R&D/
11PRTD-
C060368
-01

고속철도 디지털 송신기 수신기개발 및 신뢰성 안전성 평가 연구보고서

Land Infrastructure and
Transport R&D Report

2013
국토교통과학기술진흥원
국 토 교 통 부

미래철도기술개발사업 제 2차년도 최종보고서

R&D / 11PRTD-C060368-01

고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가 최종보고서

2013. 7. 9.

주관연구기관 / 엘에스산전(주)
공동연구기관 / ㈜테크빌
공동연구기관 / 한국철도기술연구원

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가"에 관한 연구 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 07. 09

주관연구기관명 : 엘에스산전(주)
주관연구책임자 : 조용기(수석연구원)
연 구 원 : 양찬석(수석연구원)
〃 : 엄정규(선임연구원)
〃 : 박탄세(주임연구원)
〃 : 이선호(주임연구원)

공동연구기관명 : ㈜테크빌
공동연구책임자 : 황인광(상무)
연 구 원 : 이영수(부사장)
〃 : 엄재영(차장)
〃 : 유욱상(차장)
〃 : 최진호(대리)
〃 : 이남훈(대리)

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
공동연구책임자 : 신덕호(선임연구원)
연 구 원 : 이재호(책임연구원)

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11PRTD-C060368-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2012.08.14.
~ 2013.06.13</td><td>단 계 구 분</td><td>(2차년)/
(총2차년)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">미래철도기술개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">조용기</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 13명
내부 : 13명
외부 : 0명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부:250백만원
기업:250백만원
계:500백만원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 13명
내부 : 13명
외부 : 0명</td><td>총연구비</td><td>정부:520백만원
기업:520백만원
계:1,040백만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">엘에스산전(주) 공공사업부</td><td>공동
연구기관</td><td colspan="2">테크빌(주),
한국철도기술연구원</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>320</td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구과제는 경부고속철도 구간의 궤도회로 송·수신기 개발 및 신뢰성과 안전성을 입증하는 과제로써, 기존의 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 개량하여 노이즈에 대한 오동작을 개선하고 유지보수도를 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 또한 개발된 제품에 대한 신뢰성 및 안전성 인증을 통하여 실제 경부고속철도 구간에 적용을 목표로 한다.
본 과제의 최종 성과를 요약하면 아래와 같다.
- 고속철도 궤도회로 송·수신 시스템 요구분석
- 고객에 대한 요구 조사
- 위험원 분석 및 대처방안 수립
- 기본 설계 및 상세 설계
- 국제 안전규격에 따른 소프트웨어 하드웨어 제작 및 공인기관 시험
- 독립안전성평가기관에 의한 안전성 평가
- 안전 인증서 취득
- 현장시험을 통한 적합성 확인</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">궤도회로, 고속철도, 안전성, 신뢰성, 송신기, 수신기</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Track Circuit, High-speed railway, Safety, Reliability, Transmitter, Receiver</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목: 고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 기술적 측면

궤도회로 송·수신기는 열차의 제한속도를 전송하고 열차의 유무를 검지하는 장치로써, 하드웨어 설계 기술, 신호처리 기술, 소프트웨어 설계 기술, 궤도회로 기술 등 여러 분야의 기술을 복합적으로 접목하기 때문에 관련 분야의 발전에 기여할 것이다. 또한 개발된 디지털 송·수신기는 기존 아날로그 방식의 송・수신기에 비해 성능 및 유지보수성이 크게 향상되며, 신뢰성/안전성 확보 활동을 통하여 국내 고속철도 적용환경의 해저드 도출, 안전성 평가, 송·수신기 신뢰성 등의 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, and Safety) 관련 기술에도 크게 기여할 것이다.

2. 경제·산업적 측면

현재 일부 국철 궤도회로 송·수신기가 국산화되어 있지만 고속철도 궤도회로 관련 제품의 국산화는 미흡한 실정이다. 이에 신뢰성/안전성이 입증된 디지털 송・수신기를 국산화한다면 이미 국내 납품된 외국사의 제품 대체 및 신규 고속철도 구간에서 수입대체 효과가 상당할 것으로 기대된다. 또한 개발하는 제품의 신뢰성/안전성을 입증한다면 고속철도 뿐 아니라 국철, 지하철 등의 궤도회로 송・수신기에도 적용하여 유럽 등 철도 선진국 시장으로의 진입도 충분히 가능할 것이다.

3. 사회・문화적 측면

최근 고유가, 기후변화협약 등 각종 사회적 이슈가 세계적으로 부각되면서, 교통부문의 대응논리 개발도 급격하게 부각되고 있다. 이러한 맥락에서 볼 때 철도는 도로 교통수단에 비해 화물수송 기준으로 에너지 효율성은 14배 이상 높으며, CO2 배출량은 8% 수준에 불과해 고에너지효율・저탄소 교통수단으로서 부상되고 있어, 향후 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장의 주 교통수단으로 기대된다. 또한, 국가 온실가스 감축목표가 향후 2020년까지 30%인 점을 감안한다면 철도는 물류분야에서 선도적인 역할을 할 것으로 기대된다. 특히 열차제어시스템은 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 무선통신기술 등을 적용하여 높은 성능과 효율성을 확보하고 있으나, 열차운행의 안전성을 보장하는 필수설비이기 때문에 유럽은 Railway Safety Directive 등을 통해서 Vital Technology와 시스템에 대한 안전성 보장을 위한 조치를 정책적으로 요구하고 있다.

특히, 철도시스템이 대량 수송수단인 국가의 기간망으로서 열차제어시스템의 결함에 따른 열차사고는 사회적으로 매우 큰 파장을 일으키고 인명과 재산적으로 엄청난 사회 경제적 손실을 발생시킨다. 그리고 선진국일수록 열차사고를 미연에 방지하기 위한

대비책으로써 열차제어시스템의 안전성 향상을 위한 노력을 지속하고 있다. 열차제어시스템 중에서도 가장 기본적인 안전 기능을 담당하고 있는 궤도회로 송·수신기의 기능을 향상시켜 국산화하고, 신뢰성/안전성을 입증함으로써 국내 고속철도 안전에 이바지할 수 있다.

따라서 본 과제의 아래와 같은 최종 목표를 달성한다.

○ 경부 고속철도 1, 2단계에서 사용하고 있는 AF궤도회로(UM71C)의 송・수신기와 전기・기계적으로 호환되는 디지털 송・수신기 개발

○ 철도안전 국제표준 기반의 신뢰성/안전성 입증

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 연구범위 및 내용

가. 고객 요구분석 및 설문 조사

나. 국내외 궤도회로 송·수신 시스템 현황 조사

다. 경부고속철도 궤도회로 송·수신기 관련 특허 조사

라. 요구분석 및 요구사항 정의

마. RAMS 계획 수립

바. 위험원 분석 및 대처 방안 수립

(1) 시스템 위험원 분석

(2) 서브시스템 위험원 분석

(3) 인터페이스 위험원 분석

(4) 운영 및 지원 위험원 분석

사. 기본 설계 실시

(1) 인터페이스 설계

(2) 기본 구조 하드웨어 설계

(3) 소프트웨어 구조설계

아. 상세 설계 실시

(1) 신뢰도 예측

(2) 하드웨어 회로도 설계

(3) 소프트웨어 모듈 설계

자. 시스템 제작

(1) 하드웨어 제작

(2) 소프트웨어 제작

차. 제작품 시험

(1) 모듈시험

(2) 소프트웨어 통합 시험

(3) 소프트웨어 하드웨어 통합 시험

(4) 소프트웨어 검증 시험

(5) 시스템 검증 시험

카. 안전성 인증

(1) 독립안전성평가 기관의 평가 수행

(2) SIL4 수준의 안전성 인증 획득

타. 현장시험

(1) 시험절차개발

(2) 오송교육설비 궤도회로에서 적합성 시험 실시

2. 연차별 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	RAMS 활동	▪ RAMS 인증을 위한 프로젝트 설계 ▪ RAMS 관리계획 ▪ Hazard 분석 ▪ 구조 정의 ▪ RAM 예측 ▪ V&V 계획
	설계 및 시제품 제작	▪ 경부 고속철도에 적용된 아날로그 방식의 궤도회로에 대한 조사 및 분석 ▪ 전기적, 기계적 호환성을 확보하기위한 방안 구성 ▪ 기능, 인터페이스, 환경요구사항 수립 ▪ 사양(안) 작성 ▪ 검증계획수립 ▪ 기본 설계서 작성 ▪ 상세 설계서 작성 ▪ 설계 검증 ▪ 디지털 송·수신기 시제품 제작 ▪ 제작품 검증
	시험장치 제작	▪ 송·수신기 시험장치 제작(S/W)
2차년도	RAMS 활동 및 SIL 인증 획득	▪ RAM 입증 ▪ V&V 보고서 ▪ Safety Case 작성 ▪ ISA 보고서
	시험장치 제작	▪ 송·수신기 시험장치 제작(H/W)
	시제품 시험 및 시운전	▪ 시험계획 수립 ▪ RAM 입증시험절차개발 ▪ 기능시험절차서 작성 ▪ 자체, 정적/동적, 종합시험 ▪ 환경시험 ▪ 고속선 현장적용시험 실시 ▪ 시험결과 검증 ▪ 시제품 Validation

3. 연구개발 추진체계

구 분	주관연구기관 엘에스산전(주)	공동연구기관 (주)테크빌	공동연구기관 한국철도기술연구원
1차년도 (2011.10.14~ 2012.08.13)	▪ RAMS 인증을 위한 프로젝트 설계 - 국외전문기관 평가항목 및 인증범위 설계 ▪ 요구사항 검증 ▪ 설계검증 ▪ 검증방안 계획 - 기능시험절차개발 - 인터페이스 검증시험절차개발	▪ 요구사항 분석 ▪ 기본설계 ▪ 상세설계 ▪ 시제품 제작(S/W, H/W) ▪ 시험장치 제작(S/W)	▪ IEC 62278 기준의 RAMS 관리계획 문서화 ▪ 예비위험원분석 지원 ▪ 시스템, 인터페이스, 운영시나리오 위험원도출 및 분석보고서 문서화 ▪ RAM 분석보고서 문서화
2차년도 (2012.08.14~ 2013.06.13)	▪ RAM 입증시험 절차개발 ▪ 시제품 시험검증 ▪ 시운전시험절차 개발 ▪ 시제품 최종 Validation	▪ 시제품 시험 ▪ 시험장치 제작(H/W) ▪ 시운전	▪ RAM 입증 모델 개발 ▪ IEC 62425 기준의 Safety Case 문서화 지원

4. 추진 일정 및 실적

계획
실적

연차	연구목표	연구 내용		추 진 일 정 (월차별) (2011.10-2012.08) 1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	(2012.09-2013.06) 11월	12월	13월	14월	15월	16월	17월	18월	19월	20월
1차년도	과제총괄 및 설계 제작검증 (LS산전)	프로젝트 RAMS 보증계획 설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		아날로그타입 송수신기 분석	계획																				
			실적 (100%)																				
		성능사양 개발	계획																				
			실적 (100%)																				
		요구사항 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		I/F 사양 개발	계획																				
			실적 (100%)																				
		검증방안 계획	계획																				
			실적 (100%)																				
		기본설계 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		상세설계 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		제작품 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
	설계 및 제작 (테크빌)	송수신기 설계관련 RAMS 자료작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		요구사항 분석	계획																				
			실적 (100%)																				
		기본설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		상세설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		시제품 제작(S/W, H/W)	계획																				
			실적 (100%)																				
		시험장치 제작(S/W)	계획																				
			실적 (100%)																				
	RAMS 향상 연구 (철도연)	RAMS 관리계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		예비위험원분석/보고서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		송수신기 구조 정의	계획																				
			실적 (100%)																				
		RAM 예측 수행/보고서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		위험원분석/보고서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		V&V계획수립/계획서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 요구사양서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 구조설계 계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 모듈설계 계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				

2차년도	과제총괄 및 설계 제작검증 (LS산전)	시험계획수립	계획	
			실적 (100%)	
		RAM 입증시험 절차 개발	계획	
			실적 (100%)	
		시험결과 검증	계획	
			실적 (100%)	
		시운전시험 절차 개발	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 Validation 수행	계획	
			실적 (100%)	
		본선 시운전 Validation 수행	계획	
			실적 (100%)	
	시험 및 시운전 (테크빌)	시험 및 제작 관련 RAMS 자료작성	계획	
			실적 (100%)	
		시험장치 제작(H/W)	계획	
			실적 (100%)	
		RAMS 입증시험	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 시험	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 보완제작 및 시험	계획	
			실적 (100%)	
		시운전	계획	
			실적 (100%)	
	RAMS 향상 연구 (철도연)	S/W 통합시험보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		S/W, H/W 통합시험보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		SW 검증 및 평가 보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		RAM 입증 (RAM 입증은 본선에서 수행예정)	계획	
			실적 (0%)	
		V&V 보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		Safety Case(종합안전 보고서) 작성	계획	
			실적 (100%)	

Ⅳ. 연구개발결과

본 연구과제는 경부고속철도 구간의 궤도회로 송・수신기 개발 및 신뢰성과 안전성을 입증하는 과제로써, 기존의 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 개량하여 노이즈에 대한 오동작을 개선하고 유지보수도를 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 또한 개발된 제품에 대한 신뢰성 및 안전성 인증을 통하여 실제 경부고속철도 구간에 적용을 목표로 한다.

개발 및 인증을 위해 요구조사, 위험원 분석, 기본 및 상세 설계, 제작 및 시험, 안전성 평가를 진행하였다. 안전성인증을 획득하였으며, 현장에서 적합성을 검증하였다. 엘에스산전(주), ㈜테크빌, 한국철도기술연구원의 참여로 연구가 진행되었다.

세부적인 성과는 아래와 같다.

1. 사용자 요구 조사 및 설문조사

코레일, 철도시설공단을 방문하여 관계자의 요구를 조사하였다. 기대 수명, 요구하는 기능, 송・수신기의 기존 문제점들을 조사하여 이를 디지털 송・수신기의 요구사항으로 반영하였다.

2. 요구 분석 및 위험원 분석

디지털 송・수신기의 요구사항을 정의하고, 해당 요구사항의 기능을 기반으로 하여 위험원을 분석하였다. 시스템, 서브시스템, 인터페이스, 운영 및 지원 단계로 나누어 계층적으로 위험원 분석 활동을 수행하였다. 도출된 위험원의 위험도를 저감시킬 수 있는 방안을 요구사항에 재 반영하였다.

사용자 요구사항 분석 및 경부 고속철도 1, 2단계에서 사용하고 있는 AF궤도회로(UM71C)의 송·수신기 시스템의 조사, 분석을 통해 시스템 사양서를 작성하였다.

3. 디지털 송・수신기 기본 설계 및 상세 설계

시스템 사양서를 입력으로 하여 RAMS 활동을 바탕으로 송신기 및 수신기에 대한 기본 설계 및 상세설계를 완료 하였다.

4. 디지털 송・수신기 및 시험장치 제작

상세설계서를 입력으로 하여 송・수신기의 시제품을 제작하여 국산화를 이루었다. 또한 시제품을 시험할 수 있는 시험장치의 소프트웨어와 하드웨어 제작을 완료 하여 시제품의 기능 시험에 대한 편이성을 제공하였다.

5. 디지털 수신기 케이스 국산화 제작

전량 외국에서 수입하던 수신기 케이스를 제작하여 국산화를 이루었다.

6. 독립 안전성 평가

본 과제의 안전성 평가를 위해 독립안전성평가기관(로이드 레지스터)을 선정하여 평

가를 진행하였다. 요구분석, 위험원 분석, 설계, 제작 및 시험 등 전 활동에 걸쳐 독립 안전성 평가 기관이 평가를 수행하였다. 평가 결과 안전관련 문제점이 모두 해결되었음이 확인되어 SIL4 수준의 인증서를 발급받았다.

