어김 발생을 인식할 수 있도록 경고(음 및 등)과 함께 신호어김 출력을 Dry contact으로 제공한다. 이러한, 기능을 구현하기 위해 차상인터페이스장치의 블록도는 다음과 같다.

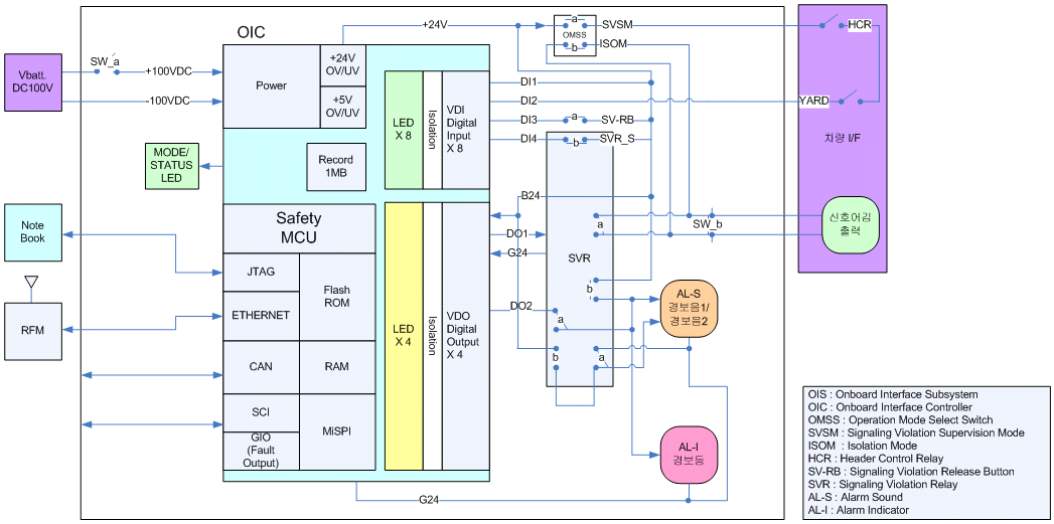


그림 36 차상인터페이스장치 블록도

약어에 대한 설명은 다음과 같다.

· OIS : On-board Interface Subsystem
· OIC : On-board Interface Computer
· HCR : Header Control Relay
· OMSS : Operation Mode Select Switch
· SVSM : Signaling Violation Supervision Mode
· ISOM : Isolation Mode
· SV-RB : Signaling Violation Release Button
· SVR : Signaling Violation Relay
· SVR_S : Signaling Violation Relay Status
· AL-S : Alarm Sound
· AL-I : Alarm Indicator

(2) 시스템 설계

차상인터페이스장치는 전원부, MCU 부, Ethernet 통신부, CAN 통신부, 기록부, Vital 디지털 입력부 그리고 Vital 디지털 출력부로 구성된다. 차상인터페이스장치는 타 장치와 인터

페이스 할 수 있는 예비 CAN 통신 포트와 RS-232 포트를 가지며, 프로그램 다운로드 및 디버깅과 유지보수용도를 위한 시리얼 포트를 갖는다.

차상인터페이스장치의 사양은 다음과 같다.
· 입력 전원 : DC70 ~ 125V(모터카의 경우 DC24V)
· 출력 전원 : +24V/5A, OCP/OVP, +5V/10A
· 입력 보호 휴즈 : fast fuse 2A
· +24V 출력 표시 : LED(Green)
· +5V 출력 표시 : LED(Green)
· +I5V 출력 표시 : LED(Green)
· RUN 동작 표시 : LED(Green)
· ERR 고장 표시 : LED(Red)
· RST 재 기동 표시 : LED(Red)
· RST 재 기동 스위치 : 푸쉬형 스위치
· P1 디버깅 포트 : 1 포트
· Ethernet 포트 : 10BASE-T 1 포트
· 시리얼 포트 : CAN 2.0B 1 포트, RS-232 1 포트
· VITAL 디지털 입력 : 8채널(절연, 진단 기능, DC24V)
· VITAL 디지털 출력 : 4채널(절연, 출력 Re-check 기능, DC24V 소스)
· ERROR/고장 출력 : 1 채널 Dry contact X 2

■ 차상인터페이스 장치

- 전원부
  전원부는 차량으로부터 DC100V 전원을 입력 받아 각 보드에 양질의 DC24V와 DC5V 전원을 공급하는 역할을 담당하며, OCP(Over Current Protection) 및 OVP(Over Voltage Protection) 기능을 가지고, LDO를 통해 MCU등 내부 디바이스들이 필요로 하는 +3.3V 및 +1.2V 그리고 Vital 디지털 입/출력 및 CAN BUS 절연을 위한 +I5V를 생성하여 공급한다.

- MCU 부
  MCU부는 1oo1D-Dual core Safety MCU로 외부와의 인터페이스를 위해 Ethernet, CAN 통신 그리고 디버깅 포트를 가지며, EVENT 저장을 위해 1MB의 FLASH MEMORY를 갖는다.

- 바이탈 디지털 입력부
  Vital 디지털 입력부는 MCU와 절연 MibSPI포트를 통해 입력 정보와 입력 회로에 대한 진단 정보를 전달하며, 8채널 1oo2 구조로 이중 입력으로 설계한다. 입력 회로의 진단 기능은 input status, Under-voltage status 그리고 Over-temperature status을 확인할 수 있다. 또한, 입력회로에는 ESD, 서지와 버스트에 대한 EMC보호를 갖추고, 입력 상태를

확인할 수 있는 LED를 구성한다.

- 바이탈 디지털 출력부

Vital 디지털 출력부는 MCU와 절연 GIO포트를 통해 출력 정보와 출력 회로에 대한 결함 검출을 위해 Re-check 회로를 구성하여 MCU로 정보를 전달하며, 4채널 출력으로 구성한다. 출력회로에 결함이 검출되면 MCU에서 DO_fault 출력을 통해 출력 전원을 차단하여 하도록 하며, MCU 자체 오류에 대해서는 nERROR 신호를 통해 Error 출력을 외부로 제공하도록 한다. RF 통신을 위한 Ethernet은 Black channel로 간주하여 EN50159를 만족시키기 위해 UDP 프로토콜내 payload부분에 안전한 통신을 위한 특별한 프로토콜로 구성한다.(Sequence number, Safety code, Time out, Identification process, Crypto graphic technique를 만족 시켜야 한다).

■ 무선변환모듈(RFM)

신호어김검지장치와 무선통신을 위한 무선변환모듈은 안테나 일체형으로 다음과 같은 사양을 갖는다.

· 주파수 : 5.250 ~ 5.850GHz
· 통신표준 : 801.11abgn Layer2 Mesh
· 통신 인터페이스 : 10/100 Base-T
· 전원 인터페이스 : PoE DC12 ~ 36V
· 크기 : 270(W) x 270(H) x 80(D)mm

■ SV-RB(신호어김 해제 버튼) 사양

신호어김 발생 시 운전자로 하여금 인식 해제를 제공하기 위해 구성되며, 다음과 같은 사양을 갖는다.

· 색상 : GREEN
· 접점구성 : 누름복귀형, 1a1b
· 취부 형태 : 판넬
· 사이즈 : Ø16

■ OMSS(운영모드 선택 스위치) 사양

차상인터페이스장치의 운영모드를 선택하기 위한 스위치로 신호어김 감시모드(SVOM) 또는 격리모드(ISOM)를 선택할 수 있는 셀렉트형 스위치를 사용하며, 다음과 같은 사양을 갖는다.

· 단수 : 2단
· 취부 형태 : 판넬 마운트
· 사이즈 : Ø25

OMSS스위치가 운전자에 의해 SVSM으로 선택된 경우에는 OIS가 신호어김 감시 모드로 동작하고, ISOM 으로 선택된 경우에는 OIS가 신호어김 감시 모드에서 벗어나 도록 한다.

■ 경보기 사양

신호어김검지장치에 의해 신호어김이 평가되어 차상인터페이스장치로 신호어김 발생 정보가 수신된 경우 경고음 및 경고등을 발생시켜 운전자에게 인식시키기 위해 구성되며, 다음과 같은 사양을 가진다.

- 경보음(AL-S) 사양
· 전압 범위 : 5 ~ 30Vdc
· 절연 : >500V
· 주파수 : 800Hz±20% or 4.0KHz±10%
· 취부 형태 : 판넬 마운트

- 경보등(AL-I) 사양
· 색상 : RED
· 동작전원 : DC24V
· 취부형태 : 판넬 마운트
· 사이즈 : Ø16

■ 안전 릴레이(Safety Relay)

신호어김 발생 시 경고음/등과 신호어김 출력(Dry contact)을 차량설비에 제공하기 위해 구성되며, 다음과 같은 사양을 갖는다.

· 강제가이드접점(EN50205/Class A)
· 접점 구성 : 3a3b
· 정격 전압 : DC24V
· 정격 전류 : 20.8mA
· 코일 저항 : 1,152Ω
· 소비 전력 : 약500mW

접점부는 다음과 같은 사양을 갖는다.
· 정격부하 : AC250V/6A, DC30V/6A
· 정격통전전류 : 6A
· 접점전압의 최대값 : AC250V, DC125V
· 접점전류의 최대값 : 6A

(3) 차상인터페이스장치 SW 설계

■ 개요

차상인터페이스모듈(OIM)은 신호어김검지모듈(SVDM)에서 전송된 신호어김상태를 기관사에게 경고등/경고벨 및 제어접점 출력으로 통하는 기능을 구현하고, 기관사의 선택에 의한 격리 기능을 제공한다. OIM의 주요 기능 관계도는 다음과 같다.

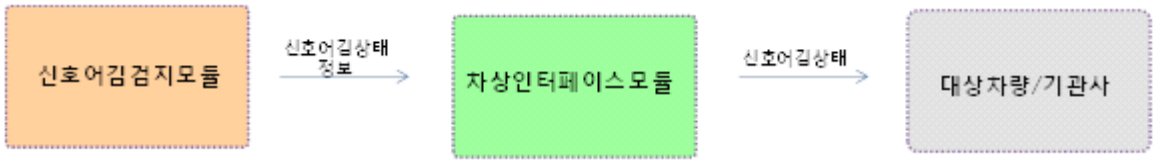


그림 37 차상인터페이스장치 SW 기능 관계도

■ 구조 설계

OIM은 SVDM에서 전송된 신호어김상태를 기관사에게 경고등/경고벨 및 제어접점 출력으로 통하는 기능을 구현하고, 기관사의 선택에 의한 격리 기능을 제공한다.

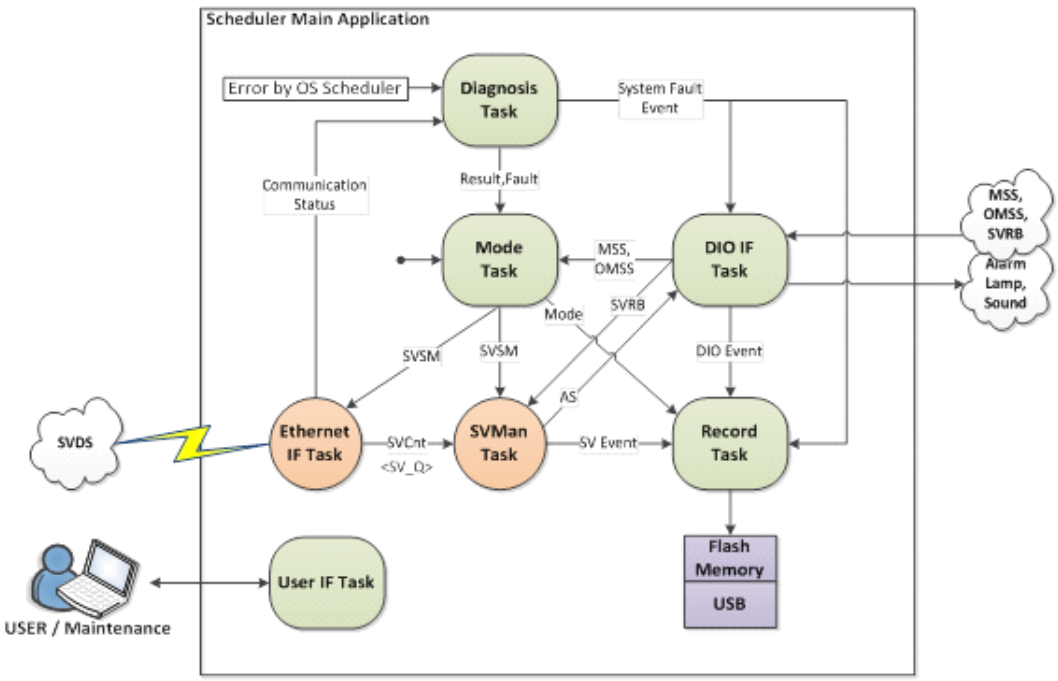


그림 38 차상인터페이스장치 SW 블록 다이어그램

■ Scheduler

Scheduler Parameter 설정, 데이터 초기화, 실행 Task 생성하고 모두 이상이 없을 시 스케줄러를 동작을 시작한다

- xInitScheduler()

SafeRTOS Scheduler를 동작시키기 위한 Parameter를 설정하고 사용될 전역변수들을 초기화한다.

- xRunTaskCreate()
  OIM을 구성하는 Task들를 생성하는 함수를 호출한다

■ Mode Task

OIS의 운영을 위한 모드를 결정하는 기능으로, 기동전 모드, 대기 모드, 감시 모드, 격리 모드, 안전 모드에 대한 감시를 수행한다. 시스템의 동작에 장애 및 오류가 있을 시 고장 모드로 설정한다. 열차의 MSS가 YARD 모드가 아니면 대기 모드로 설정한다. MSS가 YARD 모드이고 OMSS가 SVSM이면 감시 모드로 설정된다. MSS가 YARD 모드이고 OMSS가 ISOM이면 격리 모드로 설정된다.

- xInitModeTask()
  Task Parameter를 설정하고, Task를 생성한다.

- xStartMode()
  최초 실행 시 모드를 기동전 모드로 설정한다. 기동전 검사를 초기화 하고 검사 결과를 감시한다

- vSelectMode()
  조건에 따른 모드를 결정하고 감시한다. 시스템의 고장 신호에 의해 안전 모드를 설정한다. 열차 운전 모드가 YARD 모드가 아니라면 대기모드로 설정한다. 열차 운전 모드가 YARD 모드이고 신호어김 모드 스위치가 감시모드이면 감시모드로 설정한다. 열차 운전 모드가 YARD 모드이고 신호어김 모드 스위치가 격리모드이면 격리모드로 설정한다

■ SVMan Task

신호어김 감시모드일 경우 수신되는 신호어김 카운트 값과 보유한 카운트 값을 비교하여 현재 값보다 클 경우 신호어김 상태를 설정한다. 수신되는 신호어김 카운트 값이 현재 카운트 값과 동일하면 신호어김 상태로 취급하지 않는다. 신호어김 상태가 설정된 상태에서 신호어김 해제 버튼이 취급되었는지 감시하고 On일 경우 신호어김 상태를 해제하고 그렇지 않을 경우 상태를 유지한다

- xInitSVManTask()
  신호어김 상태 변수, 신호어김 카운트 변수를 초기화한다. 신호어김 카운트 값을 수신하기 위한 큐를 생성한다. 신호어김 제어 Task를 생성한다.

- vSetSVStatus()
  신호어김 감시 모드일 경우에 신호어김 감시를 수행한다. 수신된 신호어김 카운트 값과 현재 저장된 카운트 값을 비교하여 수신된 신호어김 카운트 값이 클 경우 신호어김 상태

를 설정한다

- vReleaseSV()
신호어김 해제 버튼의 상태를 감시하여 버튼이 ON 시 신호어김 상태를 초기화한다.

■ DIO IF Task
차량 운전 모드, 신호어김 감시모드 스위치, 신호어김 해제 스위치의 입력을 감시한다. 신호어김 상태가 발생하면 경보음 제어 출력을 수행한다. 시스템 고장이 발생하면 경고등 제어 출력을 수행한다

- xInitDIOTask()
입출력 메모리를 초기화하고 Digital Input/Output port를 활성화시킨다. DIO Task를 생성한다

- vGetInput()
차량 운전 모드 입력이 YARD 모드인지 감시하고 상태를 결정한다. 신호어김 모드 스위치의 입력을 감시하고 상태를 결정한다. 신호어김 해제 버튼의 입력을 감시하고 상태를 결정한다

- vSetOutput()
신호어김 상태 발생 시에 경고음 출력을 수행한다. 시스템 고장이 발생할 경우 경고등 출력을 수행한다

■ Ethernet IF Task
신호어김검지장치와 무선 네트워크 통신을 하는 기능을 제공한다. 멀티캐스트 통신 환경을 구축하고 수신된 메시지의 오류를 검사한 다음 신호어김 카운트 데이터를 SVMan Task에 전달하기 위한 SV Queue에 전송한다.

- xInitNetTask()
Ethernet Driver를 활성화 시킨다. Net Task를 생성한다.

- xSetMulticast()
IP를 설정한다. UDP Socket을 생성한다. Multicast 통신 환경을 설정한다.

- xRcvMsg()
네트워크 수신 버퍼에 메시지가 수신되었는지 검사한다. 일정 시간 내에 메시지가 존재하는지 검사하고 대기 시간을 초과한 경우 수신 장애로 판단한다

- xChkMsg()
수신된 메시지의 구조를 검사하여 오류를 판단한다

- vSendMsgQue()
  수신된 메시지에서 신호어김 카운트 데이터를 신호어김 큐에 전송한다

■ User IF Task 설계
  사용자의 시리얼 통신으로 시스템에 접속하는 기능을 제공한다. 사용자의 요청 메시지에 따른 서비스를 제공한다. 사용자의 시스템 상태 요청에 시스템 상태를 제공한다.

- xInitUserIFTask()
  시리얼 통신을 위한 SCI Driver를 활성화 시킨다. 시리얼 데이터의 송수신을 위해 전송 Queue를 생성한다. 사용자와 인터페이스를 하기 위한 Task를 생성한다.

- xSCISndTask()
  사용자의 정보 요청에 대한 데이터를 시리얼 포트로 전송한다.

- xSCIRcvTask()
  시리얼 포트를 통한 사용자의 입력 신호를 수신한다.

- xRunbugTask()
  사용자의 상태 요청에 대해 시스템 상태들을 수집하여 SCI 송신 Queue에 전달한다.

■ Record Task
  시스템 운영 및 이벤트를 메모리에 저장한다. 기록된 정보들을 USB Memory에 저장할 수 있다.

- xInitRecordTask()
  저장 메모리를 초기화 한다. Task를 생성하고 성공 여부를 반환한다.

- xDetectEvent()
  시스템 변경이력을 감시하고 저장 여부를 결정한다.

- vRecMem()
  이벤트 발생 시 Memory에 저장한다.

- vRecUSB()
  USB Memory를 인식 시 또는 저장 명령에 의해 USB Memory에 기록 데이터를 저장한다.

■ Diagnosis Task
  최초 기동 시 시스템 상태를 진단한다. 기동 후 주기적으로 시스템의 동작 상태를 진단한

다. Task 동작 상태를 감시한다.

- xInitDiaTask()
  기동전 검사 상태로 초기화 한다. 진단 Task를 생성하고 정상적인 생성 여부를 반환한다.

- vChkMCU()
  기동 전 검사에서 MCU의 상태를 검사한다. 실행 중 검사에서는 MCU의 상태를 검사하지 않는다.

- vChkDIO()
  디지털 입력/출력의 상태를 검사한다.

- vChkNet()
  네트워크 통신 드라이브의 상태를 진단한다.

- vChkMEM()
  기동 전 검사에서 탑재된 Memory의 상태를 진단한다. 실행 중 검사에서는 Memory의 상태를 진단하지 않는다.

- vChkTask()
  생성된 Task의 동작 상태를 감시한다. 실행 중 검사에서 감시를 시행한다.

- vDiaMan()
  기동전 검사에서 각 부분별 진단 결과를 취합하여 실행 중 검사로 전환과 시스템 진단 결과를 반환한다. 실행 중 검사에서 각 부분별 진단 결과를 취합하여 시스템 진단 결과를 반환한다.

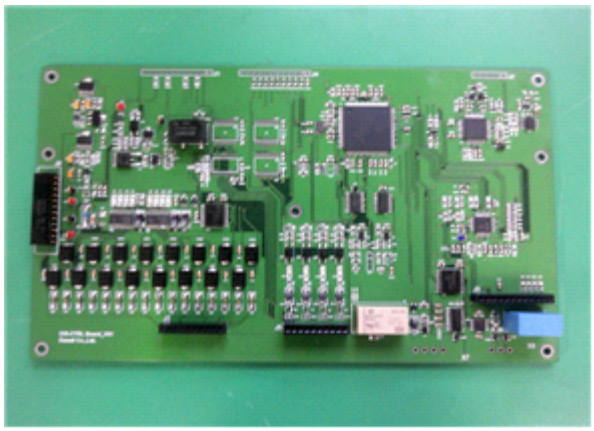
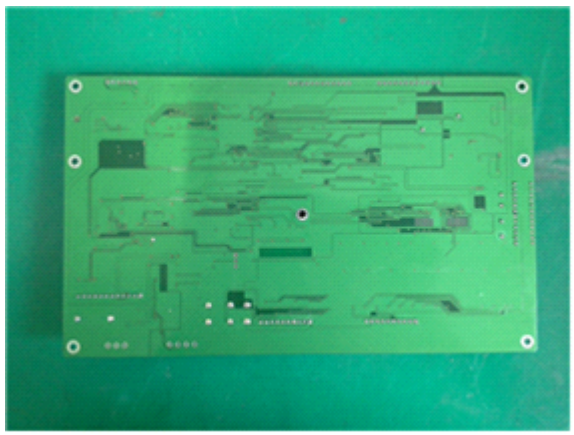
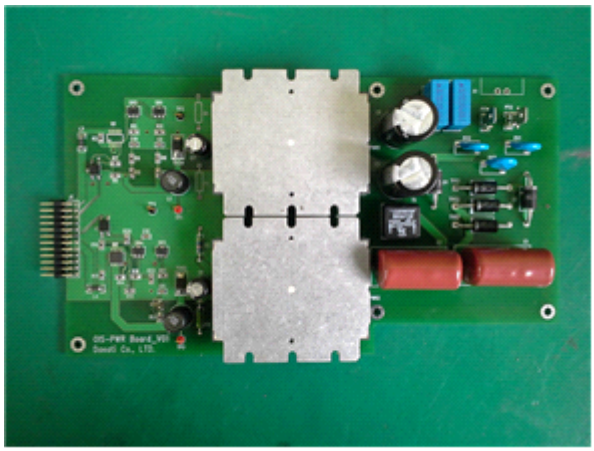
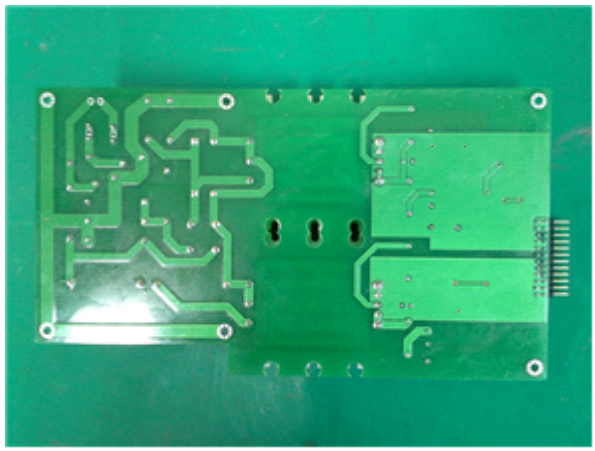
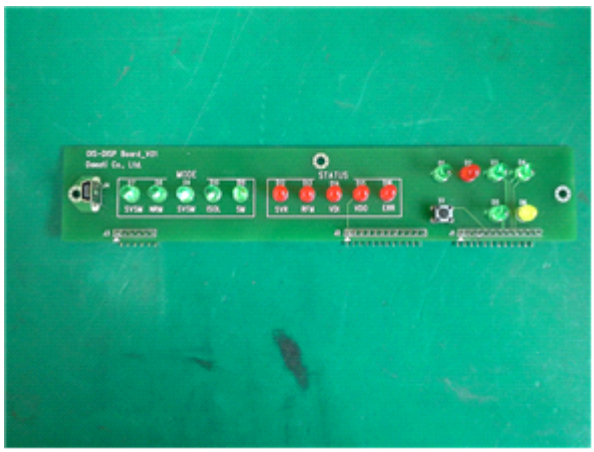
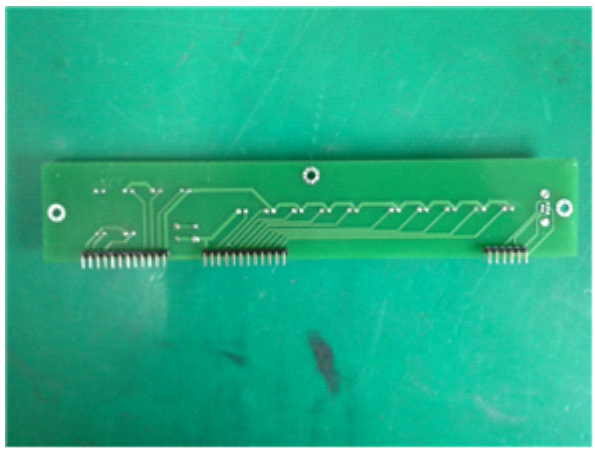
(4) 초도품 제작

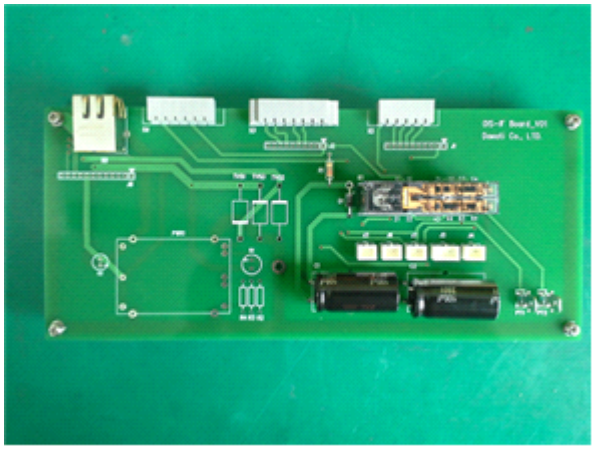
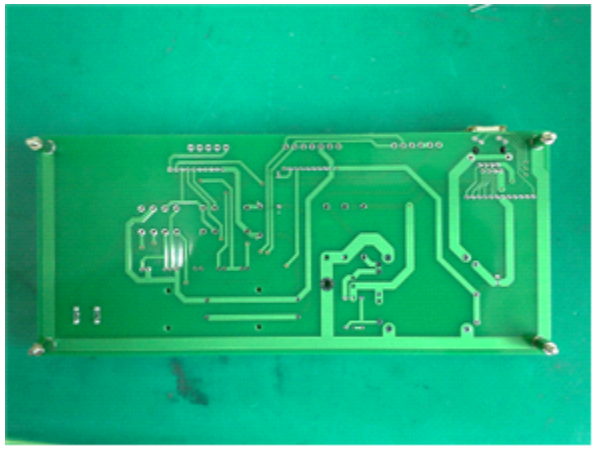
■ 차상인터페이스장치



차상인터페이스장치 사진

■ 차상인터페이스 장치 각종 보드

	
차상인터페이스장치 - OIC보드 사진1	차상인터페이스장치 - OIC보드 사진2
	
차상인터페이스장치 - 전원부 사진1	차상인터페이스장치 - 전원부 사진2
	
차상인터페이스장치 - 표시부 사진1	차상인터페이스장치 - 표시부 사진2

	
차상인터페이스장치 - 입출력부 사진1	차상인터페이스장치 - 입출력부 사진2

■ 차상인터페이스 무선변환모듈 (안테나 일체형)

	
차상인터페이스장치 무선변환모듈 사진1	차상인터페이스장치 무선변환모듈 사진2

마. 초도품 현장설치

■ 작업 개요

- 명칭 : 군자차량기지 신호어김방지시스템 초도품 설치
- 기간 : 13.10.24~13.10.25 (2일간)
- 작업업체 : 동우ENG

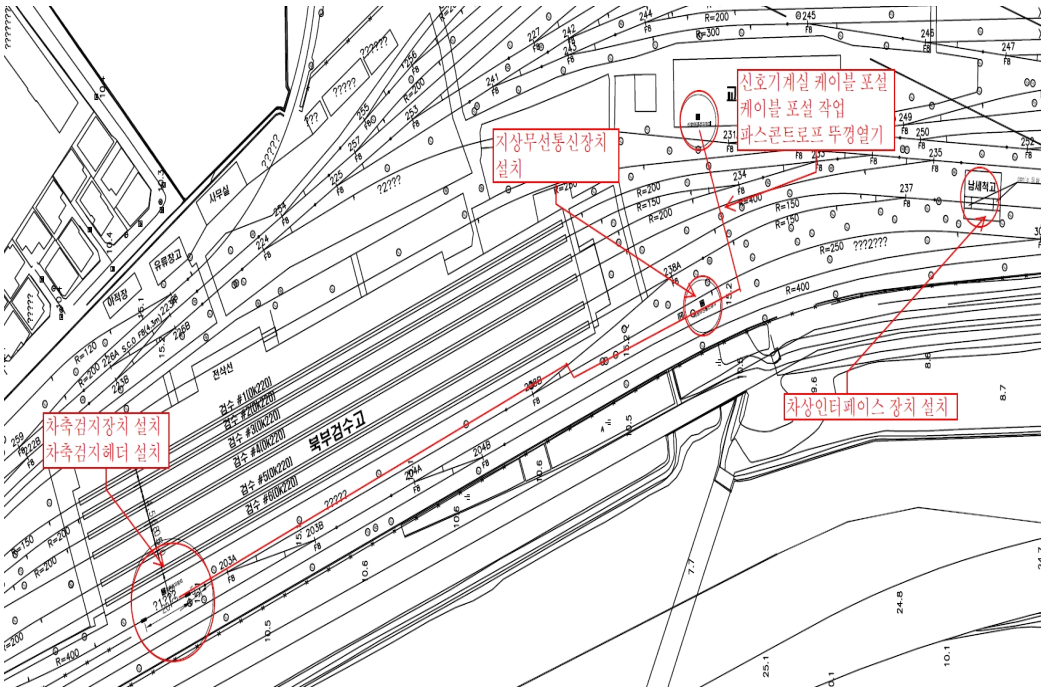


그림 39 초도품 설치 위치

■ 안전관리 계획

- 작업에 투입되는 장비는 사전점검을 철저히 이행하고 작업은 반드시 작업 책임자 입회 후 시행한다.
- 작업책임자는 작업시행 전, 중, 후 관계자와 작업협의 및 운전정보교환 철저
- 공사용 자재는 보행자의 통행에 저촉되지 않도록 적치한다.
- 작업책임자는 안전시공을 위한 안전확보계획 수립 후 작업을 시행하고, 작업원(작업자, 임시관리원)에 대한 안전교육 철저 이행
- 작업완료 후 선로 변 정리정돈 철저 및 장비작업 후에는 장비를 선로에서 상당거리 이격 유치 철저 이행

■ 설치 사진



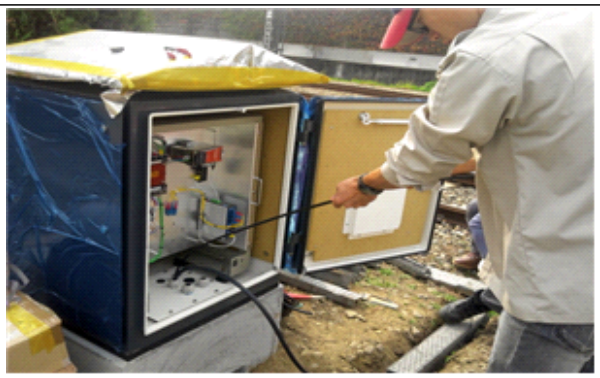
신호어김검지장치 설치 #1



신호어김검지장치 #2



지상무선장치 설치 #1



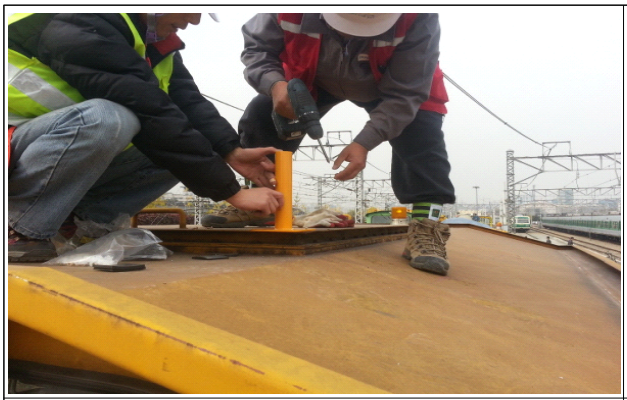
지상무선장치설치 #2



지상무선장치 설치 #3



지상무선장치설치 #4

	
차축검지장치 설치 #1	차축검지장치 설치 #2
	
차축검지장치 설치 #3	차축검지장치 설치 #4
	
차상인터페이스장치 설치 #1	차상인터페이스장치 설치 #2

5. 시제품 제작

가. 신호어김검지장치 제작

(1) 개요

신호어김검지장치는 차축검지장치로부터 전송받은 열차검지정보와 전자연동장치로 부터 수신 받은 신호기 정보를 비교하여 신호어김을 판단하고, 판단 결과를 지상무선장치를 통해 차상인터페이스장치로 전달하는 장치이다. 초도품의 설계, 제작 및 현장 시험을 기반으로 현장의 의견을 반영하고, 안전성과 확장성을 고려하여 시제품을 제작한다. 신호어김검지장치에 대한 주요 기능 개선 사항은 다음과 같다.

- 평가모듈 개선
- 제어렉 배치 변경

■ 평가모듈 개선

지상의 신호어김검지장치에서 확장성을 고려하여 신호어김 평가모듈과 DIU 모듈을 포함시켜 하나의 보드로 개선하여 제작한다. 1개의 평가모듈에서 최대 16개 개소의 차축검지를 할 수 있도록 설계한다.

■ 제어렉 배치 변경

지상의 신호어김검지장치가 확장성을 고려하여 신호어김 평가모듈 2개를 배치하여 1개의 제어렉에서 최대 32개 개소의 차축검지를 할 수 있도록 제어렉의 내부 배치를 변경하여 배치하였다.

(2) 시제품 제작

신호어김검지장치는 전원분전함, 신호어김평가장치, 이더넷스위치, 광이더넷스위치, 작업선반,광분배함, 절연변압기로 구성된다. 개발 시제품은 다음과 같다.

■ 신호어김검지장치 랙



19인치 랙

전원분전함

신호어김평가장치

스위칭 허브

작업선반 / 광 분배함

절연변압기

신호어김검지장치 랙



19인치 랙

전원분전함

신호어김 평가장치

단자대 / 이더넷 스위치

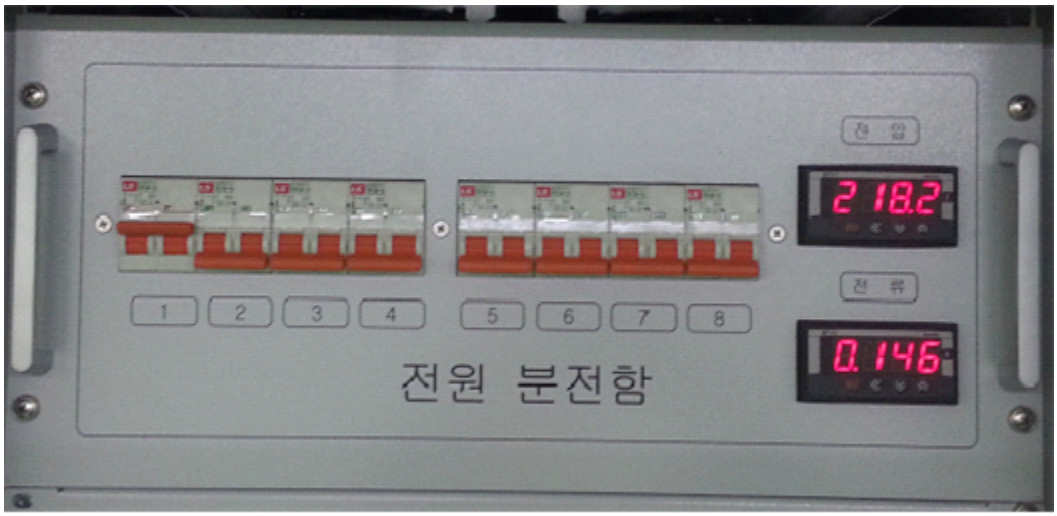
광분배함 / 광이더넷 스위치

24V 전원장치

절연변압기

신호어김검지장치 랙 (후면)

■ 전원분전함



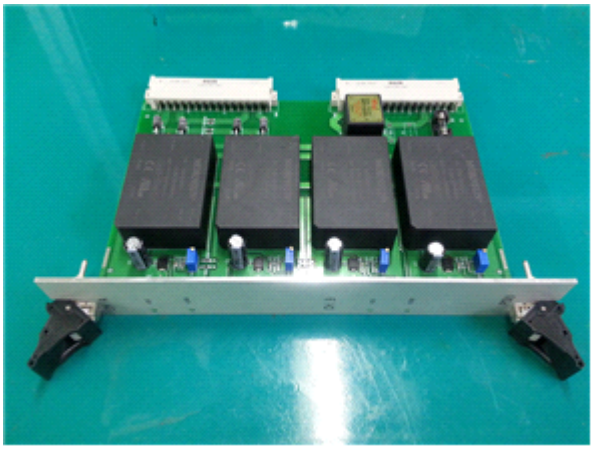
전원분전함

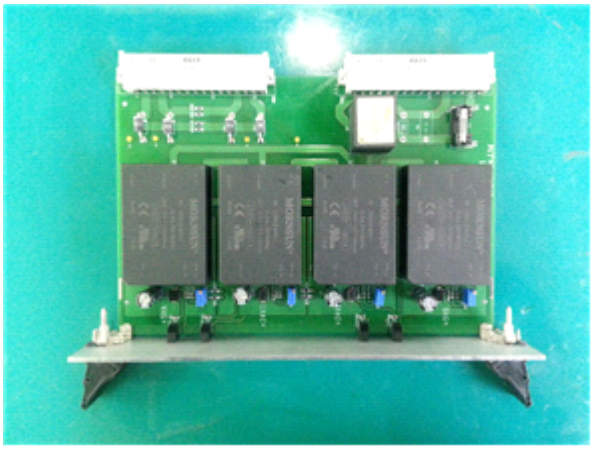
■ 신호어김평가장치 서브랙



신호어김평가장치

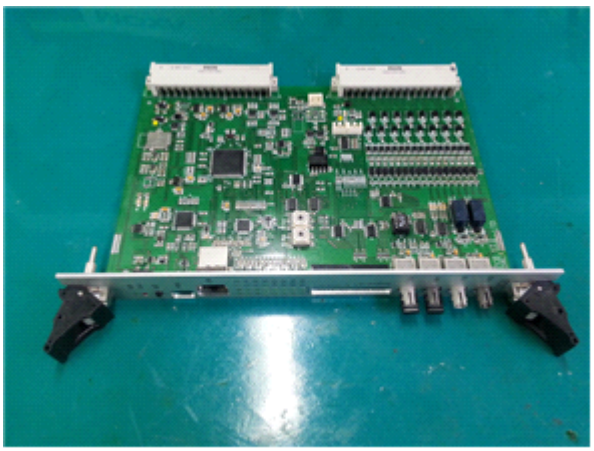
■ PDU 보드

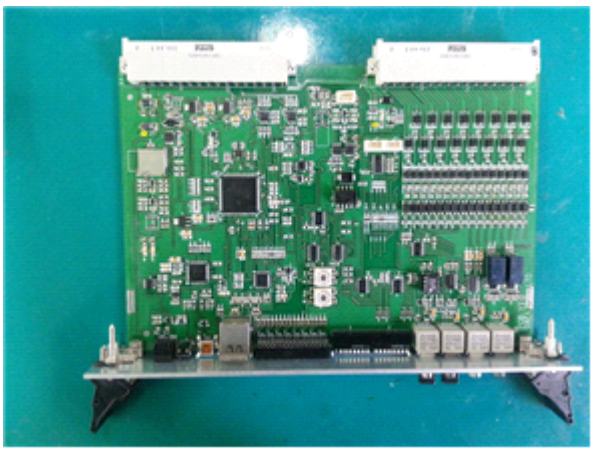




PDU 보드

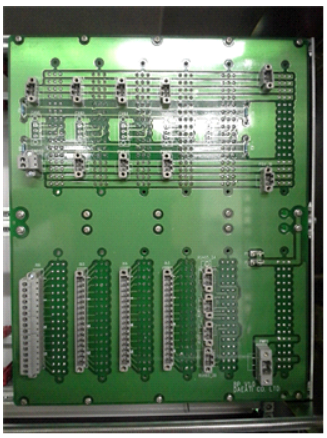
■ CPU 보드 (SCU모드, DIU 보드 기능 포함)





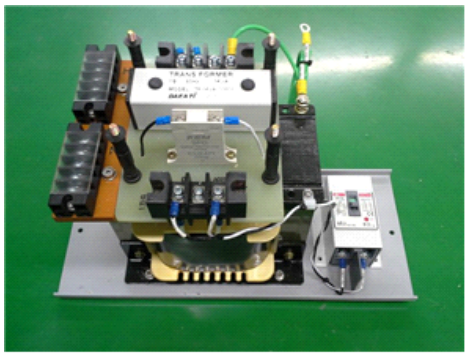
CPU 보드

■ Back Panel 보드



Back Panel 보드

■ 절연변압기



절연변압기

■ 광 이더넷 스위치



광 이더넷 스위치

■ 스위칭 허브



스위칭 허브

■ 광분배함



광분배함

나. 차축검지장치 개발

차축검지장치는 차축검지장치와 차축검지헤더에 의해 이루어지며, 차축검지헤더는 열차의 차축의 방향과 수를 카운트하여 차축검지장치로 차축 정보를 송신하는 장치이며, 차축검지장치는 차축검지헤더로부터 전송받은 차축정보를 분석하여 열차검지정보를 생성하며, 이 생성된 열차검지정보를 신호어김검지장치로 송신하는 장치이다. 초도품의 설계, 제작 및 현장 시험을 기반으로 현장의 의견을 반영하고, 안전성과 확장성을 고려하여 시제품을 제작한다. 차축검지장치에 대한 주요 기능 개선 사항은 다음과 같다.

- 차축검지장치 제어렉 거치대 변경
- 차축검지헤더 설치 개수 변경
- 차축검지장치 에러 카운트 리셋 기능 추가

■ 차축검지장치 제어렉 거치대 변경

지상에 설치되는 차축검지장치의 제작에 있어 초도품에서 차축검지장치의 높이를 고려하여 거치대를 추가하여 제작하였으나, 제작은 물론 설치에서도 복잡한 과정이 있어 기초 부분을 높이는 대신 거치대를 제거하여 설계를 변경한다. 기초 부분의 높이는 기존 거치대의 높이와 동일하게 설계한다.

■ 차축검지헤더 설치 개수 변경

지상에 설치되어 차축을 검지하는 차축의 검지헤더 설치는 열차의 사행동에 의해 검지 신뢰도 향상을 위하여 선로 양측에 설치하는 것으로 설계를 변경하여 적용한다. 선로 양측에 설치되는 두 개의 검지헤더에서 한쪽에서만 검지가 되는 경우 차축 검지로 인식하여 신호어김검지장치로 차축 검지 정보를 전송하도록 제작한다.

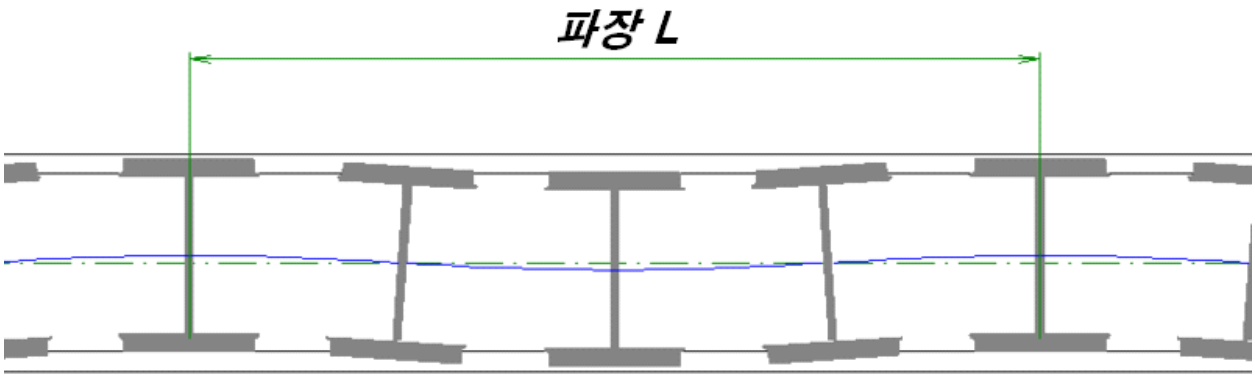


그림 40 열차 사행동 주행

■ 차축검지장치 에러 카운트 리셋 기능 추가

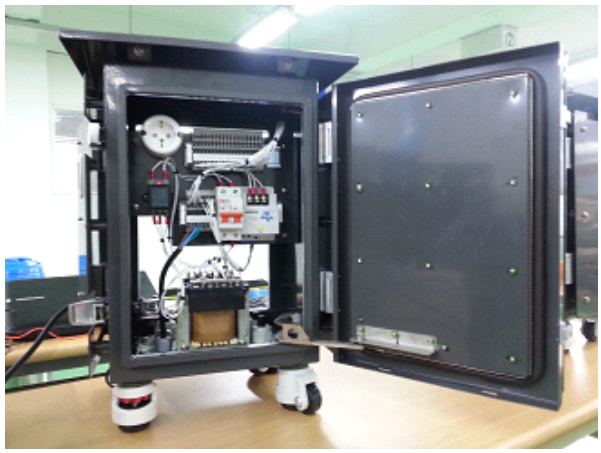
지상에 설치되는 차축검지장치의 차축검지 성능의 신뢰성을 향상하기 위하여 에러 카운트에 오류가 있는 경우 이를 감지하여 자동으로 리셋하는 기능을 추가로 적용한다. 주로 발생하는 카운트 오류에는 다음과 같은 상황이 존재한다.

- 진입측 카운트가 0인 경우 통과측 카운트가 1이 되는 경우
- 통과측 카운트가 0인 경우 진입측 카운트가 -1이 되는 경우
- 열차가 진입한 후 상당한 시간이 경과되는 경우 자동으로 리셋

(2) 시제품 제작

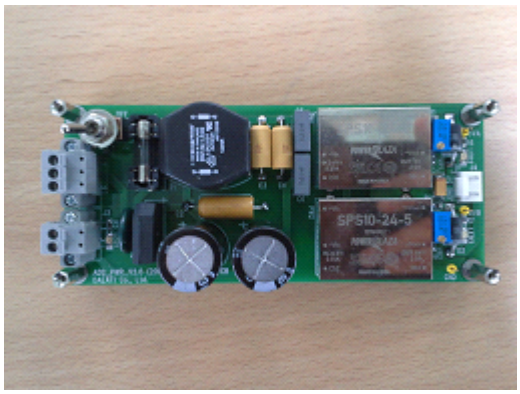
■ 차축검지장치

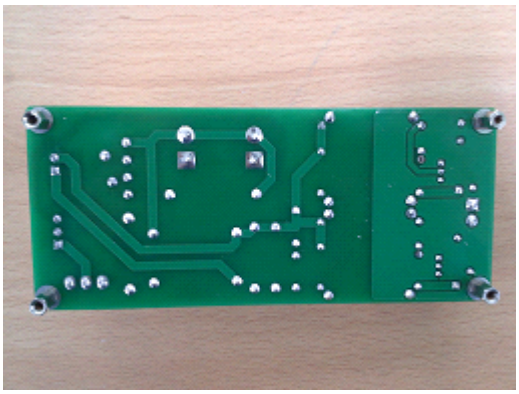




차축검지장치

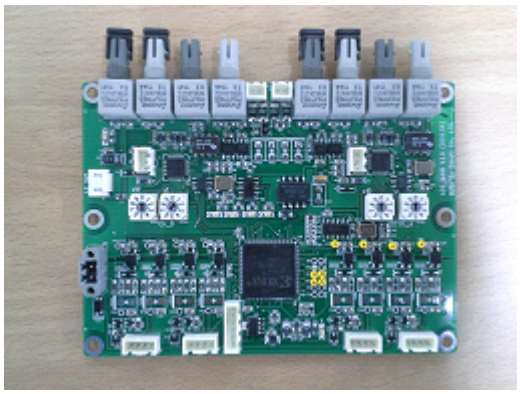
■ 차축검지장치 - 전원부 보드

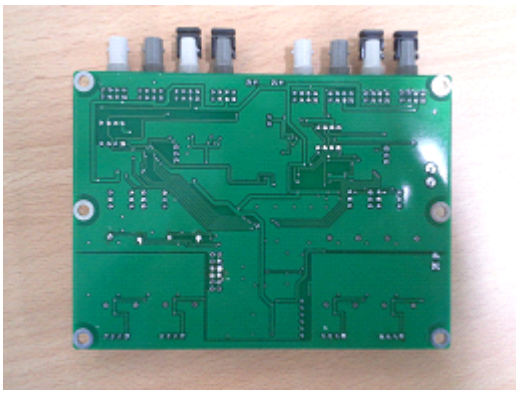




차축검지장치 - 전원부 사진

■ 차축검지장치 - 메인부 보드





차축검지장치 - 메인부 사진

■ 차축검지헤더

센서의 외형은 방수 구조와 충격에 대하여 내성이 강한 FRP 재질로 제작된다.



차축검지헤더

다. 지상무선통신장치 개발

(1) 개요

지상무선통신장치는 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 주고받는 신호어김정보를 무선으로 전달하여주는 장치이다. 지상무선통신장치는 신호어김검지시스템을 구성하는 지상설비인 신호어김검지장치와 차상설비인 차상인터페이스장치간 정보를 무선통신으로 전달하기 위한 장치로 IEEE 801.11 무선변환모듈을 이용하여 구현한다. 초도품의 설계, 제작 및 현장 시험을 기반으로 현장의 의견을 반영하고, 안전성과 확장성을 고려하여 시제품을 제작한다. 지상무선통신장치에 대한 주요 기능 개선 사항은 다음과 같다.

- 제어렉 사이즈 변경
- 무선 안테나 추가

■ 제어렉 사이즈 변경

지상에 설치되는 지상무선통신장치의 제어렉에 대한 유지보수 및 호환성을 고려하여 차축검지장치의 제어렉과 동일한 형상으로 적용하여 시제품을 제작한다.

■ 무선 안테나 추가

지상에 설치되는 치상무선통신장치의 RF 무선 안테나의 속성이 지향성인 것을 고려하여 열차가 안테나 후방으로 진행하는 경우 무선통신에 대한 성능을 향상시키기 위하여 무선 안테나를 반대 방향으로 추가하여 적용한다.

(2) 시제품 제작

■ 지상무선통신장치 외함



지상무선통신장치 외함 사진

■ 무선변환모듈



지상무선통신장치 무선변환모듈 사진

■ RF-안테나



지상무선통신장치 RF-안테나 사진

라. 차상인터페이스장치 개발

(1) 개요

차상인터페이스장치는 신호어김검지장치로부터 전달되는 신호어김정보를 기관사에게 알려주는 장치이다. 차상인터페이스장치는 신호어김검지장치에 의해 신호어김이 평가되어 신호어김 발생 정보가 지상무선통신장를 통해 무선으로 전달되면 차량이 운전자 책임모드(기지운전"YARD")하에 운행 시 운전자로 하여금 신호어김 발생을 인식할 수 있도록 경고(음 및 등)과 함께 신호어김 출력을 Dry contact으로 제공한다. 초도품의 설계, 제작 및 현장 시험을 기반으로 현장의 의견을 반영하고, 안전성과 확장성을 고려하여 시제품을 제작한다. 지상무선통신장치에 대한 주요 기능 개선 사항은 다음과 같다.

- 제어판넬 사이즈 변경
- 신호어김 음성경고 추가

■ 제어판넬 사이즈 변경

차상에 설치되는 차상인터페이스는 차상의 설치 공간 등을 고려하여 제어판넬을 최적 사이즈로 가능한 축소하는 설계 개념을 적용한다. 이를 위하여 기존의 제어장치의 본체를 제어판넬과 전원모듈로 분리하고, 제어판넬에는 최소의 사용자 인터페이스를 제공하는 것으로 불필요한 램프를 제거하여 설계한다.

■ 신호어김 음성경고 추가

차상에 설치되는 차상인터페이스에서 신호어김이 발생하는 경우 신호어김이 발생한 위치를 기관사에게 통보하기 위하여 기존의 경고음, 경고벨과 함께 신호어김이 발생한 신호기의 명칭을 음성으로 제공하여 “00신호기에서 신호어김이 발생하였습니다”의 음성 경고를 출력하도록 추가한다.

(2) 시제품 제작

■ 차상인터페이스장치





차상인터페이스장치 사진

■ 차상인터페이스 전원모듈



차상인터페이스 전원모듈 사진

■ 차상인터페이스 무선변환모듈 (안테나 일체형)



차상인터페이스장치 무선변환모듈 사진1



차상인터페이스장치 무선변환모듈 사진2

마. 시제품 현장설치

■ 작업 개요

- 명칭 : 군자차량기지 신호어김방지시스템 시제품 설치
- 기간 : 14.08.11~14.08.20 (9일간)
- 작업업체 : 동우ENG
- 작업약도



그림 41 시제품 설치 약도

■ 설치 개략도

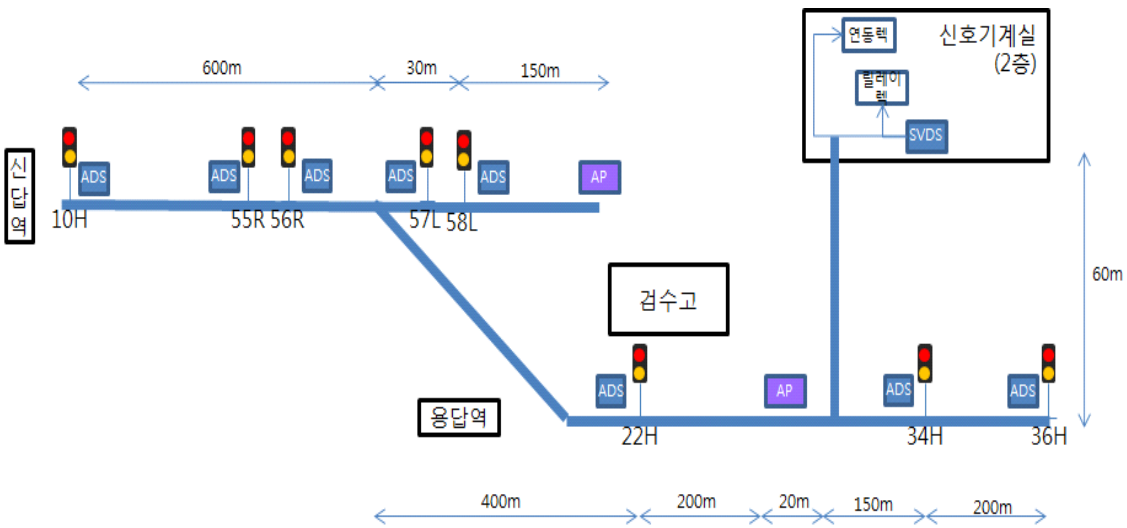


그림 42 시제품 설치 개략도

■ 현장 상세 배치도

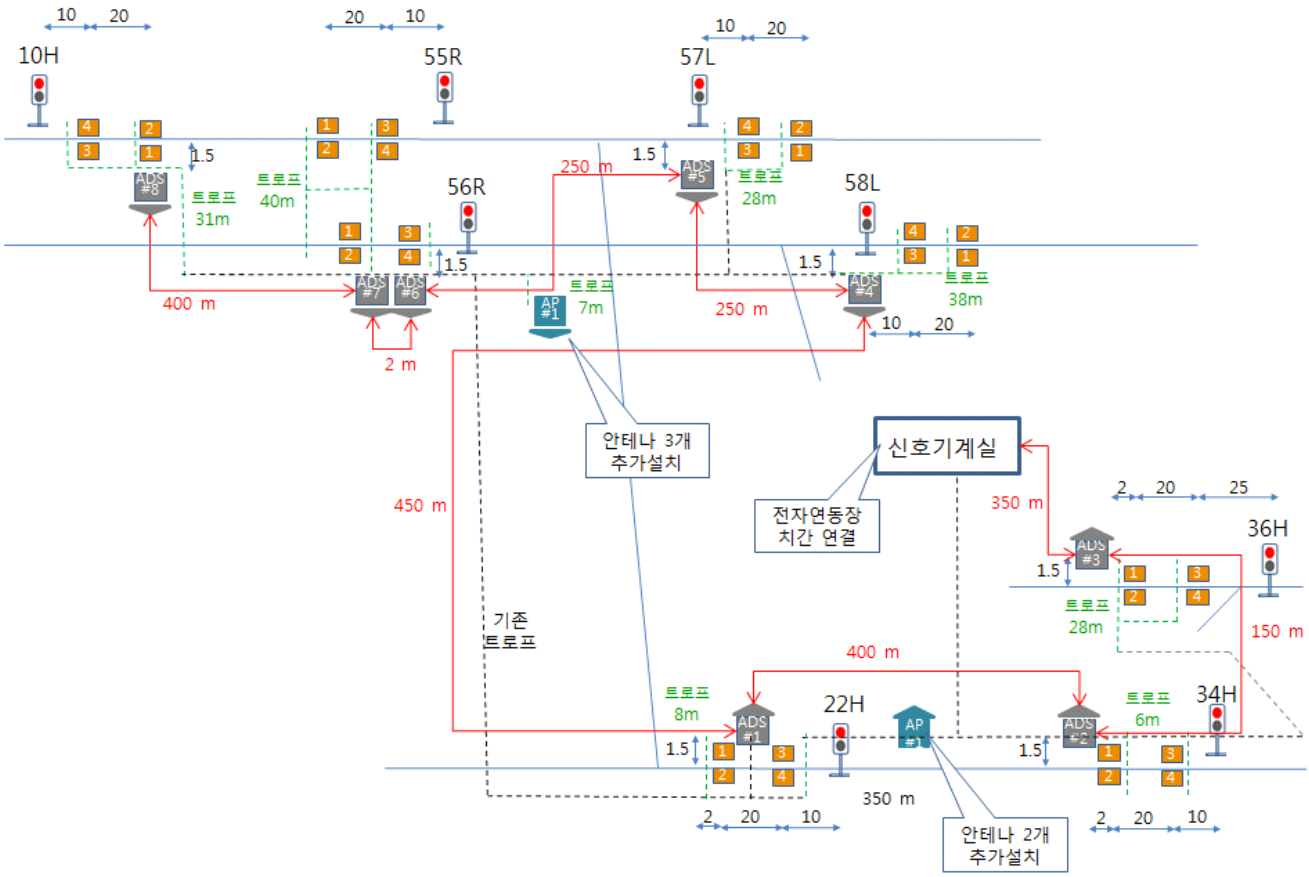


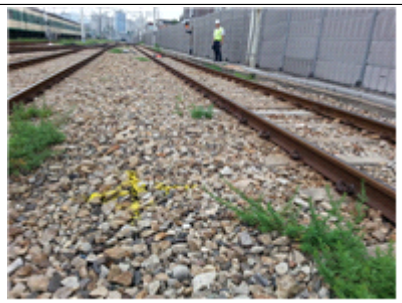
그림 43 시제품 현장 상세 배치도

■ 안전관리 계획

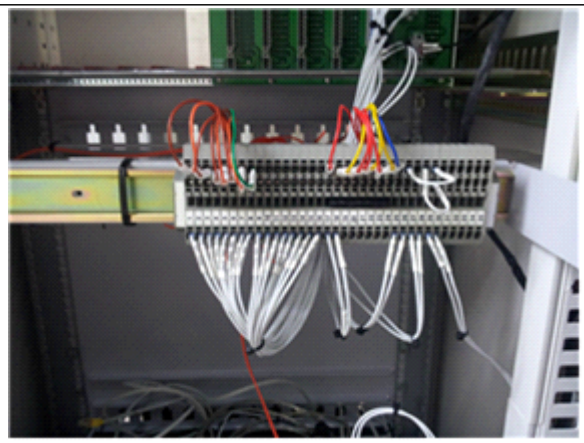
- 작업에 투입되는 장비는 사전점검을 철저히 이행하고 작업은 반드시 작업 책임자 입회 후 시행한다.
- 작업이 진행되는 동안 열차 운행을 항상 감시하여 안전사고 발생에 대한 감시를 철저히 이행한다.
- 작업책임자는 작업시행 전, 중, 후 관계자와 작업협의 및 운전정보교환을 철저히 시행한다.
- 공사용 자재는 보행자의 통행에 저촉되지 않도록 적치한다.
- 작업책임자는 안전시공을 위한 안전 확보계획 수립 후 작업을 시행하고, 작업원(작업자, 임시관리원)에 대한 안전교육 철저 이행한다.
- 작업완료 후 선로 변 정리정돈 철저 및 장비작업 후에는 장비를 선로에서 상당거리 이격 유치 철저 이행한다.

■ 현장사진

	
신호기계실 - 외부	신호기계실 - 계전기랙
	
AP #1 안테나 추가설치	AP #2 추가설치 - 48번
	
36H 설치위치	34H 설치위치
	
10H 설치위치	55R / 56R 설치위치

	
57L 설치위치	58L 설치위치

■ 설치 사진

	
신호어김검지장치 설치 #1	신호어김검지장치 #2

	
계전기렉 10 포설사진	계전기렉 11 포설사진

	
계전기렉 12 포설사진	계전기렉 13 포설사진
	
지상무선장치 AP#1 설치	지상무선장치설치 AP#1
	
지상무선장치 AP#1 설치	지상무선장치 AP#2 설치

	
차축검지장치 36H 설치	차축검지장치 34H 설치
	
차축검지장치 22H 설치	차축검지장치 10H 설치
	
차축검지장치 58L 설치	차축검지장치 56L 설치

	
차축검지장치 56R 설치	차축검지장치 55R 설치

	
차상인터페이스장치 설치 #1	차상인터페이스장치 설치 #2

제3절 연구수행결과 및 결과의 검증 방법

1. 검증 방안

가. 성능 검증 방안

1) 성능지표 및 설정 근거

기지구간 등 기관사 책임모드 운전에서 정지신호를 어기고 진입하는 경우 차축을 검지하여 신호어김을 평가하고, 신호어김 상황을 기관사에게 경보하고 더 나아가 비상제동을 체결하는 신호어김 방지시스템에 있어 차축 검지, 신호어김 평가, 신호어김 전달에 대한 신뢰성이 필수적으로 요구된다. 이를 근거로 5가지의 성능지표를 선정하였으며, 각각의 성능지표에 따른 성능검증 방법, 시험 횟수, 설정근거 및 타당성은 다음과 같다.

표 12 성능지표 및 목표치에 대한 설정근거

성능지표	시험방법	목표설정	설정근거
차축검지 성능	100회 왕복시 검지성능확인	100%	1일 20회 * 5일의 시험 분량을 분석하여 차축검지의 성능을 판단
열차점유 검지성능	100회 왕복시 검지성능 확인	100%	1일 20회 * 5일의 시험 분량을 분석하여 차축검지의 성능을 판단
무선통신성능	무선구간 통신성능 확인	90%	실제 현장에서의 운영환경에서 무선모듈 간 통신성능을 상용툴을 활용하여 누수율 등을 평가
신호어김평가 성능	20회 왕복시 평가시간 측정	500msec 이내	차축검지와 신호기 평가간 시간으로 1초이내 열차로 통보하기 위하여 50%인 0.5초 이내 발생하는 것을 목표로 설정하였음
신호어김반응 성능	20회 왕복시 반응시간 측정	3초 이내	기존 신호시스템의 경우 1~2초간 경고와 3초이내 반응하는 것과 동일한 목표를 설정하였음

2) 신호어김평가 및 반응 시간에 대한 편차

본 신호어김방지시스템은 서브 시스템간 통신에 의한 정보 교환 방식으로 구성되어, 목표설정에 대한 측정치의 편차는 통신 프로세서의 동작과 관계되며, 일반적으로 통신 프로세서에서 50msec~ 100msec 간격으로 통신이 수행되는 것을 감안하여, 최대 100msec의 편차를 고려한 최대 측정시간을 기준으로 성능을 검증한다.

3) 신뢰성 확보방안

본 신호어김방지시스템은 차축검지헤더, 차축검지장치의 현장설비와 신호어김검지장치의 지상설비 및 차상인터페이스의 차상설비로 구성되어 서브 시스템간 디지털 정보를 상호 이더넷 또는 광통신을 통해 인터페이스하고 있어, 전체 시스템에서의 정보를 통신을 통해 데이터를 획득하고 이를 분석함하여 시험에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 신호어김방지시스템에서 발생하는 데이터를 수집하고 저장하는 검증 SW를 자체적으로 개발하여 활용하였다. 본 모듈은 통신 데이터의 수집과 이를 통한 분석을 위한 것으로 디지털 정보와 논리적인 연산에 의해 발생하는 서브 시스템의 상태를 통신을 통하여 저장하는 기능을 수행한다.

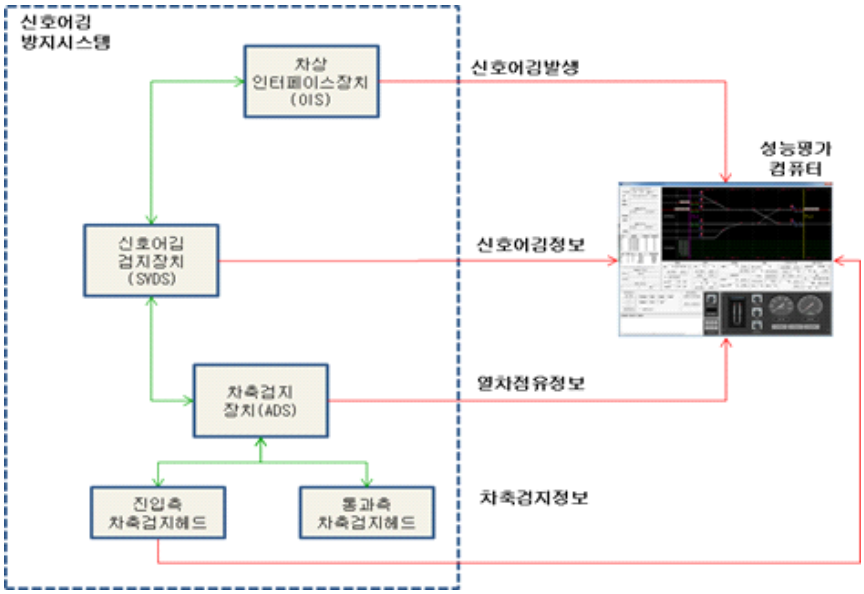


그림 44 시제품 성능평가 모듈 구성

4) 현장 및 시험 환경

본 신호어김방지시스템은 기지에서 기관사 책임모드로 운행하는 동안 발생하는 신호어김을 검지하여 경고하여 사고를 사전에 예방하기 위한 것으로, 실제 현장에 설치하여 성능검증을 위하여 운영기관과 기술협의체를 구성하여 실제 운행하는 환경에서 시험을 성능을 검증하고, 또한, 현장 설치 이전에 실험실 환경에서 실제와 유사한 현장 환경을 구현하여 성능을 사전에 검증하여 철저한 사용자 요구사항에 따른 성능 검증을 수행하였다.

□ 현장시험 환경

- 실제 운영될 기지와 동일한 구간을 선정하여 구축하엿음
- 실제 무선망은 기존 2.4GHz가 많음을 고려하여 5GHz대로 선정하였음
- 서울메트로 군자차량 전체 기지를 대상으로 무선통신 영역 시험을 수행함.
- 서울메트로 군자차량 기지 8개소를 선정하여 기능 시험을 진행하였음.

나. 테스트베드 구축

본 TEST BED는 실제 환경에서 신호어김방지시스템의 기능과 성능을 시험하기 위한 시스템으로, 열차의 시뮬레이션과 장치간 인터페이스를 통하여 차량기지 또는 일부 회차구간에서 열차 운전모드 중 기관사책임모드(YARD MODE)로 열차를 운행 시 발생하는 다양한 상황을 재현하는 시뮬레이션 및 TEST BED를 구축하였다.

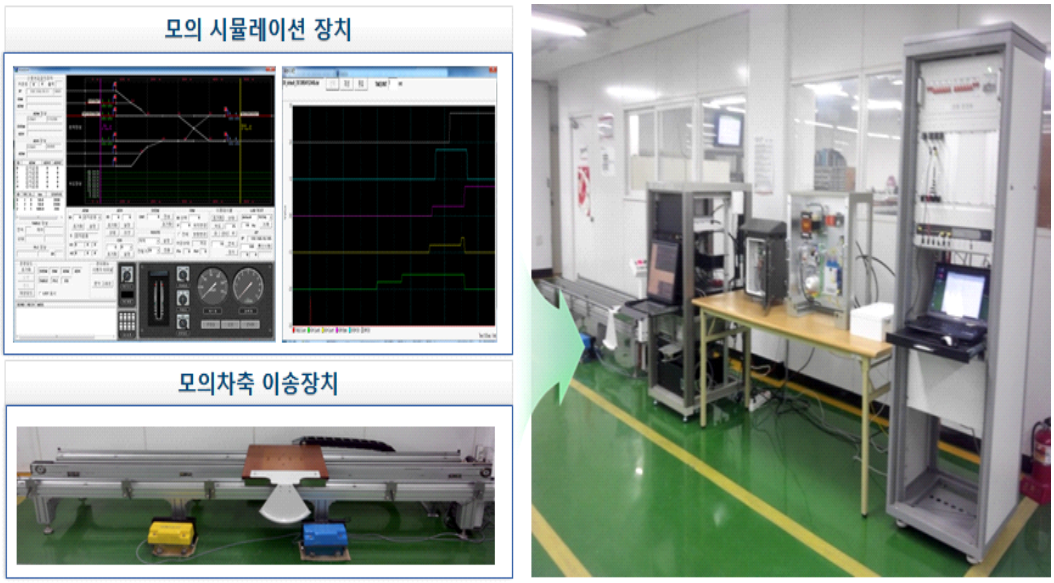


그림 45 신호어김방지시스템 성능시험 TEST BED 구축

(1) 시스템 구성

신호어김 방지시스템 TEST BED는 신호어김 방지시스템을 시험하기 위한 테스트베드를 구축하는 것으로 시뮬레이터 제어장치, 모의 운전실 제어장치, 모의차축 구동장치로 구성한다.

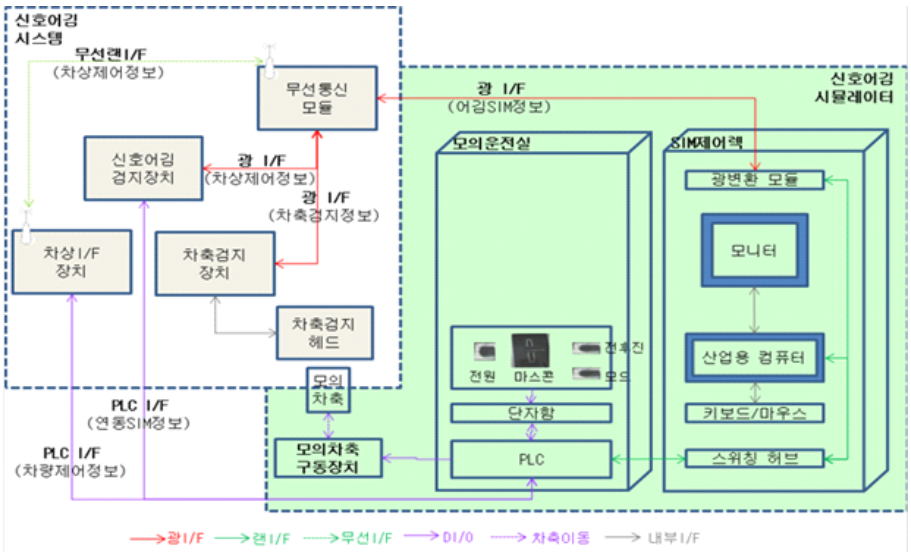


그림 46 신호방지시스템 TEST BED 구성도

■ 시뮬레이터 제어장치

시뮬레이터 제어장치는 신호어김방지시스템을 구성하는 각각의 서브 시스템을 시뮬레이션하기 위한 제어컴퓨터, 네트웍을 위한 허브, 광전송을 위한 변환모듈, 장치렉 등으로 구성한다.

■ 모의운전실 제어장치

모의운전실 제어장치는 가상의 열차 시뮬레이션을 위한 모의 운전실을 구축하는 것으로 마스콘, 조작스위치, 로직제어장치, 장치렉 등으로 구성하여야 한다.

■ 모의차축 구동장치

모의차축 구동장치는 차량의 차축 검지를 모의하기 위한 것으로 모의차축과 구동장치로 구성한다.

(2) 열차 시뮬레이션 모듈

신호어김 방지시스템 TEST BED에서 신호어김방지시스템에 대한 시뮬레이션 및 성능시험을 위하여 구현되는 화면과 주요 기능은 다음과 같다.

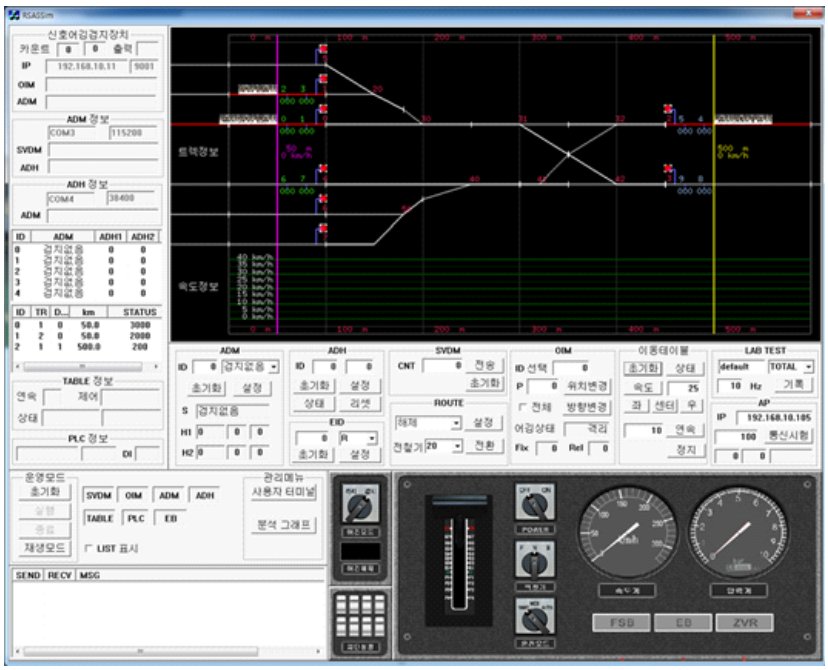


그림 47 신호방지시스템 TEST BED 실행 화면

■ 열차 시뮬레이션 기능

본 장비의 기본적인 기능으로 열차의 시뮬레이션 기능을 중심으로 신호어김방지시스템에 대한 주요 기능을 시뮬레이션으로 모의하기 위한 것으로, 신호어김방지시스템에 대한 주요 기능을 유사하게 모의하는 것으로 실제적인 인터페이스 기능은 없이 작동하게 된다.

■ 시스템 재현 기능

신호어김방지시스템을 구성하는 신호어김검지장치, 차축검지장치, 차상인터페이스장치에 대한 개별적인 기능 시험을 지원하기 위하여 서브시스템에 대한 시뮬레이션을 구현하는 것으로, 이때, 구현되는 주요 기능은 시스템간 연동은 고려하지 않고 시스템 요구사양서에서 요구하는 개별적인 기능만을 시뮬레이션으로 구현하게 된다.

■ 성능시험 지원 기능

신호어김방지시스템 개발을 위한 성능 시험을 지원하기 위한 모드로 시스템 요구사양서에서 요구하는 시스템의 성능을 시험하기 위한 기능을 구현하는 것으로, 이때, 시뮬레이터 시스템은 열차 시뮬레이션을 중심으로 서브 시스템간의 인터페이스 기능으로 데이터를 수집하여 신호어김방지시스템에 대한 주요 성능을 시험하는 용도로 활용하게 된다.

(3) GPS 무선통신 시험 모듈

GPS를 활용하여 모터카에 탑승하여 기지 내를 이동하는 동안 지상의 신호어김검지장치와 차상장치간 무선 통신 성능을 검지하기 위한 모듈로 구현되는 화면과 주요 기능은 다음과 같다.



그림 48 GPS 통신검증 모듈

■ GPS 기반 지도 표시 기능

본 장비의 기본적인 기능으로 열차 이동에 따른 위치를 표시하기 위하여 GPS 수신을 기반으로 웹 기반의 구글 맵에 열차의 위치를 표시하는 기능을 구현한다.

■ 통신 패킷 송수신 측정 기능

신호어김방지시스템을 위한 무선통신 성능을 검증하기 위한 기능으로 지상의 신호어김검지장치에서 송신되는 신호어김 정보가 정상적으로 수신되는지 여부를 검사하여 현 지점에서의 수신 상태를 지도상에 표시한다. 수신되는 경우 녹색의 표식으로 표현하고, 일정 시간 동안 수신이 없는 경우에는 적색으로 표시한다.

■ 무선통신 측정 데이터 저장 기능

신호어김방지시스템의 무선 성능 시험을 위하여 기지 내를 이동하면서 무선 통신의 수신 상태를 위치와 함께 저장하는 기능을 제공한다.

■ 무선통신 측정 데이터 재생 기능

신호어김방지시스템의 무선 성능 시험을 위하여 기지 내를 이동하면서 무선 통신의 수신 상태를 위치와 함께 저장한 파일을 동시에 로딩하여 기지 내 전체에서의 무선통신 영역을 확인하는 기능을 제공한다.

나. 기능시험 방안

(1) 기동

■ 지상장치 기동

- 요구사항

전원 투입 후 자체 진단을 수행하고, 시스템에 이상이 없는 것을 확인한 후 정상적으로 기동이 완료되어야 한다.

- 시험절차

· 지상에 설치된 신호어김검지장치의 메인 전원을 투입한다
· 신호어김검지장치는 장비에 전원이 투입되면서 시스템에 대한 자체 진단을 수행한다
· 이때, 현장에 설치된 차축검지장치에도 자동적으로 전원이 투입되어 자체 진단을 수행한다
· 신호어김검지장치는 자체 진단이 정상인 경우 진행결과를 표시한다
· 이때, 시스템에 이상이 검지된 경우에는 ALARAM 상태를 표시한다
· 지상장치 기동이 정상적으로 완료되는 경우 정상 작동 상태를 표시한다.

■ 차상장치 기동

- 요구사항

전원 투입 후 자체 진단을 수행하고, 시스템에 이상이 없는 것을 확인한 후 정상적으로 기동이 완료되어야 한다.

- 시험절차

· 차상에 설치된 차상인터페이스장치의 메인 전원을 투입한다
· 차상인터페이스장치는 장비에 전원이 투입되면서 시스템에 대한 자체 진단을 수행한다
· 차상인터페이스장치는 자체 진단이 정상인 경우 진행결과를 표시한다
· 이때, 시스템에 이상이 검지된 경우에는 ALARAM 상태를 표시한다
· 차상인터페이스장치 기동이 정상적으로 완료되는 경우 정상 작동 상태를 표시한다.

(2) 운영 모드

■ 감시모드 설정

- 요구사항

정상적으로 기동이 완료되어 신호어김을 감시하는 모드로, 신호어김이 발생하는 경우 차상으로 신호어김 발생이 정상적으로 전송되어야 한다.

- 시험절차

· 차상인터페이스 장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스 장치에서 신호어김모드 스위치를 감시모드로 선택한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 신호어김 상태가 주기적으로 전송된다.
· 지상의 신호어검검지장치에서 전송된 신호어김 상태가 정상인 경우에는 정상적으로 주행한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 전송된 신호어김 상태가 발생인 경우에는 알람등/벨이 출력된다
· 신호어김이 발생한 경우 기관사는 열차를 정차한다.
· 기관사는 신호어김 상태를 확인한 후, 신호어김 해제 버튼을 취급한다.
· 차상인터페이스 장치에서 알람등/벨 출력이 정지되는 것을 확인하고 주행한다.

■ 격리모드 설정

- 요구사항

신호어김 감시를 전혀 받지 않게 되는 모드로, 기관사가 수동으로 격리를 선택하는 경우 신호어김 상태에 따른 제어 없이 정상적으로 주행되어야 한다.

- 시험절차

· 차상인터페이스 장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스 장치에서 신호어김모드 스위치를 ISO 모드로 선택한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 신호어김 상태가 주기적으로 전송된다.
· 지상의 신호어검검지장치에서 전송된 신호어김 상태가 정상인 경우에는 정상적으로 주행한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 전송된 신호어김 상태가 발생인 경우에도 정상적으로 주행한다.

■ 차단모드 설정

- 요구사항

신호어김 감시를 차단하는 모드로, 차축검지장치에 이상이 있는 경우 운영자가 수동으로 차단을 설정하는 경우 신호어김 평가가 차단되어야 한다.

- 시험절차

· 차상인터페이스 장치의 정상기동을 확인한다.

· 차상인터페이스 장치에서 신호어김모드 스위치를 감시모드로 선택한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 신호어김 상태가 주기적으로 전송된다.
· 신호어김검지장치에서 해당 차축검지장치를 차단으로 설정한다.
· 신호어김검지장치에서 해당 차축검지장치 차단시 해당 차축검지장치 감시 LED를 소등한다.
· 열차가 정지신호에도 계속 진행하여도 신호어김이 발생하지 않는 것을 확인한다.

(3) 차축검지 감시

■ 차축검시상태 전송
- 요구사항
지상의 차축검지장치에서 주기적으로 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송되어야 한다.

- 시험절차
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 해당 차축검지장치에서 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 이때, 차축검지장치에서 정보의 수신 및 송신에 해당하는 LED가 점등되는 것을 확인하다.
· 차축검지장치에서 송신되는 차축검지상태는 시뮬레이터의 ADM 전송창에서 확인한다.

■ 진행방향 열차진입 검지
- 요구사항
지상의 차축검지장치에서 열차의 진행방향 열차진입을 검지한다.

- 시험절차
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 열차가 기지모드로 감시하는 진행 방향으로 주행하여 진입한다
· 해당 차축검지장치의 진입측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 해당 차축검지장치의 통과측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 진입측 헤더에서 먼저 검지되고 통과측 헤더에서 차축이 검지되는 경우 진행방향으로 열차가 진입한 것으로 판단하다.
· 차축검지장치는 진행방향 열차진입의 차축검시상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차축검지장치에서 송신되는 차축검지상태는 시뮬레이터의 ADM 전송창에서 확인한다.

■ 반대방향 열차진입 검지
- 요구사항

지상의 차축검지장치에서 열차의 반대방향 열차진입을 검지한다.