7. 현장 시험

디지털 송신기와 수신기의 현장 적합성을 검증하기 위해 오송전기사무소 교육설비의 궤도회로를 이용하여 시험하였다. 기존 송・수신기와의 특성비교 시험과 열차점유시험을 통해 적합성에 문제없음을 확인하였다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

본 과제의 결과물은 향후 경부 고속철도 유지보수 사업 및 신규 고속철도 사업에 활용할 계획이다. 당 과제는 디지털 송·수신기 개발 및 인증 과제로써, 당 과제를 통해 RAMS 인증을 받은 후, 향후 사업화 이전에 장기적 현장시험을 통하여 현장 적용성을 최종 검토 후 사업화 예정이다.

1. 실용화·제품화 방안

본 연구과제의 성과물인 디지털 송·수신기는 과제를 수행하면서 개발 단계부터 시운전까지 요구되는 RAMS 목표 수준을 충족시키기 위하여 제품 수명기간 동안 국제표준(IEC)에 의거한 RAMS 계획수립과 활동, 시운전 동안 정해진 시간에 입증 시험을 수행하여 디지털 송·수신기의 RAMS 목표 및 운영기관의 요구사항에 대해서 만족하는 신뢰성/안전성/무결성이 확보된 국산화 제품이다. 따라서 개발된 디지털 송·수신기는 과제 수행 완료 후 즉시 제품화가 가능하며, 현재 운영 중인 경부 고속철도 1, 2단계 구간의 궤도회로 송·수신기의 유지보수 부품으로 적용하여 사용할 수 있으며, 향후 신설되는 수도권(수서～평택) 고속철도 사업에 적용이 가능하므로 해외 기술 선진국의 의존도를 줄일 수 있다. 또한 국철 및 지하철의 궤도회로에도 적용이 가능하고, 해외 업체와 기술적으로 동등한 위치에서 경쟁을 하여 해외 고속철도 사업에도 참여가 가능하다.

2. 사업화 방안

개발된 디지털 송·수신기를 기존 경부 고속철도, 신설되는 수도권 고속철도 사업에 적용하고, 국철 및 지하철에 응용하여 적용한다.

(단위: 억원)

구분		사업화 년도		
		2013년 (개발 종료 후 1년)	2014년 (개발 종료 후 2년)	2015년 (개발 종료 후 3년)
사업화 품목		디지털 송·수신기	디지털 송·수신기	디지털 송·수신기
생산 계획		150	350	500
판매계획	내수	30	70	100
	수출	-	-	-
	계	30	70	100

Summary

Ⅰ. Title: High-speed Railway digital transmitter-receiver development and reliability and safety evaluation.

Ⅱ. The purposes of research and development

1. Technical aspects

A track circuit transmitter-receiver is a device for detecting existence of train and transmits the speed limit of train. It will contribute to the development of the relevant fields since several areas of technology, such as Hardware design technology. Signal processing technology, Software design technology and Track circuit technology will be used in combination. Also, the performance and maintainability of the developed digital transmitter-receiver will be greatly improved compared to an existing analog transmitter-receiver and it will contribute to RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) related technology, such as hazard elicitation, safety evaluation, reliability and safety management in domestic high-speed railway environment through reliability and safety management.

2. Financial and industrial aspects

Even though some of the track circuit transmitter-receiver for national railway is localized, the localization of track circuit products for high-speed railway is insufficient. If the digital transmitter-receiver proven reliability and safety is localized, substitution of products that is already imported and import substitution effects in new high-speed railway field will be considerable.

3. Social and cultural aspects

Recently, the various social issues, such as high oil prices and the Climate Change Convention are magnified over the world. The development of countermeasures in the traffic field is also magnified. In this context, the railway transportation is emerging as high energy efficiency and low-carbon transportation since it is 14 times higher in energy efficiency and has 8% of CO2 emissions compared to other transportation. Therefore, railway transportation is expected to be national vision of the low-carbon Green Growth transportation.

Also, considering that reduction target of greenhouse target is 30% by 2020, railway transportation is expected to be pioneer. While train control system is applying computer technology, Software technology and wireless communication

technology and shows great performance and efficiency, Europe asks political action for securing safety of Vital Technology and System through Railway Safety Directive since it is the vital equipment assures safety of train.

Especially as the railway system is mass transit of the national network, train accidents due to the failure of train control system impacts society greatly and damaged socially and financially by injuring human and damaging properties.

Advanced countries try to develop the safety measurements of train control system for preventing train accidents in advance. Among train control systems, track circuit transmitter-receiver in charge of basic safety function shall be improved and localized by proving reliability and safety to contribute national high-speed railway safety.

Therefore, this project establishes following target.

○ Development of transmitter-receiver in AF track circuit (UM71C) and digital transmitter-receiver convertible electrically and mechanically used in first and second stage of Gyeongbu High-speed railway.

○ Prove safety and reliability based on railway safety national standard.

Ⅲ. Contents and scopes of research and development

1. Contents and scopes of research

a. Research on analysis of requirement analysis and survey

b. Research on status report of recent track circuit transmitter-receiver system

c. Research on related patent of Gyeongbu High-speed railway track circuit transmitter-receiver

d. Definition of requirement analysis and requirements

e. Establishment of RAMS plan

f. Establishment of hazard analysis and measurements.

(a) System hazard analysis

(b) Subsystem hazard analysis

(c) Interface hazard analysis

(d) Operation and Support hazard analysis

g. Practice of basic design

(a) Interface

(b) Software Architecture

h. Practice of detail design

(a) Reliability prediction

i. System manufacturing

(a) SW coding

(b) HW

j. Test of the manufactured product

(a) Module test

(b) Software integration test

(c) Software Hardware integration test

(d) Software verification test

(e) System verification test

k. Safety certification

(a) Evaluation from ISA

(b) Secure safety on the level of SIL4

l. Field test

(c) Practice of Suitability test for track circuit in Osong educational provision

2. Target of the project

Year	Target	Main Activities
First year	RAMS activity	▪ Project design for RAMS certification ▪ RAMS management plan ▪ Hazard analysis ▪ Structure definition ▪ RAM prediction ▪ V&V plan
	Design and manufacture the prototype	▪ Research and analysis of analog track circuit applied to Gyeongbu high-speed railway ▪ measurements of obtaining electrical and mechanical compatibility ▪ Establishment of function, Interface and environmental requirement ▪ Establishment of Verifying plan ▪ Writing specification ▪ Writing basic design ▪ Writing detail design ▪ Verifying design ▪ manufacturing prototype of digital transmitter-receiver ▪ Verifying manufactured product
	manufacture the test device	▪ manufacture transmitter-receiver test device
Second year	Secure RAMS activity and SIL cerfication	▪ Prove RAM ▪ V&V report ▪ Report Safety Case ▪ ISA report
	manufacture the test device	▪ manufacture transmitter-receiver test device
	prototype test and test driving	▪ Establishment of test plan ▪ development of RAM certification test procedure ▪ Writing function test procedure ▪ Static, dynamic and intergrated test ▪ environment test ▪ field test application for high-speed train ▪ Verification of test results ▪ prototype Validation

3. Organization

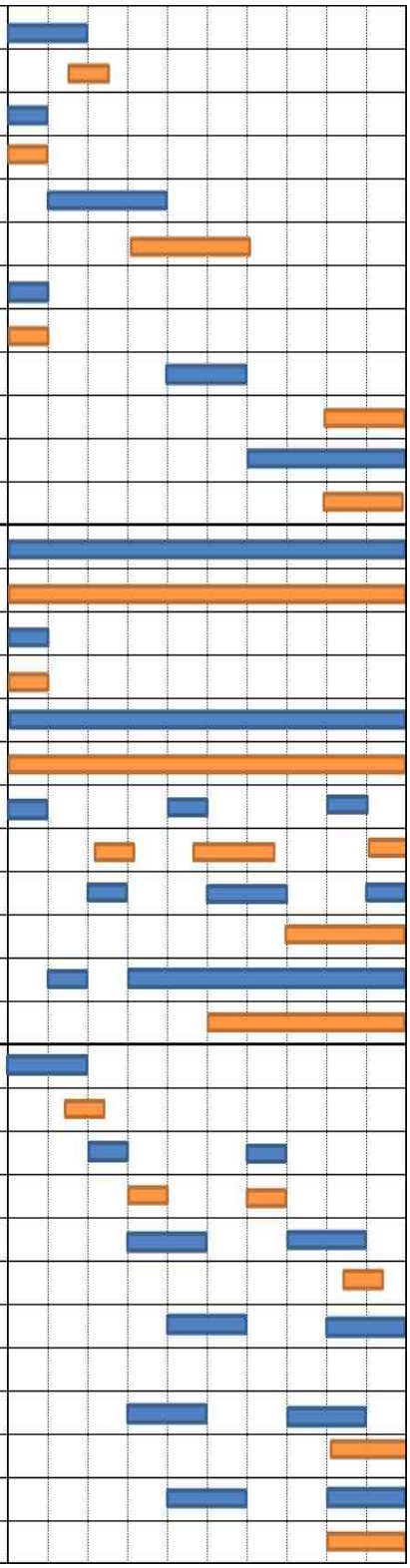
Agency	Main research agency LSIS corp.	Joint research agency Techville corp.	Joint research agency KRRI (Korean Railroad Research Institute)
(2011.10.14. ~2012.08.13) First year	▪ Project design for RAMS certification - certification scope and overseas agency evaluation items design ▪ Requirements verification ▪ Design verification ▪ verification plan - development of function test procedure - development of Interface function test procedure	▪ anaylsis of requirements ▪ basic design ▪ detail design ▪ manufacturing prototype (S/W, H/W) ▪ manufacturing test device (S/W)	▪ Documentation of RAMS management plan based on IEC 62278 standard ▪ Support pre-hazard analysis ▪ Documentation of system, Interface and operation scenario hazard emission and analysis ▪ Documentation of RAM analysis report
(2012.08.14. ~ 2013.06.13) Second year	▪ RAM verification test procedure development ▪ prototype test verification ▪ test driving test procedure	▪ prototype test ▪ manufacturing test device (H/W) ▪ Test driving	▪ RAM verification model development ▪ Documentation of Safety Case based on IEC 62425 standard

4. Schedule and Achievements

계획
실적

연차	연구목표	연구 내용		추 진 일 정 (월차별)																			
				(2011.10~2012.08)										(2012.09~2013.06)									
				1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	13월	14월	15월	16월	17월	18월	19월	20월
1차년도	과제총괄 및 설계 제작검증 (LS산전)	프로젝트 RAMS 보증계획 설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		아날로그타입 송수신기 분석	계획																				
			실적 (100%)																				
		성능사양 개발	계획																				
			실적 (100%)																				
		요구사항 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		I/F 사양 개발	계획																				
			실적 (100%)																				
		검증방안 계획	계획																				
			실적 (100%)																				
		기본설계 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		상세설계 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
		제작품 검증	계획																				
			실적 (100%)																				
	설계 및 제작 (테크빌)	송수신기 설계관련 RAMS 자료작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		요구사항 분석	계획																				
			실적 (100%)																				
		기본설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		상세설계	계획																				
			실적 (100%)																				
		시제품 제작(S/W, H/W)	계획																				
			실적 (100%)																				
		시험장치 제작(S/W)	계획																				
			실적 (100%)																				
	RAMS 향상 연구 (철도연)	RAMS 관리계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		예비위험원분석/보고서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		송수신기 구조 정의	계획																				
			실적 (100%)																				
		RAM 예측 수행/보고서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		위험원분석/보고서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		V&V계획수립/계획서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 요구사양서작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 구조설계 계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				
		SW 모듈설계 계획서 작성	계획																				
			실적 (100%)																				

2차년도	과제총괄 및 설계 제작검증 (LS산전)	시험계획수립	계획
			실적 (100%)
		RAM 입증시험 절차 개발	계획
			실적 (100%)
		시험결과 검증	계획
			실적 (100%)
		시운전시험 절차 개발	계획
			실적 (100%)
		시제품 Validation 수행	계획
			실적 (100%)
		본선 시운전 Validation 수행	계획
			실적 (100%)
	시험 및 시운전 (테크빌)	시험 및 제작 관련 RAMS 자료작성	계획
			실적 (100%)
		시험장치 제작(H/W)	계획
			실적 (100%)
		RAMS 입증시험	계획
			실적 (100%)
		시제품 시험	계획
			실적 (100%)
		시제품 보완제작 및 시험	계획
			실적 (100%)
		시운전	계획
			실적 (100%)
	RAMS 향상 연구 (철도연)	S/W 통합시험보고서 작성	계획
			실적 (100%)
		S/W, H/W 통합시험보고서 작성	계획
			실적 (100%)
		SW 검증 및 평가 보고서 작성	계획
			실적 (100%)
		RAM 입증 (RAM 입증은 본선에서 수행예정)	계획
			실적 (0%)
		V&V 보고서 작성	계획
			실적 (100%)
		Safety Case(종합안전 보고서) 작성	계획
			실적 (100%)



Ⅳ. Research and development results

This research project is to prove the development, reliability and safety of track circuit transmitter-receiver on Gyeongbu High-speed section. The target of this project is to improve and maintain the malfunction about the Noise by changing the existing analog system into digital system. Also, it is to apply on Gyeongbu High-speed railway section by obtaining the certification of reliability and safety.

To develop and obtain certification, research for requirements, hazard analysis, and basic and detail design, manufacturing, test and safety evaluation were conducted.

Safety certification was obtained and suitability in the field was proven. Research was conducted by LSIS, Techvil and KRRI.

Detailed achievements are as followings.

1. Research for client's request and survey

Visiting KORAIL and KRNA (Korea Rail Network Authority), the client's request was reflected as digital transmitter-receiver by collecting expectancy life cycle, function and problems of current transmitter-receiver.

2. Analysis of requirements and hazard.

Requirements of digital transmitter-receiver were defined. Based on the relevant function of the requirements, hazard analysis was conducted. Hazard analysis was conducted according to the stages divided into system, sub-system, Interface, operation and support.

The measurements for reducing hazard were reflected.

System specification was written based on the research and analysis of the transmitter-receiver used on AF track circuit (UM71C) in the first and second stages of Gyeongbu High-speed railway,

3. basic and detail design of digital transmitter-receiver

Basic and detail design of digital transmitter-receiver was done by following RAMS activity writing system specification.

4.manufacturing digital transmitter-receiver

Writing detail design, prototype was manufactured and localized. Also, S/W and H/W for testing the prototype was manufactured and the convenience of function test was provided.

5.Manufacturing digital receiver case.

Digital receiver case imported from overseas was manufactured and localized.

6. Independent safety evaluation

For the Independent safety evaluation, Independent safety evaluation agency (Lloyd Register) was selected and conducted the evaluation. Through the whole area, such as requirement analysis, hazard analysis, design, manufacturing and test evaluation were conducted by Independent safety evaluation agency. As a result, certification of level SIL4 was given.

7. Field test

To prove the suitability of digital transmitter-receiver on field, test was conducted by using track circuit of Osong Electic Office Education Agency. By comparing the quality of existing transmitter-receiver and testing the suitability, it is proven to be safe.

Ⅴ. Use Plan

The result of this project will be used in the future Gyeongbu high-speed railway maintenance business and new high-speed railway business. This project is the development and verification project of digital transmitter-receiver and after obtaining RAMS certification, commercialization will be conducted.

1. measurements for pratical use

The digital transmitter-receiver, the delievarable of this project, is the localized product that secures the reliability, safety and integrity satisfied the requirements of RAMS target or the operating agency. Therfore it can be used after the project performance is done and can be applied to first and second stages of Gyeongbu high-speed railway and future railway, such as capital area(Suseo ~ Pyeongtaek). It also can reduce the dependancy on imports. Also, it can apply to overseas high-speed railway by competing overseas agencies with equal technical skills.

2. measurements for commercialization

The developed digital transmitter-receiver is applied to existing Gyeongbu high-speed railway, the developing capital area(Suseo ~ Pyeongtaek) and to national railway and subway system.