- 시험절차
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 열차가 기지모드로 감시하는 반대 방향으로 주행하여 진입한다.
· 해당 차축검지장치의 통과측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 해당 차축검지장치의 진입측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 통과측 헤더에서 먼저 검지되고 진입측 헤더에서 차축이 검지되는 경우 반대방향으로 열차가 진입한 것으로 판단하다.
· 차축검지장치는 진행방향 열차진입의 차축검시상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차축검지장치에서 송신되는 차축검지상태는 시뮬레이터의 ADM 전송창에서 확인한다.

■ 열차통과 검지
- 요구사항
지상의 차축검지장치에서 열차가 진입한 후 통과한 것을 검지한다.

- 시험절차
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 열차가 기지모드로 차축감시 영역을 통과한다..
· 해당 차축검지장치의 통과측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 해당 차축검지장치의 진입측 헤더에서 차축이 검지되는 것을 확인한다.
· 통과측 헤더와 진입측 헤더의 차축검지 카운트가 동일한 경우 열차는 감시영역을 통과한 것으로 판단한다.
· 차축검지장치는 진행방향 열차진입의 차축검시상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차축검지장치에서 송신되는 차축검지상태는 시뮬레이터의 ADM 전송창에서 확인한다.

(4) 신호어김 감시

■ 신호어김상태 전송
- 요구사항
지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 신호어김상태를 차상인터페이스장치로 전송되어야 한다.

- 시험절차
· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.

· 해당 차축검지장치에서 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 열차진입의 차축검지상태 전송이 있는 경우 해당 신호기 상태가 정지상태인지 확인한다.
· 지상의 신호어검지장치에서 차축검지와 신호기 상태를 비교하여 신호어김을 평가한다.
· 신호어김검지장에서 평가된 신호어김상태는 주기적으로 차상인터페이스 장치로 전송한다.
· 신호어김이 발생하는 경우 신호어김검지장치는 알람등/알람벨을 출력한다.

■ 신호어김 정상

- 요구사항

지상의 신호어김검지장치에서 신호기가 진행인 경우 열차가 진입하여 차축이 검지되어도 신호어김이 없는 것으로 평가되어야 한다.

- 시험절차

· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 해당 차축검지장치에서 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차상인터페이스 장치에서 기지모드로 신호어김감시 상태에서 감시영역으로 진입한다.
· 열차진입의 차축검지상태 전송이 있는 경우 해당 신호기가 진행 상태를 확인한다.
· 지상의 신호어검검지장치에서 차축검지와 신호기 상태를 비교하여 신호어김 정상으로 평가한다.
· 신호어김이정상인 경우 신호어김검지장치는 알람등/알람벨을 출력하지 않는다.
· 신호어김검지장치에서 평가된 신호어김상태는 주기적으로 차상인터페이스 장치로 전송한다.

■ 신호어김 발생

- 요구사항

지상의 신호어김검지장치에서 신호기가 정지인 경우 열차가 진입하여 차축이 검지되면 신호어김이 발생한 것으로 평가되어야 한다.

- 시험절차

· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 신호어김검지장치에서 주기적으로 차축검지장치 상태를 요청한다.
· 해당 차축검지장치에서 차축검지상태를 신호어김검지장치로 전송한다.
· 차상인터페이스 장치에서 기지모드로 신호어김감시 상태에서 감시영역으로 진입한다.
· 열차진입의 차축검지상태 전송이 있는 경우 해당 신호기가 진행 상태를 확인한다.
· 지상의 신호어검검지장치에서 차축검지와 신호기 상태를 비교하여 신호어김 발생으로 평가한다.
· 신호어김이발생한 경우 신호어김검지장치는 알람등/알람벨을 출력한다
· 신호어김검지장치에서 평가된 신호어김상태는 주기적으로 차상인터페이스 장치로 전송한다.
· 차상인터페이스장치에서 신호어김을 수신하여 알람등/알람벨을 출력한다.

· 기관사는 열차를 정차하여 신호어김 상태를 확인한다.

■ 신호어김 해제

- 요구사항

신호어김이 발생한 경우 기관사가 수동으로 해제 취급을 하여 신호어김 상태를 해제한 후 정상적으로 주행되어야 한다.

- 시험절차

· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치에서 신호어김을 수신하여 알람등/알람벨을 출력한다.
· 기관사는 열차를 정차하여 신호어김 상태를 확인한다.
· 기관사는 지상의 관리자에게 해제운전에 대한 허가를 요청한다.
· 기관사가 수동으로 해제버튼을 취급한다.
· 차상인터페이스장치에서 알람등/알람벨 출력이 중지된다.
· 기관사는 열차를 정상적으로 주행한다.

(5) 진단 및 기록

■ 상태 진단

- 요구사항

주기적으로 시스템의 고장 및 작동 상태를 진단하여야 한다.

- 시험절차

· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 정상기동이 완료되는 경우 정상작동 LED를 점등한다.
· 통신 등 작동 프로세서에 문제가 발생하는 경우 알람 LED를 점등한다

■ 기록

- 요구사항

진단에 따른 시스템 고장, 동작중 발생하는 다양한 이벤트가 발생하는 경우 1000개 이상 기록되어야 한다.

- 시험절차

· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 시스템 고장이 발생하는 경우 발생 내역을 저장모듈에 기록한다.
· 차축검지,신호어김 등의 상태가 변경되는 경우 이벤트 내역을 저장모듈에 기록한다.

(6) 사용자 인터페이스

■ 상태표시
- 요구사항
  사용자에 의해 시스템의 작동상태 정보를 제공하여야한다

- 시험절차
· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 터미널 접속을 위하여 시리얼 케이블을 접속한다.
· 상태표시 명령을 입력한다.
· 시스템은 고장 및 작동 상태를 표시한다.

■ ID 설정
- 요구사항
  사용자에 의해 장치의 ID를 설정하여야 한다.

- 시험절차
· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 터미널 접속을 위하여 시리얼 케이블을 접속한다.
· ID 설정 명령과 변경할 ID를 입력한다.
· 시스템을 리셋하여 재가동한다.

■ 신호기 ID 설정
- 요구사항
  사용자에 의해 차축검지장치가 감시하는 신호기 ID 설정하여야 한다.

- 시험절차
· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 터미널 접속을 위하여 시리얼 케이블을 접속한다.
· 신호기 ID 설정 명령을 입력한다.
· 차축검지장치 및 감시 신호기 ID를 입력한다.

■ 기록파일 다운로드

- 요구사항
  사용자에 의해 시스템의 기록파일 다운로드 기능이 제공하여야한다.

- 시험절차
· 지상의 신호어김검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 지상의 차축검지장치의 정상기동을 확인한다.
· 차상인터페이스장치의 정상기동을 확인한다.
· 터미널 접속을 위하여 시리얼 케이블을 접속한다.
· 기록파일 다운로드 명령을 입력한다.
· 장치는 저장모듈에 기록된 고장 및 작동상태 이벤트를 전송한다.
· 터미널은 전송되는 내용을 파일로 저장하여 보관한다.

(7) 시스템 고장

■ 신호검지장치 고장
- 요구사항
  신호어김검지장치가 고장인 경우 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차
· 차상인터페이스장치에서 신호어김 정보가 수신되지 않아 고장LED를 점등한다.
· 기관사는 신호어김검지장치의 고장을 운영자에게 통보한다.
· 운영자는 신호어김검지장치의 고장 LED를 통하여 시스템 고장을 확인한다.
· 고장 LED이 점등된 경우 운영자는 시스템을 재기동한다.

■ 차축검지장치 고장
- 요구사항
  신호어김검지장치가 고장인 경우 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차
· 차축검지장치에서 시스템에 문제가 발생하여 차축검지 정보 송신이 되지 않는다.
· 운영자는 신호어김검지장치의 고장 LED를 통하여 시스템 고장을 확인한다.
· 고장 LED이 점등된 경우 운영자는 차축검지장치를 재기동한다.

■ 차상인터페이스 고장
- 요구사항
  차상인터페이스 고장인 경우 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차

· 차상인터페이스장치에서 시스템에 문제가 발생하여 이상 작동한다.
· 운영자는 차상인터페이스장치의 고장 LED를 통하여 시스템 고장을 확인한다.
· 고장 LED이 점등된 경우 운영자는 차상인터페이스장치를 재기동한다.

(8) 인터페이스 고장

■ 신호기 정보 미수신
- 요구사항
  신호기 정보 미수신시 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차
· 신호어김검지장치에서 신호기 정보가 수신되지 않는다.
· 신호어검검지장치에서는 정보가 없는 경우 신호기 정지 상태로 판단하여 신호어김을 평가한다.
· 열차가 정상 주행한 경우에도 신호어김이 발생하는 경우 신호기 정보 수신을 재확인한다.

■ 차축검지 정보 미수신
- 요구사항
  차축검지 정보 미수신시 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차
· 신호어김검지장치에서 차축검지 정보가 수신되지 않는다.
· 신호어검검지장치에서는 차축검지 정보가 없는 경우 고장 LED를 출력한다.
· 열차가 정상 주행한 경우에도 신호어김이 발생하는 경우 차축검지 정보 수신을 재확인한다.

■ 신호어김 정보 미수신
- 요구사항
  신호어김 정보 미수신시 운영자 조치를 위한 정보 제공 수단이 제공되어야 한다.

- 시험절차
· 신호어김검지장치에서 차축검지 정보가 수신되지 않는다.
· 차상인터페이스장치에서는 신호어김 정보가 없는 경우 고장 LED를 출력한다.

다. 성능시험 방안

(1) 성능지표

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능 목표는 신호어김이 발생한 시점에서 최종적으로 기관사나 열차에 얼마나 신속하게 전달되어 사고를 방지하는 가에 있다. 이를 위한 세부적인 성능 지표는 다음과 같다.

■ 차축검지 성능

차축검지에 대한 성능은 열차가 진행하는 것을 감지하기 위하여 차축을 검지하는 신뢰도로 정의하며, 시스템이 작동되는 동안 차축의 검지 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다.

■ 신호어김평가 성능

신호어김 평가에 대한 성능은 차축이 검지되는 시점에서 입력된 신호기 정보와 비교하여 신호어김을 평가하는 수행시간 정의하는 것으로, 차축검지 및 신호기 정보 입력처리와 신호어김 판단하여 처리하는 시간으로 500msec 이내에서 수행되어야 한다.

■ 무선통신 성능

신호어김 정보를 전달하기 위한 무선통신의 성능은 신호어김검지장차와 차상인터페이스장치간 통신을 위한 신뢰도로 정의하며, 무선 통신 신뢰도는 90% 이상을 보장하며, 기지 내 무선통신 영역에 대한 무선통신환경 구축이 보장되어야 한다.

■ 신호어김반응 성능

신호어김 반응에 대한 성능은 차축이 검지되는 시점에서 신호어김의 평가 결과가 차상으로 전달되어 경보와 비상제동 출력되는 경과시간을 정의하는 것으로, 신호어김 발생 시 열차 내 기관사가 반응하도록 신호어김을 통보하는 반응시간은 1초 이내에서 보장되어야 한다.

(2) 신호어김 성능 평가방안

■ 요구사항

신호어김 발생시 신호어김 평가는 500 msec 이내에서 수행되어야 한다.

■ 평가방안

열차의 이동은 TEST BED에서 모의차축 구동장치로 100회 반복하여 전후진을 반복하도록 구현하고, 이때 차축검지장치에서 검지되는 열차의 진행방향 진입과 해당되는 신호기 상태를 비교하여 신호어김검지장치에서 신호어김으로 판단하는 시간을 측정하여 평가한다.

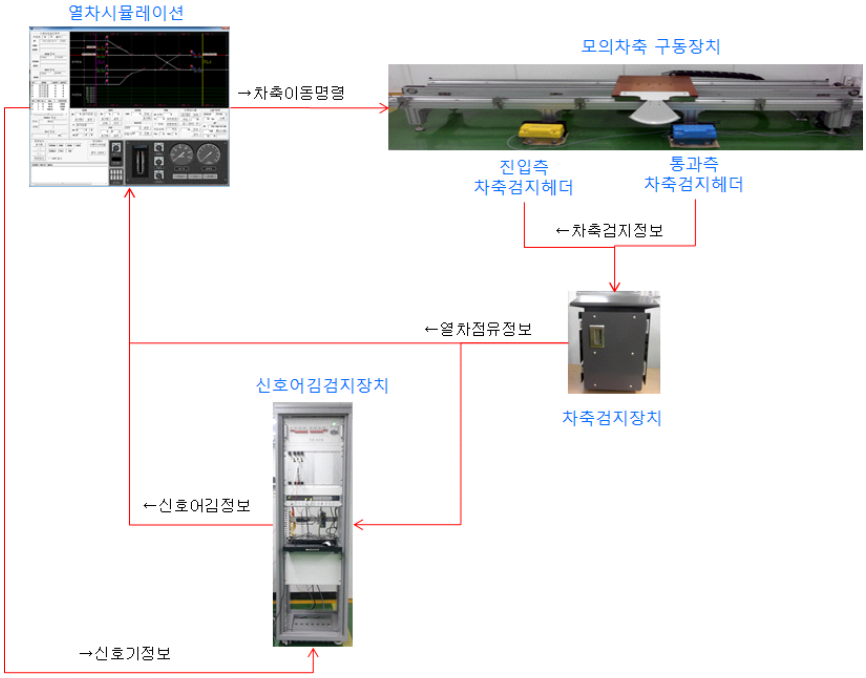


그림 49 신호어김 성능 평가 방안

■ 기록 항목

· 이벤트 발생 시간
· 차축검지장치 열차점유 상태
· 신호어김검지장치 신호어김 상태

■ 측정절차

· 열차점유 정보, 신호어김 정보를 기록한다.
· 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
· 열차점유 정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하는지 확인한다.
· 열차점유 정보가 열차 통과의 경우 신호어김이 해제되는지 확인한다.
· 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 정상적으로 주행하는지 확인한다.
· 기록된 열차점유 정보, 신호어김 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

(3) 열차점유검지 성능 평가방안

■ 요구사항

열차가 진행하면서 차축의 감시영역으로 진입하는 열차의 점유를 검지하는 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다.

■ 평가방안

열차의 이동은 TEST BED에서 모의차축 구동장치로 100회 반복하여 전후진을 반복하도록 구현하고, 이때 차축검지장치에서 검지되는 열차의 진행방향 진입과 반대방향 진입에 따른 열차 점유 상태가 100%의 신뢰도를 보장하는지를 측정하여 평가한다.

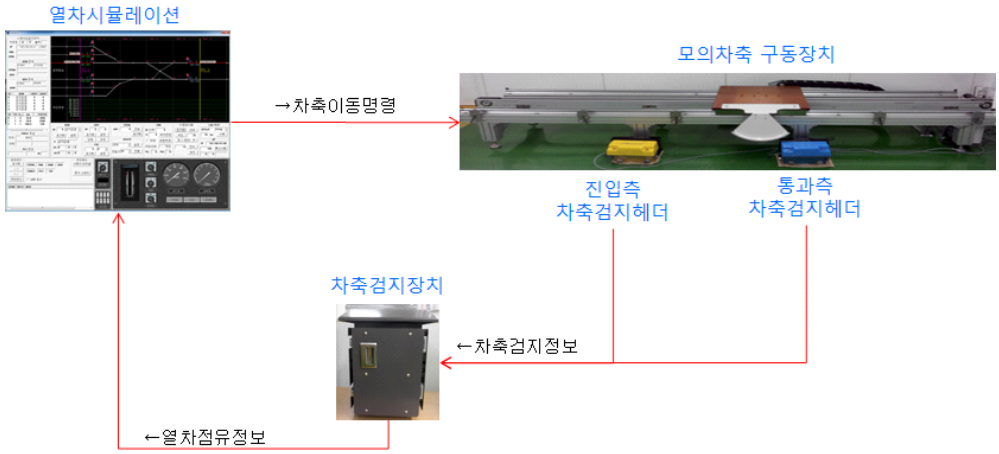


그림 50 열차점유 성능 평가 방안

■ 기록 항목

· 이벤트 발생 시간
· 모의차축 이동 카운트
· 차축검지장치 열차점유 상태

■ 측정절차

· 모의차축 이송정보, 열차점유 정보를 기록한다.
· 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
· 전진 진행시 열차점유 정보 진행방향 진입상태가 되는지 확인한다.
· 통과 상태에서 열차점유 정보가 열차통과가 되는지 확인한다.
· 반대 진행시 열차점유 정보 반대방향 진입상태가 되는지 확인한다.
· 기록된 모의차축 이송정보, 열차점유 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

(4) 차축검지 성능 평가 방안

■ 요구사항

열차가 진행하면서 차축을 검지하는 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다.

■ 평가방안

열차의 이동은 TEST BED에서 모의차축 구동장치로 100회 반복하여 전후진을 반복하도록 구현하고, 이때 차축검지헤더에서 검지되는 카운트 상태가 100%의 신뢰도를 보장하는지를 측정하여 평가한다.



그림 51 차축검지 성능 평가방안

■ 기록 항목

· 이벤트 발생 시간
· 모의차축 이동 카운트
· 진입측 차축검지헤더 카운트
· 통과측 차축검지헤더 카운트

■ 측정절차

· 모의차축 이송정보, 차축검지 정보를 기록한다.
· 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
· 전진 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 +값으로 측정되는지 확인한다.
· 통과 상태에서 차축검지 카운트가 0으로 리셋되는지 확인한다.
· 반대 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 -값으로 측정되는지 확인한다.
· 기록된 모의차축 이송정보, 차축검지 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

(5) 지상무선장치 성능 평가 방안

■ 요구사항

신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 통신을 위한 무선 통신의 신뢰도는 90%이 보장되어야 한다.

■ 평가방안

무선통신 통신 시험 툴 IxChariot를 활용하여 무선통신 안테나의 양단에 설치하여 일정 시간 데이터 누수에 대한 값을 측정하여 무선 통신의 신뢰도를 평가한다.

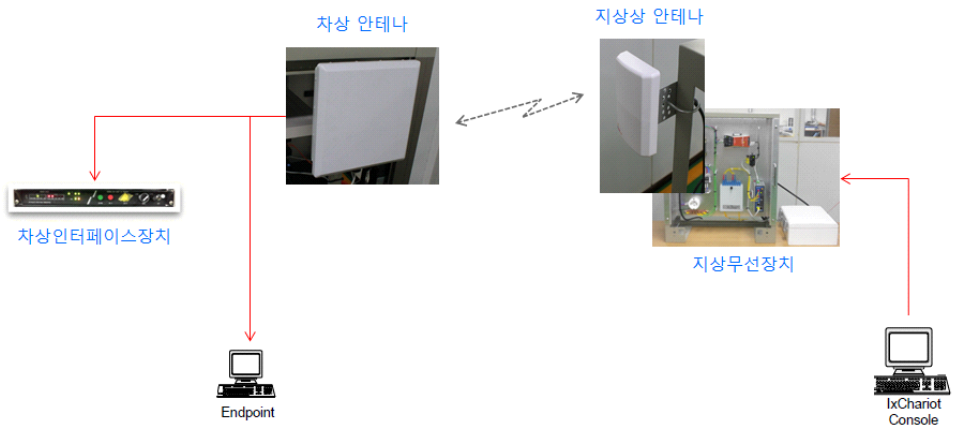


그림 52 무선통신장치 통신 성능 평가방안

■ 기록 항목

· 통신 누수율

■ 측정절차

· 지상 안테나 끝단에 IxChariot 서버 프로그램을 설치한다.
· 차상 안테나 끝단에 IxChariot 클라이언트 프로그램을 설치한다.
· IxChariot 서버 프로그램에서 일정 시간 통신 시험을 선택한다.
· 시험 결과를 확인한 후, 시험결과 리포트를 작성한다.

(6) 신호어김 반응 성능 평가 방안

■ 요구사항

신호어김 발생시 열차 내 기관사가 반응하도록 신호어김을 통보하는 반응시간은 3초 이내에서 수행되어야 한다.

■ 평가방안

열차의 이동은 TEST BED에서 모의차축 구동장치로 100회 반복하여 전후진을 반복하도록 구현하고, 이때 열차가 진입하여 신호어김이 발생하는 경우 신호어김검지장치에서 신호어김 상태를 차상인터페이스장치로 전달하여 기관사에게 경고등/경고벨로 통보되는 시간을 측정하여 평가한다.

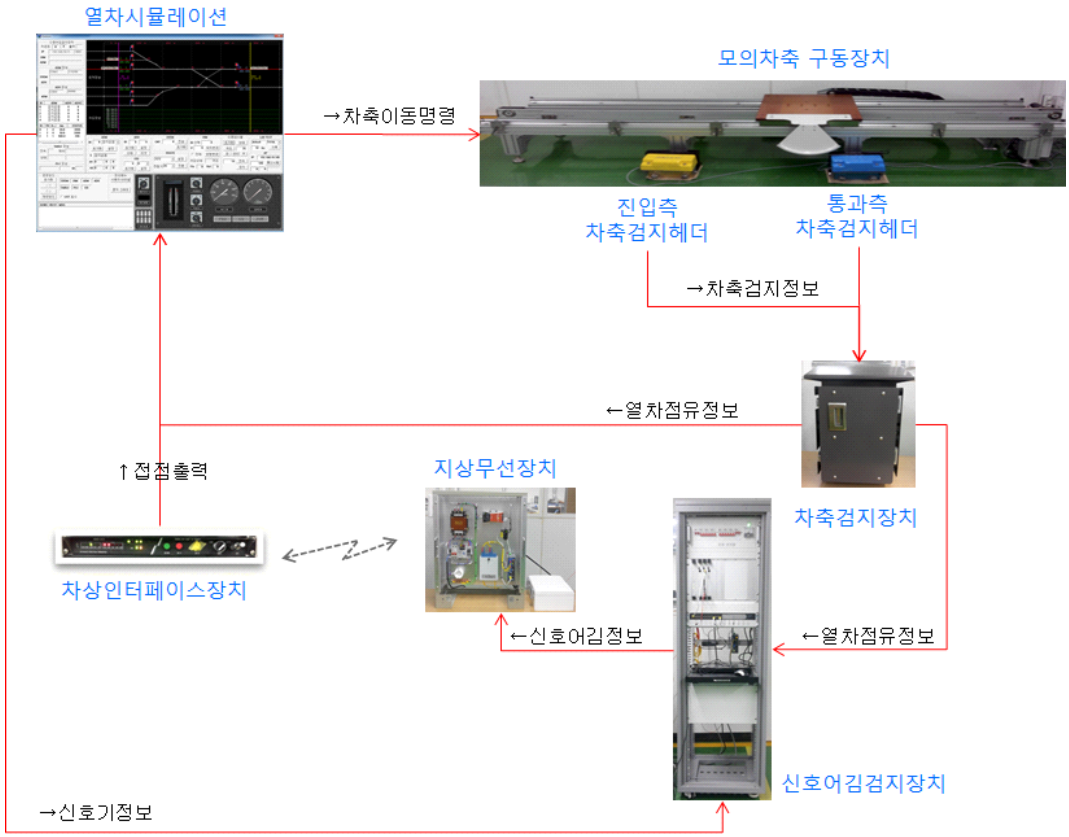


그림 53 신호어김 반응 성능 평가방안

■ 기록 항목

· 이벤트 발생 시간
· 차축검지장치 열차점유 상태
· 신호어김검지장치 신호어김 상태
· 차상인터페이스 신호어김 접점출력 상태

■ 측정절차

· 열차점유 정보, 차상인터페이스 출력을 기록한다.
· 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
· 열차점유 정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하고, 차상인터페이스자치에서 경고등/벨 및 접점출력을 확인한다.
· 신호어김 해제 선택시 차상인터페이스에서 신호어김이 정상적으로 해제되어 경고등/벨 및 접점출력이 차단되는 것을 확인한다.
· 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 신호어김이 없이 정상적으로 주행되느지 확인한다.
· 기록된 열차점유 정보, 차상인터페이스 접점출력 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

라. 현장시험 방안

성능검증을 위한 현장설치는 실제 기지 구간을 선정하여 신호기계실에 지상설비, 현장에 차축검지장치, 모터카 및 전동차에 차상인터페이스장치를 설치하고, 현장시험에서 성능검증을 지원하기 위하여 정보 흐름을 모니터링하고 기록하는 열차 시뮬레이션 모듈 및 무선영역 상태를 기록하는 GPS 모듈 등을 연계하여 구성한다.

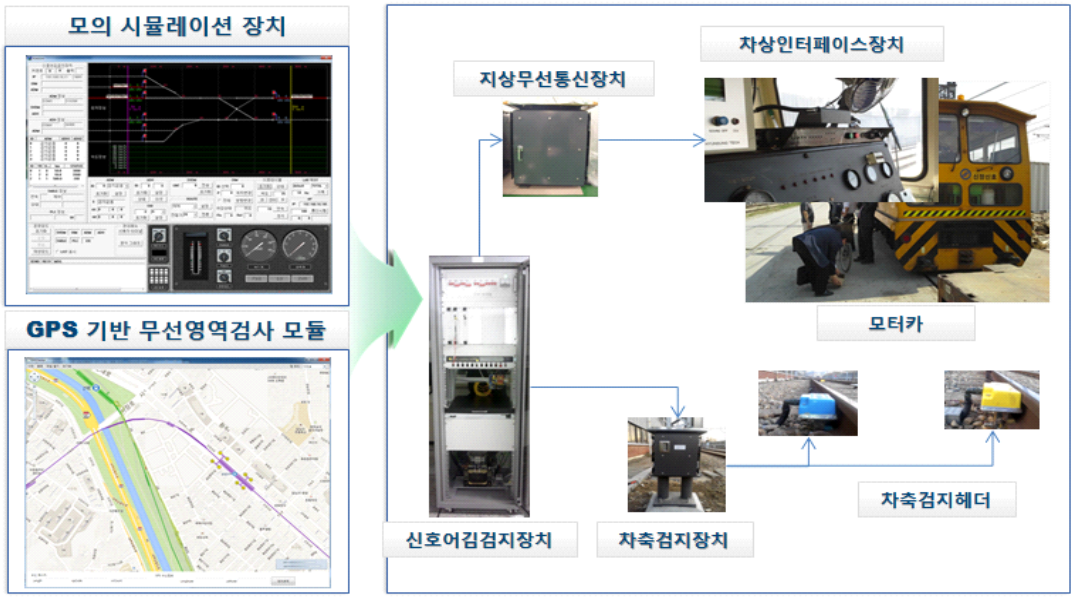


그림 54 신호어김방지시스템 현장시험 환경 구축

(1) 시스템 구성

신호어김 방지시스템의 현장 설치 및 시운전을 위한 시스템 구성으로, 신호어김검지장치, 지상무선통시장치, 차축검지헤드 및 차축검지장치의 지상장비와 차상인터페이스장치의 차상장치로 구성되는 신호어김방지장치의 기능과 성능 검증을 위한 성능평가용 컴퓨터 및 광변환 모듈로 구성된다.

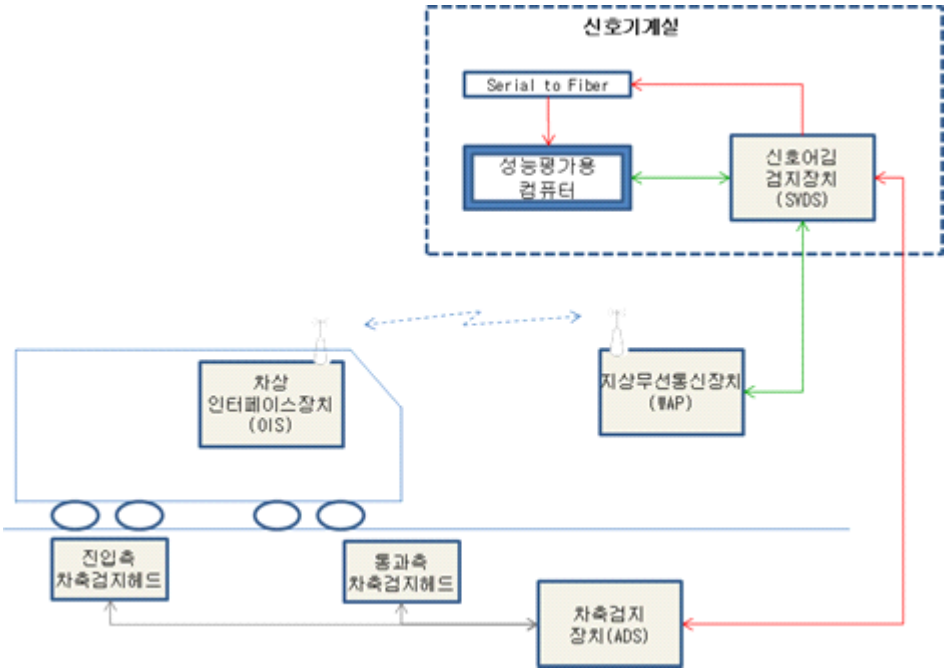


그림 55 현장시험 시스템 구성

(2) 시험방법

신호어김방지시스템의 현장 설치 및 시운전은 서울메트로의 협조를 받아 군자기지 1개소에 차축검지장치를 설치하고, 신호기계실내 신호어김검지장치를 설치하여 시험한다.

■ 설치 검사

- 신호어김검지장치 설치

신호어김검지장치의 설치검사는 신호기계실에 설치된 신호어김검지장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 전자연동장치와의 신호기 정보 인터페이스를 위한 결선 상태, 시리얼 광변환 모듈 및 이더넷 광변환 모듈간 결선 상태를 확인한다. 또한, 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

- 지상무선장치 설치

지상무선장치의 설치검사는 선로변 전차선 장주에 설치된 지상무선장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인한다. 또한, 지상무선장치에 전원을 투입한 상태에서 광변환 모듈이 정상적으로 작동되는 지를 확인하게 된다

- 차축검지장치 설치

차축검지장치의 설치검사는 신호기 전방에 설치된 차축검지장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 신호어김검지장치와 차축검지헤더간 결선 상태를 확인한다. 또한, 차축검지장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

- 차상인터페이스장치 설치

차상인터페이스장치의 설치검사는 모터카 차상에 설치된 차상인터페이스장치에 대한 구성

품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 신호어김검지장치와의 무선 접속을 위한 결선 및 열차간 인터페이스를 위한 결선 상태를 확인한다. 또한, 차상인터페이스장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

■ 인터페이스 검사

- 신호어김검지장치와 전자연동장치 I/F

신호어김검지장치와 전자연동장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 신호기의 진행상태와 정지상태에서 입력되는 신호기 상태를 신호기검지장치의 입력보드 상에서 확인하고, 신호기검지장치의 디버깅 모드에서 신호기 상태가 변경되는지를 확인하게 된다.

- 신호어김검지장치와 차축검지장치 I/F

신호어김검지장치와 차축검지장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 시리얼 통신 방식으로 광변환 모듈을 통하여 차축검지장치에서 주기적으로 차축검지상태가 수신되는지를 신호어김검지장치 전면 판넬의 통신상태 LED가 녹색 상태에서 계속적으로 점멸되는지를 통하여 확인하고, 신호어김검지장치의 디버깅 모드에서 차축검지 상태가 정상적으로 수신되는지를 확인하게 된다.

- 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치 I/F

신호어김검지장치와 차상인터페이스장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 이더넷 통신 방식으로 광변환 모듈을 통하여 차상인터페이스장치에서 주기적으로 신호어김상태가 수신되는지를 차상인터페이스장치 전면 판넬의 통신상태 LED가 녹색 상태로 점등되는 지를 확인하고, 차상인터페이스장치의 디버깅 모드에서 신호어김 상태가 정상적으로 수신되는지를 확인하게 된다.

- 차상인터페이스장치와 모터카 I/F

차상인터펭스장치와 모터카의 인터페이스 검사는 모터카를 기동한 상태에서 차상인터페이스장치로 전원이 공급되어 기동 및 정지가 정상적으로 동작하는지를 확인하고, 신호어김검지장치에서 신호어김 발생의 통지가 있는 경우 차상인터페이스장치에서 알람이 정상적으로 발생하는지를 확인하게 된다.

■ 기능 및 운영 검사

- 차상인터페이스장치 기능검사

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 차상인터페이스장치 시험사양서를 기반으로 주요 기능을 점검한다.

- 차축검지장치 기능검사

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 차축검지장치의 시험사양서를 기반으

로 주요 기능을 점검한다.

- 신호어김검지장치 기능검사

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 신호어김검지장치의 시험사양서를 기반으로 주요 기능을 점검한다.

- 통합 운영 시험

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 통합운영 시험사양서를 기반으로 신호어김 정상주행, 신호어김 발생, 반대방향 진입 등의 운영 시나리오에 따른 통합운영 시험을 수행한다.

■ 성능평가

신호어김방지시스템의 성능평가는 통신성능, 차축검지 및 열차점유 신뢰도, 신호어김 성능 및 신호어김 차상반응 성능에 대한 평가를 수행한다.

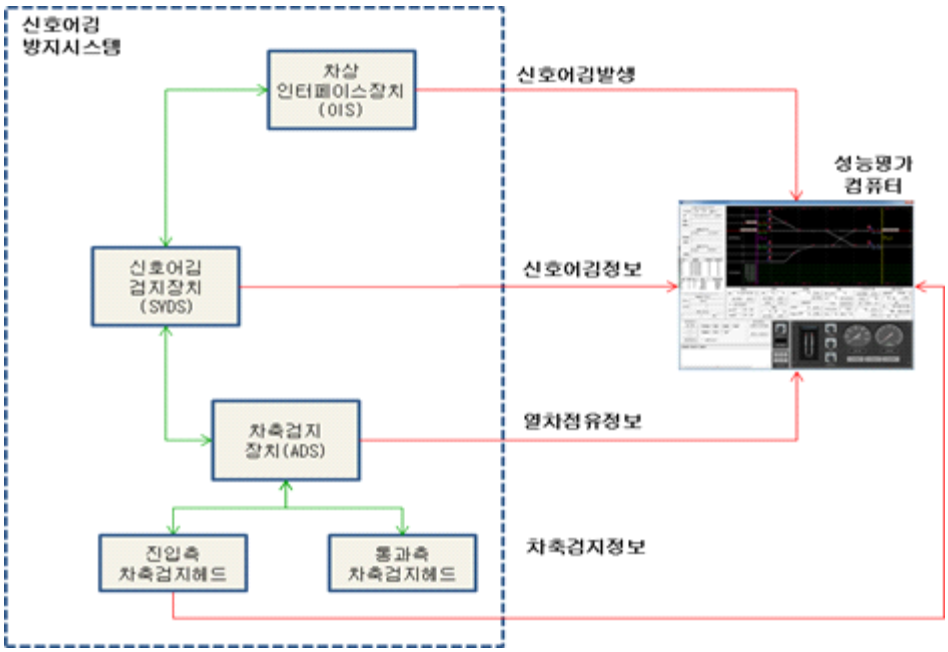


그림 56 시제품 성능평가 개념

- 통신 성능

차상인터페이스장치와 신호어김검지장치의 무선통신 양 끝단에 통신 신뢰도 검사를 위한 툴을 연결하여 무선통신의 신뢰도에 대한 검사를 수행한다.

- 차축검지 신뢰도

모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 진입측 차축검지헤드의 차축검지정보를 성능평가컴퓨터에서 기록하여 차축검지의 신뢰도를 평가한다.

- 차축점유 신뢰도

모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보를 성능평가컴퓨터에서 기록하여 차축검지의 신뢰도를 평가한다.

- 신호어김 평가 성능

신호기가 정지인 상태에서 모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보와 신호어김검지장치의 신호어김정보를 동시에 기록하여 신호어김 평가의 성능을 평가한다.

- 신호어김 반응 시간

신호기가 정지인 상태에서 모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보와 신호어김검지장치의 신호어김정보 및 차상인터페이스장치의 신호어김발생 정보를 동시에 기록하여 신호어김 발생에 따른 차상인터페이스에서의 반응 시간을 평가한다.

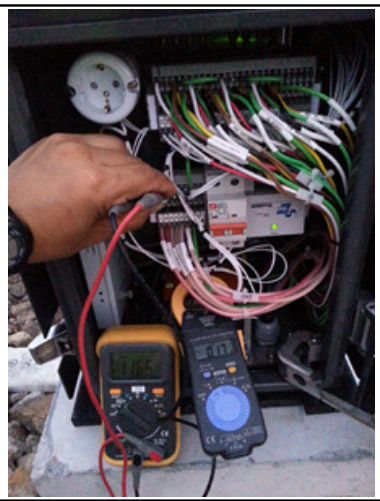
2. 수행결과

가. 기능시험 결과

■ 기동 검사

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다.			
1	**지상장치 기동**			
	신호어김검지장치 전원을 인가한다.	장비 전원 램프 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치가 자체 진단을 실행한다	고장 LED 미점등 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 전원이 자동으로 인가된다.	장비 전원 램프 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 자체 진단을 실행한다	통신 수신 점등 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치 프로세서가 정상적으로 동작한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	지상제어장치의 기동을 완료된다.		양호할것	정상
2	**차상장치 기동**			
	열차를 기동한다.	차상인터페이스 전원 입력 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 전원을 인가한다.	전원 램프 +5V, I+5V, +24CV, B24 LED 점등 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치가 자체 진단을 실행한다.	기동전모드 NRM LED, RFM LED 점등 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 프로세서가 정상적으로 동작한다.	실행 RUN LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치의 기동을 완료된다.	기동전모드 NRM LED, RFM LED 소등 확인 신호어김대기모드 SVRM LED 점등 확인	양호할것	정상

■ 현장 시험 수행 사진

	
신호어김검지장치 전원차단 상태	신호어김검지장치 전원투입 상태
	
차축검지장치 전원차단 상태	차축검지장치 전원투입 상태
	
차상장치 전원차단 상태	차상장치 전원투입 상태

■ 운영모드 검사

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호어김검지장치는 기동 및 정상 작동하는 상태에서 실시한다. 4. 차상인터페이스 장치는 종료 상태, 신호어김 모드스위치는 감시모드 상태에서 실시한다.			

1	**기동전모드 설정**			
	열차를 기동한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 전원을 인가한다.	차상인터페이스 전원 입력 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 전원을 투입한다.	기동전 모드 NRM LED 점등 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 자체 진단을 수행을 완료한다.	기동전 모드 NRM LED 소등 확인 신호어김 대기모드 SVRM LED 점등 확인	양호할것	정상
2	**감시모드 설정**			
	열차에서 기지(YARD)모드를 선택한다.	조작 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 감시모드로 변경한 것을 확인한다.	신호어김 감시모드SVRM LED 점등 확인	양호할것	정상
3	**신호어김 대기모드 설정**			
	열차에서 기지(YARD) 이외의 모드를 선택한다.	조작 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 대기모드로 변경한 것을 확인한다.	신호어김 대기모드 SVDM LED 점등 확인	양호할것	정상
4	**격리모드 설정**			
	차상인터페이스장치 신호어김 모드 스위치를 ISO로 선택한다.	격리 모드 ISOM LED 점등 확인	양호할것	정상

■ 현장 수행 사진

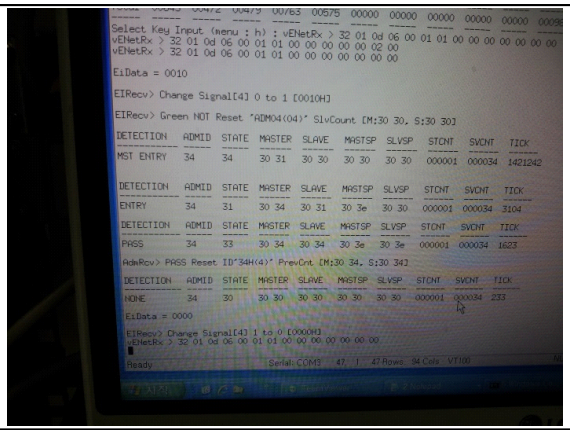
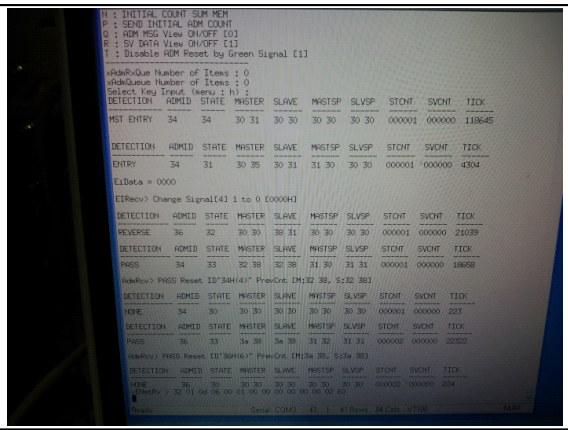
	
차상장치 신호어김모드	차상장치 격리모드

■ 차축검지 감시 기능

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호어김검지장치, 차상인터페이스장치는 기동 및 정상 작동하는 상태에서 실시한다.			

	4. 차축검지에 대한 기능시험을 위하여 전자연동장치에서의 신호기 상태의 조작 및 열차의 전진방향 진입 및 통과, 후진방향 진입 및 통과의 수행이 지원되어야 한다.			
1	**차축검지상태 전송**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 차축검지상태가 정상적으로 수신되는지 확인한다.	신호어김검지장치 차축검지 LED 소등 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 열차없음 점유상태 확인	신호어김검지장치 터미널에서 점유상태 0x31 확인	양호할것	정상
2	**전진진행 점유상태 감시**			
	열차를 전진하여 통과측 차축검지헤드를 1개 차축이 통과하여 정차한다.	신호어김검지장치 터미널에서 전진방향 진입 메시지 확인	양호할것	정상
3	**진진통과 점유상태 감시**			
	열차를 전진하여 통과측 차축검지헤드를 완전히 통과하여 정차한다.	신호어김검지장치 터미널에서 열차통과 메시지 확인	양호할것	정상
4	**반대진행 점유상태 감시**			
	열차를 후진하여 통과측 차축검지헤드를 1개 차축이 통과하여 정차한다.	신호어김검지장치 터미널에서 반대방향 진입 메시지 확인	양호할것	정상
5	**반대통과 점유상태 감시**			
	열차를 후진하여 진입측 차축검지헤드를 완전히 통과하여 정차한다.	신호어김검지장치 터미널에서 열차통과 메시지 확인	양호할것	정상
6	**감시차단**			
	신호어김검지장치의 차축검지장치 차단 스위치를 OFF로 취급한다.	신호어김검지장치 터미널에서 신호어김 차단 메시지 확인	양호할것	정상
	열차를 전후진하여 차축검지헤드 상태 전송이 없는 것을 확인한다.	신호어김검지장치 터미널에서 점유상태 변화없음 확인	양호할것	정상

■ 현장 수행 사진

	
전진진행 및 통과 감시 화면	후진진행 및 통과 감시 화면
	
감시차단 상태	감시상태 신호설정 상태

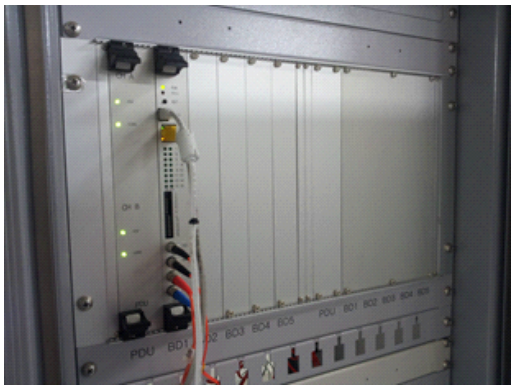
■ 신호어김 감시 기능

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호어김검지장치, 차상인터페이스장치는 기동 및 정상 작동하는 상태에서 실시한다. 4. 차상인터페이스장치는 신호어김 감시모드 상태에서 실시한다. 5. 신호어김 발생의 기능 시험의 경우는 신호기 상태가 정지 상태에서 열차를 전진하여 수행한다.			
1	**신호어김상태 전송**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 주기적으로 신호어김상태를 전송한다.	차상인터페이스장치 신호어김 상태 수신 확인	양호할것	정상

2	**신호어김 정상**			
	전자연동장치 신호를 진행으로 설정한다.	신호기 진행 확인 또는 신호기계실 진행 확인	양호할것	정상
	신호기 정보가 진행상태를 확인한다.	DIU 보드 LED 점등 확인	양호할것	정상
	열차를 전진하여 완전히 통과한다.	열차 이동 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
	열차를 후진하여 완전히 통과한다.	열차 이동 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
3	**신호어김 발생**			
	전자연동장치 신호를 정지로 설정한다.	신호기 진행 확인 또는 신호기계실 진행 확인	양호할것	정상
	신호기 정보가 정지상태를 확인한다.	DIU 보드 LED 소등 확인	양호할것	정상
	열차를 전진하여 통과측 차축검지헤드를 1개 차축이 통과하여 정차한다.	열차 이동 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 신호어김 발생을 확인한다.	신호어김검지장치 경고등/경고벨 발생 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 발생을 확인한다.	차상인터페이스장치 경고등/경고벨 발생 확인	양호할것	정상
4	**신호어김 해제**			
	차상인터페이스장치에서 해제 버튼을 취급한다.	차상인터페이스장치 경고등/경고벨 중지 확인	양호할것	정상
	열차를 전진하여 통과측 차축검지헤드를 완전히 통과하여 정차한다.	신호어김검지장치 경고등/경고벨 중지 확인	양호할것	정상
5	**신호어김 차단**			
	차상인터페이스장치에서 신호어김 모드를 차단으로 취급한다.	차상인터페이스장치 신호어김 감시모드 LED 소등 확인	양호할것	정상
	신호 정지 상태에서 차량을 전진하여 완전히 통과한다.	열차 이동 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상
	열차를 후진하여 완전히 통과한다.	열차 이동 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 신호어김 정	정상 확인	양호할것	정상

	상을 확인한다.			
	차상인터페이스장치에서 신호어김 정상을 확인한다.	정상 확인	양호할것	정상

■ 현장 시험 수행 사진



신호기 정지 상태



신호기 출발 상태



신호어김 발생 화면



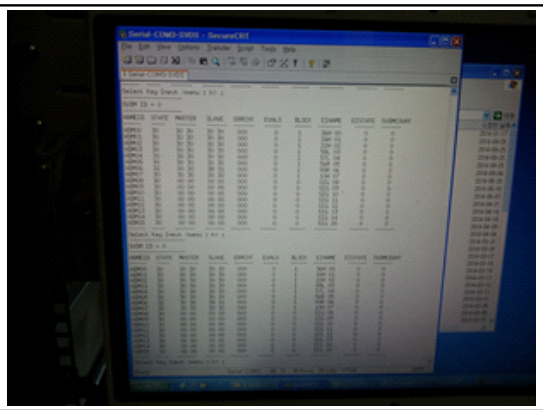
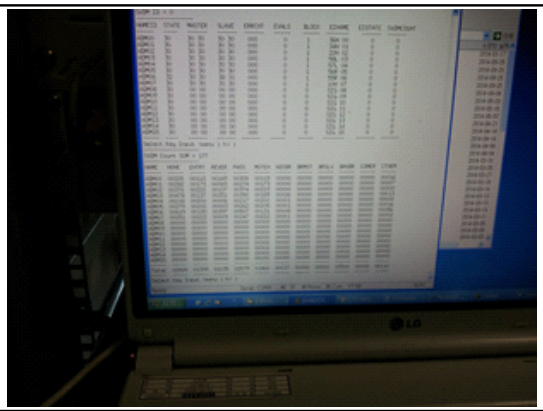
신호어김 릴리즈 취급 화면

■ 진단 및 기록

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호어김검지장치, 차상인터페이스장치에 터미널을 연결하여 인터페이스 상태 및 기록에 대한 시험을 수행한다.			
1	**상태 진단**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에 터미널을 연결하여 S 입력 후 ENTER키를 입력한다.	터미널창에 상태 표시 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상

	차상인터페이스장치에 터미널을 연결하여 S 입력 후 ENTER키를 입력한다.	터미널창에 상태 표시 확인	양호할것	정상
2	**기록**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에 터미널을 연결하여 S 입력 후 ENTER키를 입력한다.	터미널창에 상태 표시 확인	양호할것	정상
	이벤트 기록 개수를 확인한다.	기록 개수 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에 터미널을 연결하여 S 입력 후 ENTER키를 입력한다.	터미널창에 상태 표시 확인	양호할것	정상
	이벤트 기록 개수를 확인한다.	기록 개수 확인	양호할것	정상

■ 현장 시험 수행 사진

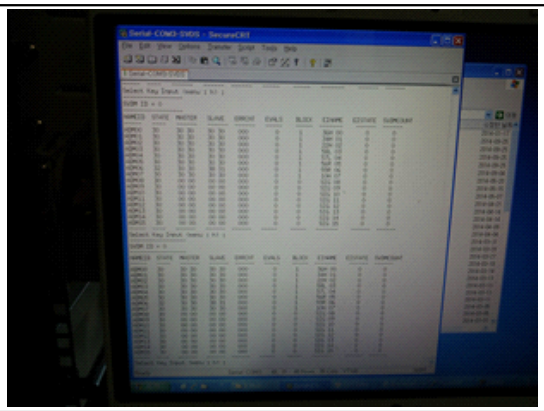
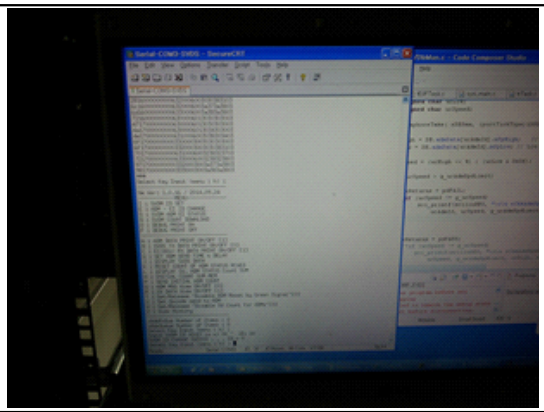
	
상태표시 처리 화면	이벤트 기록 상태 표시화면

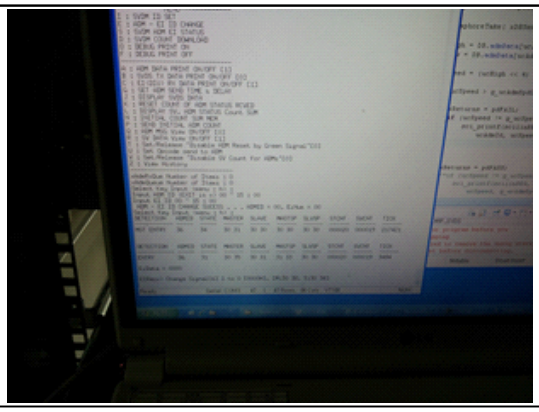
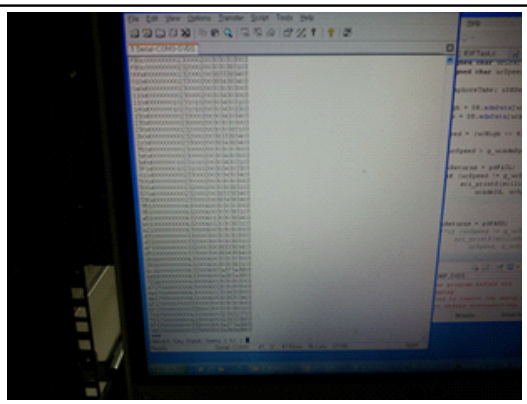
■ 사용자 인터페이스 기능

순번	구분	점검항목	기준	결과
	1. 신호어김검지장치 시험의 경우 열차 SIM과 신호어김검지장치간 터미널 접속을 위한 시리얼 통신 케이블을 연결하여 실시한다. 2. 차상인터페이스장치 시험의 경우 열차 SIM과 차상인터페이스장치 터미널 접속을 위한 시리얼 통신 케이블을 연결하여 실시한다.			
1	**상태 표시**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다.			

	정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 통신포트, 통신속도를 설정한 후 연결을 선택한다.	접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 상태요청을 선택한다.	시스템의 동작 상태를 표시	양호할것	정상
2	**ID 설정**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 4. 신호어김검지장치, 차상인터페이스장치에 대하여 실시한다.			
	정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 통신포트, 통신속도를 설정한 후 연결을 선택한다.	접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “I”를 입력한 후 전송을 선택한다.	설정 번호 입력 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “02”를 입력한 후 전송을 선택한다.	ID가 입력한 2로 변경되어 표시	양호할것	정상
	장치의 리셋 버튼을 선택한다.	재접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 상태요청을 선택한다.	변경 ID 확인	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “I”를 입력한 후 전송을 선택한다.	설정 번호 입력 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “01”를 입력한 후 전송을 선택한다.	ID가 입력한 1로 변경되어 표시	양호할것	정상
	장치의 리셋 버튼을 선택한다.	재접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 상태요청을 선택한다.	변경 ID 확인	양호할것	정상
3	**신호기 ID 설정**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 4. 신호어김검지장치에 대하여 실시한다.			
	정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 통신포트, 통신속도를 설정한 후 연결을 선택한다.	접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “E”를 입력한 후 전송을 선택한다.	차축검지장치 번호 입력 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “00”를 입력한 후 전송을 선택한다.	신호기 ID입력 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 “05”를 입력	차축검지장치 00의 감시 신호	양호할것	정상

	한 후 전송을 선택한다.	기 ID변경 내용 표시		
	장치의 리셋 버튼을 선택한다.	재접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 상태요청을 선택한다.	변경 ID 확인	양호할것	정상
4	**기록파일 다운로드**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 4. 신호어김검지장치, 차상인터페이스장치에 대하여 실시한다.			
	정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 통신포트, 통신속도를 설정한 후 연결을 선택한다.	접속 메시지 표시	양호할것	정상
	열차 SIM 터미널에서 기록파일명을 선택한 후, 다운요청을 선택한다.	다운 메시지 표시	양호할것	정상
	다운 메시지에서 %가 입력되는 경우 수신을 완료한다.	기록파일 다운로드 종료	양호할것	정상
	열차 SIM 에서 그래프 분석을 선택하여 저장파일의 내용을 확인한다.	기록 정보 확인	양호할것	정상

	
상태표시 처리 화면	시스템 ID 설정 화면

	
신호기 ID 설정 화면	로그파일 다운로드 화면

■ 시스템 고장 기능

순번	구분	점검항목	기준	결과
1	**신호어김검지장치 고장**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 4. 실행도중 내부 DIU 보드간 인터페이스 고장을 유발하여 시스템 고장에 대한 진단을 시험한다.			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 DIU 보드의 리셋버튼을 누른다.	고장 LED 적색 점등 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 DIU 보드 재실행하여 정상 작동한다.	고장 LED 적색 소등 확인	양호할것	정상
2	**차상인터페이스장치 고장**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 4. 임시로 실행도중 내부 DI 입력모듈 이상을 유발하여 시스템 고장에 대한 진단을 시험한다.			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상

	차상인터페이스장치에서 임시로 설치된 입력모듈 고장을 선택한다.	VDI LED 적색 점등 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치에서 임시로 설치된 입력모듈 고장을 해제한다.	VDI LED 적색 소등 확인	양호할것	정상

■ 현장 시험 수행 사진

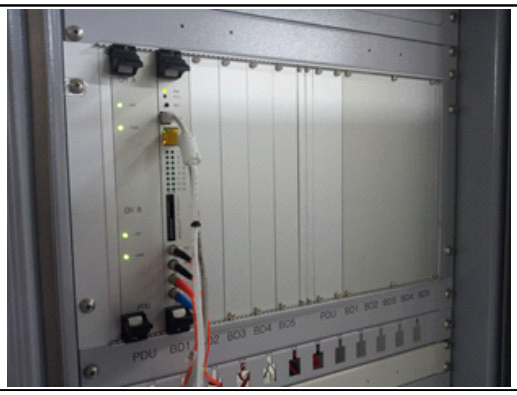
	
신호어김검지장치 통신오류	차상장치 통신 오류

■ 인터페이스 고장

순번	구분	점검항목	기준	결과
1	**신호기 정보 미수신**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 실행도중 내부 DIU 보드간 인터페이스 고장을 유발하여 인터페이스 시험을 실시한다.			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 DIU 보드의 리셋버튼을 누른다.	신호어김검지장치 고장 LED 적색 점등 확인	양호할것	정상
	신호어김검지장치에서 DIU 보드 재실행하여 정상 작동한다.	신호어김검지장치 고장 LED 적색 소등 확인	양호할것	정상
2	**차축검지정보 미수신**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 실행도중 차축인터페이스의 시리얼 통신 케이블을 제거하여 인터페이스 시험을 실시한다.			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상

	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치에서 시리얼 통신 케이블 연결을 제거한다.	신호어김검지장치 고장 LED 적색 점등 확인	양호할것	정상
	차축검지장치에서 시리얼 통신 케이블 을 연결한다.	신호어김검지장치 고장 LED 적색 소등 확인	양호할것	정상
3	**신호어김정보 미수신**			
	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상으로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 실행도중 지상무선장치의 랜 통신 케이블을 제거하여 인터페이스 시험을 실시한다.			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다.	통신 수신 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	실행 LED 점멸 확인	양호할것	정상
	지상무선장치에서 랜 통신 케이블 연결을 제거한다.	신호어김검지장치 고장LED 적색 점등 확인	양호할것	정상
	지상무선장치에서 랜 통신 케이블 을 연결한다.	신호어김검지장치 고장 LED 적색 소등 확인	양호할것	정상

■ 현장 시험 수행 사진

	
신호어김검지장치 통신 정상	신호어김검지장치 통신 오류

	
차상장치 통신 정상	차상장치 통신 오류

나. 성능시험 결과

(1) 진행 내용

날짜	항목	시험 내용	비고사항
8/26	차축검지 시험	8개소 차축검지 시험	새벽 기지 내 8개소 모터카 운영 로그 및 GPS 툴 활용
	무선영역 시험	8개소 주변 무선영역 시험	
8/28	차축검지 및 신호어김 시험	22H 신호기 10회 주행 반복	모터카 및 로그툴 활용
9/02	차축검지 및 신호어김 시험	22H 신호기 10회 주행 반복	모터카 및 로그툴 활용
9/04	차축검지 및 신호어김 시험	22H 신호기 20회 주행 반복	모터카 및 로그툴 활용
	무선영역시험	신축 검수고 후방 시험	모터카 및 GPS툴 활용
9/15	전동차 비상제동 시험	22H 신호기 전동차 9회 주행 반복	전동차 및 로그툴 활용
9/16	전동차 비상제동 시험	22H 신호기 전동차 10회 주행 반복	전동차 및 로그툴 활용
9/22	차축검지 및 신호어김 시험	22H 신호기 40회 주행 반복	모터카 및 로그툴 활용
9/25	차축검지 및 신호어김 시험	22H 신호기 30회 주행 반복	모터카 및 로그툴 활용
	무선영역시험	신축 검수고 후방 시험	모터카 및 GPS툴 활용

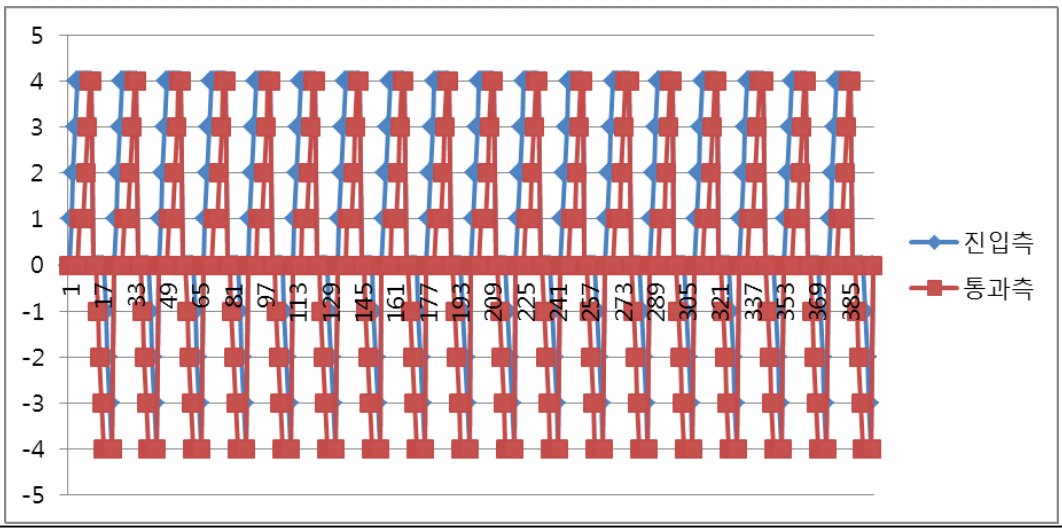
(2) 수행결과

■ 차축검지 성능

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	열차가 진행하면서 차축을 검지하는 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다.			
시험 방법	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상 장치로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차의 이동은 열차/모터카를 활용하여 100회 반복하여 전후진을 반복하고, 이때 차축검지헤더에서 검지되는 카운트 상태가 100%의 신뢰도를 보장하는지를 측정하여 평가한다.			

	4. 성능평가는 별도의 성능평가 장치에서 서브 시스템 정보 및 이벤트를 시간 순으로 수집하여 기록한 후, 평가 모듈을 통하여 분석한다			
1	**차축검지 성능시험 수행**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED 점멸 확인 고장상태 적색LED 소등 확인	양호할것	양호
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	열차 전원을 투입하고, 차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 선택한다.	정보저장 확인	양호할것	양호
	열차를 100회 반복하여 전후진한다.	열차 전후진 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 종료한다.	정보종료 확인	양호할것	양호
2	**차축검지 성능 확인**			
	1. 성능 확인은 기록된 모의차축 이송정보, 차축검지 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다. 2. 그래프 분석은 열차 및 성능시험 시뮬레이션 모듈을 활용한다.			
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 선택한다.	그래프 분석창 현시	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션 그래프 분석창에서 시간간격을 1초로 선택한 후 기록파일을 선택한다.	그래프 표시 확인	양호할것	양호
	열차 이동 후 ADH 차축검지상태 변화를 관찰한다.	100% 차축검지 확인	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 종료한다.	메인화면 표시	양호할것	양호

■ **성능 분석 결과**

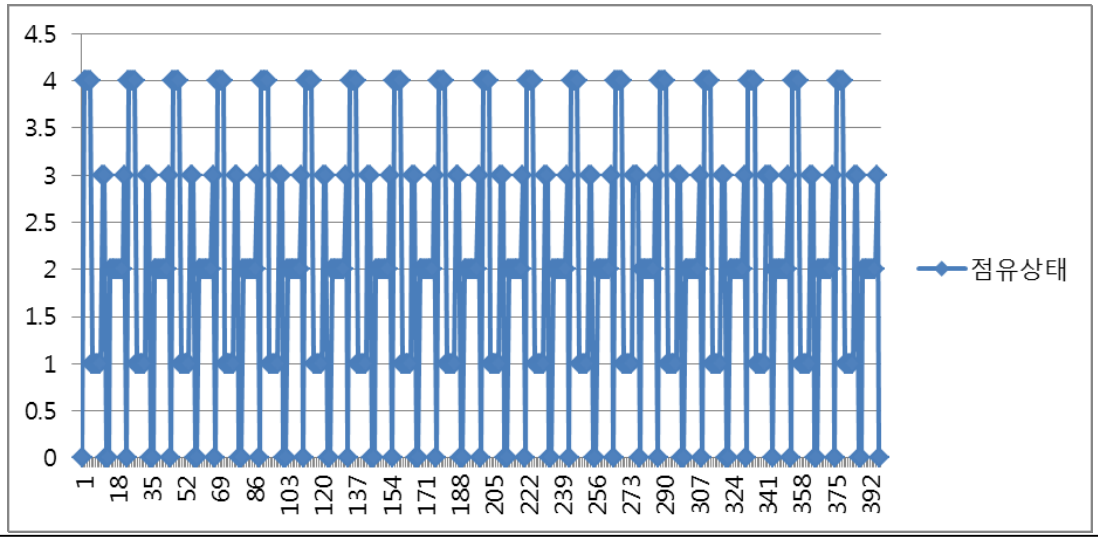


현장시험 총 100회 기준 차축검지 100% 확인

■ 열차점유검지 성능

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	열차가 진행하면서 차축의 감시영역으로 진입하는 열차의 점유를 검지하는 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다			
시험 방법	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상 장치로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 열차의 이동은 열차/모터카를 100회 반복하여 전후진을 반복하고, 이때 차축검지장치에서 검지되는 열차의 진행방향 진입과 반대방향 진입에 따른 열차 점유 상태가 100%의 신뢰도를 보장하는지를 측정하여 평가한다.			
1	**열차점유검지 성능시험 수행**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED 점멸 확인 고장상태 적색LED 소등 확인	양호할것	양호
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	열차 전원을 투입하고, 차상인터페이스장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 선택한다.	정보저장 확인	양호할것	양호
	열차를 10회 반복하여 전후진한다.	열차 전후진 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 종료한다.	정보종료 확인	양호할것	양호
2	**열차점유검지 성능 확인**			
	1. 성능 확인은 기록된 모의차축 이송정보, 열차점유 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다 2. 그래프 분석은 열차 및 성능시험 시뮬레이션 모듈을 활용한다.			
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 선택한다.	그래프 분석창 현시	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션 그래프 분석창에서 시간간격을 1초로 선택한 후 기록파일을 선택한다.	그래프 표시 확인	양호할것	양호
	열차 이동 후 ADM 점유상태 변화를 관찰한다.	100% 점유상태 변경 확인	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 종료한다.	메인화면 표시	양호할것	양호

■ 성능 분석 결과



현장시험 총 100회 기준 열차점유 100% 확인

■ 지상무선장치 성능

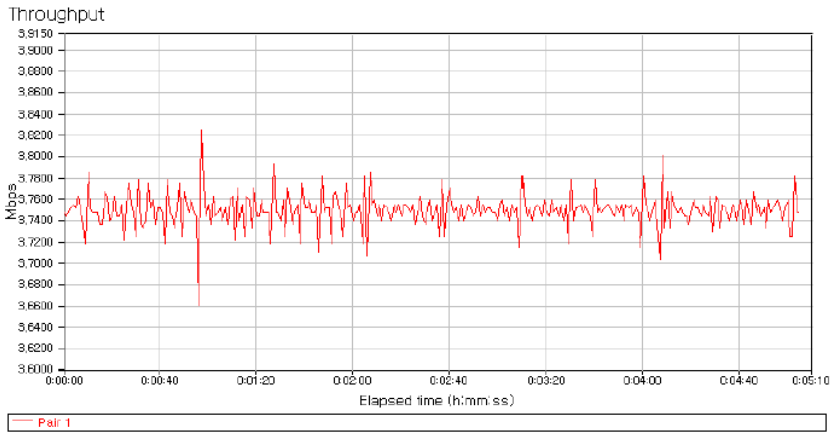
순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 통신을 위한 무선 통신의 신뢰도는 90%이 보장되어야 한다.			
시험 방법	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상 장치로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 무선통신 통신 시험은 무선통신 성능평가 툴을 활용하여 무선장치 양단에 설치하여 무선통신에 대한 누수율을 측정하여 무선 통신의 신뢰도를 평가한다.			
1	**지상무선장치 성능시험 수행**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED 점멸 확인 고장상태 적색LED 소등 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스 장치 전원을 투입하여 기동을 확인한다.	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	신호어김검지장치 허브모듈에 무선통신 성능평가툴의 서버 PC를 연결한다.	연결상태 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스 자치 무선통신 안테나 끝단에 무선통신 성능평가툴의 클라이언트 PC를 한다.	연결상태 확인	양호할것	양호
	통신 누수율 측정 시험을 실시한다..	통신시험 정상 확인	양호할것	양호
2	**지상무선장치 성능 확인**			
	1. 성능 확인은 무선통신 성능평가툴의 통신 누수율을 활용하여 분석한다. 2. 성능평가는 3회를 반복하여 3회 모두 요구사항 이하인지를 확인하여 평가한다.			
	1차 시험시 누수율을 확인한다	90% 이상 확인	양호할것	양호

	2차 시험시 누수율을 확인한다	90% 이상 확인	양호할것	양호
	3차 시험시 누수율을 확인한다	90% 이상 확인	양호할것	양호

■ 성능 분석 결과

Throughput

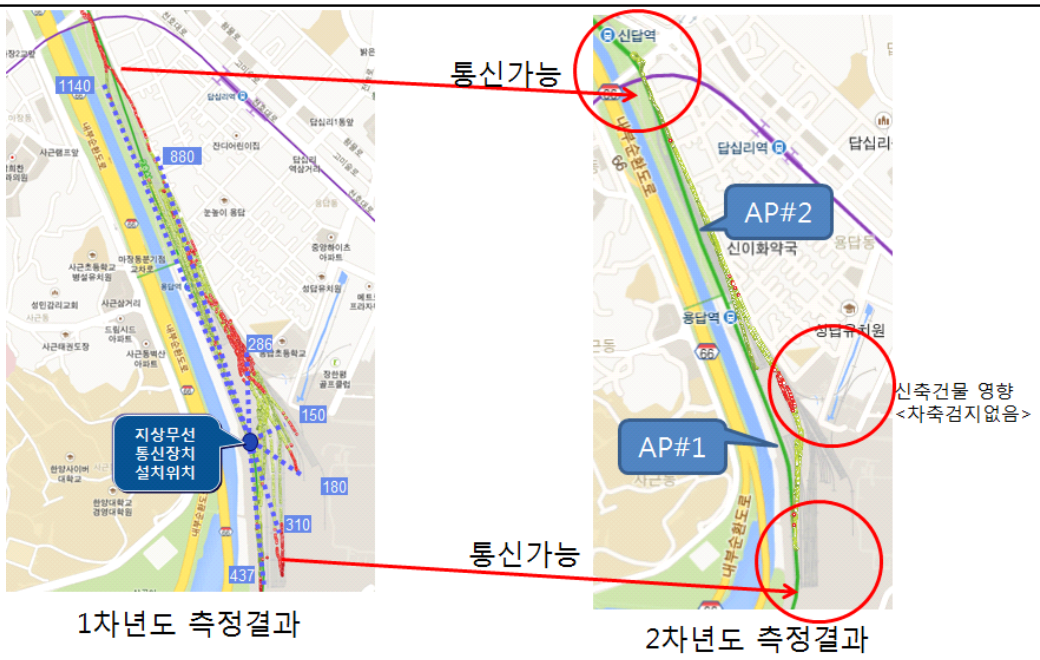
Group/ Pair	Average (Mbps)	Minimum (Mbps)	Maximum (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
RTP	3.748	3.660	3.824			
Pair 1	3.750	3.660	3.824	0.002	304.859	0.046
Totals:	3.748	3.660	3.824			



Lost Data

Group/ Pair	Bytes Sent by E1	Bytes Received E2 (Streaming)	Bytes Lost from E1 to E2	Percent Bytes Lost E1 to E2	E1 Throughput (Mbps)	Maximum Consecutive Lost Datagrams	Measured Time (secs)	Relative Precision
RTP	142,891,280	142,891,280	0	0.000		0		
Pair 1	142,891,280	142,891,280	0	0.000	3.750	0	304.859	0.046
Totals:	142,891,280	142,891,280	0	0.000		0		

무선통신 누수율 “0%” 확인



기존 AP#1 안타네 추가

AP#2 추가 설치로 8개소 주변 통신가능 확인

신축건물 후방은 향후 차축검지개소 확장 시 추가 AP 설치 필요함

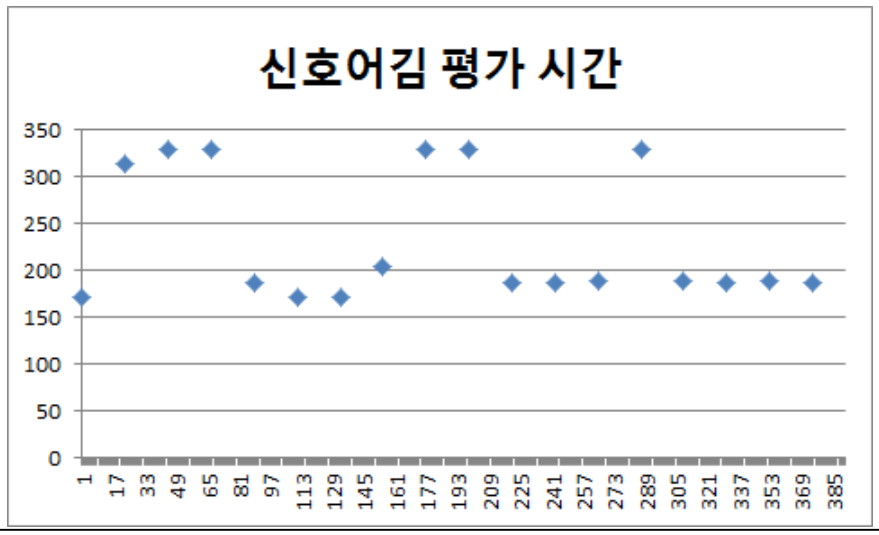
현재 8개소 운영에 따른 무선영역 검사는 양호한 것으로 확인

■ 신호어김 평가성능

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	열차 및 성능시험 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 기능을 시험한다. 신호어김 발생시 신호어김 평가는 500 msec 이내에서 수행되어야 한다.			
시험 방법	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상 장치로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호기 정지상태에서 이동은 열차/모터카를 10회 반복하여 전진을 반복하고, 이때 차축검지장치에서 검지되는 열차의 진행방향 진입과 해당되는 신호기 상태를 비교하여 신호어김검지장치에서 신호어김으로 판단하는 시간을 측정하여 평가한다. 4. 성능평가는 별도의 성능평가 장치에서 서브 시스템 정보 및 이벤트를 시간 순으로 수집하여 기록한 후, 평가 모듈을 통하여 분석한다.			
1	**신호어김평가 수행**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED 점멸 확인 고장상태 적색LED 소등 확인	양호할것	양호
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	열차 전원을 투입한다.	열차 전원 투입 확인	양호할것	양호
	열차 기지모드 선택을 확인한다.	열차 기기모드 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스장치를 기동한다.	작동상태 녹색 LED 점멸 확인	양호할것	양호

	차상인터페이스장치에서 신호어김 검지모드를 신호어김으로 선택한다.	신호어김 검지모드 녹색 LED 점등 확인	양호할것	양호
	신호기 상태가 정지상태인지를 확인한다.	정지상태 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 선택한다.	정보저장 확인	양호할것	양호
	열차를 전진한다.	열차 전진 확인	양호할것	양호
	열차 전진 진행시 신호어김이 발생하는지 확인한다.	신호어김검지장치 알람벨 출력 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 종료한다.	정보종료 확인	양호할것	양호
	열차를 후진한 후 반복하여 실시한다.	신호어김 해제 및 신호어김 확인	양호할것	양호
2	**신호어김평가 성능 확인**			
	1. 성능 확인은 기록된 열차점유 정보, 신호어김 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다. 2. 그래프 분석은 열차 및 성능시험 시뮬레이션 모듈을 활용한다.			
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 선택한다.	그래프 분석창 현시	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션 그래프 분석창에서 시간간격을 1초로 선택한 후 기록파일을 선택한다.	그래프 표시 확인	양호할것	양호
	ADM 전진진행 검지 후 SVDM DO 출력 시점의 시간을 관찰한다.	500msec 이내를 확인	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 종료한다.	메인화면 표시	양호할것	양호

■ **성능 분석 결과**



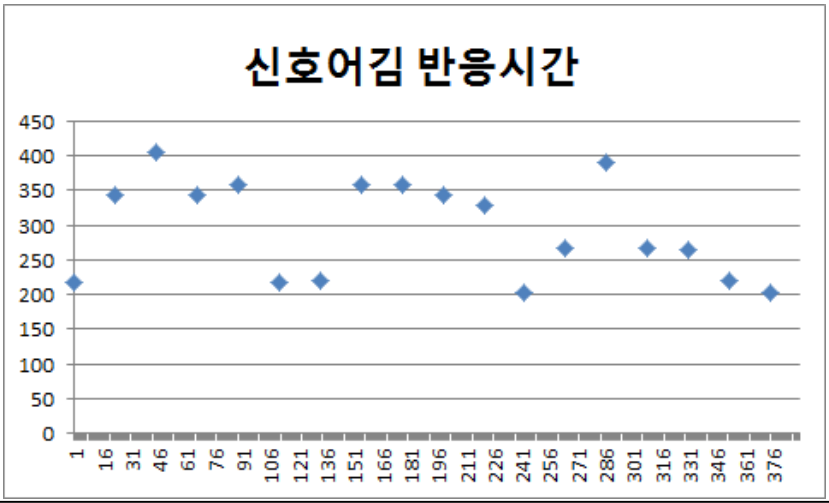
신호어김 평가시간 최대 350 msec 확인

■ 신호어김 반응성능

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	신호어김 발생시 열차 내 기관사가 반응하도록 신호어김을 통보하는 반응시간은 3초 이내에서 수행되어야 한다.			
시험 방법	1. 특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2. 지상 및 차상 장치로 공급되는 메인 전원이 공급된 상태에서 실시한다. 3. 신호가 정지 상태에서 열차의 이동은 열차/모터카를 활용하고, 이때 열차가 진입하여 신호어김이 발생하는 경우 신호어김검지장치에서 신호어김 상태를 차상인터페이스장치로 전달하여 기관사에게 경고등/경고벨로 통보되는 시간을 측정하여 평가한다. 4. 성능평가는 별도의 성능평가 장치에서 서브 시스템 정보 및 이벤트를 시간 순으로 수집하여 기록한 후, 평가 모듈을 통하여 분석한다.			
1	**신호어김반응 성능시험 수행**			
	신호어김검지장치 정상 작동을 확인한다.	작동상태 녹색LED 점멸 확인 고장상태 적색LED 소등 확인	양호할것	양호
	차축검지장치 정상 작동을 확인한다	작동상태 녹색LED점멸 확인	양호할것	양호
	열차 전원을 투입한다.	열차 전원 투입 확인	양호할것	양호
	열차 기지모드 선택을 확인한다.	열차 기기모드 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스장치를 기동한다.	작동상태 녹색 LED 점멸 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스장치에서 신호어김 검지모드를 신호어김으로 선택한다.	신호어김 검지모드 녹색 LED 점등 확인	양호할것	양호
	신호기 상태가 정지상태인지를 확인한다.	정지상태 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 선택한다.	정보저장 확인	양호할것	양호
	열차를 전진한다.	열차 전진 확인	양호할것	양호
	열차 전진 진행시 신호어김이 발생하는지 확인한다.	신호어김검지장치 알람벨 출력 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스장치에서 신호어김이 발생하는지 확인한다.	차상인터페이스장치 알람벨 출력 확인	양호할것	양호
	열차를 정지한다.	열차 정지 확인	양호할것	양호
	차상인터페이스장치에서 신호어김이 발생해제버튼을 취급한다.	차상인터페이스장치 알람벨 중지 확인	양호할것	양호
	열차 후진 진행시 신호어김 없이 진행하는지 확인한다.	신호어김 발생 없음 확인	양호할것	양호
	열차를 전진한다.	열차 전진 확인	양호할것	양호
	열차 전진 통과 후 신호어김이 해제되는지 확인한다.	신호어김검지장치 알람벨 중지 확인	양호할것	양호
	성능평가 장치에서 정보 저장을 종료한다.	정보종료 확인	양호할것	양호
2	**신호어김반응 성능 확인**			
	1. 성능 확인은 기록된 열차점유 정보, 차상인터페이스 접점출력 정보의 데이터를 그래			

	프를 이용하여 분석한다. 2. 그래프 분석은 열차 및 성능평가 모듈을 활용한다.			
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 선택한다.	그래프 분석창 현시	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션 그래프 분석창에서 시간간격을 1초로 선택한 후 기록파일을 선택한다.	그래프 표시 확인	양호할것	양호
	ADM 전진진행 검지 후 OIM DO 출력 시점의 시간을 관찰한다.	3초 이내를 확인	양호할것	양호
	열차 및 성능시험 시뮬레이션에서 그래프 분석을 종료한다.	메인화면 표시	양호할것	양호

■ 성능 분석 결과



신호어김 반응시간 최대 420 msec 확인

다. 전동차 비상제동 성능시험

(1) 진행 내용

날짜	항목	시험 내용	측정내용
9/15	신호어김 발생 시험	신호 정지 상태 5km/h 통과 4회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
		신호 정지 상태 10km/h 통과 2회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
		신호 정지 상태 20km/h 통과 2회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
	신호어김 정상 시험	신호 출발 상태 20km/h 통과 2회 실시	정상주행 확인
9/16	신호어김 발생 반복 시험	신호 정지 상태 10km/h 통과 5회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 확인
	과속진입 비상제동 시험	신호 정지상태 25km/h 진입 2회 실시	진입측 헤더 과속 진입 시점 비상제동 체결 확인

(2) 시험 결과 요약

- 22H 신호기 위치에서 총 17회 반복 주행 시험을 통해 비상제동 성능시험 완료
  (신호어김 발생 13회, 정상주행 시험 2회, 과속진입에 의한 비상제동 시험 2회)
- 신호어김에 의한 비상제동 체결 정상 작동 확인
. 신호 정지 상태에서 5km/h, 10km/h, 20km/h 속도로 통과 시험 진행
. 통과측 차축검지헤더 통과시 신호어김 발생과 비상제동 체결 확인함
- 신호 출발 상태에서 정상주행 확인
. 신호 출발 상태에서 20km/h 속도로 통과 시험 진행
.통과시 신호어김이 발생하지 않고 정상 주행하는 것을 확인함
- 신호 정지 상태에서 과속진입에 의한 비상제동 체결 정상 작동 확인
. 신호 정지 상태에서 25km/h 과속으로 진입
. 진입측 차축검지헤더 통과시 신호어김 발생과 비상제동 체결 확인함

(3) 진입 속도에 따른 측정 결과 요약



그림 57 과속진입 비상제동 측정 결과

■ 신호어김에 의한 비상제동 시험

순번	구분	점검항목	측정결과	결과
요구 사항	신호 정지 상태에서 통과측 헤더 통과 시점에서 신호어김 발생에 의한 비상제동을 체결하여 정차한다.			
시험 방법	1.특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2.신호어김 발생 시험으로 신호는 정지 상태에서 시험한다. 3.열차는 22H 전방 50m 지점에서 지정속도로 진입하여 후방운전석 신호기 통과 시점까지 전진하였다가 원위치로 이동하여 반복 시험한다. 4.신호어김 발생에 의해 비상이 체결되는 경우 정차후 Relseae 버튼 취급후 진행한다. 5.신호어김 발생시 제동거리 및 제동시간을 측정하여 신호어김 발생 성능을 분석한다.			
1	**신호정지 상태, 5km/h 통과**			
	신호 정지 상태 확인한다.	신호 정지 확인	확인	양호
	가속하여 5km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 5km/h 확인	확인	양호
	신호어김 발생에 의한 비상체결을 확인한다.	비상체결 및 통과측 헤더에서의 제동거리 확인 (열차비상제동거리 3m)	**4회 실시** 신호어김 발생 확인 제동거리 2.5m 제동거리 3.6m	양호

			제동거리 3.7m 제동거리 3.9m	
2	**신호정지 상태, 10km/h 통과**			
	신호 정지 상태 확인한다.	신호 정지 확인	확인	양호
	가속하여 10km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 10km/h 확인	확인	양호
	신호어김 발생에 의한 비상체결을 확인한다.	비상체결 및 통과측 헤더에서의 제동거리 확인 (열차비상제동거리 8m)	**2회 실시** 신호어김 발생 확인 제동거리 7.8m 제동거리 8.5m	양호
3	**신호정지 상태, 20km/h 통과**			
	신호 정지 상태 확인한다.	신호 정지 확인	확인	양호
	가속하여 20km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 20km/h 확인	확인	양호
	신호어김 발생에 의한 비상체결을 확인한다.	비상체결 및 통과측 헤더에서의 제동거리 확인 (열차비상제동거리 23m)	**2회 실시** 신호어김 발생 확인 제동거리 22.7m 제동거리 22.2m	양호
4	**신호정지 상태, 10km/h 진입 반복시험**			
	신호 정지 상태 확인한다.	신호 정지 확인	확인	양호
	가속하여 10km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 10km/h 확인	확인	양호
	신호어김 발생에 의한 비상체결을 확인한다.	신호어김 발생 확인	**5회 실시** 신호어김 발생 확인	양호

■ 신호 출발 시 정상주행 시험

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	신호 출발 상태에서 열차가 진입하여 통과하는 경우 신호어김이 발생하지 않고 정상 주행한다.			
시험 방법	1.특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2.신호어김 정상 시험으로 신호는 출발 상태에서 시험한다. 3.열차는 22H 전방 50m 지점에서 지정속도로 진입하여 후방운전석 신호기 통과시점까지 전진하였다가 원위치로 이동하여 반복 시험한다.			