(단위: 억원)

구분		사업화 년도		
		2013년 (개발 종료 후 1년)	2014년 (개발 종료 후 2년)	2015년 (개발 종료 후 3년)
사업화 품목		디지털 송·수신기	디지털 송·수신기	디지털 송·수신기
생산 계획		150	350	500
판매계획	내수	30	70	100
	수출	-	-	-
	계	30	70	100

차례

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1
제 1절 연구개발 필요성 ····· 1
1. 기술적 측면 ····· 1
2. 경제·산업적 측면 ····· 1
3. 사회・문화적 측면 ····· 1
제 2절 연구개발 목표 및 내용 ····· 2
1. 연구개발 최종목표 ····· 2
2. 연구개발 범위 및 상세 목표 ····· 4
제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 18
제 1절 국내 기술 및 산업 동향 ····· 18
1. 국내 시장 현황 및 예측 ····· 18
2. 국외 기술 및 산업 동향 ····· 20
3. 특허 동향 ····· 21
4. 정부지원정책 현황 ····· 24
5. 종합 결론 ····· 24
제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 25
제 1절 연구개발결과 요약 ····· 25
제 2절 연구개발 주요내용 ····· 27
1. 고속철도 UM71C 궤도회로 송・수신기 분석서 작성 ····· 27
2. 고속철도 디지털 송・수신기 시스템 요구 사양서 작성 ····· 27
3. 기본 설계 ····· 36
4. 상세 설계 ····· 60
5. 송・수신기 시제품 제작 ····· 94
6. 디지털 송·수신기 시험장치 제작 ····· 95
7. 수신기 케이스 샘플제작 ····· 100
9. RAMS 활동 수행 결과 ····· 112
10. 인증 활동 수행 ····· 158
11. 현장시험 활동 수행 ····· 163
제 3절 연구개발 추진전략 및 방법 ····· 168
1. 연구개발 추진체계 ····· 168
2. 연차별 세부 추진계획 및 방법 ····· 169
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 171
제 1절 연구목표의 달성도 ····· 171
1. 연구개발 수행 진도율 ····· 171
2. 연구개발 목표의 달성도(성과점검기준표) ····· 173
제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 175

제 1절 연구성과 활용계획 ····· 175
1. 실용화・제품화 방안 ····· 175
2. 사업화 방안 ····· 175
3. 수입대체효과 ····· 175
4. 연구결과의 기업 활용방안 ····· 176
제 2절 기대성과 및 파급효과 ····· 176
1. 기술적 측면 ····· 176
2. 경제・산업적 측면 ····· 176
3. 사회・경제적 측면 ····· 176
제6장 참고 문헌 ····· 177
제7장 부록 ····· 180

표 차례

표 1 연구개발 최종 목표 ····· 2
표 2 수명주기에 따른 RAMS 활동 ····· 7
표 3 성능시험 항목 ····· 13
표 4 자체시험 내용 ····· 13
표 5 측정 주요 포인트 ····· 15
표 6 검지 기능에 대한 시험 ····· 16
표 7 국내 적용중인 궤도회로 ····· 18
표 8 국내 주요 관련 업체 ····· 19
표 9 국내 전문가 및 연구기관 현황 ····· 19
표 10 국내연구 인프라 수준 ····· 19
표 11 국내 기술개발 수준 ····· 20
표 12 세계시장을 선도하는 주요 업체 ····· 21
표 13 특허 동향 ····· 21
표 14 SWOT 분석 ····· 24
표 15 연구개발 결과 요약 ····· 25
표 16 송신기 보드 주소와 주파수 정보에 따른 동작 상태 예시 ····· 37
표 17 연속 정보 출력 전압 레벨 설정 ····· 39
표 18 송신기 하드웨어 규격 ····· 40
표 19 VLF 테이블 ····· 44
표 20 CCM 보드 수신 데이터 구조 ····· 47
표 21 송신기 전기적 호환성 설계 상세 규격 ····· 61
표 22 송신기 기계적 호환성 설계 상세 규격 ····· 62
표 23 기계적 코딩 ····· 62
표 24 P1, P2 커넥터 사양 ····· 66
표 25 Coding Stript 사양 ····· 66
표 26 P1 커넥터 핀 할당 ····· 66
표 27 P2 커넥터 핀 할당 ····· 67
표 28 반송 주파수 설정을 위한 스위치 조작 방법 ····· 70
표 29 수신기 전기적 호환성 설계 상세 규격 ····· 80
표 30 수신기 기계적 호환성 설계 상세규격 ····· 80
표 31 KD2000 수신기 기계실 측정 사진 ····· 109
표 32 궤도 측정 사진 ····· 110
표 33 KD2000 송신기 수신기 설치 사진 ····· 110
표 34 각 수명주기에 따른 주요 활동 ····· 112
표 35 조직 구성원의 책임과 역할 ····· 118
표 36 심각도 기준 ····· 119
표 37 위험원 발생빈도 분류 ····· 120

표 38 위험도 매트릭스 ····· 120
표 39 도출된 위험원 ····· 121
표 40 유지보수도 측정 Factor ····· 123
표 41 MTTR 예측 결과 ····· 124
표 42 디지털 송신기 SIL 할당 ····· 125
표 43 디지털 수신기의 SIL 할당 ····· 125
표 44 THR 계산 결과 ····· 133
표 45 Hazard Log ····· 133
표 46 품질활동 V&V 결과 ····· 147
표 47 요구사항 분석&계획단계의 V&V활동 ····· 147
표 48 설계단계의 V&V활동 ····· 150
표 49 제작단계의 V&V 활동 ····· 152
표 50 단위모듈 시험단계 V&V 활동 ····· 153
표 51 통합시험 단계 V&V 활동 ····· 155
표 52 소프트웨어 검증 ····· 157
표 53 인증활동 요약 ····· 158
표 54 연차별 세부 추진계획 및 방법 ····· 169

그림 차례

그림 1 경부 고속철도의 무절연 UM71C 궤도회로 구성 ····· 4
그림 2 디지털 송신기 기능 블록도 ····· 5
그림 3 디지털 수신기의 기능 블록도 ····· 6
그림 4 RAM 관리 프로세스 ····· 8
그림 5 RAMS 관련 규격 ····· 9
그림 6 안전성 활동의 흐름 ····· 10
그림 7 안전성 활동의 체계 ····· 10
그림 8 리스크 매트릭스 ····· 11
그림 9 소프트웨어 평가체계 적용 흐름도 ····· 11
그림 10 독립 안정성 평가 절차 ····· 12
그림 11 궤도회로 구성 ····· 16
그림 12 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율 ··· 20
그림 13 CCM과 송신기 ····· 36
그림 14 송신기 기능 구성도 ····· 39
그림 15 송신기 하드웨어 구성도 ····· 40
그림 16 송신기 하드웨어 단계별 출력 파형 ····· 41
그림 17 절연 블록도 ····· 42
그림 18 디지털 송신기 전면판 구성 ····· 42
그림 19 VLF 합성 식 ····· 45
그림 20 송신기 소프트웨어 모듈 흐름도 ····· 46
그림 21 디지털 수신기 구성도 ····· 48
그림 22 수신 전압 레벨 조절구성도 ····· 49
그림 23 궤도 계전기 동작 전압 생성 구성도 ····· 50
그림 24 수신기 하드웨어 구성도 ····· 53
그림 25 수신기 외부 인터페이스 ····· 56
그림 26 수신기 소프트웨어 모듈간 흐름도 ····· 59
그림 27 송신기 흐름도 ····· 60
그림 28 송신기 블록도 ····· 61
그림 29 전면판 구성 ····· 63
그림 30 LED 표시 내용 ····· 64
그림 31 지지대 외형 ····· 64
그림 32 PCB 외형 ····· 65
그림 33 전원 모듈 구성도 ····· 67
그림 34 CCM과 통신 구성도 ····· 68
그림 35 안전 전원 검지 모듈 구성도 ····· 69
그림 36 사용자 정보 입력 모듈 구성도 ····· 70
그림 37 전압 및 전류 증폭을 위한 구성도 ····· 71

그림 38 전압 증폭을 위한 회로 구성도 ····· 71
그림 39 1차 전류 증폭 회로 구성도 ····· 72
그림 40 2차 전류 증폭 회로로 신호 전달 위한 회로 구성도 ····· 72
그림 41 2차 전류 증폭 회로 구성도 ····· 73
그림 42 과전류 감시 모듈 구성도 ····· 73
그림 43 픽업 전압 비교를 위한 회로 구성도 ····· 74
그림 44 전압 비교 구성도 ····· 74
그림 45 검지 결과 전달 회로 구성도 ····· 75
그림 46 출력 트랜스포머 구성도 ····· 75
그림 47 출력 레젤 조정 ····· 76
그림 48 CRN으로 신호 전달 위한 구성도 ····· 76
그림 49 출력 전압 측정 모듈 회로 구성도 ····· 77
그림 50 출력 전압 측정 모듈의 정류 회로 구성도 ····· 77
그림 51 A/D Convertor 회로 구성도 ····· 78
그림 52 수신기 블록도 ····· 79
그림 53 수신기 구조 ····· 81
그림 54 수신기 보드 구성 ····· 82
그림 55 입출력 보드 Layout ····· 83
그림 56 신호처리보드 Layout ····· 84
그림 57 입력 전원 회로 ····· 85
그림 58 입력 전원 EMC 설계 ····· 85
그림 59 레벨 조절 및 절연 회로 구성 ····· 86
그림 60 입력 레벨 제한 회로 설계 ····· 87
그림 61 Safety 신호 발생 회로 설계 ····· 87
그림 62 출력 신호 감시 회로 설계 ····· 88
그림 63 Fly-back Converter OR-CAD 시뮬레이션 회로 ····· 89
그림 64 궤도 계전기 동작 전압 생성 시뮬레이션 결과 ····· 89
그림 65 DSP 이중화 설계 ····· 90
그림 66 유지보수 통신 포트 ····· 90
그림 67 디지털 필터 MATLAB 시뮬레이션 ····· 91
그림 68 PADS를 사용하여 설계한 디지털 수신기 PCB ····· 92
그림 69 기존 장치와 호환성을 가지는 Transformer 설계 ····· 92
그림 70 디지털 수신기 Case 제작을 위한 AutoCAD 도면 ····· 93
그림 71 디지털 송·수신기 시험 장치 ····· 96
그림 72 디지털 송신기 시험용 시뮬레이터 ····· 97
그림 73 디지털 수신기 시험용 시뮬레이터 ····· 98
그림 74 디지털 송·수신기 입출력 모니터링 시뮬레이터 화면 ····· 99
그림 75 수신기 케이스 사진 ····· 100
그림 76 S/W 정적 분석 ····· 101
그림 77 S/W 동적 분석 ····· 101

그림 78 디지털 수신기 S/W 동적 분석 시험 결과 ····· 102
그림 79 디지털 송신기 S/W 동적 분석 시험 결과 ····· 102
그림 80 Software Validation Test Case 시험 결과 ····· 103
그림 81 디지털 송신기 PCB 제작 성적서 ····· 104
그림 82 디지털 수신기 PCB 제작 성적서 ····· 104
그림 83 디지털 송신기 조립 성적서 ····· 105
그림 84 디지털 수신기 조립 성적서 ····· 105
그림 85 디지털 수신기 하드웨어 시험 보고서 ····· 106
그림 86 디지털 송신기 하드웨어 시험 보고서 ····· 106
그림 87 송신기 내 환경 시험 성적서 ····· 107
그림 88 송신기 내 환경 시험 결과 요약 ····· 107
그림 89 수신기 내 환경 시험 성적서 ····· 107
그림 90 수신기 내 환경 시험 결과 요약 ····· 107
그림 91 송신기 전자기 적합성 시험 성적서 ····· 108
그림 92 송신기 전자기 적합성 시험 결과 요약 ····· 108
그림 93 수신기 전자기 적합성 시험 성적서 ····· 108
그림 94 수신기 전자기 적합성 시험 결과 요약 ····· 108
그림 95 RAM 관리 프로세스 ····· 114
그림 96 RAMS 관련 규격 ····· 114
그림 97 안전성 활동의 전체적 흐름 ····· 115
그림 98 안전성 활동의 체계 ····· 116
그림 99 조직 구성 ····· 116
그림 100 SIL Table ····· 126

제1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 필요성

1. 기술적 측면

궤도회로 송·수신기는 열차의 제한속도를 전송하고 열차의 유무를 검지하는 장치로써, 하드웨어 설계 기술, 신호처리 기술, 소프트웨어 설계 기술, 궤도회로 기술 등 여러 분야의 기술을 복합적으로 접목하기 때문에 관련 분야의 발전에 기여할 것이다. 또한 개발된 디지털 송·수신기는 기존 아날로그 방식의 송・수신기에 비해 성능 및 유지보수성이 크게 향상되며, 신뢰성/안전성 확보 활동을 통하여 국내 고속철도 적용환경의 해저드 도출, 안전성 평가, 송·수신기 신뢰성 등의 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, and Safety)관련 기술에도 크게 기여할 것이다.

2. 경제·산업적 측면

현재 일부 국철 궤도회로 송·수신기가 국산화되어 있지만 고속철도 궤도회로 관련 제품의 국산화는 미흡한 실정이다. 이에 신뢰성/안전성이 입증된 디지털 송・수신기를 국산화한다면 이미 국내 납품된 외국사의 제품 대체 및 신규 고속철도 구간에서 수입대체 효과가 상당할 것으로 기대된다. 또한 개발하는 제품의 신뢰성/안전성을 입증한다면 고속철도 뿐 아니라 국철, 지하철 등의 궤도회로 송・수신기에도 적용하여 유럽 등 철도 선진국 시장으로의 진입도 충분히 가능할 것이다.

3. 사회・문화적 측면

최근 고유가, 기후변화협약 등 각종 사회적 이슈가 세계적으로 부각되면서, 교통부문의 대응논리 개발도 급격하게 부각되고 있다. 이러한 맥락에서 볼 때 철도는 도로 교통수단에 비해 화물수송 기준으로 에너지 효율성은 14배 이상 높으며, CO2 배출량은 8% 수준에 불과해 고에너지효율・저탄소 교통수단으로서 부상되고 있어, 향후 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장의 주 교통수단으로 기대된다. 또한, 국가 온실가스 감축목표가 향후 2020년까지 30%인 점을 감안한다면 철도는 물류분야에서 선도적인 역할을 할 것으로 기대된다. 특히 열차제어시스템은 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 무선통신기술 등을 적용하여 높은 성능과 효율성을 확보하고 있으나, 열차운행의 안전성을 보장하는 필수설비이기 때문에 유럽은 Railway Safety Directive 등을 통해서 Vital Technology와 시스템에 대한 안전성 보장을 위한 조치를 정책적으로 요구하고 있다.

특히, 철도시스템이 대량 수송수단인 국가의 기간망으로서 열차제어시스템의 결함에 따른 열차사고는 사회적으로 매우 큰 파장을 일으키고 인명과 재산적으로 엄청난 사회 경제적 손실을 발생시킨다. 그리고 선진국일수록 열차사고를 미연에 방지하기 위한 대비책으로써 열차제어시스템의 안전성 향상을 위한 노력을 지속하고 있다. 열차제어시스템 중에서도 가장 기본적인 안전 기능을 담당하고 있는 궤도회로 송·수신기의 기능을 향상시켜 국산화하고, 신뢰성/안전성을 입증함으로써 국내 고속철도 안전에 이바지할 수 있다.

제 2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발 최종목표

○ 경부 고속철도 1, 2단계에서 사용하고 있는 AF궤도회로(UM71C)의 송・수신기와 전기・기계적으로 호환되는 디지털 송・수신기 개발

○ 철도안전 국제표준 기반의 신뢰성/안전성이 입증된 디지털 궤도회로 송・수신기 개발

목표 1 : 경부 고속철도 1, 2단계에서 사용하고 있는 AF궤도회로(UM71C)의 송·수신기와 전기·기계적으로 호환되는 디지털 송·수신기 개발		
	기존 사양	개발 사양
송신기	아날로그 소자를 사용한 신호 생성	디지털 신호 처리에 의한 신호 생성
	75~135V의 출력 전압 레벨 (15V 단위로 조정 가능)	기존과 동일 사양으로 개발하되 회로는 디지털화 한다.
	Safety(과전류 검출)	
	외부 장치와의 RS-422 통신	
	절연 특성: DC500V, 200Mohm 절연 내력 : 2000Vrms 온도특성 : -25~70℃	
	전면판 크기 : 6U * 16HP PCB 크기 : 220*233.4(mm,1.6t)	
	사용 가능한 반송 주파수가 고정 됨	디지털 신호 처리에 의한 하나의 송신기로 모든 반송 주파수 대응
	- 유지 보수용 포트가 없음	시리얼 포트를 구성하여 유지보수를 용이 하도록 한다.
수신기	아날로그 소자를 사용한 열차 검지 주파수 검지	디지털 신호처리에 의한 열차 검지 주파수 검지
	열차가 있을 때 트랜스포머를 이용한 궤도계전기 구동전압 생성 기능(0.5초)	기존과 동일 사양
	사용 가능한 반송 주파수가 고정 됨	디지털 신호 처리에 의한 하나의 수신기로 모든 반송 주파수 대응
	Safety 기능	기존과 동일 사양으로 개발
	절연 특성: DC500V, 200Mohm 절연 내력: 2000Vrms 온도 특성: -25~70℃	
	기구 크기: 219*100*123(mm) PCB 크기: 130*120(mm) 2장 110*75(mm) 1장	기구 크기: 기존과 동일 사양 PCB 크기: 170*115(mm) 2장
	- 유지 보수용 포트가 없음	시리얼 포트를 구성하여 유지보수를 용이 하도록 한다.

목표 2 : 철도안전 국제표준 기반의 신뢰성/안전성이 입증된 디지털 궤도회로 송·수신기 개발		
	기존 사양	개발 사양
송신기	수십 년간 사용 실적으로 Safety인증	IEC 62278 사양으로 개발
수신기	수십 년간 사용 실적으로 Safety인증	IEC 62278 사양으로 개발

표 1 연구개발 최종 목표

궤도회로 장치는 열차 신호제어 시스템에서 열차위치 검지와 차상신호 전송을 목적으로 사용된다. 열차의 안전운행을 목적으로 궤도는 전기적으로 적당한 거리 단위로 분할된다. 분할된 각 구간은 전기적으로 독립된 회로를 구성하며 이 회로를 궤도회로라고 부른다. 이 궤도회로를 무절연 방식으로 구성한 후, 2㎑~8㎑범위의 가청 주파수를 이용하여 신호를 전송하도록 한 것을 AF(audio frequency) 궤도 회로라 한다.

제2차 세계대전 중 폭격으로 인한 레일 절손 여부를 확인하기 위하여 레일을 전화선으로 대용하여 전화기에 연결하여 인접 역과 통신한 것이 기원이 되었으며 최초에 일본에서 궤도 회로 장치를 개발하였으나 그후 프랑스에서 철도에 사용하기 적합한 형태로 발전시켜 사용하게 되었다. 열차가 고속으로 운행하여 시속 200[㎞/h]를 넘어서게 되면 기관사의 투시 거리에는 한계가 있어 지상 신호는 사용할 수 없게 되며 전방 열차와의 운행 간격, 제동 거리 등을 차상으로 직접 전달할 수 있는 차상 설비를 갖추어야 한다.

AF궤도회로는 단순한 열차 검지 기능뿐만 아니라 전방 열차와의 운행 간격, 해당 열차의 지시속도, 차량 운행 정보를 기관사에게 전달하며, 제동장치에 직접 연결하여 신호를 무시하고 진입하는 열차를 자동으로 정지하게 하므로 열차 안전 운행을 달성할 수 있다.

고속철도 AF궤도회로는 송·수신기를 기계실에 집중 설치하여 차상신호전송기능과 열차점유 검지기능을 수행하는 가청주파수 궤도회로장치로써 프랑스의 CSEE Transport사(현재 Ansaldo)에 의해 개발되었다. 현재 프랑스 TGV SE, Athelantic, Nord 및 경부 고속철도에 설치되어 운영 중에 있다. 고속철도에서 사용하는 AF궤도회로의 원리는 [그림 2]와 같이 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 궤도회로를 구성하며, 송신기 및 수신기를 이용하여 전기적 절연이 된 폐회로를 구성한다. 수신기는 열차가 선로에 진입 시 열차의 차축에 의해 선로 간을 단락함에 따라 열차의 유무를 검지하는 역할을 수행하며, 송신기는 열차의 운행에 필요한 각종 정보(구간 내 제한속도, 선로의 구배 곡선 등등)를 선로를 통하여 궤도회로 반송파에 필요 정보를 VLF(Very Low Frequency) 신호로 합성/변조하여 연속적으로 전송하여 지상에서 차상으로 전달하는 역할을 한다. 선로에 열차가 진입을 하게 되면 열차의 바퀴와 차축에 의해 폐회로가 구성이 되며 수신기로 전류가 흐르지 못하게 되어 해당 구간에 열차가 점유하고 있음을 알게 된다. 이 때 차상 ATC 장치는 열차 앞바퀴 축 전방의 약 1M에 위치한 차상 안테나를 통해 변조된 신호를 검지한다. 이렇게 검지된 신호는 적당한 레벨로 증폭이 되며, 필터를 거쳐 복조 되고, 원래 코드를 추출해 낸 후 최종적으로 열차 정보를 획득하게 된다. 이렇게 획득된 정보에 따라 열차의 차상 ATC 장치

는 열차를 최적으로 운행하게 되는 것이다.

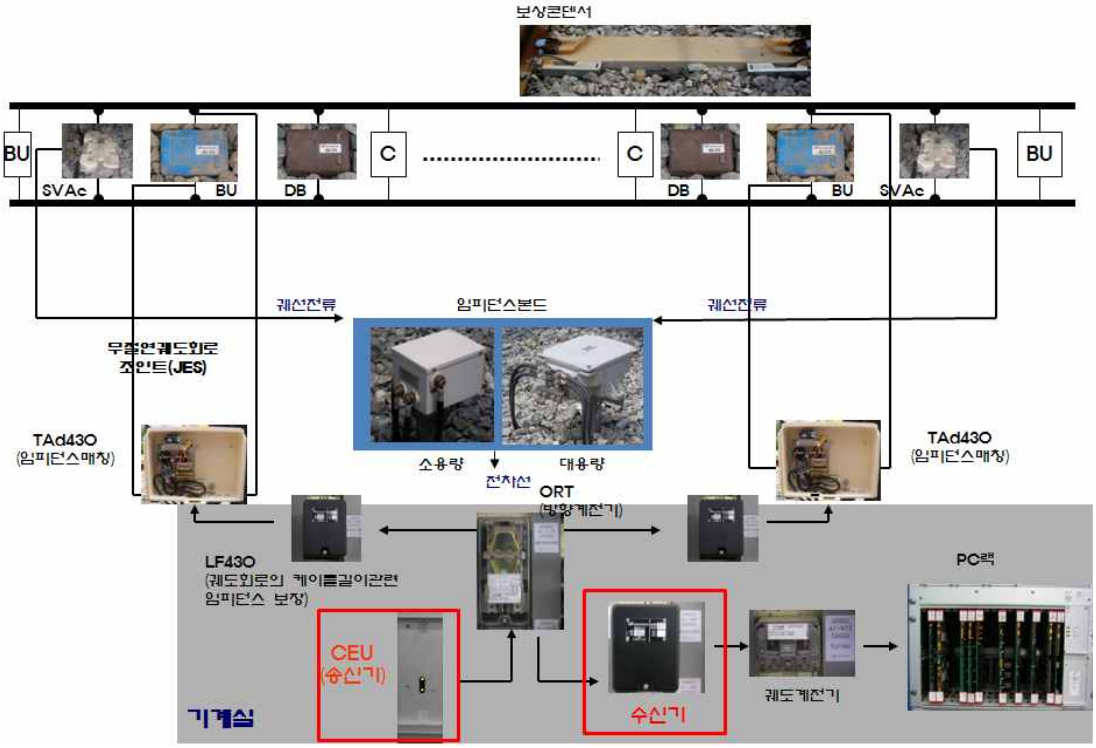


그림 1 경부 고속철도의 무절연 UM71C 궤도회로 구성

국내에서 제작되어 설치, 운영 중인 궤도회로 송·수신기는 국철과 지하철에만 적용되어 있으며 고속철도에 적합한 장치는 아직 국산화되어있지 않은 상태이다. 또한 독립된 안전성 평가기관으로부터 신뢰성과 안전성을 입증받은 제품도 없다. 그러나 국내 사용자(철도공사, 도시철도공사 등)들이 점점 철도 신호제품의 높은 안전성과 IEC 62278(철도시스템 RAMS 명세 및 입증에 대한 국제표준) 및 62425(철도응용 신호시스템 안전입증에 대한 국제표준) 등 국제규격 준수 등이 요구되어지고 있으며, 철도 안전법 시설안전기준에서 강제하고 있는 안전성활동을 통해 위험원 발생에 대한 확률을 과학적으로 산출하여 허용수준으로 제어하고 이를 제3자로부터 인증 받는 절차가 필수요건으로 수행되어야 한다. 따라서 본 연구를 통해 설계부터 제작, 설치, 시운전 단계까지 신뢰성/안전성 관련 연구를 수행하여 신뢰성/안전성이 확보된 완제품 형태의 고속철도 궤도회로의 디지털 송・수신기를 개발하는 것이 목표이다.

2. 연구개발 범위 및 상세 목표

현재 경부고속선 1, 2단계의 신호기계실에 설치되어 운영 중인 아날로그방식의 송・수신기와 전기・기계적으로 호환되는 디지털 송・수신기를 개발하며, 모든 신호 처리는 DSP(Digital Signal Processing) 및 신호처리 소프트웨어로 이루어진다.

디지털 송・수신기는 4가지 주파수별로 구분되어 제작되었던 것을 하나의 송・수

신기에서 모두 수용할 수 있도록 구현한다.

가. 디지털 송신기

디지털 송신기는 외부 장치로부터 연속 정보 데이터를 직렬링크(RS-422)를 통해 전달 받아, 디지털 방식으로 신호를 처리하여 교류 형태의 정보를 생성한다. 생성된 정보를 열차의 차상장치 및 수신기까지 안정적인 전달을 위해 전류 및 전압을 증폭시켜 궤도로 정보를 출력한다.

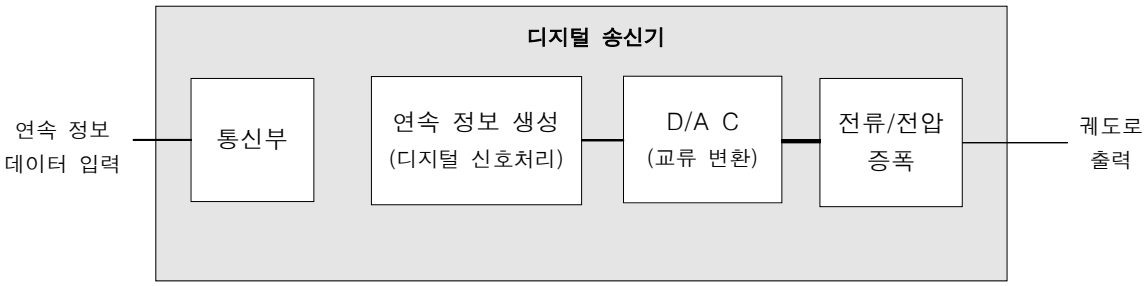


그림 2 디지털 송신기 기능 블록도

궤도로 출력되는 교류 형태의 정보는 연속적으로 전달되기 때문에 '연속 정보'라 칭한다. 연속 정보는 2040Hz, 2400Hz, 2760Hz, 3120Hz의 4가지의 반송 주파수를 사용하며, 하나의 궤도에 대해서 오직 하나의 주파수만을 반송 주파수로 사용하여 연속정보 및 열차 검지 정보를 주파수 변조(Frequency Modulation) 방식으로 정보를 합성하여 궤도로 전달한다.

디지털 송신기의 기능을 구현하기 위한 상세 개발내역은 다음과 같다.

- SAFETY를 고려한 하드웨어 및 소프트웨어 개발
- 궤도회로의 4가지 주파수를 하나의 송신기에서 수용할 수 있는 하드웨어 개발
- 외부 장치로부터 정보(연속정보)를 수신하여 처리하기 위한 소프트웨어 개발
- 변조 주파수를 생성하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 개발
- 변조 주파수의 증폭 및 출력하기 위한 하드웨어 개발
- 유지보수용 시리얼 통신포트의 하드웨어 및 소프트웨어 개발

디지털 송신기는 자신이 전송하고 있는 연속정보(VLF)를 유지보수용 설비로 실시간 전송할 수 있도록 구현한다.

디지털 송신기의 정량적 목표는 다음과 같다.

- 주파수 변조에 의한 28Bit의 연속 정보 생성
- 75~135V 범위의 연속 정보 전압 레벨로 전송

나. 디지털 수신기

디지털 수신기는 궤도로부터 수신한 연속 정보 신호에서 열차검지정보를 추출하여 관련 신호 정보의 유무를 검측하여 궤도계전기를 동작시킨다.

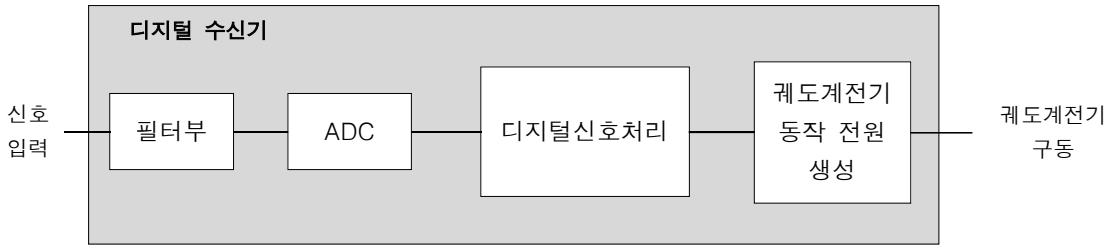


그림 3 디지털 수신기의 기능 블록도

위 그림에서 신호가 입력되면 ADC에 의해 디지털신호로 변환하여 디지털 신호처리를 한다. 디지털신호처리는 입력신호에 포함되어있는 열차검지정보를 추출하기 위해서 FM 복조 과정을 거친 후, FFT(Fast Fourier Transform)을 수행하여 열차검지정보(25.68Hz)를 검지한다. 검지 결과에 따라서 궤도계전기 동작전원의 생성 유무를 결정하여 열차검지정보가 있을 때 궤도계전기를 구동한다. 열차검지정보 및 AF주파수의 전압레벨을 직렬 통신 방식을 사용하여 유지보수용 설비로 정보를 전송한다.

디지털 수신기의 기능을 구현하기 위한 상세 개발내역은 다음과 같다.

- SAFETY를 고려한 하드웨어 및 소프트웨어 개발
- 궤도회로의 4가지 주파수를 하나의 수신기에서 처리하는 하드웨어 개발
- 궤도계전기 동작전원 생성을 위한 하드웨어 개발
- 변조된 정보를 수신하여 열차검지정보를 추출하기 위한 소프트웨어 개발
- 유지보수용 시리얼 통신포트의 하드웨어 및 소프트웨어 개발

디지털 송신기는 자신이 전송하고 있는 연속정보(VLF), 디지털 수신기는 연속정보레벨과 열차검지정보(25.68Hz)를 유지보수 요원이 감시할 수 있는 유지보수용 설비로 실시간 전송할 수 있도록 구현한다.

디지털 수신기의 정량적 목표는 다음과 같다.

- 열차검지정보를 0.5sec 이내 검지
- 반송 주파수 레벨 검지
- 열차검지정보 검지 시 궤도계전기를 여자 시키기 위한 출력전압 생성(DC24 ~ 28V)

다. RAMS 활동

철도시스템 RAMS 명세 및 입증에 대한 국제표준(IEC 62278) 기준의 고속선 디지털 궤도회로 RAMS 활동

- 고속선 디지털 궤도회로 장치의 신뢰도예측(미국방표준 적용)
- 다중계 구조를 고려한 신뢰도 블록다이어그램 작성
- 고장모드영향분석을 통한 연간 서비스지연시간 예측
- 시스템단위, 인터페이스, 운영환경을 고려한 위험원 도출 및 위험도평가
- 신뢰도입증을 위한 가속시험모델개발
- 철도신호시스템 안전관련 국제표준(IEC 62425) 기반의 Safety Case작성

디지털 송·수신기의 개발과정인 분석, 설계, 제작, 설치, 시험 및 시운전에 대해

전기전자 시스템들의 안전성 활동에 대한 국제규격인 IEC62278과 IEC62425 규격을 적용하며 개발품의 신뢰성/안전성 관리 및 검증, 소프트웨어 평가 체계는 다음과 같다.