	4.신호어김이 발생하지 않고 정상주행하는지 육안을 확인한다.			
1	**신호 출발 상태, 20km/h 통과 시험**			
	신호 출발 상태 확인한다.	신호 출발 확인	확인	양호
	가속하여 20km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 20km/h 확인	확인	양호
	신호어김이 발생하지 않고 정상주행하는지 확인한다.	정상주행 확인	**2회 실시** 열차 정상주행 확인	양호

■ 신호 정지 시 과속진입에 의한 비상제동 체결 시험

순번	구분	점검항목	기준	결과
요구 사항	신호 출발 상태에서 열차가 진입하여 통과하는 경우 신호어김이 발생하지 않고 정상 주행한다.			
시험 방법	1.특별한 언급이 없는 한 이전 검사에 이어서 검사를 실시한다. 2.과속에 의한 신호어김 발생 시험으로 신호는 정지 상태에서 시험한다. 3.열차는 22H 전방 50m 지점에서 지정속도로 진입하여 후방운전석 신호기 통과시점까지 전진하였다가 원위치로 이동하여 반복 시험한다. 4. 신호어김 발생에 의해 비상이 체결되는 경우 정차후 Relseae 버튼 취급후 진행한다. 5.신호어김이 발생하지 않고 정상주행하는지 육안을 확인한다.			
1	**신호 출발 상태, 25km/h 통과 시험**			
	신호 출발 상태 확인한다.	신호 출발 확인	확인	양호
	가속하여 25km/h 속도로 진입하여 통과한다.	계기속도 25km/h 확인	확인	양호
	진입측 헤더에서 과속에 의한 신호어김이 발생으로 비상제동 체결을 확인한다.	신호어김 발생 확인	**2회 실시** 진입측 헤더 통과시 신호어김 발생 및 비상제동 체결 확인	양호

■ 시험 진행 사진





차상장치 설치 사진	비상제동 연결 사진
	
실차 비상제동 시험 사진	실차 비상제동 시험 사진
	
실차 비상제동 시험 사진	실차 비상제동 시험 사진
	
실차 비상제동 시험 사진	실차 비상제동 시험 사진
	
실차 비상제동 시험 사진	실차 비상제동 시험 사진

	
실차 비상제동 시험 사진	실차 비상제동 시험 사진

3. RAMS 활동 수행

가. 개요

본 시스템의 신뢰성 및 안전성 확보를 위해 체계적인 분석과 이에 대한 검증 그리고 설계 반영을 수행하였음. 이러한 RAMS활동은 IEC62278을 기반으로 수행되었으며, 전문가 활용에 의한 분석과 안전성 전문인증기관을 통한 검증이 수반되었다.

나. 전문가 활용 및 자문

전문가 활용과 TUV SUD 자문을 통해 시스템 위험원 도출하고 위험원에 대한 체계적인 수정 및 갱신이 수행되었다.

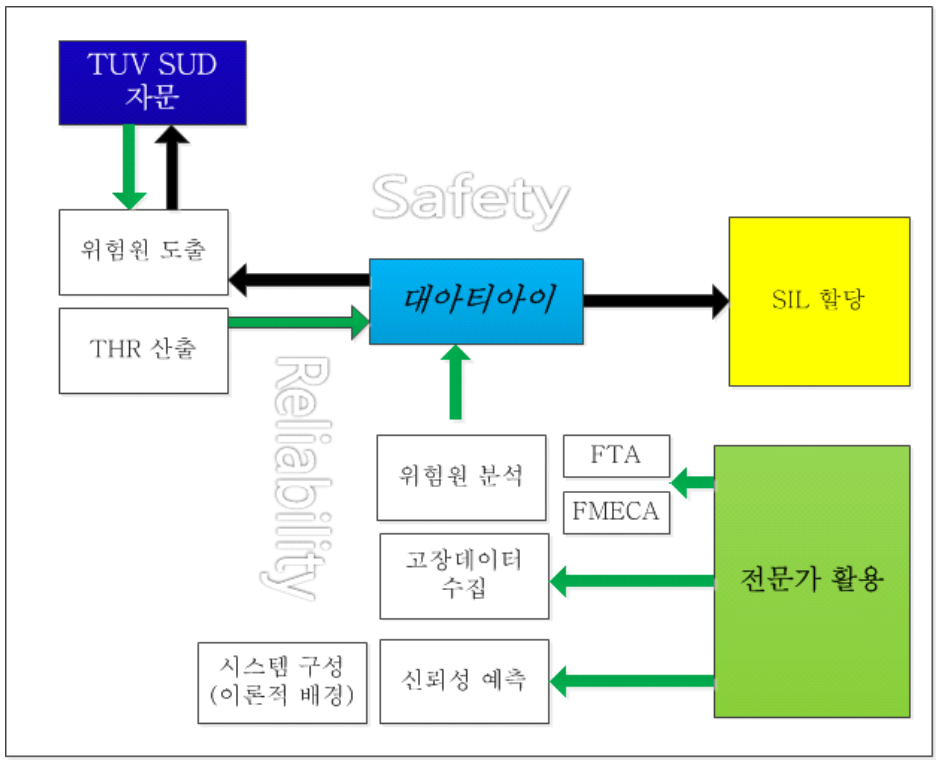


그림 58 RAMS 활동 수행 체계

(1) 전문가 활용

도출된 위험원의 분석을 바탕으로 시스템 설계의 안전성 확보를 위한 위험원 분석 방법 및 고장률, 신뢰도에 대한 정량적 데이터 제시하였다.

· 고장데이터 수집
· 신뢰성 예측
· FTA
· FMECA
· 시스템 구성(이론적 접근)

(2) TUV SUD 자문

시스템 범위에서의 적절한 위험원 도출 방법 및 THR(Tolerable Hazard Rate)산출 방안에 대한 자문을 받았다.

· 최상위 위험원을 도출하기 위한 적절한 방법제시
· THR 도출 방안
· THR 도출 범위지정

다. 시스템 위험원 분석을 통한 안전성 분석

(1) PHA 수행

■ 최상위 위험원 도출

TUV 자문을 기반으로 한 시스템 레벨의 최상위 위험원 도출.

· 입력 데이터 : 장애에 원인을 둔 경험적 측면에 따른 도출
· 유사시스템 과거 위험원
· 철도관련 위험원 목록
· 위험원 체크리스트

시스템 고유의 위험원을 식별하여 예상되는 사고는 재해의 수준을 결정하기 위함으로 아래의 단계에서 수행되었다.

· 시스템 개념
· 시스템 정의

■ FMECA

시스템 고장의 원인이 어디에 있는지를 추정하여 해석해가는 기법으로 목표 품질의 조기 확보를 위해 수행되었다.

· 잠재고장모드 확인 및 중요도 평가
· 중요관리 특성 확인
· 설계의 잠재 결함에 대한 순위 결정
· 문제제거 및 예방

(2) 위험원 분석

■ FTA(Fault Tree Analysis)

정량화된 하위부품 고장률을 사용하여 고장모드 및 Hazard의 발생빈도를 정량적으로 산출하였다.

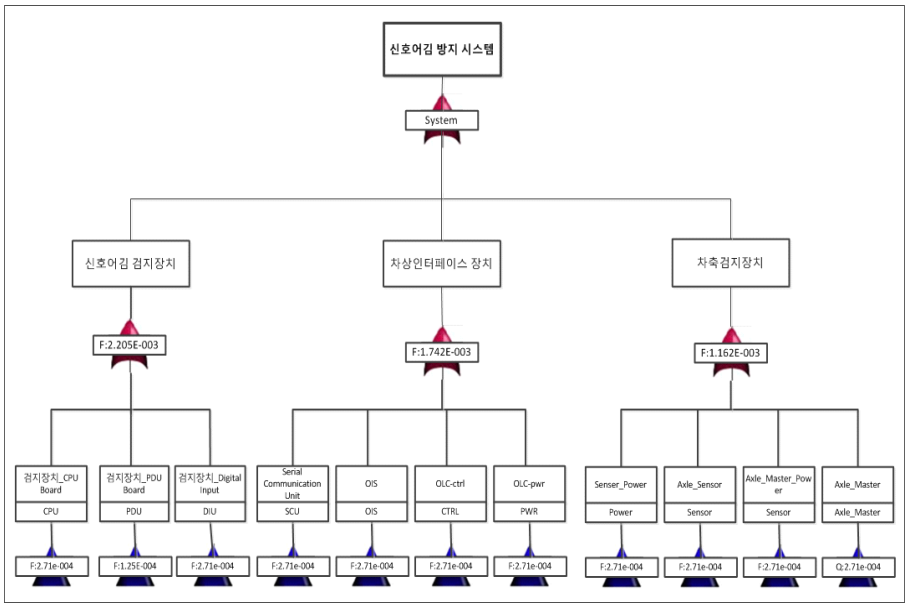


그림 59 FTA에 의한 위험원 분석

(3) THR 도출 및 SIL 할당

신호어김 방지 시스템의 허용위험도 수준을 고려하여 시스템의 SIL을 할당하기 위해 수행하였다.

■ THR 산출

표 13 THR에 따른 SIL 할당

Severity Level	THR	SIL
Catastrophic	10^{-9}	SIL 4
Critical	10^{-8}	SIL 3
Marginal	10^{-7}	SIL 2
Insignificant	10^{-6}	SIL 1

- THR 산출

$$THR_m = \frac{THR_n}{EPC} = SIL_m$$

· E: Exposure Probability to Hazard

· P: Accident Probability Reduction

· C: Consequence Reduction Probability

표 14 Hazard 노출 확률

E	Exposure Probability to Hazard (Hazard 노출 확률)
10^{0}	Frequent or permanent
10^{-1}	Only in exceptional cases(이례적인 경우)
10^{-2}	Only in very rare cases(매우 드문 경우)

표 15 사고 감소 확률

P	Accident Probability Reduction (사고 감소 확률)
10^{0}	No additional barrier
10^{-1}	One barrier
10^{-2}	Two barrier

표 16 결과 감소 확률

C	Consequence Reduction Probability (결과 감소 확률)
10^{0}	No reason
10^{-1}	One good reason
10^{-2}	Two independent good reason

■ SIL 사례

실제 철도 시스템/장치의 SIL사례를 들어 신호어김 방지 시스템에 대한 SIL을 비교 분석하였다.

■ SIL 할당

최상위 위험원에 대한 THR을 산출하고 일반 철도 시스템의 사례를 비교하여 신호어김 방지 시스템의 SIL을 할당하였다.

표 17 SIL 할당

위험원		THR	SIL
PH 01	기지내의 신호무시로 다른 열차와 충돌할 가능성이 있음	$10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$	1
PH 02	기지내의 기관사의 신호무시로 인근 작업자와 충돌 가능성이 있음	$10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$	1
PH 03	기지 내 기관사의 신호 무시로 출고열차 및 입고열차 방해로 본선의 열차 지연을 발생할 가능성이 있음	$THR < 10^{-5}$	0

본 시스템의 분석 결과는 시스템 오 동작으로 인한 사상사고의 크기가 위험기준의 척도로 사용되었으며, 그 외에 위험도 허용 기준 척도 중 하나인 재상상의 피해 등 금전적인 요소는 국내 철도 사정상 데이터 확보가 어려운 관계로 본 분석에서는 고려되지 않았다.
최상위 위험원 또한 사상사고를 고려하여 도출하였으며, 도출된 위험원에 대해 원인을 파악하고 대책을 마련함으로써 SIL할당을 위한 데이터를 확보하였다.

본 분석에 앞서 본 시스템의 범위를 명확하게 구분하여 분석 하였으며 다음과 같은 시스템 특성 및 예외 사항을 충분히 고려하였다.

첫 번째, 신호어김 방지 시스템은 차량기지 내 설치 운용함으로써 열차속도가 25Km/h이상으로 운행되지 않는다.
두 번째, 신호어김 방지 시스템 기능 활용 대상열차는 차량기지 내의 열차로써 평상 시 열차 내 탑승한 인원의 수는 기관사로 한정한다.(1명)
세 번째, 시스템 기능 중 안전성에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 비상제동 기능은 현재 출력이 가능한 상태로 정의하였다.

이 모든 사항이 고려되어 분석된 결과에 따르면 주변 민간인 또는 작업자의 중상 및 사망의 확률이 현저하게 낮게 분석되었다. 따라서 본 시스템의 안전성 분석 결과로, 신호어김방지 시스템의 안전무결성 수준은 위 분석자료에서 보는 바와 같이 최고 SIL 1으로 평가되었다

이 후 본 시스템이 차량기지가 아닌 본선구간에 상용화 될 경우, 열차 운행 속도 및 열차 탑승 인원의 증가에 따라 당연히 분석 결과는 현재의 수준 보다는 상회할 것으로 판단되며 시스템 기능에 대한 위험원 분석은 재 분석/평가 될 것이다.

라. 고 신뢰성 하드웨어 설계 및 제작

이론적/실험적 접근방법을 통해 신호어김 방지 시스템의 RAM 요구사항을 만족하고 고신뢰성 하드웨어 설계 및 제작을 목표로 분석이 수행되었다.(전문가 활용)
우선적으로 하부 시스템 단위로의 고장률을 데이터를 수집하고, 다중계 특성을 고려한 하부시스템 연관관계를 분석하여 전체 시스템의 신뢰도를 예측하였다.

(1) 신뢰성 요구사항
다음은 신호어김 방지 시스템에 대한 신뢰성 요구사항이다.(단위: 시간)
PHA 수행결과 본 시스템은 최고 MTBF(Major)보다는 높지 않을 것으로 판단되었다.
· MTBF(Significant): 87600(약 10년)
· MTBF(Major): 3650(약 0.4년)
· MTBF(Minor): 470(약 20일)

(2) 고장률 데이터 수집

장치/부품에 대한 정량적인 데이터 수집을 목표로 고장률을 정량화 하였다.

■ 고장률예측 목표

예측된 고장률을 토대로 요구사항에 대한 MTBF 만족여부를 판단하고, 시스템 고장률 증가의 주요원인을 분석하여 시스템 고장률을 감소시키기 위함이다.

■ 고장률예측 방법

각각의 부품에 대한 정보는 제조사의 홈페이지에 접속하거나 수집된 데이터시트를 이용하여 다음 사항을 활용하여 고장률을 예측하였다. MIL규격을 기본 규격으로 사용하였으며 필요시, Telcordia와 Bellcore기준을 Relex2011 Tool을 이용하여 적용하였다.

· BOM(Bill of Material) 작성
· MIL-HDBK-217F 활용
· Relex2011 Tool 활용

■ 고장률 예측 결과

표 18 고장률 예측 결과

분류	순번	구성요소	단위시간당 고장률 (백만시간 당)	MTBF(Hour)
지상	1	CPU 보드	27.08513	36920.625
	2	PDU 보드	12.5494	79685.08
	3	Digital Input 유닛	111.1	9000.9
	4	시리얼 통신 유닛	85.43503	11704.8
차상	5	Olc-ctrl	11.72013	85323.26
	6	Olc-pwr	19.72	50709.94
	7	OIS-disp	2.1468	465809.6
	8	OIS-if	27.2006	36763.89
현장	9	Sensor Power	12.32	81168.83
	10	Axle Sensor	15.7664	63425.983
	11	Axle Master Power	17.72	56433.41
	12	Axle Master	27.30341	36625.554

(3) 이론적 접근을 통한 신뢰도 예측

신호어김 방지 시스템이 고장 없이 작동하는 확률을 정량적으로 예측하여 최적의 신뢰성에 부합하는 하드웨어 설계 및 제작을 하기 위해 이론적 접근방법을 기반으로 수행하였다.

■ 시스템 정량화

아래의 신뢰성 기본 함수를 통한 이론적/수학적 근거의 시스템 정량화를 목표로 한다.

· 고장률 함수(Failure Rate): λ
· 신뢰도 함수(Reliability Function): $R(t) = e^{-\lambda t}$
· 서브시스템의 신뢰도와 요구사항과의 비교결과

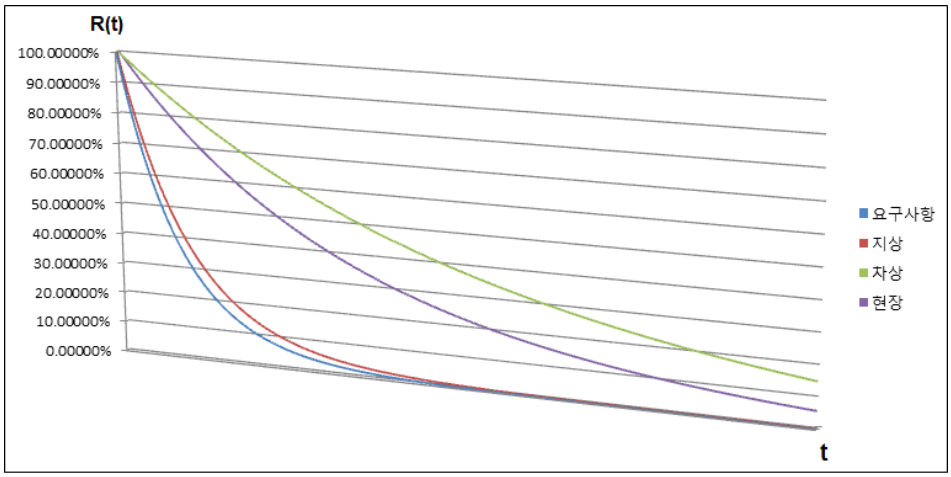


그림 60 서브시스템 신뢰도와 요구사항 비교결과

■ 이중화 시스템

- RBD(Reliability Block Diagram)

· 하부구성요소단위 고장률을 RBD를 사용하여 전체 시스템 고장률 또는 평균고장수명(MTTF)이나 MTBF를 예측하였다.

· 이중계구조 시스템의 동작 특성을 모델링하기 위해 마코브모델을 사용하여 시간에 종속된 시스템 신뢰도 예측. (전문가 활용 c.시스템 구성 참조)

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

제1절 연구성과 및 핵심요소 기술

1. 차축검지를 활용한 신호어김검지 기술개발

신호어김방시스템을 운영하기 위한 신호어김 감시는 신호기 현시가 “R”인 상태에서 지상의 차축검지장치에서 열차가 진입하는 것을 검지하는 경우 신호어김으로 판단하고 차상인터페이스장치로 신호어김 상황을 기관사에게 통보하게 된다. 신호어김을 판단은 전자연동장치에서 전달되는 신호기 정보와 현장에 설치되는 차축검지장치에서 전송되는 차축검지상태를 비교하여 신호검지장치에서 수행하게 된다.

■ 신호어김 정상 판단

신호어김방지시스템에서 차축감시 구간을 열차가 진입하여 통과측 차축검지헤더를 통과하는 시점에서 신호기 상태와 비교하여 신호기가 출발 상태인 경우 신호어김검지장치는 신호어김이 없는 정상 주행으로 판단하고 열차가 통과하는 것을 계속하여 감시하게 된다. 열차가 통과하는 경우 차축검지장치의 카운트를 클리어한 후 다음 열차를 감사하게 된다.

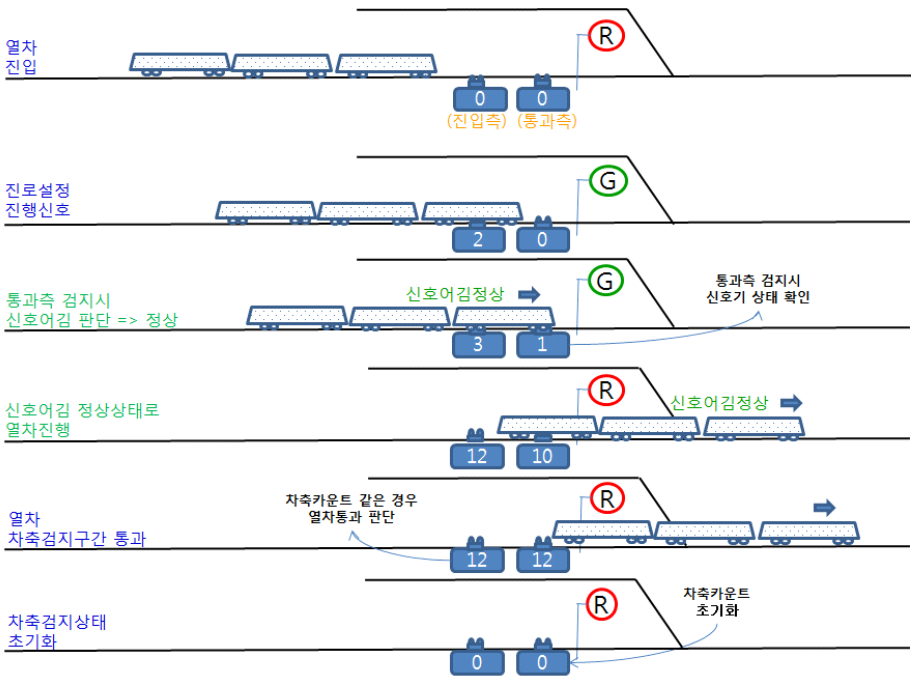


그림 61 신호어김 정상 판단

■ 반대방향 정상 판단

신호어김방지시스템에서 차축감시 구간을 열차가 반대방향으로 진입하는 경우 신호기 상태와 관계없이 신호어김이 없는 정상 주행으로 판단하고 열차가 통과하는 것을 계속하여 감시하게 된다. 열차가 통과하는 경우 차축검지장치의 카운트를 클리어한 후 다음 열차를 감사하게 된다

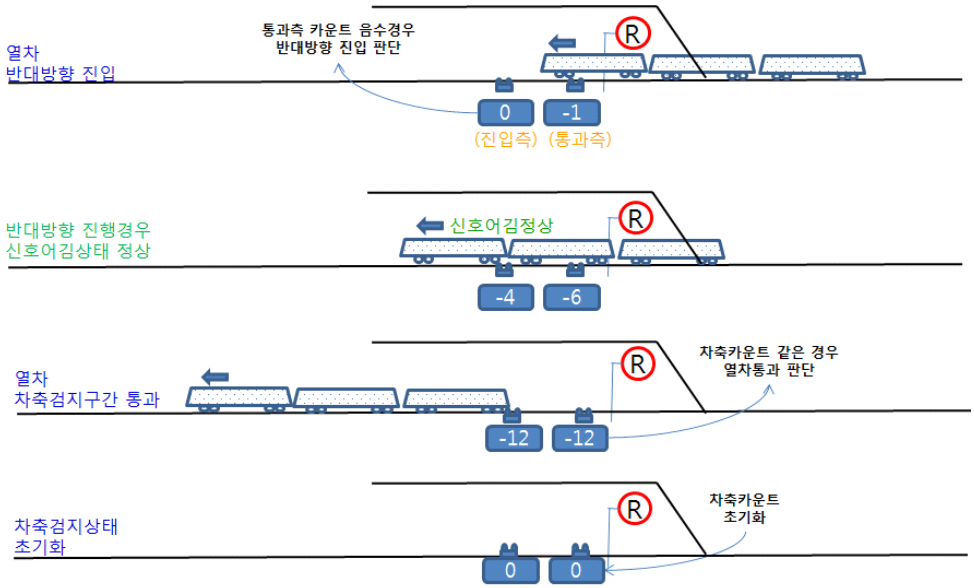


그림 62 반대방향 정상 판단

■ 신호어김 발생 판단

신호어김방지시스템에서 차축감시 구간을 열차가 진입하여 통과측 차축검지헤더를 통과하는 시점에서 신호기 상태와 비교하여 신호기가 정지 상태인 경우 신호어김검지장치는 신호어김이 발생한 것으로 판단하고 지상무선통신을 통해 열차로 신호어김을 전달하게 된다. 이때, 신호어김 정보를 수신한 차상인터페이스 장치는 경고등/경고벨로 기관사에게 통보하고 비상제동을 출력한다. 고장을 조치한 후 해제 버튼을 취급한 후 열차가 통과하는 경우 차축검지장치의 카운트를 클리어한 후 다음 열차를 감사하게 된다.

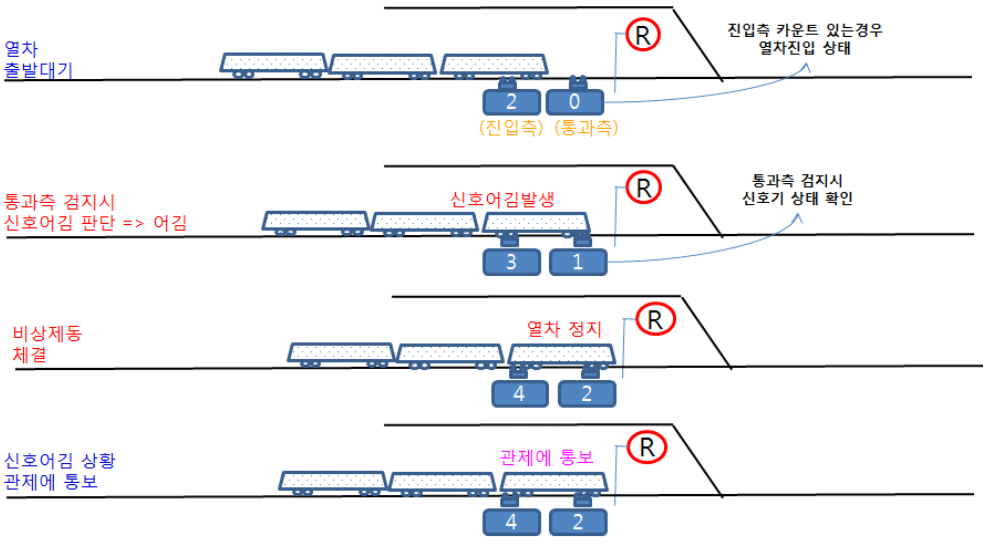


그림 63 신호어김 발생 판단

■ 과속진입에 의한 신호어김 발생 판단

신호어김방지시스템에서 차축감시 구간을 열차가 과속으로 진입하는 경우 진입측 차축검지헤더에서 열차의 속도가 과속으로 검지되고, 신호어김검지장치는 신호기 상태가 정지인

경우 신호어김 발생으로 판단한다. 신호어김검지장치는 지상무선통신을 통해 열차로 신호어김을 전달하게 된다. 이때, 신호어김 정보를 수신한 차상인터페이스 장치는 경고등/경고벨로 기관사에게 통보하고 비상제동을 출력한다. 고장을 조치한 후 해제 버튼을 취급한 후 열차가 통과하는 경우 차축검지장치의 카운트를 클리어한 후 다음 열차를 감사하게 된다.

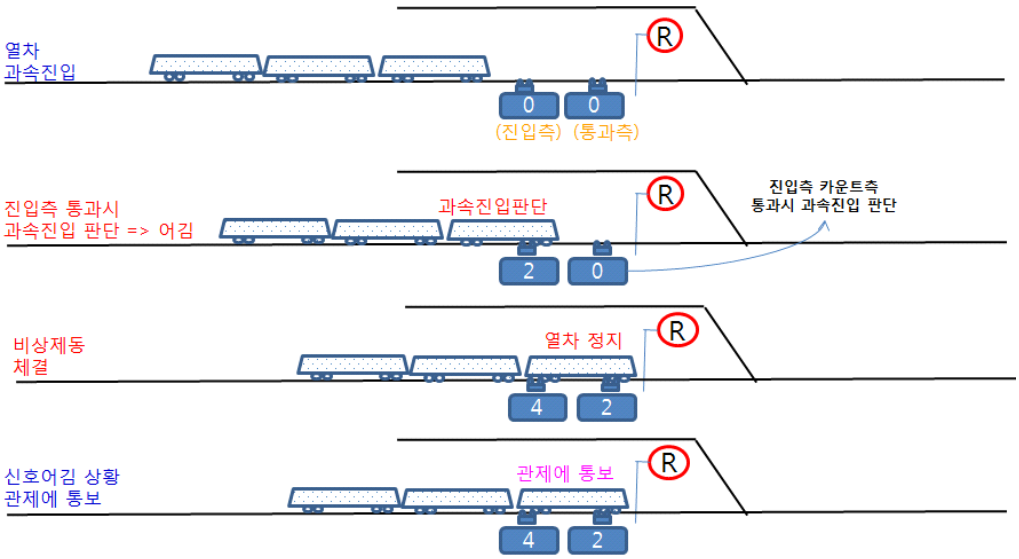


그림 64 과속에 의한 신호어김 발생 판단

2. 차축검지를 활용한 차축계수 기술 개발

신호어김방시스템을 신호어김을 판단하기 위하여 현장에 설치된 열차의 차축을 검지하는 것으로, 하나의 차축감시구간에 2개의 차축검지헤더를 설치하여 각각의 차축검지헤더에서 검지되는 차축의 개수를 입력 받아 차축검지헤더에서 차축감시상태를 판단하는 것으로, 지상에 설치된 차축검지장치에서 수행한다.

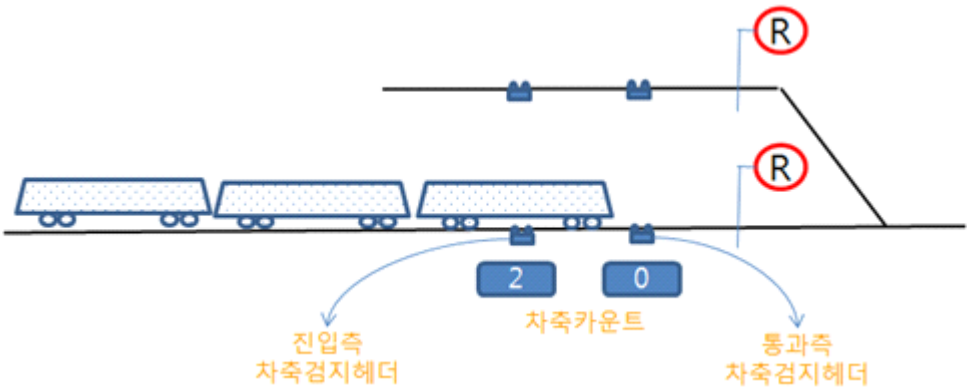


그림 65 차축검지 논리 개념도

차축검지를 위한 차축검지헤더의 설치는 검지헤더 간격이 기지 내에서 운영되는 차량의 최대 차축간격보다 넓게 설치되어야 열차가 정상적으로 진입하여 통과하는 것을 감시하게 된다.

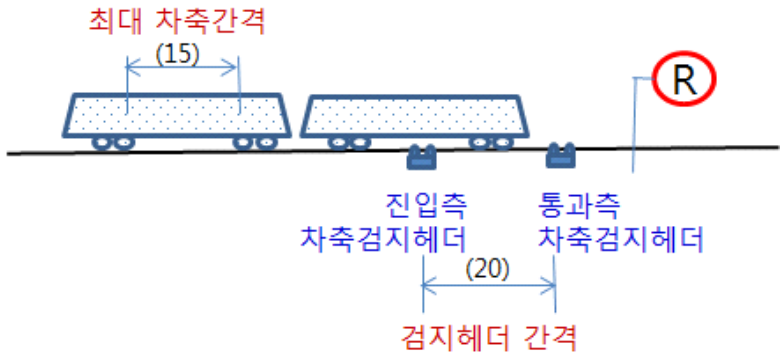


그림 66 차축검지헤더 설치 기준

■ 열차검지없음 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트와 통과측 차축카운트가 모드 '0'인 경우 차축검지구간내 열차가 없다는 것으로 판단하여 차축검지상태를 "열차검지 없음"으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다.

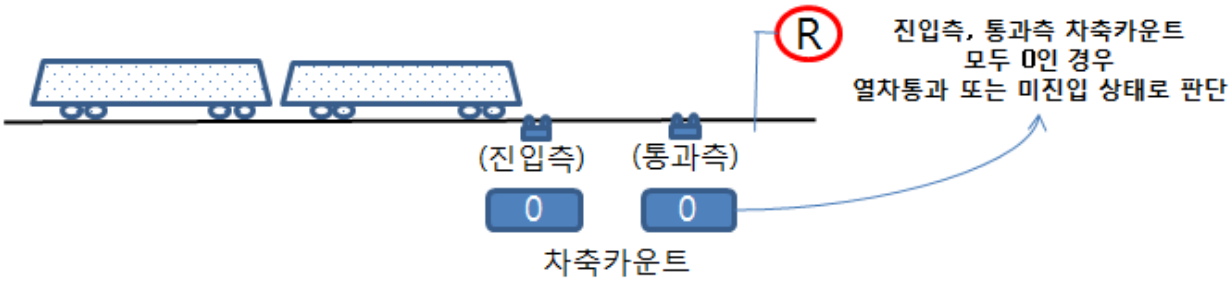


그림 67 열차검지없음 판단

■ 행방향 열차진입 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트가 0보다 크고 통과측 차축카운트가 '1'인 되는 경우 차축검지구간내 진행방향에서 진입한 것으로 판단하여 차축검지상태를 "진행방향 열차진입"으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 신호어김검지장치는 신호기 정보와 비교하여 신호어김 상태를 평가하게 된다.

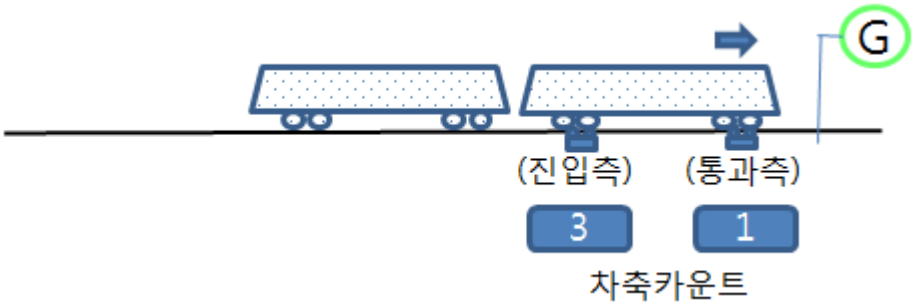


그림 68 진행방향 열차 진입 판단

■ 진행방향 열차통과 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트가 '0'보다 크고 통과측 차축카운트가 진입측 차축카운트가 동일한 경우 차축검지구간을 열차가 진행방향으로 통과한 것으로 판단하여 차축검지상태를 "진행방향 열차통과"로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 차축검지장치는 신호어김장치로부터 열차통과 확인 메시지를 수신한 후 차축카운트를 초기화하여 후방 열차를 감시하게 된다.

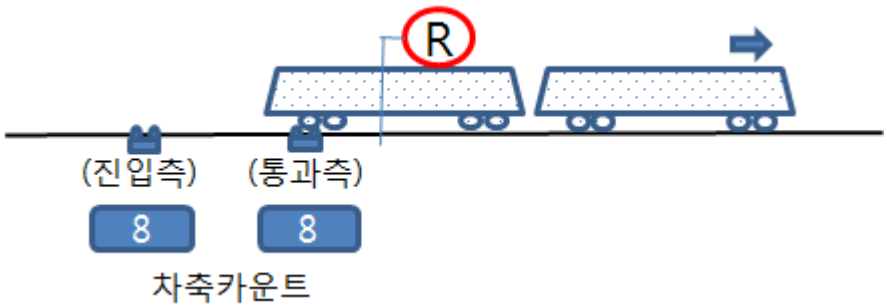


그림 69 진행방향 열차통과 판단

■ 반대방향 열차진입 판단

차축검지장치는 진입측 차축카운트가 '0'이고 통과측 차축카운트가 '-1'(반대방향 진입)인 경우 차축검지구간내 반대방향에서 진입한 것으로 판단하여 차축검지상태를 "반대방향 열차진입"으로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 신호어김검지장치는 반대방향 진행으로 신호어김 정상으로 평가하게 된다.

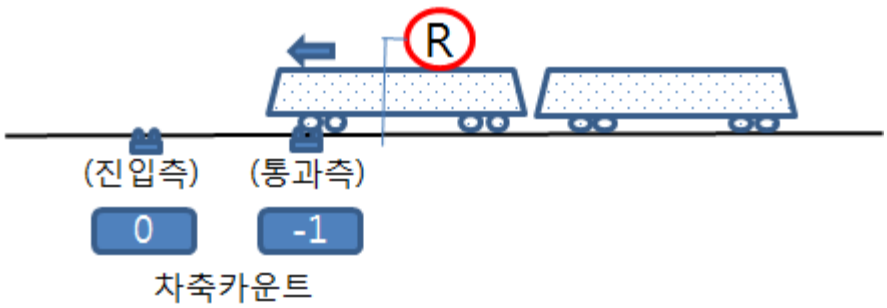


그림 70 반대방향 열차진입 판단

■ 반대방향 열차통과 판단

차축검지장치는 통과측 차축카운트가 '0'보다 적고 진입측 차축카운트가 진입측 차축카운트와 동일한 경우 차축검지구간을 열차가 반대방향으로 통과한 것으로 판단하여 차축검시상태를 "반대방향 열차통과"로 설정하여 신호어김검지장치로 전송한다. 이때, 차축검지장치는 신호어김장치로부터 열차통과 확인 메시지를 수신한 후 차축카운트를 초기화하여 후방 열차를 감시하게 된다.

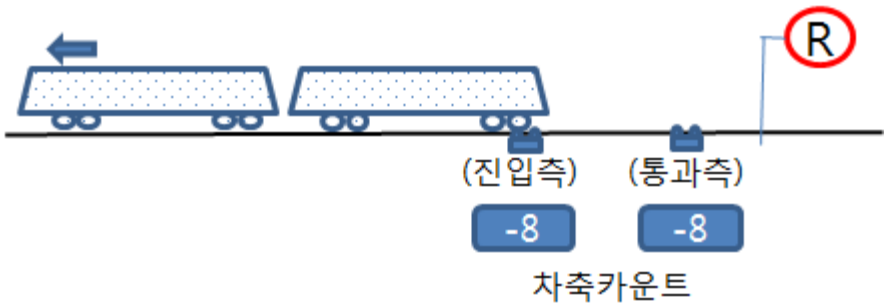


그림 71 반대방향 열차통과 판단

3. 전문가 기술 자문

가. 1차년도 기술자문

■ 자문 현황

표 19 1차년도 기술자문 현황

기술자문 내용	자문 기관	성명	자문기간
신호어김방지시스템 안전성 활동 자문	서울과학기술대학교	이종우	3개월
	서울과학기술대학교	최규형	3개월
HW안전성 설계방안 자문	TUV	-	3개월
SRS, PHA 기술 자문	TUV	-	3개월

■ 자문 결과

표 20 전문가 안전성 자문 보고서

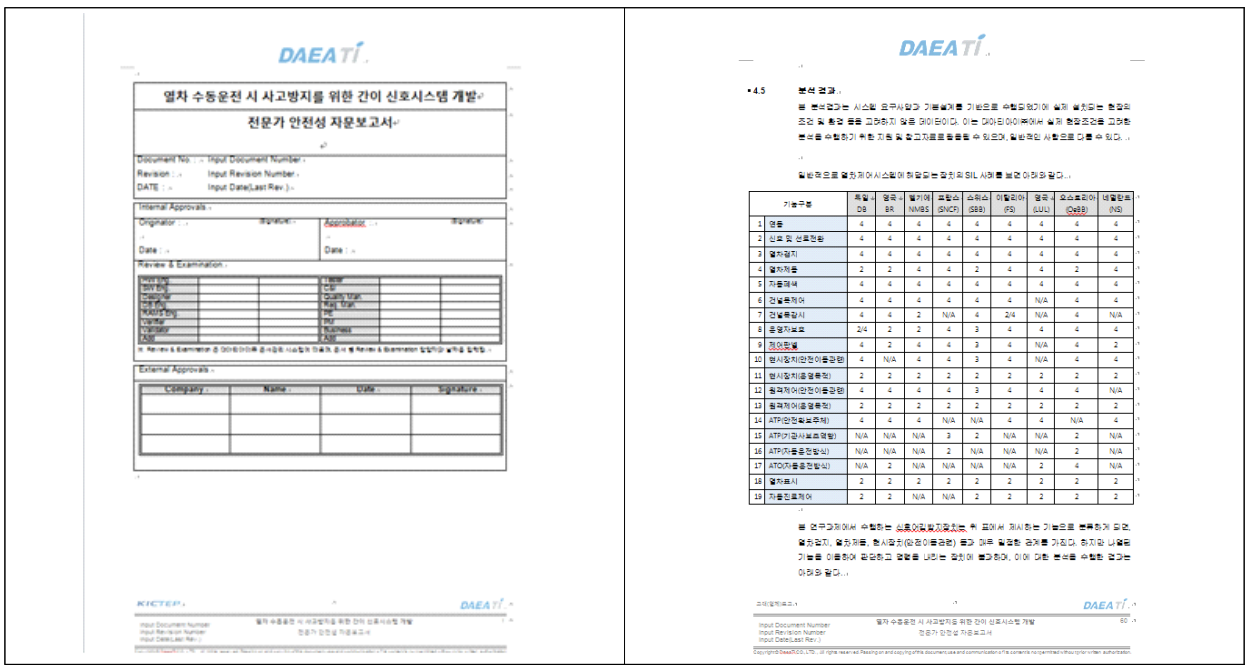
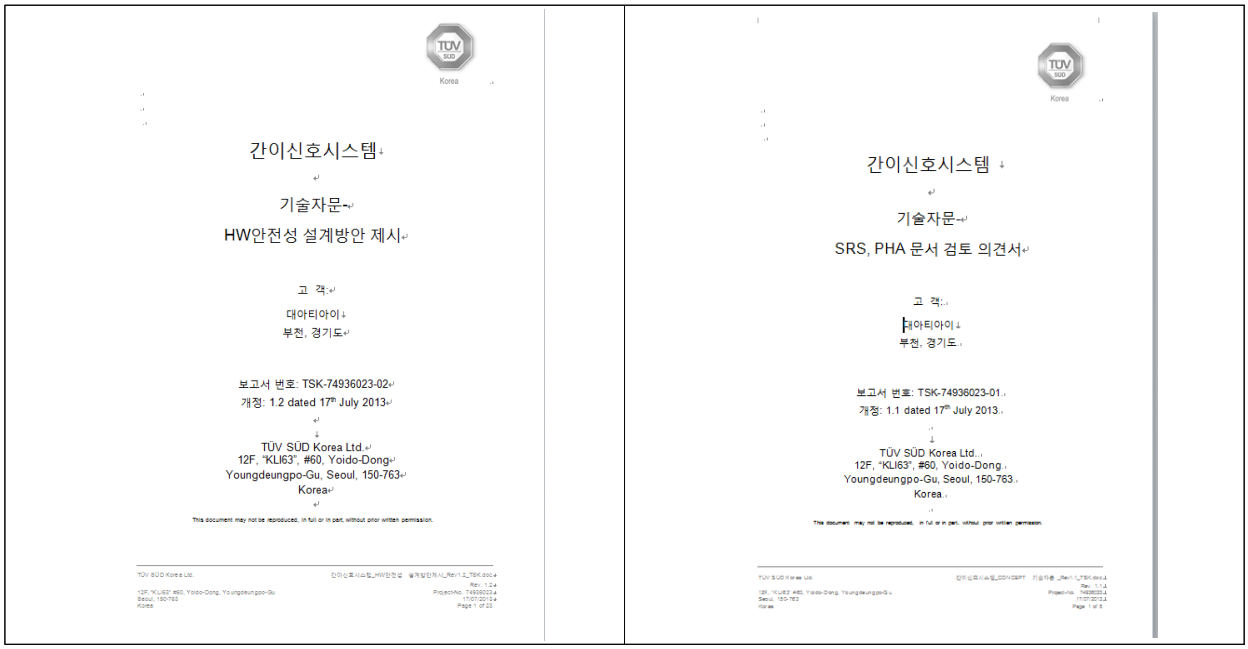


표 21 H/W안전성 설계방안 제시 및 SRS, PHA 기술자문



간이신호시스템

기술자문-

HW안전성 설계방안 제시

고 객:

대아티아이

부천, 경기도

보고서 번호: TSK-74936023-02

개정: 1.2 dated 17th July 2013

TÜV SÜD Korea Ltd.
12F, "KLI63", #60, Yoido-Dong
Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-763
Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

간이신호시스템

기술자문

SRS, PHA 문서 검토 의견서

고 객:

대아티아이

부천, 경기도

보고서 번호: TSK-74936023-01

개정: 1.1 dated 17th July 2013

TÜV SÜD Korea Ltd.
12F, "KLI63", #60, Yoido-Dong
Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-763
Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

나. 2차년도 기술자문

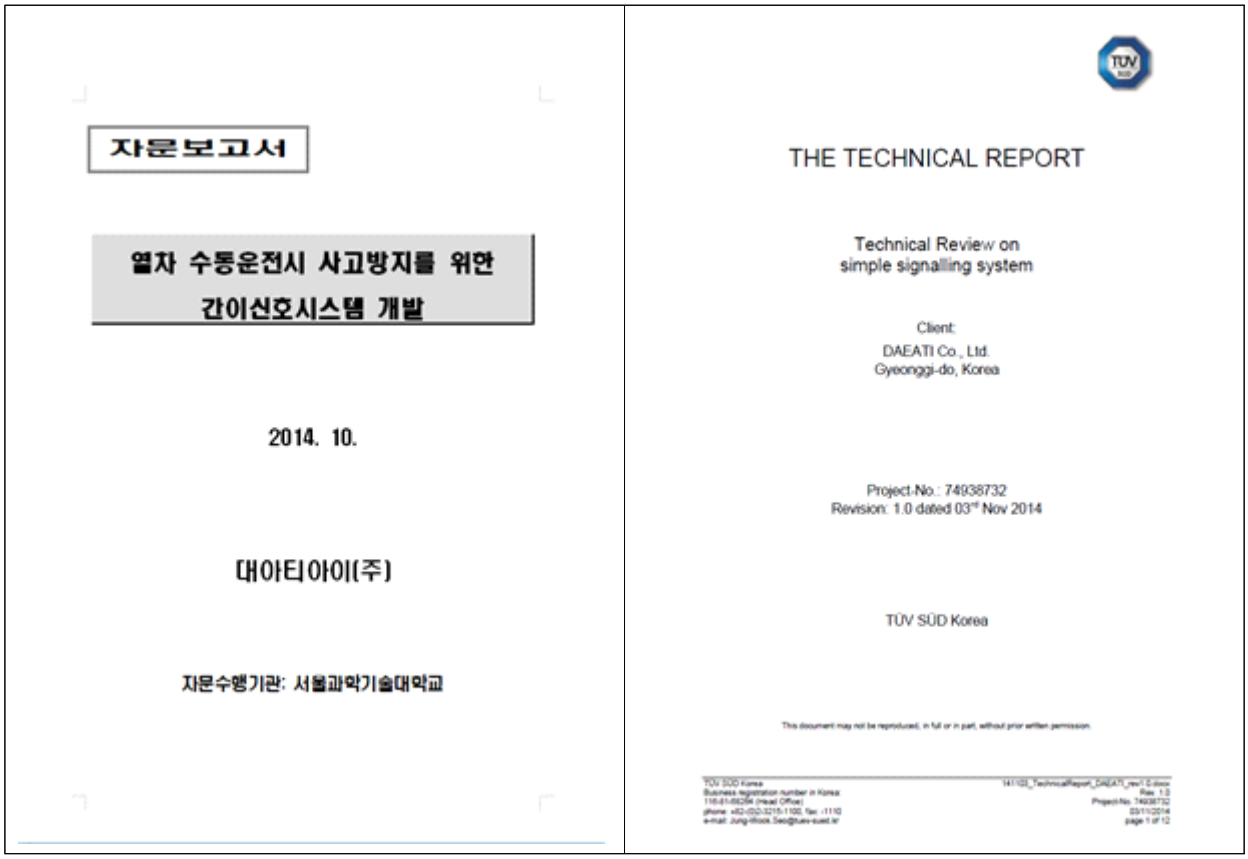
■ 자문 현황

표 22 2차년도 기술자문 현황

기술자문 내용	자문 기관	성명	자문기간
현장 운영시험에 대한 안전조건 및 시험평가	서울과학기술대학교	이종우	6개월
	서울과학기술대학교	최규형	6개월
Safety설비의 설치 및 운영 그리고 유지보수에 대한 현장평가/강연	TUV	-	6개월

■ 자문 결과

표 23 서울과학기술대학교 및 TUV 자문결과



자문보고서

열차 수동운전시 사고방지를 위한
간이신호시스템 개발

2014. 10.

대아티아이(주)

자문수행기관: 서울과학기술대학교

THE TECHNICAL REPORT

Technical Review on
simple signalling system

Client:
DAEATI Co., Ltd.
Gyeonggi-do, Korea

Project-No.: 74938732
Revision: 1.0 dated 03rd Nov 2014

TÜV SÜD Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

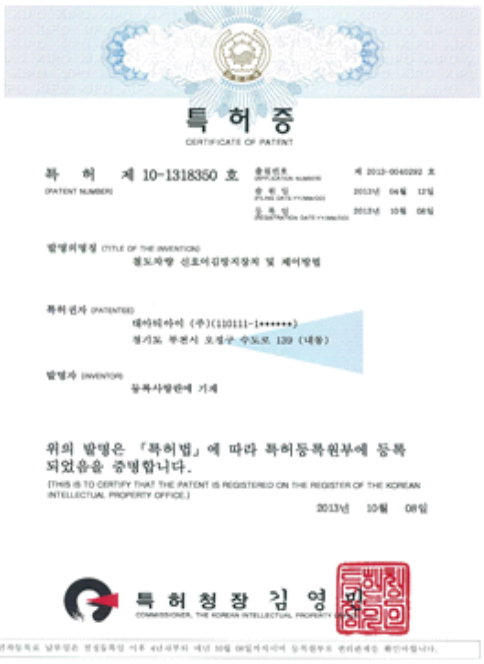
제2절 주요연구 성과

1. 특허성과

표 24 특허 성과

명칭	등록번호 (출원번호)	등록일	출원일	특허권자 (출원인)
철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법	제10-1318350	2013.10.08	2013.04.12	대아티아이(주)
지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법	제10-1366099	2013.08.20	2013.08.28	대아티아이(주)
스마트 신호어김방지장치	제10-1447739	2013.11.27	2013.09.28	대아티아이(주)
레일 고정용 브래킷	(10-2013-0102281)		2013.08.29	대아티아이(주)

표 25 특허 성과 증빙



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1318350 호

(PATENT NUMBER)

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법

특허권자 (PATENTEE)

대아티아이 (주)(110111-1******)

경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

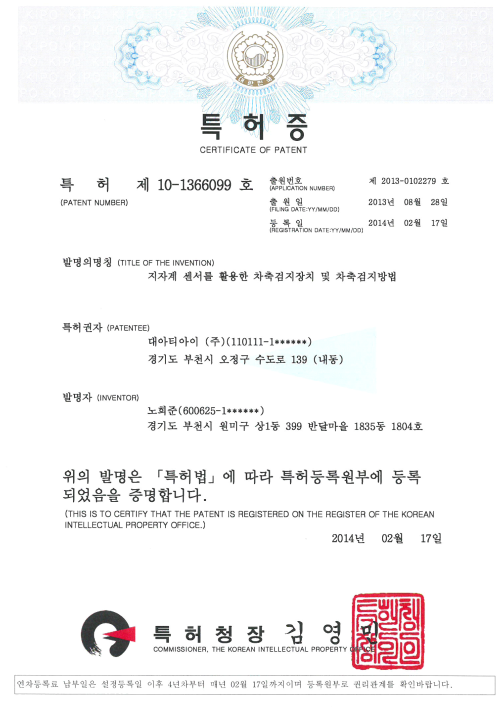
위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 10월 08일

특허청장 김 영

철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법 특허증



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1366099 호

(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0102279 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 08월 28일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 02월 17일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법

특허권자 (PATENTEE)

대아티아이 (주)(110111-1******)

경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)

노희준(600625-1******)

경기도 부천시 원미구 상1동 399 반달마을 1835동 1804호

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

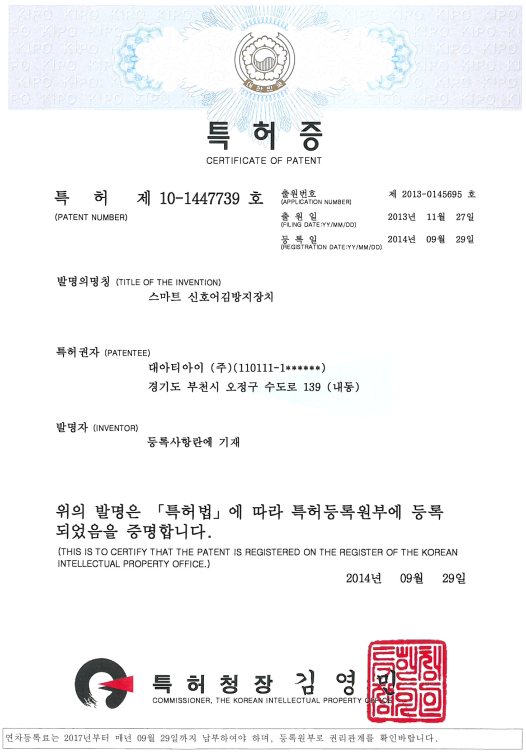
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 02월 17일

특허청장 김 영

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 02월 17일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법 등록증



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1447739 호 (PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0145695 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 11월 27일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 09월 29일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
스마트 신호어김방지장치

특허권자 (PATENTEE)
대아티아이 (주)(110111-1******)
경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

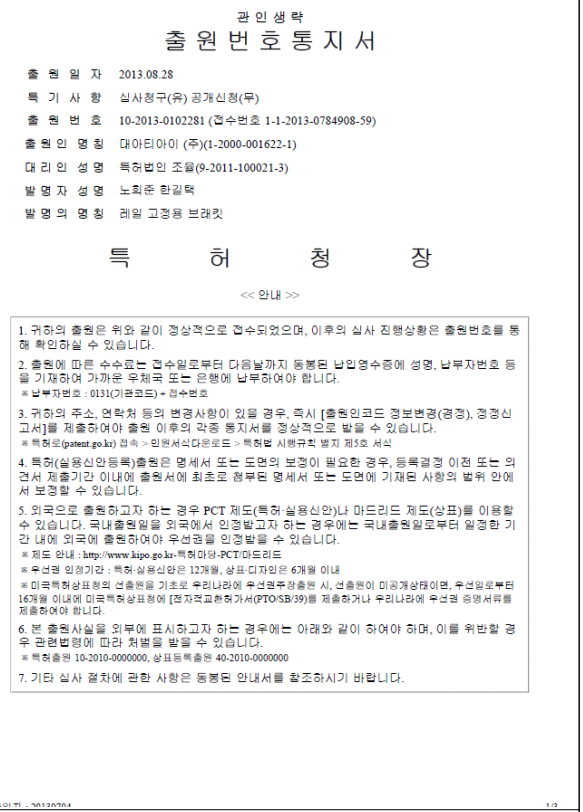
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 09월 29일

특허청장 김 영 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

연차등록료는 2017년부터 매년 09월 29일까지 납부하여야 하며, 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

스마트 신호어김방지장치 등록증



관인생략

출원번호통지서

출 원 일 자 2013.08.28

특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)

출 원 번 호 10-2013-0102281 (접수번호 1-1-2013-0784908-59)

출원인 명칭 대아티아이 (주)(1-2000-001622-1)

대 리 인 성 명 특허법인 조율(9-2011-100021-3)

발 명 자 성 명 노희준 한길택

발 명 의 명 칭 레일 고정용 브래킷

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 경정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

발급일자 : 20130704 1/2

레일 고정증 브래킷 특허출원

2. S/W 등록

표 26 S/W 등록

명칭	등록번호	등록일	저작자	등록기관
신호어김검지 프로그램	C-2013-021690	2013.08.20	대아티아이(주)	컴퓨터프로그램보호위원회
신호어김장치 성능시험 프로그램	C-2013-021691	2013.08.20	대아티아이(주)	컴퓨터프로그램보호위원회
차축검지 프로그램	C-2013-021692	2013.08.20	대아티아이(주)	컴퓨터프로그램보호위원회
차축검지 헤더 프로그램	C-2013-021693	2013.08.20	대아티아이(주)	컴퓨터프로그램보호위원회
차상인터페이스 프로그램	C-2013-021694	2013.08.20	대아티아이(주)	컴퓨터프로그램보호위원회

표 27 S/W 등록 증빙

<table>
<tr>
<td> 

프 로 그 램 등 록 신 청 서

처리기간 3일

① 성 명 대아티아이(주) ② 주민등록번호

③ 주 소 경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800

④ 프로그램저작자와의 관계

⑤ 명 칭 신호어김검지 프로그램

⑥ 창작연월일 2013년 08월 20일 ⑦ 공표연월일

⑧ 복제물의 형태 소스프로그램 (수량 1 장)

⑨ 성명 또는 상호 (한글) 대아티아이(주) (영문) DAEATI Co.,Ltd. ⑩ 국적 대한민국 ⑪ 주민(법인)등록번호 110111-1195109 ⑫ 사업자등록번호 116-81-37494

⑬ 주 소 경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800 (E-mail) daeati@daeati.co.kr (홈페이지) www.daeati.co.kr

⑭ 권리의 지분 ※공동저작자의 경우에만 기재

컴퓨터프로그램 보호법 제26조의2 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의하여 위와 같이 신청합니다.

2013년 9월 2일

신청인 대아티아이(주) (서명 또는 인)

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장 귀하

첨부서류 수수료

1. 프로그램의 개요 1부(별지 제3호의3 서식) 60,000원
2. 프로그램복제물 1부
3. 프로그램저작자의 위임장 (대리인이 등록을 신청하는 경우) 1부
4. 프로그램저작자가 2인이상일 경우 별지제3호의4 서식에 의한 목록
5. 프로그램저작자 대표자 선정승낙서 또는 동의서(2인 이상의 공동저작자인 경우)
6. 사업자등록증 사본 1부(해당자의 경우)
7. 주민등록등본 1통(프로그램저작자가 미성년자인 경우)
8. 제직등본 1통 및 주민등록등본 1통 (프로그램저작자의 상속인이 등록을 신청하는 경우)
9. 신청인의 신분증 사본 1부</td>
<td> 

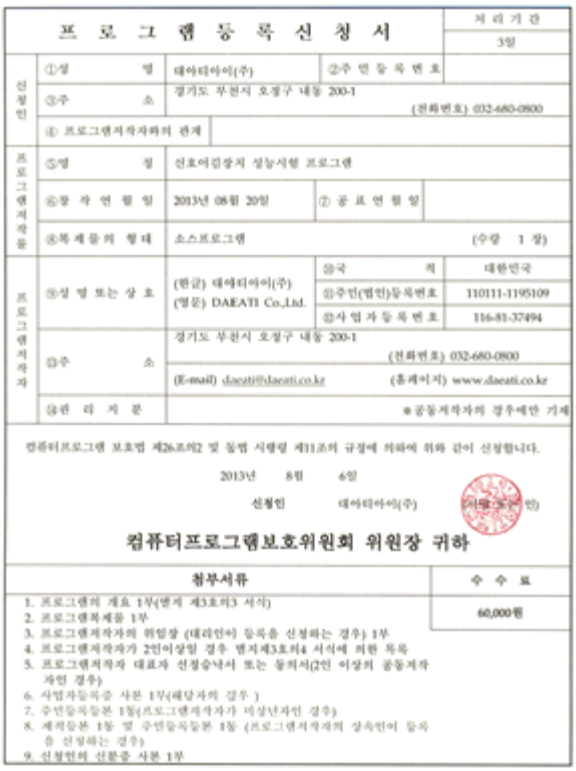
제 C-2013-021690 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 신호어김검지 프로그램 (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사 주소 경기 부천시 오정구 내동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109
4. 창작연월일 2013년08월20일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회</td>
</tr>
<tr>
<td>신호어김검지 프로그램 신청서</td>
<td>신호어김검지 프로그램 등록증</td>
</tr>
<tr>
<td> 

프 로 그 램 등 록 신 청 서

처리기간 3일

① 성 명 대아티아이(주) ② 주민등록번호

③ 주 소 경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800

④ 프로그램저작자와의 관계

⑤ 명 칭 신호어김장치 성능시험 프로그램

⑥ 창작연월일 2013년 08월 20일 ⑦ 공표연월일

⑧ 복제물의 형태 소스프로그램 (수량 1 장)

⑨ 성명 또는 상호 (한글) 대아티아이(주) (영문) DAEATI Co.,Ltd. ⑩ 국적 대한민국 ⑪ 주민(법인)등록번호 110111-1195109 ⑫ 사업자등록번호 116-81-37494

⑬ 주 소 경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800 (E-mail) daeati@daeati.co.kr (홈페이지) www.daeati.co.kr

⑭ 권리의 지분 ※공동저작자의 경우에만 기재

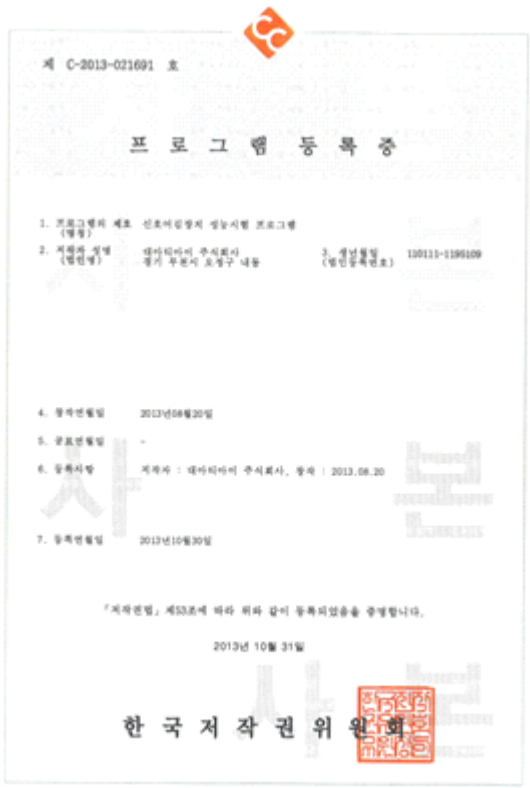
컴퓨터프로그램 보호법 제26조의2 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의하여 위와 같이 신청합니다.

2013년 8월 6일

신청인 대아티아이(주) (서명 또는 인)

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장 귀하

첨부서류 수수료

1. 프로그램의 개요 1부(별지 제3호의3 서식) 60,000원
2. 프로그램복제물 1부
3. 프로그램저작자의 위임장 (대리인이 등록을 신청하는 경우) 1부
4. 프로그램저작자가 2인이상일 경우 별지제3호의4 서식에 의한 목록
5. 프로그램저작자 대표자 선정승낙서 또는 동의서(2인 이상의 공동저작자인 경우)
6. 사업자등록증 사본 1부(해당자의 경우)
7. 주민등록등본 1통(프로그램저작자가 미성년자인 경우)
8. 제직등본 1통 및 주민등록등본 1통 (프로그램저작자의 상속인이 등록을 신청하는 경우)
9. 신청인의 신분증 사본 1부</td>
<td> 

제 C-2013-021691 호

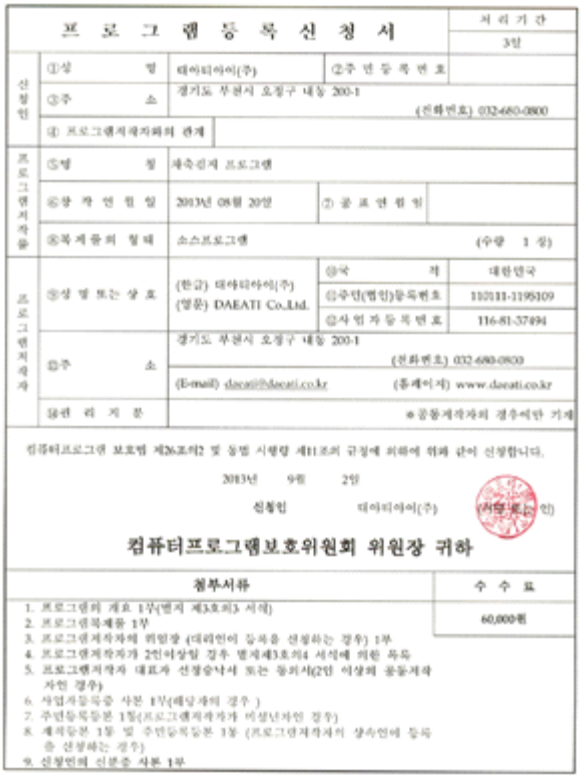
프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 신호어김장치 성능시험 프로그램 (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사 주소 경기 부천시 오정구 내동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109
4. 창작연월일 2013년08월20일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회</td>
</tr>
<tr>
<td>신호어김장치 성능시험 프로그램 신청서</td>
<td>신호어김장치 성능시험 프로그램 등록증</td>
</tr>
</table>



프 로 그 램 등 록 신 청 서

처리기간 3일

신청인	①성 명	대아티아이(주)	②주민등록번호
	③주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
	④ 프로그램저작자와의 관계		
프로그램에 관한 사항	⑤명 칭	차축검지 프로그램	
	⑥창 작 연 월 일	2013년 08월 20일	⑦ 공 표 연 월 일
	⑧복제물의 형태	소스프로그램 (수량 1 장)	
프로그램저작자	⑨성 명 또는 상 호	(한글) 대아티아이(주) (영문) DAEATI Co.,Ltd.	⑩국 적 대한민국
			⑪주민(법인)등록번호 110111-1195109
			⑫사 업 자 등 록 번 호 116-81-57494
	⑬주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
		(E-mail) dacati@daeati.co.kr (홈페이지) www.daeati.co.kr	
	담 당 자	※ 공동저작자의 경우에만 기재	

컴퓨터프로그램 보호법 제26조의2 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의하여 위와 같이 신청합니다.

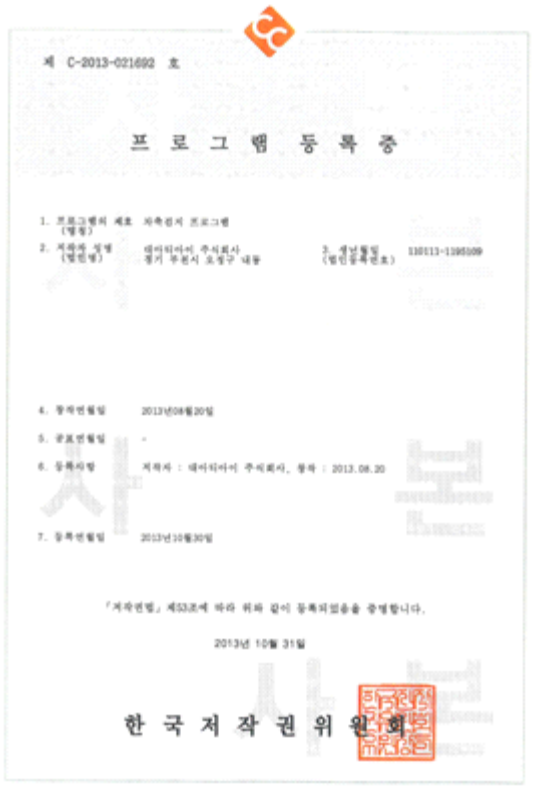
2013년 9월 2일

신청인 대아티아이(주) (서명 또는 인)

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장 귀하

첨부서류	수 수 료
1. 프로그램의 개요 1부(별지 제3호의3 서식) 2. 프로그램목록표 1부 3. 프로그램저작자의 위임장 (대리인이 등록을 신청하는 경우) 1부 4. 프로그램저작자가 2인이상일 경우 법제제3호의4 서식에 의한 목록 5. 프로그램저작자 대표자 선정승낙서 또는 동의서(2인 이상의 공동저작자인 경우) 6. 사업자등록증 사본 1부(해당자의 경우) 7. 주민등록등본 1통(프로그램저작자가 미성년자인 경우) 8. 제적등본 1통 및 주민등록등본 1통 (프로그램저작자의 상속인이 등록을 신청하는 경우) 9. 신청인의 신분증 사본 1부	60,000원

차축검지 프로그램 신청서



제 C-2013-021692 호

프 로 그 램 등 록 증

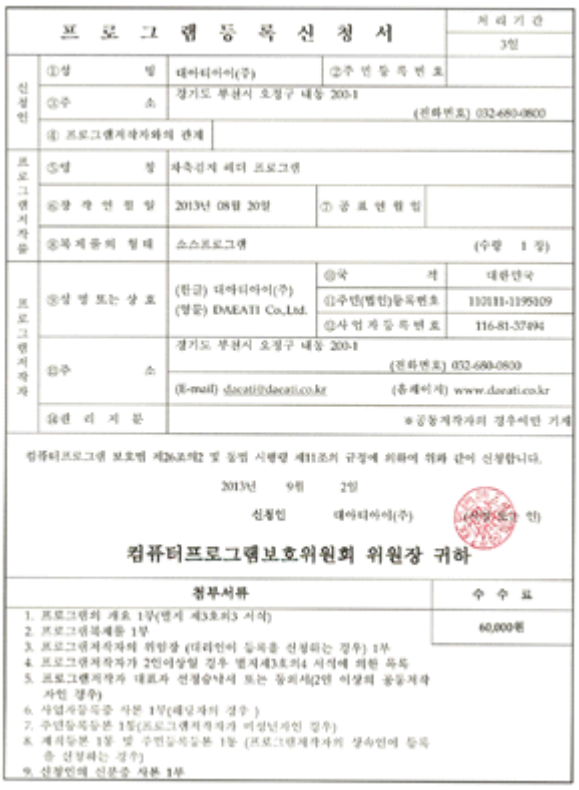
1. 프로그램의 제호 차축검지 프로그램 (영문)
2. 저작권자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사 경기 부천시 오정구 내동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109
4. 창작연월일 2013년08월20일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

차축검지 프로그램 등록증



프 로 그 램 등 록 신 청 서

처리기간 3일

신청인	①성 명	대아티아이(주)	②주민등록번호
	③주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
	④ 프로그램저작자와의 관계		
프로그램에 관한 사항	⑤명 칭	차축검지 헤더 프로그램	
	⑥창 작 연 월 일	2013년 08월 20일	⑦ 공 표 연 월 일
	⑧복제물의 형태	소스프로그램 (수량 1 장)	
프로그램저작자	⑨성 명 또는 상 호	(한글) 대아티아이(주) (영문) DAEATI Co.,Ltd.	⑩국 적 대한민국
			⑪주민(법인)등록번호 110111-1195109
			⑫사 업 자 등 록 번 호 116-81-57494
	⑬주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
		(E-mail) dacati@daeati.co.kr (홈페이지) www.daeati.co.kr	
	담 당 자	※ 공동저작자의 경우에만 기재	

컴퓨터프로그램 보호법 제26조의2 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의하여 위와 같이 신청합니다.

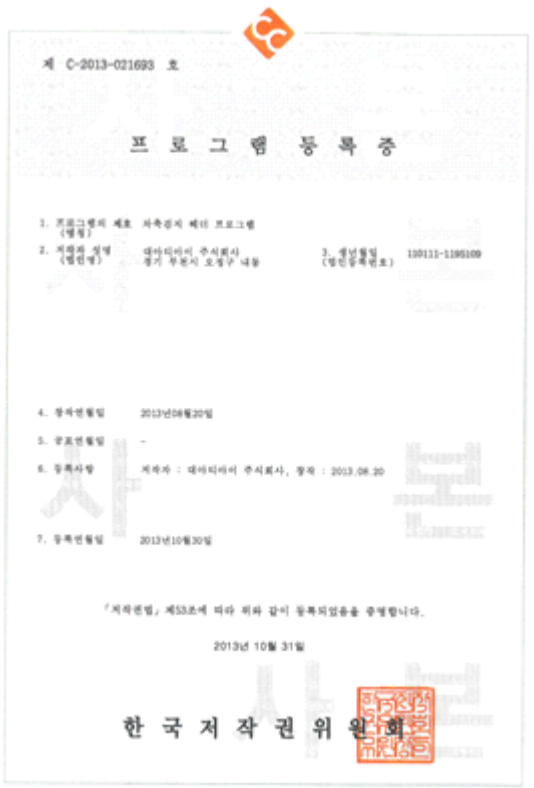
2013년 9월 2일

신청인 대아티아이(주) (서명 또는 인)

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장 귀하

첨부서류	수 수 료
1. 프로그램의 개요 1부(별지 제3호의3 서식) 2. 프로그램목록표 1부 3. 프로그램저작자의 위임장 (대리인이 등록을 신청하는 경우) 1부 4. 프로그램저작자가 2인이상일 경우 법제제3호의4 서식에 의한 목록 5. 프로그램저작자 대표자 선정승낙서 또는 동의서(2인 이상의 공동저작자인 경우) 6. 사업자등록증 사본 1부(해당자의 경우) 7. 주민등록등본 1통(프로그램저작자가 미성년자인 경우) 8. 제적등본 1통 및 주민등록등본 1통 (프로그램저작자의 상속인이 등록을 신청하는 경우) 9. 신청인의 신분증 사본 1부	60,000원

차축검지 헤더 프로그램 신청서



제 C-2013-021693 호

프 로 그 램 등 록 증

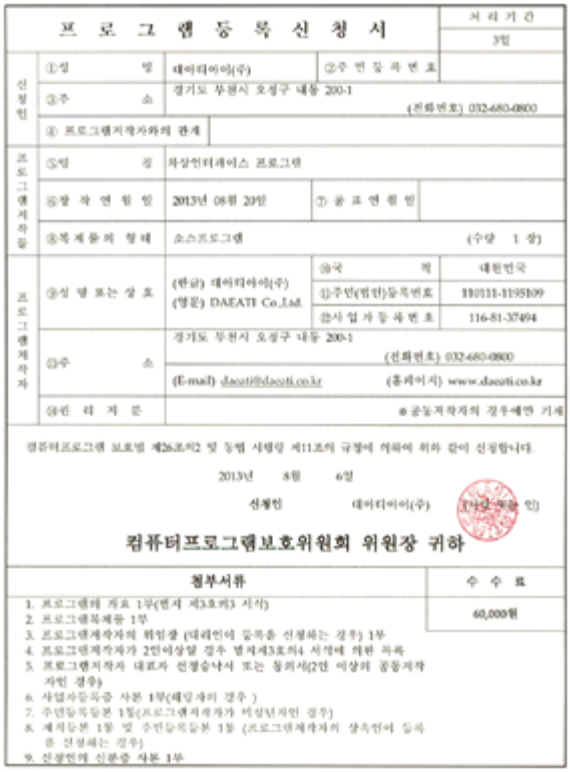
1. 프로그램의 제호 차축검지 헤더 프로그램 (영문)
2. 저작권자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사 경기 부천시 오정구 내동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109
4. 창작연월일 2013년08월20일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

차축검지 헤더 프로그램 등록증



프 로 그 램 등 록 신 청 서

처리기간 3일

신청인	①성 명	대어디어이(주)	②주민등록번호
	③주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
	④ 프로그램저작자와의 관계		
프로그램저작물	⑤명 칭	차상인터페이스 프로그램	
	⑥창 작 연 월 일	2013년 08월 20일	⑦ 공 표 연 월 일
	⑧복 제 물 의 형 태	소스프로그램 (수량 1 장)	
프로그램저작자	⑨성 명 또는 상 호	(한글) 대어디어이(주) (영문) DAEATI Co.,Ltd.	⑩국 적: 대한민국
			⑪주민(법인)등록번호: 110111-1195109
			⑫사 업 자 등 록 번 호: 116-81-37494
	⑬주 소	경기도 부천시 오정구 내동 200-1 (전화번호) 032-680-0800	
		(E-mail) daeati@daeati.co.kr (홈페이지) www.daeati.co.kr	
	⑭권 리 자 로	※공동저작자의 경우에만 기재	

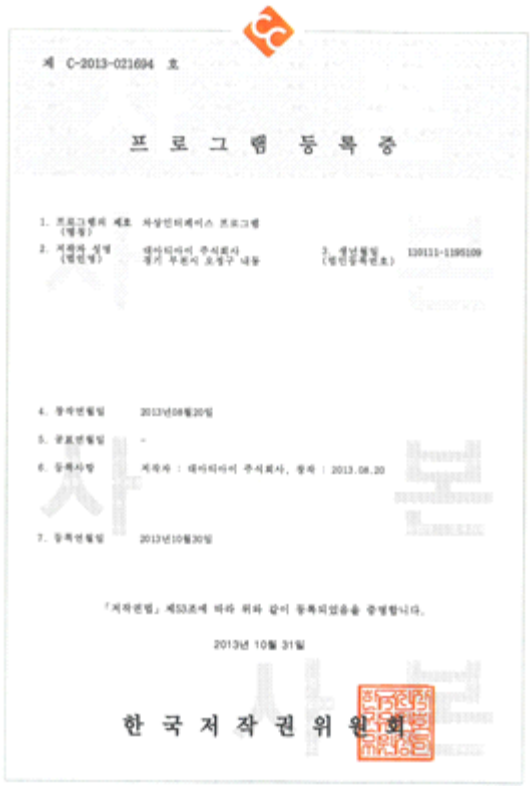
컴퓨터프로그램보호법 제26조의2 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의하여 위와 같이 신청합니다.

2013년 8월 6일

신청인 대어디어이(주) (대표자 성명 인)

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장 귀하

첨부서류	수 수 료
1. 프로그램의 개요 1부(별지 제3호의3 서식) 2. 프로그램복제물 1부 3. 프로그램저작자의 위임장 (대리인이 등록을 신청하는 경우) 1부 4. 프로그램저작자가 2인이상일 경우 별지제3호의4 서식에 의한 자목 5. 프로그램저작자 대표자 선정증서 또는 정의서(2인 이상의 공동저작자인 경우) 6. 사업자등록증 사본 1부(대표자의 경우) 7. 주민등록등본 1통(프로그램저작자가 미성년자인 경우) 8. 제직등본 1통 및 주민등록등본 1통 (프로그램제작자의 상속인이 등록을 신청하는 경우) 9. 신청인의 신분증 사본 1부	60,000원



제 C-2013-021694 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 명칭 차상인터페이스 프로그램
2. 저작권자 (법인명) 대어디어이 주식회사 (법인등록번호) 110111-1195109
   (주소) 경기 부천시 오정구 내동
4. 창작년월일 2013년08월20일
5. 공표년월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대어디어이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록년월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

차상인터페이스 프로그램 신청서

차상인터페이스 프로그램 등록증

3. 시험/인증

표 28 시험/인증

장치명	구분	인증번호	출원일	시험기관
절연변압기	시험성적	R-13-0801	2013.04.12	한국철도기술연구원
신호어김검지장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-SVEU	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140048	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140059	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140060	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험	CUS2014-2873	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-818	2014.10.15	㈜윈텍
차축검지장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-ADS	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140046	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140055	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140056	2014.10.20	㈜코스텍

	진동/충격 시험	CUS2014-2871	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	IP 시험	CUS2014-2874	2014.10.08	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-821	2014.10.15	㈜원텍
지상무선 통신장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-WAP	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140047	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140057	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140058	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험	CUS2014-2872	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-819	2014.10.15	㈜원텍
차상 인터페이스 장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-OIS	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140049	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140061	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140062	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험 #1	CUS2014-2875	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	진동/충격 시험 #1	CUS2014-2876	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-820	2014.10.15	㈜원텍

■ 시험 결과

표 29 시험/인증 결과

시험	신호어김검지장치	차축검지장치	지상통신장치	차상인터페이스장치
진동/충격	적합	적합	적합	적합
과전압/전원변동시험	적합	적합	적합	적합
온도사이클	적합	적합	적합	적합
저온/고온 시험	적합	적합	적합	적합
IP65시험	해당없음	적합 (외함)		해당없음
EMC시험	적합	적합	적합	적합
적합등록 필증	등록	등록	등록	등록

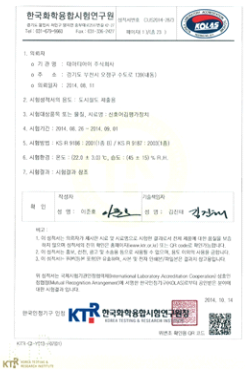
표 30 시험/인증 증빙

<table>
<tr><td> 
</td><td></td></tr>
<tr><td>절연변압기 시험</td><td></td></tr>
<tr><td> 





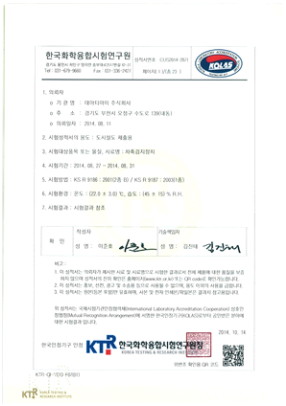





</td><td></td></tr>
<tr><td>신호어김검지장치 시험/인증</td><td></td></tr>
</table>





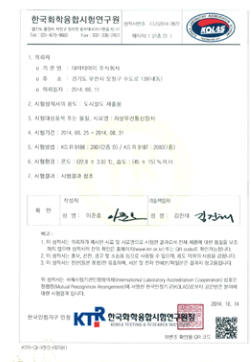




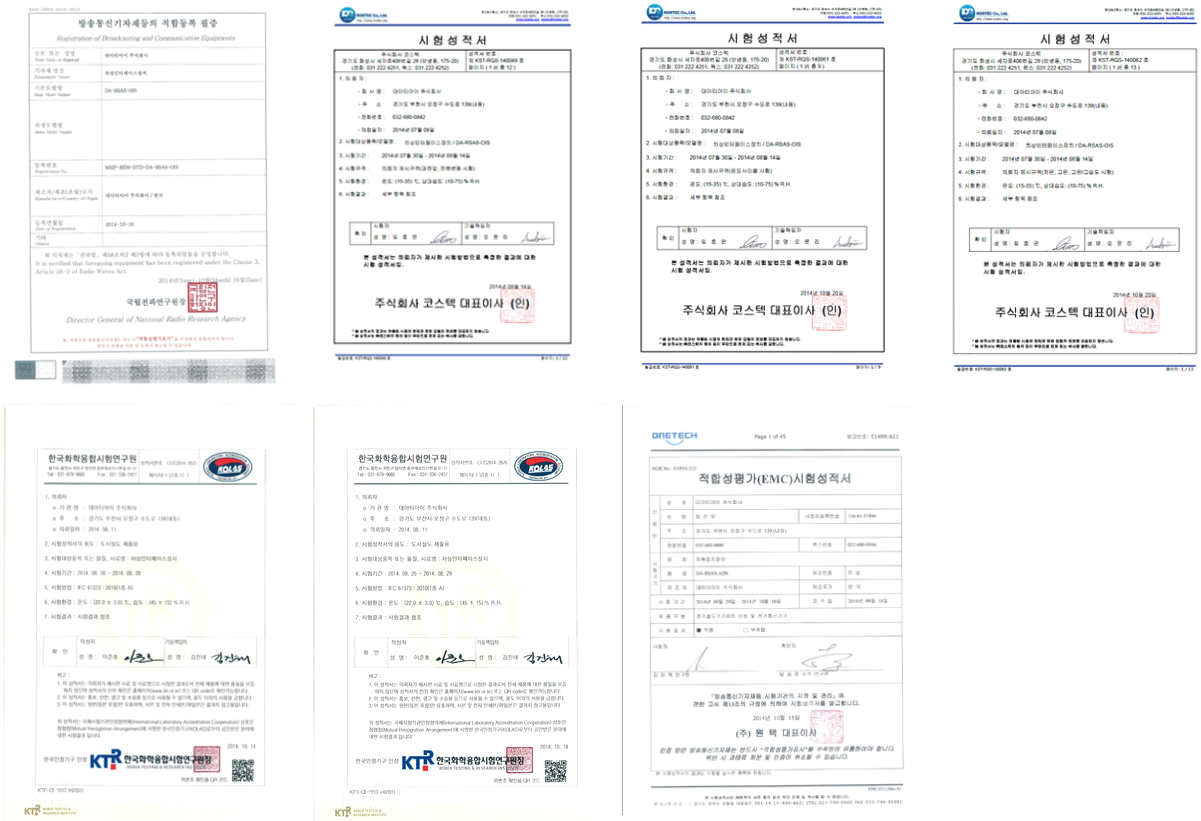
차축검지장치 시험/인증








지상무선통신장치 시험/인증



차상인터페이스장치 시험/인증

4. 국내·외 학술대회 게재 및 발표

표 31 논문 발표

명칭	발표일	논문저자	등록기관
차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능검증방안 연구	2014.10	신광호, 류지홍, 안진	한국도시철도학회 2014년 추계학술대회
차축계수기를 위한 차축검지방안 연구	2014.10	송승정, 노희준, 안진	한국도시철도학회 2014년 추계학술대회
도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석	2014.10	한찬희, 안진, 김우정	한국도시철도학회 2014년 추계학술대회
신호어김방지시스템의 고장률/신뢰성 예측을 통한 설계방안 제시	2013.11	김우전, 박재영, 송호성	한국철도학회 2013년 추계학술대회

표 32 논문 발표 증빙



2013년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능검증 방안 연구

Research of performance verification method for Railway Signaling Anti-Violation System using axle detection

'신광호', 류지룡', 안진'

*K.H.Shin(kwghan@daum.co.kr)', J.H.Ryu' and J.Ahn'

'데이터이어주식회사 철도기술연구소

Abstract Although the rapid development of the railway signaling system recently, it does not really help in depot driving in yard mode because of the cost and operational aspects. The system is required for preventing accident; such as derailments, collisions, wayside device damages, caused by passing the stop signal in yard mode. In view of passing the stop signal in yard mode, signaling anti-violation system that detect axle, evaluate violation and warning alarm, further emergency braking is essential for reliability of detection, evaluation & transmission. In this paper, the method of LAB TEST & SITE TEST for performance verification and the results of test are described.

Key words: Signaling Anti-Violation, Axle detection, Signaling Violation evaluation

1. 개요

철도 신호시스템은 열차와 신호 지시 속도를 초과 또는 신호 위배를 확인하고 운행하는 경우 자동으로 열차 정지 또는 감속을 실행하는 장치로 정의된다. 최근의 신호방식은 열차의 안전 효율을 강화하기 위하여 ATO(Automatic Train Stop : 자동열차정지장치), ATC(Automatic Train Control : 자동열차제어장치), ATP(Automatic Train Protection : 자동열차보호장치), ATO(Automatic Train Operation : 자동열차운전장치) 등의 적용이 확대되고있며, 선진국에서도 CBTC (Communication-Based Train Control), ERTMS/ETCS(European Rail Traffic Management System/European Train Control System) 등 효과 향상된 제어기능과 네트워크 기술이 적용된 신호시스템으로 발전되고 있는 추세이며, 우리나라도 KRTCS(Korean Rail Traffic Control System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근의 철도신호시스템이 안전 운행을 보장하기 위하여 비상제동으로 발생하고 있지만, 이러한 제동으로 운행되는 차량 기지 주변에서는 주로 운영에 대한 특징상이나 실적 이용 대비 효율성 측면이 낮아 적용에 비하여 실질적인 도움이 되지 못하는 것이 현실이다.

이러 주장 및 실제 일부 대 주요 운전에서 이러나 제일도로 운전하는 경우 다양한 운영 상황에 따라 이러나가 정지신호를 어기고 지나치는 경우로 인해 열차 탈선, 추돌, 현장 설비(Wayside Device) 파손 등의 사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 이로 인해, 운전에서의 운행 스케줄에도 지연을 초래하게 된다.

정지신호 상태에서 접근하는 경우 지연시에에 신호위일을 경보하고 이 나타나 비상제동을 체결하여 사고를 미연에 방지하는 시스템에 대한 필요성이 증가하며, 이상아을 활용한 무정용방법기시스템(MTS : Magnetic Train Stop)[2][3]이 도입되고 LZC(지일)을 활용한 시스템(ATP나 RFID 시스템을 이용한 시스템)등이 연구중고 있으나, 기존 신호시스템과 융일한 경우에만 적용되거나 도입 비용이나 운영 비용이 높아 확장이 되는 실정이다.

이런 시스템에 비하여 적어이면서도 이런 신호시스템과는 독립적으로 운영이 가능한 적용기법을 이용한 신호위 시스템이 필요하다.

2. 설계의 비교 검토

차축 검지의 구성은 레일에 장착되는 차축 검지 베어링 차축검지 베어링에 일체되는 신호를 차축계수기로 장치의 검출하기 위하여 광통신 또는 도성 통신기능을 갖춘 차축검지장치를 추가로 설치하게 된다. 차축 검지 베어링 이외이 센서와 근접센서를 사용하여 차축검지장치를 제장하여 시험 하게된다.

2.1 차축이 센서

이구에는 날과과 적극에 보 5대으로 고려의 차축장이 형성되어 있으므로 차축의 고이를 측정할 수 있다. 차축장과에 가상 중력과 관성을 에 의하 신호처리를 일정시키는데, 이 때무으로 인해 차축의 고이는 일도와 주파수에 변화된 양을 측정 일고하였에 센주시키면 실정범위에서 중력 부족을 판정할 수 있다. 이 때에 차축의 고이를 측정하기 위해에 지이이 센서가 이용된다.

지이이 센서를 차축 검지 베어에 적용하기에 앞서, 차량 기지의 검수고에서 차종의 확인과에서 차종의 중량특에 따른 가속도 변화량을 측정하였다.

이에 그림은 차량의 차축 이에에서 실제 가속도량 측정 시험과 측정 개념도를 나타낸 것이다.



Fig. 1 Measuring Gauge under the rails.

위에서 얻어진 차종 확인정보에서 실제 측정한 차종 중복 가속도 변화량의 관계를 측정한 값을 그래프로 나타낸 것으로서, 차축 중심폭에서 10mm 떨어진 곳에서 측정한 값이다. 그림에서 볼 수 있듯이 차종과 가장 가까운 후륜인 중심에서 가장 강한 가속도 값을 나타낼 것을 볼 수 있다.



2013년도 한국도시철도학회 추계학술대회 논문집

도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석

A Study on Reliability & Safety Analysis of 'Signal Disregard Detection' in Urban Depot

'한창희', 안진' 김우정'

*C.H.Han(chanwee@daum.co.kr)', J. Ahn', W. J. Kim',

'데이터이어 철도기술연구소

Abstract Railroad industry has also rapidly developed with the stream of times. Even now automated and unmanned trains are realized. And the time when the person drives the train directly or not involves at all in the operation & maintenance to take care of all of the system is not too far. But no one knows exactly when will be realized that the day is not guaranteed. Therefore, by which time the method should be designed consistently required human intervention, and to cope with accidents caused by a human error in operation of the railjoy cytem. The system is also designed to reduce human errors as possible if you operate a train system. This paper introduces the RAMS activities performed to implement a system in an optimized configuration for a construction place considering the safety and cost.

Key words: 신호어김, 차량기지, 안전성분석, 신뢰성분석

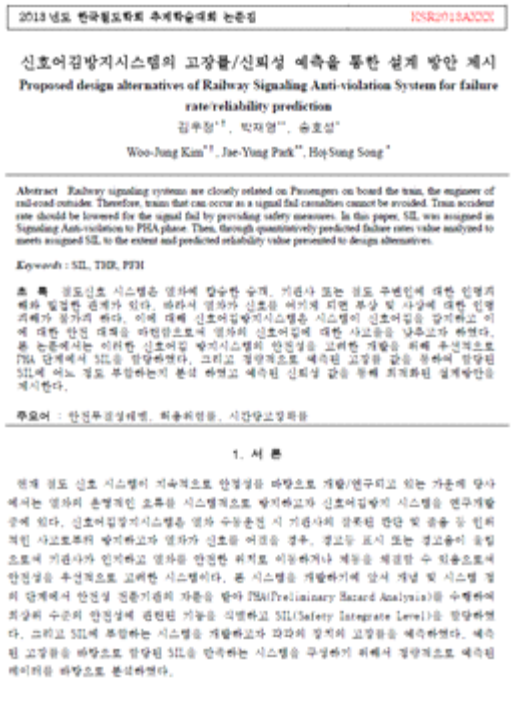
1. 서론

1.1 신호어김방지시스템의 역할

현재 도시철도의 주요에 따르면 열차 운행의 자동화 및 확인화를 통해 열차의 운행, 운영 그리고 유지보수 등에서 많은이 개발되는 되는 방법이 많아져 증하여고 되는 것이 현실이다. 즉, 아니 일에서 많으로는 인적 요인(인간의 실수)에 대한 대적 방안과 함도 시스템에 대한 일치는 증하실 수 없에 없다. 하지만 적지 않은 사람이 요즈이 많고에 아 차량기지나 일부 지상구간 등에서는 통하여하여 기존 사 적합으로 열차가 운행될 수 없에는 없다. 그렇다고 해서 열차 운행이 없이 않은 구간에 안전을 보장하기 위한 교차의 장일 시스템을 도입하기에도 부리가 있다. 따라서 이러한 문제점들을 어느 정도 해소시키기 위한 시스템으로 본 시스템이 개발되었다.

신호어김방지시스템은 차량기지내의 열차 운행중은 시 기준사의 일부분 한정 및 출동 등 인위적인 사고를 최소화 구역보고자 고안된 시스템으로, 열차가 신호를 어겼을 경우, 경고등 표시 및 경보가 복합방호로서 기관사가 이를 인지하고 열차를 안전한 위치로 이동하거나 제동을 체결할 수 있을으로써 안전성을 추진하고자 한 시스템이다. 본 시스템은 개발하기에 앞서 개념 및 시스템 정의 단계에서 안전성 진흥기법의 자료을 탈아 PHA(Preliminary Hazard Analysis)를 수행하여 최상위 수준의 안전성에 관련된 기능을 식별하고 SIL(Safety Integrate Level)을 할당하였다. 그리고 SIL에 부합하는 시스템을 개발하고자 따라의 정치의 고장률을 예측하였다. 예측된 고장률을 바탕으로 할당된 SIL을 만족하는 시스템을 구성하기 위해서 정량적으로 예측된 데이터를 바탕으로 분석하였다.

도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석



2013 년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집 KSR2013A***

신호어김방지시스템의 고장률/신뢰성 예측을 통한 설계 방안 제시

Proposed design alternatives of Railway Signaling Anti-violation System for failure rate/reliability prediction

김우정'†, 박재영**, 송호성*

Woo-Jong Kim*†, Jae-Yong Park**, Ho-Sung Song*

Abstract Railway signaling systems are closely related on Passengers on board the train, the engineer of rail-road outsides. Therefore, train that can occur as a signal fail casualties cannot be avoided. Train accident rate should be lowered for the signal fail by providing safety measures. In this paper, SIL was assigned as Signaling Anti-violation to PHA phase. Then, through quantitatively predicted failure rates value analyzed to meets assigned SIL to the extent and predicted reliability value presented to design alternatives.

Keywords : SIL, THR, PFH

주요어 : 안전무결성레벨, 최종위험률, 시간당고장확률

1. 서 론

현재 철도 신호 시스템이 지속적으로 안정성을 바탕으로 개발/연구되고 있는 가운데 당사에서는 열차의 운행적인 요목을 시스템적으로 방지하고자 신호어김방지 시스템을 연구개발 중에 있다. 신호어김방지시스템을 열차 수동운전 시 기관사의 감독된 및 출동 등 인위적인 사고로부터 방지하고자 열차가 신호를 어겼을 경우, 경고등 표시 또는 경고음이 동일으로써 기관사가 인지하고 열차를 안전한 위치로 이동하거나 제동을 체결할 수 있을으로써 안정성을 추진하고자 한 시스템이다. 본 시스템을 개발하기에 앞서 개념 및 시스템 정의 단계에서 안전성 진흥기법의 자료을 탈아 PHA(Preliminary Hazard Analysis)를 수행하여 최상위 수준의 안정성에 관련된 기능을 식별하고 SIL(Safety Integrate Level)을 할당하였다. 그리고 SIL에 부합하는 시스템을 개발하고자 따라의 정치의 고장률을 예측하였다. 예측된 고장률을 바탕으로 할당된 SIL을 만족하는 시스템을 구성하기 위해서 정량적으로 예측된 데이터를 바탕으로 분석하였다.

신호어김방지시스템의 고장률/신뢰성 예측을 통한 설계방안 제시

5. 브로셔 제작

과제 종료후 실질적인 사업화와 영업 지원을 위한 홍보를 위하여 간접비를 적극 활용하여 본 과제 성과물인 신호어김 안전시스템에 대한 브로셔를 제작함.

표 33 브로셔 증빙



차상인터페이스 프로그램 신청서

6. 시연회 및 전시회 참여

가. 초도품 통합 시연회

■ 목적
- 신호어김방지시스템 개발 현황 발표
- 초도품 기능 및 성능 시연
- 초도품 개발 결과 공유 및 의견 수렴

■ 시연회 개요
- 일시 : 2013년 9월 12일
- 참석대상 : 서울메트로 관계자
- 장소 : 대아티아이(주) 연구소

■ 시연회 사진

	
개발 현황 발표 1	개발 현황 발표 2
	
개발 시연 1	개발 시연 2

■ 시연 내용

- 정상주행 시나리오

  진로가 설정된 상태에서 열차가 진입하여 신호어김 발생없이 열차가 정상적으로 통과하는 정상주행 시나리오를 시연

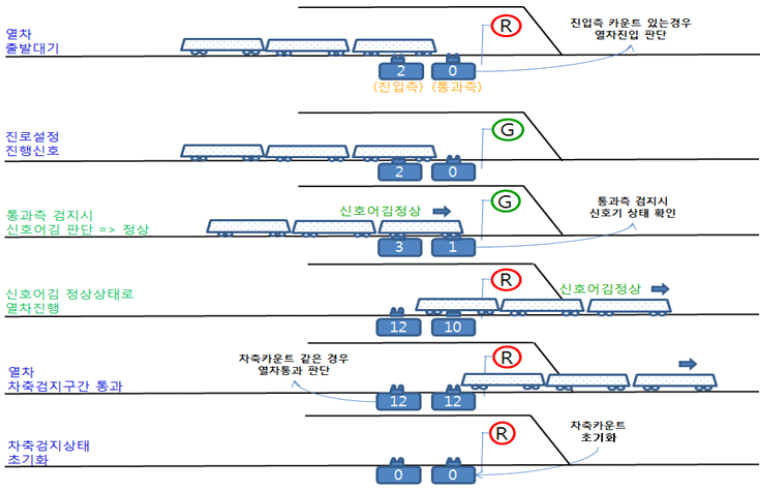


그림 72 정상주행 시나리오 흐름도

- 신호어김 주행 시나리오

  진로가 설정되지 않은 상태에서 기관사가 열차를 출발시켜 신호어김이 발생하고, 신호어김을 해제 한 후 재 출발하는 신호어김 주행 시나리오를 시연

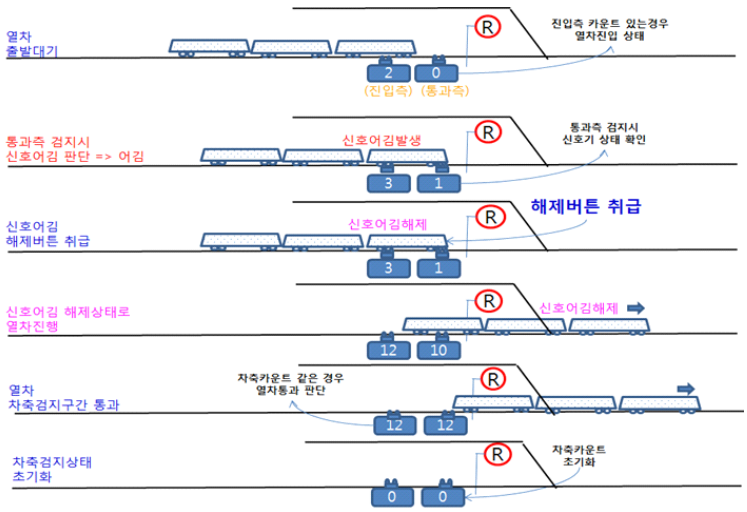


그림 73 신호어김 주행 시나리오 흐름도

- 반대주행 시나리오

  양방향 진행이 가능한 선로에 설치된 신호어김방지시스템에서 감시하는 반대방향으로 주행하는 열차의 경우 신호어김 발생없이 열차가 정상적으로 통과하는 반대주행 시나리오를 시연

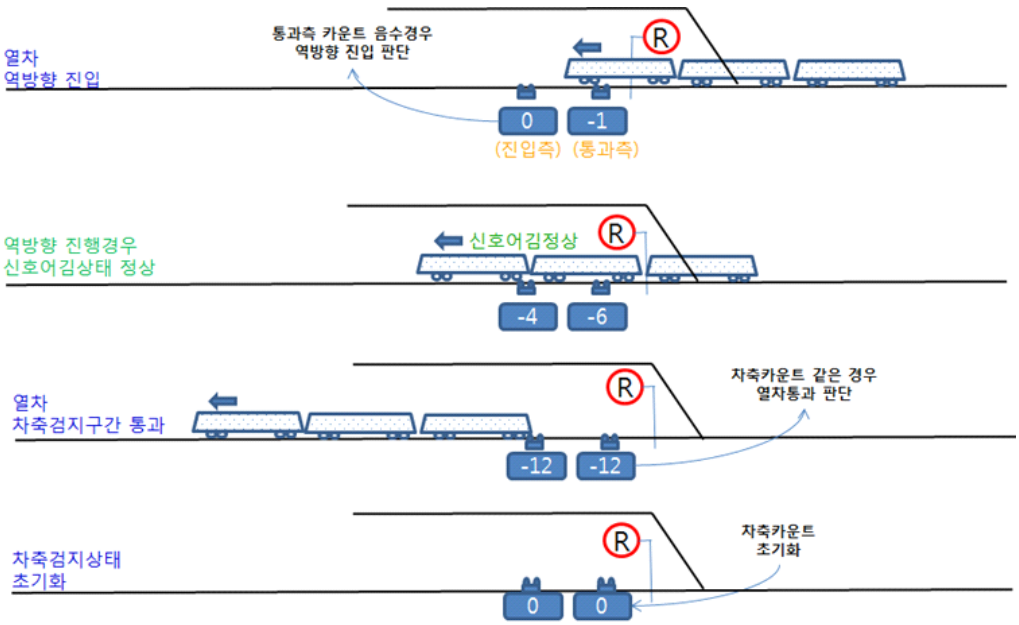


그림 74 반대방향 주행 시나리오 흐름도

나. 초도품 현장 시연회

■ 시연 개요

- 일 시 : 2014년 2월 28일 (금요일) 14:00 ~ 16:00
- 장 소 : 서울메트로 군자차량기지 회의실 및 22H 신호기 지점
- 참석 인원

표 36 시연회 참석 인원

소속	참석 인원	비 고
서울메트로	기술본부장 외 60명	참석자 명단 참조
대아티아이	사업본부장 외 8명	

■ 결과 요약

국토교통과학기술진흥원 자유공모과제로 대아티아이와 서울메트로가 기술협약으로 공동 추진 중인 『신호어김방지시스템 개발』의 초도품 시연회를 서울메트로 기술본부장 외 많은 관계자 분들이 참여하여 개최하였으며, 모터카 시연 이후 진행된 질의 과정에서의 많은 의견은 향후, 시제품 제작에 있어 적극적으로 반영할 계획임.

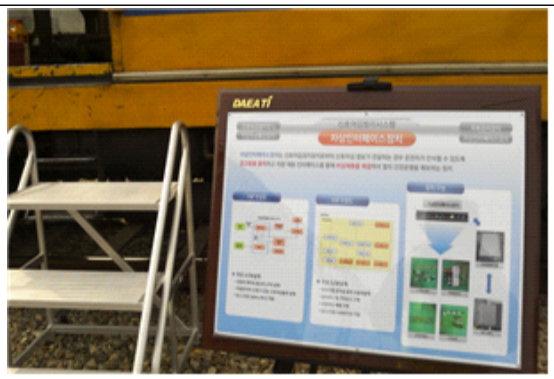
■ 진행 내용

- 참석자 소개 및 인사
- 개발 추진 현황 및 향후 계획 공유
- 초도품 시연

- 질의 및 응답
- 시연회 강평 : 서울메트로 기술본부장

■ 시연회 사진

<table>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시연회 안내</td><td>시연회 안내</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시연회 소개 #1</td><td>시연회 소개 #2</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현황 및 시연내용 발표 #1</td><td>현황 및 시연내용 발표 #2</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>지상설비 소개 #1</td><td>지상설비 소개 #2</td></tr>
</table>

	
지상무선통신장치 소개	차축검지장치 소개
	
차상설비 소개 #1	차상설비 소개 #2
	
모터카 탑승 #1	모터카 탑승 #2
	
질의 및 응답 #1	질의 및 응답 #2

다. 시제품 현장 시연회

■ 시연 개요

- 일 시 : 2014년 10월 23일 (목요일) 14:00 ~ 15:30
- 장 소 : 서울메트로 군자차량기지 22H 신호기 지점
- 참석 인원 :

표 45 시연회 참석 인원

소속	참석 인원	비고
서울메트로	궤도신호사업소 외 50명	참석자 명단 참조
대아티아이	사업본부장 외 11명	

■ 결과 요약

국토교통과학기술진흥원 자유공모과제로 대아티아이와 서울메트로가 기술협약으로 공동 추진 중인『신호어김방지시스템 개발』의 시제품 시연회를 서울메트로 관계자 분들이 참여하여 개최하였으며, 전동차 시연 이후 진행된 질의 과정에서의 의견은 향후, 제품의 사업화 시점에 적극적으로 반영할 계획임.

■ 결과 요약

- 참석자 소개 및 인사
- 개발 성과 발표 및 시연 소개
- 시제품 시연
  . 정상주행 시연
  . 10km/h 진입 신호어김 시연
  . 25km/h 과속진입 시연
- 질의 및 응답

■ 시연회 사진



시연회 안내



시연회 안내



시연회 소개 #1



시연회 소개 #2



현황 및 시연내용 발표 #1



현황 및 시연내용 발표 #2



현황 및 시연내용 발표 #3



현황 및 시연내용 발표 #4



신호어김 발생 현장 시연 #1



신호어김 발생 현장 시연 #2

	
신호어김 발생 현장 시연 #3	신호어김 발생 현장 시연 #4
	
질의 및 응답 #1	질의 및 응답 #2
	
질의 및 응답 #3	질의 및 응답 #4

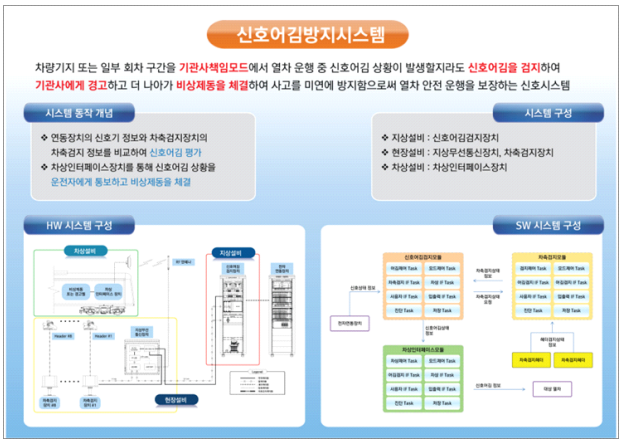
라. 전시회 참가

과제 종료후 실질적인 사업화와 영업 지원을 위한 홍보를 위하여 간접비를 적극 활용하여 본 과제 성과물인 신호어김 안전시스템에 대한 전시회를 참가함.

■ 전시 개요

- 명칭 : 한국철도학회 2014년 추계학술대회 전시
- 장소 :제주라마다프라자호텔(https://www.ramadajeju.co.kr)
- 전시기간 : 2014년 10월 30일(목) ~ 10월 31일(금)
- 전시내용
  . 신호어김 안전시스템 소개 판넬
  . 신호어김 안전시스템 홍보 동영상 소개
  . 신호어김 안전시스템 브로셔

■ 전시 부스 사진

<table>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>소개 판넬</td><td>전시 부스</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시스템 소개 #1</td><td>시스템 소개 #2</td></tr>
</table>

제3절 기술실시 및 적용사례

1. 시제품 시범 설치

본 연구를 통해 개발된 신호어김 안전시스템 시제품을 업무 협약을 체결하여 추진한 서울메트로 군자차량기지에 시범 설치하였으며, 모터카 및 전동차를 활용한 현장 성능 시험을 진행했다. 또한, 인터넷을 연결하여 원격으로 시범 운영되는 현황을 계속적으로 모니터링하여 시스템의 안전성과 신뢰성에 대한 검증을 수행한 바 있다.

표 46 서울메트로 시범설치 예정

구분	신호어김 검지장치	지상무선 통신장치	차축 검지장치	차상인터페이스 장치	비고
1차년도	1set	1set	1set	2set	초도품 설치
2차년도	1set	3set	8set	2set	시범 설치

추후 본 연구과제의 성과물 확대적용이 예상되며, 이러한 경우 서울메트로의 차량기지의 신호기 수량 및 철도 차량 편성 수는 아래와 같다.

표 47 서울메트로 차량기지 중 신호기가 설치된 개소

차량기지	군자	신정	지축	수서	창동	합계
수량	93	75	66	56	60	350

표 48 서울메트로 각 노선별 열차 편성수

노선	1호선	2호선	3호선	4호선	모터카	합계
편성	16	88	49	47	43	243

향후 본 연구과제의 성과물이 적용될 수 있는 가능성은 각 지역 지하철 차량기지 및 열차회차 지역은 매우 다양하게 존재하며, 추가적으로 유지보수를 위한 모터카 사고가 매우 빈번하게 발생하고 있기에 이러한 경우에도 적용이 가능하다.

2. 전동차 비상제동 현장시험 실시

본 연구를 통해 개발된 신호어김 안전시스템 시제품을 업무 협약을 체결하여 추진한 서울메트로 군자차량기지에 시범 설치하였으며, 전동차를 활용한 비상제동의 성능 시험을 진행하여 실용화를 위한 실질적인 운영 시험을 진행하였다.

■ 진행 계획

- 22H 신호기에서 신호어김 10회, 정상주행 5회 시험
- 차상장치는 오전 중 유치선에서 임시 설치하고, 오후 시험 완료 후 원상 복구
- 열차는 22H 전방 50m에서 지정속도로 후방운전석 신호기 통과시점까지 전진하였다가 원위치로 이동하여 반복 운행 (비상체결시는 차상장치 Release후 진행)

■ 진행 내용

표 49 비상제동 시험 진행 내용

날짜	항목	시험 내용	측정내용
9/15	신호어김 발생 시험	신호 정지 상태 5km/h 통과 4회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
		신호 정지 상태 10km/h 통과 2회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
		신호 정지 상태 20km/h 통과 2회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 및 제동거리 확인
	신호어김 정상 시험	신호 출발 상태 20km/h 통과 2회 실시	정상주행 확인
9/16	신호어김 발생 반복 시험	신호 정지 상태 10km/h 통과 5회 실시	통과측 헤더 통과 시점 신호어김 발생 확인
	과속진입 비상제동 시험	신호 정지상태 25km/h 진입 2회 실시	진입측 헤더 과속 진입 시점 비상제동 체결 확인

■ 진행 결과



그림 75 전동차 비상제동 성능시험 결과

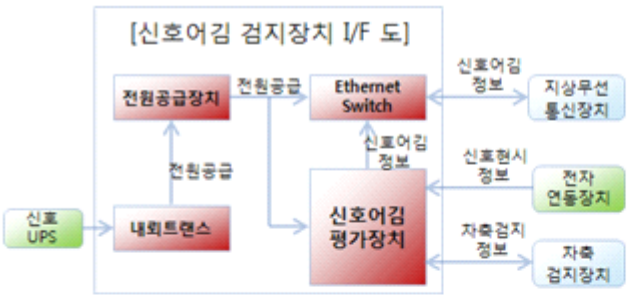
제4절 개발 성과와 국내외 시장전망

1. 개발성과

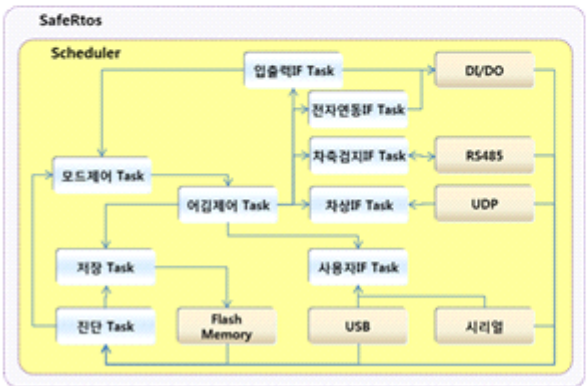
가. 신호어김검지장치 개발

신호어김검지장치는 차축검지장치로부터 전송받은 열차검지정보와 전자연동장치로 부터 수신 받은 신호기 정보를 비교하여 신호어김을 판단하고, 판단 결과를 지상무선장치를 통해 차상인터페이스장치로 전달하는 장치이다.

- ○ 연동장치로부터 신호기 현시정보를 디지털 입력 수신 기능
- ○ 차축검지장치와 통신하기 위한 광통신 기능
- ○ 지상무선장치와 송수신하기 위한 이더넷 송수신 기능
- ○ 차축검지장치의 이벤트 데이터 기록 기능
- ○ 지상무선통신장치의 이벤트 데이터 기록 기능
- ○ 프로그램 다운로드 및 유지보수를 위한 모니터링 지원 기능
- ○ 신호어김 결과 표시 기능
- ○ 고장 유무 표시 기능



<신호어김검지장치 기능블럭도>



<신호어김검지장치 SW 블록 다이어그램>



<신호어김검지장치 제어렉>

그림 76 신호어김장치 구성

나. 지상무선통신장치

지상무선통신장치는 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 주고받는 신호어김정보를 무선으로 전달하여주는 장치이다.



<지상무선통신장치 제어렉>



<지상무선통신장치 무선모듈>

그림 77 지상무선통신장치 구성

다. 차축검지장치

차축검지장치는 차축검지장치와 차축검지헤더에 의해 이루어지며, 차축검지헤더는 열차의 차축의 방향과 수를 카운트하여 차축검지장치로 차축 정보를 송신하는 장치이며, 차축검지장치는 차축검지헤더로부터 전송받은 차축정보를 분석하여 열차검지정보를 생성하며, 이 생성된 열차검지정보를 신호어김검지장치로 송신하는 장치이다.



그림 78 차축검지장치 제어렉 및 차축검지헤더

라. 차상인터페이스장치

차상인터페이스장치는 신호어김검지장치로부터 전달되는 신호어김정보를 기관사에게 경고벨, 경고음성을 통해 경고하고, 비상제동 체결을 위한 접점을 출력하는 장치이다



그림 79 차상인터페이스장치 제어판넬 및 전원모듈

마. TEST BED 구축

실제 환경에서 신호어김방지시스템의 기능과 성능을 시험하기 위한 시스템으로, 열차 동력학, 타코, 선로변 태그를 재현하는 열차 시뮬레이션과 차축 이동을 모의하는 모의 이송장치, GPS를 활용하여 기지 내 무선통신 영역을 검증하기 위한 GPS 통신검증 툴로 구성된다.



그림 80 TEST 구성

바. 특허

○ 철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법(특허 제10-1318350, 2013.10.08)
○ 지자계센서를 활용한 차축검지방법 (특허 제10-1366099, 2014.02.17)
○ 스마트 신호어김검지장치 (특허 제10-1447739, 2014.09.29.)
○ 레일고정용 브래킷 (출원 10-2013-0102281, 2013.08.28)

사. SW등록

○ 신호어김검지 프로그램 (C-2013-021690, 2013.8.20)
○ 신호어김장치 성능시험 프로그램 (C-2013-021691, 2013.8.20)
○ 차축검지 프로그램 (C-2013-021692, 2013.8.20)
○ 차축검지 헤더 프로그램 (C-2013-021693, 2013.8.20)
○ 차상인터페이스 프로그램 (C-2013-021694, 2013.8.20.)

아. 시험/인증

○ 절연변압기 시험 (R13-0801, 2013.07.12., 철도기술연구원)
○ 신호어김검지장치 KC적합등록
(MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-SVEU, 2014.10.16., 국립전파연구원)
○ 지상무선통신장치 KC적합등록
(MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-WAP, 2014.10.16., 국립전파연구원)
○ 차축검지장치 KC적합등록
(MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-ADS, 2014.10.16., 국립전파연구원)
○ 차상인터페이스장치 KC적합등록
(MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-OIS, 2014.10.16., 국립전파연구원)

자. 발표논문

○ 차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능검증방안 연구
(한국도시철도학회 2014년 추계학술대회, 2014.10)
○ 차축계수기를 위한 차축검지방안 연구
(한국도시철도학회 2014년 추계학술대회, 2014.10)
○ 도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석
(한국도시철도학회 2014년 추계학술대회, 2014.10)
○ 신호어김방지시스템의 고장률/신뢰성 예측을 통한 설계방안 제시
(한국철도학회 2014년 추계학술대회, 2013.11)

차. 브로셔 제작

○ 신호어김 안전시스템 홍보용 브로셔 제작 (1장 2면)



그림 81 신호어김 안전시스템 홍보 브로셔

2. 국내외 시장전망

가. 국내 시장전망

○ 국내 일부 노선에 본 연구과제와 유사한 시스템이 설치되어 있으나 해당 시스템은 외산 시스템으로 신호시스템을 납품한 업체가 동일할 경우에만 적용이 가능하며 국내에서 개발 적용한 사례가 없다.

○ 고가의 외산제품을 국산화함으로서 신호어김 안전시스템 설치 및 유지보수 비용이 절감되어, 국내 철도운영 기관의 기지 내에서의 신호어김 안전시스템 도입이 확대될 것으로 기대됨.

○ 성과물은 서울메트로뿐 아니라 국내에 설치, 운영 중인 어떠한 철도 신호시스템에도 적용이 가능하다. 이에 향후 본 연구과제가 성공적으로 완료되면 서울메트로의 시범설치 후 잔여 구간 및 타 노선에 대해 확대 적용이 가능

○ 외산 시스템과 국산화시 가격비교 및 절감효과가 50% 이상으로 도입 비용이 낮아 사업기회가 확대 될 것으로 기대

나. 운영기관 현황

○ 서울도시철도 차량기지 중 신호기가 설치된 개소 및 차량 편성 수

표 50 수도권 도시철도 현황

차량기지	서울5호선	서울6호선	서울7호선	서울8호선	서울9호선	합계
신호기 수량	126	46	125	33	48	378
차량 편성 수	76	41	70	56	36	279
모터카 수	46				6	52

○ 지방도시철도 차량기지 중 신호기가 설치된 개소 및 차량 편성 수

표 51 지방 도시철도 현황

차량기지	대구1호선	대구2호선	광주1호선	부산1호선	부산2호선	부산3호선	합계
신호기 수량	143		39	32	75	33	322
차량 편성 수	34	30	23	45	56	20	208
모터카 수	5		2	11			18

다. 해외 시장전망

○ 신호어김 안전시스템에 대한 기술적 경쟁력이 확보되어 국내에서의 영업은 물론 해외 수출의 기회를 확대할 수 있음

○ 기존 외산 시스템이 신호시스템에 종속되어 기술적인 접근이 불가하였으나, 본 과제를 통하여 차축검지 방식을 적용하여 기존 신호시스템과는 별개로 모든 기지에서 적용이 가능하여 상당한 경쟁력이 있을 것으로 판담됨.

○ 본 과제를 통하여 개발된 차축검지헤더는 기존의 차축계수기에서 구현되는 차축의 검지, 진행방향의 판단 및 진입속도의 검지 기능을 보유하도록 구현되어, 향후 차축계수기를 국산화하여 개발하는 경우 선진 기술수준과 동등한 제품의 개발이 가능할 것으로 판단됨.

○ 본 과제를 통하여 개발된 기지 내 전체 방호 기능은 기존의 외산 시스템에서는 구현되지 않는 기능으로, 신호어김 안전시스템의 해외 수출에 있어 상당한 경쟁력을 제공할 것으로 판담함..

공 란

제4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구목표 최종목표 달성도

1. 최종목표 달성도

표 52 최종목표 달성도

목 표	달성도(%)	내 용
● 신호어김방지시스템 하드웨어 설계 및 개발 - 신호어김검지장치 H/W - 차축검지장치 H/W - 지상무선통신장치 H/W - 차상인터페이스장치 H/W	100%	● 전문가활용 및 자문을 통한 하드웨어 신뢰성분석에 따른 고신뢰성 시스템 구성 및 부품을 통한 설계 수행. ● PCB설계는 PCB Layout툴을 적용하고, SMDRework 머신을 활용하여 보드 조립 및 하드웨어 디버깅 효율화를 꾀함
● 신호어김방지시스템 소프트웨어 설계 및 프로그래밍 - 신호어김검지장치 S/W - 차축검지장치 S/W - 차상인터페이스장치 S/W	100%	● 전문가활용 및 자문을 통한 소프트웨어 안전성 분석에 의한 요구사항 도출 및 기능 정의함. ● SIL3 인증 SafeRTOS를 적용하여 안정적인 데이터의 실시간 처리를 구현하였음.
● LAB 환경 기능 및 성능시험	100%	● 실제 현장과 유사한 시뮬레이션 및 테스트베드를 구축하여 전체 시스템의 기능시험을 수행함 ● 초도품 제작 완료 및 초도품 시연회 수행
● 초도품 현장설치	100%	● 서울메트로 군자차량기지 신호기계실, 22H 신호기, 전차선 기주에 설치 완료 ● 모터카 차상장치 초도품 설치 완료
● 초도품 현장 기능 및 성능시험	100%	● 초도품에 대한 모터카 활용한 차축검지 및 신호어김에 대한 기능 및 성능 시험 수행 완료. ● 초도품 현장 시연회 수행
● 시제품 제작	100%	● 현장 시험 결과를 반영하여 기능 추가 및 보완을 통하여 시제품 제작 완료
● 시제품 설치	100%	● 서울메트로 군자차량기지 신호기계실, 36H, 34H, 22H, 10H, 58L, 57L ,55R, 56R 신호기, 전차선 기주 2곳 설치 완료 ● 모터카 차상장치 시제품 설치 완료 ● 전동차 비상제동 인터페이스 완료 ● 시제품 홍보용 브로셔 제작 완료
● 시제품 기능 및 성능시험	100%	● 시제품에 대한 모터카 활용한 차축검지 및 신호어김에 대한 기능 및 성능 시험 수행 완료 ● 시제품에 대한 전동차 활용한 비상제동 성능 시험 수행 완료 ● 시제품 현장 시연회 수행 ● 시제품 한국철도학회 추계학술대회 전시회 참가

2. 정량적 성과목표 및 성과지표 달성도

가. 1차년도 달성도

표 53 1차년도 달성도

연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치	달성도	
신호어김 검지장치 개발	신호어김검지장치 초도품 개발	신호어김검지장치 시작품 제작 × 0.2	1식	20%	1식	20%
	신호어김 평가 산정 시간	시뮬레이터를 통한 동작시간 확인 × 0.05	500msec	5%	450msec	5%
	특허 출원	특허 출원 × 0.03	1건	3%	1건	3%
	소프트웨어 등록	프로그램 등록× 0.02	1건	2%	2건	2%
차축검지 장치 개발	차축검지장치 개발	차축검지장치 시작품 제작 × 0.1	1식	10%	1식	10%
	차축검지장치 열차 점유 신뢰도	시뮬레이터를 통한 열차 점유 확인 × 0.05	100%	5%	100%	5%
	차축검지장치 소프트웨어 등록	프로그램 등록× 0.05	1건	5%	2건	5%
	차축검지헤드 개발	차축검지헤드 시작품 제작× 0.1	1식	10%	1식	10%
	차축검지헤드 열차 검지 신뢰도	시뮬레이터를 통한 열차 검지 확인 × 0.05	100%	5%	100%	5%
	차축검지헤드 특허 출원	특허 출원 × 0.05	1건	5%	2건	5%
지상무선 통신장치 개발	지상무선통신장치 개발	지상무선통신장치 시작품 제작 × 0.1	1식	10%	1식	10%
	지상무선통신장치 통신 신뢰도	시뮬레이터를 통한 통신 신뢰도 확인 × 0.05	90%	5%	95%	5%
차상인터페이스 장치 개발	차상인터페이스장치 개발	차상인터페이스장치 시작품 제작 × 0.05	2식	10%	2식	10%
	신호어김시 차량장치와의 반응시간	시뮬레이터를 통한 반응시간 확인 × 0.03	3초 이내	3%	1초 이내	3%
	차상인터페이스장치 소프트웨어 등록	프로그램 등록× 0.02	1건	2%	1건	2%
소 계				100%	100%	100%

나. 2차년도 달성도

표 54 2차년도 달성도

연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치	달성치
신호어김 검지장치 개발	신호어김 평가 산정 시간	현장시험을 통한 동작시간 확인 × 0.05	500m/sec	20%	350msec
	환경 및 EMI/EMC 시험	공인인증시험소 성적서 × 0.02	3건	10%	6건
차축검지 장치 개발	차축검지장치 열차 점유 신뢰도	현장시험을 통한 열차 점유 확인 × 0.05	100%	10%	100%
	환경 및 EMI/EMC 시험	공인인증시험소 성적서 × 0.01	5건	10*	7건
	차축검지헤드 열차 검지 신뢰도	현장시험을 통한 열차 검지 확인 × 0.05	100%	10%	100%
지상무선 통신장치 개발	지상무선통신장치 통신 신뢰도	현장시험을 통한 통신 신뢰도 확인 × 0.05	90%	10%	98%
	환경 및 EMI/EMC 시험	공인인증시험소 성적서 × 0.01	5건	10%	6건
차상인터페이스 장치 개발	신호어김시 차량장치와의 반응시간	현장시험을 통한 반응시간 확인 × 0.05	3초 이내	10%	1초 이내
	환경 및 EMI/EMC 시험	공인인증시험소 성적서 × 0.01	5건	10%	7건
소 계				100%	100%

양적 점검 지표	목표		목표 건수	가중치	달성 건수
	1	특허 등록건수	2	50%	3.5
	2	국내논문	1	50%	4
	총 계			100%	100%

제2절 연구개발 성과의 효과분석

1. 기술적 측면

가. 기술적 성과

○ 기존 외산시스템의 방식과는 달리 차축검지를 활용한 신호어김 안전시스템을 구현하여, 국내 철도운영기관에 보급이 증가되는 것은 물론, 특허 등록을 통하여 해외 수출에도 기여할 것으로 기대됨

○ 기지 내 신호어김이 발생하는 경우 무선통신으로 기지 내 전체 열차의 차상시스템으로 통보하여 전체 열차를 정지시키도록 구현하여 2차 사고 예방에 큰 도움이 될 것으로 기대됨.

○ 신호어김에 대한 평가 및 반응 목표를 기존의 500msec, 3초이내를 초과달성하여 신호어김 평가는 320msec이내, 신호어김에 대한 반응은 420msec 이내로 구현되어 실제적으로 신호어김이 발생하더라도 신호기 전방에 정차되어 선로전환기 등의 신호설비 파손이 줄어듬.

나. 학술적 성과

○ 차축검지 방식의 신호어김 안전시스템의 개발에 있어 외부 전문가 및 TUV의 안전성 자문 및 현장 설치/시험 자문을 통한 학술적 연구 분석 과정을 거치면서 기지 내 분산시스템에 대한 효과적인 운영 및 위험요소 분석에 따른 방법을 제시하였음

○ 차축검지 방식을 활용한 신호어김 안전시스템에서 개발된 차축검지장치의 차축검지헤더의 개발을 위하여 기존의 Axle Counter(차축계수기)에 대한 검토가 진행되었으며, 향후, 차축계수기에 대한 국산화에 많은 도움이 될 것으로 기대됨.

다. 외국 기술격차 해소

○ 기존 외산 시스템이 신호시스템에 종속되어 기술적인 접근이 불가하였으나, 본 과제를 통하여 차축검지 방식을 적용하여 기존 신호시스템과는 별개로 모든 기지에서 적용이 가능하여 상당한 경쟁력이 있을 것으로 판담됨.

○ 본 과제를 통하여 개발된 차축검지헤더는 기존의 차축계수기에서 구현되는 차축의 검지, 진행방향의 판단 및 진입속도의 검지 기능을 보유하도록 구현되어, 향후 차축계수기를 국산화하여 개발하는 경우 선진 기술수준과 동등한 제품의 개발이 가능할 것으로 판단됨.

○ 본 과제를 통하여 개발된 기지 내 전체 방호 기능은 기존의 외산 시스템에서는 구현되지 않는 기능으로, 신호어김 안전시스템의 해외 수출에 있어 상당한 경쟁력을 제공할 것으로 판담함.

2. 경제적 측면

○ 고가의 외산제품을 국산화함으로서 신호어김 안전시스템 설치 및 유지보수 비용이 절감되어, 국내 철도운영 기관의 기지 내에서의 신호어김 안전시스템 도입이 확대될 것으로 기대됨.

○ 기존 기지 내에서 기관사 책임모드로 운행하는 기본 방식보다 신호어검 안전시스템을 도임함으로써 사고 발생 빈도를 80~90% 이상을 감소시켜 사고로 따른 신호 설비 파손 등의 물적 손해 비용이 현저히 줄어들 것으로 기대됨

○ 차축검지를 활용한 신호어김 안전시스템은 기존 신호시스템과 관계없이 설치가 가능하여 도입 비용은 물론, 기지 운영 및 유지보수에 따른 비용 절감이 기대됨

○ 신호어김 발생의 경우 전체 열차에 비상제동을 체결하여 2차 사고 예방이 가능해져 사고에 따른 손해 비용이 절감될 것으로 기대됨.

○ 성과물은 서울메트로뿐 아니라 국내에 설치, 운영 중인 어떠한 철도 신호시스템에도 적용이 가능하다. 이에 향후 본 연구과제가 성공적으로 완료되면 서울메트로의 시범설치 후 잔여 구간 및 타 노선에 대해 확대 적용이 가능

○ 차축 검지장치는 궤도회로의 노후화로 인한 열차 검지 장애, 모터카 등 중량이 작은 열차의 검지 장애등을 예방하기 위해 사용되며 국내 제품이 없어서 외산을 사용하는 실정이다. 본 연구과제는 차축 검지장치 개발을 통해 원천기술 확보 및 국산화를 통하여 향후 필요 개소에 적용하여 수입 대체 효과를 창출 기대

○ 신호어김 안전시스템에 대한 기술적 경쟁력이 확보되어 국내에서의 영업은 물론 해외 수출의 기회를 확대할 수 있음

○ 추가적인 안전운전 감시 장치가 도입되어 철도운전 종사자들에게 안전 운전에 대한 경각심을 고취시켜 열차 안전운행을 강화하는 계기가 될 것으로 기대함.

3. 사회적 측면

○ 기존 철도운영 기관에서 신호어김 안전시스템을 도입함으로써 사고 감소에 따른 철도 종사자들의 근무 만족도가 상승하여 안전 운행을 강화하는 계기가 될 것으로 판단됨

○ 신호어김 안전시스템이 추가적으로 도입되는 경우 기관사 책임모드에 따른 기관사의 업무 스트레스가 현저히 감소하게 되며, 안전 사고에 대한 경각심을 고취시키는 계기가 됨.

○ 기존 기지 내에서 기관사 책임모드로 운행하는 경우 발생하는 사고 빈도를 현저히 줄여 기관사 및 유지보수 등의 철도 종사자들의 근무환경 개선에 큰 도움이 될 것으로 판단됨

○ 철도운영사인 서울메트로와 기술협력을 통한 개발과정을 통해 향후, 다양한 시스템의 개발에 있어 운영 업체와의 협력에 큰 영향을 줄 것으로 판단됨.

○ 기관사의 신호어김으로 인해 발생되는 사고를 방지하므로 인적, 물적 피해를 최소화하여 철도 및 도시철도분야에 대한 대 국민 신뢰성을 향상 시키는데 일조 기대

공 란

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과 향후 활용방안

1. 실용화 추진방안

○ 본 연구과제의 성과물에 대한 안전성을 지속적으로 확보하기 위해 원격으로 수집된 운영 데이터를 검토 및 분석하여 활용하고, 과제 개발에 참여한 연구원들을 계속적으로 실용화 추진 계획에 참여시켜 실용화에 대한 아이디어를 보강하고, 또한, 최근 철도시스템 동향 및 국제표준규격에 따른 하드웨어와 소프트웨어(펌웨어)에 대한 지속적인 검토를 진행할 계획임.

○ 추후 본 성과물의 실용화 단계에서는 국토해양부에서 진행 중인 철도신호 용품의 안전 요구사항에 맞게 안전을 확보하는 추가계획(필요시 안전성 인증)을 수립하여 상용화를 적극 추진할 계획임

○ 업무 협약을 체결한 서울메트로와 계속적으로 협의체에 따른 사후 검토를 추진하여 제품의 양산화에 대한 다양한 측면을 상호 보완해 나갈 예정임.

2. 사업화 추진방안

○ 본 과제의 수행을 위하여 업무협약을 체결한 서울메트로를 대상으로 군자차량기지에 대한 시범설치를 확장하기 위한 예산 수립 및 발주를 적극 추진할 계획임

○ 서울메트로에서의 성공적인 설치 및 운영을 기반으로 국내 운영중인 고속선, 일반선 도시철도 및 경전철의 운영기관을 대상으로 기지 내에서의 신호어김 안전시스템에 대한 적극적인 홍보와 영업 활동을 적극 추진할 계획임

○ 국내보다 상대적으로 신호시스템이 열아한 동남아를 대상으로 신호어김 안전시스템 설치에 따른 기지 내 운영 및 유지보수 비용 절감에 대한 적극적인 홍보와 차축검지를 활용한 신호어김 안전시스템에 대한 기술 및 차별성에 대한 홍보에 주력할 예정임.

3. 기술실시 계획

○ 본 과제의 수행을 위하여 업무협약을 체결한 서울메트로를 대상으로 군자차량기지에 대한 시범설치를 확장하기 위한 예산 수립 및 발주를 적극 추진할 계획임

○ 서울메트로에서의 성공적인 설치 및 운영을 기반으로 국내 운영중인 고속선, 일반선

도시철도 및 경전철의 운영기관을 대상으로 2년 이내 1건의 실시계약을 체결하고, 5년 이내에 3번의 현장적용을 위해 신호어김 안전시스템에 대한 적극적인 홍보와 영업 활동을 적극 추진할 계획임

4. LTE-R 적용 검토

○ 개발된 본 신호어김방지시스템의 전체 시스템 구성도는 아래와 같이, 차축검지장치, 신호어김평가장치, 무선통신장치, 차상인터페이스장치로 구성된다. 무선 통신망과 관련된 장치는 지상에 설치되는 무선통신장치와 차상인터페이스이다. 무선통신망을 Wireless LAN으로 구축하기 위하여, 지상의 무선통신장치의 구성은 무선통신인터페이스 장치와 무선통신모듈로 구성되며, 무선통신모듈은 MS7000으로 구현된다. 장치간 인터페이스는 PoE(Power Over Ethernet) 방식이고, 물리적으로 Ethernet cable로 연결된다. 차상에 설치되는 차상인터페이스 장치의 구성은 차상인터페이스 장치와 무선통신모듈로 구성되고, 무선통신모듈은 MS5500으로 구현된다. 장치간 인터페이스는 지상과 동일하게 PoE방식이고, 물리적으로 Ethernet Cable로 연결된다.

○ 위와 같은 구성으로 볼 때, 지상의 무선인터페이스장치와 차상의 차상인터페이스장치는 어떤 통신환경에서든지 Ethernet 포트를 지원하는 무선 모듈에 연결이 가능하게 설계되어 무선통신환경의 이식성이 좋게 설계되어 있다.

○ 추후 철도전용통신망이 LTE-R의 환경이 구축된 경우, LTE-R 송수신 모듈을 지상 무선인터페이스장치와 차상의 차상인터페이스장치에 연결되면 바로 장치간 통신이 가능하며, 무선모듈 이외의 어떠한 장비의 교체 없이 실용화가 가능하다.

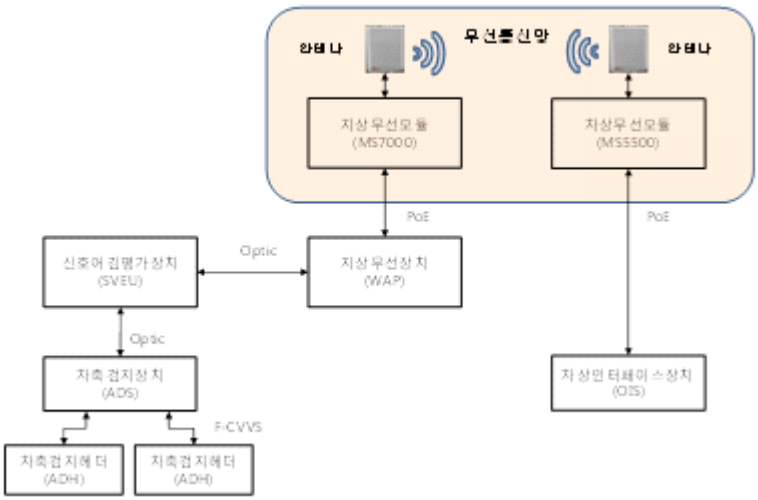


그림 82 무선망 구성

5. ATS 기능 비교 및 최대 반응시간 제시

○ ATS 기능

자동정지장치라는 안전장치로 열차는 통상 신호기의 지령신호에 의해서 운전되고 있지만, 만약, 적신호에도 불구하고 운전기사가 이것을 잘못 보거나 또는 실수가 인간의 심리적 또는 생리기능의 저하에 의해서 일으켰을 경우에 버저를 울려서 운전기사에 적신호라는 것을 알려서 정지조작을 취하게 하고, 만약, 정지조작을 운전기사가 하지 않은 경우에는 열차를 자동적으로 정지시키는 기능을 수행한다.

본선에서의 ATS는 점제어 또는 연속제어 방식으로 신호기 정보에 반응하여 구간별 속도제어를 받게되어 있으며, 정지 신호나 주어진 속도를 초과하는 경우 2초간의 경고에도 속도를 감속하지 않는 경우 비상제동이 체결된다. 하지만, 기지구간에서는 야드모드로 제어를 받게 되며, 25km/h 속도 제한만 적용이 되고, 신호 모진에 대한 별도 제어를 받는 것이 없다.

○ ATS 기능과의 비교

기능	ATS	신호어김방지장치	비고
차축검지 기능	×	○	
열차점유 기능	×	○	폐색회로 대용 가능
기지 신호어김 기능	×	○	
본선 신호어김 기능	○	○	본선용 차축계수기 적용시 가능
본선 제한속도 기능	○	○	본선용 차축계수기 적용시 가능

○ 신호어김방지시스템 신호모진시 최대 반응속도 제시

신호어김방지시스템의 최대 반응시간은 신호어김에서 차상인터페이스 반응까지 측정한 것으로, LAB환경 및 현장설치 성능시험에서 0.42초 이내를 확인하였으며, 실제 제동까지는 열차의 제동거가 포함되어야 하며, 열차의 제동거리는 제동 감속도 및 공주시간에 따라 포함되어야 한다.

신호어김에 의한 열차제동거리 = 신호어김반응(0.42초)*진입속도 + 열차제동거리

실제적으로 신호어김구간을 25km/h로 진입하는 경우, 서울메트로 열차 비상제동거리 26km/h, 신호어김반응 거리 2.9m를 포함하여 30m이내 정차하도록 검지하기 위하여 차축검지헤더를 신호기 전방 30m 지점에 설치하였으며, 이를 현장시험에서 확인하였다. 단, 차량 감속도가 적고, 공주시간이 긴 경우 차축검지헤더 설치 지점을 변경해야 한다.

제2절 추가연구 필요성

1. 본선용 장비개발

○ 본 과제의 최종 결과물인 신호어김 안전시스템은 기지 내의 기관사 책임모드시 신호어김을 방지하기 위한 것으로, 기지 이외의 본선에서 활용될 수 있는 정차역에서의 신호어김 출발에 따른 사고를 예방하기 위한 본선용 신호어김 안전시스템에 대한 별도의 운영 시나리오 설계 및 시스템의 확장 방안이 필요함

○ 최근 많이 발생하고 있는 정차역 출발 신호에 대한 어김을 방지하여 사고에 대한 비용을 절감이 가능해져 국내 철도운영 기관의 기지 내에서의 신호어김 안전시스템 도입이 확대될 것으로 기대됨.

2. 고속용 신호어김 장치 개발

○ 본 과제의 최종 결과물인 신호어김 안전시스템에서 선로변에 설치되어 차축을 검지하는 차축검지장치는 기지 내 운영을 목표로 설정하였으며, 실제적인 현장 시험이 가능한 25km/h 속도를 대상으로 추진되었음.

○ 본 과제의 추진 과정에서 기술협의체인 서울메트로를 상대로 본선에 차축검지장치를 설치하여 60km/h 속도에서 열차의 차축을 검지하는 현장 시험을 실시하였으나, 향후 본선 적용을 위해 보다 고속용의 차축검지장치에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨.

3. 차축계수기 국산화

○ 본 과제의 최종 결과물인 신호어김 안전시스템에서 선로변에 설치되어 차축을 검지하는 차축검지장치는 열차 차축의 검지, 진행 방향의 판단 및 열차 속도에 대한 검지 기능이 기존의 차축계수기의 기능과 기본적으로 동일한 것으로 향후 차축계수기에 대한 국산화에 기술적 적용이 용이할 것으로 판단함.

○ 다만, 기존의 신호어김 안전시스템은 기지 내 기관사 책임모드에서 운행하는 열차를 위한 보조적인 간이 신호시스템을 대상으로 개발되어, 실질적인 차축계수기의 개발을 위하여 안전 레벨이 향상되고 인증에 따른 개발 과정이 추가적으로 필요할 것으로 사료됨.

4. 폐색회로 대용으로 개발

○ 본 과제의 최종 결과물인 신호어김 안전시스템에서 선로변에 설치되어 차축을 검지하는 차축검지장치를 활용하여 기지 내 폐색회로 설치되지 않은 개소에 대하여 폐색회로 대용의 제품으로 적용이 가능할 것으로 판단함.

○ 다만, 기존의 신호어김 안전시스템은 기지 내 기관사 책임모드에서 운행하는 열차를 위한 보조적인 간이 신호시스템을 대상으로 개발되어, 실질적인 차축계수기의 개발을 위하여 기지 내 운전 취급실 간의 데이터 정보 공유 및 인터페이스에 따른 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료됨.

공 란

[부 록]

특허

스마트 신호어김방지장치(제10-1447739호)
지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법(제10-1366099호)
철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법(제10-1318350호)
레일 고정용 브래킷(출원중 10-2013-0102281)

SW등록

신호어김검지 프로그램 등록증
차상인터페이스 프로그램 등록증
신호어김장치 성능시험 프로그램 등록증
차축검지 헤더 프로그램 등록증
차축검지 프로그램 등록증

시험/인증

절연변압기 시험성적서
신호어김검지장치 시험/인증 6건
차축검지장치 시험/인증 7건
지상무선장치 시험/인증 6건
차상인터페이스장치 시험/인증 7건

논문

차축계수기를 위한 차축검지방안 연구
신호어김방지 시스템의 고장률,신뢰성 예측을 통한 설계 방안 제시
차축검지를 이용한 신호어김방지시스템 성능검증방안 연구
도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석

자문보고

간이신호시스템_HW안전성 설계방안제시
간이신호시스템_SRS, PHA 기술자문
전문가 안전성자문보고서
현장 평가 및 설치운영 안전성 강의
현장시험을 위한 분석 및 결과 평가

공 란

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1318350 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2013-0040292 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2013년 04월 12일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2013년 10월 08일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

철도차량 신호어김방지장치 및 제어방법

특허권자 (PATENTEE)

대아티아이 (주)(110111-1******)

경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 10월 08일

특 허 청 장 김 영 민

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 10월 08일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

등 록 사 항

특 허 등록 제 10-1318350 호

(PATENT NUMBER)

발명자 (INVENTOR)

김종용(680923-1******)
인천시 남동구 백범로 124번지 126 1308호

용성완(670111-1******)
서울특별시 강서구 방화1동 동부센트레빌 2차 101-203

신광호(681121-1******)
인천시 부평구 삼산동 벽산블루밍 105-802

송승정(711011-1******)
인천광역시 부평구 삼산2동 삼산타운2단지 222동 403호

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1366099 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0102279 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 08월 28일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 02월 17일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

지자계 센서를 활용한 차축검지장치 및 차축검지방법

특허권자 (PATENTEE)

대아티아이 (주)(110111-1******)

경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)

노희준(600625-1******)

경기도 부천시 원미구 상1동 399 반달마을 1835동 1804호

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 02월 17일

특허청장 김 영 민

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 02월 17일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1447739 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0145695 호

출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 11월 27일

등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2014년 09월 29일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

스마트 신호어김방지장치

특허권자 (PATENTEE)

대아티아이 (주)(110111-1******)

경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 09월 29일

특 허 청 장 김 영 민

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료는 2017년부터 매년 09월 29일까지 납부하여야 하며, 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

등 록 사 항

특 허 등록 제 10-1447739 호

(PATENT NUMBER)

발명자 (INVENTOR)

노희준(600625-1******)
경기 부천시 원미구 상일로 72, 1835동 1804호 (상동, 반달마을아파트)

신광호(681121-1******)
인천 부평구 후정동로 12, 105동 802호 (삼산동, 인천삼산벽산블루밍)

김종용(680923-1******)
인천광역시 남동구 백범로124번길 126 주공아파트 401동 1308호

송승정(711011-1******)
인천 부평구 수변로 333, 222동 403호 (삼산동, 삼산타운2단지)

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2013.08.28
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2013-0102281 (접수번호 1-1-2013-0784908-59)
출원인 명칭	대아티아이 (주)(1-2000-001622-1)
대 리 인 성 명	특허법인 조율(9-2011-100021-3)
발 명 자 성 명	노희준 한길택
발 명 의 명 칭	레일 고정용 브래킷

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.

※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.

※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.

※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드

※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내

※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.

※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

제 C-2013-021690 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 신호어김검지 프로그램
2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사 경기 부천시 오정구 내동
3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109
4. 창작연월일 2013년08월20일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20
7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2013-021694 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 차상인터페이스 프로그램

2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사
경기 부천시 오정구 내동

3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109

4. 창작연월일 2013년08월20일

5. 공표연월일 -

6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20

7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2013-021691 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 신호어김장치 성능시험 프로그램

2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사
경기 부천시 오정구 내동

3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109

4. 창작연월일 2013년08월20일

5. 공표연월일 -

6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20

7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2013-021693 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 차축검지 헤더 프로그램

2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사
경기 부천시 오정구 내동

3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109

4. 창작연월일 2013년08월20일

5. 공표연월일 -

6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20

7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2013-021692 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 차축검지 프로그램

2. 저작자 성명 (법인명) 대아티아이 주식회사
경기 부천시 오정구 내동

3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1195109

4. 창작연월일 2013년08월20일

5. 공표연월일 -

6. 등록사항 저작자 : 대아티아이 주식회사, 창작 : 2013.08.20

7. 등록연월일 2013년10월30일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2013년 10월 31일

한 국 저 작 권 위 원 회

■ 시험/인증 목록

장치명	구분	인증번호	출원일	시험기관
절연변압기	시험성적	R-13-0801	2013.04.12	한국철도기술연구원
신호어김 검지장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-SVEU	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140048	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140059	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140060	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험	CUS2014-2873	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-818	2014.10.15	㈜윈텍
차축검지 장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-ADS	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140046	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140055	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140056	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험	CUS2014-2871	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	IP 시험	CUS2014-2874	2014.10.08	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-821	2014.10.15	㈜윈텍
지상무선 통신장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-WAP	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140047	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140057	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140058	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험	CUS2014-2872	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-819	2014.10.15	㈜윈텍
차상 인터페이스 장치	KC적합등록	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-OIS	2014.10.16	국립전파연구원
	과전압시험	KST-RQS-140049	2014.08.14	㈜코스텍
	온도사이클시험	KST-RQS-140061	2014.10.20	㈜코스텍
	저온/고온시험	KST-RQS-140062	2014.10.20	㈜코스텍
	진동/충격 시험 #1	CUS2014-2875	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	진동/충격 시험 #1	CUS2014-2876	2014.10.14	한국화학융압시험연구원
	EMC시험	E14RR-820	2014.10.15	㈜윈텍

AGR No.: A149A-123

적합성평가(EMC)시험성적서

신청인	상 호	대아티아이 주식회사		
	성 명	최 진 우	사업자등록번호	116-81-37494
	주 소	경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)		
	전화번호	032-680-0800	팩스번호	032-680-0966
시험기기	명 칭	신호어감평가장치		
	형 명	DA-RSAS-SVEU	제조번호	미 상
	제 조 자	대아티아이 주식회사	제조국가	한 국
시 험 기 간		2014년 09월 22일 ~ 2014년 10월 13일	접 수 일	2014년 09월 18일
제 품 구 분		전기철도기기류의 신호 및 전기통신기기		
시 험 결 과		■ 적합 □ 부적합		

시험자 김 강 혁 연구원

확인자 남 승 현 수석 연구원

「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리」에
관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.

2014년 10월 15일

(주) 원 텍 대표이사

인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.

본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

본 시험성적서는 ㈜원텍의 서면 동의 없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.

본 사/연 구 소 : 경기도 광주시 초월읍 대쌍령리 301-14 (우:464-862) (TEL:031-799-9500 FAX:031-799-9599)

92EC-81AC-E6DE-2C84

방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 *Trade Name or Registrant*	대아티아이 주식회사
기자재 명칭 *Equipment Name*	신호어김평가장치
기본모델명 *Basic Model Number*	DA-RSAS-SVEU
파생모델명 *Series Model Number*	
등록번호 *Registration No.*	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-SVEU
제조자/제조(조립)국가 *Manufacturer/Country of Origin*	대아티아이 주식회사 / 한국
등록연월일 *Date of Registration*	2014-10-16
기타 *Others*	

위 기자재는「전파법」제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2014년(Year) 10월(Month) 16일(Date)

국립전파연구원장 국립전파연구원장인

Director General of National Radio Research Agency

※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 **"적합성평가표시"**를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140048 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 신호어김평가장치 / DA-RSAS-SVEU

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(과전압, 전원변동 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 08월 14일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전체 또는 복사를 금합니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140059 호 페이지 (1)/(총 8)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 신호어김평가장치 / DA-RSAS-SVEU

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(온도사이클 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전체 또는 복사를 금합니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140060 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

   ◦ 회 사 명 : 대아티아이 주식회사

   ◦ 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)

   ◦ 전화번호 : 032-680-0842

   ◦ 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 신호어김평가장치 / DA-RSAS-SVEU

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(저온, 고온 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

한국화학융합시험연구원

경기도 용인시 처인구 양지면 충부대로2517번길 42-27
Tel : 031-679-9660 Fax : 031-336-2427

1. 의뢰자
   - o 기 관 명 : 대아티아이 주식회사
   - o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
   - o 의뢰일자 : 2014. 08. 11
2. 시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 신호어김평가장치
4. 시험기간 : 2014. 08. 26 ~ 2014. 09. 01
5. 시험방법 : KS R 9186 : 2001(1종 B) / KS R 9187 : 2003(1종)
6. 시험환경 : 온도 : (22.0 ± 3.0) ℃, 습도 : (45 ± 15) % R.H.
7. 시험결과 : 시험결과 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성 명 : 이준호	성 명 : 김진태

비고 :

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과 입니다.

2014. 10. 14

한국인정기구 인정 KTR 한국화학융합시험연구원 KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

위변조 확인용 QR 코드

AGR No.: A149A-123

적합성평가(EMC)시험성적서

신청인	상 호	대아티아이 주식회사		
	성 명	최 진 우	사업자등록번호	116-81-32494
	주 소	경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)		
	전화번호	032-680-0800	팩스번호	032-680-0966
시험기기	명 칭	자속검지장치		
	형 명	DA-RSAS-ADS	제조번호	이 상
	제 조 자	대아티아이 주식회사	제조국가	한 국
시 험 기 간		2014년 09월 29일 ~ 2014년 10월 10일	접 수 일	2014년 09월 18일
제 품 구 분		전기철도기기류의 신호 및 전기통신기기		
시 험 결 과		■ 적합 □ 부적합		

시험자 김 강 욱 연구원

확인자 남 승 환 수석 연구원

「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리」에
관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.

2014년 10월 15일

(주) 원 텍 대표이사

인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.

본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

본 시험성적서는 ㈜원텍의 서면 동의 없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.

본사/연구소 : 경기도 광주시 초월읍 대쌍령리 301-14 (우:464-862) (TEL:031-799-9500 FAX:031-799-9599)

ED26-188A-66D7-557B

방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 *Trade Name or Registrant*	대아티아이 주식회사
기자재 명칭 *Equipment Name*	차축검지장치
기본모델명 *Basic Model Number*	DA-RSAS-ADS
파생모델명 *Series Model Number*	
등록번호 *Registration No.*	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-ADS
제조자/제조(조립)국가 *Manufacturer/Country of Origin*	대아티아이 주식회사 / 한국
등록연월일 *Date of Registration*	2014-10-16
기타 *Others*	

위 기자재는「전파법」제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2014년(Year) 10월(Month) 16일(Date)

국립전파연구원장 국립전파연구원장인

Director General of National Radio Research Agency

※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 **"적합성평가표시"**를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140046 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차축검지장치 / DA-RSAS-ADS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(과전압, 전원변동 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 08월 14일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140055 호 페이지 (1)/(총 8)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차축검지장치 / DA-RSAS-ADS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(온도사이클 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140056 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차축검지장치 / DA-RSAS-ADS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(저온, 고온 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

YOUR PARTNER FOR THE BEST QUALITY

TEST REPORT

성적서 번호 : CUS2014-2874

신청자 o 회 사 명 : 대아티아이 주식회사

o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)

o 대표자명 : 최진우

시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용

시험대상품목 : 차축검지장치

모델 / 정격 : DA-RSAS-ADS/AC 220 V

접수일자 : 2014년 08월 11일 시험기간 : 2014년 09월 03일 ~ 2014년 10월 07일

시험방법 : IEC 60529(Ed2.2) : 2013

시험환경 : 온도 : (25.0 ± 5.0) ℃ 습도 : (45 ± 10) % R.H.

시험결과 : 적합 [시험결과 참조]

비 고 :
1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Kim Woo Sung
작성자 : 김우성
Tel : 031)679-9553

Kim Jin Tai
기술책임자 : 김진태
E-mail : jtkim2762@ktr.or.kr

2014년 10월 08일

KTR 한국화학융합시험연구원장

위변조 확인용 QR코드

한국화학융합시험연구원

경기도 용인시 처인구 양지면 충부대로2517번길 42-27
Tel : 031-679-9660 Fax : 031-336-2427

성적서번호 CUS2014-2871

1. 의뢰자
   - o 기 관 명 : 대아티아이 주식회사
   - o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
   - o 의뢰일자 : 2014. 08. 11
2. 시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 차축검지장치
4. 시험기간 : 2014. 08. 27 ~ 2014. 08. 31
5. 시험방법 : KS R 9186 : 2001(2종 B) / KS R 9187 : 2003(1종)
6. 시험환경 : 온도 : (22.0 ± 3.0) ℃, 습도 : (45 ± 15) % R.H.
7. 시험결과 : 시험결과 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성 명 : 이준호	성 명 : 김진태

비고 :

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과 입니다.

2014. 10. 14

한국인정기구 인정 KTR 한국화학융합시험연구원장
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

위변조 확인용 QR 코드

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

7B39-4422-E55D-E45A

방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 *Trade Name or Registrant*	대아티아이 주식회사
기자재 명칭 *Equipment Name*	지상무선통신장치
기본모델명 *Basic Model Number*	DA-RSAS-WAP
파생모델명 *Series Model Number*	
등록번호 *Registration No.*	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-WAP
제조자/제조(조립)국가 *Manufacturer/Country of Origin*	대아티아이 주식회사 / 한국
등록연월일 *Date of Registration*	2014-10-16
기타 *Others*	

위 기자재는「전파법」제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2014년(Year) 10월(Month) 16일(Date)

국립전파연구원장 국립전파연구원장인

Director General of National Radio Research Agency

※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 **"적합성평가표시"**를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140047 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

◦회 사 명 : 대아티아이 주식회사

◦주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)

◦전화번호 : 032-680-0842

◦의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 지상무선통신장치 / DA-RSAS-WAP

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(과전압, 전원변동 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 08월 14일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140057 호 페이지 (1)/(총 8)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 지상무선통신장치 / DA-RSAS-WAP

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(온도사이클 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140058 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 지상무선통신장치 / DA-RSAS-WAP

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(저온, 고온 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

한국화학융합시험연구원

경기도 용인시 처인구 양지면 충부대로2517번길 42-27
Tel : 031-679-9660 Fax : 031-336-2427

성적서번호 CUS2014-2872

1. 의뢰자
   - o 기 관 명 : 대아티아이 주식회사
   - o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
   - o 의뢰일자 : 2014. 08. 11
2. 시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 지상무선통신장치
4. 시험기간 : 2014. 08. 25 ~ 2014. 08. 31
5. 시험방법 : KS R 9186 : 2001(2종 B) / KS R 9187 : 2003(1종)
6. 시험환경 : 온도 : (22.0 ± 3.0) ℃, 습도 : (45 ± 15) % R.H.
7. 시험결과 : 시험결과 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성 명 : 이준호	성 명 : 김진태

비고 :

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과 입니다.

2014. 10. 14

한국인정기구 인정 KTR 한국화학융합시험연구원장
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

위변조 확인용 QR 코드

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

AGR No.: A149A-123

적합성평가(EMC)시험성적서

신청인	상 호	대아티아이 주식회사		
	성 명	최 진 우	사업자등록번호	116-81-37494
	주 소	경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)		
	전화번호	032-680-0800	팩스번호	032-680-0966
시험기기	명 칭	지상무선통신장치		
	형 명	DA-RSAS-WAP	제조번호	미 상
	제 조 자	대아티아이 주식회사	제조국가	한 국
시 험 기 간		2014년 09월 23일 - 2014년 10월 10일	접 수 일	2014년 09월 18일
제 품 구 분		전기철도기기류의 신호 및 전기통신기기		
시 험 결 과		■ 적합 □ 부적합		

시험자 김 강 혁 연구원

확인자 남 승 현 수석 연구원

「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리」에
관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.

2014년 10월 15일

(주) 원 텍 대표이사

인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.

본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

본 시험성적서는 ㈜원텍의 서면 동의 없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.

본 사 / 연 구 소 : 경기도 광주시 초월읍 대쌍령리 301-14 (우:464-862) (TEL:031-799-9500 FAX:031-799-9599)

E49C-EBE8-B44E-8E2A

방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 *Trade Name or Registrant*	대아티아이 주식회사
기자재 명칭 *Equipment Name*	차상인터페이스장치
기본모델명 *Basic Model Number*	DA-RSAS-OIS
파생모델명 *Series Model Number*	
등록번호 *Registration No.*	MSIP-REM-DTD-DA-RSAS-OIS
제조자/제조(조립)국가 *Manufacturer/Country of Origin*	대아티아이 주식회사 / 한국
등록연월일 *Date of Registration*	2014-10-16
기타 *Others*	

위 기자재는「전파법」제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2014년(Year) 10월(Month) 16일(Date)

국립전파연구원장 국립전파연구원장인

Director General of National Radio Research Agency

※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 **"적합성평가표시"**를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140049 호 페이지 (1)/(총 12)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차상인터페이스장치 / DA-RSAS-OIS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(과전압, 전원변동 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 08월 14일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전재 또는 복사를 금합니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140061 호 페이지 (1)/(총 9)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차상인터페이스장치 / DA-RSAS-OIS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(온도사이클 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전제 또는 복사를 금합니다.

본사&시험소: 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20)
전화:031-222-4251 팩스:031-222-4252
www.kostec.org kostec@kostec.org

시 험 성 적 서

주식회사 코스텍 경기도 화성시 세자로406번길 28 (안녕동, 175-20) (전화: 031 222 4251, 팩스: 031 222 4252)	성적서 번호 : 제 KST-RQS-140062 호 페이지 (1)/(총 13)

1. 의 뢰 자 :

- 회 사 명 : 대아티아이 주식회사
- 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
- 전화번호 : 032-680-0842
- 의뢰일자 : 2014년 07월 08일

2. 시험대상품목/모델명 : 차상인터페이스장치 / DA-RSAS-OIS

3. 시험기간 : 2014년 07월 30일 - 2014년 08월 14일

4. 시험규격 : 의뢰자 제시규격(저온, 고온, 고온/고습도 시험)

5. 시험환경 : 온도: (15-35) ℃, 상대습도: (10-75) % R.H.

6. 시험결과 : 세부 항목 참조

확 인	시험자 성 명 : 임 호 균	기술책임자 성 명 : 오 문 진

본 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법으로 측정한 결과에 대한 시험 성적서임.

2014년 10월 20일

주식회사 코스텍 대표이사 (인)

* 본 성적서의 결과는 제출된 시료에 한하며 해당 모델의 전체를 대표하지 않습니다.
* 본 성적서는 ㈜코스텍의 동의 없이 무단으로 전재 또는 복사를 금합니다.

한국화학융합시험연구원

경기도 용인시 처인구 양지면 충부대로2517번길 42-27
Tel : 031-679-9660 Fax : 031-336-2427

성적서번호 CUS2014-2875

1. 의뢰자
   - o 기 관 명 : 대아티아이 주식회사
   - o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
   - o 의뢰일자 : 2014. 08. 11
2. 시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 차상인터페이스장치
4. 시험기간 : 2014. 08. 26 ~ 2014. 08. 28
5. 시험방법 : IEC 61373 : 2010(1종 A)
6. 시험환경 : 온도 : (22.0 ± 3.0) ℃, 습도 : (45 ± 15) % R.H.
7. 시험결과 : 시험결과 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성 명 : 이준호	성 명 : 김진태

비고 :

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과 입니다.

2014. 10. 14

한국인정기구 인정 KTR 한국화학융합시험연구원장
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

위변조 확인용 QR 코드

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

한국화학융합시험연구원

경기도 용인시 처인구 양지면 중부대로2517번길 42-27
Tel : 031-679-9660 Fax : 031-336-2427

성적서번호 CUS2014-2876

1. 의뢰자
   - o 기 관 명 : 대아티아이 주식회사
   - o 주 소 : 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
   - o 의뢰일자 : 2014. 08. 11
2. 시험성적서의 용도 : 도시철도 제출용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 차상인터페이스장치
4. 시험기간 : 2014. 08. 25 ~ 2014. 08. 29
5. 시험방법 : IEC 61373 : 2010(1종 A)
6. 시험환경 : 온도 : (22.0 ± 3.0) ℃, 습도 : (45 ± 15) % R.H.
7. 시험결과 : 시험결과 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성 명 : 이준호	성 명 : 김진태

비고 :

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과 입니다.

2014. 10. 14

한국인정기구 인정 KTR 한국화학융합시험연구원장
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

위변조 확인용 QR 코드

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

AGR No.: A149A-123

적합성평가(EMC)시험성적서

신청인	상 호	대아티아이 주식회사		
	성 명	최 진 우	사업자등록번호	116-81-37494
	주 소	경기도 부천시 오정구 수도로 139 (내동)		
	전화번호	032-680-0800	팩스번호	032-680-0966
시험기기	명 칭	차상인터페이스장치		
	형 명	DA-RSAS-OIS	제조번호	미 상
	제 조 자	대아티아이 주식회사	제조국가	한 국
시 험 기 간		2014년 09월 29일 - 2014년 10월 10일	접 수 일	2014년 09월 18일
제 품 구 분		전기철도기기류의 신호 및 전기통신기기		
시 험 결 과		■ 적합 □ 부적합		

시험자 김 강 혁 연구원

확인자 남 승 현 수석 연구원

「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리」에
관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.

2014년 10월 15일

(주) 원 텍 대표이사

인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.

본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

본 시험성적서는 ㈜원텍의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다.

본 사 / 연 구 소 : 경기도 광주시 초월읍 대쌍령리 301-14 (우:464-862) (TEL:031-799-9500 FAX:031-799-9599)

신호어김방지시스템의 고장률/신뢰성 예측을 통한 설계 방안 제시

Proposed design alternatives of Railway Signaling Anti-violation System for failure rate/reliability prediction

김우정*†, 박재영**, 송호성*

Woo-Jung Kim*†, Jae-Yung Park**, Ho-Sung Song *

Abstract Railway signaling systems are closely related on Passengers on board the train, the engineer of rail-road outsider. Therefore, trains that can occur as a signal fail casualties cannot be avoided. Train accident rate should be lowered for the signal fail by providing safety measures. In this paper, SIL was assigned in Signaling Anti-violation to PHA phase. Then, through quantitatively predicted failure rates value analyzed to meets assigned SIL to the extent and predicted reliability value presented to design alternatives.

Keywords **:** SIL, THR, PFH

초 록 철도신호 시스템은 열차에 탑승한 승객, 기관사 또는 철도 주변인에 대한 인명피해와 밀접한 관계가 있다. 따라서 열차가 신호를 어기게 되면 부상 및 사상에 대한 인명피해가 불가피 하다. 이에 대해 신호어김방지시스템은 시스템이 신호어김을 감지하고 이에 대한 안전 대책을 마련함으로써 열차의 신호어김에 대한 사고율을 낮추고자 하였다. 본 논문에서는 이러한 신호어김 방지시스템의 안전성을 고려한 개발을 위해 우선적으로 PHA 단계에서 SIL을 할당하였다. 그리고 정량적으로 예측된 고장률 값을 통하여 할당된 SIL에 어느 정도 부합하는지 분석 하였고 예측된 신뢰성 값을 통해 최적화된 설계방안을 제시한다.