(1) 수명주기에 따른 RAMS 활동

IEC 62278은 시스템의 수명주기 전체에 걸친 RAMS 활동을 정의하고 있다. 각 수명주기에 따른 주요 활동을 아래 표의 내용과 같다.

단계	주요 활동
1. 개념설계	시스템 정의, 내용, 목적 분석 기존 시스템 분석 RAMS 활동 범위 정의
2. 시스템 정의 및 응용 조건	예비 위험원 분석 안전 계획 수립
3. 위험도 분석	시스템 위험원 분석 Hazard Log 작성
4. 시스템 요구사항 수립	RAMS 요구사항 작성 조직 구성 정의 상세 RAM 프로그램 작성
5. 시스템 요구사항 배분	RAMS 요구사항 배분 할당된 RAMS 요구사항의 수용 기준 및 방법 수립
6. 설계 및 구현	시스템 설계 시스템 제작 설치, 시운전, 운영, 유지보수 계획 수립 제작 절차 정의
7. 제작	제작 공정 검증 부품 지원 체계 수립 제작 계획 수립
8. 설치	하부시스템 조립 및 설치 설치 매뉴얼 작성 안전계획 갱신 교육 및 지원시스템 계획 수립
9. 시스템 검증	시스템 검증 시운전 실시 FRACAS 방안 수립
10. 시스템 수용	RAM 입증 및 안전보고서 평가
11. 운영 및 유지보수	시스템의 성능 검토 RAMS 요구사항 유지를 위한 교육훈련, FRACAS 등 실시
12. 성능 감시	RAMS 데이터 수집, 분석, 통계 운영, 유지보수, 지원시스템 변경에 대한 RAMS 데이터 분석

13. 보완 및 개량	보완된 시스템의 검증기록 가정 및 제한사항을 명시한 문서화 확인, 검증, 수용과 관련된 기록의 문서화 위험원 목록 갱신 안전보고서 갱신 RAM 문서 갱신
14. 폐기	가정 및 제한사항을 명시한 문서화 폐기업무에 대한 기록의 문서화 및 유지 위험원 목록 갱신 안전계획서 갱신 안전보고서 갱신 RAMS 요구사항의 유지와 관련된 문서의 갱신

표 2 수명주기에 따른 RAMS 활동

(가) RAM 활동

RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 활동이란 시스템에 요구된 정량적 목표를 만족하도록 관리하여 객관적인 정보를 통해 목표달성을 입증하는 행위이다. RAM 활동은 적용범위를 명확히 해야 하고, 관련근거 및 사용단위, 예측치와 입증치의 명확한 표현, 입증자료의 인정범위들의 정의가 필요하다.

RAM 관리의 프로세스는 아래 그림과 같다.

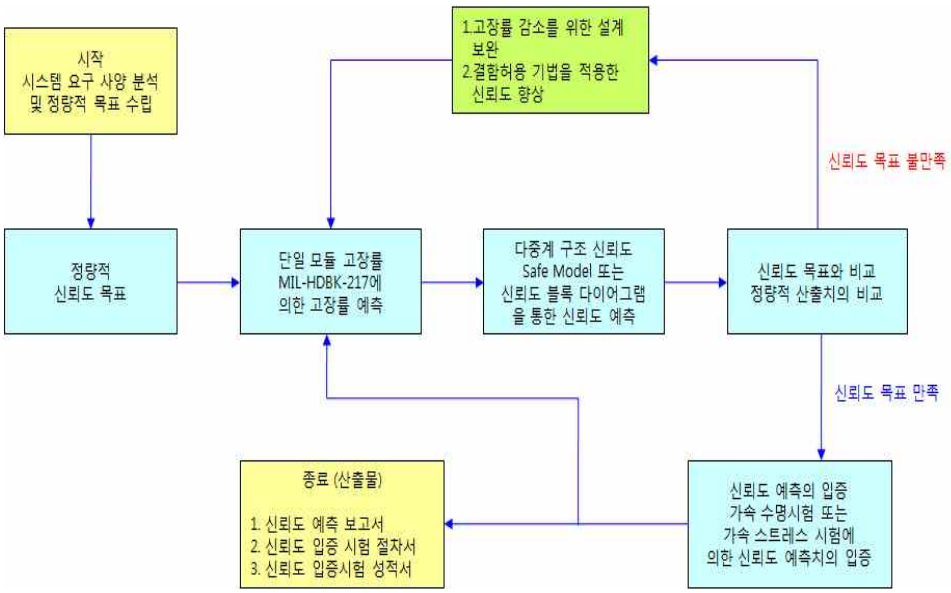


그림 4 RAM 관리 프로세스

RAM 활동은 객관적인 정보를 기준으로 수행되어야 하며 관련 규격은 아래와 같다.

관련활동	관련규격	결과
활동 절차	IEC62278 ,"Railway applications Specification and demonstration of Reliability, maintainability and safety(RAMS)" MIL-STD-785, Reliability Program for System and Equipment Development and Production	계획서 보고서
신뢰도 예측	MIL-HDBK-217, Reliability Prediction of Electronic Equipment	예측 MTTF
유지보수도 예측	MIL-HDBK-472A, Maintainability Prediction	예측 MTTR
신뢰도/유지보수도 (가용도) 입증	MIL-STD-785B, Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production, Task 104, Failure Reporting Analysis and Corrective Action System(FRACAS)	입증 MTTF 입증 MTTR

그림 5 RAMS 관련 규격

신뢰도 예측 후에는 신뢰도 입증을 수행해야 하며, 신뢰도 입증은 아래 두 방법에 의하여 수행될 수 있다.

○ 신뢰성시험을 통한 신뢰도 입증(현장시험이 불가능한 경우)

- LRU단위 H/W & S/W 신뢰도를 가속시험을 통해 산출
- 스트레스요소 선정 및 가속계수 산출(수학적 모델링)
- 목표 MTBF 만족여부 확인(비파괴 시험)
- 정량적 MTBF 산출(파괴 시험)

○ 시운전시험을 통한 신뢰도 입증 (현장시험이 가능한 경우)

- 시스템단위 H/W & S/W 신뢰도를 시운전시 발생된 고장정보 수집
- 시스템의 위험원으로 인한 리스크가 허용할 수 있는 수준으로 건전하게 제어되었음을 객관적인 정보를 통해 입증한다.

(나) 안전성 활동

안전성 활동이란 시스템의 위험원으로 인한 리스크가 허용 가능한 수준으로 건전하게 제어되었음을 객관적인 정보를 통하여 입증하는 행위이다. 안전성 활동의 전체적인 흐름은 아래 그림과 같다.

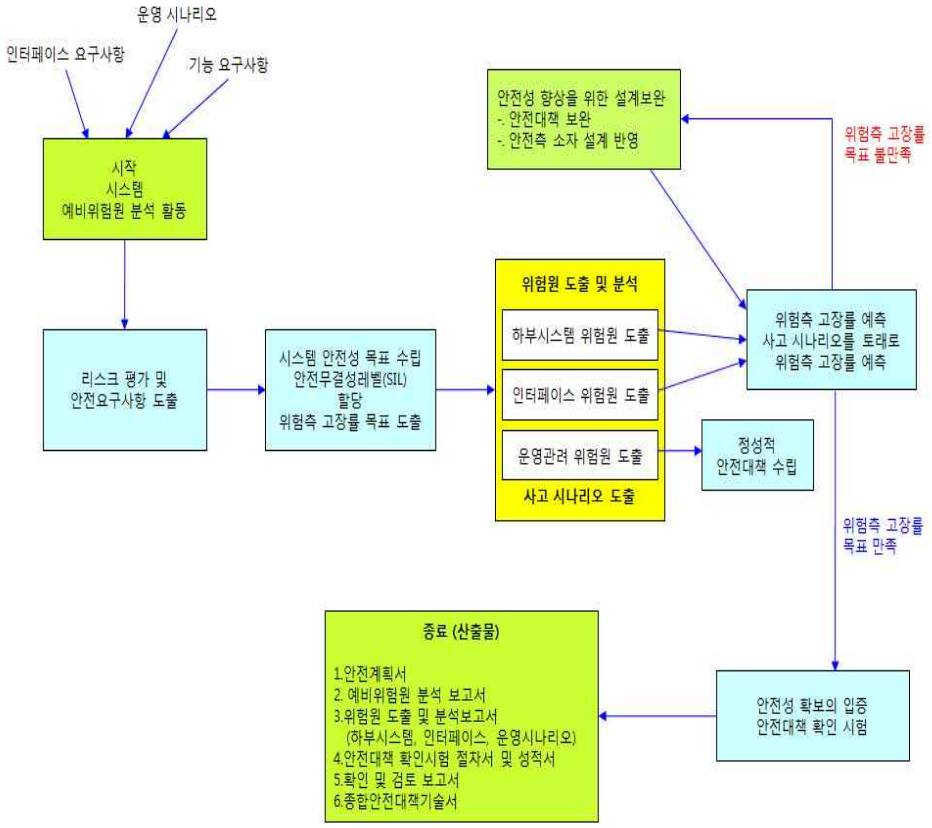


그림 6 안전성 활동의 흐름

안전성 활동의 체계는 아래와 같다.

안전목표수립	리스크의 허용수준 결정	
시스템분석	기능요구사항, 인터페이스요구사항, 운영시나리오	체계별 결과
예비위험원분석 (PHA)	기존 위험원참조, 리스크의 억제가능여부 타진 안전대책은 시스템 안전요구사항에 활용	1. 시스템 사고목록 작성 2. 시스템 위험원목록(사고에 가까운 Hazard) 3. 전체 시스템 안전요구사항 4. 위험원별 리스크
위험원도출 및 분석 (HIA)	위험원도출 : What if, FMEA, HAZOP etc. 위험원분석 : FTA, ETA	1. 하부시스템 안전요구사항 2. 하부시스템 안전대책 3. 고장목록 4. 시스템 위험원목록(원인에 가까운 Hazard)

그림 7 안전성 활동의 체계

시스템의 위험원은 아래 리스크 매트릭스에 따라 리스크 허용 수준을 관리할 수 있다. 아래 표에 따라 각 해저드를 정의된 허용 수준 이하로 제어하여야 한다.

리스크의 등급	치명적인 위험 (Catastrophic)	중대한 위험 (Critical)	경미한 위험 (Marginal)	사소한 위험 (Insignificant)
빈번한 발생(Frequent)	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Undesirable
가능성 있는 발생(Probable)	Intolerable	Intolerable	Undesirable	Tolerable
종종 발생 가능(Occasional)	Intolerable	Undesirable	Undesirable	Tolerable
발생가능성이 미약함(Remote)	Undesirable	Undesirable	Tolerable	Negligible
발생가능성이 거의없음(Improbable)	Tolerable	Tolerable	Negligible	Negligible
발생가능성이 전혀없음(Incredible)	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

그림 8 리스크 매트릭스

(2) 소프트웨어 평가 체계

IEC 61508의 Part 3(Software) 및 IEC 62279(철도 Software)에 따른 소프트웨어 평가체계 적용 흐름도는 다음과 같다. 철도신호용 소프트웨어는 기본적인 품질 확보를 위한 Software Quality Assurance 절차를 따르고, 안전성 확보를 위한 IEC 62279의 모든 세부 사항을 만족 시킨다. 개발과 검증의 독립성 확보, 정적 시험, 단위 시험, 모듈 시험, 동적 시험, 통합 시험 등을 통하여 소프트웨어 무결성을 달성한다.

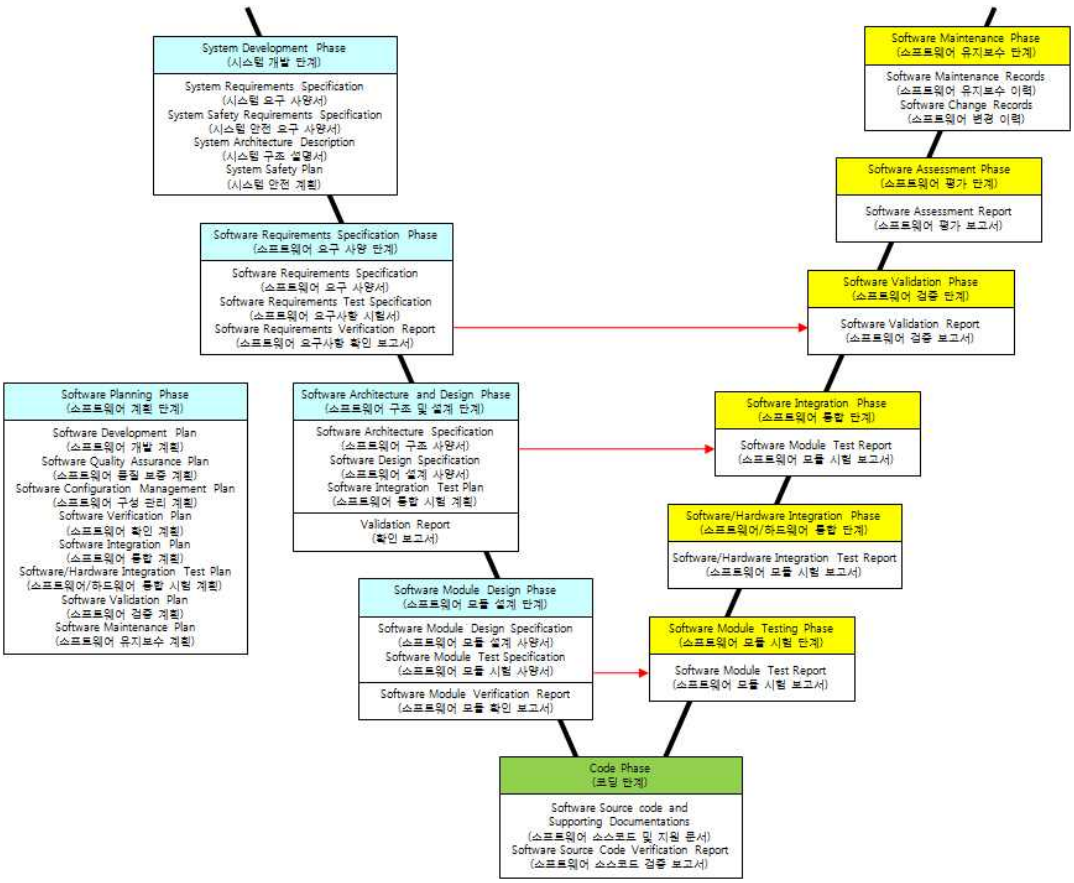


그림 9 소프트웨어 평가체계 적용 흐름도

(3) 독립 안전성평가

국제철도안전규격에 대한 평가는 신호시스템의 계획, 설계, 제작, 통합, 그리고 테스팅 단계에 걸쳐 수행된다. ISA란 Independent Safety Assessment

의 약자로써, 제작사와는 독립된, 안전성을 평가하는 행위를 의미한다. 독립 안전성평가는 제품의 전체 수명주기에 걸쳐 안전성 제어 방법의 적합성과 적절성을 확인하고, 제품에 대한 문서화를 확인한다. 당 과제에서는 국제적으로 인증서 발급 자격이 있는 공인기관으로부터 독립안전성평가를 심사받고 국제안전규격을 만족시키는 인증서 발급을 목표로 한다.

○ ISA 는 전체 제품 수명주기에 걸쳐 안전성을 평가한다.

○ ISA는 관련 규격에 대한 적합성을 확인하기 위하여 On-site와 Off-site 평가를 함께 진행한다.

○ On-site 감사는 실제 시스템 보증 활동을 확인하기 위하여 프로젝트 팀의 인터뷰를 통해 수행한다.

○ Off-site 감사는 산출물에 대한 검토를 중점적으로 수행한다.

독립 안전성 평가의 절차는 아래와 같다.

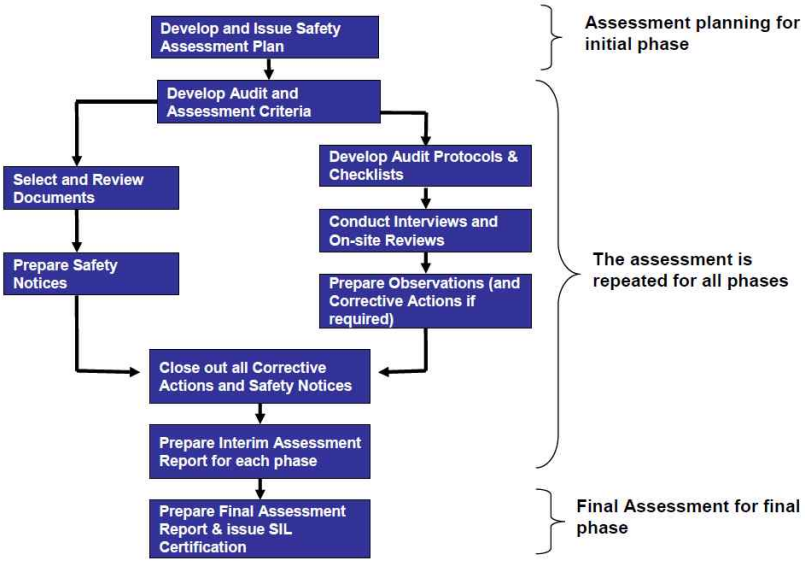


그림 10 독립 안정성 평가 절차

○ Develop and Issue Safety Assessment Plan

초기 개념 정립 단계에 대한 평가를 수행한다. RAMS 수행 조직, 안전성 계획, 검증 계획, 요구분석, 사전 위험원 분석 등에 대하여 평가한다.

○ Develop Audit and Assessment Criteria

설계, 제작, 시험, 위험원 분석에 대한 평가를 수행한다. 이 단계에서는 변경에 따라 수차례 반복적으로 평가를 수행한다.

○ Prepare Final Assessment Report & Issue SIL Certification

Safety Case를 통하여 최종 평가를 수행한다. RAMS 수명주기에 따른 모든 산출물을 근거로 하여 최종 SIL 인증서를 발급한다.

라. 시험 및 시운전

송·수신기를 시험하기 위한 시험 계획 수립과 신뢰성 입증을 위한 시험 절차를

개발하여 다음과 같이 시험을 진행한다.

(1) RAM 입증 시험

RAM 입증 시험은 송·수신기 각각에 대해 LRU단위의 스트레스 요인을 선정하여 가속 팩터를 계산 후 시험 시간의 확률적 처리 및 시험시간을 결정하게 된다. 그 후 시험 절차서를 개발하여 공인 인증기관을 통한 기능 및 성능 시험을 진행한다.

인증기관을 통해 인증 받고자 하는 성능 시험 항목은 다음과 같다.

성능 시험 항목	목표 성능 결과
예측 MTBF	100,000시간 이상
시험 목표	1800시간(약75일) 이상
저온(내한성) 시험	-25 ± 3℃에서 6시간 유지 후에도 정상 동작
고온(내열성) 시험	70 ± 2℃에서 6시간 유지 후에도 정상 동작
온도 변화 시험	-25 ± 70℃의 온도 범위를 총 5주기 반복, 온도 변화 중에 임계치 도달 시 30분씩 방치 후에도 정상 동작
정전기 방전 내구성 시험	접촉 방전 : A 등급(시험 전압 약± 6KV) 기중 방전 : A 등급(시험 전압 약± 8KV)
전기자기 방사 내성 시험	A 등급(시험 주파수 대역 : 80MHz~1GHz)
전기적 빠른 과도현상 내성 시험	A 등급(시험 전압 약± 2KV)
서지 내성 시험	A 등급(시험 전압 약± 2KV)
전자기장 전도 내성 시험	A 등급(시험 주파수 대역 : 0.15MHz~80MHz)

표 3 성능시험 항목

(2) 자체 시험

송·수신기 개발 후 자체적으로 성능을 확인하기 위한 연구 활동으로 시험 내용은 다음과 같다.

	시험 내용	시험 측정 값	측정 방법
송신기	궤도로 출력되는 연속 정보의 전압 레벨(5가지) 측정 시험	75 ± 3.3 V	디지털 멀티 메타 이용
		90V ± 4.3 V	
		105V ± 5 V	
		120V ± 6 V	
		135V ± 6.5 V	
	궤도 출력되는	모든 출력 전압 레벨에 대해	

	연속 정보의 과전류 검출 시험	5.5~7.5A의 출력 전류의 범위 안에서 과전류 검출 여부 확인	
	연속 정보를 생성하기 위한 정보 수신 시험	VLF 정보의 정상 수신여부 확인 (유지 보수용 포트 활용하여 확인)	송신기의 디버깅 포트와 PC를 연결하여 송신기 VLF 정보 수신 데이터를 확인
	주파수 변조 시험	STA403을 이용한 주파수 변조 동작 확인	STA403의 시험 결과 출력물로 확인
	반송 주파수 변경 시험	하나의 송신기로 4가지 반송 주파수 모두 사용 가능 여부를 확인	디지털 멀티 메타 이용
	유지 보수용 포트 시험	송신기의 동작 상태 및 원격 리셋 기능 확인	송신기의 유지보수 포트와 PC를 연결하여 송신기 동작 상태 전송과 리셋 명령을 전달하여 확인
수신기	궤도 계전기의 구동 전압 레벨 측정 시험	DC 24 ~ 28V	디지털 멀티 메타 이용
	열차 검지 주파수 검지 시험	열차 검지 주파수 유무에 따른 궤도 계전기 구동전압 생성 여부 확인	
	반송 주파수 변경 시험	하나의 수신기로 4가지 반송 주파수 모두 사용 가능 여부를 확인	수신기의 디버깅 포트와 PC를 연결하여 데이터를 확인
	SAFETY 시험	수신기 이상 발생 시 궤도 계전기 구동전압 차단 확인	디지털 멀티 메타 이용
	유지 보수용 포트 시험	수신기의 동작 상태 및 원격 리셋 기능 확인	수신기의 유지보수 포트와 PC를 연결하여 수신기 동작 상태 전송과 리셋 명령을 전달하여 확인

표 4 자체시험 내용

(3) 정적 시험

송·수신기의 시운전 시험 전, 현장 적용의 적합성을 확인하기 위한 예비 시험으로, 실제 현장 설비와 유사한 환경 갖추고 있는'오송 고속 철도 신호 교육 설비'를 이용하여 시험을 진행한다.

시험은 기존 송·수신기와 개발된 송·수신기를 1:1 교체하여 동일한 기능과 성능을 발휘하는지 확인하며, 교체 전 중요 포인트를 파악 후 신호의 파형 및 전압 데이터를 획득하여 디지털 송·수신기로 교체 시 정상 동작 여부를 판단 할 수 있는 비교 데이터로 활용한다.

시험을 위한 측정은 한국철도공사에서 궤도 회로 점검 시 사용하는'VS Ⅳ K'를 이용하며, 더불어'차상 신호 분석기'를 이용하여 VS Ⅳ K와 동일 지점을 측정하여 비교 데이터로 활용한다. 또한 디지털 송·수신기를 설치 후 측정한 데이터

가 기존 송·수신기 설치 시 측정한 값의 ± 5% 범위 이내인 경우 정상이라 판단한다. 이러한 시험을 진행하기 위해 연구기관의 연구원 및 한국철도공사의 해당 분야 전문가를 활용할 계획이다.

데이터 획득은 열차 점유 시와 열차 비 점유 시로 나누어 각각 측정(션트 바 설치는 점유, 비 설치는 비 점유)하며, 시험 시 측정 중요 포인트의 위치와 내용은 다음과 같다.

<table>
<tr><th>시험 위치</th><th>시험 내용</th><th>목표치</th><th>시험(측정) 방법</th></tr>
<tr><td>1</td><td>송신기 출력 전류</td><td rowspan="10">VS Ⅳ K로 측정한 값의 ± 5% 이내</td><td rowspan="5">VS Ⅳ K, 디지털 멀티 메타</td></tr>
<tr><td>2</td><td>수신기 입력 전류</td></tr>
<tr><td>3</td><td>송신측 LF430 입력 전압</td></tr>
<tr><td>4</td><td>송신측 LF430 입력 전류</td></tr>
<tr><td>5</td><td>송신측 LF430 출력 전압</td></tr>
<tr><td>6</td><td>송신측 궤도 전압</td><td rowspan="3">VS Ⅳ K, 차상 신호 분석기</td></tr>
<tr><td>7</td><td>수신측 궤도 전압</td></tr>
<tr><td>8</td><td>*션트 바 설치 후 측정 전압</td></tr>
<tr><td>9</td><td>수신측 LF430 입력 전압</td><td rowspan="2">VS Ⅳ K, 디지털 멀티 메타</td></tr>
<tr><td>10</td><td>수신기 입력 전압</td></tr>
<tr><td>11</td><td>궤도 계전기 구동 전압</td><td>24 ~ 28V</td><td>디지털 멀티 메타</td></tr>
<tr><td colspan="4">*시험 위치 8은 점유 시에만 측정</td></tr>
</table>

표 5 측정 주요 포인트

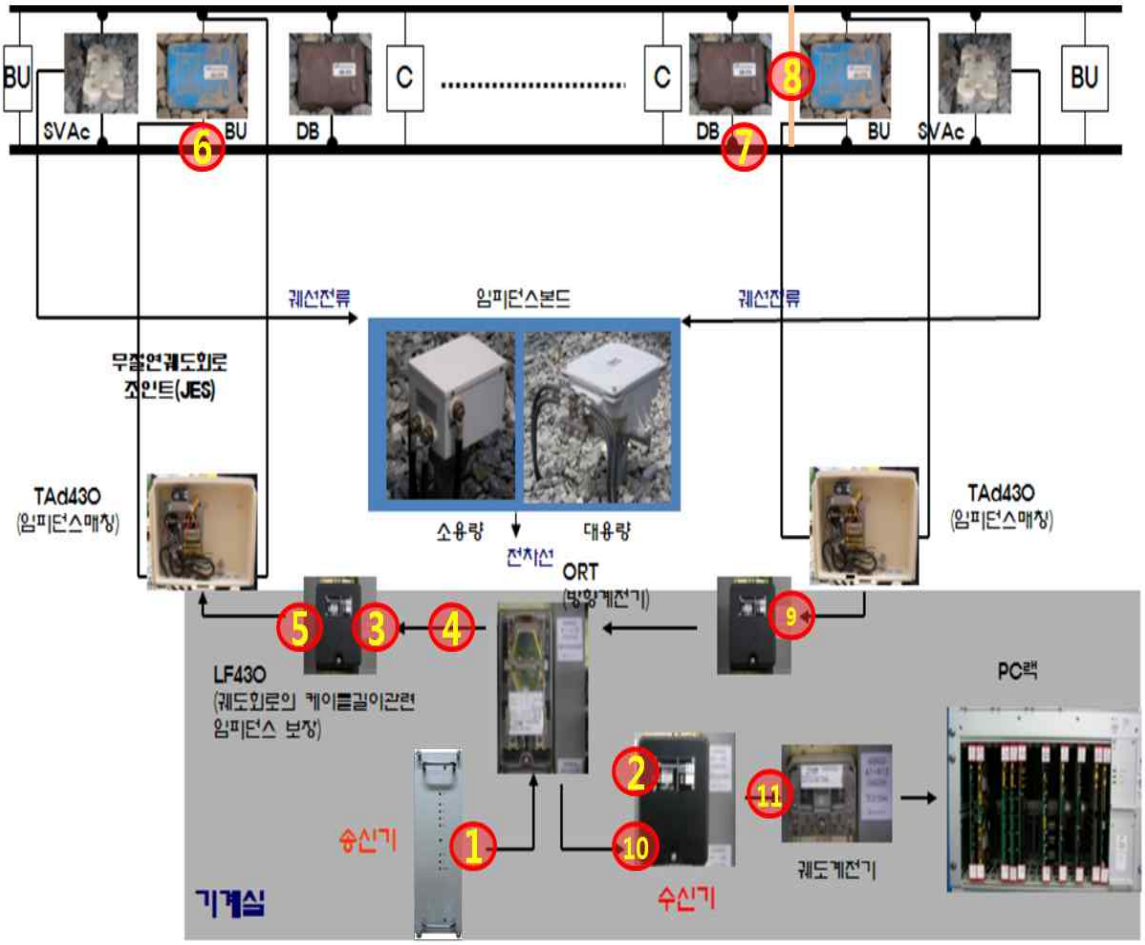


그림 11 궤도회로 구성

위의 측정 포인트에 대한 모든 시험이 정상으로 진행된 후, 송신기의 연속 정보 생성 기능과 수신기의 궤도 열차 점유 검지 기능에 대한 시험을 아래와 같이 진행한다.

시험 내용	측정 방법
송신기의 연속 정보 생성 기능 (28bit)	디지털 송· 수신기가 설치 된 궤도를 차상 신호 분석기를 이용하여 궤도의 연속 정보를 확인 한다. 그 후 해당 궤도가 포함되는 진로를 설정하여 연속 정보가 변화하는 것을 차상 신호 분석기를 이용하여 확인한다.
수신기의 열차 검지 기능 (0.5초 이내)	디지털 송· 수신기가 설치 된 궤도를 비 점유 상태에서 션트 바를 이용하여 점유 시켰을 때 0.5초 이내에 해당 궤도의 계전기가 해정 되는지 오실로스코프로 확인한다.

표 6 검지 기능에 대한 시험

(4) 시운전

디지털 송・수신기의 신뢰성 검증을 위해 정적시험 완료 후, 고속철도 운행선

에서 현장적용을 위해 한국철도공사와 사전 협의하여 시운전 대상 역을 우선적으로 선정한다. 사전협의는 이미 작성된 시험항목 및 시험방법 등이 포함된 시운전 계획서에 의거해서 협의한다. 시험 항목은 앞 절 정적시험에서 언급한 시험항목이 모두 포함된다.

디지털 송·수신기의 시운전은 인터페이스 되는 외부장치를 포함하여 관련된 모든 시스템을 연결한 상태에서 해당분야의 한국철도공사 전문가가 참여하여 자문을 받으며 시운전을 실시한다. 시운전 실시 전에 제반 안전사항과 모든 시스템의 인터페이스를 검증하며, 안전을 위하여 열차운행이 없는 야간 시간을 이용하여 사전시험을 실시한다.

시운전은 시운전 계획서의 절차에 의해 수행하며 그 결과를 기록한다. 시운전 결과 부적합 사항이 발생 시 부적합 사항 및 시정조치 내역을 작성하고 이를 보완하여 재시험을 실시한다.

시운전 중에 발생할 수 있는 안전사고 또는 열차지연을 예방하기 위하여 안전에 관련된 시험 항목은 절차서를 별도로 작성하여 안전대책을 실행하며, 위험발생 가능성을 발견하는 즉시 한국철도공사과 협의하여 안전대책을 시행한다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내 기술 및 산업 동향

대부분의 국내 궤도회로 송·수신기는 국철과 지하철에 적용되어 있으며 고속철도에 적합한 장치는 아직 국산화되어있지 않은 상태이다. 또한 독립된 안전성 평가기관으로부터 신뢰성과 안전성을 입증받은 제품도 없다. 그러나 국내 사용자(철도공사, 도시철도공사 등)들이 점점 철도 신호제품의 높은 안전성을 요구하고 있으며, 해외 수출을 위해서도 IEC 62278(철도시스템 RAMS 명세 및 입증에 대한 국제표준) 및 62425(철도응용 신호시스템 안전입증에 대한 국제표준) 등 국제규격 준수 등이 요구됨에 따라 이 분야의 기술에 대한 연구개발의 필요성을 인식하고 있는 단계이다.

또한, 철도안전법 시설안전기준에서 강제하고 있는 안전성활동을 통해 궤도회로의 대표적 열차충돌 및 탈선관련 위험원인 폐색구간 열차점유(열차존재)를 비점유(열차없음)로 인식하거나, 지상에서 차상으로 제한속도를 위험측 송신(제한속도보다 높은 속도를 오류로 전송)하는 위험원 발생에 대한 확률을 과학적으로 산출하여 허용수준으로 제어하고 이를 제3자로부터 인증 받는 절차가 필수요건으로 수행되어야 한다.