주요어 : 안전무결성레벨, 허용위험률, 시간당고장확률

1. 서 론

현재 철도 신호 시스템이 지속적으로 안정성를 바탕으로 개발/연구되고 있는 가운데 당사에서는 열차의 운영적인 오류를 시스템적으로 방지하고자 신호어김방지 시스템을 연구개발 중에 있다. 신호어김장지시스템은 열차 수동운전 시 기관사의 잘못된 판단 및 졸음 등 인위적인 사고로부터 방지하고자 열차가 신호를 어겼을 경우, 경고등 표시 또는 경고음이 울림으로써 기관사가 인지하고 열차를 안전한 위치로 이동하거나 제동을 체결할 수 있음으로써 안전성을 우선적으로 고려한 시스템이다. 본 시스템을 개발하기에 앞서 개념 및 시스템 정의 단계에서 안전성 전문기관의 자문을 받아 PHA(Preliminary Hazard Analysis)를 수행하여 최상위 수준의 안전성에 관련된 기능을 식별하고 SIL(Safety Integrate Level)을 할당하였다. 그리고 SIL에 부합하는 시스템을 개발하고자 각각의 장치의 고장률을 예측하였다. 예측된 고장률을 바탕으로 할당된 SIL을 만족하는 시스템을 구성하기 위해서 정량적으로 예측된 데이터를 바탕으로 분석하였다.

다음그림은 신호어김방지시스템의 구성을 보여준다.

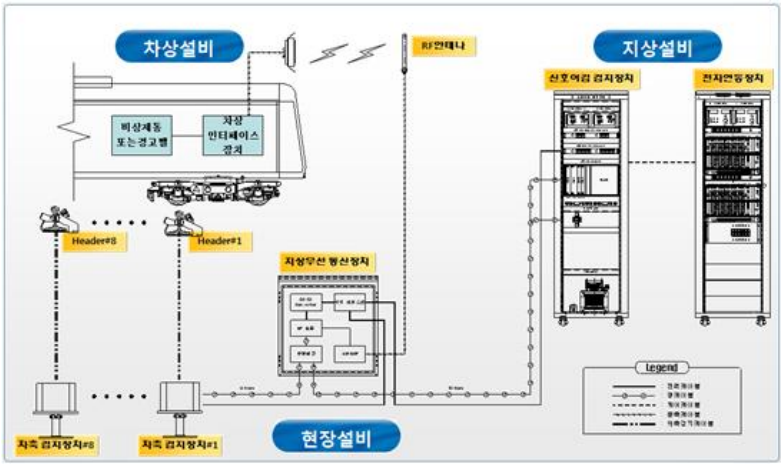


Fig. 1 신호어김방지시스템 구성

신호어김 방지장치는 크게는 지상설비, 현장설비, 차상설비로 나누어 진다. 본 시스템의 주요 기능은 신호기 현시가 Red인 상태에서 지상장치가 열차가 진입하는 것을 검지하여 신호어김으로 판단하고 차상으로 신호어김 상황을 기관사에게 통보하여 열차사고를 방지한다. 현재 연구중인 신호어김방지시스템은 차량기지 내에 설치될 것이며, 차량속도 20km/h이상 운행하지 않는다는 전제조건을 따른다.

---

† 교신저자: 대아티아이㈜
* 대아티아이㈜
** 우송대학교

2. 본 론

2.1 SIL 할당

정량적으로 안전성 목표를 설정하기 위해 각 안전성 기능에 대해 THR을 계산하고 이를 기반으로 SIL을 할당하였다. 이렇게 할당된 SIL은 신호어김 방지시스템이 기능을 수행하기 위해 달성해야 하는 정량적인 안전성 목표가 된다.

2.1.1 THR 계산

THR을 계산하기 위해 안전전문기관에서 제시한 MODURBAN에 사용된 Risk Matrix 방법을 사용하였다. 이 방법은 최상위 Hazard에 대한 심각도 레벨은 정성적으로 판단되며 Hazard에대한 노출확률, 사고감소확률 또는 결과 감소확률에 대해서는 정량적인 수치로 계산되는 반정량적인 방법이라고 할 수 있다.

다음은 THR을 산출하고 SIL을 할당하기 위해 사용된 Risk 매트릭스의 파라미터들을 보여준다.

Table 1 심각성 분류

Severity category			Tolerable Hazard Rate THR(THR_n)	SIL
Catastrophic	1인 이상, 다수의 사망 또는 치명적인 부상	열차전손에 해당하는 재산상의 피해 또는 24시간 운행지연	THR4: $10^{-9} \le THR \le 10^{-8}$	4

Critical	1인 사망 또는 치명적인 부상	열차 또는 선로장비의 상당량 파손 또는 1시간 이상 운행 지연	THR3: $10^{-8} \le THR \le 10^{-7}$	3
Marginal	가벼운 부상	열차운행 1시간 미만 지연	THR2: $10^{-7} \le THR \le 10^{-6}$	2
Insignificant	인명피해 없음	열차운행 10분 미만 지연	THR1: $10^{-6} \le THR \le 10^{-5}$	1

Table 2 빈도 분류

빈도		내용
Frequent	빈번하게 발생 가능함 재난이 연속적으로 발생할 수 있음	3개월에 1회
Probable	자주 발생 가능함 재난이 종종 발생할 수 있음	6개월에 1회
Occasional	가끔 발생 가능함 시스템 수명기간 동안 가끔 발생할 수 있음	1년에 1회
Remote	발생 가능성 있음 시스템 수명기간 동안 발생할 수 있음	2년에 1회
Improbable	발생 가능성 거의 없음 시스템으로 인해 발생가능성은 없으나, 외부적인 요인으로 인해 발생할 수 있음	10년에 1회
Incredible	발생 가능성 없음 어떠한 경우에도 발생하지 않음	20년에 1회

Table 3 EPC 파라미터

Parameter	Description
$E(1\text{-}10^{-2})$	Exposure Probability to Hazard
$P(1\text{-}10^{-2})$	Accident Probability Reduction
$C(1\text{-}10^{-2})$	Consequence Reduction Probability

Table 4 Hazard 노출 확률

E value	Exposure Probability to Hazard
E=1	Frequent or permanent
$E=10^{-1}$	Only in exceptional cases
$E=10^{-2}$	Only in very rare cases

Table 5 사고 감소 확률

P value	Accident Probability Reduction
P=1	No additional barrier
$P=10^{-1}$	One barrier
$P=10^{-2}$	Two barriers

Table 6 결과 감소 확률

C value	Consequence Reduction Probability
C=1	No reason

$C=10^{-1}$	One good reason
$C=10^{-2}$	Two independent good reasons

$$THR_m=THR_n/EPC=SIL_m$$

도출된 최상위 Hazard에 대해 위 표에서 제공하는 파라미터들을 기반으로 산출된 값으로 위 수식에 대입하여 THR_m을 계산하고 SIL을 할당하였다.

2.1.2 SIL 할당

도출된 최상위 Hazard에 대해 할당된 SIL은 아래 표 7과 같으며 최고 등급이 SIL 1을 상회하지 않는 것으로 보아 신호어김 방지시스템에 대한 SIL은 SIL 1으로 할당되었다.

Table 7 SIL 할당

위험원	SL	E	P	C	THR_m	SIL
기지내 기관사의 신호무시로 다른 열차와 충돌할 수 있음	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	SIL 1
기지내 기관사의 신호무시로 인근 작업자와의 충돌 가능성이 있음	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	SIL 1
기지내 기관사의 신호무시로 출고열차 및 입고 열차의 방해로 본선열차의 지연이 발생할 가능성이 있음	10^{-6}	1	1	10^{-1}	10^{-5}	SIL 0

2.2 신뢰성 값 계산

전자부품으로 구성된 열차제어시스템의 신뢰도는 고장률을 예측하고 다중계 특성을 고려한 하부시스템 연관관계를 분석하여 전체 시스템의 신뢰도를 예측하여 비교한다.

2.2.1 고장률 예측

해당 시스템의 고장률 예측은 각각의 장치에 대해 자체적으로 작성된 BOM(Bill of Material)을 기반으로 수행되었다. 전자 부품의 종류를 분류하고 고장 형태에 따른 고장률 예측 방정식을 제공받기 위하여 MIL-HDBK-217을 참고하였다. 대표적으로 하나의 소자에 대한 고장률 예측 방법을 예로 보여주며, 나머지 소자들에 대한 고장률 예측방법 역시 같은 방법으로 예측하였다. 고장률 예측 값은 아래 계산식에 소자의 정보를 대입하여 계산해낸 결과이다. 다음의 표들은 고장률 예측에 대한 내용 및 결과를 보여준다.

$$\lambda_p = (C_1\pi_T\pi_A + C_2\pi_E)\pi_L\pi_Q$$

Table 8 고장률 예측을 위한 입력 변수

기호	입력 변수의 의미
C_1	Die Complexity Failure Rate
π_T	Temperature Facotr
π_A	Device Application Factor
C_2	Package Failure Rate
π_E	Environment Factor
π_L	Learning Factor
π_Q	Quality Factor

Table 9 신호어김 검지장치에 사용된 IC의 예

Part	Qty	Description	Ref	Man	Oper Pow (W)	Power Rat (W)	Case Temp (°C)
IC	1	RM48L952PGE_3_QFP144, CPU	U1	TI	0.3	1.9	32.0
IC	1	ADuM1201BRZ/SOIC08	U11	ANALOG DEVICE	0.2	0.21	34.0
IC	1	PCF8575TS/SSOP24, I2C IO Expander	U20	NXP	0.4	0.25	29.0

Table 10 신호어김검지시스템의 하부시스템 별 고장률 및 MTBF

장치	순번	구성요소	단위시간당 고장률 (10^{-6})	MTBF (Hour)
신호어김 검지장치	1	CPU board	5.2951	188853.846
	2	PDU board	6.5494	152685.742
	3	DIU	8.6598	115476.108
	4	SCU	9.5698	104495.392
차상인터페이스 장치	5	OIS	15.2951	65380.416
	6	OIC-ctrl	12.5494	79685.085
	7	OIC-Power	9.7124	44131.016
차축 검지장치	8	Sensor Power	14.6584	68237.028
	9	Axle Sensor	15.5873	64154.793
	10	Axle Master Power	11.3458	88138.342
	11	Axle Master	8.8986	112377.275

Table 11 단일계 구성 고장률/MTBF 및 PFH

구성요소	단위시간당 고장률 (10^{-6})	MTBF	PFH
신호어김검지장치(1+2+3+4)	48.0741	20801.221	$5.0E10^{-6}$
차상인터페이스(5+6+7)	37.5569	26626.266	$5.0E10^{-6}$
차축검지장치(8+9+10+11)	50.4865	19807.275	$5.0E10^{-6}$

PFH(Probability of failure per hour)는 시간당 고장확률로써 IEC 61508 부록 B에서 제공한 계산방법을 통해 산출된 결과이다. 본 데이터를 통해 위에서 예측된 고장률이 PFH 값으로 산출되었고 이 데이터를 통해 신호어김 방지시스템의 각각의 장치가 SIL에 부합하는지 확인할 수 있었다.

2.2.2 신뢰도 예측 결과

다음 표는 단일계 구성의 고장률 예측 데이터를 기반으로 단일계 구성일경우 신뢰도 예측표와 안전에 영향을 미치는 장치에 이중계구성을 했을 경우 신뢰도 예측을 해본 결과이다. 아래 표는 신호어김 검지장치의 상태모델로 마코브모델을 통해 간소화 하여 Hot-Standby Sparing 구조의 신뢰도 함수를 구하면 아래 와 같다.

Table 11 신호어김검지장치 신뢰성 예측 값 비교

단일계					Hot-Standby Sparing				
시스템 운영시간	시스템 신뢰도(%)				시스템 운영시간	시스템 신뢰도(%)			
	CPU	PDU	DIU	SCU		CPU	PDU	DIU	SCU
20000	81.4	79.4	71.7	82.6	20000	96.5	95.7	92.0	97.0
40000	66.2	63.0	51.4	68.2	40000	88.6	86.3	76.3	89.9

60000	53.9	50.0	36.8	56.3	60000	78.8	75.0	60.1	80.9
80000	43.9	39.7	26.4	46.5	80000	68.5	63.6	45.8	71.4
100000	35.7	31.5	18.9	38.4	100000	58.7	53.1	34.2	62.1

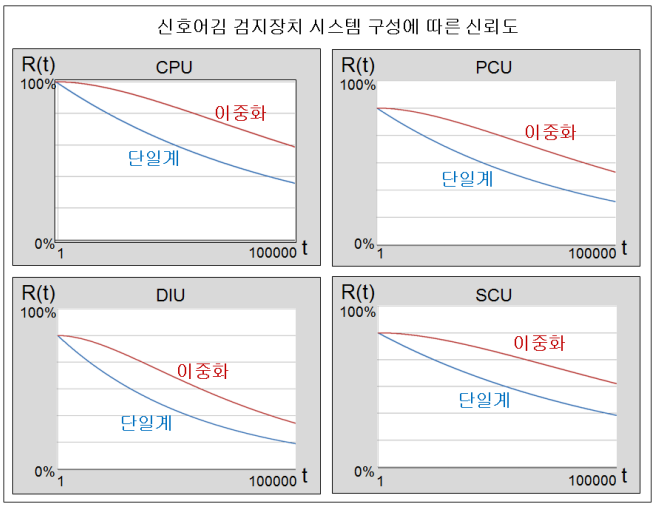


Fig. 2 신뢰도 값 비교

3. 결 론

본 논문에서는 신호어김 방지 시스템의 고장률 및 신뢰도 예측을 기반으로 신호어김방지 시스템의 가장 효율적인 설계를 고안 하여 비용적인 측면과 안전성인 측면을 동시에 고려하기 위해 수행되었다. 결과적으로 본 시스템은 차량기지에 설치되어 열차속도를 20Km/h를 초과 운행하지 않기에 최대 SIL 1에 맞게 설계되어야 하며, 정량적 분석결과로도 단일계 구성으로도 충분히 SIL 1에 부합하는 시스템을 개발/운용하는데 무리가 없을 것으로 판단되었다. 하지만 추후 본 시스템이 일반선 또는 고속선에 확장되어 설치 운용할 경우 최소 SIL 3가 불가피할 것으로 예상된다. 이렇게 될 경우 시스템은 단일계 구성으로는 SIL 3에 부합하지 못할 것이다. 따라서 해당 레벨에 맞는 시스템을 구성하기 위해서는 반드시 고장률/신뢰성 예측을 수행하고 필요에 따라 시스템 의존도를 구성하는 다른 요소들인 가용성, 유지보수성에 대한 예측과 입증을 위한 정량화된 체계적인 수행방안이 모색되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] CENELEC EN50126, “Railway applications – The Specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)

[2] CENELEC EN50129, “Railway applications – Communications, signaling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling”

[3] Application Guideline of EN50129, “Railway applications – Communications, signaling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling”

[4] IEC 61508-6 “Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety – related systems, Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3”

[5] 원형규, 고장률 중심의 기초 신뢰성 공학(2010), 한성대학교 출판부, 50-128

차축계수기를 위한 차축검지방안 연구

A Study of the Method of Detecting the Axles for Axle Counter

*송승정[1], 노희준[1], 안진[1]
*S.J.Song(sjsong@daeati.co.kr)[1], H.J.Noh[1] and J.Ahn[1]

[1]대아티아이주식회사

Abstract In the railroad signal system, track circuits are used to determine the train occupancy on the track. Recently in the CBTC system, axle counters are mostly used to get the information of train occupation rather than track circuits. Many kinds of sensing methods in the axle counter can be used to detect the axles. In this study, this article describes the comparison result when geo-magnetic sensors and proximity sensors are used and their installation methods to improve the detection reliability.

초 록 철도신호시스템에서 열차 점유를 판단하기 위하여 궤도회로를 사용하고 있다. 그러나 최근 CBTC 기반의 철도 시스템 도입으로 인하여 기존 궤도회로를 필요로 하지 않는 사례가 증가하고, 일부 열차 점유 정보를 얻기 위하여 궤도회로 보다는 차축계수기를 많이 도입하고 있는 실정이다. 차축계수기의 차축검지방법으로 다양한 방식이 사용될 수 있다. 본 연구에서는 지자기 센서와 근접센서를 이용한 차축검지 비교 검토와 센서를 이용한 차축 검지의 신뢰도를 높이기 위한 설치방안에 대한 연구를 기술한다

Key words: Track Circuit, Axle counter, Axle detecting sensor

1. 서론

철도신호시스템에서 열차 점유를 판단하기 위하여 궤도회로를 사용하고 있다. 그러나 최근 CBTC 기반의 철도 시스템 도입으로 인하여 기존 궤도회로를 필요로 하지 않는 사례가 증가하고, 일부 열차 점유 정보를 얻기 위하여 궤도회로 보다는 차축계수기를 많이 도입하고 있는 실정이다. 차축계수기의 차축검지방법으로 다양한 방식이 사용될 수 있다. 본 연구에서는 지자기 센서와 근접센서를 이용한 차축검지 비교 검토와 센서를 이용한 차축 검지의 신뢰도를 높이기 위한 설치방안에 대한 연구를 기술한다.

2. 센서의 비교 검토

차축 검지의 구성은 레일에 장착되는 차축 검지 헤더와 차축검지 헤더로부터 입력되는 신호를 차축계수기로 장거리 전송하기 위하여 광통신 또는 모뎀 통신기능을 갖춘 차축검지장치를 추가로 설치하게 된다. 차축 검지 헤더에 지자기 센서와 근접센서를 사용하여 차축검지장치를 제작하여 시험 측정하였다.

2.1 지자기 센서

지구에는 남극과 북극에 N S극으로 고유의 자계장이 형성되어 있으므로 자계의 크기를 측정할 수 있다. 자계장내에 자성 물체가 존재할 때 자력선의왜곡을 발생시키는데, 이 왜곡으로 인하여 자계의 크기와 밀도가 증가하여 변화된 양을 측정 알고리즘에 대응시키면 일정범위에서 물체의 유무를 판정할 수 있다. 이 때에 자계의 크기를 측정하기 위하여 지자기 센서가 이용된다.

지자기 센서를 차축 검지 헤더에 적용하기에 앞서, 차량기지의 검수고에서 차륜의 하단부에서 차륜의 돌출부에 따른 가우스 변화량을 측정하였다.

아래 그림은 차량의 차축 아래에서 실제 가우스량 측정 사진과 측정 개념도를 나타낸 것이다.



Fig. 1 Measuring Gauss under the axles

위에서 언급한 차륜 하단부에서 실제 측정한 차륜 돌출부와 가우스 변화량의 관계를 측정한 값을 그래프로 나타낸 것으로서, 차축 중심부에서 10mm 떨어진 곳에서 측정한 값이다. 그림에서 볼 수 있듯이 차륜과 가장 가까운 부분인 중심에서 가장 강한 가우스 값을 나타낸 것을 볼 수 있다

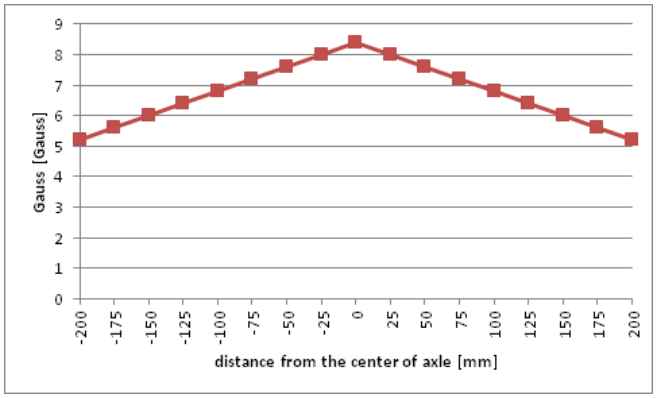


Fig. 2 Gauss according to the center of axles

차축검지헤더에 가우스 센서를 적용하게 되면, 열차가 센서에 가깝게 다가와 센서를 지나갈 때까지의 파형을 수집하게 되면, 차륜 한 개에 대한 독립적인 하나의 펄스 형태의 신호를 얻을 수 있다. 이 수집된 신호를 처리하여 가공하면 차축 검지가 가능하게 된다..

2.2 근접 센서

근접센서란 기계적인 접촉에 의한 검출방식이 아니라, 검지하고자 하는 물체가 가까이 근접했을 때 검출 대상물체의 유무를 판별하는 비접촉 방식의 센서이다. 검출 원리에 따라 다양한 종류의 근접센서가 존재한다.

동작원리는 센서 안의 검지 코일에서 발생하는 고주파 자계 내에 검지물체(자성금속)가 접근하게 되면 전자유도 현상에 의해 근접 물체 표면에 유도 전류가 흘러 검지물체 내에 에너지 손실이 발생하게 된다. 이 유도전류에 의해 에너지 손실이 발생하게 되면 검지코일에서 발생하는 발진 진폭이 감쇄 또는 정지하게 되는데, 이 진폭의 변화를 이용하여 검출물체의 유무를 판별하는 것이다.

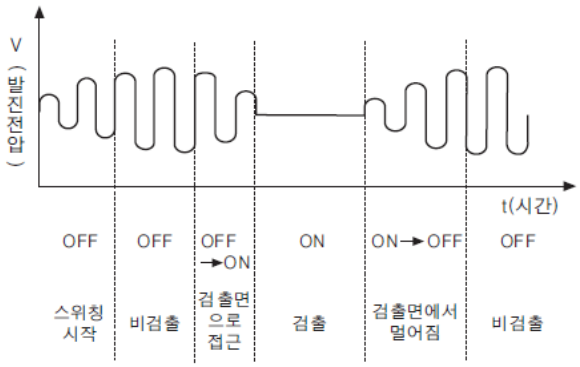


Fig. 3 Principles of the proximity sensor

근접 센서의 중요한 요소중의 하나가 검출거리이다. 검출거리는 근접센서 검지의 축을 기준으로 검출물체가 접근하면 센서 검출 출력이 동작하는데 검지물체의 표면에서 센서의 표면까지의 거리를 검출 거리라고 한다. 본 연구에 사용된 근접센서의 검출 거리는 22mm와 50mm인 것을 사용하였다.

2.3 차축검지헤더 제작

2.3.1 차축검지헤더

차축검지를 하기 위하여 차축검지 헤더를 제작하여야 가능한데, 본 연구에서 지자기센서용 차축검지헤더와 근접센서용 차축검지헤더를 별도로 구현하였다.

지자기센서용 차축검지 헤더의 구성도는 아래와 그림과 같다.

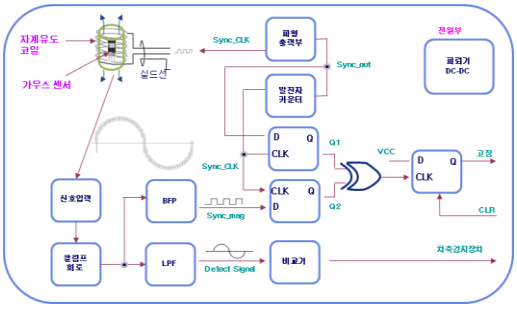


Fig. 4 Block diagram of the Axle detecting Header using geo magnetic sensor

위 구성에 대하여 간략히 설명하면, 센서에서 입력되는 신호를 입력 받아 클림프 회로를 거쳐 일정한 레벨 이상의 신호만을 입력 받고, 이 입력된 신호를 저주파 통과필터(LPF)를 거치고 비교기를 통하여 차축 검지 신호를 얻을 수 있다. 또한 클림프 회로를 거친 신호를 대역 통과필터(BPF)를 거쳐 플립플롭을 거쳐 입력 받은 신호와 센서로 전달되는 신호를 비교하여 센서의 고장 정보를 판단할 수 있는 기능을 가진다.

근접센서를 이용하여 차축검지를 하기 위하여 구현한 근접센서용 차축검지헤더의 전체 구성도는 아래와 같다.

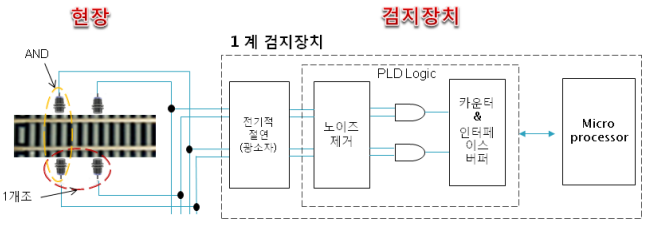


Fig. 5 Block diagram of the Axle detecting Header using proximity sensor

위 구성을 간략히 설명하면, 레일에 설치된 근접센서에서 입력되는 신호를 절연소자를 통하여 입력 받아 잡음신호를 제거하여 차축계수기로 전송하기 위하여 기본적인 연산을 구현했다.

2.3.2 차축검지장치

위에서 설명한 차축검지헤더의 차축검지정보는 단순한 디지털 정보이므로, 이 디지털 정보를 수집하여 차축계수 정보를 산출하기 위하여 차축검지장치가 필요하다. 다음 그림은 차축검지장치의 구성도를 나타낸 그림이다.

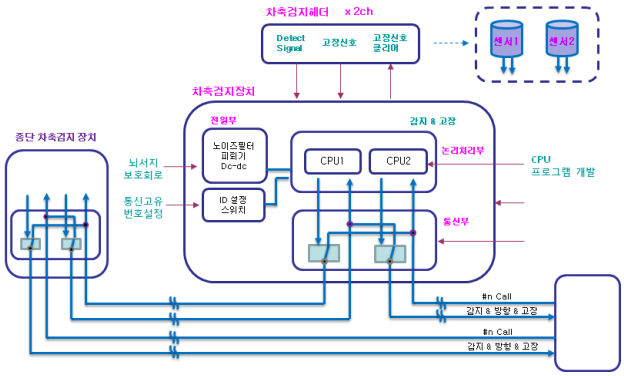


Fig. 6 Block diagram of the Axle detecting devices

위의 차축검지장치 구성도를 간략히 설명하면, 차축검지헤더에서 입력된 정보를 CPU1과 CPU2에서 차축의 개수를 판단하게 되며, 이 차축 계수 정보와 추가적인 정보(열차 방향 또는 차축검지장치 고장정보)를 차축 계수기로 보낸다. 해당 차축검지 장치의 정보가 아닌 이웃한 연결된 차축검지 장치와 차축계수기간의 정보를 전달하기 위한 기능 또한 포함하고 있다.

2.4 시험 결과

지자기 센서를 적용한 차축검지헤더와 근접센서를 이용한 차축검지헤더의 시험 결과를 기술한다.

다음 사진은 실제로 레일 위에 설치한 차축 검지 헤더 사진들이며, 차축 검지를 위하여 여러 가지 시험을 진행하였다.



Fig. 7 Installation of the axle detecting headers

2.4.1 지자기 센서를 이용한 차축검지헤더

현장에서 차량이 지나갈 때 차축을 검지하기 위하여 실제 차축검지헤더를 만든 것을 아래 사진에서 볼 수 있다. 지자기 센서를 적용하여 차축검지헤더를 제작하였다.



Fig. 8 Axle detecting Header using geo-magnetic sensor

쵸퍼 차량과 VVVF 차량이 차축검지센서 위를 통과할 때 측정한 값과 최종 차축 검지 출력값을 나타낸 것이 아래 그림이다. 열차가 지나갈 때, 차축의 자계 변화량만이 존재해야 차축검지가 가능한데, 차량 자체 주변 자계의 변화량이 너무 커서 차륜과 차량 자체 몸체와의 구분이 어려워 차축 검지 기능을 할 수 없음을 알 수 있다.



Fig. 9 Test results of axle detecting header using geo-magnetic sensors

2.4.2 근접 센서를 이용한 차축검지헤더

현장에서 차량의 차축을 검지하기 위하여 실제로 제작한 차축검지헤더의 사진이다. 차축검지 장치로부터 전원을 공급받는 전원 부와 센서, 그리고 케이스로 구성된다.

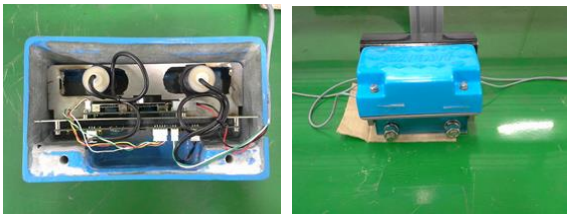


Fig. 10 Axle detecting header using proximity sensors

센서 데이터를 오실로스코프를 이용하여 PC로 저장하여 파형을 분석하였다. 아래 파형은 실제 열차가 헤더 위를 지나갈 때 열차가 오실로스코프 파형으로서, 열차가 지나가면 잡음 신호가 끼어 있는 파형을 볼 수 있다. 이것은 열차 차체에서 발생하는 잡음으로 인한 것으로 추정할 수 있다.

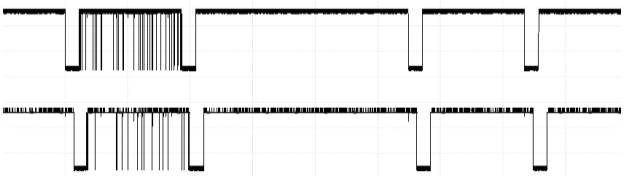


Fig. 11 Output waveform of the detecting header

다음 파형은 센서 출력을 저대역 통과필터를 적용하여 잡음 신호를 제거한 결과를 나타낸 것이다. 아래 파형에서 볼 수 있듯이, 차축 정보만을 받아 올 수 있음을 알 수 있다. 또한 두 개의 센서의 적용으로 열차 이동 방향을 판단할 수 있는 기능도 구현이 가능하다.

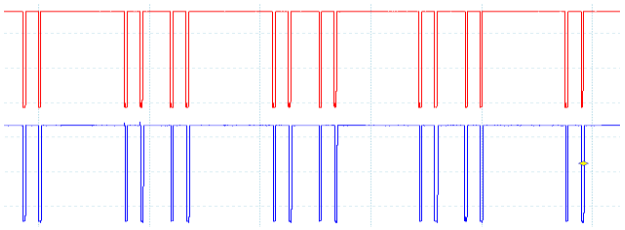


Fig. 12 Output waveform of the detecting header using LPF

현재 서울메트로 2호선의 영업차량의 종류는 로템 VVVF차량, GEC 쵸퍼 차량, 멜코 쵸퍼 차량, 대우 저항 차량 등이 있다. 해당 영업 차량에 따라 레일에 설치된 차축검지헤더에서 출력되는 신호는 다양한 형태의 노이즈를 갖는 신호가 발생한다. 따라서 해당 노이즈를 제거하는 최적의 노이즈 필터를 사용할 필요가 있다. 다음 사진은 실제 운영중인 다양한 영업차를 보여준다.



Fig. 13 Variety of trains

3. 설치에 관한 고찰

앞장에서 언급한 차축검지장치를 설치하여 안정적으로 차축검지를 하기 위하여 차축검지 헤더를 설치할 때 고려해야 할 몇 가지 시험 결과들을 기술한다.

3.1 차륜의 좌우 롤링 현상

열차가 레일 위를 통과할 때 차륜의 기울기 때문에 레일의 좌우로 롤링을 하게 된다. 이 때문에 후렌지가 좌우로 쏠림 현상이 나타날 수 있다. 이때 후렌지가 센서의 검지 거리를 벗어나게 되면 차축검지헤더는 차륜을 검지하지 못하게 되어 차축계수기는 차축을 놓치게 된다. 이렇게 되면 열차 점유 감시 구간을 열차가 완전히 벗어났는데도 불구하고, 계속 차량 점유 상태로 남게 된다.

유지보수용 차량인 모터카의 차륜 검지 시험을 진행하였다. 모터카의 차륜은 일반 영업차의 차륜과 동일한 사이즈이다. 그러나 트레일러에 있는 차륜의 직경은 다를 수 있다. 시험에서 사용한 트레일러의 차륜의 직경은 350mm이다. 그러므로 직경 860mm과 직경 350mm의 차륜을 동시에 시험한 것이다.

직선 구간에 차축검지헤더를 설치하여 모터카를 운행하면서 레일 차륜의 레일 위에서 좌우 위치와 차축검지 헤더의 열차 검지 출력을 모니터링 하였다. 차륜의 직경에 따른 차축 검지 차이는 보이지 않았다. 그러나 직선구간에서도 차륜의 기울기를 갖는 특성으로 인하여, 레일 위를 열차가 항상 일정하게 운행하는 것이 아니고, 좌우로 롤링하면서 지그재그 운행을 하게 된다.

아래 그림은 모터카를 일시 정지하였을 때 레일밖으로 튀어나온 차륜의 길이를 측정한 것으로 좌우 편차가 심한 것을 알 수 있다.



Fig. 14 Axle range out of rail

따라서 차륜의 후렌지 영역을 하단에서 검지하거나 차륜의 레일 밖으로 튀어나오는 영역을 검지하여 차축검지를 하기 위해서는 레일 양측에 센서를 설치하여야만 차축검지가 가능함을 알 수 있다.

3.2 건축한계

건축한계란 “차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 설정한 일정한 공간(이하 건축한계라 한다.)안에는 건물 그 밖의 구조물을 설치하여서는 아니 된다. 다만, 가공 전차선 및 그 현수장치와 선로보수 등의 작업상 필요한 일시적인 시설로서 열차 및 차량 운전에 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.”라고 규정되어 있다

따라서, 레일 안쪽에 차축검지헤더를 설치한 경우 건축한계 규정 중 플렌지 이동 영역 (75 mm 이내) 설치 불가로 검출거리가 충분히 긴 센서를 사용하여만 검출이 가능하다는 것으로 판단된다.

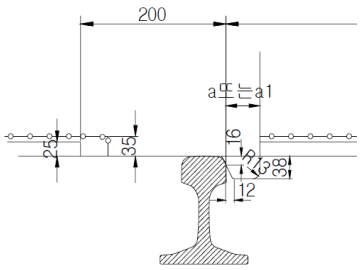


Fig. 15 Clearance limit

a, a1 또는 a2는 후렌지 웨이이고, S는 슬랙이다. 일반적인 경우 a=75+S.로 규정되어 있다. 그러므로 검지헤더를 레일 안쪽에 설치 시 레일 상단부 아래 부분에 설치하되 레일 안쪽에서 75mm이상은 반드시 떨어뜨려 설치하여야 한다. 만약 검지헤더를 레일 바깥쪽에 설치 시 레일 바깥 부분 어느 곳이든 레일 상단부 아래 부분에 설치가 가능하다.

열차가 건축한계 영역 안에서 이동하는 것을 판단하기 위하여 추가적인 차량 차축 도면은 다음 그림과 같다.

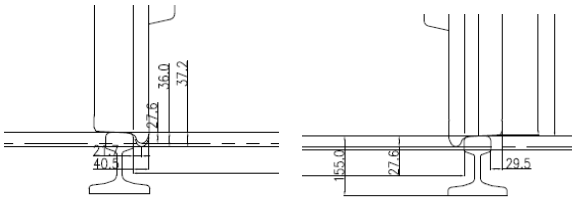


Fig. 16 Diagram of the axles

레일 바깥쪽에 차축검지헤더를 설치한 경우 선로 외측 열차 휠을 감지하는 방식으로, 장점은 플렌지 마모에 의한 센서 파손 우려가 없어서 센서를 레일에 최대한 접근 가능하다는 점이다. 단점으로는 차륜이 레일 밖으로 보이는 영역이 없거나 짧은 경우에는 검지가 불가능하다는 점이다.

아래 그림은 선로의 외측에 센서를 설치한 그림과 차축의 선로 밖으로 튀어나온 부분을 2D로 형상화한 것이다.

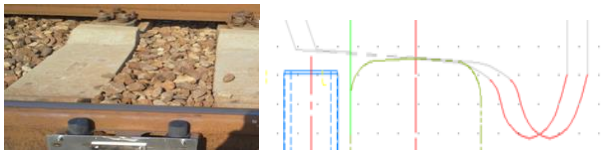


Fig. 17 Installation of the sensor

위의 그림에서 볼 수 있듯이 차축이 레일 기준으로 좌우로 움직일 경우 센서와 먼 방향으로 최대한 움직였을 경우에도 차축을 검지할 수 있어야 한다. 차축 도면과 건축한계도면을 검토하면 이론상 차축은 최대 35mm까지 움직일 수 있음을 알 수 있다.

센서를 설치할 경우 건축한계 이내에서 차축 이동 한계를 고려하여 차축을 충분히 검지할 수 있도록 설치하여야 한다.

4. 결론

본 연구는 지자기 센서를 적용한 차축검지헤더와 근접센서를 적용한 차축검지헤더의 시험을 진행하였으며, 헤더의 레일 안쪽과 바깥쪽에 설치하였을 경우에 대한 시험을 진행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

차축검지헤더에 적용하는 센서는 지자기 센서의 경우 차량 자체에서 발산하는 잡음 신호와 자계의 세기로 인하여 실제 차축검지헤더를 구현하는데 어려움이 많을 것으로 판단된다. 하지만, 근접센서를 사용하는 경우 차량 차체로 인한 잡음신호를 적당한 필터로 제거함으로써 차축을 검지하는 것은 가능한 것으로 판단된다.

차축검지헤더를 설치하는 위치는 건축한계 내에서 레일 안쪽에 설치하여 후렌지를 검지하는 방법과 레일 바깥쪽에 설치하여 차륜을 검지하는 방법이 모두 가능한 것으로 판단된다.

추후, 선로의 폭이 관리 범위 이상으로 넓어진 상태에서 열차의 좌우 롤링으로 인하여 설치위치에 따른 센서 범위를 벗어난 경우에 대비한 검지 방법론에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원에서 지원한 "열차수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발" 과제의 일환으로 작성되었습니다

참고문헌

1. 열차수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템개발 연차실적계획서
2. 국토교통부(2013.03.23), 철도건설규칙
3. 김영태 저(2003), 신호제어시스템, 테크미디어

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능검증 방안 연구

Research of performance verification method for Railway Signaling Anti-Violation System using axle detection

*신광호[1], 류지홍[1], 안진[1]
*K.H.Shin(kngshin@daeati.co.kr)[1], J.H.Ryu[1] and J.Ahn[1]

[1]대아티아이주식회사 철도기술연구소

Abstract Although the rapid development of the railway signaling system recently, it does not really help in depot driving in yard mode because of the cost and operational aspects. The system is required for preventing accidents such as derailments, collisions, wayside device damages, caused by passing the stop signal in yard mode, In case of passing the stop signal in yard mode, signaling anti-violation system that detect axle, evaluate violation and warning alarm, further emergency braking is essential for reliablility of detection, evaluation & transmission. In this paper, the method of LAB TEST & SITE TEST for performance verification and the results of test are described.

초 록 최근의 철도신호시스템이 비약적으로 발전하고 있지만, 이러한 발전이 기관사 책임모드로 운행되는 차량기지 구간에서는 운용이나 비용측면으로 인해 실질적인 도움이 되지 못하는 것이 현실이다. 차량기지에서 기관사가 정지신호를 지나치는 경우 발생하는 열차 탈선, 추돌, 현장 설비 파손 등의 사고를 미연에 방지하는 시스템에 대한 필요성이 대두된다. 기지구간 등 기관사 책임모드 운전에서 정지신호를 어기고 진입하는 경우 차축을 검지하여 신호어김을 평가하고, 신호어김 상황을 기관사에게 경보하고 더 나아가 비상제동을 체결하는 신호어김 방지시스템에 있어 차축 검지, 신호어김 평가, 신호어김 전달에 대한 신뢰성이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 차축검지를 이용한 신호어김 방지시스템에 대한 성능을 검증하는 LAB TEST 및 현장시험에 대한 방안을 연구하고, 이에 따른 성능 검증 결과를 기술한다.

Key words: Signaling Anti-Violation, Axle detection, Signaling Violation evaluation

1. 개요

철도 신호시스템은 열차가 신호 지시 속도를 초과 또는 신호 체계를 무시하고 운행하는 경우 자동으로 열차 정지 또는 감속을 실행하는 장치로 정의된다. 최근의 신호방식은 열차의 안전 보장을 강화하기 위하여 ATS(Automatic Train Stop : 자동열차정지장치), ATC(Automatic Train Control : 자동열차제어장치), ATP(,Automatic Train Protection : 자동열차보호장치), ATO(Automatic Train Operation : 자동열차운영장치) 등의 적용이 확대되었으며, 전세계적으로 CBTC (Communication-Based Train Control), ERTMS/ETCS(European Rail Traffic Management System/European Train Control System) 등 보다 향상된 제어기능과 체계화된 신호시스템으로 발전되고 있는 추세이며, 국내에서도 KRTCS(Korean Rail Traffic Control System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근의 철도신호시스템이 안전 운행을 보장하기 위하여 비약적으로 발전하고 있지만, 기관사 책임모드로 운행되는 차량 기지 구간에서는 구내 운영에 대한 복잡성이나 설치 비용 대비 효율성 측면이 낮아 적용에 어려움이 있어 실질적인 도움이 되지 못하는 것이 현실이다.

기지 구간 및 일부 정거장 내 구내 운전에서 기관사 책임모드로 운전하는 경우 다양한 운영 상황에 따라 기관사가 정지신호를 어기고 지나치는 경우로 인해 열차 탈선, 추돌, 현장 설비(Wayside Device) 파손 등의 사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 이로 인해, 본선에서의 운행 스케쥴에도 지연을 초래하게 된다.

정지신호 상태에서 진입하는 경우 기관사에게 신호어김을 경보하고 더 나아가 비상제동을 체결하여 사고를 미연에 방지하는 시스템에 대한 필요성이 검토되어, 지상자를 활용한 부정출발방지시스템(MTS : Magnetic Train Stop)[2][3]이 도입되고, LDTS정보를 활용한 시스템[4]이나 RFID 시스템을 이용한 시스템[5] 등이 연구되고 있으나, 기존 신호시스템과 동일한 경우에만 적용되거나 도입 비용이나 운영비용이 높아 부담감이 있는 실정이다.

기존 시스템에 비하여 저가이면서도 기존 신호시스템과는 독립적으로 운영이 가능한 차축검지를 이용한 신호어

김방지시스템을 고안하였으며, 이러한 방식의 시스템은 차축검지, 신호어김평가 및 신호어김 전달에 대한 신뢰도가 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 차축검지를 이용한 신호어김 방지시스템에 대한 성능을 검증하는 LAB TEST 및 현장시험에 대한 방안을 연구하고, 이에 따른 성능 검증 결과를 기술한다

2. 시스템 소개

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템은 선로변에 설치된 두 개의 차축검지헤더에서 차축을 감시하고, 차축이 검지되는 경우 신호 상태와 비교하여 신호어김을 판단하고, 기관사에게 신호어김을 경보하고 비상제동으로 사고를 미연에 방지하기 위한 것으로, 기존 외산 시스템 대비 제작 원가가 절감되고, 기존 신호시스템에 관계없이 적용이 가능한 열차 안전을 강화하는 시스템이다.

.

2.1 시스템 구성

시스템은 차축검지를 위한 차축검지장치, 신호 상태와 비교하여 신호 어김을 판단하는 신호어김검지장치, 이를 무선으로 전송하기 위한 지상무선장치, 기관사에게 경보하고 비상제동을 출력하는 차상인터페이스장치로 구성한다.

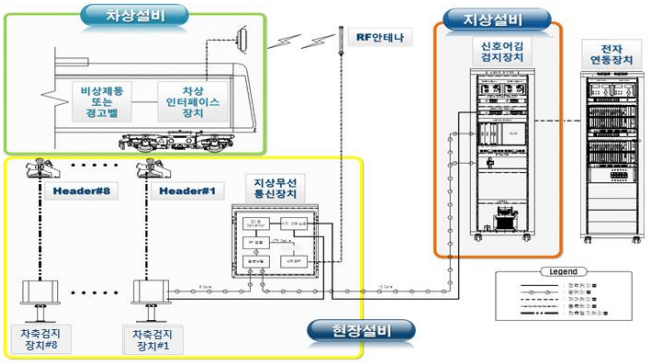


Fig. 1 신호어김방지시스템 시스템 구성.

2.1.1 신호어검검지장치

신호어김검지장치는 전자연동장치의 신호기 상태와 차축검지 정보를 비교하여 차량의 신호어김 상태를 평가하고, 차량으로 경고하고 비상정지 시킬 수 있도록 차상인터페이스장치로 명령을 전달하는 지상장치이다.

2.1.2 차축검지장치

차축검지장치는 열차의 이동을 검지하기 위한 현장설비로, 레일에 2개의 차축검지헤더를 설치하여 열차 검지, 진행방향 및 통과속도를 검지하여 지상설비인 신호어김검지장치로 열차검지정보를 전달한다.

2.1.3 지상무선장치

지상무선장치는 지상설비인 신호어김 검지장치와 차상설비인 차상 인터페이스장치간 정보를 무선으로 전달하기 위한 무선통신장치이다.

2.1.4 차상인터페이스장치

차상인터페이스장치는 기지 내 차량이 정지신호를 무시하여 신호어김이 발생하는 경우 신호어김검지장치로부터 전달된 신호어김 정보에 따라 기관사에게 경보하고, 차량으로 비상제동을 출력하기 위한 차상장치이다.

2.2 운영 개념

2.2.1 동작 절차

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템은 다음과 같은 절차에 의해 동작한다.

1) 기관사가 신호기의 정지현시를 무시하고 진행한다.
2) 차축 검지장치가 열차를 검지하여 신호어김검지장치에 차축 검지정보 전달한다.
3) 전자연동장치는 신호기 정지 현시정보를 신호어김검지장치에 전달한다.
4) 신호어김검지장치는 차축검지 정보와 신호기 정지 현시정보를 비교하여 신호어김 상태를 평가한다.
5) 신호어김검지장치는 신호어김 발생 상황을 지상무선 통신장치에 전달한다.
6) 차상 인터페이스 장치는 무선통신으로 전달된 신호어김 정보를 확인하여, 경고벨과 비상제동을 출력한다.

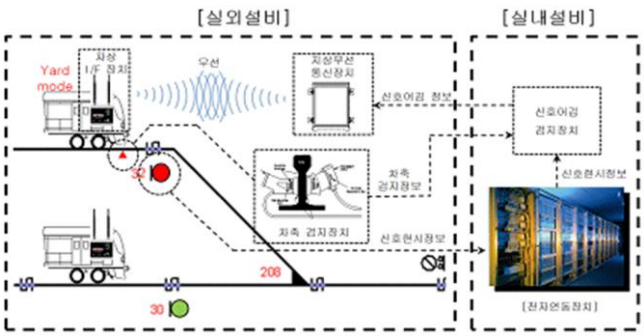


Fig.2 신호어김방지시스템 동작 개념도.

2.2.2 정보 흐름

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 동작 과정에서 처리되는 정보는 차축검지정보, 신호기상태정보 및 신호어김정보로 구성되며, 주요 정보간 흐름은 다음과 같다.

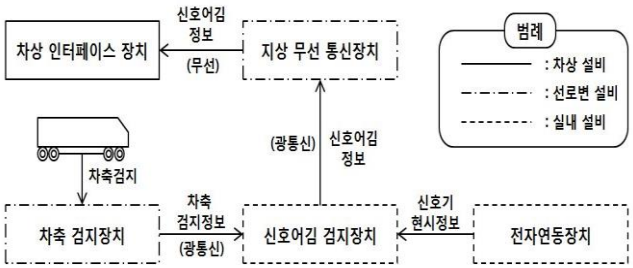


Fig. 3 신호어김방지시스템 시스템 정보 흐름.

3. 성능검증 환경구축

3.1 성능 지표

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능 목표는 신호어김이 발생한 시점에서 최종적으로 기관사나 열차에 얼마나 신속하게 전달되어 사고를 방지하는 가에 있다. 이를 위한 세부적인 성능 지표는 다음과 같다.

3.1.1 차축검지 성능

차축검지에 대한 성능은 열차가 진행하는 것을 감지하기 위하여 차축을 검지하는 신뢰도로 정의하며, 시스템이 작동되는 동안 차축의 검지 신뢰도는 100%를 보장하여야 한다.

3.1.2 신호어김평가 성능

신호어김 평가에 대한 성능은 차축이 검지되는 시점에서 입력된 신호기 정보와 비교하여 신호어김을 평가하는 수행시간 정의하는 것으로, 차축검지 및 신호기 정보 입력 처리와 신호어김 판단하여 처리하는 시간으로 500msec 이내에서 수행되어야 한다.

3.1.3 무선통신 성능

신호어김 정보를 전달하기 위한 무선통신의 성능은 신호어김검지장차와 차상인터페이스장치간 통신을 위한 신뢰도로 정의하며, 무선 통신 신뢰도는 90% 이상을 보장하며, 기지 내 무선통신 영역에 대한 무선통신환경 구축이 보장되어야 한다.

3.1.4 신호어김반응 성능

신호어김 반응에 대한 성능은 차축이 검지되는 시점에서 신호어김의 평가 결과가 차상으로 전달되어 경보와 비상제동 출력되는 경과시간을 정의하는 것으로, 신호어김 발생 시 열차 내 기관사가 반응하도록 신호어김을 통보하는 반응시간은 1초 이내에서 보장되어야 한다.

3.2 성능검증 방안

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템이 4가지 성능지표를 검증하기 위하여 실 환경 모의시험을 위한 TEST BED 구축과 실제 현장에 설치하여 시험하는 현장시험 환경을 검토한다.

3.2.1 TEST BED 구축

성능검증을 위한 TEST BED의 구축은 실제 차축을 모의하여 열차가 왕복 진행하면서 차축을 검지하도록 재현하여 실제와 유사한 환경을 구축하는 것으로, 시스템을 중심으로 설치하고, 실제와 유사한 실험 환경 제공을 위하여 모의차축 이동을 재현하는 모의차축 이송장치와 열차 재현 및 성능검증을 위한 열차 시뮬레이션 모듈 등을 연계하여 구성한다.



Fig. 4 신호어김방지시스템 성능시험 TEST BED 구축

3.2.2 현장시험 방안

성능검증을 위한 현장설치는 실제 기지 구간을 선정하여 신호기계실에 지상설비, 현장에 차축검지장치, 모터카 및 전동차에 차상인터페이스장치를 설치하고, 현장시험에서 성능검증을 지원하기 위하여 정보 흐름을 모니터링하고 기록하는 열차 시뮬레이션 모듈 및 무선영역 상태를 기록하는 GPS 모듈 등을 연계하여 구성한다.

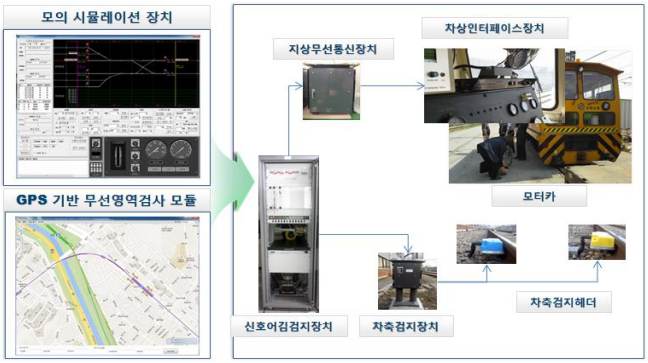


Fig.5 신호어김방지시스템 현장시험 환경 구축

4. TEST BED 성능검증

실제와 유사한 환경에서 성능을 검증하기 위한 것으로, 구축된 TEST BED를 활용한 성능 지표에 따른 성능평가 방안, 시험 절차 및 시험의 결과를 서술한다.



Fig. 4 TEST BED 환경 성능시험 진행 사진

4.1 차축검지 성능

4.1.1 검증 방안

TEST BED를 활용한 차축검지 성능의 검증은 열차 시뮬레이션 모듈을 활용하여 모의차축 이송장치를 100회 반복하여 좌우 이동하도록 재현하고, 이때, 차축검지헤더에서 모의차축을 검지하여 신호어김검지장치로 전송되는 모의차축정보를 기록한 후, 검지된 차축 카운트를 확인하여 차축검지에 대한 신뢰도를 확인한다.

4.1.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 차축검지 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
3) 전진 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 + 값으로 측정되는지 확인한다.
4) 통과 상태에서 차축검지 카운트가 0으로 리셋되는지 확인한다.
5) 반대 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 - 값으로 측정되는지 확인한다.
6) 기록된 모의차축 이송정보, 차축검지 정보 및 열차점유상태 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다

4.1.3 시험 결과

TEST BED를 활용하여 차축검지 성능에 대하여 100회 반복시험을 한 결과, 모의이송장치에 설치된 차축검지헤더에서 검지되는 차축의 카운트를 측정한 결과 100% 검지되는 것을 확인하였으며, 100% 신뢰도의 성능지표 만족을 확인하였다

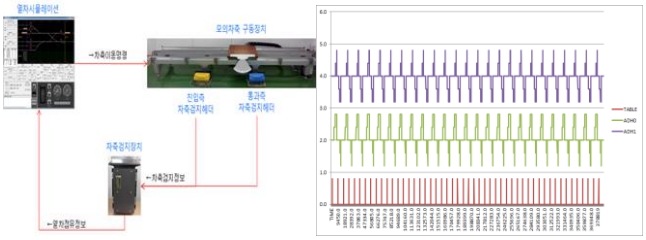


Fig.6 TEST BED 활용한 차축검지 측정 및 결과

4.2 신호어김평가 성능

.

4.2.1 검증 방안

TEST BED를 활용한 신호어김평가 성능의 검증은 열차 시뮬레이션 모듈을 활용하여 모의차축 이송장치를 100회 반복하여 좌우 이동하도록 재현하고, 이때, 차축검지장치의 차축검지 정보와 신호어김검지장치의 신호어김 정보를 기록한 후, 차축검지에서 신호어김 출력까지 걸리는 시간을 측정하여 신호어김평가 성능을 확인한다.

4.2.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 신호어김평가 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
3) 열차점유 정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하는지 확인한다.
4) 열차점유 정보가 열차 통과의 경우 신호어김이 해제되는지 확인한다.
5) 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 정상적으로 주행하는지 확인한다.
6) 기록된 열차점유 정보, 신호어김 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다

4.2.3 시험 결과

TEST BED를 활용하여 신호어김 평가에 대하여 100회 반복시험을 한 결과, 신호정지상태에서 진입하는 열차의 차축이 검지되는 시점에서 신호어김검지장치가 신호어김을 평가하여 신호어김을 발생하는 시간이 100~250msec로 측정되었으며, 500msec이내의 성능지표 만족을 확인하였다.

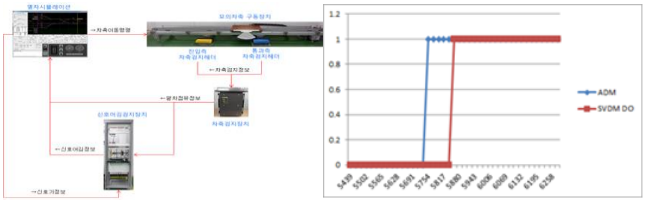


Fig.7 TEST BED 활용한 신호어김평가 측정 및 결과

4.3 무선통신 성능

4.3.1 검증 방안

TEST BED를 활용한 무선통신 성능의 검증은 신호어김 검지장치와 차상인터페이스장치간 무선 통신에서의 누수율을 측정하기 위하여 통신성능 검증 툴 IxChariot[6]을 활용하여 무선통신에 대한 신뢰도를 확인한다.

4.3.2 시험 절차

1) 지상 안테나 끝단에 IxCharriot 서버 프로그램[7]을 설치한다.
2) 차상 안테나 끝단에 IxChariot 클라이언트 프로그램[7]을 설치한다.
3) IxChariot 서버 프로그램에서 일정 시간 통신 시험을 선택한 후, 시험 결과 리포트를 작성한다.

4.3.3 시험 결과

TEST BED에서 시스템간 통신 성능을 확인하는 툴인 IxChariot을 활용하여 반복적으로 확인한 결과 평균 98%이상의 통신 신뢰도를 확인하였으며, 90%이상의 통신 신뢰도 성능 지표 만족을 확인하였다.

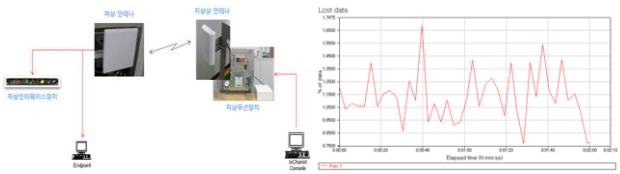


Fig.8 IxChariot 툴을 통한 통신성능 측정 및 결과

4.4 신호어김반응 성능

4.4.1 검증 방안

TEST BED를 활용한 신호어김반응 성능의 검증은 열차시뮬레이션 모듈을 활용하여 모의차축 이송장치를 100회 반복하여 좌우 이동하도록 재현하고, 이때, 차축검지장치의 차축검지 정보와 신호어김검지장치에서 차상인터페이스장치로 신호어김 정보가 전달되어 차상인터페이스에서 비상제동을 출력하는 시점을 기록한 후, 차축검지에서 비상제동이 출력되는 시점까지 걸리는 시간을 측정하여 신호어김반응 성능을 확인한다.

4.4.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 신호어김반응 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모의차축 이송장치를 100회 왕복으로 설정한다.
3) 열차점유 열차점유 정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하고, 차상인터페이스자치에서 경고등/벨 및 접점출력을 확인한다.
4) 신호어김 해제 선택시 차상인터페이스에서 신호어김이 정상적으로 해제되어 경고등/벨 및 접점출력이 차단되는 것을 확인한다.
5) 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 신호어김이 없이 정상적으로 주행되는지 확인한다.
6) 기록된 열차점유 정보, 차상인터페이스 접점출력 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

4.4.3 시험 결과

TEST BED를 활용한 100회의 반복시험을 한 결과, 신호정지상태에서 진입하는 열차 차축이 검지되는 시점에서 신호어김검지장치가 신호어김을 차상인터페이스장치로 전달하여 기관사에게 경보하고 비상제동을 출력하는데 걸리는 반응시간이 400~600msec로 측정되었으며, 1초 이내의 성능지표 만족을 확인하였다.

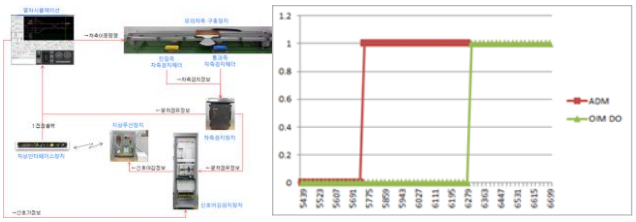


Fig.9 TEST BED 활용한 신호어김반응 측정 및 결과

5. 현장시험 성능검증

차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능을 현장에서 검증하기 위하여 서울메트로와 협의체를 구성하여 군자차량기지에 8개소를 선정하여 설치하였으며, 모터카 및 전동차에 차상인터페이스장치를 설치하여 성능 지표에 따른 성능평가 방안, 시험 절차 및 시험의 결과를 서술한다



Fig.10 현장설치 성능시험 진행 사진

5.1 차축검지 성능

5.1.1 검증 방안

현장 설치에 따른 차축검지 성능의 검증은 모터카를 100회 반복하여 왕복 운전을 하는 동안 선로변의 차축검

지장치에서 지상의 신호어김검지장치로 전송되는 차축검지정보를 열차 시뮬레이션 모듈에서 수집하여 기록한 후, 검지된 차축 카운트를 확인하여 차축검지에 대한 신뢰도를 확인한다.

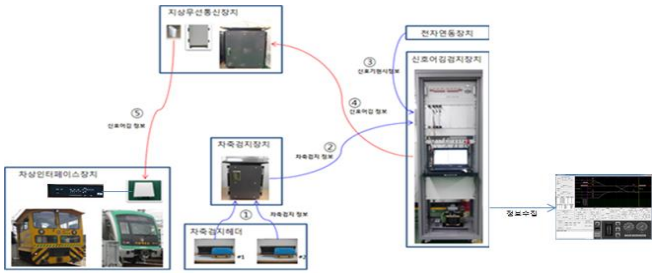


Fig.11 현장설치 성능검증을 위한 환경 구축

5.1.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 차축검지 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모터카가 100회 왕복하여 운행하는 동안 전진 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 +값으로 측정되는지 확인한다.
3) 통과 상태에서 차축검지 카운트가 0으로 리셋되는지 확인한다.
4) 반대 진행시 진입측, 통과측 차축검지 카운트가 -값으로 측정되는지 확인한다.
5) 기록된 차축검지 정보 및 열차점유상태 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다

5.1.3 시험 결과

현장에서 모터카에 설치하여 100회 반복시험을 한 결과, 선로변에 설치된 차축검지장치에서 검지된 차축의 카운트를 측정한 결과 100% 검지되는 것을 확인하였으며, 100% 신뢰도의 성능지표 만족을 확인하였다

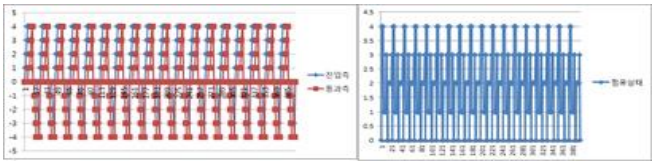


Fig.12 현장 설치 차축검지 측정 및 결과

5.2 신호어김평가 성능

.

5.2.1 검증 방안

현장 설치에 따른 신호어김평가 성능의 검증은 모터카를 100회 반복하여 왕복 운전하는 동안 차축검지장치의 차축검지 정보와 신호어김검지장치의 신호어김 상태정보를 열차 시뮬레이션 모듈에서 수집하여 기록한 후, 차축검지에서 신호어김 출력까지 걸리는 시간을 측정하여 신호어김평가 성능을 확인한다.

5.2.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 신호어김평가 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모터카가 100회 왕복하여 운행하는 동안 열차점유정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하는지 확인한다.
3) 열차점유 정보가 열차 통과의 경우 신호어김이 해제되는지 확인한다.
4) 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 정상적으로 주행하는지 확인한다.
5) 기록된 열차점유 정보, 신호어김 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다

5.2.3 시험 결과

현장에서 모터카에 설치하여 100회 반복시험을 한 결과, 신호정지상태에서 진입하는 열차 차축이 검지되는 시점에서 신호어김검지장치가 신호어김을 평가하여 신호어김을 발생하는 시간이 340msec이내로 측정되었으며, 500msec이내의 성능지표 만족을 확인하였다.

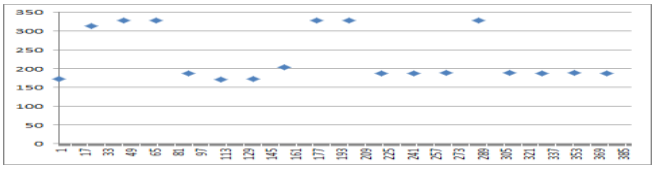


Fig.13 현장 설치 신호어김평가 측정 및 결과

5.3 무선통신 성능

현장 설치에 따른 무선통신 성능의 검증은 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치간 무선 통신에서의 누수율과 기지 내 구간을 이동하는 동안 통신가능 여부를 검사한다.

.

5.3.1 누수율 측정

1) 측정 방안

현장 설치에 따른 무선 통신에서의 누수율을 측정은 통신성능 검증 툴 IxChariot을 활용하여 무선통신에 대한 신뢰도를 확인한다.

2) 측정 결과

시스템간 통신 성능을 확인하는 툴인 IxChariot을 활용하여 반복적으로 확인한 결과 평균 98%이상의 통신 신뢰도

를 확인하였으며, 이는 90% 이상의 통신 신뢰도의 성능 지표 만족을 확인하였다.



Fig.14 IxChariot 툴을 통한 통신성능 측정 및 결과

5.3.2 통신 영역 검증

1) 측정 방안

통신 영역의 검증은 열차가 기지 내 구간을 이동하는 동안 실제 통신 데이터의 송수신이 가능한지 여부를 검증하는 것으로, 차상에 설치되는 GPS기반 통신영역 검증 툴을 활용하여 현재의 위치에서 신호어김 정보가 수신되고 있는지를 기록하여 통신 영역에 대한 신뢰도를 확인한다.

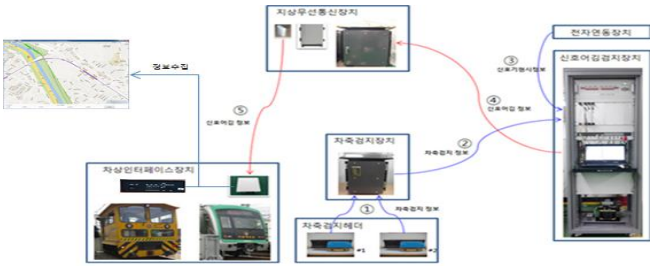


Fig.15 현장설치 무선 통신영역 측정 방안

2) 측정 결과

GPS 기반 통신영역 검증 툴을 모터카에 설치하고, 기지 내 차축검지장치가 설치된 장소를 중심으로 이동하면서 측정한 통신 가능 여부를 측정한 결과, 기지 내에서 신호어김 감시를 위한 범위 및 영역을 확인하였다.



Fig.16 GPS 검증 툴을 활용한 통신영역 측정 및 결과

5.4 신호어김반응 성능

5.4.1 검증 방안

현장 설치에 따른 신호어김반응 성능의 검증은 모터카를 100회 반복하여 왕복 운전을 하는 동안 차축검지장치의 차축검지 정보와 신호어김검지장치에서 전달되는 신호어김 정보를 받아 차상인터페이스에서 출력되는 비상제동 이벤트 정보를 열차 시뮬레이션 모듈에서 수집하여 기록한 후, 차축검지에서 비상제동이 출력되는 시점까지 걸리는 시간을 측정하여 신호어김반응 성능을 확인한다.

5.4.2 시험 절차

1) 시뮬레이션 모듈에서 신호어김반응 성능검사에 대한 기록 항목을 설정한다.
2) 모터카가 100회 왕복하여 운행하는 동안 열차점유 열차점유 정보가 전진방향 진행 상태에서 신호어김이 발생하고, 차상인터페이스자치에서 경고등/벨 및 비상제동 체결을 확인한다.
3) 신호어김 해제 선택시 차상인터페이스에서 신호어김이 정상적으로 해제되어 경고등/벨 및 접점출력이 차단되는 것을 확인한다.
4) 열차점유 정보가 반대방향 진행 상태에서 신호어김이 없이 정상적으로 주행되는지 확인한다.
5) 기록된 열차점유 정보, 차상인터페이스 비상제동출력 이벤트 정보의 데이터를 그래프를 이용하여 분석한다.

5.4.3 시험 결과

현장에서 모터카에 설치하여 100회 반복시험을 한 결과, 신호정지상태에서 진입하는 열차 차축이 검지되는 시점에서 신호어김검지장치가 신호어김을 차상인터페이스장치로 전달하여 기관사에게 경보하고 비상제동을 출력하는데 걸리는 반응시간이 420msec 이내로 측정되었으며, 1초 이내의 성능지표 만족을 확인하였다.

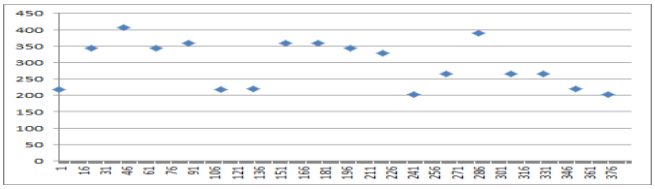


Fig.9 현장 설치 신호어김반응 측정 및 결과

6. 결론

본 연구에서는 차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능 검증을 위한 TEST BED 구축과 현장설치에 따른 시험환경 조성에 대한 방안과 각각의 시험 환경에서 성능지표에 따른 성능 평가 방안 및 절차를 개발하였으며, 이에 따른 성능 시험을 수행한 결과 성능 목표를 달성하는 것을 확인하였다. 시스템의 성능을 검증하기 위하여 열차의 차축 이동을 모의하고 정보 수집을 하기 위한 열차 시뮬레이션 모듈과 모의차축 이송장치를 개발하였으며, 기지 내 열차 이동에 따른 무선통신 영역에 대한 성능검증을 위하여 GPS 기반의 데이터 송수신 영역검증을 위한 GPS

검증 툴을 별도로 제작하여 적용하였다. 이를 통해, 신호어김방지시스템의 성능 지표인 차축검지의 신뢰도, 신호어김 평가 및 반응시간에 대한 신뢰도, 기지 내 지상장치와 차상장치간 무선통신에 대한 신뢰도를 측정하고 검증하는데 활용도가 높은 것으로 확인하였다.

연구 목적에서 언급한 바와 같이 차축검지를 이용한 신호어김방지시스템의 성능을 검증하기 위하여 검토된 TEST BED 및 현장시험 환경의 조성은 지상과 차상이 연계되어 있는 제어시스템과 같이 분산화된 시스템에서의 성능 검증에 대한 어려움을 효과적인 방법으로 데이터를 취득하고 결과를 산출하는 방식을 제한하고 있는 것에 중요한 의미를 부여한다. 본 연구에서 개발된 성능 검증을 위한 환경 조성 방안, 평가 방안 및 시험 절차 등은 철도에서 차상과 지상이 복합되는 시스템, 차축검지를 이용한 다양한 응용 시스템의 개발이나, 무선을 통하여 정보를 전달하는 다양한 분산시스템을 개발하기 위한 성능 검증에 많이 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원에서 지원한 "열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발" 과제의 일환으로 작성되었습니다.

참고문헌

[1] 김용규 “유럽의 신호방식 정의 및 기술동향 분석”, 한국철도기술, 2000년 24호, KRRI

[2] 부정출발방지장치(MTS) 차상신호설비 제작사양서

[3] Automatic Magnetic Train Stop maintenance Manual, SIMENSE

[4] “부정출발열차의 안전 확보 장치 및 방법”, 한국철도기술연구원/대아티아이㈜, 2009년

[5] UHF대역 RFID 시스템을 이용한 열차부정출발 방지장치에 관한 연구, 한국철도학회, 2013

[6] IxChariot for Wireless, IXIA, 2006

[7] IxChario User Guide, IXIA, 2011

[8] “Train Control : Automating the World's Railways"

[9] 서울도시철도공사의 열차 운행 제어시스템. 한국 철도기술정보지 제19호, 1999,

[10] "유럽에 있어서의 열차제어시스템 개발 동향, 한국철도기술정보지 제17호, 1998,

.

도시철도 차량기지의 신호어김 검지에 대한 신뢰성 및 안전성 분석

A Study on Reliability & Safety Analysis of 'Signal Disregard Detection' in Urban Depot

*한찬희[1], 안진[2], 김우정[3]
*C.H.Han(chaneess@daeati.co.kr)[1], J. Ahn[2], W. J. Kim[3],

[1, 2, 3]대아티아이 철도기술연구소

Abstract Railroad industry has also rapidly developed with the stream of times. Even now automated and unmanned trains are realized. And the time when the person drives the train directly or not involves at all in the operation & maintenance to take care of all of the system is not too far. But no one knows exactly when will be realized that the day is not guaranteed. Therefore, by which time the method should be designed consistently required human intervention, and to cope with accidents caused by a human error in operation of the railway system. The system is also designed to reduce human errors as possible if you operate a train system. This paper introduces the RAMS activities performed to implement a system in an optimized configuration for a construction place considering the safety and cost.

초 록 시대의 흐름에 맞춰 철도 산업 또한 급속도로 발전하고 있다. 현재에도 열차운행의 자동화 및 무인화가 이미 실현 되었고 미래에는 사람이 직접 열차를 운행하거나 운영 및 유지보수에 전혀 관여하지 않고 시스템이 모든걸 알아서 하는 시대 또한 멀지 않았다. 하지만 그날이 보장되어 있는 것도 아니고 정확히 언제 실현이 될지는 아무도 모른다. 따라서 그때까지는 철도 시스템을 운영하는데 사람의 개입이 반드시 필요하며 사람의 실수에 의해 발생되는 안전사고에 대처하는 방법이 지속적으로 고안되어야 한다. 본 시스템 또한 열차를 운행하는데 있어서 사람의 실수를 최대한 줄여보고자 고안된 시스템이라 할 수 있다. 본 논문에서는 안전성과 가용성 및 비용이 함께 고려되어 해당 장소에 최적화된 구성으로 구축되기 위한 RAMS 활동이 소개된다.

Key words: 신호어김, 차량기지, 안전성분석, 신뢰성분석

1. 서론

1.1 신호어김방지시스템의 역할

현재 도시철도의 추세에 따르면 열차 운행의 자동화 및 무인화를 통해 열차의 운행, 운영 그리고 유지보수 등에서 인간이 개입되는 있는 영역이 갈수록 좁아지고 있는 것이 현실이다. 즉, 다시 말해서 앞으로는 인적 오류(인간의 실수)에 대한 대처 방안과 방호 시스템에 대한 입지는 좁아질 수 밖에 없다. 하지만 적지 않은 세월이 흐르지 않고서야 차량기지나 일부 지선구간 등에서는 불가피하게 기관사 책임모드로 열차가 운행될 수 밖에는 없다. 그렇다고 해서 열차 운행이 많지 않은 구간에 안전을 보장하기 위한 고가의 첨단 시스템을 도입하기에도 무리가 있다. 따라서 이러한 문제점들을 어느 정도 해소시키기 위한 시스템으로 본 시스템이 개발되었다.

신호어김방지시스템은 차량기지내의 열차 수동운전 시 기관사의 잘못된 판단 및 졸음 등 인위적인 사고를 최소화 시켜보고자 고안된 시스템으로, 열차가 신호를 어겼을 경우, 경고등 표시 및 EB가 체결됨으로써 기관사가 이를 인지하고 열차를 안전한 위치로 이동하거나 제동을 체결할 수 있음으로써 안전을 목적으로 개발된 시스템으로 볼 수 있다.

차량기지에서는 열차의 운행속도나 운행 빈도를 감안했을 때 사고가 발생할 확률이 그다지 높지 않게 여겨지지만 실제로 차량기지 내 열차 충돌 사고의 건수 가 심심치 않게 발생하고 있다. 참고자료로 수년간 차량기지와 일부 회차 구간에서 발생된 사고의 통계 자료는 1.2절을 참조한다.

실질적으로 본 시스템이 설치되어 시험이 수행된 차량기지는 총 50여 편성이 수용 가능한 차량기지로 대략 유치선 40여개의 유치선 구간, 10여개의 검수고 구간 및 청소선 구간을 가지는 규모의 차량기지이다.

신호어김방지시스템은 주 기능자체가 안전사고를 예방하기 위한 기능으로 고장 없이 동작이 잘 된다고 가정한다면 기관사의 신호무시로 인한 인적 오류 사고 회수는 0에 가까울 정도로 줄어들 것이란 예상은 너무나 당연하다. 즉, 고장이 적으면 적을수록 안전에 대한 보장은 높아진다.

따라서 본 논문에서는 우선적으로 현재 설계된 시스템

구성으로 차량기지에 구축했을 때 발생 가능한 운영오류가 무엇인지 도출하고 이 오류의 허용 가능한 위험률은 어느 정도 인지 분석된 결과가 제시된다.

그리고 각각의 서브시스템의 고장에 대한 빈도를 판단하고 취약한 부분에 설계변경을 하기 위한 정량적인 척도로 서브시스템 별 고장률 예측 및 신뢰도 분석내용이 제시된다.

신호어김방지시스템은 장치 고장이 곧 인적 오류에 따른 안전과 직결되므로 최대한 고장을 줄이는 것이 안전성을 높일 수 있다. 즉 가용도가 높아짐으로써 안전성 또한 높아지는 특성을 지녔다고 볼 수 있다. 따라서 가용성을 높이기 위해 가장 잘 알려진 방법으로는 리던던시 구성으로 설계되는 것이다. 하지만 리던던시 구성을 위해서는 동일한 시스템이 추가적으로 더 필요하다. 쉽게 말하면 비용이 두 배로 소비된다. 따라서 열차 운행 빈도가 높지 않은 장소에 시스템을 이중계로 구축하게 되면 큰 비용손실을 가져온다.

본 논문에서는 본문에서 다뤄진 분석 결과를 바탕으로, 차량기지 내 설치된 시스템이 현재의 설계(단일 계)대로 구축되었을 때 안전성에 어느 정도로 영향을 끼치는지 이론적으로 접근해 본다.

1.2 인적 오류로 인한 사고 사례

본 절에서는 도시철도 운영기관의 통계자료로 최근 몇 년간 차량기지 또는 일부 회차 구간에서의 사고 사례를 보여준다.

Table 1 Accident case

Year	Total	2002	2003	2004	2005	2006
Total	40	6	8	1	5	2
Train	29	4	4	1	3	2
Motor car	11	2	4	-	2	-
	2007	2008	2009	2010	2011	Remark
	-	1	3	10	4	
	-	1	3	8	3	
	-	-	-	2	1	

위 결과로 미루어 보아 최근 수년간 기관사의 책임운전 구간에서 사고가 꾸준히 발생했음을 알 수 있다.

1.3 신호어김방지시스템 구성

신호어김방지시스템은 크게는 지상설비, 현장설비, 차상설비로 나누어 진다. 본 시스템의주요 기능은 신호기 현시가 Red인 상태에서 지상장치가 열차가 진입하는 것을 검지하여 신호어김으로 판단하고 차상으로 신호어김 상황을 기관사에게 통보하여 열차사고를 방지한다. 현재로써는 이 시스템은 차량기지 내에 설치되며, 차량속도 20km/h이상 운행하지 않는다는 전제조건을 따른다.

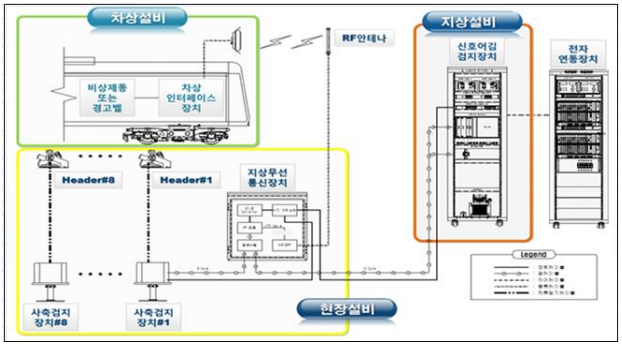


Figure 1 Consist of system

2. 본론

2.1 운영오류에 따른 원인/결과 판단

본 절에서는 차량기지 내에서 기관사가 직접 열차 입/출고 시키거나 검수고 또는 청소 선으로 이동시킬 때에 신호와 관련된 운영오류를 도출하고 이에 대한 원인과 결과는 어떻게 되며 이것은 어느 정도의 허용 위험률 가지는지를 결정하기 위해 분석된 결과가 제시된다.

허용 위험률을 계산하기 위해 안전성전문기관에서 제시된 바 있는 MODURBAN에 사용된 리스크 매트릭스 방법을 사용하였다. 최상위 위험요소에 대한 심각도 레벨은 정성적으로 판단되며 위험에 대한 노출과 사고감소확률 또는 결과 감소 확률에 대해서는 정량적인 수치로 계산되는 반정량적인 분석 방법으로 알려져 있다.

다음은 도출된 운영오류에 대한 원인과 결과를 보여준다. 운영오류는 철도산업에서 최소 5년이상의 경력을 가진 인원으로 구성하여 의견을 주고받는 방식을 일컫는 brain storming을 통해 도출되었다.

Table 2 The cause and consequence for operation error

No	Dangerous situations	Cause	Consequence
1	열차가 신호를 어겨 전방에 대기하고 있는 열차와 충돌 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 차량기지 내 열차끼리 충돌함
2	열차가 신호를 어겨 전방에 선로 작업자를 들이받을 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 선로 내 작업자를 들이받음
3	후방에 대기하고 있는 열차와 충돌할 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 차량기지 내 열차끼리 충돌함
4	후방에 선로작업하고 있는 사람을 들이받을 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 선로 내 작업자를 들이받음

5	마주 오는 열차가 정지신호임에도 불구하고 신호를 어겨 대기중인 열차와 충돌할 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 차량기지 내 열차끼리 충돌함
6	마주 오는 열차가 정지신호임에도 불구하고 신호를 어겨 선로전환기 방향 불일치로 탈선할 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 선로 내 작업자를 들이받음
7	신호무시 열차에 의해 출고열차가 재 시간에 출고하지 못하여 본선 열차 운행에도 영향을 끼칠 가능성이 있음	물리적인 고장으로 인한 방호장치 동작 오류	기관사가 신호 어김 인지실패로 인해 본선 열차 운행에 영향을 끼침

2.2 허용위험도 계산

다음은 리스크 매트릭스에 적용될 파라미터 분류를 보여준다.

Table 3 Severity

Severity			THR_n	SIL
Catastrophic	1인이상, 다수의 사망 또는 치명적인 부상	열차전손에 해당하는 재산상의 피해 또는 24시간 운행 지연	$10^{-9} \le THR_n \le 10^{-8}$	4
Critical	1인 사망 또는 치명적인 부상	열차 또는 선로장비의 상당량 파손 또는 1시간 이상 운행 지연	$10^{-8} \le THR_n \le 10^{-7}$	3
Marginal	가벼운 부상	열차운행 1시간 미만 지연	$10^{-7} \le THR_n \le 10^{-6}$	2
Insignificant	인명피해 없음	열차운행 10분 미만 지연	$10^{-6} \le THR_n \le 10^{-5}$	1

*THR: Tolerable Hazard Rate

빈도에 대한 분류는 기본적으로 열차운행에 대해 제시되었던 값에 비해 열차 운행이 적은 차량기지를 감안하여 더욱 가혹하게 적용되었다.

Table 4 Frequency

Frequency		Contents
Frequent	빈번하게 발생 가능함 재난이 연속적으로 발생할 수 있음	6개월에 1회
Probable	자주 발생 가능함 재난이 종종 발생할 수 있음	1개월에 1회
Occasional	가끔 발생 가능함 시스템 수명기간 동안 가끔 발생할 수 있음	2년에 1회
Remote	발생 가능성 있음 시스템 수명기간 동안 발생할 수 있음	5년에 1회
Improbable	발생 가능성 거의 없음 시스템으로 인해 발생가능성은 없으나, 외부적인 요인으로 인해 발생할 수 있음	10년에 1회
Incredible	발생 가능성 없음 어떠한 경우에도 발생하지 않음	20년에 1회

Table 5 E/P/C parameter

Parameter	Description of parameter
$E(1\text{-}10^{-2})$	Exposure Probability to Hazard
$P(1\text{-}10^{-2})$	Accident Probability Reduction
$C(1\text{-}10^{-2})$	Consequence Reduction Probability

Table 6 Exposure probability

E value	Exposure Probability to Hazard
E=1	Frequent or permanent
$E=10^{-1}$	Only in exceptional cases
$E=10^{-2}$	Only in very rare cases

Table 7 Reduce accident probability

P value	Accident Probability Reduction
P=1	No additional barrier
$P=10^{-1}$	One barrier
$P=10^{-2}$	Two barriers

Table 8 Resulting reduced probability

C value	Consequence Reduction Probability
C=1	No reason
$C=10^{-1}$	One good reason
$C=10^{-2}$	Two independent good reasons

$$THR_m = \frac{THR_n}{EPC} = SIL_m$$

위의 파라미터를 바탕으로 계산된 허용위험도에 따라 결정된 안전무결성 등급은 2.2절의 Table 9와 같다.

2.3 안전무결성 등급 결정

도출된 운영오류에 대하여 결정된 안전무결성 등급은 다음의 결과로 미루어 보아 최고 등급이 1이상을 상회하지 않은 것으로 판단되었다.