1. 국내 시장 현황 및 예측

고속철도용 궤도회로 송·수신기는 경부고속철도 사업초기부터 해외 업체(Ansaldo STS)가 원천 기술을 가지고 전량 납품하고 있다. 일부 국내 업체(엘에스산전)가 조립 생산하여 납품하고 있지만 장치의 국산화는 아직 미흡한 실정이다. 현재 경부고속선 1, 2단계에 납품된 궤도회로 송・수신기 수량은 약 1,200세트이다. 그러나 고속철도에 대한 요구가 증가됨에 따라 호남고속철도, 수도권고속철도가 건설 중에 있으며, 또한, 평창동계올림픽을 위한 고속철도 건설계획 등으로 국내 시장에서의 궤도회로 송·수신기에 대한 요구가 증대될 것으로 판단된다. 호남고속철도에는 약 900세트 납품이 예상되며, 수도권 고속철도에는 약 100세트의 송・수신기 납품이 예상된다. 또한, 기존 경부고속철도에 적용되어 사용하는 장치 또한, 수명교체 및 예비품으로 적용될 수 있다. 유지 보수물량을 납품 물량의 10%로 가정한다면 약 120 세트의 송・수신기 납품이 예상된다.

분류	용도	궤도회로길이	비고
고속철도	속도코드/열차검지용	1,500m	국외/AnsaldoSTS(UM71)
일반철도	열차검지용	800m	국내/TI21, HVI
도시철도	속도코드/열차검지용	200m	국내/유경,혁신

표 7 국내 적용중인 궤도회로

가. 국내 주요 관련 업체

업체명	업체별 능력	비 고
엘에스산전(주)	- 고속철도 궤도회로 송·수신기 - 국철 궤도회로 송·수신기	
(주)테크빌	- 고속철도 궤도회로 송·수신기	
유경제어	- 국철 궤도회로 송·수신기	
신우이엔지	- 국철 궤도회로 송·수신기	
혁신정공	- 국철 궤도회로 송·수신기	
철도기술연구원	- 송·수신기설계 및 RAMS 활동	

표 8 국내 주요 관련 업체

나. 국내 전문가 및 연구기관 현황

항목	전문가	소속기관	기술개발현황	수준 (국외대비)
열차제어시스템	조용기	엘에스산전	G7 고속철도 궤도회로장치개발 과제수행	
	이재호	KRRI		
	허남경	(주)테크빌	경부고속철도 열차제어시스템 설계,시공	
철도 RAMS	신덕호	KRRI	코레일 차상신호(ATP)구축사업 RAMS 활동 서울시 지하철6호선 AF궤도회로 RAMS 활동	
안전관련 국제표준	이수현	KTL	전기전자제어기의 기능안전 국제표준(IEC 61508) 국내 표준 부합화	

표 9 국내 전문가 및 연구기관 현황

다. 국내연구 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
궤도회로 송・수신기	전문~인력 보유정도 인프라 구축정도 적용기술 확보 정도	○	○ ○			
신뢰성/안전성 평가	전문~인력 보유정도 인프라 구축정도 적용기술 확보 정도		○ ○ ○			

표 10 국내연구 인프라 수준

라. 국내 기술개발 수준

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
고속철도 궤도회로 송·수신기 기술	독일, 프랑스, 영국, 일본 등 상용제품 운영 중	프로토타입 개발, 현장 시험 및 신뢰성/안전성 인증 필요	50%
신뢰성/안전성	독일, 영국, 프랑스 등 공인 인증 기관 활동 중	신뢰성/안전성 평가는 수행 가능하지만 공인 인증 기관은 없음	70%

표 11 국내 기술개발 수준

2. 국외 기술 및 산업 동향

가. 주요국가의 시장 규모

철도신호시스템의 시장은 적용되는 기술과 생산되는 설비의 범위가 다양하다. 1990년대 후반까지는 Adtranz, US&S, GRS 등 이 있었으나, 세계 철도신호시장은 6대 주 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions 이 전체의 70%를 점유하고 있으며, 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서 중국철도신호회사도 중요한 위치를 차지하고 있다.

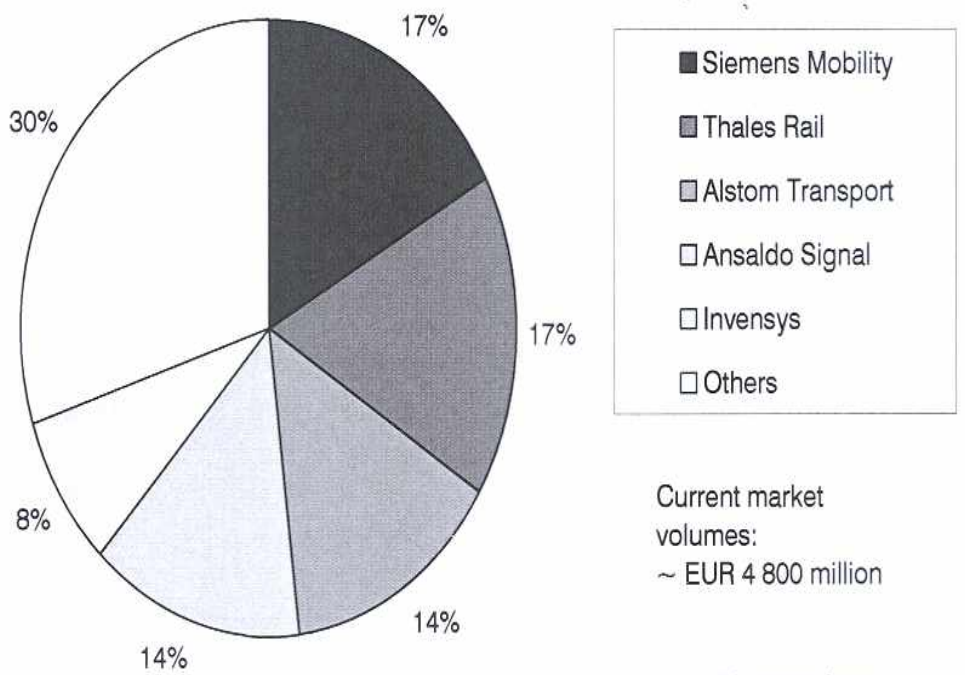


그림 12 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율

신호분야 6개 메이저기업을 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구사항인 안전성과 운영효율향상을 충족하기 위해서 신호시스템 또는 열차제어시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 수행하고 있으며, 고속철도용 궤도회로에 대한 기술개발

은 고속철도 기술을 보유한 프랑스, 일본, 독일이 그 선두의 위치를 점유하고 있다.

나. 세계시장을 선도하는 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
Ansaldo STS (프랑스)	고속철도, 일반철도, 도시철도용 궤도회로 상용화	기획, 설계, 개발, 제작 유지보수
Hitachi (일본)	고속철도, 도시철도용 궤도회로 상용화	설계, 개발, 제품화
Simense (독일)	고속철도, 일반철도, 도시철도용 궤도회로 상용화	설계, 개발, 제품화
TUV SUD (독일)	신뢰성/안전성 평가 및 인증	철도 및 각종 산업 분야
Lloyd's Register Rail (영국)	신뢰성/안전성 평가 및 인증	철도 및 각종 산업 분야

표 12 세계시장을 선도하는 주요 업체

다. 해외시장 예측 및 발전 전망

유럽, 중국, 남미, 동남아 등에서 철도 노선 건설이 지속되는 한 열차 검지를 위해 궤도회로 장치에 대한 수요는 끊이지 않을 것이다.

라. 개발된 기술의 해외 시장 진출 방안

고속철도, 국철, 지하철 등의 열차검지시스템에 응용하여 해외 시장 진출 가능함. 300Km/h 이상에서 동작 가능한 궤도회로 기술이므로 응용을 위한 변경을 통해 국철, 지하철 등에 다양하게 적용할 수 있음.

3. 특허 동향

경부 고속철도의 UM71 궤도회로 송・수신기는 1980년대 프랑스에서 개발되었으며, 현재(2011년)까지 20년 이상 경과하였으므로 특허 관련 분쟁은 예상되지 않는다.

경부고속철도 도입 납품하고 있는 AF궤도회로(프랑스 산)에 대해 국내 특허출원 목록

- 회사명: CSEE Transport 또는 CS Transport 또는 ANSALDO STS 또는 유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
- 제품 모델명 : UM71
- 제품 기술명: AF(Audio Frequency) Track circuit (AF 궤도회로)
- 제품 개발연도(예상) : 1985 이후
- 국내 도입 결정 : 1996 이후 (경부고속철도 사업 프랑스 시스템 도입 결정

No	국가	번호	일자	명칭	출원인
1	한국	2007-0055421	20070530	철도 표지로 안정한 데이터 전송을 위한 장치 (DEVICE FOR SAFE DATA TRANSMISSION TO RAILWAY BEACONS)	안살도 세그날라멘토 페로비아리오 에스.피.에이
2	한국	2007-004565	20070109	철도 무선신호기 및 그 제조방법 (RAILWAY BEACON AND RELATED PRODUCTION METHOD)	안살도 세그날라멘토 페로비아리오 에스.피.에이
3	한국	0649940	20061120	낮은 형상의 스위치 기계 기어 박스 (LOW PROFILE WITCH MACHINE GEAR BOX)	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
4	한국	2005-0085832	20050829	동적 최적화 트래픽 플래닝 방법 및 시스템 (DYNAMIC OPTIMIZING TRAFFIC PLANNING METHOD AND SYSTEM)	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
5	한국	0479746	20050321	디지털메세지유효화 장치	크세 트란스 포트
6	한국	2001-0086370	20010910	단일 스위치 위치 타겟을 가진 계류 표인트 검출 시스템 (CAPTIVE POINT DETECTION SYSTEM WITH SINGLE SWITCH POSITION TARGET)	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
7	한국	1997-0040770	19970724	캡신호 표시 장치 및 그 방법	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
8	한국	1997-0008025	19970520	차량에 장착한 차량정보측정 장치를 이용한 트래픽제어 시스템	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
9	한국	1997-0016632	19970428	운송 수단의 자동 조종기 시스템	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
10	한국	1997-0005962	19970219	챠량용 정지감지장치 및 방법	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드

11	한국	1996-0009132	19960713	페일 세이트(Fail-Safe)의 펄스 동시검파기	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
12	한국	1995-001972	19951013	부호화한 궤도회로신호를 이용하는 운전실 신호체계	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
13	한국	1995-0021859	19950726	캡신호장치와 방법	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
14	한국	1995-0012304	19950516	철도캡신호 전송기	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
15	한국	1995-0012307	19950516	철도캡 신호	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
16	한국	1995-0002938	19950328	기관차 차축에 설치되는 운전실용 신호 감지장치	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
17	한국	1995-002939	19950328	레일제동거리의 검증을 위한 방법 및 장치	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
18	한국	1995-0005670	19950320	철도차량을 위한 가상블록통제 시스템	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
19	한국	1994-0008950	19940516	감소된 전력의 대기모드를 보유하는 코오드화 철도트랙회로의 성능	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
20	한국	1993-0012135	19931224	일렉트로닉 바이폴라 드라이버 인터페이스(ELECTRONIC BIPOLAR INTERFACE CIRCUIT) 회로	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
21	한국	1993-0011962	19931223	바이탈(Vital)식 안전 감시회로	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
22	한국	1993-0005878	19930625	바이탈 코우드(vital code) 발생기	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드
23	한국	1993-0003265	19930424	정적(靜的) 다색광 신호기	유니온 스위치 앤드 시그널 인코포레이티드

표 13 특허 동향

4. 정부지원정책 현황

가. 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

- 국토해양부

나. 정부지원 정책사업 종류와 현황

- 정부의 저탄소 녹색성장 정책 중, 지속가능한 교통수단으로써의 철도
- 철도철도안전법의 제정을 통한 철도시스템의 안전성 확보를 위한 법률적인 지원을 시작하고 있음

5. 종합 결론

가. SWOT분석

강점	- 디지털화된 고속철도용 송・수신기 개발 완료 단계 - 제작 및 설치 경험 풍부 - 세계적인 수준의 IT 및 무선 통신기술, 소프트웨어기술 확보 - 가격경쟁력	약점	- 열악한 국내 철도신호산업구조 - 실용화 실적 미흡 - 시스템 RAMS 관련 경험 및 인프라 미비
기회 요인	- 경부고속철도 제품 대체 및 신규 호남고속철도 사업에 적용 - 철도중심의 교통정책 추진 - 국내철도 운영기관의 국산화 요구	위협 요인	- 기존 국외 제작사들의 철도시장 과점 및 국내 판매를 위한 활동 - 경험 및 사용실적을 제시 - 국내 철도신호시장 규모

표 14 SWOT 분석

나. 시사점 및 결론

고속철도용 궤도회로 송·수신기는 해외 선진사가 시장을 주도하고 있으며, 해외 및 국내의 신규 사업에서 이를 적용하기 위한 활동이 이루어지고 있다. 또한, 건설 및 운영기관에서는 국산화를 요구하고 있으나, 평가 기준은 기존의 실적위주에서 안전성과 신뢰성 입증을 핵심적인 요소로 삼고 있다. 국내에서는 기능 개발은 완료 단계에 있으나 신뢰성/안전성에 대한 기술수준이 다소 미흡하고 고비용 등의 이유로 실용화되지 않고 있다. 따라서 신뢰성/안전성 확보를 위한 투자와 연구를 보완한다면 국내 시장 뿐 아니라 철도 선진국으로까지의 수출도 기대할 수 있을 것이다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 연구개발결과 요약

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	▪ 경부 고속철도에 적용된 아날로그 방식의 궤도회로에 대한 조사 및 분석	▪ 고속철도 UM71C 궤도회로 송·수신기 분석서
	▪ 전기적, 기계적 호환성을 확보하기 위한 방안 구성 ▪ 기능, 인터페이스, 환경요구사항 수립	▪ 고속철도 디지털 송·수신기 시스템 요구 사양서
	▪ 사양(안) 및 기본 설계 ▪ 상세 설계서	▪ 고속철도 디지털 송·수신기 기본 설계서 ▪ 송·수신기 시험장치 기본 설계서 ▪ CCM과 CEU간 인터페이스 사양서 ▪ 고속철도 디지털 송신기 상세 설계서 ▪ 고속철도 디지털 수신기 상세 설계서
	▪ 디지털 송·수신기 시작품 제작	▪ 디지털 송신기 시작품 ▪ 디지털 수신기 시작품
	▪ 송·수신기 시험장치 S/W 제작	▪ 송·수신기 시험장치 S/W
	▪ 수신기 케이스 샘플제작	▪ 수신기 케이스를 국내에서 제작
	▪ RAMS 활동 수행	<RAMS 활동> ▪ 국외전문기관(LRR) 독립안전평가(ISA) 계약완료 ▪ RAMS관리 작성완료 및 ISA 시행 ▪ 품질안전을 고려한 시작품 개발 ▪ 시작품의 IEC62278기반 정량적 RAM 평가(기존 경부장치보다 향상) ▪ 시운전 및 신뢰성시험 계획수립 <RAMS 산출물> ▪ RAMS 관리계획서 ▪ 검토 및 검증 계획서 ▪ 예비위험원분석 ▪ 소프트웨어 관리계획서 ▪ 소프트웨어 요구사항 ▪ 요구사항 및 설계 검증보고서 ▪ 위험원 분석 ▪ RAM 예측보고서 ▪ 소프트웨어 구조설계사양서 ▪ 소프트웨어 설계 사양서

		▪ 소프트웨어 시험 계획서
2차년도	▪ 시작품의 환경 및 전자파 시험	▪ 환경 및 전자파 시험 보고서
	▪ 제 3자 기능 검증 시험(한국철도기술연구원)	▪ 기능 시험 성적서
	▪ 시험 절차에 따른 현장 시험 수행	▪ 현장 시험 보고서
	▪ 현장 시험 결과에 따른 설계 보완 작업 수행	▪ 고속철도 디지털 송신기 상세 설계서 ▪ 고속철도 디지털 수신기 상세 설계서 ▪ 유지보수장치와의 인터페이스 사양서
	▪ 디지털 송·수신기 시제품 제작	▪ 디지털 송신기 시제품 ▪ 디지털 수신기 시제품
	▪ 송·수신기 시험장치 H/W 제작	▪ 송·수신기 시험장치 상세 설계서 ▪ 송·수신기 시험장치
	▪ RAMS 활동 수행	<RAMS 활동> ▪ RAM 입증시험 절차개발 ▪ 시제품 시험검증 ▪ 시제품 최종 Validation ▪ Safety Case 문서화 <RAMS 산출물> ▪ 소프트웨어 모듈 시험 사양서 및 시험 절차서 & 시험 보고서 ▪ 소프트웨어 통합 시험 사양서 및 시험 절차서 & 시험 보고서 ▪ 하드웨어/소프트웨어 통합 시험 사양서 및 시험 절차서 & 시험 보고서 ▪ 소프트웨어 및 하드웨어 검증 보고서 ▪ Safety Case 및 검증 보고서 ▪ 유지보수 매뉴얼 ▪ ISA 독립안전평가 보고서(SIL 인증서)

표 15 연구개발 결과 요약

제 2절 연구개발 주요내용

1. 고속철도 UM71C 궤도회로 송・수신기 분석서 작성

- 경부 고속철도 1, 2단계에서 운영중인 UM71C 궤도회로에 대해 분석
- CSEE에서 제공한 고속철도 ATC 궤도회로 관련 문서를 참조함
- UM71C 시스템 전체 구성 및 기능분석
- 서브시스템별 구성 및 기능 분석 : BU, DB, SVAC, MU, 보상 콘덴서, CEU(송신기), RECEIVER(수신기)

2. 고속철도 디지털 송・수신기 시스템 요구 사양서 작성

- UM71C 궤도회로 송・수신기 분석을 통해서 전기적, 기계적 호환성을 확보하기 위한 방안 연구
- 디지털 송・수신기에 시스템 요구사항에 대한 정의 :
  - 일반 요구사항
  - 시스템 요구사항
  - 성능 요구사항
  - 동작환경 요구사항
  - 안전 요구사항
- 출력물 : 디지털 송・수신기에 시스템 요구사양서

시스템요구사양서의 내용은 아래를 참조한다.