Table 9 Decision of safety integrity level

Dangerous situations	SL	E	P	C	THR_m	Safety Integrity Level
Table 1-1	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1
Table 1-2	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1
Table 1-3	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1
Table 1-4	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1

Table 1-5	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1
Table 1-6	10^{-7}	1	1	10^{-1}	10^{-6}	1
Table 1-7	10^{-6}	1	1	10^{-1}	10^{-5}	0

*THR: Tolerable Hazard Rate

2.4 고장률 예측

해당 시스템의 고장률 예측은 각각의 장치에 대해 자체적으로 작성된 BOM(Bill of Material)을 기반으로 수행되었다. 전자 부품의 종류를 분류하고 고장 형태에 따른 고장률 예측 방정식을 제공받기 위하여 기본적으로 가장 많이 사용해왔던 MIL-HDBK-217을 적용하였다. 다음은 대표적으로 하나의 소자에 대한 고장률 예측 방법을 예로 보여주며, 나머지 소자들에 대한 고장률 예측방법 역시 같은 방법으로 예측하였다. 고장률 예측 값은 아래 계산식에 소자의 정보를 대입하여 계산해낸 결과이다. 다음의 표들은 고장률 예측에 대한 내용 및 결과를 보여준다.

$$\lambda_p = (C_1\pi_T\pi_A + C_2\pi_E)\pi_L\pi_Q$$

다음의 표는 계산을 위해 필요한 각각의 파라미터의 설명을 보여준다.

Table 10 Input parameter for prediction of failure rate

Parameter	Description of parameter
C_1	Die Complexity Failure Rate
π_T	Temperature Factor
π_A	Device Application Factor
C_2	Package Failure Rate
π_E	Environment Factor
π_L	Learning Factor
π_Q	Quality Factor

표 11은 서브시스템에 대한 BOM(Bill of Material)의 예시를 보여준다.

Table 11 Example of component for subsystem

Part	Qt.	Des.	Man.	OP (W)	PR (W)	CT (℃)
IC	1	RM48L952 PGE_3_QF P144, CPU	TI	0.3	0.3	32..0
IC	1	ADuM1201 BRZ/SOIC0 8	ANALOG DEVICE	0.2	0.21	34.0
IC	1	PCF8575TS /SSOP24, I2C IO Expander	NXP	0.4	0.4	29.0

*Qt.: Quantity
*Des.: Description
*Ref.: Reference
*Man.: Manufacture
*OP.: Operation Power
*PR.: Power Ratio
*CT.: Case Temperature

다음의 표는 각 서브시스템 별로 예측된 고장률과 MTBF를 보여준다.

Table 12 Failure and MTBF

Sub system	No	block	FR (10^{-6})	MTBF (Hour)
신호어김검지장치	1	CPU board	5.2951	188853.846
	2	PDU board	6.5494	152685.742
	3	DIU	8.6598	115476.108
	4	SCU	9.5698	104495.392
차상인터페이스장치	5	OIS	15.2951	65380.416
	6	OIC-ctrl	12.5494	79685.085
	7	OIC-Power	9.7124	44131.016
차축검지장치	8	Sensor Power	14.6584	68237.028
	9	Axle Sensor	15.5873	64154.793
	10	Axle Master Power	11.3458	88138.342
	11	Axle Master	8.8986	112377.275

*FR: Failure Rate/hour

2.3 시간당 고장확률에 따른 안전무결성 등급 결정

다음의 결과는 규격 IEC 61508-6 부록 B에서 제공한 계산 방법을 통해 산출된 결과로 시간당고장확률(PFH)에 대해 안전무결성 등급을 결정하는 방법이다. 이것은 고장률 예측을 통해 예측된 정량적인 데이터를 통해 결정된다.

Table 13 Probability of failure per hour

Sub-system		FR (10^{-6})	MTBF (Hour)	PFH
신호어김검지장치	Table-(1+2+3+4)	48.0741	20801.221	5.0×10^{-6}
차상인터페이스장치	Table-(5+6+7)	37.5569	26626.266	5.0×10^{-6}
차축검지장치	Table-(8+9+10)	50.4865	19807.275	5.0×10^{-6}

*FR: Failure Rate/hour
*PFH: Probability of failure per hour

위 분석 결과로 미루어 보아 각 서브시스템에 대한 시간당 고장확률 값은 위와 같으며 해당 값은 표 9의 안전무결성 등급에 차이를 보이지 않으므로 본 시스템은 해당 차량기지에 단일계로 설치해도 큰 문제는 보이지 않을 것으로 판단되었다.

2.5 신뢰도 예측 결과

추가적으로 본 절에서는 예측된 고장률을 바탕으로 시스템 가용도를 높이기 위한 간단한 방법으로 단일계 구성에서 이중계 구성으로 가져갔을 때 실제로 얼만큼의 신뢰도가 높아지는지 수치적으로 보여준다.

다음의 결과는 위에서 예시로 보였던 신호어김장치의 단일 계 구성과 마코브 상태모델을 통해 간소화 시킨 Hot-Standby Sparing 구조의 신뢰도 함수를 통해 계산되었

다.

Table 14 Compare the predicted value (Single system)

시스템 운영시간	시스템 신뢰도(%)			
	CPU	PDU	DIU	SCU
20,000	81.4	79.4	71.7	82.6
40,000	66.2	63.0	51.4	68.2
60,000	53.9	50.0	36.8	56.3
80,000	43.9	39.7	26.4	46.5
100,000	35.7	31.5	18.9	38.4

Table 15 Compare the predicted value (Hot-standby Sparing system)

시스템 운영시간	시스템 신뢰도(%)			
	CPU	PDU	DIU	SCU
20,000	96.5	95.7	92.0	97.0
40,000	88.6	86.3	76.3	89.9
60,000	78.8	75.0	60.1	80.9
80,000	68.5	63.6	45.8	71.4
100,000	58.7	53.1	34.2	62.1

수치적으로 보았을 때 당연한 결과지만, 신뢰도 함수에 적용해본 결과 위 결과로 보아 시스템 신뢰도는 이중계 구조일 때 시간에 따른 신뢰도 값이 높음을 알 수 있다.

신뢰도 함수에는 고장률은 일정하며 전기/전자 컴포넌트에 적합한 지수 함수가 적용되었다.

3. 결론

본 논문에서는 신호어김방지시스템이 차량기지에 구축되었을 때 안전에 어떠한 영향이 있는지 알아보고 위험요소에 대해 정량적으로 안전무결성 결정 방법을 통하여 안전에 대한 등급을 결정하였다. 앞서 결정된 결과는 예측된 고장률 값을 통해 규격에서 제시된 방법을 적용하여 미리 결정된 안전무결성이 차량기지에 구축되는 신호어김방지시스템이 적합한지 이론적으로 접근하여 확인하였다. 또한 추가적으로 가용도 값을 높이기 위한 방법으로 리던던시 구성에 대한 신뢰도 예측을 통해 단일계와 비교해 보았다. 그 결과, 본 시스템이 설치된 차량기지에 구축되는 신호어김방지시스템은 단일계 구성으로도 큰 문제는 없을 것으로 판단되었으며 추후 수용규모 및 운행속도에 따라 차량기지 내 열차운행에 대한 위험도가 더욱 높아진다면 이중계 구성을 통한 설계방안이 모색되어야 할 것이다.

참고문헌

1. CENELEC EN50126, “Railway applications – The Specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)
2. CENELEC EN50129, “Railway applications – Communications, signaling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling”
3. Application Guideline of EN50129, “Railway application – Communications, signaling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling”
4. IEC 61508-6, “Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety - related systems, Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and 61508-3”
5. 원형규, 고장률 중심의 기초 신뢰성 공학(2010), 한성대

본 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 지원한 “열차수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템” 연구과제의 일환으로 수행되었습니다.

Korea

간이신호시스템

기술자문-

HW안전성 설계방안 제시

고 객:

대아티아이

부천, 경기도

보고서 번호: TSK-74936023-02

개정: 1.2 dated 17th July 2013

TÜV SÜD Korea Ltd.
12F, “KLI63”, #60, Yoido-Dong
Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-763
Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

Korea

목 차

Index page

1 개정 이력 3

2 약어 4

3 개요 5

3.1 목적 5

3.2 SCOPE 5

3.3 참고 문헌 5

3.3.1 관련 규격 5

3.3.2 참고문서 6

4 방안제시 7

Korea

1 개정 이력

Rev. No.	Date	Status	Author	Change Contents
1.0	20.05.2013	초안	J.W. Seo	최초 발행
1.1	21.06.2013	수정안	M.H.Kim	검토사항 반영하여 개정
1.2	16.07.2013	수정안	M.H.Kim	간이신호시스템 OIS 아키텍쳐 검토의견 추가

2 약어

아래는 본 문서에서 사용된 약어이다.

Abbreviation	Description
PHA	Preliminary Hazard Analysis
SIL	Safety Integrity Level
THR	Tolerable Hazard Rate
YARD	Yard mode
CAN	Communiction Area Network
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
EMS	Electro-Magnetic Susceptibility
EMI	Electro-Magnetic Interference

Korea

3 개요

3.1 목적

본 문서는 열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템(이하 “신호어김방지시스템”) 연구과제 결과물의 검토 의견을 기술한 문서이다.

3.2 Scope

대아티아이에서 제공한 (3.3.2 참조) 신호어김방지시스템의 시스템 요구 명세서를 그 범위로 한다.

3.3 참고 문헌

3.3.1 관련 규격

Document ID	Title	Published Year	Remarks
EN 50126	Railway Applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)	1999	
EN 50129	Railway Applications – Communication, signalling and processing systems Safety related electronic systems for signalling	2003	
EN 50159	Railway applications- Communication, signalling and Processing systems-Safety-realated communication in transmission system	2010	
EN 50121-3-2	Railway applications-electromagnetic compatibility-Part 3-2: Rolling stock apparatus		
EN 50121-4	Railway applications, Electromagnetic compatibility, Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus		
EN 50124-1	Railway applications, Insulation		

Document ID	Title	Published Year	Remarks
	coordination, Basic requirements, Clearance and creepage distances for all electrical and electronic equipment		
EN 50125-3	Railway applications, Environmental conditions for equipment, Equipment for signalling and telecommunications		
EN 50155	Railway applications-Electronic equipment used on rolling stock		
EN 60529	Specification for degrees of protection provided by enclosures		
EN 61373	Railway applications-Rolling stock equipment-shock and vibration tests.		

Table 3-1. Normative reference

3.3.2 참고문서

Document No.	File name	Title	Remarks
-	System Requirements_20130328.docx	시스템요구명세서	Informative
-	(신호어김)PHA_List.xlsx (PHA2 sheet)	PHA	Informative
	RSAS-OIS-아키텍쳐_20130610.pdf	OIS 아키텍쳐	Informative

Table 3-2. Reference documents

Korea

4 방안제시

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>1</td><td>대아TI가 개발하고자하는 간이신호어김방지장치의 하드웨어 안전성 설계에 대한 고려사항은 기존 PHA를 통해 도출 된 위험원에 SIL등급을 할당하게 되며, SIL등급 분류에 따라 안전성과 관련이 있는 기능과 안전성과 관련이 없는 기능으로 분류하여야 합니다.</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>대아TI가 개발하고자 하는 간이신호어김방지장치의 PHA문서를 검토한 결과 각 위험원에 대한 THR 및 SIL등급 분류는 하위와 같습니다.(기존에 검토의견을 반영하여 Hazard별 THR 및 SIL레벨을 정해주시기 바랍니다.)
위험원별 SIL레벨중 1, 2에 해당하는 시스템에 대한 안전성 설계는 SIL3, 4 단계의 안전성 설계와 차이가 있으며, 적용가능한 설계 방안은 다음 표1 과 같습니다.</td><td>SIL 1, 2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>EN 50129에서는 SIL 분류에 따라 하드웨어 설계특징에 대해서는 다음과 같이 분류할 수 있으며, 해당 내용은 SIL 1/2, 및 SIL3/4에 따라 설계 기술 및 방법이 다르게 적용되어 집니다.
표 1. 설계 특징
<table>
<tr><th>Techniques/Measures</th><th>SIL 1</th><th>SIL 2</th><th>SIL 3</th><th>SIL 4</th></tr>
<tr><td>1. 운영오류에 대한 방호</td><td colspan="2">R: 각각의 입력 명령에 대한 가능성 있는 검사</td><td colspan="2">HR: 각각의 입력 명령에서의 있음직한 에러 점검</td></tr>
<tr><td>2. 파괴행위에 대한 방호</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">R: 추가적으로 조직적인 방법이 필요하다.</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

Korea

하드웨어 안전성 설계 방안제시					
NO.	내용				비고
	3. 개별부품의 단일 결함에 대한 방호	R: 검지되고 회피되거나 또는 본래의 물리적인 성질의 결과(부록 C를 참고)와 같이 본래 안전하도록 입증 된 모든 위험한 고장유형들, 기본적인 절연에 대한 EN 50124-1 요구사항		HR: 본래의 물리적 특성의 결과처럼 본래 안전하게 검출 및 회피되거나 입증된 모든 위험한 고장모드(강화된 격리를 위해서 EN 50124-1의 요구사항의 부록 C를 참조)	
	4. 디지털 전자기술에 대한 집적 회로의 단일 결함에 대한 방호	R: 꾸준한 결함 모델	R: DC 결함 모델	HR: Item level상의 영구적 또는 일시적 오기능 모델(집적 회로의 오기능에 대한 예는 table D.1에 정의되어 있다.)	
	5. 안전성 관련 구조내의 물리적인 독립	R: 절연 이격거리는 적어도 EN 50124-1 (기본적인 절연)에 따라 치수가 매겨져야 한다.		HR: 격리 거리는 EN 50124-1 (강화된 격리)에 강화된 값으로 치수가 매겨져야 한다.	
	6. 단일결함의 검지	R: 정상동작으로부터의 차이에 의해 들어난 것	R: 안전성 목표에 따라서, 단일결함의 검지 및 회피 시간은 안전성 목표내에 있어야 한다.	HR: 안전성 목표에 따라 단일 결함의 검출 및 회피에 대한 시간은 안전성 목표 내에서 있어야만 한다.	
	7. 안전상태의 유지	R: 운영자에게 결함 Item과 관련 있는 안전성 관련 기능을 내보이는 것은 이용되거나 관련되지 않아야 한다.		HR: 절차상의 결함 Item, 하부시스템, 또는 시스템을 자동적으로	

하드웨어 안전성 설계 방안제시					
NO.	내용				비고
				끄거나 이러한 결함 Item, 하부시스템 또는 시스템의 모든 안전성 관련 기능을 이용	
	8. 다중결함	R: 정상동작으로부터의 차이에 의해 들어난 것	R: 안전성 목표에 따라서, 다중결함의 검지 및 회피시간	HR: 안전성 목표에 따라 다중 결함의 검출 및 회피에 대한 시간은 안전성 목표 내에서 있어야만 한다.	
	9. 동적 결함 검출	R: On line 동적시험의 시작은 안전성 관련 시스템의 적절한 운영을 검사하고, 운영자에게 알리도록 수행되어야 한다.	HR: On line 동적 시험의 시작은 안전성 관련 시스템의 적절한 운영을 검사하고, 운영자에게 알리도록 수행되어야한다.	HR: On line 동적 시험은 안전성 관련 시스템의 적절한 운영을 검사하고, 절차상의 결함 Item, 하부시스템, 또는 시스템을 자존적으로 끄거나, 이러한 결함 Item, 하부시스템, 또는 시스템의 모든 안전성 관련 기능을 막도록 수행되어야 한다.	
	10. 프로그램 시퀀스 감시	R: 프로그램 시퀀스와 운영자로의 표시사항에 대한 시간적 논리적인 검사	HR: 프로그램 시퀀스와 운영자로의 표시사항에 대한 시간적 논리적인 검사	HR: 프로그램상의 많은 검사지점에서 프로그램 시퀀스의 온도 및 논리적인 감시 및 절차상의 결함 Item,	

하드웨어 안전성 설계 방안제시

NO.	내용	비고
	하부시스템, 또는 시스템을 자동적으로 끄거나, 이러한 결함 Item, 하부시스템, 또는 시스템의 모든 안전성 관련 기능을 막음.	
	11. 전압 Breakdown, 전압 변동, 과전압, 저전압에 대한 측정 — HR: 전압 Breakdown, 전압 변동, 과전압, 저전압에 대한 측정 — HR: 전압 Breakdown, 전압 변동, 과전압, 저전압에 대한 확장된 측정	
	12. 온도상승에 대한 측정 — HR: 고온을 검지하기 위한 온도 센서 — HR: 안전성 폐쇄의 필요성을 조사한다.	
	13.소프트웨어 구조 — EN 50128을 참조	
4	SIL 분류에 따라 EN50129에서는 시스템 아키텍쳐에 적용하는 기술 및 방법에 대해 다음 표2와 같이 분류하였습니다.	

표 2. 시스템/서브시스템/장치의 구조

Techniques/Measures	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
1. Separation of safety-related systems from non safety-related systems	R	R	HR	HR
2. Single electronic structure with self tests and supervision	R	R	-	-
3. Dual electronic structure	R	R	-	-
4. Dual electronic structure based on composite fail-	R	R	HR	HR

하드웨어 안전성 설계 방안제시						
NO.	내용					비고
	safety with fail-safe comparison					
	5. Single electronic structure based on inherent fail-safety	R	R	HR	HR	
	6. Single electronic structure based on reactive fail-safety	R	R	HR	HR	
	7. Diverse electronic structure with fail-safety comparison	R	R	HR	HR	
	8. Justification of the architecture by a quantitative reliability analysis of the hardware	HR	HR	HR	HR	
	* 참고 회색음영으로 처리한 부분의 기술 및 방법은 선택할 수 있으며, 여기서 R의 의미는 적어도 상기 기술중 하나가 요구된다는 것을 의미합니다. 상기에 제시 된 기술 및 방법 중에 SIL 1/2에 적용되어지는 일반적이며 대다수의 시스템에서 사용되어지는 사항은 Single electronic structure with self tests and supervision을 주로 사용합니다.					
5	Inherent fail-safety 구조 ✓ 고유의 안전측동작 기법은 만약 장치의 모든 확실한 고장모드가 위험스럽지 않은 것이라면, 안전 관련 기능들이 단일장치에 의해서 수행되어지는 것을 허용합니다. 확실하지 않다고 생각되는 고장유형들은(예를 들어 본래의 물리적인 특성 때문에) 부록 C(EN 50129 Appendix C: Identification of hardware component failure modes)에서 정의 된 절차를 사용하여 정당화되어야 한다. 고유의 안전측동작은 복합적(Composite) 안전측 동작 및 반응적(Reactive)안전측 동작 시스템					

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>
내의 어떤 기능들, 예를 들어 장치들간의 독립성을 확보한다거나, 만약 위험한 결함이 검출 되었다면 강제로 끄기 위하여 쓰여질 수도 있다.
✓ 기능적 오류와 결함 분석(구조적인, 임의)
- 해결방안
• 구조적인 측면: 완벽한 분석과 검증과정 및 결과 평가
• 임의: 하드웨어 FMEA와 완벽한 고장 시험에 의한 평가로 해결
✓ 외부변화(온도, 전자파, 진동…)
- 해결방안
• 인-바운드(정상범위)유도: 구조적/임의적 분석동안에 평가 된 것과 저감된 것
• 아웃-바운드(정상범위 이상): 변화를 유도하는 추가 분석 또는 외부제약사항

상기사항을 고유안전측 동작을 고려한 설계에 반영하도록 하며, 설계시 발생할 수 있는 고장유형에 대한 해결은 다음과 같습니다.
<table>
<tr><th>고장유형</th><th>원인/결함/오류</th><th>저감/보호방안</th></tr>
<tr><td>구조적-기능</td><td>-설계 오류
-하드웨어 컴포넌트 구조적 오류(</td><td>-품질제어하의 검증 절차 및 설계 숙달상태
-품질제어하의 제조 및 유지보수 절차의 숙달 상태
-SIL3/SIL4에 응용할 단일 및 다중결함 영향에 대한</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td></td><td>FMEA(FTA)분석</td></tr>
<tr><td>임의</td><td>-컴포넌트 임의 결함</td><td>voter/inhivition 디바이스 또는 코딩기술로</td></tr>
<tr><td>임의-유입되는 외부 변화</td><td>-컴포넌트의 결함을 유발
-정상적이지 못한 상태를 유발</td><td>-FMEA와 시험은 예상가능한 최대치의 외부 변화를 포함하여야 한다.
-검증과정은 상세화 된 허용가능한 수준의 변화를 포함하여야 한다.</td></tr>
<tr><td>임의-비정상적인 외부변화</td><td>-컴포넌트의 결함을 유발
-정상적이지 못한 상태를 유발
-비정상상태 처리 또는 디바이스 운영(정상적이지 못한 입력사례)</td><td>-비정상적인상태의 디바이스의 운영/처리는 외부에 제약을 가져야한다.
-외부로 내보내는 변화 수준의 제한
-만일 적용가능하다면 비정상적인상태의 외부변화에 대한 명확한 평가가 이루어져야 한다.</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>안전성과 관련 있는 시스템에 대한 아키텍쳐 및 설계는 SIL등급 및 구현 가능성을 고려하여 Composite faili-safety 및 Reactive fail-safety을 적용할지에 대해 선정하도록 합니다.
안전성과 관련이 있는 기능에 대한 구현을 위해 시스템을 정의하고 해당 시스템에 대한 시스템 요구사항을 작성하게 됩니다. 시스템 요구사항을 하드웨어적으로 구조 및 설계방안을 모색하여야 합니다.</td><td>SIL 3, 4</td></tr>
</table>

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	**내용**	**비고**
	이에 대한 적용은 SIL등급 및 실제 구현가능여부와 설계특성을 고려하여 선정되어야 합니다. (No. 3, 4 내용 참조)	
7	Composite fail-safety 구조 ✓ 복합적 안전측동작 기법은 각 안전관련 기능들을 적어도 두 개 이상의 장치에 의해서 수행되어야 하며, 이러한 장치들은 각각의 공통결함(Common-mode fault)을 피하기 위해서 각 장치간에 모든 것들이 독립적이어야 하며, 한 장치에서의 발생한 위험한 결함은 두 번째 장치에서 동시에 발생하는 결함을 피하기 위한 충분한 시간내에 첫번째 결함이 검지되고 회피되어야 합니다. 일반적으로 다중 채널로 구성하며, 철도 적용시에는 2oo2 또는 2oo3로 구조로 구성됩니다. ✓ 구조적 오류(Design, Functional/Commoncause) - 시스템, 하부시스템 및 기기의 유지보수, 동작, 설치, 건설, 설계 및 사양들에 있어서 본래 가지고 있는 오류나 결함을 일컫는다. 즉 설계상이나 기능 구현상에 발생하는 문제점으로 동인한 원인에 동일한 현상을 가지고 발생하는 구조적인 오류를 의미한다. - 해결방안 • 설계/기능적인 측면: 시스템의 설계와 검증에 의해 저감될 수 있으며, 설계 검증를 통해 구조적인 문제점을 제거하도록 한다. • 공통결함(하드웨어/소프트웨어 요소): 온라인 진단테스트와 같은 다양한 방법으로 저감 시킬 수 있습니다.	SIL 3, 4

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	**내용**	**비고**
	✓ 임의 오류(Single faults/Dormant faults) - 정기적이나 구조적인 결함이 아닌 원인 및 현상이 일정치 않은 원인에 기인한 오류를 의미합니다. 즉 예측이 불가능한 오류의 발생을 의미함. - 해결방안 • 단일 결함: voter/inhivition 디바이스 또는 코딩기술로 검출하거나 저감시킬 수 있습니다. • 잠재 결함: 온라인 진단테스트와 같은 방법으로 저감시킬 수 있습니다. ✓ 외부영향 및 변화 (소프트웨어 연산오류를 포함한 하드웨어 오류/일시적인 하드웨어 오류) - 시스템이 아닌 외부(외적)요소 및 변화에 의해 시스템에 미치는 영향을 의미하며, 주요인자로는 전자파, 온도, 기후, 습도 등이 있습니다. - 해결방안 • 하드웨어 오류에 의한 SW 계산 오류: 동기화 해제에 의해 저감될 수 있습니다.(적용이 가능하다면 다양한 소프트웨어 채널을 포함한다.) • 일시적인 하드웨어 오류: RAM 할당의 다양화(즉 하드웨어가 오류가 빈번하게 발생할 수 있는 곳에 신뢰도가 높은 장치나 부품을 사용), 온라인 진단 테스트 등에 의해 저감 될 수 있습니다.	

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>
✓ 공통 원인 결함에 대한 고려(구조적, 임의, 작은변화):
- 해결방안
• 코딩방법에 의한 보호를 보장
• 고유의 안전측 동작을 참조.
상기사항을 복합안전측 동작을 고려한 설계에 반영하도록 하며, 설계시 발생할 수 있는 고장유형에 대한 해결은 다음과 같습니다.
<table>
<tr><th>고장유형</th><th>원인/결함/오류</th><th>저감/보호방안</th></tr>
<tr><td>구조적</td><td>서브시스템/소프트웨어 사양, 설계 및 검증 오류</td><td>품질제어하의 규격 및 검증 절차에 의한 설계 및 준수사항의 숙달로 해결</td></tr>
<tr><td>임의</td><td>단일 하드웨어 컴포넌트 결함</td><td>voter/inhivition 디바이스 또는 코딩기술로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조적 공통 원인</td><td>다중채널의 컴파일러 오류</td><td>컴파일러 검증, 다양한 소프트웨어와 컴파일러 사용</td></tr>
<tr><td>같은 하드웨어 버그(동일 제조사 시리즈)의 사용 또는 다중채널의 노후 된 장치의 사용</td><td>온라인 테스트 또는 명확한 코딩기술과 다양한 하드웨어, 기타등등</td></tr>
<tr><td>임의 공통 원인</td><td>두개로 된 하드웨어 컴포넌트의 결함(Dormant 결함 포함)</td><td>온라인 테스트(관련된 결함검출 시간 평가와 범위를 포함)</td></tr>
<tr><td>구조적
-변화에 의해 유발된-</td><td>EM 펄스에 의해 한계특성을 가진 장치의 동일한 하드웨어 오류</td><td>한계특성은 각 발생 이벤트의 체계적인 이며, 처리방법은 해당지침에 따르도록</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>(특정한 공통원인)</td><td></td><td>한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">임의
-전화에 의해 유발된-
(특정한 공통원인)</td><td>EM 펄스에 의해 유도 된 잘못된 소프트웨어 실행</td><td>-EN 50121의 관련된 부분의 자격에 따라
-두 개 채널간의 동기화해제</td></tr>
<tr><td>EM 펄스에 의해 유도 된 동일한 구성요소의 하드웨어 오류</td><td>-EN 50121의 관련된 부분의 자격에 따라
-하드웨어의 다양성 또는 데이터 맵핑의 다양성</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>Reactive fail-safety 구조
✓ 반응적 안전측 동작은 자체적인 구조로 결함을 줄이거나 제거할 수 있는 구조로써 장치의 안전한 동작이 어떠한 위험한 결함에 대해 빠른 검출 및 회피에 의해서 안전이 보장(엔코딩, 다중계산 및 비교, 연속적인 시험)된다면 안전관련 기능들이 단일 장치에 의해서 수행되는 것을 허용합니다. 하나의 장치만이 실제적인 안전관련 기능을 수행하지만 검사/시험/검지하는 기능은 별도의 장치를 고려하여야 하고, 검사/시험/검지 장치는 동일한 결함을 피하기 위하여 독립적으로 구성되어야 합니다. 구조적 오류
- 시스템, 하부시스템 및 기기의 유지보수, 동작,</td><td>SIL 3, 4</td></tr>
</table>

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	내용	비고
	설치, 건설, 설계 및 사양들에 있어서 본래 가지고 있는 오류나 결함을 일컫는다. 즉 설계상이나 기능 구현상에 발생하는 문제점으로 동인한 원인에 동일한 현상을 가지고 발생하는 구조적인 오류를 의미합니다. - 해결방안 • 설계/기능적인 측면: 시스템의 설계와 검증에 의해 저감될 수 있으며, 설계 검증를 통해 구조적인 문제점을 제거하도록 합니다. • 설계(디바이스 범위확인): 모든 안전과 관련한 주요채널의 오류가 검지되어야 합니다.. • 공통원인(HW & SW components): 대부분의 경우 구조적으로 억압할 수 있으며 해당되는 출력 디바이스로 평가되어야 합니다. ✓ 임의 오류 - 해결방안 • 단일결함: 코딩기술이나 출력/억제장치에 의하거나 채널확인으로 검출 되어야 합니다. • 잠재적인 결함: 채널확인에 의해 저감될 수 있습니다. ✓ 외부 변화(온도, 전자파 등…) - 해결방안 • 유발 된 일시적인 하드웨어/소프트웨어 오류: 전체의 아키텍쳐 변경에 의해 저감할 수 있습니다.	

<table>
<tr><th colspan="3">하드웨어 안전성 설계 방안제시</th></tr>
<tr><th>NO.</th><th>내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>
• 코딩기술 또는 고유 안전측 동작에 따른 평가로 해결 가능합니다.

상기사항을 Reactive fail-safety을 고려한 설계에 반영하도록 하며, 설계시 발생할 수 있는 고장유형에 대한 해결은 다음과 같습니다.
<table>
<tr><th>고장유형</th><th>원인/결함/오류</th><th>저감/보호방안</th></tr>
<tr><td rowspan="3">구조적</td><td>서브시스템/소프트웨어 사양, 설계 및 검증 오류</td><td>품질제어하의 규격 및 검증 절차에 의한 설계 및 준수사항의 숙달로 해결</td></tr>
<tr><td>안전과 관련한 기능의 모든 주요장치들의 확인 장치에 의한 비범위</td><td>시험 및 안전성 분석에 의한 범위 완전성 검증</td></tr>
<tr><td>출력/억제 장치의 증가또는 불일치 시간반응</td><td>-반응시간 적용 적합성(내보내기 제약 조건 또는 기타)
- 억제원리와 지연의 분석 및 시험에 의한 검증</td></tr>
<tr><td>임의</td><td>단일 또는 다중 하드웨어 컴포넌트 결함</td><td>(주요 또는 확인 채널에 구조에 의해 본질적으로 저감됨)
-출력/억제 장치에 Voter나 억제와 코딩 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조적 또는 임의
-변화에 의한 유도</td><td>EM 펄스에 의해 유도 된 잘못된 소프트웨어 실행 또는 하드웨어의 일시적 오류</td><td>-EN 50121의 관련된 부분의 자격에 따라
(구조에 의해 근본적으로 저감됨)</td></tr>
<tr><td>EM 펄스에 의해 유도 된</td><td>-EN 50121의 관련된</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

하드웨어 안전성 설계 방안제시				
NO.	**내용**			**비고**
		출력/억제 장치의 동일한 하드웨어 오류	부분의 자격에 따라 -근본적인 안전측 동작 기술 또는 코딩기술로 해결	
9	대아TI에서 제공한 RSAS-OIS-아키텍쳐 문서 검토를 통하여 다음과 같은 사항에 대해 개선이 필요할 것으로 사료됩니다. Power부분에 대해 다음과 같은 사항에 대해 확인이 필요합니다. - 입력단 보호 수행 블록 필요(Surge 보호, 과전압 보호 등) - 출력단 과전압/저전압 출력 차단 기능 필요 - Power 100V->24V, 5V 변환 부에 OV, UV 검지 및 Safety-state 회로 필요. - Power24V->5V, 5V->3.3V, 1,2V OV, UV 검지 및 Safety-state 회로 필요 - +15V 표현이 들어가야 함(RFM: Radil Frequency Module) - Architecture DO 쪽, B24V, +24V 분리하여 표현되어야 함.			차상인터페이스장치(OIS) System architecture 확인
10	통신 Interface (CAN, Ethernet, SCI)와 관련하여 외부 인터페이스 보호 기능 파악 되지 않음. - 물리적 절연 및 Overvoltage 보호 필요 - SIL수준에 따라서 EN50159에 준하여 설계되었는지 확인			
11	VDI Digital input 포트 보호 기능 파악이 되지 않음			

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	**내용**	**비고**
	- 외부 신호와 전기적 분리 필요, 입력단 보호 기능 필요, 입력포트 고장 검지 기능 필요	
12	VDO Digital outpue 포트 보호 기능 파악이 되지 않음 - 내부 회로와 외부 신호 사이의 전기적 분리 필요, 출력단 보호기능필요, 출력 포트 고장 검지 기능 필요	
13	WDT의 /WDT_RST 신호가 MCU에서 어떤 기능인지 파악 되지 않음. - Sotware의 고장으로 인해 /WDT_RST 가 발생하며, 이 신호가 MCU로 입력되는 구조, 이미 Software가 고장상태에서 이 신호의 입력은 안전한 시스템의 동작을 기대할 수 없음.	
14	OV/UV VMON 출력의 연결 부분이 없음 - 전원 Fault 신호에 의해 전원 입력 차단을 위한 방법이 고려되어야 함.	
15	Eathernet Port에서 MAC PHY만으로 overvoltage, surge를 차단할 수 없음. - Overvoltage, surge를 차단하기 위한 방안이 고려되어야 함.	
16	FET 전원 입력 차단을 a 신호에 의해서 수행-Software 고장에 의해서는 차단되지 못할 수 있음. - HW fault 검지에 의한 신호에 의해 바로 차단될 수 있도록 구성하는 것이 안전성을 높이는 방법임.	
17	DI 입력 신호에 대해서 보호 회로 파악되지 않음. - 입력 포트에 대한 보호 기능 필요 - DI 두개의 입력을 CPU로 각각 받도록 설계되어야하며 이를 비교해야 함.	

Korea

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	**내용**	**비고**
	- DI 두개의 입력값이 다른 경우 Safety state로 가야 함. - 입력 포트에 대해 고장 검지 기능 필요	
18	DO 출력에 대한 read back 신호가 존재하는 것으로 보이지 않음. - 출력 포트에 대한 고장 검지 기능 필요	
19	DO 출력 포트 보호 회로 유무가 파악되지 않음 - 출력 포트에 대해 외부 신호의 유입에 대한 보호 기능 필요	
20	모든 Architecture level에 safety와 non-safety 간의 isolation 표시가 있어야 함.	
21	접지에 대한 설명이 있어야 함(접지 표시)	
22	HCR 및 YARD contact 부분의 shot circuit가 고려되어야 함. - EN 50124-1에 따라 Crepage distance 고려 필요	
23	본선 운행 중 ISOM임을 확인 할 수 있는 방안이 마련되어야 함(가용도 관점) - 본선에서 비상제동이 체결되지 않도록 가용도 관점에서도 고려가 되어야 함.	
24	온도 상승 검지를 고려하여야 함.	
25	최종 출력의 진단 회로가 고려되어야 함.	
26	WDT 리셋 금지	
27	PDT시 입력 및 출력회로의 건전성 여부가 확인되어야 함.	

하드웨어 안전성 설계 방안제시		
NO.	**내용**	**비고**
28	On-line Test를 고려해야 함.	
29	Safety relay 결선을 체크 필요(K1)	

간이신호시스템

기술자문-

SRS, PHA 문서 검토 의견서

고 객:

대아티아이

부천, 경기도

보고서 번호: TSK-74936023-01

개정: 1.1 dated 17th July 2013

TÜV SÜD Korea Ltd.
12F, “KLI63”, #60, Yoido-Dong
Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-763
Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

목 차

Index page

1 개정 이력 3

2 약어 4

3 개요 5

3.1 목적 5

3.2 SCOPE 5

3.3 참고 문헌 5

3.3.1 관련 규격 5

3.3.2 참고문서 6

4 검토의견 7

Korea

1 개정 이력

Rev. No.	Date	Status	Author	Change Contents
1.0	20.05.2013	초안	J.W. Seo	최초 발행
1.1	17.07.2013	개정안	M.H. Kim	검토사항 반영하여 개정

Korea

2 약어

아래는 본 문서에서 사용된 약어이다.

Abbreviation	Description
PHA	Preliminary Hazard Analysis
SIL	Safety Integrity Level
THR	Tolerable Hazard Rate
YARD	Yard mode
CAN	Communiction Area Network
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
EMS	Electro-Magnetic Susceptibility
EMI	Electro-Magnetic Interference

Korea

3 개요

3.1 목적

본 문서는 열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템(이하 “신호어김방지시스템”) 연구과제 결과물 중 Concept단계의 PHA, SRS 문서의 검토 의견을 기술한 문서이다.

3.2 Scope

대아티아이에서 제공한 (3.3.2 참조) 신호어김방지시스템의 시스템 요구명세서를 그 범위로 한다.

3.3 참고 문헌

3.3.1 관련 규격

Document ID	Title	Published Year	Remarks
EN 50126	Railway Applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)	1999	
EN 50129	Railway Applications – Communication, signalling and processing systems Safety related electronic systems for signalling	2003	
EN 50159	Railway applications- Communication, signalling and Processing systems-Safety-realated communication in transmission system	2010	
EN 50121-3-2	Railway applications-electromagnetic compatibility-Part 3-2: Rolling stock apparatus		
EN 50121-4	Railway applications, Electromagnetic compatibility, Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus		
EN 50124-1	Railway applications, Insulation		

Document ID	Title	Published Year	Remarks
	coordination, Basic requirements, Clearance and creepage distances for all electrical and electronic equipment		
EN 50125-3	Railway applications, Environmental conditions for equipment, Equipment for signalling and telecommunications		
EN 50155	Railway applications-Electronic equipment used on rolling stock		
EN 60529	Specification for degrees of protection provided by enclosures		
EN 61373	Railway applications-Rolling stock equipment-shock and vibration tests.		

Table 3-1. Normative reference

3.3.2 참고문서

Document No.	File name	Title	Remarks
-	System Requirements_20130328.docx	시스템요구명세서	Informative
-	(신호어김)PHA_List.xlsx (PHA2 sheet)	PHA	Informative

Table 3-2. Reference documents

Korea

4 검토의견

PHA 검토의견		
NO.	**내용**	비고
1.	현재 정의된 PHA 컬럼으로는 Hazard를 도출하는데 있어 적절하지 않다고 판단 됩니다. 따라서 다음과 같이 권고합니다. 기능 고유번호, 시스템기능, 기능설명, 위험원(Hazard), 원인, 영향(Local, System), 사고유형, 안전기능(저감대책), THR, SIL, 비고. 추후, 다른 문서에서 참조되는 위험원, 안전기능 등은 고유번호를 할당하여 관리하여야 합니다.	
2.	THR값을 도출하기 위한 방안으로 E/A/C에 대하여 제시하였습니다. 관련 방안의 제시근거(관련 Reference)와 각각의 파라미터 값을 결정하기 위한 기준은 무엇인지에 대해 제시해주시기 바랍니다. 만일 risk matrix를 적용한 것이라면, 정확하게 규격에서 요구한 방법을 적용한 것인지 명기되어야 합니다.	MODURBAN에서는 E/P/C로 명기되어 있습니다. 해당내용에 대한 확인이 필요합니다.
3.	THR은 각원인별 결정이 아닌 시스템 레벨에서의 Hazard에 대해 결정 되어야 합니다.	
4.	PHA-1과 PHA-2에 명기된 Hazard가 시스템의 기능레벨에서의 Hazard로 도출된 것으로 보이지 않습니다. 신호어김 검지 실패는 시스템 Hazard의 원인일 뿐, 직접적인 hazard는 아닙니다.	
5.	PHA 워크시트에 언급되어진 대책은 PHA수준이 아닌 하부시스템 또는 소프트웨어 처리로써 도출되어야 할 대책으로 사료됩니다. PHA가 실시되는 단계에서는 시스템의 전체적인 구조 및 해당 시스템의 주요기능에 대한 정보를 기초로 분석을	

	실시하게 됩니다. 따라서 해당 대책에 대해서는 수정/검토가 필요합니다.	
시스템요구명세서 검토의견		
NO/chapter	**내용**	**비고**
6. / 3.1.7.1	자체시험 후 성공과 실패시 운영 상태에 대해서 명기되어 있지 않음.	
7. /3.1.7	시스템 운영 모드에 대해서 정확히 정의되어 있지 않은 상태에서 아래 정의된 각 모드에 대한 검토의견 제시 불가	
8. /3.1.8.3	신호기 상태 정보를 저장하는데 있어, 조건이 명기되어 있지 않음. 저장 보관 기간, 정보 저장 조건 등.	
9. /3.3.1.4	문장에 서술된 '안정적'의 의미가 정확하지 않습니다. 기준이 필요합니다.	
10. /3.3.2.2	계전기 접점으로부터 입력되는 신호의 레벨은 무엇인지 명확하지 않습니다.	
11. /3.3.3.1	'**경고음(AA)과의 인터페이스를 제공하여야 한다.**' 보다는 , ~한 경우 경고음(AA)으로 기관사에서 경보를 전달해야 한다.' 형태로 명확하게 기술할 것을 권고함.	
12. /3.6.12	외함에 요구되는 IP가 명확히 정의되어야 합니다.	

열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이 신호시스템 개발

Safety 활동 보고서

Input Document Number

Input Revision Number

Input Date(Last Rev.)

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이 신호시스템 개발

전문가 안전성 자문보고서

Document No. : Input Document Number

Revision : Input Revision Number

DATE : Input Date(Last Rev.)

Internal Approvals

Originator : (Signature)	Approbator : (Signature)
Date :	Date :

Review & Examination

HW Eng.			Tester		
SW Eng.			C&I		
Designer			Quality Man.		
DB Eng.			Req. Man.		
RAMS Eng.			PE		
Verifier			PM		
Validator			Business		
Add			Add		

※ Review & Examination 은 대아티아이㈜ 문서관리 시스템에 따르며, 문서 별 Review & Examination 담당자와 날짜를 입력함.

External Approvals

Company	Name	Date	Signature

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

Modification History

Revision No.	Date	Modification / Description	Editor
1.0	2013.06.10	First issue	Kim.W.J
2.0	2013.08.20	Modified	Kim.W.J

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

Contents

1. 개요 1

1.1 전문가활용 수행 계획 1

1.2 전문가활용 업무 범위 1

1.3 시스템 구성 1

1.3.1 신호어김 검지장치 2

1.3.2 차상인터페이스 장치 2

1.3.3 지상무선통신장치 3

1.3.4 차축검지장치 3

1.3.5 차축검지헤더 4

1.4 시스템 기능 4

1.4.1 장치 별 기능 5

2. 철도시스템의 안전성 확보 6

2.1 시스템 안전성분석의 필요성 6

2.2 철도 안전시스템의 이해 7

2.2.1 안전성의 실현 8

2.2.2 위험도 기반의 시스템 안전관리 절차 12

3. SAFETY 관련 참고 규격 요약 및 시스템 SAFETY 15

3.1 Safety 관련 참고 규격 요약 15

3.1.1 IEC 62278 15

3.1.2 IEC 62279 16

3.1.3 IEC 62425 16

3.2 시스템 Safety 17

3.2.1 시스템 Safety 활동 절차 17

3.2.2 시스템 수명주기 18

3.3 Hazard 및 Risk 분석 19

3.3.1 Hazard 정의 20

3.3.2 Hazard 20

3.3.3 Hazard 와 사고와의 관계 22

3.3.4 위험요인 24

3.4 Hazard 분석 25

3.4.1 Hazard 도출 26

3.4.2 예비위험원분석(PHA: Preliminary Hazard Analysis) 28

3.4.3 FMEA 35

3.5 Risk 정량적 평가 사례 37

3.5.1 위험도 그래프 38

3.5.2 위험도 매트릭스 38

3.5.3 위험도 우선 수(RPN) 39

3.5.4 BP-risk 39

3.5.5 시스템 안전성의 구분 : 위험도 등급 분류 43

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

3.6 위험원 관리 46
3.6.1 안전요구사항의 관리 46
3.6.2 안전성활동의 확인(Verification)과 안전요구사항의 검증(Validation) 49

4. 신호어김 방지 시스템 HAZARD 분석 및 RISK 평가 51

4.1 신호어김 방지 시스템 Safety 활동 51
4.1.1 Safety 활동의 프로세스 51
4.1.2 Safety 활동의 체계 52
4.1.3 시스템 Hazard 와 Risk 52
4.2 최상위 Hazard 도출 53
4.3 PHA 53
4.4 Risk 매트릭스 55
4.4.1 분석 시트 57
4.5 분석 결과 60

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

1. 개요

본 보고서는 열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이 신호시스템 연구개발(이하, 신호어김 방지 시스템)의 안전성 자문 보고서이다. 본 보고서는 대아티아이㈜에서 개발하는 신호어김 방지 시스템 개발에 따른 안전성 활동 체계에 대해 지원하며, 이에 대한 기법과 방법 등을 제시한다.

추가적으로 실제 설치되는 현장 조건 및 환경이 고려되지 않은 분석을 수행하였으며, 이에 대한 결과와 의견을 제시한다.

대아티아이㈜는 본 보고서를 참고하여 실질적인 안전성 활동을 수행할 수 있으며, 신호어김 방지 시스템의 위험원 분석과 요구사항 그리고 SIL 할당을 수행할 수 있다. 구체적으로 설명하면 아래와 같다.

- 시스템 범위의 Hazard 도출 및 PHA 수행 방법을 제시
- 각각의 Hazard 에 대해 THR 을 산출
- SIL 을 할당하는 방법

1.1 전문가활용 수행 계획

본 보고서를 작성하기 위한 계획을 표로 작성하여 제시. (2013.04.01~2013.10.25 까지…)

1.2 전문가활용 업무 범위

- 대아티아이㈜의 연구과제 수행에 필요한 제반 기술에 대한 지원
- 시스템의 안전성을 확보하기 위한 분석과 적합성 검토
- 연구과제 진행에 따른 최종적인 결과 제시

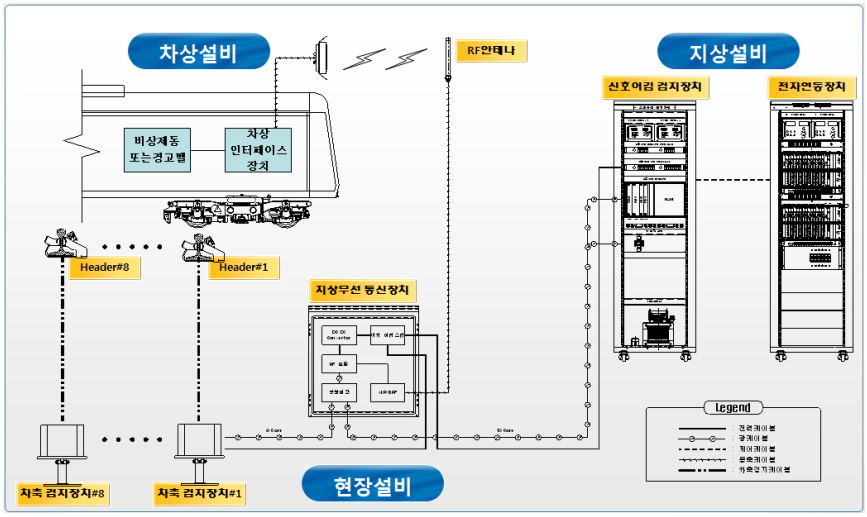
1.3 시스템 구성

신호어김 방지 시스템은 크게 다음과 같이 구성된다.

- 지상설비
  - 신호어김 검지장치
- 차상설비
  - 차상인터페이스 장치
- 현장설비
  - 지상무선통신장치
  - 차축검지장치
  - 차축헤더

각 장치 별 구성도는 아래 그림과 같다.

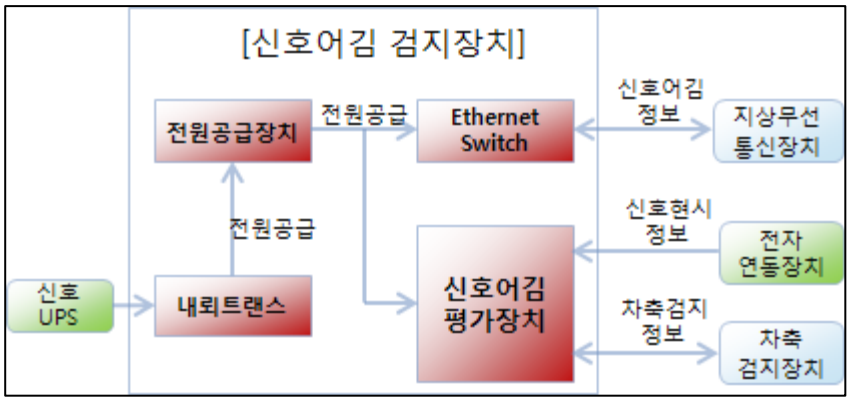
Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 1] 시스템 구성도

1.3.1 신호어김 검지장치

신호어김 평가에 대한 Safety 및 신뢰성에 고려하여 2oo2 비교논리 구조를 가진다. 전자연동장치와 인터페이스를 통해 정지(Red) 신호와 차축검지장치로부터 열차이동 정보를 수신하여 신호어김을 평가하고 무선통신장치를 통해 차상 인터페이스로 신호어김 정보를 전달한다. 신호어김 검지장치는 다음 그림과 같이 구성된다.

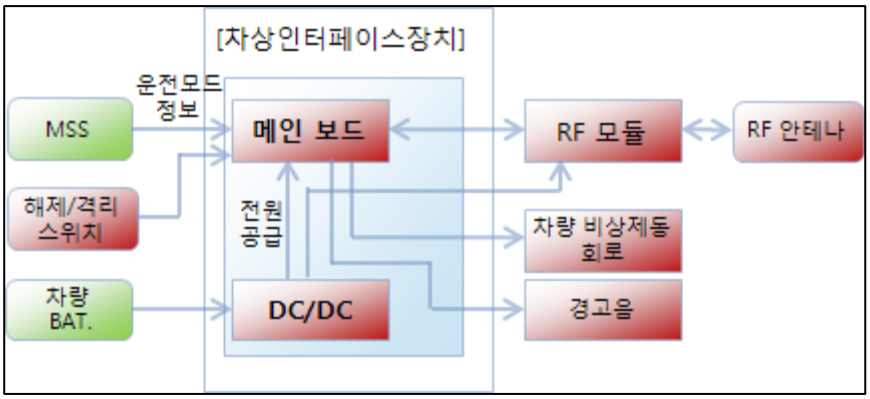


[그림 2] 신호어김 검지장치

1.3.2 차상인터페이스 장치

차상인터페이스장치는 다음 그림과 같이 구성된다.

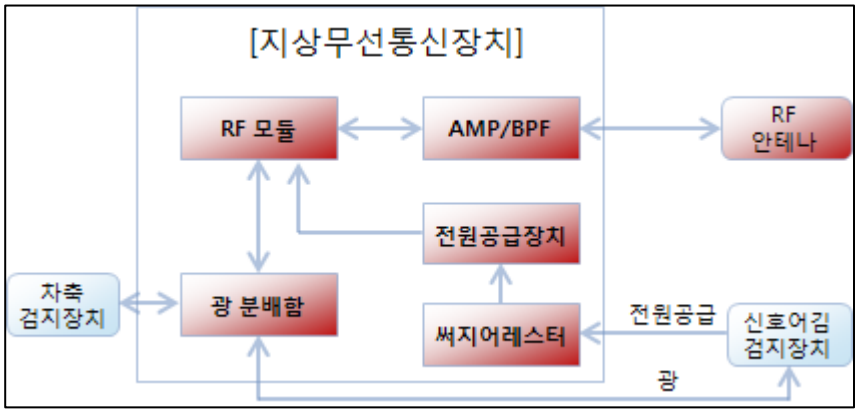
Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 3] 차상인터페이스 장치

1.3.3 지상무선통신장치

지상무선통신장치는 지상설비인 신호어김 검지장치와 차상설비인 차상 인터페이스 장치간 정보를 무선통신으로 전달하기 위한 장치로 다음 그림과 같이 구성된다.

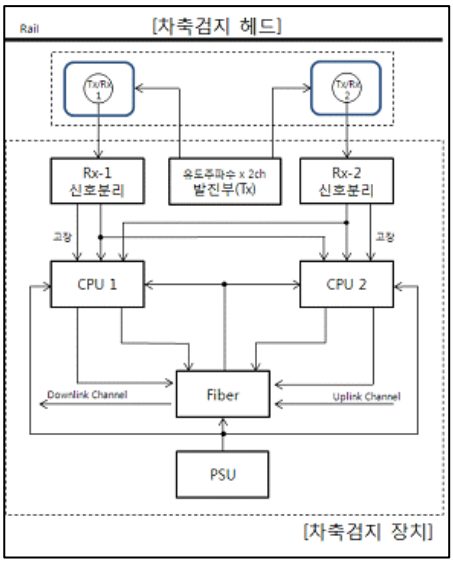


[그림 4] 지상무선통신장치

1.3.4 차축검지장치

차축검지장치는 열차 차축검지에 대한 Safety 및 신뢰성을 고려하여 2oo2 비교논리 구조를 가지며, 차축검지 헤더의 신호 변화를 검지하여 열차의 점유 및 이동 정보를 신호어김 검지장치로 광 통신을 통해 전달한다. 차축 검지장치는 다음 그림과 같이 구성된다.

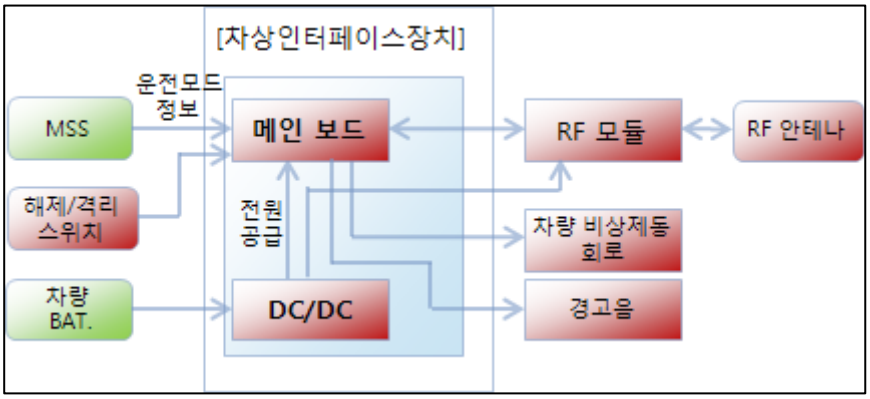
Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 5] 차축검지장치

1.3.5 차축검지헤더

차축검지헤더는 차축검지장치와 연결되어 열차의 점유 및 이동을 검지하기 위한 열차의 차축검지 센서로 다음 그림과 같이 구성된다.

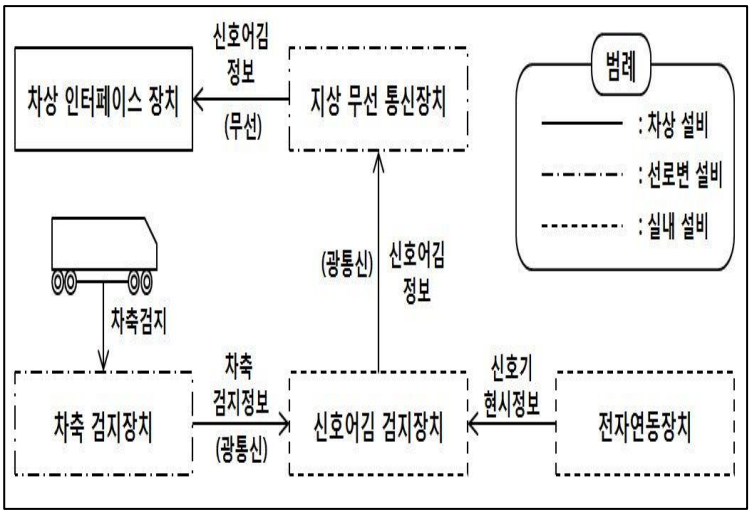


[그림 6] 차축검지헤더

1.4 시스템 기능

신호어김 방지시스템은 인적오류로 신호기의 정지현시를 무시하고 열차 진행 시 차축검지장치에 의해 열차의 진행이 검지되면 신호어김 검지장치로 정보 전달된다. 신호어김 검지장치는 차축검지장치로부터의 차축검지정보와 전자연동장치로부터 신호기 정지 현시정보를 얻어 신호어김을 평가한 후 지상무선통신장치로 신호어김 정보를 전달한다. 지상무선통신장치는 무선인터페이스를 통해 차상인터페이스장치로 신호어김 정보가 전달되어 차상인터페이스장치는 신호어김 정보 확인 후 신호어김이 발생한 경우 열차에 경고음 및 비상제동을 체결하는 기능을 한다. 신호어김 정보의 흐름은 아래 그림과 같다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 7] 신호어김 정보 흐름도

1.4.1 장치 별 기능

신호어김 방지 시스템의 각 장치 별 기능은 아래 표와 같다.

<표 1 > 장치 별 기능

장치	기능 설명
신호 어김 검지장치	전자연동장치로부터 신호기 현시정보 중 정지(Red) 신호와 차축검지장치로부터 차량의 이동 정보를 수신 받아 신호어김에 대한 평가를 수행하여 신호어김 정보를 지상무선통신장치와 광 통신을 통해 전달하여 지상무선통신장치의 RF 를 통해 차상인터페이스장치로 전달하는 기능
지상 무선통신 장치	신호어김 검지장치와의 광통신을 통해 신호어김 정보를 차상인터페이스장치로 무선통신으로 전달하는 기능
차축검지 장치	차축검지 헤더와 연결되어 차량의 차축 이동 유무를 검지하며 신호어김 검지장치로 광 통신을 통해 전달하는 기능
차축검지 헤더	외형은 비자성체 재질을 가지며, 자기진단용 구형파 신호를 차축검지 장치로부터 입력 받아 자기장을 형성
	센서출력에는 구형파가 항상 출력되며 외부 금속 물체(차축)가 근접하면 가우스가 급격하게 변하며 자기진단 파형과 합성되어 출력
차상인터페이스 장치	차량의 운전모드가 운전자 책임모드(Yard Mode)에서 운전자에 의해서 열차가 진행 중 일 때 지상설비인 신호어김 검지장치로부터 신호어김으로 평가되어 차상인터페이스장치로 신호어김 정보가 전달될 경우 운전자가 인식할 수 있도록 경고음과 함께 열차를 안전하게 정지 시키기 위한 비상제동 출력 활성화
	전원이 인가되면 대기모드 상태로 기동되며 차량이 운전자에 의해서 운전자 책임모드(Yard Mode)로 선택될 시 신호어김 모드로 활성화되어 신호어김에 대한 감시를 수행
	운전자는 신호어김에 의해 차량이 비상정지 한 경우에 대해 비상제동 해제버튼을 취급함으로써 차상인터페이스 장치에 의해 비상제동을 해제할 수 있도록 함
	차상인터페이스 장치 고장 등 경우에 따라 운전자에 의해 격리 스위치를 취급함으로써 차상인터페이스장치의 통제를 받지 않도록 함
	정보기록 메모리를 보유하여 Event 사항 1,000 개를 1 초 단위로 저장할 수 있도록 하며 FIFO 방식으로 처리함

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

2. 철도시스템의 안전성 확보

2.1 시스템 안전성분석의 필요성

최근 우리의 철도산업은 고속철도 운행, 철도구조개혁 진행, 대륙철도 연계 등 철도 운영 환경의 급격한 변화를 맞이하여 사회적, 문화적, 기술적 안전 위협요소에 능동적으로 대처해야 하고, 공공 서비스 수단으로서 타 교통수단과 비교하여 뛰어난 안전성, 신속성, 대량 수송성, 환경친화성의 장점을 바탕으로 철도의 이용 증대를 통하여 국가 전체적인 교통 경쟁력을 확보하는데 기여해야 하는 새로운 철도시대를 맞이하고 있다.

그러나 대구지하철 화재사고나 일본 효고현의 열차탈선사고와 같은 사례에서 알 수 있는 바와 같이 이러한 철도의 장점들은 사고 발생 시 대량의 인명손실을 초래할 수 있는 위험요인으로 작용할 수 있으며, 이에 따라 철도의 사고나 장애를 초래 할 수 있는 위험제거와 피해 경감을 도모하기 위한 철도안전 제도와 정책의 체계적인 정립, 완전무결한 철도기반시설의 건설과 열차의 운행안전 관리 등 철도시스템 전반에 걸친 안전개선에 대한 국민적인 높은 관심과 기대에 부응해야 한다.

일반적으로 효율적이고 완전무결한 “시스템 안전관리”는 공간적으로 최상위 레벨에 안전목표와 정책방침을 명확히 정의한 일반 안전원칙을 설정해야 하고, 하위레벨로서 시설안전, 차량안전, 운영안전을 기본구성으로 하는 계층적 구조를 형성하면서, 동시에 설계, 제작, 운영 및 유지보수 등 시스템 전체 수명주기에 걸치는 시계열적인 연계성을 동시에 고려해야 한다.

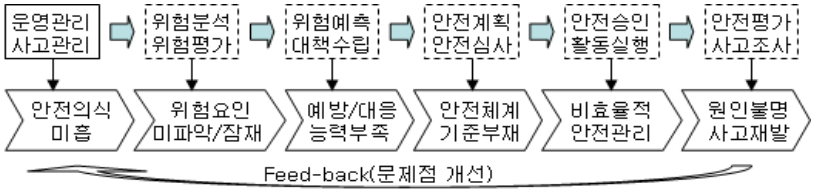
그리고 철도와 같은 교통시스템의 안전관리는 위험요인의 발견 및 관련 위험도의 정량적인 평가, 비용-효율적인 안전개성 대책의 검토 및 실행, 이에 대한 주기적인 문제점 개선활동을 통해 지속적으로 안전수준을 유지 또는 향상시키는 일련의 순서를 가진 프로그램 활동을 기반으로 하고 있다.

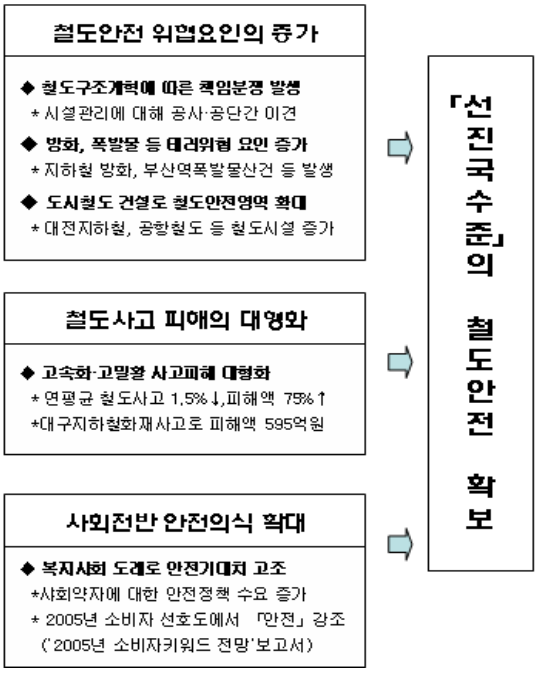
따라서 우리의 철도 안전도 “사고율 0”라는 궁국적인 목표를 추구하면서 종합적인 안전계획 수립과 안전규정의 정립, 합리적인 인적-물적 자원의 구성과 임무의 할당, 신속하고 효율적인 위기대응 능력의 배양, 주기적인 안전심사 및 개선 반영 등 안전관리 체계의 구축과 효율적인 시행기반을 마련해야 한다. 또한 철도 시스템의 설계, 제작.설치, 시운전, 운영, 유지관리 및 폐기의 전체 수명주기에 걸쳐 기술적인 안전성능 요건을 명확하게 정의하여 이들 요건을 단계별로 철저하게 검증하고, 확인하는 「시스템 안전관리」 활동을 지속적으로 실행하여 비용-효율적인 안전개선을 도모할 수 있어야 한다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

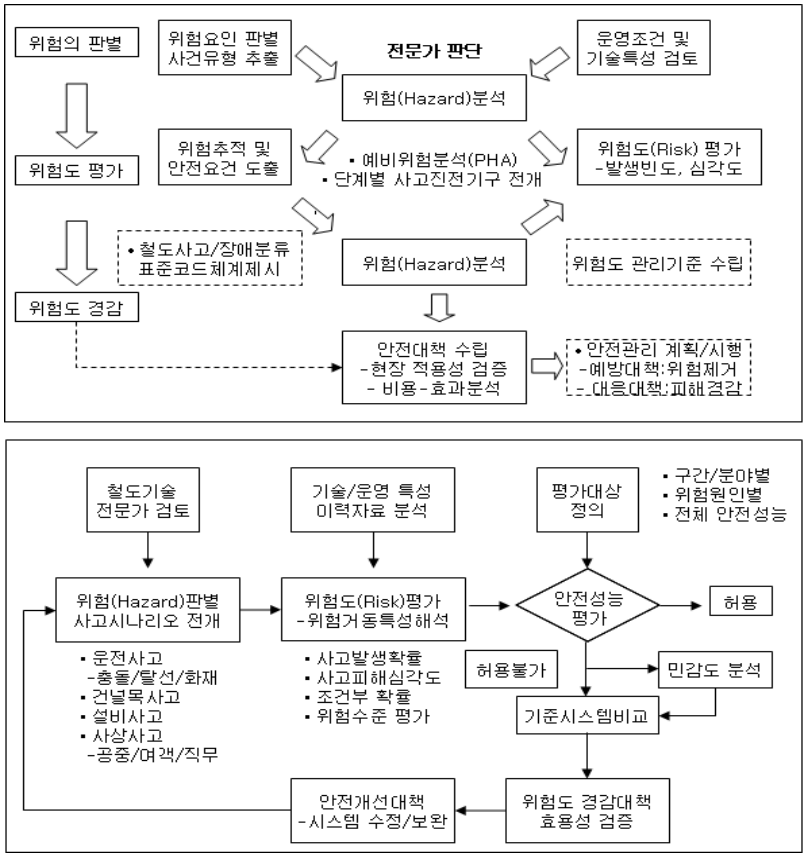
2.2 철도 안전시스템의 이해

선진 철도 운영국은 사고나 장애를 초래할 수 있는 위험요인(hazard)을 체계적으로 파악하고 이들 위험요인의 발생 기능성과 초래되는 손실의 크기를 동시에 고려하는 위험도(Risk) 평가 기반의 시스템 안전관리 체계를 구축하고 있으며, 이를 통해 시스템에 잠재되어 있는 위험요인을 체계적으로 파악하고, 정량화된 개념으로 위험도를 관리하여 이를 경감할 수 있는 안전개선 대책을 비용-편익적 관점에서 마련하고 있다.





Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



2.2.1 안전성의 실현

안전성을 실현하기 위해서는 통상 다음 3 단계가 있다.

㈀ **본질적인 안전 실현** : 본질적인 안전이란 본질적으로 그곳에 위험한 요소가 존재하지 않도록 시스템을 구축하는 것이다.

㈁ **방어처치 강구** : 본질적인 안전실현이 불가능할 경우에는 사람을 위험한 장소나 물건으로부터 격리하도록 방어장치 등으로 보호하는 조치를 한다.

㈂ **경고의 발생, 전파** : 방어처지도 불가능할 경우에는 경고를 발생, 전파하여 사람의 주의로 안전을 확보하는 계단구조로 안전성을 실현한다.

철도시스템의 안전성의 실현에서 열차의 경우 “정지하는 것” 또는 “정지해 있는 것”을 말 할 수 있다. 전원이 끊겨 움직이거나 달리고 있지 않으면 사고가 발생할 위험이 없는 “안전한 상태”라고 할 수 있지만, 그러나 이것들은 본래의 기능을 수행하고 있지 않다.

따라서 **철도시스템 안전의 목적은 본래의 목적한 기능을 다하면서도 안전한 것**이다.

이러한 안전성의 확보는 다음 두 종류가 존재하게 된다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

㉠ 시스템의 기능을 다하면서 안전하게 가동하고 있는 상태 : 기능적 안전성

㉡ 시스템의 기능에 관계없이 안전을 확보하고 있는 상태 : 물리적 안전성

(1) 물리적 안전성 확보

“물리적 안전”이란 시스템의 기능에 관계없이 안전이 확보되어 있다는 의미로서, 극단적인 경우 시스템의 본래 목적을 수행하고 있지 않더라고 확실히 안전을 보증하는 것으로서, 시스템에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

㉠ 공간조건 : 시스템과 인간이 공간적으로 분리되어 있다.

㉡ 시간조건 : 시스템과 인간이 시간적으로 분리되어 있다.

㉢ 에너지조건 : 시스템의 에너지가 차단되어 있다(정지안전이라 한다).

기계 등은 기본적으로는 정지하면 무조건안전(정지안전)하게 된다. 그러나, 정지해 버리면 오히려 위험한 경우도 있고 또한 시스템에 따라서는 “물리적 안전”이라는 상태가 존재하지 않을 수도 있다.

(2) 기능적 안전성 확보(Fail-safe)

시스템 안전의 본질적 목적은 전술한 시스템의 목적대로 정상상태인 기능적 안전성을 얼마나 확보하느냐에 달려있으며, 더욱이 내부의 고장이나 결함(Fault)이 원인으로 시스템에 장애가 발생하는 경우에도 항상 결과 출력을 안전측으로 유지할 수 있는 fail-safe 로 대표되는 기능적 안전성을 확보할 수 있도록 하고 있다.

시스템에 장애가 생겼을 때는 안전측 장애와 위험측 장애가 있다. 안전측 장애는 인정하지만 위험측 장애는 결코 생기지 않도록 구성하는 것이 페일세이프 기술의 본질이다.

시스템이 안전하지 않게 되는 원인은 시스템 쪽과 사람 쪽 양측에 있을 수 있다. 시스템 측에서는 예를 들면 시스템내의 고장이 장애로 발전하는 경우이고, 사람 측에서는 오조작 등의 인전 오류 등이다. 안전기술 개발에 있어서는 우선 “기계는 고장나는 것이고, 사람은 오류를 범한다”는 엄연한 사실에 관심을 두어야 한다.

(3) 사고발생 프로세스별 안전관리

사고 발생 프로세스는 표면적인 사고 진전을 시계열적으로 기술할 뿐만 아니라, 그 배후요인을 명확히 하여 사후 대책을 수립하는데 기여한다. 특히 중대사고의 과반수가 인적오류에서 기인하는 만큼 인적오류에 대한 주의 깊은 분석이 필요하다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

효율적인 안전관리는 그림 3 과 같이 사고를 종합적으로 파악하는 것이 중요하다.

⑴ 사고발생 프로세스(횡축) : 소인-원인-사고발생

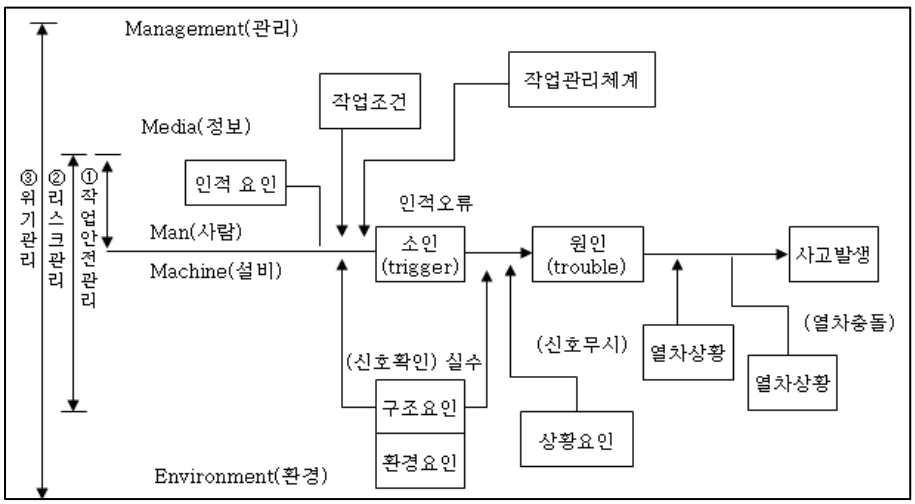
⑵ 안전관리의 범위(종축) : 개인-시스템-조직의 계층적 레벨

안전관리는 각 레벨(사람-시스템-조직)에 대응하여 각각 작업안전 관리, 위험도(Risk)관리, 위기관리로 구분하며, Man(사람), Machine(설비), Media(정보), Management(관리), Environment(환경)와 이들에 대한 관리차원의 상호 관계를 파악할 필요가 있다.

작업안전관리 : 사고가 개인의 자질과 부주의로 인해 일어나는 경우가 많아 사고예방 대책은 교육과 훈련이 주를 이루고 있다.

위험도(Risk) 관리 : 인관과 기계가 구성하는 시스템이라는 견해를 취한다. 인간의 생리적 및 심리적 부담, 사람-설비 인터페이스(man-machine interface)가 추출되고, 인적 오류를 없애기 위해 디자인을 바꾸거나 작업을 지원(도는 백업)하는 장치를 부가하거나 작어브이 자동화를 도모하고 있다.

위기관리: 위험도(Risk)관리의 연장이라고 할 수 있으며 작업순서, 직장 풍토, 책임체제의 명확화, 조직의 시설 등의 제반 조건이 사고 유발요인으로 간주된다. 위기관리에서는 이상시와 긴급시의 대응이라는 사전에 상정할 수 없는 사고 및 재해에 대해서 피해와 손실을 최소한도로 억제하는 것도 중요 사항이다.

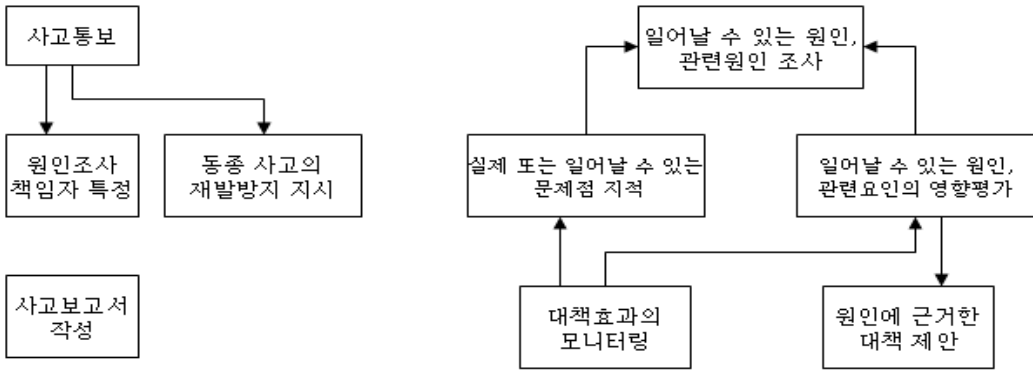


<그림 3> 사고발생 프로세스별 안전관리 모델

한편, 동종 사고를 반복하지 않기 위해서는 사고를 “학습”할 필요가 있다. 사고발생 시에는 복구작업과 원인조사 및 책임자 특정, 사고보고에 쫓기기 쉽다. 응급처치뿐만 아니라 사고의 근본원인을 명확히 하고 원인에 근거한 대책 및 그 대책효과를 검증할 필요가 있다. 그림 4(b)는

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

그림 4(a)의 종래의 일반적인 사고조사에 대해 효과적인 대책을 피드백하고 추구해 나갈 순서를 나타낸 것이다.



(a) 일반적인 사고조사 순서　　(b) 안전대책의 피드백 루프

<그림 4> 사고조사와 안전대책의 피드백 루프

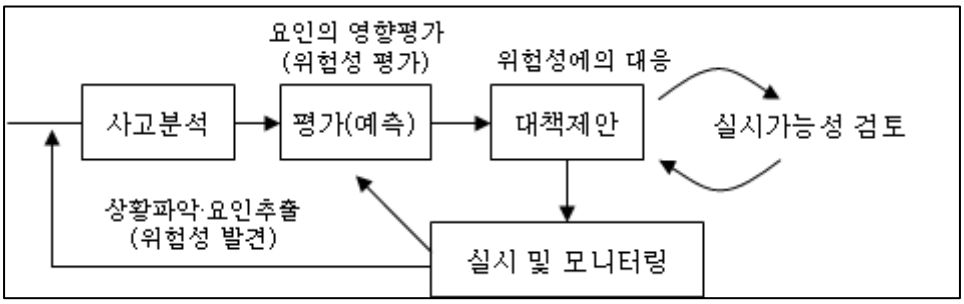
(4) 안전성과 비용과의 균형 고려

안전성 평가(위험도 평가)는 시스템이 가진 위험성의 평가이며, 안전관리(위험도 관리)는 그림 5 와 같이 위험성의 발견, 평가, 대책제안, 실시에 의해 안전수준을 유지 또는 향상시키는 일련의 순서로 한다.

이때 안전투자는 통상 경제적으로 안전투자가 이익인가 손해인가를 두고 활발한 논의와 평가를 거치고 있으며, 철도 운영회사의 경영적 관점에서 안전투자는 단기적인 판단으로 직접적인 영업이익을 중시하는 대신, 국가 기반 교통수단으로서 사회적 공공성을 유지하고 사고로 인한 기업의 이미지 실추나 직원의 사기에 미치는 영향을 중시하여 보다 안전성을 높이는 차원으로 안전투자 배분을 재검토하는 것이 유효할 것이다.

결국 타 교통수단에 비해 안전성이 높은 철도 수송 수요의 증가를 통해 사고발생 및 피해비용 감소, 물류비 및 혼잡비용 절감, 환경부담 경감 등 정체 교통경쟁력 제고라는 교통정책의 핵심으로서 철도의 안전성 확보가 투자 운선순위를 선점 할 수 있을 것이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

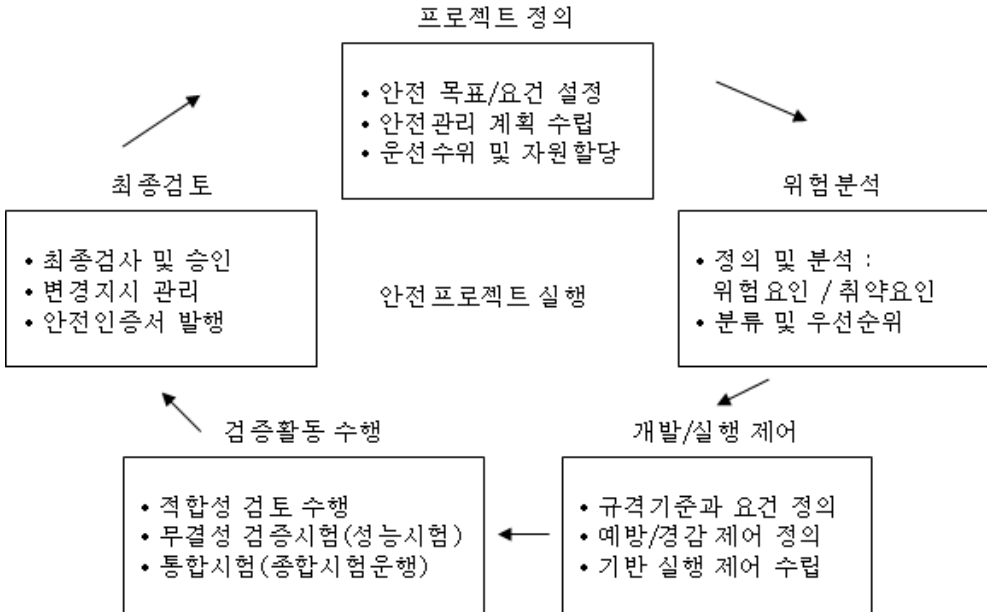


<그림 5> 안전관리의 개요

2.2.2 위험도 기반의 시스템 안전관리 절차

위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가는 철도시스템 안전관리 활동의 출발점으로서, 분석된 위험요인은 최종적으로 해결(적정한 위험도 수준 유지)될 때 까지 설계, 제작, 유지보수 및 운영의 전수명 주기에 걸쳐 연속적인 순환과정을 통해 관리되어야 한다.

그림 6 은 시스템 안전관리(안전인증(절차를 나타낸 것으로서, 시스템 안전관리 활동의 원칙은 1) 계획, 2) 분석, 3) 검증, 4) 문서화로 대별된다. 여기서 분석과 검증은 위험원과 위험도 관리 활동을 기반으로 한 시스템의 성능평가와 안전검증을 수행하는 것이며, 문서화 절차는 계획, 분석, 검증에 대한 결과를 표준화된 형태로 작성하는 것이다.

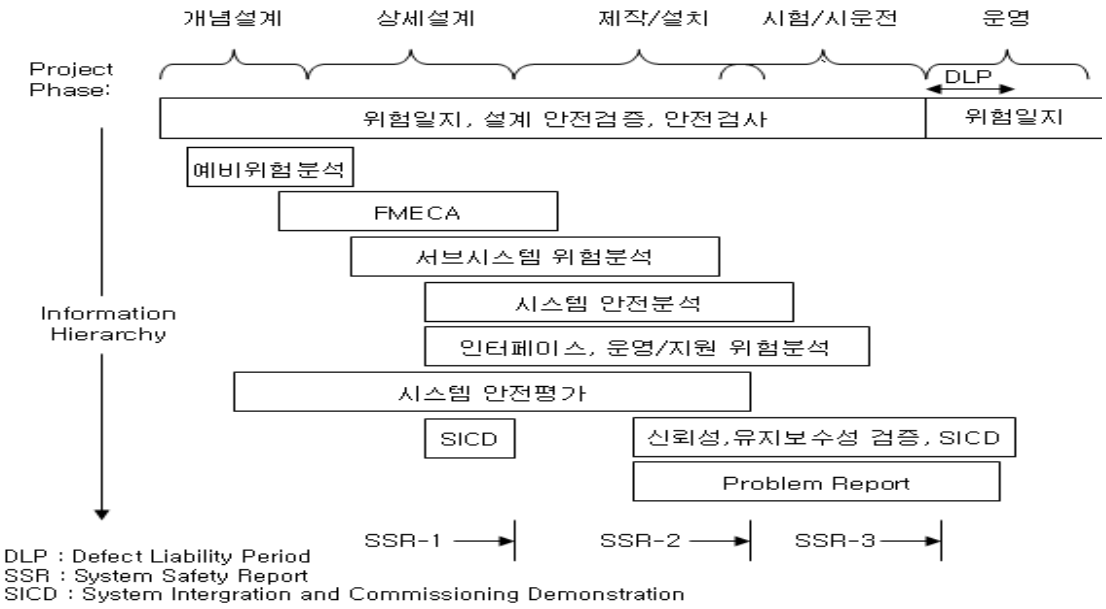


<그림 6> 시스템 안전관리 및 안전인증 절차

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

(1) 시스템 안전관리 요건 설정

시스템 안전관리 요건(SSMR)은 설계, 건설, 설치, 유지보수 단계를 포함하는 공학적인 시스템과 하부시스템의 시스템 성능요건 사양(SARS)을 만족시키기 위한 세부적인 요건을 마련하는 것이다. 아래의 그림은 시스템 안전관리 활동 절차 및 요건할당 사례를 제시한다.



(2) 시스템 안전 계획(SSP)수립

시스템 안전 계획(SSP)은 단계별 활동별 시스템 안전관리 내용을 기술한 문서로서, 적정한 시기에 안전관리자에게 제출하여 승인을 받아야 한다. 시스템 안전 계획은 철도운영자나 시설관라자의 OSR(운영안전보고서) 작성의 근거를 제공한다.

SSP 는 IEC 61508, EN 50129, MIL-STD-882 계열과 같은 국제표준과 부합하여야 하고, 국가적인 시스템 안전관리 계획과 일치하여야 한다. SSP 관리문서에는 최소한 다음의 내용이 포함되도록 한다.

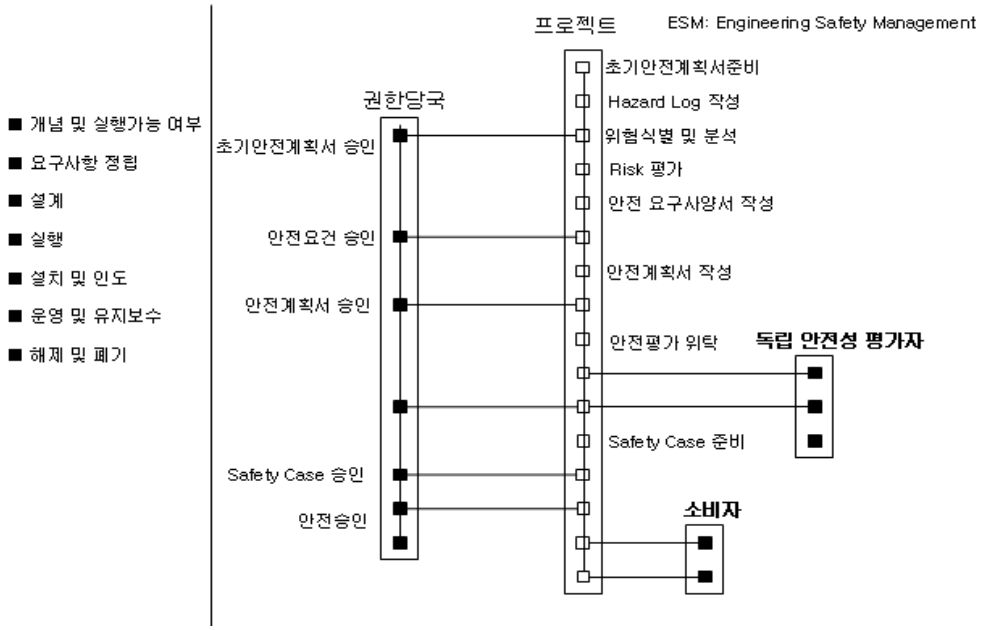
- 시스템 안전관리의 권한과 정책 기술
- 시스템 안전관리의 목적, 범위 및 참조 안전기준
- 시스템 안전 조직 구성과 책임, 하부, 하청업체 및 부품 공급자의 안전요건
- 시스템 안전 수명주기 적용에 대한 기술
- 시스템 안전관리 활동 항목, 수행 일정, 공정표, 진행 점검을 위한 주요 작업 항목

(3) 시스템 위험분석 및 안전 검증

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

일반적으로 위험원과 위험도는 시스템 안전관리 활동을 통해 인지되며, 다음의 절차에 따라 관리한다.

- 최소의 위험원을 갖는 설계 및 설계변경에 따른 위험원의 제거
- 능동적인 안전장비의 사용과 경고장치의 사용
- 시스템 설계 시 인간의 행동에 대한 배려와 과거의 경험을 고려
- 적용 가능한 규정이나 국제적인 기준과의 부합성 확보



(4) 안전관리 문서화

시스템 안전관리 문서화는 시스템안전계획서(SSP)와 활동보고서, OSR(Operational Safety Report, 운영안전보고서)의 작성, 관리를 포함하며, SSP 에는 안전관리 활동을 위한 조직, 업무계획이 포함되고 OSR 에는 방법, 절차, 결과, 근거를 수록하도록 한다.

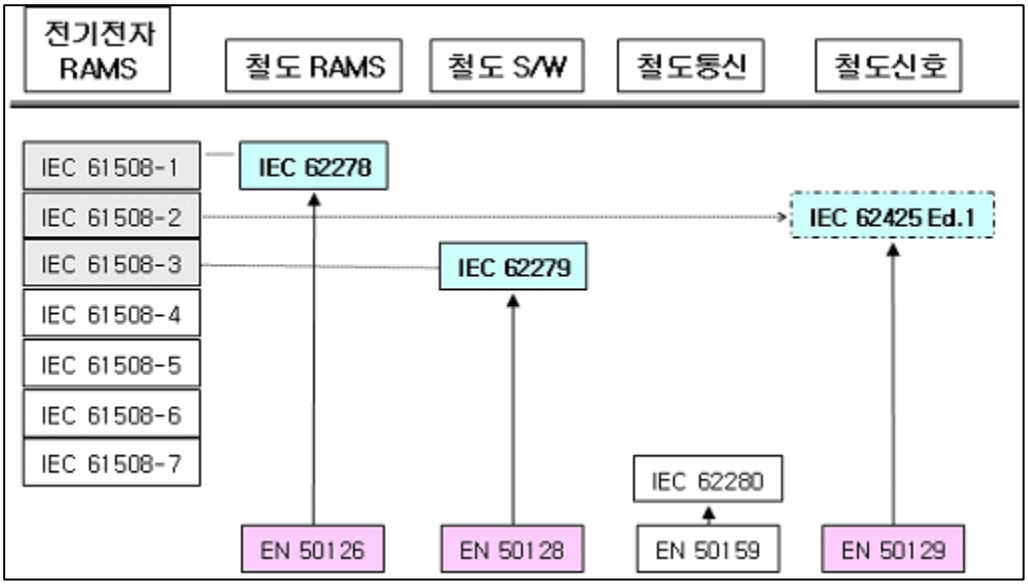
Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

3. SAFETY 관련 참고 규격 요약 및 시스템 SAFETY

3.1 Safety 관련 참고 규격 요약

철도관련 시스템의 Safety 관련 국제규격들은 주로 유럽을 중심으로 진행되어 왔고, 이후 IEC 에 의해 국제 규격화 되어가고 있다. 또한 우리나라 및 일본의 관련 지침들이 이들 규격을 바탕으로 하고 있다. 이들 규격들을 보면 Safety 활동 요구사항, 체계, Safety 승인을 위한 기본조건 등을 나타내는 규격들과 여기에 제시된 각 단계별 Safety 활동의 수행을 위한 방법론들에 대한 규격들로 구분된다.

다음 그림은 이들 관련된 규격들과 서로간의 상관관계를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 IEC 61508 의 각 장은 IEC 62278/62279//62425 에 의해 각각 상세하게 규정되어 있다. 또한 유럽의 CENELEC 규격들이 IEC 규격으로 반영된 것을 나타내고 있다.



[그림 8] 관련 참고 규격

이들 국제 규격 및 국내 기술지침서에서는 기본적으로 시스템 수명주기에 맞추어 Hazard 도출, Risk 평가를 기반으로 Safety 활동을 요구하고 있으며, 시스템의 Safety 승인 및 평가를 위해서는 이러한 Safety 활동을 확인하는 것으로 요구하고 있다.

3.1.1 IEC 62278

새로운 시스템 개발의 관리방법으로서 개념 설계부터 폐기까지 모든 단계를 수명주기로 설정하여 Safety 와 신뢰성 등을 확보하기 위하여 각 단계의 과정과 절차를 정하는 일반적인 방법이 도입되고 있다. 이를 규격화 한 것이 IEC 62278(“Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)” –

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

EN 50126)이 다. 이 규격은 철도 시스템전반을 대상으로 하여 다음과 같은 기본적인 개념을 취한다.

- 수명주기 각 단계에서 RAMS 관리를 위한 절차와 실시항목을 규정한다.
- RAMS 의 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 것을 확인하는 절차를 규정한다. 이를 위하여 필요한 분석, 작성해야 할 문서를 규정한다.
- 대상 장치/시스템이 안전에 미치는 영향을 평가하는 Risk 분석을 규정한다. 단, Risk 분석을 수행할 것을 요구하고 있으나 수치에 대해서는 규정하지 않는다.
- RAMS 관리를 위한 일련의 과정에 있어서 관련 조직과 관계자의 역할 및 자격 등에 대해서는 유럽의 체제를 전제로 한다.

3.1.2 IEC 62279

IEC 62279("Railway Applications – Communication, Signaling and Processing Systems – Software for Railway Control and Protection Systems" – EN 50128) 는 마이크로 전자화된 장치가 증가하면서 프로그램과 관련되는 철도 시스템의 개발에 관한 요구사항 및 절차를 규정한다. 이 규격은 IEC 61508 의 Part 3 에서 취급하고 있는 소프트웨어에 관한 규격을 토대로 하여 철도시스템의 상황을 반영하고 있다. 이 규격의 기본적인 개념은 다음과 같다.

- 소프트웨어 수명주기 각 단계에서 Safety 확보를 위한 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 지를 확인하는 과정을 규정한다. 이를 위하여 필요한 방법과 관리, 작성해야 할 문서를 규정한다.
- 대상 장치/시스템에 대하여 Safety 기술을 적용하여 감소시켜야 할 위험을 SIL 에 대응시키고, SIL 에 따라 적용해야 할 소프트웨어의 Safety 기술을 규정한다.
- SIL 을 0~4 의 5 단계로 구분하고 안전과 관련이 없는 항목에 0 을 할당하고 가장 높은 Safety 가 요구되는 항목에 4 를 할당한다. 해당 SIL 에 적용이 의무화된 Safety 기술을 사용하지 않는 경우에는 이를 기록할 것을 요구하고 있다.
- 소프트웨어의 설계자, Validator, Verifier, 평가자의 독립성에 대해서 SIL 에 따라 동일 조직과 동일 인물 여부를 규명한다. 가장 높은 SIL 의 경우는 설계자와 Verifier 는 동일조직 내 다른 인물이어야 하고 평가자는 다른 조직에 속해야 한다.

3.1.3 IEC 62425

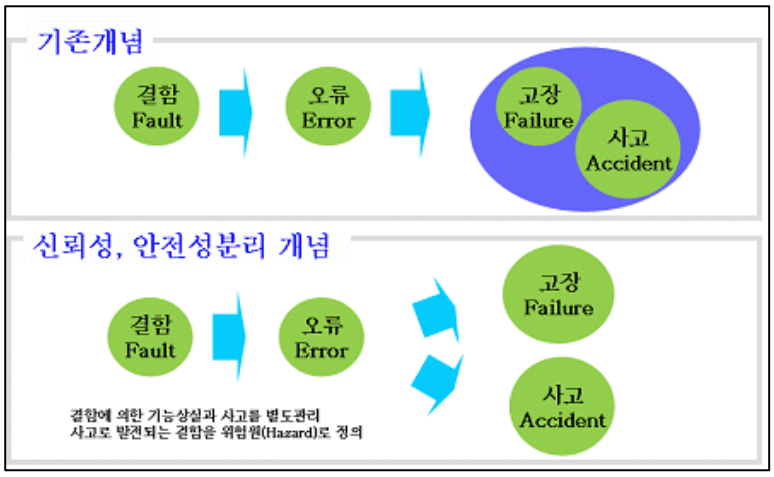
CENELEC 의 철도신호에 관한 Safety 관련 규격은 IEC 61508 을 토대로 지금까지 각 나라의 열차제어시스템 Safety 기술요건을 통합한 것인데, Fail-Safe 를 중심으로 하는 Safety 기술 및 방법의 상세한 내용은 유럽 내에서도 각 나라마다 차이가 있다. 이러한 점에서 EN 50129("Safety Related Electronic Systems for Signaling)은 철도신호에서 안전관련 전자시스템의 수용(Acceptance)과 승인(Approval)을 위한 요구사항을 규정하고 있으며, 채택된 방식에 대한 Safety 인증을 위한 문서관리에 중점을 두면서 국가 간의 교차승인(Cross Acceptance)을 목적으로 한 Safety 규격이다.

EN 50129 에서는 Safety 인증의 조건으로 품질경영, 안전경영, 기능 및 기술적 Safety 등의 세 가지의 사항에 대해 체계적이고 문서화된 접근을 요구하고 있다. 이 문서에 의한 Safety 의 입증을 Safety Case 라 하며, 본 규격의 중심개념이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

3.2 시스템 Safety

시스템에 대한 Safety 는 시스템 수명주기를 통해 Hazard 를 제거하기 위한 체계적인 절차이다. 시스템 Safety 의 목표는 사망사고, 상해, 시스템 손실 등의 손상을 유발할 수 있는 Hazard 를 제거하는 것이며, Hazard 의 제거가 가능하지 않을 때, 설계 제어 대책을 통해 사고의 위험성을 줄이는 것이다. 사고 위험성을 줄이는 것은 사고의 가능성을 줄이고, 사고의 피해를 줄임으로써 달성된다. 시스템 Safety 는 의도적으로 Hazard 를 제거하거나 위험요소의 사고 위험률을 줄이도록 설계하는 과정을 말한다. 이것은 시스템 내부에 존재할 수 있는 Hazard 에 의해 발생할 수 있는 사고를 의도적으로 허용 가능한 수준으로 제어하는 것이다. 따라서 시스템의 개발에 있어서 반드시 설계단계의 시스템 개발 초기부터 안전대책이 검토 및 수립되어야 한다.



[그림 9] 시스템 Safety 개념

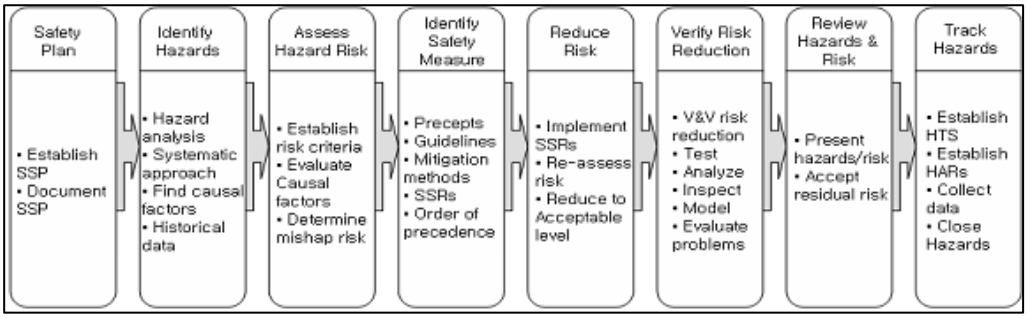
위 그림은 시스템에서 Safety 개념이 포함되어 신뢰성과 Safety 가 분리된 개요도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 일반적으로 시스템 내부의 결함(Fault)들이 시스템의 고장으로 표출되고 이로 인해 사고를 유발한다. 이러한 결함 중 사고를 유발할 수 있는 결함을 별도로 분리하여 이러한 결함을 “Hazard”라 정의하고, 이러한 Hazard 를 별도로 관리해 주는 것이 시스템 Safety 이며, 이들 두 가지 모두에 고려하거나 저감하도록 하는 것이 신뢰성 개념이다.

3.2.1 시스템 Safety 활동 절차

MIL-STD-882D 는 아래 그림에서와 같이 8 단계의 시스템 Safety 활동 절차를 정의하고 있다. 시스템 Safety 활동 절차의 맨 처음에는 Safety Plan 이며, 이 Safety Plan 은 시스템의 Safety 목표를 할당하고 수명주기의 전주기에 걸쳐 할당된 목표를 만족하도록 하기 위한 계획을 수립하는 단계이다. 이러한 Safety 계획에는 상세한 Hazard 분석, 보고 등을 포함하여 모든 수행되어야 할 Safety 활동을 포함하여야 한다. 시스템의 Hazard 가 확인되면, 이것들의 Risk 가 결정되고, 필요하다고 생각되면 Hazard 의 위험을 줄이기 위한 대책이 고려될 것이다. Hazard 를 줄이기 위한 방법은 시스템 Safety 요구사항(SSR: System Safety Requirement)을 통해 시스템

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

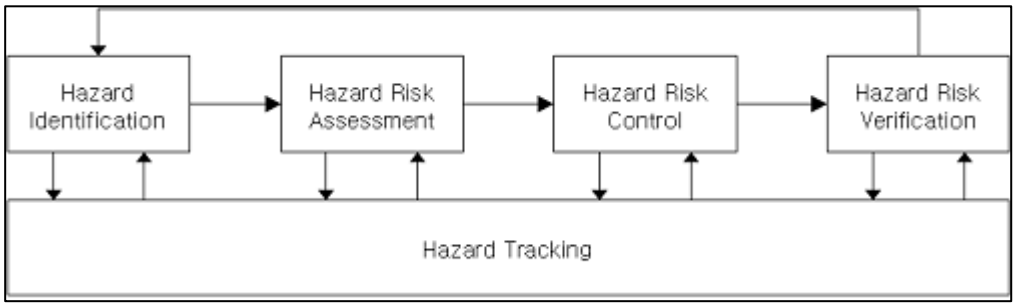
설계에 적용된다. 모든 확인된 Hazard 들은 Hazard Log 로 정리되고 Hazard 목록 관리보고서(HTS: Hazard Tracking System)에 기록된다. 모든 Hazard 들이 허용 가능한 수준 이하로 제어될 때까지 계속 수행하게 된다.



[그림 10] 시스템 Safety 활동 절차

이러한 Safety 활동 절차로부터 안전대책이 Hazard 에 초점을 맞춘다는 것을 확인할 수 있다. Hazard 를 도출하고 도출된 Hazard 를 수명주기 모든 단계를 거쳐 제거 또는 완화하는 것이 Safety 활동의 핵심이다. 따라서 시스템의 Hazard 도출 및 분석, 그리고 완화대책 수립 등이 이 절차의 핵심적인 요소가 된다.

이러한 측면에서 Safety 활동 절차는 아래 그림과 같이 Hazard 를 관리하는 절차로 축소하여 설명할 수도 있다. 즉, Safety 활동은 Hazard 확인, Risk 평가, 그리고 Hazard 가 나타내는 허용 가능한 수준으로 관리하기 위한 Risk 관리, 그리고 이의 확인 과정이 필요하다. 이 절차는 각 단계가 항상 피드백이 되어 Hazard 가 확인되고, 허용 가능한 수준이 되도록 제어하고 검증될 때까지 반복하게 된다.



[그림 11] Hazard 관리 절차

3.2.2 시스템 수명주기

시스템 수명주기는 시스템 구상단계에서부터 폐기까지의 모든 단계를 말한다. 이러한 시스템 수명주기 전 단계에 걸쳐 Safety 활동이 이루어져야 한다. 이 시스템 수명주기 단계는 일반적으로 아래 그림과 같이 5 개의 주요 단계로 정리될 수 있다. 물론 IEC 61508 등에서 제시하는 수명주기는 보다 많은 단계를 설명하고 있지만, 이 또한 아래의 5 단계에 포함될 수 있다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 12] 시스템 수명주기 주요 단계

시스템 수명주기 각각의 단계는 시스템 Safety 활동 전체에서 매우 의미가 있다. 시스템 안전계획은 이러한 수명주기의 5 단계를 중심으로 계획된다. Safety 활동을 통한 시스템의 개발 및 운용을 위해서는 필수적으로 설계 구상단계에서부터 Safety 활동 절차를 시작하여 수명주기 전반에 걸쳐 지속해야 한다.

- Concept Definition 단계
  - 실행가능성, 비용, Hazard 및 Risk 등을 고려하여 시스템을 정의하고 평가하는 단계이다. 이 단계에서, 반드시 수행해야 될 위험요소 분석을 포함하여, 모든 시스템 Safety 활동과 관련하여 SSPP 는 대개 이 단계에서 시작된다.
- Development and Test 단계
  - 이 단계에는 설계, 개발 그리고 실제 시스템의 시험이 포함된다. 이 단계는 보통 다음의 하위 단계들로 나누어진다.
    - 초기 기본설계(Preliminary Design)
    - 상세설계(Detailed Design)
    - 시험(Test)
  - 초기 기본설계는 최초의 구상을 작업 가능한 설계로 옮긴다. 이 단계 동안 하부시스템, 그리고 기능들이 결정되고 시스템을 명확히 하기 위해, 설계 요구사항들이 작성된다. 이 단계에서, Hazard 를 내포하는 기능들을 고려하여 Hazard 를 제거 또는 완화하기 위한 방안들이 고려된다. 상세설계는 모든 서브시스템 설계의 개발을 완료하는 것을 포함한다. 이 단 계에서는 시스템의 생명주기 동안 사고를 일으킬 수 있는 설계, 고장 모드(Failure mode), 인적 오류 등이 고려한다. 시스템 시험 단계는 확실하게 모든 설계 요구사항이 충족되고, 시스템이 효과적인지 확인하기 위해 설계의 검증과 타당한 테스트를 포함한다. 부가적으로, 도출된 Hazard 에 대한 테스트가 이루어져야 한다.
- Production 단계
  - 최종적으로 설계는 생산 단계에서 작동 가능한 제품으로 개발된다. 이 단계에서, Safety 측면에서는 제작공정, 인적 오류, 적용된 도구 및 방법 등을 고려해야 한다.
- Operation 단계
  - 최종 개발된 제품은 이 단계에서 사용자에 의해 실제적으로 운용된다. 이 단계에서의 Safety 측면에서는 안전한 시스템 운영과 지원이 주요 사항이다.
- Disposal 단계
  - 위험한 물질의 안전한 분해 작업과 안전한 처분은 이 기간 동안의 Safety 관심사이다.

3.3 Hazard 및 Risk 분석

시스템의 Safety 를 확보하기 위해서는 Hazard 가 제거되거나 완화되어야 한다. 이러한 Hazard 확인 및 도출은 시스템의 Safety 확보에 있어서 매우 중요한 요소가 된다. Risk 분석은 시스템의 Safety 확보를 위한 기본적인 토대를 제공한다. Risk 분석은 시스템 Risk 를 추정하고, 도출된 Hazard 를 제거하거나 완화시킬 대책을 수립하기 위해 사용된다. Hazard 를 확인 및 도출하는데

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

필요한 기술을 개발하려면, Hazard 의 본질, 그들과 사고와의 관계 그리고 그것들이 시스템 설계에 미치는 영향을 이해하는 것이 필요하다.

3.3.1 Hazard 정의

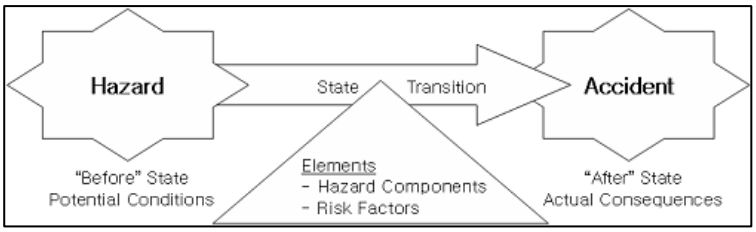
전체적인 시스템 Safety 활동 과정은 위험성을 관리 및 제어하는 과정이다. 이것에 의해 Hazard 의 확인, 위험 사고 위험성 평가, 허용 불가능한 Hazard 의 제어를 통하여 Safety 가 달성된다. 이것은 최종적으로 입증될 때까지 허용 가능한 Hazard 가 제거되거나 완화되어야 한다. 시스템의 Safety 는 시스템이 개발된 후에 설계변경을 실시하는 것보다는 설계과정 동안에 안전대책을 수립하여 설계에 반영될 수 있도록 실제적인 시스템 발전과 연계되어 수행되어야 한다. 다음은 Safety 에 관련된 규격들에 나타난 관련된 용어들에 대한 정의를 간략하게 나타낸 것으로, 본 문서에서는 여기에서 정의한 의미로 다음의 단어들을 사용한다.

- 사고(Accident)
  - 예측되지 않거나 원하지 않게 발생된 이벤트
  - 장치나 시스템에 손상을 발생시키거나 사람의 장해 또는 사망을 유발하는 계획되지 않은 동작이나 이벤트
- Hazard
  - 사람의 상해 또는 죽음, 장치의 손상 등을 유발시킬 수 있는 잠재적인 위험 요인
  - 사람에게 상해를 일으킬 수 있는 잠재적인 조건
  - 사고를 일으킬 수 있는 잠재적인 조건
- Risk
  - Hazard 발생 확률과 발생했을 경우 심각도를 나타내는 정도
- Hazard 분석
  - Hazard 를 확인 및 도축, 허용 수준 이하로 제어하기 위한 요구사항의 도출 등을 수행하는 과정
- Hazard Log
  - Hazard 확인 및 도출, 대책수립, Hazard 관리 등 Safety 활동을 나타내는 문서

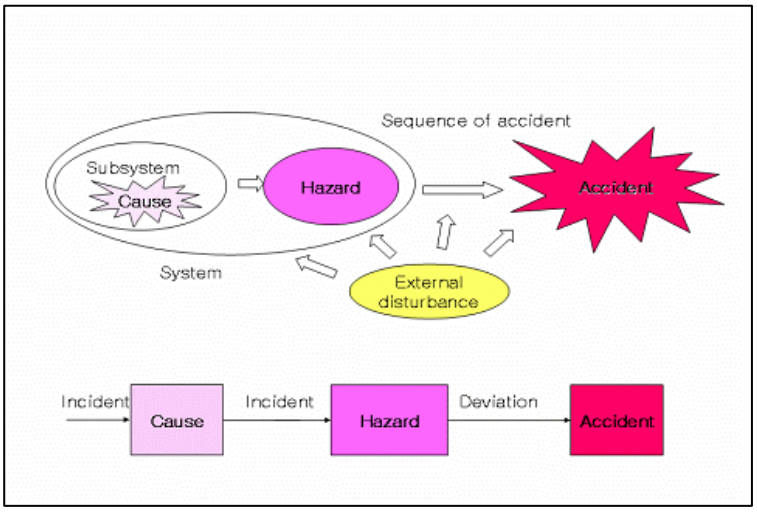
3.3.2 Hazard

시스템의 Hazard 는 인간이 잠재적으로 죽음, 손상, 손실 등을 유발시킬 수 있는 잠재적인 위험요소들을 의미한다. 즉, Hazard 는 사고를 발생시킬 수 있는 시스템 내부의 결함 또는 외부적인 요인들을 나타낸 것으로, 다음 그림들과 같이 Hazard 와 사고는 직접적인 관련이 있다. 이들 두 그림에서와 같이 사고로 발생하는 시스템 내부의 결함이 Hazard 이고, 이러한 Hazard 들이 시스템 내부의 요인 또는 외부의 요인에 의해 시스템의 장애를 유발하고 이것이 사고로 이어지게 된다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 13] Hazard & 사고 개념



[그림 14] 사고발생 매커니즘

Risk 는 다음과 같이 사고의 발생확률과 사고가 발생했을 경우, 심각도의 곱으로 정의한다.

Risk = 발생확률(Probability) X 심각도(Severity)

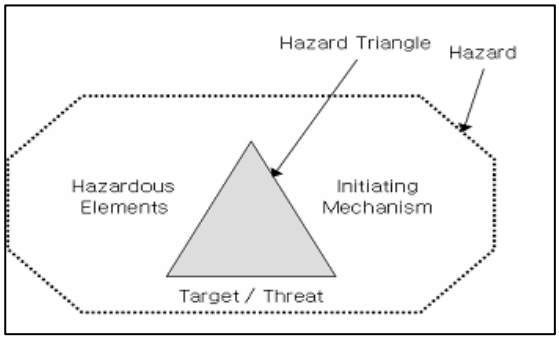
사고의 발생 확률은 시스템이 고장 나고 그것이 사고를 유발할 수 있는 확률을 의미하며, 사고의 심각도는 사고로 야기되는 손실을 의미한다. 이러한 발생확률과 심각도는 사고로 야기되는 손실을 의미한다. 이러한 발생확률과 심각도는 정성적 또는 정량적으로 정의되고 평가될 수 있다. Hazard 는 사고를 유발시키는 필요충분 요소만을 포함하는 실체이다. Hazard 의 구성요소는 사고를 위한 필요조건과 최종 결과 혹은 사고에 의한 영향으로 정의 내릴 수 있다. 이러한 측면에서의 Hazard 는 다음 3 가지의 기본요소로 구성된다.

<표 2> Hazard 의 기본요소

이름	설명
Hazard Element(HE)	시스템에 쓰이는 폭발물과 같은 위험한 에너지원처럼 사고를 유발하는 근본적인 위험 요소
Initiating Mechanism(IM)	사고를 발생시키는 직접적인 요인으로, IM 은 위험이 잠복단계에서 실제 사고단계로 전환시키는 이벤트
Target and Threat(T/T)	손상이나 사상을 일으키는 것으로, 사건의 결과이고 예측되는 결과적 손해나 손실

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

아래 그림에서와 같이 Hazard 의 3 가지 요소는 시스템의 Safety 삼각형을 형성한다. 이 그림은 Hazard 가 각각 삼각형의 한 면을 이루는 3 가지의 필요하고 연관된 구성요소로 이루어져 있음을 나타내고 있다. 삼각형의 3 면 모두 Hazard 가 존재하기 위해 필수적으로 요구된다. 삼각형의 한 면이라도 제거되면 그것은 더 이상 시고를 발생시키지 않기 때문에 Hazard 는 사라진다. 삼각형의 IM 면의 구성요소를 줄이면 사고의 발생확률을 줄어들며, HE 또는 T/T 면의 구성요소를 줄이면 사고의 심각도가 감소한다. Hazard 의 이러한 양상은 Hazard 의 감소시킬 부분을 결정할 때 유용한다.



[그림 15] Hazard 삼각형

<표 3> Hazard 구성요소의 예

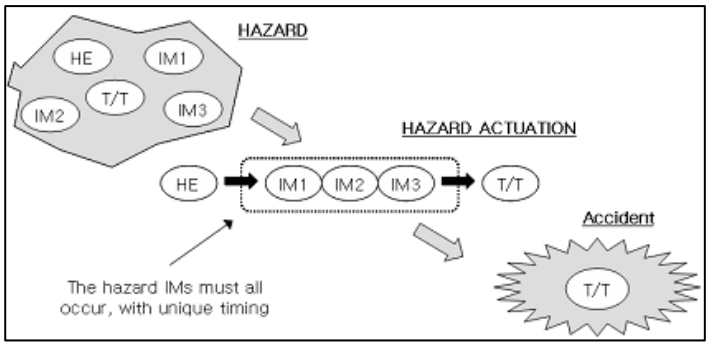
HE	IM	T/T
- 무기	- 의도하지 않은 신호 - 무선주파수 에너지	- 충돌: 사망/손해
- 설비 오작동	- 탱크폭발	- 폭발: 사망/손해
- 연료	- 연료 누설과 점화원	- 화재: 시스템의 손실/사망
- 고전압	- 노출된 이음새 접촉	감전사: 사망/손해

위 표는 각각의 세가지 Hazard 구성요소의 몇 가지 예시와 조건을 나타낸다. 예를 들어서 고전압을 포함한 전기적 계기의 노출된 이음새 접촉으로 인하여 감전되어 사망할 경우, HE 는 고정안, IM 은 노출된 이음새 접촉, T/T 는 사망이 된다. 이러한 예에는 T/T 는 사고의 결과를 정의하고, HE 와 T/T 의 결합은 사고의 심각도를 정의한다. HE 와 IM 은 사고의 발생확률로 정의된다. 만약 고전압 구성요소가 시스템에서 제거될 수 있다면, Hazard 는 제거될 것이다. 만약 전압이 해롭지 않은 수준보다 낮게 줄어든다면, 사고의 심각성은 줄어들 것이다.

3.3.3 Hazard 와 사고와의 관계

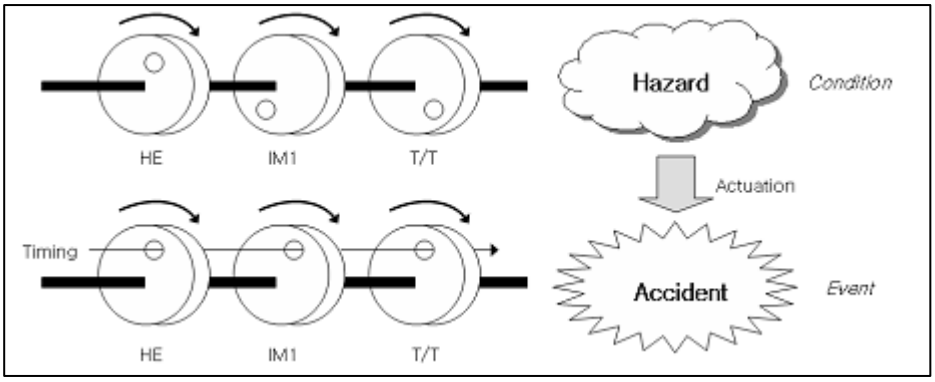
아래 그림은 Hazard 를 구성하는 3 가지 구성요소들이 관계를 나타낸 것이다. Hazard 가 사고로 발전하기 위해서는 HE, IM, T/T 3 가지의 요소들이 모두 요구되지만, 각각의 요소는 단일 또는 복수가 될 수 있다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 16] Hazard 와 사고와의 관계 1

Hazard 의 구성요소가 특정한 정렬을 이루었을 때, 잠정적 상태에서 사고상태로 Hazard 가 변화한다. 이는 실제로 사고로 발전하기 위해서는 모든 구성요소들이 특정한 순서에 따라 발생되어야만 사고가 일어난다는 것을 의미한다. 아래 그림은 Hazard 와 사고의 관계를 나타낸 것으로 굴러가는 바퀴는 특정한 Hazard 를 형성하는 모든 구성요소를 나타낸다. 타이밍이 맞았을 때 각 구성요소들의 바퀴 구멍들이 모두 정확하게 정렬하게 되어 Hazard 는 잠재적인 사고에서 실제의 사고로 바뀌게 된다.



[그림 17] Hazard 와 사고와의 관계 2

시스템은 의도된 기능이나 역할을 수행하기 위한 목적을 위해 설계되고 제작된 것이다. 그러나 시스템은 의도하지 않거나 바람직하지 못한 기능을 수행할 수도 있는 원천적인 설계 결함 또한 포함할 수도 있다. Hazard 를 구성하는 필수적인 조건을 제공하는 것이 설계 결함이다. 설계 결함이 항상 명백하지 않기 때문에 때때로 설계자가 설계 결함(Hazard)을 발견하기가 쉽지 않다. 이러한 Hazard 들은 오직 Safety 활동을 통한 Hazard 도출 및 분석과정을 통해 식별될 수 있다.

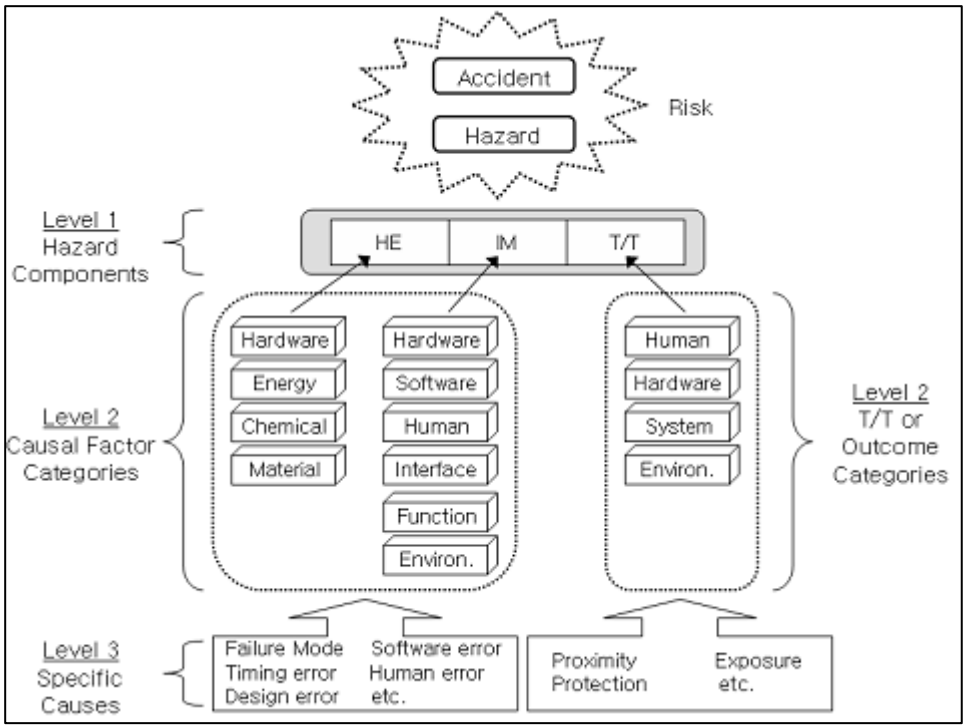
사고는 그냥 발생하지 않으며, 사고는 시스템 설계 안에 형성된 설계 결함의 결과이다. 그러므로 어떤 측면에서는 사고는 예측 가능한 이벤트로 볼 수도 있다. 만약 Hazard 가 제거되거나 감소된다면, 사고 또한 제거되거나 제어할 수 있게 된다. 그러므로 Hazard 분석을 통한 Hazard 의 확인 및 제어는 사고예방의 필수조건이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

3.3.4 위험요인

위험요인(HCF: Hazard Causal Factor)들이 시스템에 존재하는 기본적인 이유는 위험스러운 요소들이 시스템 안에 사용되어야만 하는 것과 위험요인들이 적절치 못한 안전설계의 결과에 따라 존재하기 때문이다. 적절치 못한 안전설계는 하드웨어 고장, 숨겨진 경로들, 소프트웨어 결함, 작업자 실수 등의 잠재적인 효과에 대한 불충분한 고찰을 포함한다.

전체적인 HCF 모델이 아래 그림에 나타나 있다. 이 모델은 Hazard 와 사고에 관련된 모든 요소들과 상호관련이 있다. 이 모델은 위험요인들이 사고의 잠재성과 수반되는 위험성 수준에 근거하여 사고발생을 유발시킨다는 것을 설명한다. Hazard 의 3 가지 요소들 각각은 그림에서와 같이 더 세분화된 위험요인들로 세분화할 수 있다. 아래 그림은 3 가지 다른 단계에서 어떻게 HCF 가 보여지는지 설명하고 있다.



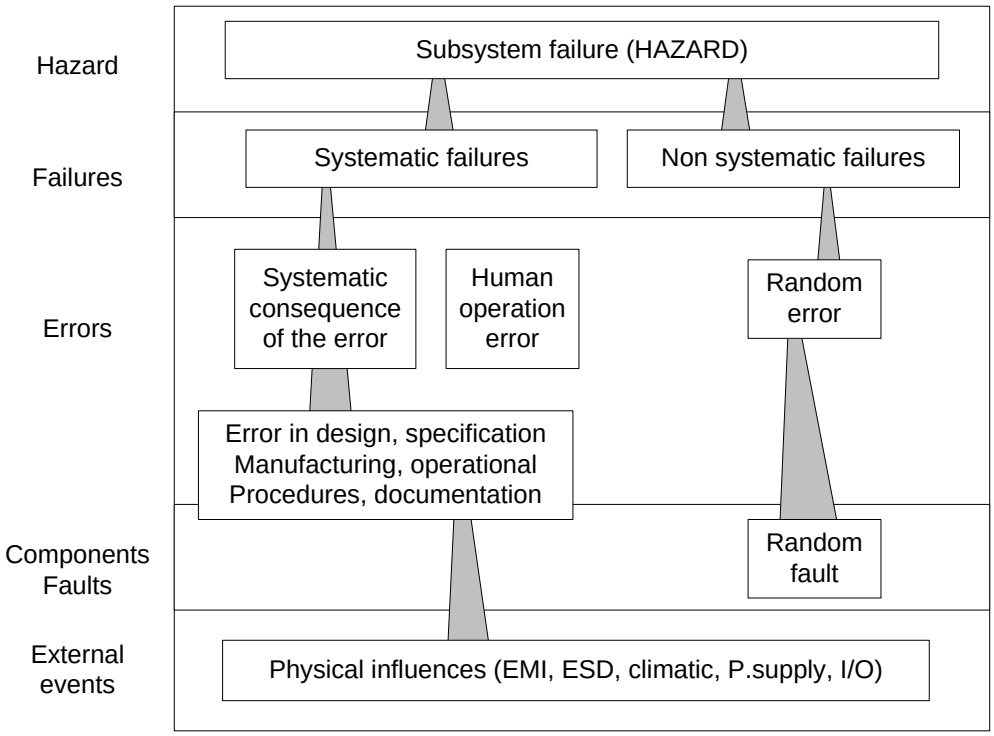
[그림 18] HCF 모델

최상위 레벨에서는 모든 위험요인들의 근본원인을 정의한다. HCF 확인의 첫 번째 단계는 범주를 확인한 후, 구체적인 하드웨어 고장, 운영 오류, 소프트웨어 오류 등과 같이 각각의 범주에 대하여 상세한 특성을 확인하는 것이다. 예비위험원분석(PHA: Preliminary Hazard Analysis)은 이 HCF 레벨에서의 위험요인들의 근본원인을 확인하는 단계이다. 그 다음 단계에서는 특정 요소 고장 상태와 같은 구성요소 레벨에서의 상세한 요인을 확인한다. 사고와 요구된 Hazard 완화 대책을 결정하기 위하여, 결국 분명한 상세한 위험요인들을 파악해야 한다. HCF 는 Hazard 의 근본 원인들로서, Hazard 로부터 사고로의 변화에 대한 징후와 절차를 제공하는 위험요인이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

Hazard 의 HE 와 IM 은 Hazard 사로고 발생도리 수 있는 확률에 영향을 미친다. HE 와 IM 의 부분과 T/T 의 결합된 영향은 사고의 심각도를 결정한다.

아래의 그림은 외부사고, 부품고장, 시스템과 하위시스템의 위험원이 되는 고장 및 다른 장애들 간의 관계를 보여준다.



3.4 Hazard 분석

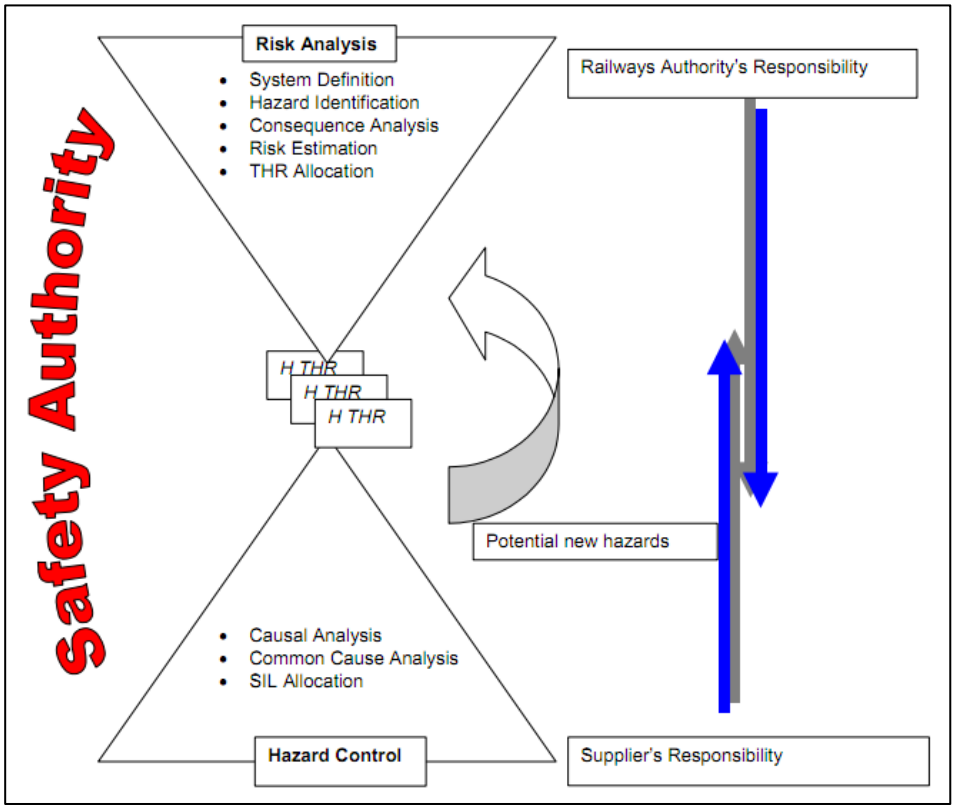
Hazard 도출은 Safety 활동의 가장 기본이 되는 것이다. Hazard 를 도출하지 못한다면 이를 제거하거나 이와 관련된 Risk 를 줄일 수 있는 어떠한 행동도 취할 수 없다. 그러나 안전여유 도입과 같은 일반적인 행동은 취할 수 있다. 시스템의 정상운영 동안에 발생할 수 있는 사고에 대해서만 고려할 것이 아니라 설치, 현장시험, 인수, 유지보수, 응급상황, 사용중지 및 보관 등과 같이 다른 기간에 일어날 수 있는 경우도 함께 고려해야 한다. 그리고 Hazard 를 도출할 때는 변경으로 이해 철도와 인근에 발생할 수 있는 모든 영향을 고려해야 한다. 도출한 Hazard 중에는 경미하여 이를 관리할 필요성을 전혀 느끼지 못하는 경우도 있다. 이런 유형의 Hazard 도 간과해서는 안 되며, 이것들을 발생확률이 희박하다는 이유화 함께 기록해 두어야 한다.

Risk 평가는 잠재적 사고 발생순서, 즉 사고로 귀결되는 이벤트 전개에 대한 이해를 필요로 한다. 사고는 원치 않는 사건으로 손해로 귀결되는 일련의 사건이며, Hazard 는 사고를 발생시킬 수 있는 조건이다. Hazard 결함, 이를테면 시스템이나 구성요소가 운영상의 요구사항을 충족시킬 수 없을 때인 사건이나 일련의 사건으로부터 발생한다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

Risk 분석 전체 과정은 아래 그림에서 나타낸 것과 같이 시스템 정의에서부터 시작하여, Hazard 도출, 결과와 손실 분석, Risk 평가, THR(Tolerable Hazard Rate) 할당, 원인 분석, SIL 할당까지의 모든 과정을 포함한다. 즉, Safety 평가 활동의 목표가 사고의 발생빈도와 심각도를 나타내는 Risk 를 허용 가능한 수준으로 만드는 Safety 확보라 할 수 있으므로, 아래 그림 일련의 과정이 Safety 활동 체계의 전반이라 해도 과언이 아니다.

아래 그림에서 운영자와 제조자가 수행해야 되는 과정이 나누어 있긴 하지만, 이것은 이상적인 경우이고 실제적으로는 엄격한 구분 없이 모든 과정을 적절하게 함께 수행하고 있다.



[그림 19] 프로세스 개요 (EN 50129/ IEC 62425)

Risk 는 시스템의 Safety 활동을 통해 허용범위 내로 존재하도록 시스템의 전 수명주기를 거쳐 Hazard 가 관리되어야 한다. 기술적인 시스템들이 결함과 고장으로부터 자유롭지 않기 때문에, 잔존 Risk 는 시스템에서 수용되어야만 한다. IEC 61508, EN 5019 와 같은 확립된 기준에 대해 Risk 지향적인 접근법은 철도기관이나 사회의 기준이 수용할 만한 산물의 최대 위험수준을 허용할 것이다. 이 위험수준을 허용 가능한 Risk(Tolerable Risk)라 정의한다.

3.4.1 Hazard 도출

Hazard 를 도출하기 이전에 관련 시스템의 영역과 시스템 주변환경과의 상호 관계를 이해할 필요가 있다. Hazard 를 도출할 때에는 지금까지 도출해보지 않았고 잠재적으로 Hazard 가 될 수 있는 상호작용에 대해 항상 살펴보아야 한다. 체계적이고 이해 가능한 Hazard 도출 단계가

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

없이는 Hazard 의 분석절차 프로세스의 효과를 현저히 반감시킬 수 있다. 최악의 경우 안전에 대한 오해와 잘못된 자신감을 형성할 수 있다. Hazard 를 도출할 때는 정상상태 운영 단계만으로 국한시키지 말고 철도에 설치된 시점부터 유지보수, 업그레이드를 포함하여 최종 사용중지까지의 시스템 수명주기 모든 측면을 고려해야 한다. Hazard 의 체계적인 도출은 크게 경험적인 측면과 창의적인 측면으로 수행될 수 있고 상호보완적으로 적용을 할 수 도 있다.

도출된 Hazard 는 일단 목록으로 작성되어야 한다. Hazard 기록은 보통 Hazard 목록을 통해 유지관리 되어야 한다. 각 Hazard 는 대개 몇 가지 위험요인으로 분류할 수 있다. 많은 수의 Hazard 가 도출되었을 때는 하나의 Hazard 에 속한 여러 개의 요인들로 별도로 도출하지 않았나 검토해 보아야 한다. 가장 중요한 Hazard 의 분석에 노력을 집중시키기 위해서는 Hazard 에 대한 순위를 정해야 한다. 이 Hazard 분석의 여러 단계들은 순위가 높은 Hazard 에서부터 순서대로 적용되어야 한다.

3.4.1.1 경험적 Hazard 도출

경험적 Hazard 도출은 주로 과거의 지식과 경험에 의존하여 잠재적인 위험을 도출하는 것이다. 일성적인 업무에 대해서는 경험적 Hazard 파악으로 충분할 수 있으나 신규 또는 변경 업무에는 일반적으로 좀 더 창의적인 형태의 Hazard 도출이 필요하다. 경험적 Hazard 도출방법은 아래사항을 포함한다.

- Checklist
- 체계적인 예행연습
- 시스템에 대한 고장모드영향분석(FMEA)

FMEA 는 위험한 상황으로 전개될 수 있는 개별 부품 고장 또는 인적 오류를 도출한다. 그러나 이 기술은 인적 오류를 포함하여 부품과 하부시스템의 고장모드에 대한 상세한 지식을 필요로 한다. 본 시스템의 Hazard 도출에 대해서는 경험적 Hazard 도출방법을 사용하였다.

3.4.1.2 창의적 Hazard 도출

창의적 Hazard 도출 방법은 측면과 상상적인 창의성을 고양시키는 체계적인 기술이다. 이상적으로 이 방법은 팀 단위 접근법을 사용하여 개개인들의 다양하고 보완적인 배경지식을 활용해야 한다. 이 방법은 다음과 같은 과정을 포함한다.

- 브레인스토밍(Brainstorming)
- Hazard 및 운용성 연구(HAZOP Study)

3.4.1.3 상호 보완적 Hazard 도출

FMEA, HAZOP Study 의 2 가지 기법은 Hazard 도출을 위한 이상현상의 분석기준을 FMEA 에서는 고장모드(Failure Mode), HAZOP 에서는 Guide Word 를 사용한다는 점에서 차이가 있다. 전자 부품과 같이 고장의 일반적인 패턴이 존재하는 경우에는 고장모드의 사용이 용이하며, 인터페이스사양과 운영시나리오와 같이 경우의 수에 대한 누락을 최소화 하기 위한 대상에는 Guide Word 의 적용이 용이하다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

일반적으로 시스템 내부의 Hazard 는 완벽하게 식별될 수 없다. 따라서 여러 가지 방법들을 고루 사용하는 것이 최선이며, HAZOP Study 와 FMEA 는 서로 상이한 관점에서 시스템 이해에 대한 실수를 방지하기 위해 상호 보완적으로 사용된다.

3.4.2 예비위험원분석(PHA: Preliminary Hazard Analysis)

PHA 는 변경작업으로 발생된 Risk 범위와 폭을 측정하기 위해 주요 설계가 시작되기 전인 프로젝트 시작시점에 수행해야 한다. 분석을 하기 위해서는 시스템의 기능과 구성 그리고 사람과 타 시스템과의 인터페이스 전체에 대한 상위 레벨 설명서가 필요하다. PHA 과정동안 수행되는 Hazard 분석 활동은 도출된 Hazard 에 대한 심각도 및 발생빈도의 초기평가를 수행해야 한다. 이상적으로 보면, PHA 는 초기 안전 요구사항 구성 프로세스를 지원하고, 도출된 Hazard 각각의 가능성에 대해 목표치를 제공해 주어야 한다. 결과는 향우에 어디에서 정량화 분석이 필요한지를 결정하는데 사용되고, 시스템의 상세설계가 진행됨에 다라 반복하고 보완되어서 완전한 분석과 Risk 평가가 수행될 수 있도록 한다.

3.4.2.1 PHA 배경

PHA 는 시스템 Safety 이론의 역사 초기에 수립되었다. 그것은 MIL-STD-882 개발자들에 의해 공식적으로 제정되었고 보급되었다. PHA 는 세부사항의 예비단계에서 수행되기 때문에 처음에는 전반적인 위험요소 분석(GHA: General Hazard Analysis)라 불리기도 했다.

PHA 는 일반적으로 기본설계에 바탕을 두며, 향후 상세하게 설계될 시스템에 대해 사고의 Risk 결정에 영향을 주기 위하여 보통 시스템 개발 초기단계에 생성된다.

PHA 는 숙련된 Safety 작업자에 의해 주어진 시스템에 방법론적으로 적용됐을 때, 한정된 유효 설계 데이터에 근거하여 시스템 Hazard 를 면밀하게 확인할 수 있다.

PHA 는 시스템 Hazard 대부분을 확인한다. 나머지 Hazard 는 보통 그 이후 Hazard 분석이 시행되거나, 상세설계 단계에서 도출된다.

프로젝트 및 연구의 초기에 모든 시스템 Hazard 를 확인하고 경감시키기 위한 목표를 보완하기 위하여, 심각도와 비용에 상관없이 모든 프로그램에서 PHA 가 권장된다.

PHA 는 지속적으로 반복될 Hazard 분석과 Safety 활동을 위한 출발점이 된다.

3.4.2.2 PHA 목적

PHA 는 시스템 개념설계 시 안전요구사양의 도출을 위해 시스템의 기능요구사항, 인터페이스 요구사항, 운영시나리오를 토대로 발생할 수 있는 Hazard 를 예측하고, 각각의 Hazard 에 대하여 대상시스템의 Safety 활동을 통해 Risk 를 감소시킬 수 있는지의 여부를 판단하여, Risk 감소를 위한 안전요구사항의 도출이다. PHA 의 목적은 대상시스템의 Safety 활동에 적용할 최상위 Hazard 를 도출하기 위한 과정이다. Safety 활동의 결론부분에서 정리되는 Hazard Log 에서는 PHA 에서 도출된 최상위 Hazard 를 대상으로 Hazard 별 Risk 가 허용할 수 있는 수준으로

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

제어되었는지의 유무를 기준으로 작성된 Hazard Log 를 근거로 Safety 확보를 판단하므로, 최상위 Hazard 도출을 위한 과정의 건전성이 중요시된다.

PHA 는 대상시스템의 기능요구사항 및 운영시나리오를 바탕으로 철도에서 발생할 수 있는 Hazard 데이터를 바탕으로 실행한다. PHA 의 목적은 일반적인 철도관련 Hazard 에서 대상 시스템의 Safety 활동을 통해 Hazard 로 인한 Risk 의 크기를 감소시킬 수 있는 Hazard 를 분류하는 것이다. PHA 는 대상시스템과 관련하여 기존 Hazard 데이터 및 철도시스템에 일반적으로 내재되어 있는 Hazard 중 대상 시스템 내부에 안전대책을 적용하여 Risk 를 완화시킬 수 있는 Hazard 를 도출하여 목록화 한다. 따라서 PHA 보고서를 통해 대상 시스템으로 인해 발생할 수 있는 시스템 수준의 Hazard 를 도출하고 도출된 Hazard 의 Risk 를 예측하며, Risk 완화를 위한 안전대책을 통해 대상시스템의 수명주기 별 안전요구사항을 제시할 수 있다.

3.4.2.3 PHA 수행

시스템 안전관리의 설계단계에서 수행하는 예비위험분석(Preliminary Hazard Analysis, PHA)은 광범위한 정성적 분석으로서, 관리대상이 되는 핵심 안전위험 부붐을 확인하고, 위험조건의 초기 평가와 필요한 위험요인의 관리 및 후속 조치를 판단하기 위하여 수행하는 것으로서, 일반적으로 철도시스템 적용하는 예비위험분석 절차 및 사례를 그림 9 와 그림 10 에 제시한다.

입력자료	● 철도시스템에 대하여 일반적으로 고려되는 가능한 사건들의 리스트 ● 시스템 연구의 경계 규정 ● 시스템의 운영 및 유지보수 단계의 정의 ● 위험조건의 심각도 수준(gravity)정의 ● 시스템에 대한 설명 - 시스템의 가능흐름도 (Functional Flow Diagram) - 기존시스템에 대한 제품분해구조(Product Breakdown Structure: PBS)

↓

PHA 분석	① 철도시스템에 대하여 일반적으로 고려되는 가능한 사건들 중에서 하나의 잠재적 사 건을 선택 ② 운영과 정비단계에 따른 어떠한 발생 가능성을 조사 ③ 운영과 정비조건으로 분해된 시스템의 대치와 선택된 잠재적 사고를 일으키는 모든 불안전 사건의 규정 ④ 불안전 사건의 기술 ⑤ 각 불안전 사건과 관련된 영향의 규정 ⑥ 각 불안전 사건과 일치하는 위험 수준의 평가 ⑦ 안전 대책의 수행을 고려하지 않은 빈도 수준의 평가 ⑧ 안전 기준의 정의 : 각 불안전 사건을 제거하거나, 최소화 하거나 또는 통제하기 위 하여 수행되어야 하는 대책에 관한 제안 ⑨ 안전 대책의 수행 후에 기대되는 빈도 수준의 평가

↓

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

출력자료	● 불안전 사건들의 리스트와 관련된 위험조건의 심각도 수준과 발생빈도 ● 잠재적으로 위험한 요소들의 리스트 ● 각 위험 요소에 대한 안전 기준의 정의

<그림 9> 철도시스템 예비위험분석(PHA) 절차

기본위험분석(PHA) - Hazard Log						
사고유형	**위험사건**	**운영조건**	**위험요인**	**빈도**	**피해**	**개선대책**
. 사상사고 -공중 (불법침입) -여객 (추락/실족) -직무	. 저속출발 출입문개방 . 고속운행 출입문개방 미잠금 . 출입문고장	1. 정상조건 -본선 -측선 -정거장 -터널 -교량 2. 이상조건 -구원견인 -기관차단행 -승객탈출/대피 3. 유지보수조건 -열차(차량기지) -궤도/전기/신호	. 승객 부주의 . 기관사 출입문 개방 출발 . 출발역 출입문 개방 미확인 . 출입문 개폐 장치 오동작 . 경보기 고장	F:자주 발생(>5) P:가끔 발생(2-4) R:가능성 있음(1) I:가능성 적음(0)		SR:안전설비 보완 DE:설계보완(시험) ST:규정/규격 보완 OP:운영절차 보완 ET:기타 보완

고장유형 및 치명도 분석 (FMECA)	. 고장유형 -신호불량 9 동작정상) -신호오류(동작이상) -장치고장(신호정상) -장치고장(신호이상)	. 고장원인 -접촉센서이상 -접촉센서고장 -기계적고장 -경보센서고장	. 시스템 영향 -닫힘,잠금 오신호 -닫힘,잠금 오동작 -출입문 동작불능 -출입문 사용불능	. 대책/조치 -출발 전 점검 -제품 신뢰성 개선 -유지보수 Fail-Safe 기능부가 -취급절차개선

<그림 10> 철도시스템 예비위험분석(PHA) 사례>

① 미국 FRA 철도사고 원인 및 위험 분석

▪ 열차사고 원인 분류 코드

궤도 노반 구조	노반	T001~T099(3 항)	신호 및 통신		S001~S099(14 항)
	궤도 구조	T101~T199(14 항)	열차운영 인적요소	제동, 사용	H008~H099(9 항)
	Rail, Joint Bar Rail Anchoring	R201~T222(23 항)		직원건강조건	H101~H199(5 항)
				신호방식	H201~H299(18 항)
	전철기, 절환기 궤도기기	T301~T399(20 항)		선로전환규칙	H301-H399(16 항)
	기타 구조물	T401~T499(4 항)		주요 궤도 점유권한	H401~H499(7 항)
기계적 전기적 고장	제동장치	E00C~E09L(22 항)		열차/취급/저성	H501~H599(27 항)
	무개화차부수차 또는 컨테이너	E11C~E19C(4 항		속도	H601~H699(7 항)
	차체(Body)	E20C~E29L(18 항)		전철기사용	H701~H700(6 항)
	연결기 및 견인 시스템	E30C~E39L(18 항)		기관실신호	H821~H899(5 항)

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

	대차 구성품	E40C~E49L(22 항)	기타원인	기타(인적요소)	H991~H999(6 항)
	축/저널베어링	E41C~E59L(12 항)		환경조건	M101~M199(6 항)
	차륜	E50C~E69L(22 항)		적재 절차	M201~M299(8 항)
	기관차	E60C~E79L(9 항)		건널목사고	M301~M399(8 항)
	출입문	E80C~E89C(8 항)		비정상 운영상황	M401~M410(10 항)
	일반기계/전기고장	E99C~E99L(2 항		기타	M501~M599(6 항)

▪ 환경코드

물리적 행동환경 상해시 수행 작업	01-99(74 항)	사건 환경	01~99(68 항)
		공구,기계,기구,구조,표면 환경	01~99(34 항)
위치환경	Ⅰ작업 위치(A~Z, 19 항) Ⅱ궤도작업 종류(01~99, 34 항) Ⅲ사상자 발생위치(A1~X9, 37 항)	상해/질병 환경의 추정원인	01~99 항(11 항)

② 영국의 철도사고 원인 및 위험 분석

백년이상의 철도 운영 경험과 그 동안 축적된 사고 자료를 바탕으로 영국철도안전그룹에서는 철도시스템의 잠재사고를 크게, 열차사고, 이동중사고, 비이동사고로 분류하고 각각을 다시 세분하여 총 110 가지의 사고 유형으로 분류하고 있다.

(ㄱ) 열차사고

위험분류번호		위험사건 내용	사고유형
HET	1	승객열차간 충돌	충돌사고
HET	2	승객열차-비승객열차간 충돌	
HET	3	비승객열차간 충돌	
HET	4	선로상의 물체와 충돌(탈선은 안됨)	
HET	5	큰물체와의 충돌로 차체가 손상됨	
HET	6	정거장내에서의 승객열차간 충돌(permissive working)	
HET	7	정거장내에서의 승객열차-비승객열차간 충돌	
HET	8	정거장내에서의 비승객열차간 충돌	
HET	9	buffer stop 상태에서의 충돌	
HET	10	건널목에서의 차량-승객열차간 충돌	건널목사고 (차량충돌)
HET	11	건널목에서의 차량-비승객열차간 충돌	
HET	12	승객열차 탈선	탈선사고
HET	13	비승객열차 탈선	

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

HET	14	정거장에서의 승객열차 탈선	
HET	15	정거장에서의 비승객열차 탈선	
HET	16	비정상적 급감속, 가속	
HET	17	정거장에서의 승객열차 화재	열차화재
HET	18	승객열차 화재	
HET	19	구조물 또는 큰물체에 의한 열차 파손	
HET	20	화물열차 화재	
HET	21	정거장에서의 구조물 붕괴	설비사고
HET	22	정거장에서의 구조물 붕괴	
HET	23	승객열차에서의 폭발	폭발사고
HET	24	화물열차에서의 폭발	

(ㄴ) 이동사고 (movement accident)

위험분류		위험사건 내용	사고유형
HEM	1	정차후 대피(evacuation)	여객사상
HEM	2	주행열차로부터 승객 추락	
HEM	3	열차외부에 기대어 있다가 승객 타격(struck)	
HEM	4	열차 창을 통한 물체에 의한 승객 타격	
HEM	5	열차 출입문에 승객 끼임	
HEM	6	열차와 플랫포옴 사이에 승객 추락	
HEM	7	정거장에서 열차로부터 선로 위로 승객 추락	
HEM	8	승객이 플랫포옴으로부터 추락하여 열차에 치임	
HEM	9	탑승중 승객 추락/부상	
HEM	10	플랫포옴 상에서 물체에 맞음	
HEM	11	승객이 정거장내 선로 건널목을 지나다 열차에 치임	
HEM	12	일반대중 무단 진입자가 정거장내 선로건널목에서 열차에 치임	
HEM	13	열차 과밀	
HEM	14	승무원 열차에 치임	직무사상
HEM	15	주행열차로부터 승무원 추락	
HEM	16	탑승 중 승무원 추락/부상	
HEM	17	열차외부에 기대어 있다가 승무원 타격(struck)	
HEM	18	열차 창을 통한 물체에 의한 승무원 타격	
HEM	19	작업자 열차에 치임	

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

HEM	20	작업자 비상 물체에 맞음	
HEM	21	열차와 플랫포옴 사이에 작업자 추락	
HEM	22	정거장에서 열차로부터 선로 위로 승무원/작업자 추락	
HEM	23	열차 출입문에 선로작업자 끼임	
HEM	24	선로장비/운반차 외부에 기대어 있다가 작업자 타격(struck)	
HEM	25	RCI 작동중 성인 무단진입자 타격	공중사상 (불법침입)
HEM	26	RCI 작동중 아동 무단진입자 타격	
HEM	27	건널목 (level crossing)에서 열차에 공중 치임	
HEM	28	건널목 보도 (footpath crossing)에서 열차에 공중 치임	
HEM	29	RCI 작동에 의해 RCI 밖의 공중 타격	
HEM	30	열차에 불법 승차중 공중 추락	
HEM	31	공중 자살(평결된)	
HEM	32	RCI 로부터의 물체에 공중 타격	

(ㄷ) 비이동사고 (non-movement accident)

위험분류		위험사건 내용	사고유형
HEM	1	선로변 화재(정거장 밖)	화재사고
HEM	2	선로변 화재(정거장 내)	
HEM	3	정거장내 화재	
HEM	4	선로변 폭발	폭발사고
HEM	5	정거장내 폭발	
HEM	6	위험물질 누출에 의한 승객 폭발 노출	여객사상
HEM	7	정거장 내 위험물질에 의한 승객 폭발 노출	
HEM	8	정거장 내 승객 전기 아크에 노출	
HEM	9	정거장 내 승객 전기 감전(OHL)	
HEM	10	정거장 내 승객 전기 감전(conductor rail)	
HEM	11	정거장 내 승객 전기 감전(non-traction supply)	
HEM	12	정거장 내 승객 연기 유독가스에 노출	
HEM	13	정거장에서 선로 위로 승객 추락(열차 부재시)	
HEM	14	승객이 미끄러짐, 넘어짐, 추락	
HEM	15	정거장내 고가로부터 승객 추락	
HEM	16	정거장내 소개 중 승객 추락	
HEM	17	정거장내 과밀에 의한 승객 압착	
HEM	18	위험물질에 승무원 노출	직무사상
HEM	19	정거장 내 승무원 전기 감전(conductor rail)	
HEM	20	정거장 내 스움원 전기 감전(overhead line)	

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

HEM	21	구조물붕괴 또는 큰 물체에 의한 작업자 타격	
HEM	22	기계에 작업자 끼임	
HEM	23	플랫포옴 상에서 작업자가 끼이거나 압착되거나 맞음	
HEM	24	작업자가 미끄러짐, 넘어짐, 추락(<2m)	
HEM	25	작업자가 미끄러짐, 넘어짐, 추락(>2m)	
HEM	26	열차 이외의 탈것에 작업자 치임	
HEM	27	작업자 화상	
HEM	28	불꽃에 작업자 노출	
HEM	29	위험물질에 작업자 노출	
HEM	30	작업자 감전 (conductor rail 과 접촉)	
HEM	31	작업자 감전 (OHL 과 접촉)	
HEM	32	작업자 감전 (non-traction supply 와 접촉)	
HEM	33	작업자 질식 또는 물에 빠짐	
HEM	34	폭발에 작업자 노출	
HEM	35	RCI 상에서 작업자가 교통사고 당함	
HEM	36	. RCI 내에서 성인무단진입자 추락	공중사상 (불법침입)
HEM	37	성인무단 진입자 전기 감전 (OHL 과 접촉)	
HEM	38	성인무단 진입자 전기 감전 (conductor rail 과 접촉)	
HEM	39	성인무단 진입자 전기 감전 (비전차선전기와 접촉)	
HEM	40	RCI 내에서 아동무단진입자가 추락	
HEM	41	아동무단진입자 전기감전 (OHL 과 접촉)	
HEM	42	아동무단진입자 전기감전 (conductor rail 과 접촉)	

③ SNCF 의 열차운영상의 사고 원인 및 위험 분석

프랑스는 지난 20 년간의 TGV 열차운영과 관련하여 발생한 사고유형을 25 가지로 구분하고 163 개의 사고위험요인(PHA)을 분석하고 고장모드(FMECA)를 분석하였다.

사상사고	1. 열차에서 승객추락 (충돌, 탈선 제외)	2. (승강장에서)차량 승차중 승객의 추락 또는 충돌	3. (열차에서)승강장 하차중 승객의 추락 / 충돌
	4. 수송 중 승객 또는 직원의 일반 부상	5. 승강장에서 공중의 추락 / 충돌, 혹은 선로변 작업자와의 충돌	
탈선사고	6. 유도설비 고장으로 인한 탈선	7. 과속으로 인한 탈선	8. 외부조건으로 인한 탈선
충돌사고	9. 선로 / 역구내 설치된 영구 장애물과의 충돌	10. 선로 / 정거장내 비-영구 장애물과의 충돌	11. 후방 충돌
	12. 정면 혹은 측면 충돌	13. 비정상적 가속 혹은 감속 (충돌제외)	
화재사고	14. 기관차 화재	15. 차량화재	16. 터널내 화재

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

	17. 필요시 대피불가능		
기타사고	18. 차량에서 폭발	19. 비정상적 외부환경으로 인한 공기 오염	20. 비정상적 내부환경으로 인한 공기의 오염
	21. 차량 승차 중 감전	22. 난청	23. 전차선 손상
	25. 차량 내부설비의 충격감항성	26. 기타 원인에 의한 탈선 및 충돌	

▶ 프랑스 SNCF 의 열차운행 관련 위험분석

위험사건	구분	위험 상황/요인
1 열차에서 승객 추락 (충돌, 탈선 제외)	1.01a	열차속도<5kph 이하에서 출입문 개방
	1.01b	열차속도>5kph 이상에서 출입문 개방 또는 잠기지 않은 상태
	1.02	출입문 통제시스템 고장
2. (승강장에서)차량 승차도중 승객의 추락 또는 충돌	2.01	출입문 오작동(승객 앞에서 닫힘)
	2.02	차량과 승강장사이 공간에 발/다리가 빠진 승객
	2.03	미끄러운 바닥에서(기름, 얼음) 넘어진 승객
3. 열차에서 승강장으로 하차도중 승객의 추락 또는 충돌	3.01	차량과 승강장사이 공간에 발/다리가 빠진 승객
	3.02	미끄러운 바닥에서(기름, 얼음) 넘어진 승객
	3.03	출입문 오작동(승객 앞에서 닫힘)
	3.04	열차 출발시, 승강장 반대쪽 출입문을 무심코 사용하는 승객
	3.05	출입문 열림/닫힘 상태를 유지하는 기구 고장

3.4.3 FMEA

FMEA 는 서브시스템, 부품, 컴포넌트, 혹은 기능들의 잠재적 고장 상태의 영향을 측정하기 위한 도구이다. 이것은 주로 종합적인 시스템 신뢰도에 부정적인 영향을 주는 고장 상태를 확인하기 위한 도구이다. FMEA 는 정량적인 분석을 위해 각각의 고장상태에 대한 고장률을 포함하는 특성을 가지고 있다. 게다가 FMEA 는 시스템 Hazard 와 같이 원치 않은 시스템 상태에 의한 고장상태를 측정하기 위해 확장될 수 있으므로 Hazard 분석에도 사용될 수 있다. 즉, FMEA 는 부품 그 자체에 고장 발생원인이 개입되는 것을 피하기 위한 기법인 것이다.

FMEA 의 확장된 버전은 FMECA(Failure Mode, Effects And Criticality Analysis)이다. 이것은 위험과 잠재적 고장상태의 발견을 다를 때의 자세한 분석과 정보가 포함된 더 많은 정보를 요구한다. FMEA 방식은 제품고장이나 프로세스 고장의 위험률을 줄이기 위한 활동의 우선순위를 정하기 위해 제품과 프로세스의 설계나 기능에 초점을 맞춘 체계적인 상향식

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

기술이며 분석을 기록하고 권고된 설계 변경을 저장하는 도구이다. 이 기법은 시스템이 고장나는 경우에 고장이 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 한다.

FMEA 를 위한 단계는 아래와 같다.

- 구성요소의 선택
- 기능의 확인
- 고장모드의 선택
- 지역적인 확인(결함이 시스템의 다른 부분에 즉시 영향을 주는 것)
- 시스템적 확인(시스템 전체에 대한 영향)
- 결함이 영향을 차단하기 위한 방법 확인
- 권고안 작성

FMEA 는 일반적으로 개인에 의해 수행되지만 팀에 의해 수행되기도 한다. 또한, FMEA 는 Hazard 확인을 위한 시스템적 기술에 가장 널리 사용되는 많이 알려진 기술이다. FMEA 는 시스템 전체를 대상으로 하는 경우 많은 시간이 소요되며, 단일 결함에 대한 영향분석과 공통고장모드는 적용할 수 없다는 단점을 가지고는 있다.

3.4.3.1 FMEA 배경

FMEA 는 미군에 의해 예측분석 기술로서 개발되었다. 1949sus 11 월 9 일에 “Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis”라는 제목의 군 처리절차 MIL-P-1629(현재는 MIL-STD-1629A)가 등장하였다. 이것은 시스템과 설비 고장의 영향을 결정하기 위한 신뢰도 평가 기술로서 사용되었다. 항공우주 산업과 로켓개발에 사용된 FMEA 는 비싼 로켓 기술의 오류를 파하는데 도움을 주었다.

1960 년대 FMEA 의 사용은 우주제품 개발에 있어 Pinto 종합 자동차 가스 저장소 폭발사고 이후 포드 자동차 회사가 안전과 규범에 관련하여 FMEA 를 재도입 하였다. 또한, 포드 자동차 회사는 FMEA 를 디자인 개선뿐만 아니라 제품개선에서도 효과적으로 사용하였다.

3.4.3.2 FMEA 목적

FMEA 가 구성과 동작 단계에서 행하여지는 상세한 분석이기 때문에 이 기술은 세부설계 위해요소 분석 유형에 해당한다. 이를 FMECA 라고도 한다. FMECA 는 발생 가능한 고장상태 감지 도구의 평가는 물론 각각의 고장 상태에 대해 위험성 평가를 추가하는 것을 제외하고는 기본적으로 FMEA 와 같다.

FMEA 의 목적은 수용 불가능한 신뢰성이나 Safety 또는 잠재적 고장 상태로 발생하는 작동 때문에 설계변경이 필요한가를 결정하기 위하여, 고장상태의 영향을 평가하는 것이다. 컴포넌트 고장률이 검증된 잠재적 고장상태에 도달했을 때, 서브시스템 또는 컴포넌트의 고장확률이 유도될 수 있다. FMEA 는 본래 고장상태가 신뢰도에 미치는 영향을 결정하기 위해 개발되었으나, 이것은 또한 잠재적 고장 상태로 인한 재난 위험요소 확인에도 사용될 수 있다. 엔지니어는 FMEA 를 시행할 때, 잠재적 고장 유형과 심각도를 확인하고 치명적인 특성을 확인한 후 잠재적

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

설계 및 공정 결함을 조사 하여 제품/공정의 주요 문제점을 제거하고 문제점 발생을 예방하도록 조치한다.

FMEA 는 원하는 모든 상세 설계 단계-서브시스템, 부품, 설비, 또는 컴포넌트와 같은 어떠한 시스템이나 장비에도 적용될 수 있다. 고장률은 각각의 내부적인 컴포넌트에서 쉽게 발생하기 때문에 FMEA 는 일반적으로 부품이나 설비 단계에서 시행된다.

FMEA 는 정량적 Safety 분석을 적용할 수 있는 부품이나 설비에 대해 양적인 신뢰도 예측을 제공한다.

FMEA 는 하드웨어와 공정분석에 더 적합하기는 하나, 소프트웨어 동작의 고장을 평가할 때는 소프트웨어 분석에도 사용될 수 있다.

FMEA 는 개별적인 잠재 고장 상태의 평가에서는 완벽하며 신뢰도 정보를 제공한다. 그러나 재난이 일반적으로 고장들의 조합으로 인해 발행함에도 불구하고, 이 기술은 단지 단일항목의 고장만을 고려하고 각 항목고장의 조합은 고려하지 않기 때문에 이 기술이 완전한 Safety 를 보장하지는 못한다. 또한, FMEA 는 고장 이외의 사고(즉, 타이밍 오류, 발열, 과전압 등)로 인한 재난을 고려하지 않는다. FMEA 는 어렵지 않지만 시스템 안전 개념에 대한 지식은 물론 고장과 고장 상태이론, 위험요소 분석 이론에 대한 기본적인 이해는 필수적이다. 추가적으로 시스템 설계와 운영에 대한 자세한 이해도 요구된다.

FMEA 는 예상 가능한 잠재적 고장상태를 분석하고 고장형태와 그 영향을 분석하는 기법이다. 고장상태에 대한 엄격하고 개연성 있는 평가는 정확한 작업을 위한 우선순위 리스트를 제공한다. 또한, FMEA 는 잠재적 고장 상태로부터 일어날 수 있는 위험요소를 확인하고 결과적인 재난 위험률을 평가하기 위해 확장될 수 있다. 그러나 유의할 것은 위험이 복합적인 위험요소와 고장 상태 이외의 사건들로 인해 발생함에도 불구하고, 이것은 단지 단일 항목 고장 상태만을 고찰하기 때문에 FMEA 가 모든 시스템 위험요소를 확인하지는 못한다는 것이다. 이러한 이유로, 위험요소를 확인할 때, FMEA 가 단일한 도구로서 제시되지는 않는다. FMEA 가 다른 위험요소 분석 기술과 결할 될 때에만 위험요소 분석에 사용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

3.5 Risk 정량적 평가 사례

위험도 평가의 목적은 분석 결과들을 위험도 수용기준과 비교한 뒤 체계적이고 납득 가능한 THR 을 산출하는 것이다. 위험도 평가의 목표는 다음과 같이 정리된다.

- 위험원에 대한 THR 을 시스템 한계에 가깝게 규명함.
- 각각의 Risk 가 허용 가능한지 여부를 검토함.

위험도 평가는 위험원분석 단계인 PHA, SHA, SSHA, IHA 등의 분석 sheet 에서 적용된다.

위험도 평가 다음과 같은 방법을 적용할 수 있다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

- 위험도 그래프
- 위험도 매트릭스
- 위험도 우선 수
- BP-risk

3.5.1 위험도 그래프

위험도 그래프는 각 안전기능에 대해 의무적 위험도 감소치를 SIL 의 형태로 산출하고, 이를 위해 다음의 4 가지 영향요인을 정성적으로 평가한다.

- 피해규모 S
- 지속시간 A
- 위험방지 G
- 예측치 못한 사태의 발생확률 W

위험도 그래프는 정성적으로 평가를 수행하게 되는 방법으로 평가자의 주관에 의해 평가가 이루어지는 단점을 가지고 있어 현재 유럽에서 적용되지 않는 방법이다.

3.5.2 위험도 매트릭스

위험도 매트릭스는 IEC62278 에서 예를 든 위험도 평가 방법으로 발생빈도와 피해 치명도에 의해 평가가 이루어진다.

발생빈도	위험도 수용기준			
빈번함	바람직하지 않음	허용불가	허용불가	허용불가
가능성 있음	허용가능	바람직하지 않음	허용불가	허용불가
때때로	허용가능	바람직하지 않음	바람직하지 않음	허용불가
가능성이 희박함	무조건 허용	허용가능	바람직하지 않음	바람직하지 않음
가능성이 없음	무조건 허용	무조건 허용	허용가능	허용가능
존재하지 않음	무조건 허용	무조건 허용	무조건 허용	무조건 허용
	무시 가능	한계적	치명적	재난 수준
	치명도			

위험도 매트릭스는 다음의 사항을 신중히 고려하여 적용하여야 한다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

- 위험도 매트릭스는 개별 활용 시마다 교정되어야 한다. (이유로는 일반적으로 정의된 위험도 수용기준이 없기 때문)
- 매트릭스 정의 시, 주관적 성향이 개입될 가능성이 있다. (따라서 안전 계획서를 고객에게 승인을 받을 경우 고객은 이에 대한 확인이 필요함.)
- 위험도 매트릭스는 위험도를 과대평가하는 경향이 보일 수 있다. (이유로는 감소지수 등의 변수가 적용될지 않았기 때문)

3.5.3 위험도 우선 수(RPN)

위험도 우선 수는 자동차와 소프트웨어 개발 분야 등에서 FMEA 를 위험도 평가방법으로 확장시키는 방법으로 적용될 수 있으며, 흔히 FMECA 라 칭한다.

위험도 우선 수는 예상 가능한 모든 고장모드에 대해 발생빈도(H), 해당 고장을 발견할 가능성(O) 그리고 예측되는 피해정도(S)를 1~10 까지 정수 중 선택하여 다음의 공식에 따라 위험도 우선 수를 산출한다.

$$RPN = H * O * S$$

위의 공식으로 산출된 값은 고장모드의 치명도(1~1000)에 적용된다.

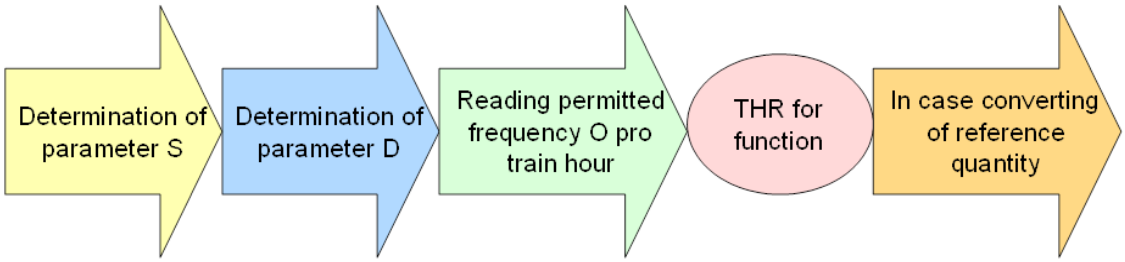
3.5.4 BP-risk

정량적 리스크분석의 실행 과정에 접어들면 모델링한 변수의 개수가 증가함에 따라 비용이 증가할 뿐 아니라 결과의 정확도도 대체로 떨어지는 것을 알 수 있다. 이유는 정량 분석에 필요한 데이터가 충분히 확보되지 않기 때문이다. 이미 항공기분야에서는 적어도 영향분석 및 피해분석에 있어, 이 과정을 단순화하는 작업이 20 년 이상 계속되어 오고 있고, 그 결과는 매우 성공적이었다. 이런 점을 미루어 볼 때, 철도 분야에서도 단순한 방법을 모색해야 할 근거로 삼을 만하다.

또한 리스크 매트릭스, 리스크 그래프, RPN 과 같이 단순한 정성 분석 기법은 시스템 상에 커다란 약점이 내포되어 있음을 알 수 있다. 그 약점이란 다름 아닌, 이 기법이 누구나 용인할 수 있는 확고한 구성 원칙에 근거한 것이 아니라 구체적 응용 분야에서의 경험에 근거한 것이라는 것이다. 따라서 공학적 기준을 따르는 동시에 납득 가능한 새로운 정성적 분석기법을 작성할 필요가 있다.

기존의 정성분석 기법은 지나치게 엉성한 결과를 도출하는 약점도 있다. 그 원인 중 하나는, 활용된 변수들이 조밀하지 않다보니 사용자로서는 측정해야 할 대상이 너무 많아지기 때문에 제대로 된 평가를 하기 어려워지기 때문이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



THR 은 BP-risk 방법에 의해 결정될 수 있다. 이를 위해 적절한 변수를 결정해야만 한다.

계산 방법은 다음과 같다.

S (심각도) = E + V + A

D (완화도) = T + C + H

고장 빈도수는 고려하는 항목에 영향을 주는 기능의 시간 주기에 의존한다. 차상 기능 (예를 들면 속도 표시)은 연속적으로 동작하는 반면에 지상 기능 (예, 발리스, 전철기 등)은 일반적으로 시간 주기를 갖고 정의하게 된다. 즉, S+ D 에는 변환 값 (U)가 필요하게 된다.

BP-risk 최종 계산 공식은 다음과 같다.

O = S + D + U

(1) E 영역 (노출)

E	노출된 사람	설명/ 예
1	1 명	한 명
2	적은 수	철도 건널목에서의 사고 등
3	몇몇의	
4	많은 수	한 차량 혹은 적은 수의 차량에 대한 모든 승객
5	매우 많은 수	열차 한 편성의 모든 승객

(2) V 영역 (속도)

V	속도	설명/ 예
1	매우 낮은	걸음걸이
2	낮은	입환
3	적당한	회차 혹은 감시되지 않은 모드
4	중간	지선

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

5	높은	지역선
6	매우 놓은	본선

(3) A 영역 (사고)

A	사고유형	설명/ 예
1	장애물의 충격	구조물 궤간 내에서 발생하는 사람 혹은 물체와의 충돌. 승객, 철도차량 및 작업시 발생생하는 사고는 포함되지 않음
2	일반 차량과 충돌	일반 차량과 철도 차량간의 충돌 (건널목)
3	탈선	철도차량이 미끄러지거나 분리가 되는 것 차량이 두 개의 궤도로 움직일 때
4	충돌	두 개의 철도 차량의 앞뒤가 부딪혔을 경우

(4) T 영역 (지속)

T	위험원 지속	설명/ 예
1	매우 짧음	시스템 장애가 매우 적은 시간동안 검지된다. 대부분의 경우 위험 운행 시나리오가 발생한 후 즉시 검지된다.
2	짧음	한 시간 이내에 시스템 장애가 검지된다 (예를 들면 운영 요구 등).
3	중간	시스템 장애가 하루 운행시간 안에 검지된다 (예를들면 정기 시험 등).
4	장기간	이 방법은 전문가에 의해 다루어 지고 자문이 되는 경우에만 적용될 수 있다.

(5) C 영역 (운영조건)

C	운영조건(선로용량)	설명/ 예
1	매우 낮은 밀도	평균보다 매우 낮은
2	낮은 밀도	평균아래 (예, 지선)
3	중간 밀도	평균

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4	높은 밀도	평균 이상 (예, 본선)

(6) H 영역 (인적요소)

H	인적활동	설명/ 예
1	항상가능함	독립적 기술 시스템에 의해 교정활동이 지원됨
2	종종 가능함	예를 들면 진로 지식으로 인해
3	가능함	
4	간신히 가능함	오직 최상의 조건하에서 가능함

(7) 전환 값

U	기능형태	충격형태	설명
-1	기능은 열차에 연속적으로 충격을 줌	중앙기능	연동장치의 중앙기능
0		차상기능	차상장치
0	기능은 열차에 비연속적으로 충격을 줌	드문	탈선기
1		정기적	건널목
2		빈번한	전철기 신호기

O=S+ D+ U 로 얻어지는 값에 대한 THR 의 기준은 아래 표와 같다.

O=S+D+U	기능에 대한 THR	값	SIL
28	-	$1 * 10^{-12}$ / h	4
27	-	$4* 10^{-11}$ / h	4
26	-	$1 * 10^{-11}$ / h	4
25	1,000,000 년에 한 번	$1 * 10^{-10}$ / h	4
24	300,000 년에 한 번	$4 * 10^{-10}$ / h	4
23	100,000 년에 한 번	$1 * 10^{-9}$ / h	4
22	30,000 년에 한 번	$4 * 10^{-9}$ / h	4
21	10,000 년에 한 번	$1 * 10^{-8}$ / h	3

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

20	3,000 년에 한 번	$4 * 10^{-8}$ / h	3
19	1,000 년에 한 번	$1 * 10^{-7}$ / h	2
18	300 년에 한 번	$4 * 10^{-7}$ / h	2
17	100 년에 한 번	$1 * 10^{-6}$ / h	1
16	30 년에 한 번	$4 * 10^{-6}$ / h	1
15	10 년에 한 번	$1 * 10^{-5}$ / h	0
14	3 년에 한 번	$4 * 10^{-5}$ / h	0
13	1 년에 한 번	$1 * 10^{-4}$ / h	0
0	-	0	0

3.5.5 시스템 안전성의 구분 : 위험도 등급 분류

안전성은 사람에 대한 상해의 정도를 어떻게 보느냐 하는 가치관이 포함되기 때문에 각종 원인으로 시스템에 장애가 발생했을 때 그것이 사람에게 상해를 줄 확률(시스템 장애가 위험측의 장애일 확률이나 사람이 마침 그곳에 있을 확률도 고려하여)과 그 장애가 실제로 발생했을 때의 규모 정도의 조합으로 정의하고 있다.

예를 들면 표 3 과 같이 위험도를 몇 등급으로 분류하여 등급Ⅳ(무시가능:negligible)이면 문제없이 안전으로 인정, 등급Ⅲ는 수용 가능한(acceptable) 위험도로 안전한 시스템으로 인정하지만 등급Ⅰ은 도저히 수용 불가능한(unacceptable) 위험도로 위험한 시스템으로 간주한다. 그리고 등급Ⅱ를 안전한 시스템으로서 허용할(tolerable) 수 있느냐의 여부는 그 때의 경제적, 문화적 때로는 사회적 요인에 의존한다고 제안되고 있다.

<표 3> 시스템 위험도 등급분류(Risk Matrix)

빈 도	결과 심각도			
	파국적	위기적	한계적	무시 가능

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

빈번하게 발생	I	I	I	II
자주 발생	I	I	II	III
때때로 발생	I	II	III	III
극히 적게 발생	II	III	III	
발생 가능성 있음	III	III	IV	IV
발생하지 않음	IV	IV	IV	IV

② 발생빈도와 심각도 산정

사고분류체계에 따라 구분된 사고의 빈도와 피해 심각도를 결정하여야 한다. 사고빈도나 심각도는 발생가능성이나 피해정도에 따라 몇 개의 단계로 구분하는 방법과 대상 구조물의 수명기간, 과거 10 년 혹은 특정기간에 따른 값으로 표현하는 방법이 있다.

사고빈도는 FTA(Fault Tree Analysis)의 기법을 활용하여 결정할 수 있으며, 사고피해 심각도는 ETA(Event Tree Analysis)의 기법을 활용할 수 있다.

한편 중대사고의 경우 발생빈도가 낮아 사고사례로부터 위험도를 결정하기가 용이하지 않다. 이러한 사고빈도가 낮은 철도 화재, 충돌, 탈선과 같은 중대사고에 대한 사고피해예측은 사고시나리오에 기반을 두어 구축하여야 하며, 이때 많은 평가의 입력변수들이 불확실성을 포함하고 있다. 이들 불확실성은 위험도 예측 모델에 반영하여 예측된 값과 기간이 경과하여 확인된 위험도 값을 서로 비교하여 위험도 모델을 수정하여야 효율적인 위험도 예측이 가능하다.

③ 영국의 철도사고 위험도 정량평가 사례

위험도 평가는 나라별 특성을 반영한 사고분류 체계를 대상으로 하며, 표 4 는 영국의 SRM(Safety Risk Model)의 사고분류 사례로서 위험도가 높은 20 개 항목의 위험도를 제시하고 있다. 현재 영국의 RSSB(Rail Safety and Standard Board)에서 예측된 위험도 값과 기간이 경과하여 확인된 위험도 값을 비교한 결과 예측된 이험도 값이 10~20% 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 위험도 모델의 구성 시 불확실한 모델에 대해 보수적 자료를 사용한 이유 때문이다.

<표 4> 영국의 철도사고 위험도(연간 등가사망자 기준) 평가 사례

순서	내용	등가사망(명)
1	Passenger train collision with road vehicle on level crossing	3.9
2	Derailment of passenger trains	3.2
3	Collision between two passenger trains(other train in station)	2.7

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4	Abnormal dynamic force(ex. abnormal deceleration)	2.4
5	Derailment of freight trains on passenger lines	1.2
6	Collision between non-passenger train and passenger train	1.1
7	Collision of train with object on line	0.8
8	Non-passenger train collision with road vehicle on level crossing	0.5
9	Collision with buffer stop	0.5
10	Derailment of freight trains on freight only lines	0.4
11	Fire on passenger train	0.3
12	Derailment of ECS & Parcels trains on passenger line	0.2
13	Collision between two passenger trains in station	0.2
14	Fire on freight train	0.2
15	Explosion on freight train	0.2
16	Collision on freight train	0.1
17	Collision between two passenger trains(without TPWS)	0.1
18	Fire on passenger train at station	0.1
19	Train crashed by structural or large object	0.1
20	Explosion on passenger train	0.1

순	사고 분류	위험도
1	열차사고(Train Accidents)	17.5
2	운행사고(불법침입 제외)	63.1
3	비운행사고(불법침입 제외)	63.8
4	불법침입	62.0
계	(등가 사망)	206.4

④ 프랑스 SNCF 의 위험도 정량화 관리 사례

프랑스 SNCF 의 사고위험을 아래 3 가지 기준으로 정량화 하여 위험도를 관리한다.

- 사고(accident)나 사건(incident)의 심각성(G) : 사고결과(사상자, 운행차단) 평가
- 사고발생 가능성(P) : 고장형태에 따라 3 단계로 계량화
- 사고발생 횟수(O) : 경험을 토대로 한 년/월/주 단위로 구분
- 운행지장 시간(T) : 2 시간 미만, 23 시간 미만 및 24 시간 이상으로 구분

결과적으로 사고 위험도는 R = G × P × O × T 라는 공식을 형성하게 된다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

<표 5> SNCF 의 사고 위험도 수준 구분 및 정량평가 사례

적용 수치	2	4	6
심각성 (G)	열차운행의 부분 차단	부상자 및 열차운행 차단	사망자, 화재 등
사고발생 가능성 (P)	낮음	중간	높음
사고발생 횟수 (O)	1 년에 1 회 미만	최대 1 개월에 1 회	최대 1 주에 1 회
운행지장 시간 (T)	2 시간 미만	2 시간 이상 24 시간 미만	24 시간 이상

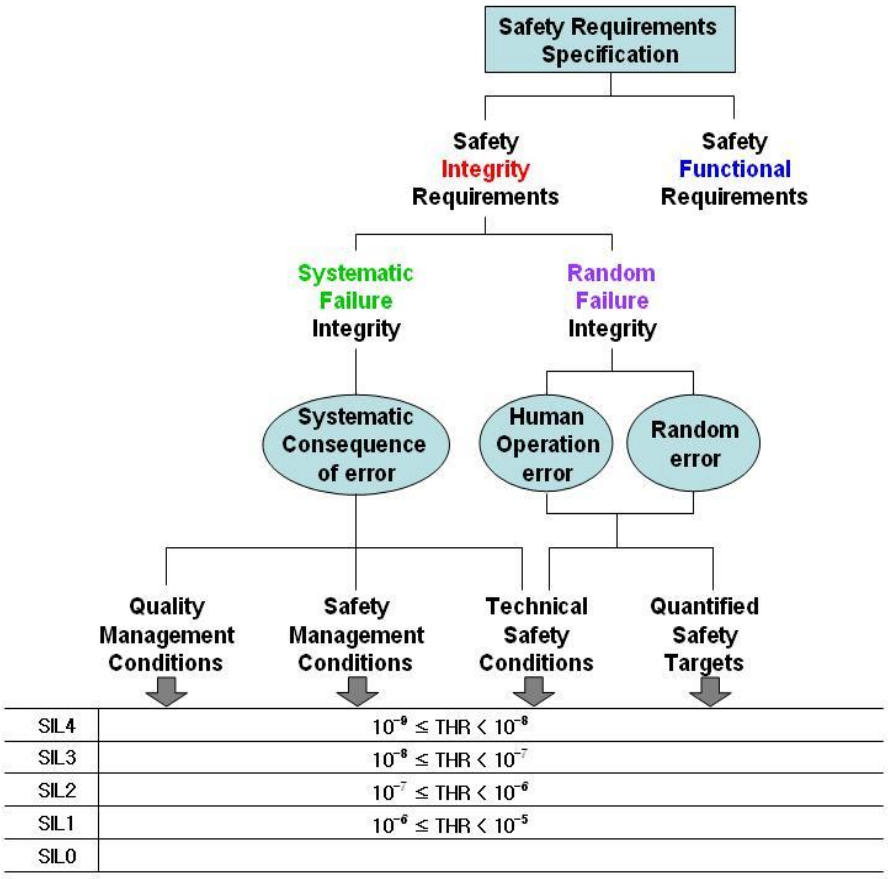
사고유형	G	P	O	T	R
평면 건널목 사고(사망자가 없는 경우)	4	6	6	2	288
강설	4	4	4	4	256
탈선	4	4	4	4	256
인명사고	6	4	4	2	192
사망자 1 인 및 자살(여행자, 민간인)관련 사고	6	4	4	2	192
위험물 관련 사고	6	2	4	4	192
자연재해	6	2	2	6	144
지진	6	2	2	6	144
사태(눈사태, 산사태 등)	6	2	2	6	144
터널 내부에서 발생한 사고(탈선, 충돌, 화재 등)	6	2	2	6	144
교량 위에서 발생한 사고(탈선, 충돌, 화재 등)	6	2	2	6	144

3.6 위험원 관리

3.6.1 안전요구사항의 관리

안전요구명세서는 Safety Integrity Requirements 와 Safety Functional Requirements 로 크게 분류하였다. 그러나 분류된 요구사항은 분리될 수 없는 관계를 가지고 있다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



Safety Functional Requirements 는 개발하고자 하는 철도시스템에 필수적, 경험적으로 들어가야 할 안전과 관련된 기능(safety function)을 의미하지만, Safety Integrity Requirements 는 철도시스템 또는 하부시스템(장치)의 안전기능(safety function)의 수행능력을 분석하여 정량적, 정성적 확률을 도출하게 된다.

Safety Integrity Requirements 는 다음과 같이 분류된다.

- Systematic Failure Integrity
- Random Failure Integrity

하나의 하부시스템(장치)이 가져야 할 안전기능은 정의된 안전정도를 달성하기 위해서는 Systematic failure Integrity 와 Random Failure Integrity 모두를 만족해야 한다.

즉, Systematic Failure Integrity 는 인적오류와 관련되어 정량화 할 수 없는 다음과 같은 시스템적 (하드웨어/소프트웨어)오류 및 결함에 대해 분석이 이루어진다.

- Specification errors

- Design errors

- Manufacturing errors

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

- Installation errors

- Operation errors

- Maintenance errors

- Modification errors

위와 같은 오류 및 결함을 제거하기 위해 문서화, 체계화, 운영절차를 수립할 수 있는 품질관리, 안전관리 및 기술적인 안전조건이 적용된다.

시스템의 안전무결성레벨(SIL)의 안전성 관리 절차에서 시스템/서브시스템의 Systematic failure 는 가급적 피하고 Random failure 를 제어하기를 권고하고 있으며, 이에 대한 구조/기법/수단을 규격 및 표준에서 제시하고 있다.

그 이유는 Systematic failure 는 모든 원인을 도출하고 기록하는 것이 사실상 불가능하고 이를 저감시키고 회피하기 위한 정량적인 분석 또한 매우 어렵기 때문이다. 따라서 가능하다면 Random failure 에 의한 정량적인 분석과 대책을 수립하도록 하여야 한다.

Random Failure Integrity 는 소프트웨어를 제외한 하드웨어의 정량적인 값을 도출하게 된다. 정량적인 값은 하드웨어 부품의 고장율, MTBF 등의 데이터에 의해 확률적으로 계산된다.

열차제어시스템에 대한 종합적인 RAMS 요구사항을 기술하여야 한다.

- 시스템의 정의와 범위
- 임무 프로파일
- 각 안전기능에 대한 안전도 요구사항 및 안전기능 요구사항을 포함한 기능적 요구사항 및 성능 요구사항
- 논리적인 지원 요구사항
- 인터페이스
- 응용환경
- 규명된 위험 상태에 대한 허용 위험등급
- 요구 사항을 얻기 위해 필요한 외적 수단
- 요구 사항을 지원하는 시스템
- 해석의 한계에 대한 상세한 기술
- 모든 행해진 가정의 상세한 기술

열차제어시스템 RAMS 요구사항에 따라 달성되는 종합적인 요구사항을 기술하여야 한다.

- 종합적인 RAMS 요구사항에 대한 수용기준
- 시스템 RAMS 요구사항의 입증과 수용과정

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

3.6.2 안전성활동의 확인(Verification)과 안전요구사항의 검증(Validation)

Verification 과 Validation 은 결함을 찾고, 요구된 기능과 속성이 시스템에 반영되었는지 확인하는 작업으로 주요 목적은 다음과 같다.

- 운영 특성, 기능 및 물리적인 구조를 설명하는 모든 문서를 검토하여 제안된 요구사항과 시스템 설계가 타당한지 verification 하고, 만일 차이가 존재할 경우 이를 규명하고 보완하여 최종적으로 시스템이 기능적, 비기능적 및 안전 요구사항에 부합함(validation)을 검사하기 위함이다.
- 시스템의 성능과 설계 구조를 verification 하기 위함이다.
- 시스템 통합을 통해 하부시스템을 verification 하고 시스템에 대한 validation 하기 위함이다.
- 외부 시스템과의 시스템 통합을 verification 하기 위함이다.
- 공급자의 환경에서 개발된 시스템이 시스템 사양에 따라 운영됨을 입증하기 위함이다.
- 소프트웨어 오류들을 초기에 검증하고 교정하는 것을 용이하게 한다.
- 프로세스와 산출물 리스크에 대한 관리를 강화한다.
- 프로그램 성능, 일정, 예산 요구사항들을 충족시키기 위해 소프트웨어 생명주기 프로세스를 지원한다.
- 시스템 성능에 대한 초기 평가를 제공한다.
- 시스템 성능에 대한 객관적 증빙을 제공하여 공식적인 인증절차를 지원한다.
- 개발 수명주기 단계별 Verification 과 Validation 이 수행되고, 요구사항에 대한 추적성을 제공하여 소프트웨어 개발과 유지보수 절차를 향상시킨다.
- 통합된 시스템 분석 모델을 위한 프로세스 개선을 지원한다.

3.6.2.1 Verification & Validation 전략

각 생명주기 단계에서의 산출물에 대한 아래 사항의 검증

- 이전의 생명주기 단계에서 나타난 요구사항에 대한 적합성(정확성, 완전성, 일관선, 타당성 등)
- 각 단계의 표준, 실무, 규약에 대한 만족
- 생명주기 다음 단계의 활동을 위한 기초 마련

최종 완성 제품이 설정된 시스템 및 소프트웨어 요구사항을 준수하고 있는 지 확인

3.6.2.2 Verification 활동

시스템 수명 주기의 단계별 검증 활동을 통해 각 단계의 결과가 입력사항과 부합하는지가 verification 된다.

verification 활동은 분석/조사 및 입증/시험으로 분류된다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

- 분석/조사: 기능적 및 물리적인 구조, 내부 및 외부 인터페이스, 및 이러한 사항들에 대한 관계를 확인하고, 요구사항 할당을 제어 관리하고, 요구사항을 통해 추후 개발될 시스템에 대한 일치성 및 무결성을 verification 하기 위함이다.
- 입증/시험: 입증과 시험은 시뮬레이션이나 실행을 포함한다.

시스템 통합과 시스템 설치, 그리고 이에 대한 기능 및 성능을 확인하기 위해 기능 및 구조 시험을 실시한다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

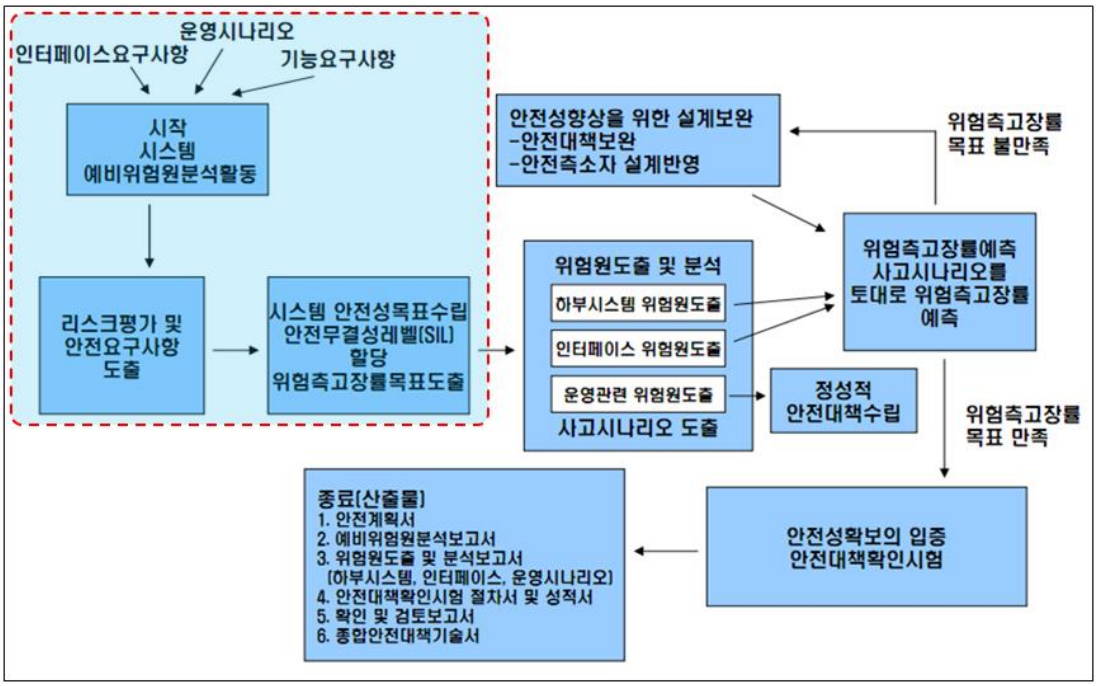
4. 신호어김 방지 시스템 HAZARD 분석 및 RISK 평가

4.1 신호어김 방지 시스템 Safety 활동

신호어김 방지 시스템의 Safety 확보를 위해 시스템 전체 수명주기에 걸쳐 수행되는 행위 및 절차를 Safety 활동이라고 정의하고 본 장에서는 Safety 활동 중에서 결과적으로 얻고자 하는 중요한 부분이 바로 안전요구사항 할당이며, 이를 위해서 Hazard 도출 및 분석과 Risk 분석의 과정 등이 필요하다. 이러한 Safety 활동의 기본적인 체계는 국제규격을 통해 제시되고 있으며, 이러한 국제규격과 관련된 각 단계별 Safety 확보를 위해 수행되어야 할 내용 및 방법들을 이용하였고, 그 중에서도 Hazard 분석과 Risk 평가에 대해 기술한다.

4.1.1 Safety 활동의 프로세스

아래 그림은 신호어김 방지 시스템 Safety 활동의 전반적인 흐름을 보여주며, 본 보고서에서는 PHA 를 수행하고 SIL 을 할당하는 단계까지 수행되었다.



[그림 20] Safety 활동의 흐름

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4.1.2 Safety 활동의 체계

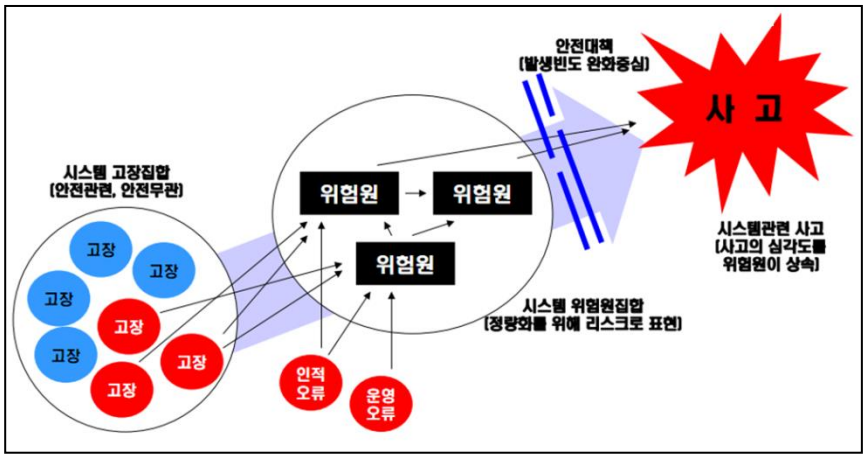
수행된 Safety 활동의 체계는 안전목표수립부터 Hazard 도출 및 분석까지 아래 표와 같다.

<표 4> Safety 활동 체계

단계	활동 사항	체계 별 결과
안전목표 수립	Risk 의 허용수준 결정	-
시스템 분석	기능요구사항, 인터페이스 요구사항, 운영 시나리오	-
PHA	기존 Hazard 참조, Risk 의 억제 가능여부 타진 안전대책은 시스템 안전요구사항에 활용	1. 시스템 사고목록 작성 2. 시스템 Hazard Log 3. 전체 시스템 안전요구사항 4. Hazard 별 Risk
Hazard 도출 및 분석	Hazard 도출, Hazard 분석	1. 하부시스템 안전요구사항 2. 하부시스템 안전대책 3. 고장목록 4. 시스템 Hazard Log

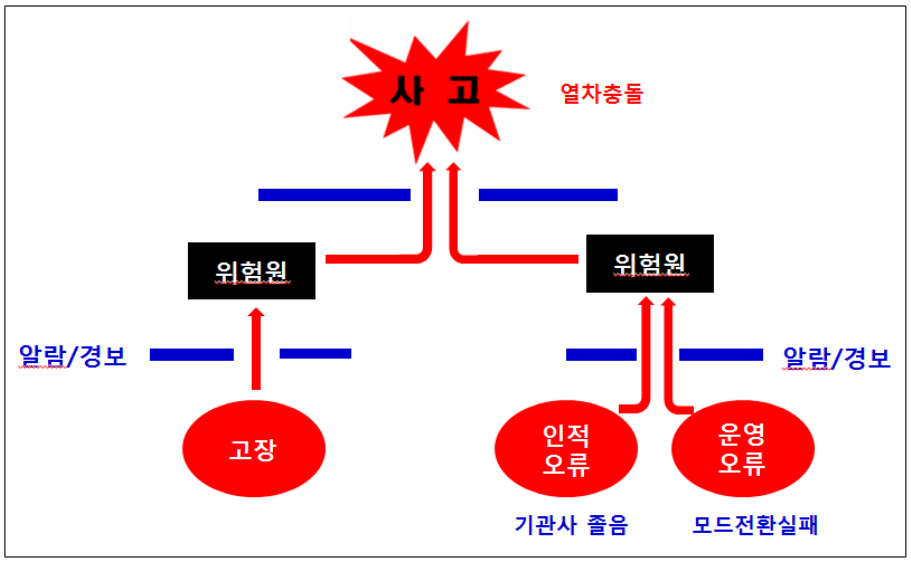
4.1.3 시스템 Hazard 와 Risk

아래의 그림은 신호어김 방지 시스템의 Hazard 와 Risk 의 관계를 보여주고 사고 시나리오의 예를 보여준다.



[그림 21] 사고 시나리오의 예 1

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.



[그림 22] 사고 시나리오의 예 2

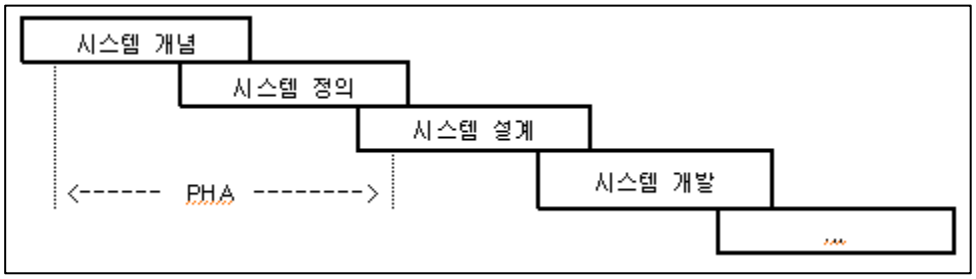
4.2 최상위 Hazard 도출

신호어김 방지 시스템의 사고를 예상하고 그에 대한 피해 정도를 예측하기 위해서는 가장 기본적으로 Hazard 를 도출해야 한다. Hazard 도출은 사고라는 결과를 예상하여 시스템이 잠재적으로 내재하고 있는 고장이나 오류 등을 찾아내는 지표가 되며, 모든 Safety 활동의 기초가 되는 가장 중요한 요소이기에 신중을 기하여 도출해야 한다.

본 시스템에 대한 Hazard 도출은 위에서 설명하였듯이 경험적 Hazard 도출 방법인 영국의 Yellow Book 에서는 경험을 바탕으로 이러한 Hazard 를 제시하고 있으나, 일반적인 철도시스템에서 발생할 수 있는 Hazard 이기 때문에 특정 시스템 또는 단일 시스템에서는 적용할 수 없는 경우가 있다. 따라서 신호어김 방지 시스템에 대한 Hazard 도출은 경험적인 측면을 바탕으로 해당 시스템의 기능 장애에 원인을 두고 도출하였다.

4.3 PHA

PHA 는 개념단계, 시스템 정의 단계에서 수행되어 시스템 고유의 Hazard 를 식별하여 예상되는 사고 또는 재해의 수준을 결정하게 됨으로써 본 시스템의 PHA 는 아래의 단계에서 수행되었다.



[그림 23] PHA 수행 단계

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

PHA 는 시스템 설계 안데 내재되어 있거나 관련되어 있는 위험요인, 위험 상황, 사건 등을 제품 설계단계 초기에 구명해 내고자 하기 위해 수행하였다. 구체적으로는 시스템 내의 어디에 어떤 위험 요소가 존재하는가, 어느 정도의 위험 상태에 있는가, 안전기준 및 시설의 수준은 어떠한가를 정성적으로 평가하는데 중점을 두었다.

PHA 의 수행은 다음과 같은 사항을 고려하여 수행되었다.

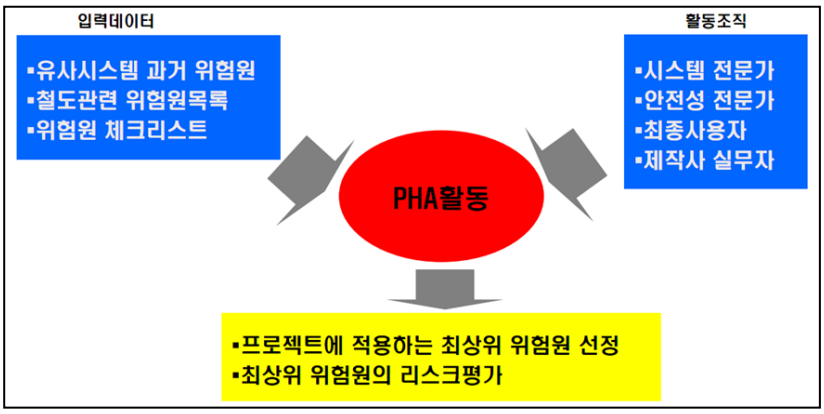
- 시스템에 관한 모든 주요한 Hazard 를 식별하고, 간략하고 포괄적으로 기술한다.
- 사고를 초래하는 요인(원인)을 식별한다.

사고가 발생한다고 가정하고 시스템과 열차운영에 생기는 최악의 결과를 식별하였다.

그리고 기존 Hazard 를 참조하여 Risk 의 억제가능 여부를 타진 하고 안전대책은 시스템 안전요구사항에 활용될 것이다.

다음은 본 연구에서 수행된 PHA 활동의 전반적인 흐름을 나타낸 것이다.

- 시스템 사고목록 작성
- 시스템 Hazard Log(사고에 가까운 Hazard)
- 전체 시스템 안전요구사항
- Hazard 별 Risk



[그림 24] 전반적인 PHA 활동 프로세스

위 내용을 바탕으로 도출된 최상위 Hazard 를 분석하였다. 분석은 정석적으로 이루어졌으며, 도출된 최상위 Hazard 에 대해 원인을 규명하고 저감대책을 수립하여 해당 Hazard 에 대한 THR 을 산출하여 시스템의 SIL 수준을 할당하였다.

본 보고서의 Risk 분석 방법으로 MODURBAN(Modular Urban Guided Rail Systems)에서 제시된 분석방법을 이용하였고, 그 중에서도 Risk 매트릭스를 이용하여 분석하였다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4.4 Risk 매트릭스

본 보고서에서는 Risk 분석방법으로 EN50126 에서 제시한 Risk 매트릭스를 사용하였다. 정성적 방법과 정량적인 방법을 둘 다 사용하는 반 정량적인 방법으로써 아래 표와 같다. SL, E, P, C 의 파라미터를 사용하여 계산된다.

<표 5> Risk 매트릭스

			심각성			
			S1	S2	S3	S4
			Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
빈도	F6	Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
	F5	Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
	F4	Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
	F3	Remote	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
	F2	Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Tolerable
	F1	Incredible	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible
			Severity Levels of Hazard Consequence			

<표 6> THR/SIL

SL	THR	SIL
Catastrophic	0.000000001	SIL4
Marginal	0.00000001	SIL3
Marginal	0.0000001	SIL2
Insignificant	0.000001	SIL1

파라미터 SL, E, P, C 에 대한 내용은 다음과 같다.

- E($1\sim10^{-2}$): Exposure Probability to Hazard
- P($1\sim10^{-2}$): Accident Probability Reduction
- C($1\sim10^{-2}$): Consequence Reduction Probability

Hazard 결과의 심각도 범주로(SL_n)로 아래 공식과 같다.

$$THR_m = \frac{THR_n}{EPC} = SIL_m$$

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

<표 7> Exposure Probability to Hazard

E	**E**xposure Probability to Hazard (Hazard 노출확률)
1	Frequent or permanent
0.1	Only in exceptional cases(이례적인 경우)
0.01	Only in very rare cases(매우 드문 경우)

<표 8> Accident Probability Reduction

P	Accident **P**robability Reduction (사고 감소 확률)
1	No additional barrier
0.1	One barrier
0.01	Two barrier

<표 9> Consequence Reduction Probability

C	**C**onsequence Reduction Probability (결과 감소 확률)
1	No reason
0.1	One good reason
0.01	Two independent good reasons

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4.4.1 분석 시트

<표 10> PHA 분석 시트

기능 고유번호	시스템기능	기능설명	Hazard	원인	영향(Local, System)	사고유형	안전기능(저감대책)	SL		E	P	C	THR	SIL	비고
F01	신호어김 검지	차량기지 내 기관사의 졸음 및 무관심으로 인해 열차가 신호를 어겼을 경우 이를 검지함으로써 해당 열차 및 모든 열차에 대해 알람을 발생시켜 기관사의 책임하에 안전상태를 살피거나 또는 비상시 열차에 제동을 시킴으로써 열차의 안전운행에 도움을 줌	PH01 기지 내 기관사의 신호무시로 다른 열차와 충돌할 수 있음	신호어김 검지 시스템의 고장 및 오류로 인해 열차가 신호를 어기고 주행함	열차 충돌/본선 열차 지연	시스템고장	신호어김 검지 실패에 대한 가능성을 줄이기 위해 신호어김 검지를 실패했을 경우 경고/알람장치를 가동시켜 줌으로써 열차의 신호어김 검지 실패 시 열차 충돌 가능성을 줄임	S2	0.0000001	1	1	0.1	0.000001	SIL1	
				신호어김을 검지하였으나 알람이 울리지 않아 기관사가 신호어김을 인식하지 못함	열차 충돌/본선 열차 지연	알림 기능 고장	알람이 울리지 않아도 램프로 표시를 하여 신호어김 인식률을 높여줌								
				열차의 제동장치의 문제로 인해 제동이 걸리지 않음	열차 충돌/본선 열차 지연	열차 제동장치 고장	열차의 제동장치 결함에 대한 내용으로 신호어김 방지 시스템과의 직접적인 연관은 없음								
				신호기 표시상태 불량으로 기관사가 신호를 어김	열차 충돌/본선 열차 지연	신호기 표시오류	신호어김 검지 실패 시 알람을 울려 줌으로써 열차의 신호어김 발생시 열차 충돌 가능성을 줄임								

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

				기지 내 열차 운행 중 기관사가 졸음	열차 충돌/본선 열차 지연	인적 오류	기관사의 신호어김 검지 실패에 대한 가능성을 줄이기 위해 신호어김 발생시 경고/알람 장치를 가동시켜 줌으로써 열차의 신호어김 발생시 열차 충돌 가능성을 줄임							
			PH02 기지 내 기관사의 신호무시로 인근 작업자와의 충돌 가능성이 있음	신호어김 검지 시스템의 고장 및 오류로 인해 열차가 신호를 어기고 주행함	1~5 명 이내의 인명피해	시스템고장	신호어김 검지 실패에 대한 가능성을 줄이기 위해 신호어김 검지를 실패했을 경우 경고/알람장치를 가동시켜 줌으로써 열차의 신호어김 검지 실패 시 열차 충돌 가능성을 줄임	S2	0.0000001	1	1	0.1	0.000001	SIL1	
				기지 내 열차 운행 중 기관사가 졸음	1~5 명 이내의 인명피해	인적 오류	기관사의 신호어김 검지 실패에 대한 가능성을 줄이기 위해 신호어김 발생시 경고/알람 장치를 가동시켜 줌으로써 열차의 신호어김 발생시 열차 충돌 가능성을 줄임							
			PH03 기지 내 기관사의 신호무시로 출고열차 및 입고 열차의 방해로 본선 열차의 지연이 발생할 가능성이 있음	기관사가 신호를 어기고 열차를 주행함	열차지연	인적 오류	기관사의 신호어김 검지 실패에 대한 가능성을 줄이기 위해 신호어김 발생시 경고/알람 장치를 가동시켜 줌으로써 열차의 신호어김 발생시	S1	0.000001	1	1	0.1	0.00001	SIL0	

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

							신호어김 발생 가능성을 줄임									

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

4.5 분석 결과

본 분석결과는 시스템 요구사양과 기본설계를 기반으로 수행되었기에 실제 설치되는 현장의 조건 및 환경 등을 고려하지 않은 데이터이다. 이는 대아티아이㈜에서 실제 현장조건을 고려한 분석을 수행하기 위한 지원 및 참고자료로 활용될 수 있으며, 일반적인 사항으로 다룰 수 있다.

일반적으로 열차제어시스템에 해당되는 장치의 SIL 사례를 보면 아래와 같다.

기능구분		독일 DB	영국 BR	벨기에 NMBS	프랑스 (SNCF)	스위스 (SBB)	이탈리아 (FS)	영국 (LUL)	오스트리아 (OeBB)	네덜란드 (NS)
1	연동	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	신호 및 선로전환	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	열차검지	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	열차제동	2	2	4	4	2	4	4	2	4
5	자동폐색	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	건널목제어	4	4	4	4	4	4	N/A	4	4
7	건널목감시	4	4	2	N/A	4	2/4	N/A	4	N/A
8	운영자보호	2/4	2	2	4	3	4	4	4	4
9	제어판넬	4	2	4	4	3	4	N/A	4	2
10	현시장치(안전이동관련)	4	N/A	4	4	3	4	N/A	4	4
11	현시장치(운영목적)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	원격제어(안전이동관련)	4	4	4	4	3	4	4	4	N/A
13	원격제어(운영목적)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	ATP(안전확보주체)	4	4	4	N/A	N/A	4	4	N/A	4
15	ATP(기관사보조역할)	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A	N/A	2	N/A
16	ATP(자동운전방식)	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A	2	N/A
17	ATO(자동운전방식)	N/A	2	N/A	N/A	N/A	N/A	2	4	N/A
18	열차표시	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	자동진로제어	2	2	N/A	N/A	2	2	2	2	2

본 연구과제에서 수행하는 신호어김방지장치는 위 표에서 제시하는 기능으로 분류하게 되면, 열차검지, 열차제동, 현시장치(안전이동관련) 등과 매우 밀접한 관계를 가진다. 하지만 나열된 기능을 이용하여 판단하고 명령을 내리는 장치에 불과하며, 이에 대한 분석을 수행한 결과는 아래와 같다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

<표 11> SIL 할당

Hazard		THR	SIL
PH 01	기지내의 신호무시로 다른 열차와 충돌할 수 있음	$10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$	1
PH 02	기지내의 기관사의 신호무시로 인근 작업자와 충돌 가능성이 있음	$10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$	1
PH 03	기지 내 기관사의 신호 무시로 출고열차 및 입고열차 방해로 본선의 열차 지연을 발생할 가능성이 있음	$THR > 10^{-5}$	0

신호어김 방지 시스템을 시스템 범위로 최상위 Hazard 를 도출하여 Hazard 에 대한 원인을 파악하고 이에 대한 대책을 강구함으로써 THR 을 산출하여 SIL 을 할당하였다. 신호어김 방지 시스템은 차량기지 내 설치 운용함으로써 열차속도가 20Km/h 이상 운행하지 않고, 주변 민간인 또는 작업자의 부상 및 사망의 확률이 현저하게 낮을 수밖에 없음을 알 수 있었다. 그리고 본 시스템의 SIL 은 위 PHA 시트에서 보는 바와 같이 최고 수준이 SIL 1 을 넘지 않았다. 따라서 신호어김 방지 시스템의 안전무결성수준은 SIL 1 의 수준의 Safety 활동을 할 것이다.

이 후 이렇게 수행된 PHA 를 바탕으로 시스템, 인터페이스, 운영적인 측면을 고려하여 더욱 상세한 Risk 분석을 수행될 것이고 분석된 내용을 바탕으로 연구과제 종료 시까지 Hazard 가 관리될 것이다.

Copyright © DaeaTi CO., LTD., All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

THE TECHNICAL REPORT

Technical Review on simple signalling system

Client:

DAEATI Co., Ltd.
Gyeonggi-do, Korea

Project-No.: 74938732
Revision: 1.0 dated 03rd Nov 2014

TÜV SÜD Korea

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

Contents

Index page

1 Revision History 3
2 Overview of work scope 4
3 Reference Documents 5
4 Referred Standards 6
4.1 FUNCTIONAL SAFETY 6
4.2 PRIMARY SAFETY 6
5 Objective / Scope 7
6 Organisation 8
6.1 TÜV SÜD PERSONAL 8
6.2 LOCATIONS VISITED 8
7 Identification of the Intended System 9
8 Results of the Service 10
8.1 SYSTEM INSTALLATION CHECK 10

1 Revision History

Version	Status	Date	Name of author	Changed chapters	Reason of change
1.0	Initial	03.11.2014	Seung-Tae Ha	-	Initial version

2 Overview of work scope

For the status of installation and operation of safety facility installed in Gunja station (Depot), Safety check and evaluation was performed via site visit and a lecture on site evaluation was presented.

군자역 (차량기지) 현장에 설치된 안전설비의 설치 및 운영사항에 대하여 현장방문을 통하여 안전점검과 평가를 수행하였으며 현장평가와 관련한 강연을 실시하였습니다.

Our technical advice services were limited in site evaluation and lecture on the Safety facility installation.

당사에서 제공하고자 하는 기술자문서비스는 Safety 설비의 설치에 대한 현장평가와 강연으로 제한되었습니다.

3 Reference Documents

The following documents were handed over by DAEATI at the beginning of the project or during the project period.

DAEATI에서 아래와 같은 문서들이 프로젝트 시작 단계와 프로젝트 중간 단계에서 전달 되었다.

File name	Title	Revision Date	Revision Number
System Requirements_20130328	System Requirements	2013-03-28	0
신호어김_연차실적계획서_배포본.hwp	연차실적계획서	2013-10-21	0
RSAS_현장시험 계획서_시제품_20140721-v0.9.pdf	RSAS_Site Test Plan	2017-07-21	1.0
신호어김방지시스템 시제품 설치 작업계획서_140717_1.pdf	신호어김 방지시스템 시제품 설치공사 작업계획서 (신호분야)	2014-08	1.0
첨부1. 군자차량기지 신호기계실 LAYOUT.pdf	신호어김검지장치 (SVCS) 기계실 배치도	2013-09-03	0
첨부2. 신호어김방지시스템 현장배선도.pdf	신호어김방지장치 현장배선도	2014-04-15	0
첨부3. 차축검지장치 현장 설치도.pdf	신호어김방지시스템(RSAS) – 차축검지장치 (ADS) 제어함 상세설치도	2013-09-03	0
첨부4. 지상무선통신장치 현장설치도.pdf	신호어김방지시스템(RSAS) – 지상무선통신장치(WAP) 제어함 설치상세도	2013-09-03	0
첨부5. 지상무선통신장치 안테나 설치도.pdf	신호어김방지시스템(RSAS) – 지상무선통신장치(WAP) 장주 설치도	2013-09-03	0

4 Referred Standards

The following standards were applied for review consultation regarding site evaluation. These standards include a functional safety under environmental condition, protection against electrical hazard ,etc.

현장평가에 대한 자문을 위해 다음과 같은 규격이 적용 되었습니다. 이 규격은 환경 조건하에서 기능적 안전, 전기적인 위험원에 대한 보호 등을 포함하고 있습니다.

4.1 Functional Safety

EN 50126	Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability Maintainability and Safety (RAMS)
EN 50128	Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems
EN 50129	Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling
EN 50159	Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Safety related communication in transmission systems

4.2 Primary Safety

EN 50121-3-2	Railway applications-electromagnetic compatibility-Part 3-2: Rolling stock apparatus
EN 50121-4	Railway applications, Electromagnetic compatibility, Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus
EN 50124-1	Railway applications, Insulation coordination, Basic requirements, Clearance and creepage distances for all electrical and electronic equipment
EN 50125-3	Railway applications, Environmental conditions for equipment, Equipment for signalling and telecommunications
EN 50155	Railway applications-Electronic equipment used on rolling stock
EN 60529	Specification for degrees of protection provided by enclosures
EN 61373	Railway applications-Rolling stock equipment-shock and vibration tests.

5 Objective / Scope

The following technical consulting service were offered by TÜV SÜD for site evaluation and lecture on installation, operation and maintenance of safety facility according to CENELEC standards and it's defined as follows;

CENELEC 규격에 의거하여, 티유브이슈드가 제공하고자 하는 기술자문 서비스는 Safety 설비의 설치에 대한 현장평가와 강연이며 그에 대한 사항은 다음과 같이 정의됩니다.

Title	Description
System installation check 시스템 설치확인	Check whether safety-related facility is installed according to the specification. 안전관련 설비가 명세서에 준하여 설치되었는지 확인
Lecture on Safety facility and operation 안전설비 및 운영에 대한 강연	Present a lecture on installation and operating plans for safety-related facility 안전관련 설비 설치 및 운영방안에 대한 강연

The investigation and reviews were focused on the documentation provided during the project.

검토 및 리뷰는 프로젝트 기간에 제공된 문서에 따라 수행되었습니다.

6 Organisation

6.1 TÜV SÜD Personal

The training and review was done with the following person:

Seung-Tae Ha	Expert Functional & Technical Safety of Control systems
Jung-Wook Seo	Expert Functional & Technical Safety of Control systems

6.2 Locations visited

Meeting room of DAEATI, Bucheon office, Gyeonggi-do, Korea

Seoul metro Gunja Depot, Seoul, Korea

7 Identification of the Intended System

The Simple signalling system, which is designed to protect the train accident in manual driving mode, is composed of following system; Onboard Interface System (OIS) installed in train, Wayside AP (WAP) installed in wayside, Axel Detection System (ADS) and Axle Detection Header (AHD) installed in wayside, and Signalling Violation Detection System (SVDS) installed in Signalling room. The overall system configuration is shown as following Figure 1:

열차 수동운전 시 사고방지를 위한 간이신호시스템 (이하 신호어김 방지시스템)은 차량에 설치되는 차상인터페이스장치(OIS), 현장에 설치되는 지상무선통신장치(WAP), 선로변에 설치되는 차축검지장치(ADS) 및 헤더(ADH), 그리고 신호기계실에 설치되는 신호어김검지장치(SVDS)로 구성된다. 전체시스템 구성도는 아래 (Figure 1)와 같다.

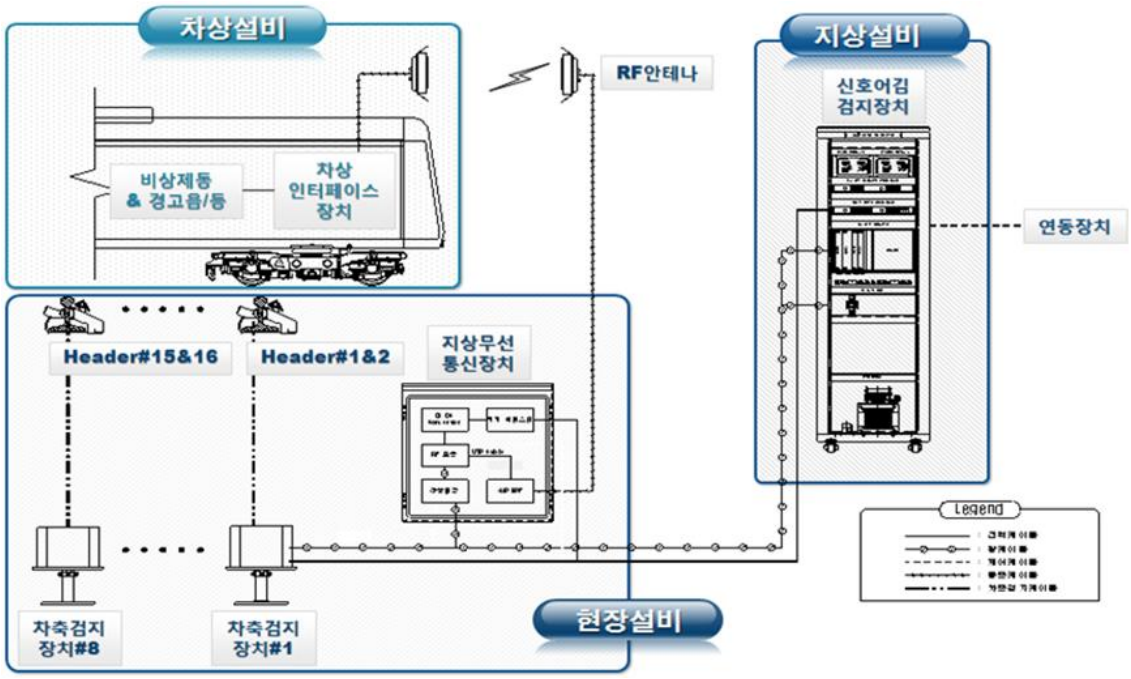


Figure 1: System configuration of SVDS; 신호어김방지장치 시스템 구성도

8 Results of the Service

8.1 System installation check

Date: 2014.09.04 (1 day)

The following table shows the main item checked during the site evaluation.

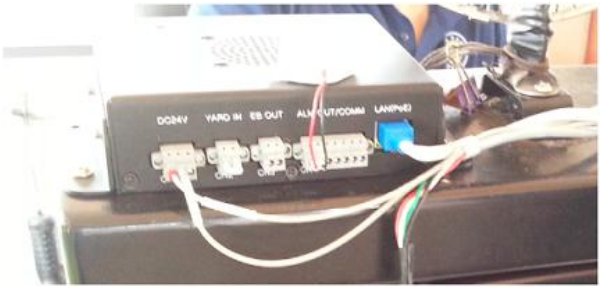
아래의 테이블은 현장 설치 평가 단계에서 확인된 사항들을 나타내고 있습니다.

No.	Information
1	신호기계실 및 현장에 설치된 설비들이 매뉴얼에 따라 설치되어 있는지를 확인 - 신호기계실: 신호어김검지장치(SVDS) - 선로 인접위치: 지상무선통신장치(WAP) - 선로변: 차축검지장치(ADS) 및 헤더(ADH) - 차상: 차상인터페이스장치 (OIS)
2	차량에 설치된 차상장치의 경고음 소거 절차 확인: - 신호 어김 발생시 지상장치에서 전송된 정보에 의해 차상장치에서 경고음이 발생되며, 이 경고음은 기관사의 수동 해제에 의해서만 해제됨. 이와 관련된 사항은 운영 절차에 따라 지켜지고 있음을 확인함
3	차량기지 내 검지 가능한 차량의 종류에 대한 현황 파악 - 일반적인 전동차의 경우에는 4 개의 차륜이 있으나 일부 모터카의 경우에는 6 개가 있는 경우가 있어서 이 경우에 지상장치의 처리 로직에서 오류로 처리되고 있음을 확인함 (감시 대상 시스템의 범위 제약).
4	비상제동 체결 - 이번 과제는 경고음이 발생되어 기관사가 인지하도록 하는 것이 주 목적이므로 비상제동과 시스템간의 직접적인 연결은 되어 있지 않음이 확인 됨. 제작사에 따르면 비상제동장치와 차상경고장치에 대한 인터페이스는 관계 기관과의 협의가 필요한 것으로 파악되며 기술적인 제약점은 아닌 것으로 확인됨
5	지상시스템과 차상시스템간의 통신 구성 - 현재 제작된 시스템 구조는 지상무선장치와 신호 어김 검지장치간의 인터페이스가 Single channel 로 구성되어 있는 것으로 확인 되었으며, 안테나의 설치 위치에 따라 음영 지역이 발생되지 않도록 설치 위치를 사전에 파악하여 시험이 수행되었음을 확인함.

The following table shows the recommended action for the future use of developed system.

아래의 테이블은 개발된 기 시스템을 장래에 적용하기 위해 권고되는 활동들을 나타낸 것이다.

No.	Information
1	RAMS 활동 (RAMS) 해당 장치가 차량기지 내에서의 열차 안전운행을 목적으로 제작되는 만큼, 상용화를 위해서는 해당 장치의 기능에 대한 Risk Analysis를 통해 해당 제품에 대한 안전성 평가 활동이 필요한지에 대해 검토를 수행할 것을 권고함. 만일 안전성 평가가 필요한 경우라면 이 보고서의 4장의 Normative들이 적용될 수 있음 (EN50126)
2	무선통신 데이터의 보안 (EN50159) 현장 무선통신장치와 차상인터페이스 장치간에는 암호화되지 않은 정보들이 교환되고 있는 것이 확인 됨. 실용화를 위해서는 열차의 안전과 관련된 정보로 판단됨에 따라 데이터 송수신에 대한 보안을 위해 무선 통신 구간 (지상장치 – 차상장치)의 인터페이스에는 데이터 암호화 알고리즘이 추가로 구현되거나 충분한 보안 성능을 가지는 데이터 보안장치 (Security Device)를 추가할 것을 권고함
3	장치의 안전성 및 가용성 (EN50129) 차축검지장치와 신호어김장치의 개별 구조가 단일 채널 구조 (Single channel architecture)로 되어 있어서 어떤 하나의 장치에 고장이 발생되는 경우 전체 장치가 사용중지 상태가 될 수 있는 가능성이 존재함. 만일 제품의 기능이 열차의 안전과 직접적으로 관련되어 있다고 분석되는 경우라면 해당 시스템의 구조를 EN 50129 에 부합하도록 보완할 것을 권고함.
4	제품의 기능 (Functionality) 차축검지장치가 현재 열차가 이동하는 단일방향에 대해서만 검지가 가능한 제약점이 있음이 확인됨. 향후 실용화를 위해서는 현장 시험 데이터들을 반영하여 양방향 운행되는 열차에 대해서 어떻게 처리할 것인지에 대해 설치 위치 및 검지 알고리즘을 보완할 수 있을 것으로 예상함
5	제품의 기능 (Functionality) 현재 설치된 시스템의 경우 6 개의 차륜으로 구성된 일부 모터카의 경우에 검지 오류가 발생되는 제약점이 있음이 현장 설치시험을 통해 확인 되었으므로, 이에 대해서는 관계기관과의 협의를 통해 시스템의 구체적인 감시 범위를 정의하고, 예외적인 조건에 대해서 어떻게 처리할 것인지에 대해서 절차를 마련하고 매뉴얼화 하도록 권고함

<지상무선전송장치>	<차상경보장치>
	
<지상무선전송장치 내부>	**<차축검지장치>**
	 

.....
(Created: Seung-Tae Ha - TÜV)

.....
(Reviewed: Jung-Wook Seo - TÜV)

자문보고서

열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발

2014. 10.

대아티아이(주)

자문수행기관: 서울과학기술대학교

1. 자문 수행 개요

1) 자문 내용 :

열차 수동운전시 사고방지를 위한 간이신호시스템 개발을 위한 기술자문

○ 군자 차량기지 내 현장시험을 위한 운영조건 분석

○ 선로 차축 검지센서 조건에 대한 분석

○ 현장시험을 위한 최적화

○ 현장시험 결과에 대한 평가

2) 자문수행자

○ 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과 이종우

최규형

3) 자문기간

○ 2014.4.1 ~ 2014.10.25

4) 활용결과

○ 신호어김방지시스템 군자차량기지 현장시험을 위한 분석 및 결과 평가 보고서

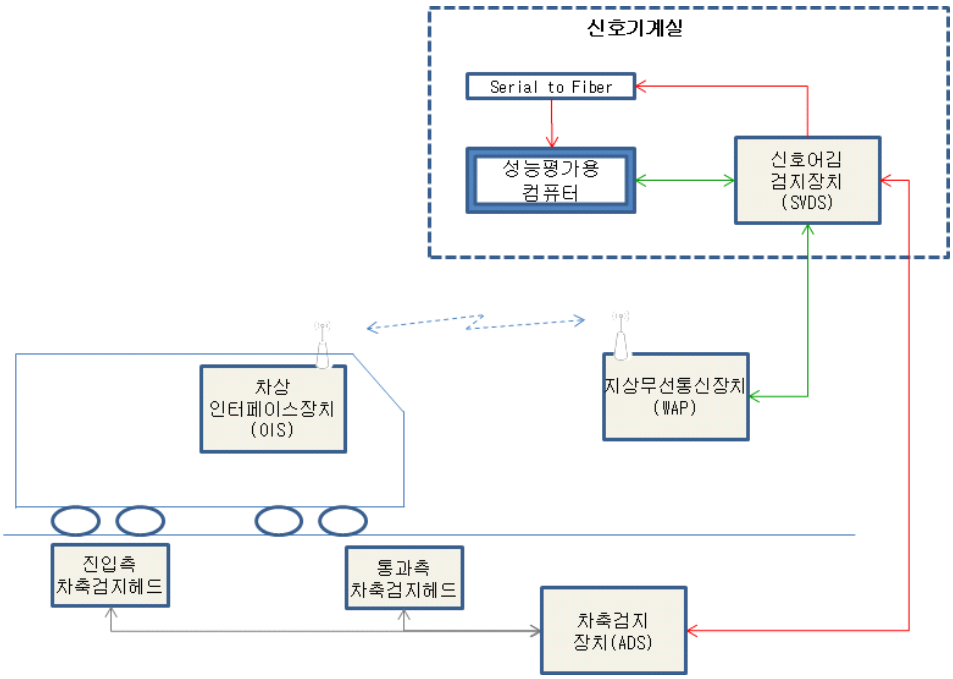
2. 시험 개요

2.1 설치품목

순번	구분	장 비 명	수 량	설치장소
1	지상장치	신호어김검지장치	1 식	기계실
2		지상무선통시장치	2 식	
3		차축검지장치	8 식	22H, 34H, 36H 57L, 58L, 55R, 56R, 10H
4		차축검지헤드	8 식	
5	차상장치	차상인터페이스장치	2 식	모터카/ 전동차

2.2 시스템 구성

신호어김 방지시스템의 현장 설치 및 시운전을 위한 시스템 구성은 다음 그림과 같이 신호어김검지장치, 지상무선통시장치, 차축검지헤드 및 차축검지장치의 지상장비와 차상인터페이스장치의 차상장치로 구성되는 신호어김방지장치의 기능과 성능 검증을 위한 성능평가용 컴퓨터 및 광변환 모듈로 구성된다.



[그림 1] 현장시험 시스템 구성

2.3 설치장소

신호어김 방지시스템의 현장 설치 및 시운전은 서울메트로와의 기술협약을 통하여 서울메트로 군자기지내에 초도품과 시제품을 설치하여 기능 및 성능평가를 위한 시험을 다음과 같이 진행한다.

- 신호어김검지장치 : 신호기계실 내 설치
- 지상무선통신장치 : 전차선 장주
- 차축검지장치 : 22H, 34H, 36H, 57L, 58L, 55R, 56R, 10H 신호기 주변
- 차상인터페이스 장치 : 모터카 / 전동차



장치명	수량	위치
신호어김검지장치	1	신호기계실
지상무선통신장치	2	전차선 장주
차축검지장치	8	22H 포함 7곳 추가 설치
차상인터페이스장치	2	모터카/전동차

[그림 2] 현장시험 시스템 설치 장소

2.4 시험 내용

신호어김 방지시스템의 현장 설치 및 시운전은 지상 및 차상장치의 설치 검사, 서브 시스템 간 인터페이스 시험, 기능 및 운영 시험, 성능평가 시험으로 구분하여 수행한다.

2.4.1 설치검사

서브시스템에 대한 설치 후 검사를 수행하는 것으로, 결선상태 확인, 접지 및 전원입력 확인, 인터페이스 접속 상태 확인 등의 개별 장비에 대한 설치 상태를 검사하게 된다.

2.4.2 인터페이스 시험

서브시스템간 인터페이스에 대한 시험을 수행하는 것으로, 신호어김검지장치와 전자연동장치, 신호어김검지장치와 차축검지장치, 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치, 차상인터페이스와 차량간 인터페이스 등의 기능을 검사하게 된다.

2.4.3 기능 및 운영 검사

신호어김 방지시스템의 주요 기능을 을 검증하기 위한 검증을 수행하는 것으로, 운영 시나리오에 따른 차축검지 및 신호어김 평가에 대한 기능 및 작동 상태를 검사하게 된다.

2.4.4 성능 평가

신호어김 방지시스템의 무선통신 및 차축검지 신뢰도, 신호어김 평가 성능에 대한 검사를 수행한다.

3. 시험 방법

신호어김방지시스템의 현장 설치 및 시운전은 서울메트로의 협조를 받아 군자기지 1 개소에 차축검지장치를 설치하고, 신호기계실내 신호어김검지장치를 설치하여 시험한다.

단계	시험 내용	지원 사항
설치 검사	전원 투입전 각 장치별 결선상태 검사와 전원 투입후 정상 기동/정지 상태를 점검	전원 투입 및 개별 모터카 점검
인터페이스 검사	전체 시스템의 전원 투입 상태에서 각 시스템간 인터페이스 상태를 점검	전원 투입 및 개별 모터카 점검
기능 및 운영 검사	전체 시스템의 전원 투입 상태에서 시험 사양서와 운영시나리오를 기반으로 기능을 점검하고 이에 따른 운영 상태를 점검	전원 투입 및 모터카 운행 지원
성능 평가	전체 시스템의 전원 투입 상태에서 성능평가컴퓨터와 연결하여 각각의 성능항목을 점검	전원 투입 및 모터카 운행 지원

3.1 설치 검사

3.1.1 신호어김검지장치 설치

신호어김검지장치의 설치검사는 신호기계실에 설치된 신호어김검지장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 전자연동장치와의 신호기 정보 인터페이스를 위한 결선 상태, 시리얼 광변환 모듈 및 이더넷 광변환 모듈간 결선 상태를 확인한다. 또한, 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

3.1.2 지상무선장치 설치

지상무선장치의 설치검사는 선로변 전차선 장주에 설치된 지상무선장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인한다. 또한, 지상무선장치에 전원을 투입한 상태에서 광변환 모듈이 정상적으로 작동되는 지를 확인하게 된다.

3.1.3 차축검지장치 설치

차축검지장치의 설치검사는 신호기 전방에 설치된 차축검지장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 신호어김검지장치와 차축검지헤더간 결선 상태를 확인한다. 또한, 차축검지장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

3.1.4 차상인터페이스장치 설치

차상인터페이스장치의 설치검사는 모터카 차상에 설치된 차상인터페이스장치에 대한 구성품의 설치 상태, 배선 및 결선 상태를 확인하며, 신호어김검지장치와의 무선 접속을 위한 결선 및 열차간 인터페이스를 위한 결선 상태를 확인한다. 또한, 차상인터페이스장치에 전원을 투입한 상태에서 기동 및 정지가 정상적으로 작동하는 지를 확인하게 된다.

3.2 인터페이스 검사

3.2.1 신호어김검지장치와 전자연동장치 I/F

신호어김검지장치와 전자연동장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 신호기의 진행상태와 정지상태에서 입력되는 신호기 상태를 신호기검지장치의 입력보드 상에서 확인하고, 신호기검지장치의 디버깅 모드에서 신호기 상태가 변경되는지를 확인하게 된다.

3.2.2 신호어김검지장치와 차축검지장치 I/F

신호어김검지장치와 차축검지장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을 투입한 상태에서 시리얼 통신 방식으로 광변환 모듈을 통하여 차축검지장치에서 주기적으로 차축검지상태가 수신되는지를 신호어김검지장치 전면 판넬의 통신상태 LED 가 녹색 상태에서 계속적으로 점멸되는지를 통하여 확인하고, 신호어김검지장치의 디버깅 모드에서 차축검지 상태가 정상적으로 수신되는지를 확인하게 된다.

3.2.3 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치 I/F

신호어김검지장치와 차상인터페이스장치의 인터페이스 검사는 신호어김검지장치에 전원을

투입한 상태에서 이더넷 통신 방식으로 광변환 모듈을 통하여 차상인터페이스장치에서 주기적으로 신호어김상태가 수신되는지를 차상인터페이스장치 전면 판넬의 통신상태 LED 가 녹색 상태로 점등되는 지를 확인하고, 차상인터페이스장치의 디버깅 모드에서 신호어김 상태가 정상적으로 수신되는지를 확인하게 된다.

3.2.4 차상인터페이스장치와 모터카 I/F

차상인터펭스장치와 모터카의 인터페이스 검사는 모터카를 기동한 상태에서 차상인터페이스장치로 전원이 공급되어 기동 및 정지가 정상적으로 동작하는지를 확인하고, 신호어김검지장치에서 신호어김 발생의 통지가 있는 경우 차상인터페이스장치에서 알람이 정상적으로 발생하는지를 확인하게 된다.

3.3 기능 및 운영 검사

3.3.1 차상인터페이스장치 기능검사

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 차상인터페이스장치 시험사양서를 기반으로 주요 기능을 점검한다.

3.3.2 차축검지장치 기능검사

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 차축검지장치의 시험사양서를 기반으로 주요 기능을 점검한다.

3.3.3 신호어김검지장치 기능검사

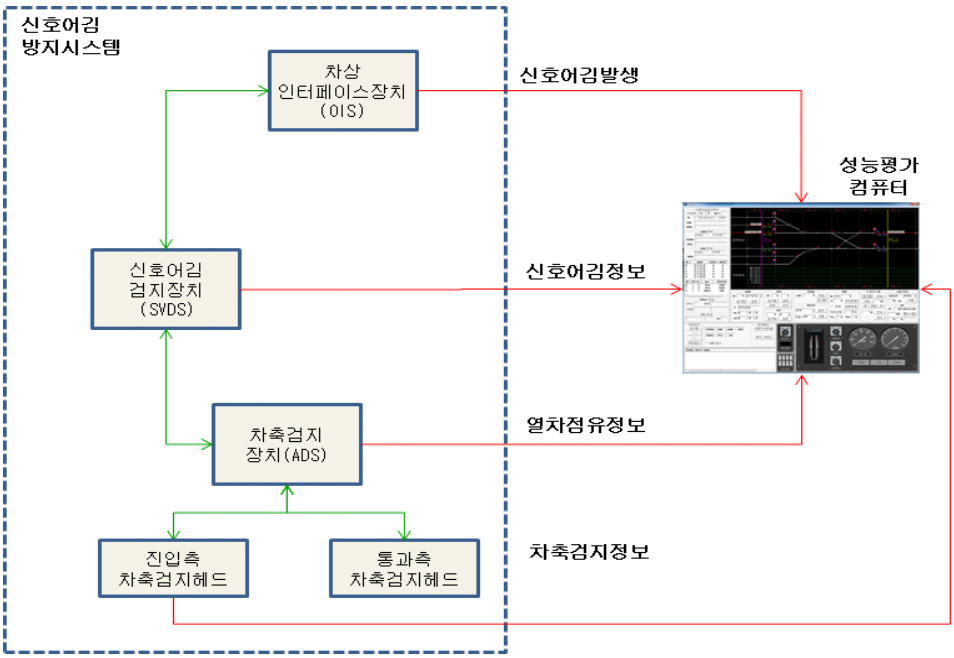
신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 신호어김검지장치의 시험사양서를 기반으로 주요 기능을 점검한다.

3.3.4 통합 운영 시험

신호어김방지시스템의 전체 전원이 투입된 상태에서 통합운영 시험사양서를 기반으로 신호어김 정상주행, 신호어김 발생, 반대방향 진입 등의 운영 시나리오에 따른 통합운영 시험을 수행한다.

3.4 성능 검사

신호어김방지시스템의 성능평가는 통신성능, 차축검지 및 열차점유 신뢰도, 신호어김 성능 및 신호어김 차상반응 성능에 대한 평가를 수행한다.



[그림 3] 시제품 성능평가 개념

3.4.1 통신 성능

차상 인터페이스장치와 신호어김검지장치의 무선통신 양 끝단에 통신 신뢰도 검사를 위한 툴을 연결하여 무선통신의 신뢰도에 대한 검사를 수행한다.

3.4.2 차축검지 신뢰도

모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10 회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 진입측 차축검지헤드의 차축검지정보를 성능평가컴퓨터에서 기록하여 차축검지의 신뢰도를 평가한다.

3.4.3 차축점유 신뢰도

모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10 회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보를 성능평가컴퓨터에서 기록하여 차축검지의 신뢰도를 평가한다.

3.4.4 신호어김 평가 성능

신호기가 정지인 상태에서 모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10 회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보와 신호어김검지장치의 신호어김정보를 동시에 기록하여 신호어김 평가의 성능을 평가한다

3.4.5 신호어김 반응 시간

신호기가 정지인 상태에서 모터카를 차축검지헤드가 설치된 영역을 진행방향으로 진입하여 통과한 후, 반대방향으로 진행하여 통과하는 과정을 10 회 반복하는 동안, 열차의 이동에 따른 차축검지장치의 열차점유정보와 신호어김검지장치의 신호어김정보 및 차상인터페이스장치의 신호어김발생 정보를 동시에 기록하여 신호어김 발생에 따른 차상인터페이스에서의 반응 시간을 평가한다.

4. 시험 항목

4.1 설치 검사

4.1.1 신호어김검지장치 설치

시험 항목	시험 장소	비고 사항
장치렉 설치 및 고정 상태	신호기계실	
전원분배장치 설치 상태		
제어모듈 설치 상태		
이더넷 허브 설치 상태		
이더넷 광변환 모듈 설치 상태		
알람등/벨 설치 상태		
전원 연결상태		
접지 연결 상태		
신호기 입력 연결 상태		
이더넷 인터페이스 연결상태		
광통신 인터페이스 연결상태		
정상기동 상태 점검		

4.1.2 지상무선장치 설치

시험 항목	시험 장소	비고 사항
장치렉 설치 및 고정 상태	용답역, 신답역 입출고선 주변	
무선 안테나 설치 및 고정 상태		
이더넷 광변환 모듈 설치 상태		
전원 연결상태		
접지 연결 상태		
정상기동 상태 점검		

4.1.3 차축검지장치 설치

시험 항목	시험 장소	비고 사항
장치렉 설치 및 고정 상태	해당 신호기 전방	
제어모듈 설치 상태		
이더넷 광변환 모듈 설치 상태		
전원 연결상태		
접지 연결 상태		
진입측 차축검지헤더 설치 및 고정상태		
통과측 차축검지헤더 설치 및 고정상태		
진입측 차축검지헤더 인터페이스 연결 상태		
통과측 차축검지헤더 인터페이스 연결 상태		
광통신 인터페이스 연결 상태		
정상기동 상태 점검		

4.1.4 차상인터페이스장치 설치

시험 항목	시험 장소	비고 사항
장치렉 설치 및 고정 상태	해당 신호기 전방	
제어모듈 설치 상태		
무선안테나 설치 및 고정 상태		
전원 연결상태		
접지 연결 상태		
운전모드 입력 연결상태		
신호어김 출력 연결상태		
정상기동 상태 점검		

4.2 인터페이스 검사

4.2.1 신호어김검지장치와 전자연동장치 I/F

시험 항목	시험 장소	비고 사항
신호기 진행시 입력상태 확인	신호기계실	
신호기 정지시 입력상태 확인		
신호검지장치 신호기 검지 상태 확인		

4.2.2. 신호어김검지장치와 차축검지장치 I/F

시험 항목	시험 장소	비고 사항
차축검지상태 요청 확인	신호기계실	
차량진입 없음 전송 확인		
차량진입 차축상태 전송 확인		
차량통과 차축상태 전송 확인		
반대방향 진입 전송 확인		
열차점유상태 초기화 상태 확인		

4.2.3 신호어김검지장치와 차상인터페이스장치 I/F

시험 항목	시험 장소	비고 사항
신호어김정보 주기 수신 확인	모터카 차상	
신호어김 미수신시 알람 발생 확인		
신호어김시 신호어김 발생 확인		

4.2.4 차상인터페이스장치와 모터카 I/F

시험 항목	시험 장소	비고 사항
전원 입력 확인	모터카 차상	
운전모드 입력 확인		
신호어김 출력 확인		

4.3 기능 및 운영 검사

4.3.1 차상인터페이스장치 기능검사

시험 항목	시험 장소	비고 사항
운영 모드 제어	모터카 차상	
열차운행모드 입력 확인		
신호어김 상태 확인 및 통보		
신호어김 해제 확인		
신호어김 격리 확인		
신호어김검지장치간 무선 I/F 확인		
사용자 I/F 확인		

4.3.2 차축검지장치 기능검사

시험 항목	시험 장소	비고 사항
기동 상태 확인	신호기계실/ 해당 신호기 전방	
운영모드 확인		
열차없음 상태 평가 확인		
진행방향 열차진입 상태 평가 확인		
진행방향 열차통과 상태 평가 확인		
반대방향 열차진입 상태 평가 확인		
반대방향 열차통과 상태 평가 확인		
열차점유 상태 전송 기능		
열차점유 상태 초기화 기능		
검지 고장 통보 기능		
신호검지장치간 I/F 기능		

4.3.3 신호어김검지장치 기능검사

시험 항목	시험 장소	비고 사항
모드 제어 기능	신호기계실	
신호기 정보처리 확인		
차축검지 정보처리 확인		
신호어김 평가 확인		
신호어김 통보 확인		
신호어김 해제 확인		
신호어김 전송 확인		
신호어김 차단 확인		
차상인터페이스장치간 I/F 기능		
연동장치간 I/F 기능		
사용자 I/F 기능		
상태 진단 기능		

4.3.4 통합 운영 시험

시험 항목	시험 장소	비고 사항
지상 및 차상장치 기동	신호기계실/ 모터카	
운영모드 확인		
차축검지 감시 기능		
신호어김 감시 기능		
진단 및 기록 기능		
사용자 인터페이스 기능		
시스템 고장		
인터페이스 고장		
정상주행 시나리오 주행		
신호어김 시나리오 주행		
반대주행 시나리오 주행		

4.4 성능 평가

4.4.1 통신 성능

시험 항목	시험 장소	비고 사항
무선통신간 통신신뢰도	신호기계실/ 선로변	90% 이상

4.4.2 차축검지 신뢰도

시험 항목	시험 장소	비고 사항
열차 반복이동에 대한 차축검지 신뢰도	신호기계실/ 모터카	100%

4.4.3 차축점유 신뢰도

시험 항목	시험 장소	비고 사항
열차 반복이동에 대한 점유검지 신뢰도	신호기계실/ 모터카	100%

4.4.4 신호어김 평가 성능

시험 항목	시험 장소	비고 사항
점유검지에 따른 신호어김 평가 성능	신호기계실/ 모터카	500msec 이내

4.4.5 신호어김 반응 시간

시험 항목	시험 장소	비고 사항
점유검지에 따른 신호어김 반응 성능	신호기계실/ 모터카	차상반응 3 초 이내

5. 안전성 향상을 위한 검토의견

5.1. 시스템 구성

5.1.1 기능목적 : 본 시스템은 열차가 정지신호를 모진할 경우에 열차에 설치되어 있는 차상장치가 경보음을 발생시켜, 기관사에게 경고를 하는 장치이다.

5.1.2 시스템 구성 : 시스템의 구성은 그림 1과 같이 구성되어 있다.

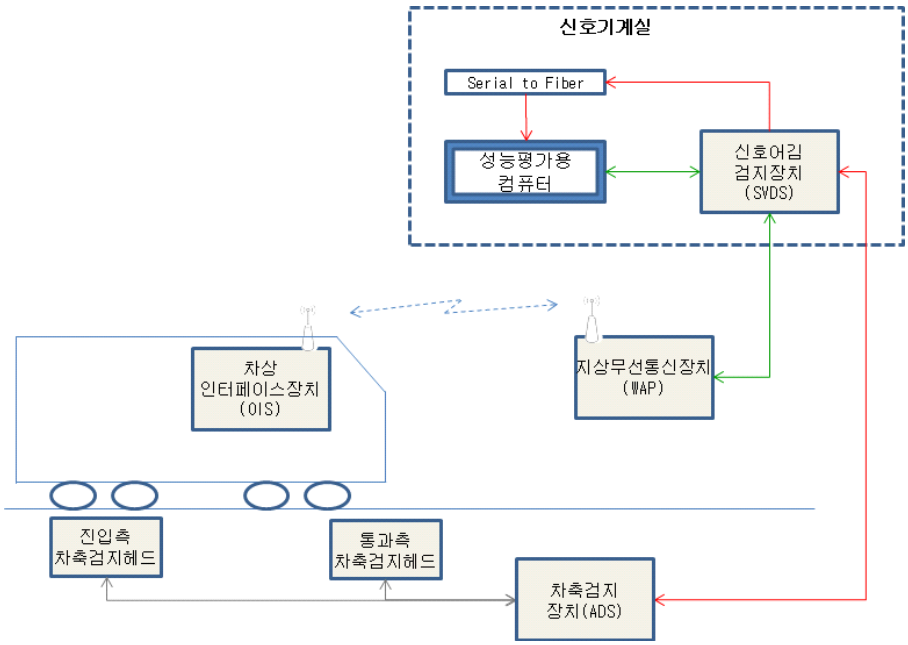


그림 4 신호모진 경보장치

5.1.2.1 차축검지장치 : 차축검지장치는 “진입 측 차축검지장치”와 “통과 측 차축검지 장치”로 구성되어 있으며, 상시 열차통과여부를 검지하고, 검지내용을 신호어김 검지장치에 검지정보를 전송한다.

5.1.2.2 연산장치 : 연산장치는 연동장치로부터 상시 신호정보를 수신하고, 차축검지장치로부터 수신된 정보를 이용하여, 차량이 신호를 모진하는지의 여부를 판단을 하며, 모진을 할 경우에 지상 무선장치를 통하여 경보정보를 전송한다. 연산장치는 진입측 차축검지장치에서 열차진입을 검지하였을 때 주기적으로 차상장치와 통신여부를 체크한다.

5.1.2.3 무선통신장치 : 무선통신장치는 지상장치와 차상장치와의 정보를 송수신한다.

5.1.2.4 차상장치 : 차상장치는 무선통신장치로부터 정보를 송·수신하여, 차상장치의 정상적인 동작을 확인하고, 지상으로부터 모진신호가 수신되면 알람을 발생시킨다.

5.2 시스템 동작

5.2.1 정상적인 동작프로세스 : 차축검지장치와 연산장치는 연속적으로 동작을 하며, 차축검지장치는 “진입 측 차축검지장치”에 차량진입을 검지하고, “통과 측 차축검지 장치”의 열차통과

를 검지하여 연산장치에 전송을 한다. 연산장치는 연동장치로부터 신호기 상태와 차축검지 장치로부터 열차진입 시에 차상장치와 통신을 연결하고, 열차가 “통과 측 차축검지 장치” 통과 할 경우에 차량이 신호모진여부를 판단하고, 모진을 할 경우에는 경보음 동작 신호를 전송한다.

5.2.2 비 정상적인 동작프로세스 :

비 정상적인 동작은 경우 수가 매우 다양하다. 각 서브시스템이 고장이 발생할 경우에 그 고장의 종류에 따라 결과가 매우 다르게 나타난다. 각 서브시스템의 고장에 대한 영향분석은 표1과 같다.

번호	서브시스템	정상기능	고장상태	영향	안전여부	대책
1	진입 측 차축검지장치	차량진입검지	차량진입 시 검지 못함	신호 모진에 영향을 미칠 수 있음	○	시스템 신뢰성 확보
	차축검지장치		차량부재 시 차량검지	신호 모진에 영향이 없음		
2	통과 측 차축검지장치	차량통과검지	차량진입 시 검지 못함	신호 모진에 영향을 미칠 수 있음	○	시스템 신뢰성 확보
	차축검지장치		차량부재 시 차량검지	신호 모진에 영향이 없음		
3	연산장치	차량의 신호모진 판단	연동장치로부터 정지신호를 통과 신호로 신호정보 수신	신호 모진에 영향을 미칠 수 있음	○	데이터 보안
			연동장치로부터 통과신호를 정지신호로 신호정보 수신	신호 모진에 영향이 없음		데이터 보안
			연동장치로부터 신호를 수신하지 못함	신호모진에 영향이 있음	○	시스템 신뢰성 확보
			차축검지장치로부터 차량점유 정보를 미점유 정보로 인식	신호모진에 영향이 있음	○	데이터 보안
			차축검지장치로부터 차량 미점유정보를 점유 정보로 인식	신호 모진에 영향이 없음		
			차축검지장치로부터 정보를 수신하지 못함	신호모진에 영향이 있음	○	시스템 신뢰성 확보
			연산장치의 동작불능	신호모진에 영향이 있음		시스템 신뢰성 확보
4	무선통신장치	정보 송·수신	정보를 송·수 불가	신호모진에 영향이 있음	○	시스템 신뢰성 확보
			경보상태를 정상상태로 전송	신호모진에 영향이 있음	○	데이터 보안
			정상상태를 경보상태로 전송	차량운용에 영향이 있음		
5	차상장치	정보연결 상태 및 경보음 발생	경보정보를 정상상태로 전송	신호모진에 영향이 있음	○	데이터 보안
			정상상태를 경보상태로 전송	차량운용에 영향이 있음		
			차상 시스템 동작불능	신호모진에 영향이 있음	○	시스템 신뢰성 확보

6.. 결론

6.1 신호어김장치는 명목상으로는 안전장치에 해당하므로, 열차보안장치 수준의 안전성 확보가 필요하나, 적용되는 지역은 차량기지에 적용되는 장치이므로, 차량은 낮은 속도(20km/h)에 운전하여 육안운전이 가능한 상태이므로, 시스템의 분류를 “높은 안전성을 요구하는 보안장치” 보다는 보조장치로 활용하는 것이 필요함.

6.2 신호어김장치에 적용되는 무선장치의 출력을 제한하여, 근접거리에서만 동작을 하도록 하여, 다른 열차에 영향을 미치지 않도록 하는 것이 필요함.

6.3 신호어김장치의 신뢰성을 향상시키기 위해서 사용되는 서브시스템의 운용환경을 충분히 고려하여 선택을 하고, 고장 시 유지보수가 원활하도록 표준품을 사용하는 것이 필요함

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 “열차 수동 운전 시 사고방지를 위한 간이 신호시스템” 연구과제 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.