1 서론

1.1 배경

LS산전㈜, ㈜테크빌, 한국철도기술연구원은 한국건설교통기술평가원에 국내 경부고속철도에 사용되는 궤도회로장치(UM71)의 송신기(CEU)와 수신기(REC)를 대체하기 위한 디지털방식의 궤도회로 송·수신기 개발을 제안하여 2011년 10월부터 2013년 06월까지 경부고속철도 자동열차제어(ATC)장치와 완전히 호환되는 '디지털 송·수신기'의 개발 및 현장시험을 통한 기능, 환경, 신뢰성, 안전성 요구사항의 입증을 수행하는 프로젝트를 수주하여 시행하게 되었다.

1.2 목적

본 문서는 디지털 송신기, 수신기 개발을 위한 시스템 요구 사항으로서, 다음 사항을 포함하는 시스템 요구사항을 기술하는 것을 목적으로 한다.

- 개발 대상 시스템과 외부 시스템 간의 인터페이스 요구사항
- 시스템이 운영되는 환경 조건에 따른 환경 요구사항
- 시스템이 수행해야 하는 기능 및 성능 요구사항
- 시스템의 안전과 관련된 요구사항
- 시스템에 특별히 요구되는 설계 제약 요구사항
- 시스템이 갖추어야 할 품질(RAMS) 요구사항

1.3 범위

본 문서는 고속철도 자동열차제어 시스템의 구성품 중 디지털 송신기, 수신기를 대상으로 작성된다. 본 문서에서 시스템이란 디지털 송신기 및 수신기를 말한다.
본 문서에서 정의한 요구사항은 모든 설계 문서의 입력 문서로 사용된다.

Table 1.1 적용 규격 목록

Ref 1	IEC 62278: 2002, 철도 적용 – 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성 (RAMS)의 사양과 증명 Railway applications-Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety(RAMS)
1.	IEC 62425: 2007, 철도 적용 – 통신, 신호 및 처리 시스템 – 안전과 관련된 전자 신호 시스템 Railway applications-Communications, signaling and processing systems-Safety related electronic systems for signaling
2.	EIA - 632: 1999, 시스템 엔지니어링 프로세스 Processes for Engineering a System

1.4 제약사항

본 과제에 의해 개발된 송신기와 수신기는 TVM430 ATC 시스템 내에서만 사용되는 것으로 제한한다.

1.5 용어 및 약어

이 문서에 사용되는 용어 및 약어는 '용어 및 약어집 [Ref 4]'을 참조한다.

1.6 참조문서

1.6.1 적용 규격

아래 Table 1.1은 본 문서에 적용되는 적용규격을 나타낸 것이다.

Table 1.2 입력 문서 및 참고문서

3.	용어 및 약어집	LSIS_TV_DTC_TNA	A
4.	연구개발계획서-고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가	LSIS_TV_DTC_RNDP	2
5.	UM 60HZ RECEIVER DEFINITION FILE	10150 T 6506827 A01	A
6.	CEU BOARD DEFINITION FILE	50450 T 6500754 T01	A

1.6.2 입력문서 및 참고문서

아래 Table 1.2는 본 문서에 적용되는 입력문서를 나타낸 것이다.

2 시스템 개요

본 프로젝트의 개발 범위는 고속철도 자동열차제어를 구성하는 서브 시스템 중 하나인 송신기와 수신기로 제한하며, 송·수신기와 인터페이스하는 고속철도 자동열차제어 시스템 내의 다른 서브 시스템은 개발에서 제외 한다.

아래 Figure 2.1은 개발 대상이 되는 시스템과 외부 시스템, 그리고 시스템 간의 인터페이스를 시스템 관점에서 간략히 표현한 그림이다.
위와 같이 구성되어 있는 고속철도 자동열차제어 시스템에서 송신기는 연속신호를 궤도로 출력하는 역할을 담당하며, 수신기는 해당 폐색의 연속신호의 유무를 지속적으로 검지하여 폐색 내의 열차 유무를 ATC 지상장치로 전송하는 기능을 담당한다.

송, 수신기와 인터페이스 하는 외부 시스템의 기능은 다음과 같다.

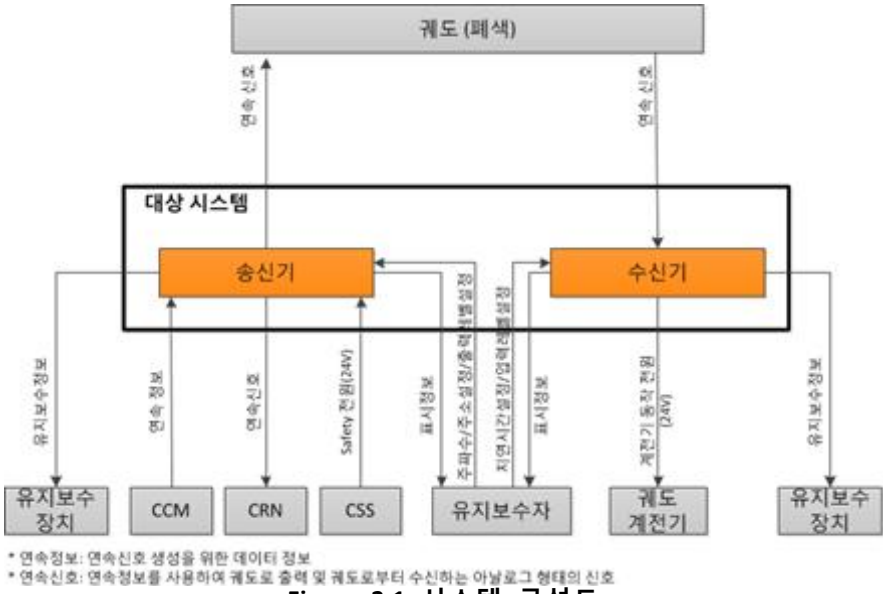


Figure 2.1 시스템 구성도

궤도	UM71 궤도회로에서 연속정보 및 열차 점유 정보를 전송하는 회로 역할을 하며, 연속정보와 열차 점유 정보를 제공
유지 보수 장치	디지털 송수신기로부터 정보를 수신하여 사용자가 모니터링 할 수 있도록 화면을 제공하며, 직렬 데이터 통신을 통해서 정보를 수신 함.
CCM(TVM430)	궤도로 송신할 연속정보에 대한 내용을 직렬 데이터 통신을 통해서 송신기로 전송함
CRN(TVM430)	송신기의 출력을 read back 하여 송신기 출력의 건전성을 확인 함
CSS(TVM430)	송신기의 출력단에 24V 전원을 공급하며, CRN이 read back한 송신기의 출력신호가 건전성에 문제가 있다고 판단될 경우 해당 전원을 차단
궤도 계전기 (TVM430)	열차가 궤도에 점유 또는 비 점유를 판단하는 역할을 하며, DC 24V로 동작
유지보수자	외부에서 설정이 필요한 주파수, 입력/출력크기, 주소 정보 설정, 지연시간 설정. 송신기, 수신기의 동작 상태 확인.

Table 2.1 외부 시스템 분류 및 기능

3 시스템 요구사항

본 시스템 요구사양서는 UM71 궤도회로의 송신기(CEU)와 수신기(UM71 RECEIVER)의 분석을 통하여 기존 송수신기와 호환될 수 있는 요구사항을 도출 하였다. 이에 더하여 위험원 분석을 통한 안전 요구사항과 RAMS 요구사항, 운용 환경 요구사항을 도출하였다.

3.1 운용 환경 요구사항

시스템은 수명 주기에 걸쳐 다양한 운용 환경 하에서 운용된다. 운용 환경 요구사항은 시스템이 정상적으로 운용될 수 있는 특정 환경 조건을 기술한 것으로, 송, 수신기에 대한 운용 환경 요구사항은 아래와 같다.

SRS_TX_E_Req1. 송신기는 -25~70℃의 주변 온도 범위 안에서 정상 동작해야 한다.

SRS_TX_E_Req2. 송신기는 구동을 위한 입력 전원(+24VDC)이 변동(±10%)되어도 동작에 이상이 없어야 한다.

SRS_TX_E_Req3. 송신기의 절연 저항 및 절연 내력은 Table 3.2 및 Table 3.3을 만족해야 한다.

1) 절연 저항 및 절연 내력 측정을 위해 Table 3.1과 같이 P1, P2 커넥터의 핀을 그룹으로 나눈다.

Table 3.1 송신기 절연 저항 및 내력 측정을 위한 P1, P2 커넥터 핀 그룹핑

그룹	핀 번호
A	P1 커넥터 – A22, A26, A28, A30, A32, E22, E26, E28, E30, E32 P2 커넥터 – C4, C6, C8, C10, C12, C14, C16, A4, A6, A8, A10, A12, A14, A16
B	P1 커넥터 – A16, A18
C	Frame Ground
D	P1 커넥터 – E2, E4, E6 P2 커넥터 – A20, A22, C20, C22, C24, C26, C28, C30
E	P1 커넥터 – A12, E12

2) 그룹(Table 3.1 참고) 간에 절연 저항은 DC 500V를 인가 시 200㏁ 이상 측정 되어야 한다.

Table 3.2 송신기 절연 저항 사양

그룹	그룹 간 단락	측정되는 저항 값
D	A+B+C+F	200㏁ 이상
A	B+C+D+F	
C	A+B+D+F	
B	A+C+D+F	
F	A+B+C+D	

3) 그룹 간에 절연 내력은 Table 3.3을 만족해야 한다.

Table 3.3 송신기 절연 내력 사양

그룹	그룹 간 단락	전압	측정되는 전류 값
D	A+B+C+F	2000V, 60Hz	1㎃ 이하
A	B+C+D+F	2000V, 60Hz	
C	A+B+D+F	500V, 60Hz	
B	A+C+D+F	500V, 60Hz	

SRS_RX_E_Req1. 수신기는 -25~70℃의 주변 온도 범위 안에서 정상 동작해야 한다.

SRS_RX_E_Req2. 수신기는 구동을 위한 입력 전원(+24VDC)이 변동(±10%)되어도 동작에 이상이 없어야 한다.

SRS_RX_E_Req3. 수신기의 절연 저항 및 절연 내력은 Table 3.5 및 Table 3.6의 사항을 만족해야 한다.

1) 절연 저항 및 절연 내력 측정을 위해 아래 Table 3.4와 같이 그룹으로 나눈다.

Table 3.4 수신기 절연 저항 및 내력 측정을 위한 커넥터 핀 그룹 핑

그룹	핀 번호
A	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10
B	V1, V2, V3
C	M (Frame Ground)
D	A+, A-, C, C1, C2
E	L+, L-

2) 아래 Table 3.5와 같이 그룹 간에 절연 저항은 DC 500V를 인가 시 200㏁ 이상 측정 되어야 한다.

Table 3.5 수신기 절연 저항 사양

그룹	그룹	측정되는 저항 값
A	C	200㏁ 이상
B	C	
D	C	
E	C	

3) 아래 Table 3.6과 같이 그룹 간에 절연 내력을 만족해야 한다.

Table 3.6 수신기 절연 내력 사양

그룹	그룹	전압	측정되는 전류 값
A	C	2000V, 60Hz	1㎃ 이하
B	C	2000V, 60Hz	
D	C	2000V, 60Hz	
E	C	2000V, 60Hz	
A,B,D	E	1000V, DC	

3.2 기능 및 성능 요구사항

기능 및 성능 요구사항은 시스템이 수행해야 하는 행위(기능)와 주어진 조건에서 기능이 얼마나 잘 수행되어야 하는지(성능)에 대해 기술한 것이다.
개발 대상 시스템인 송, 수신기의 일반 기능 및 성능 요구사항과 안전 기능 요구사항은 아래와 같다.

3.2.1 시스템 기능요구사항

본 요구사항은 송신기와 수신기 전체가 수행하는 기능을 정의한다.

SREQ_1. 궤도회로 송수신 시스템은 시스템이 설치된 궤도 구간 내의 열차의 유무를 검지해야 한다.

SREQ_2. 궤도회로 송수신 시스템은 시스템이 설치된 궤도 구간 내의 열차의 유무 여부를 지상 ATC로 전송해야 한다.

SREQ_3. 궤도회로 송수신 시스템은 지상 ATC로부터 수신한 열차제한속도, 구배, 선로정보를 선로를 통하여 해당 궤도 구간에 전송해야 한다.

SREQ_4. 궤도회로 송수신 시스템은 정상 동작 상태 여부를 육안으로 확인할 수 있어야 한다.

SREQ_5. 궤도회로 송수신 시스템은 입출력 주파수 및 레벨크기를 외부 장치로 전송할 수 있어야 한다.

3.2.2 송신기 일반 기능 및 성능 요구사항

3.2.2.1 주파수 및 주소 설정(SRS_TX_F1)

SRS_TX_F1_Req1. 송신기는 2040, 2400, 2760, 3120Hz의 4가지 주파수 중 하나를 기본(default) 반송파 주파수로 사용할 수 있도록 보드 내부의 부품을 이용하여 운영자가 선택할 수 있어야 한다.

SRS_TX_F1_Req2. 송신기는 운영자가 선택한 기본(default) 반송파 주파수에 대한 정보를 시각적으로 유지보수자에게 제공해야 한다.

SRS_TX_F1_Req3. 송신기는 운영자가 선택한 기본(default) 반송파 주파수와 송신기 보드 외부에서 케이블 연결로 설정한 반송파 주파수가 불일치할 경우 불일치 상태에 관한 정보를 시각적으로 유지보수자에게 제공해야 한다.

SRS_TX_F1_Req4. 송신기는 운영자가 주소를 설정할 수 있어야 한다.

3.2.2.2 출력레벨 설정(SRS_TX_F2)

SRS_TX_F2_Req1. 송신기는 송신기 보드 외부에서 케이블 연결을 통하여 출력전압 레벨을 설정할 수 있어야 한다.

3.2.2.3 변조 파형 출력(SRS_TX_F3)

SRS_TX_F3_Req1. 송신기는 운영자가 선택한 기본(default) 반송파 주파수와

	송신기 보드 외부에서 케이블 연결로 설정한 주파수가 불일치할 경우, 설정된 출력 전압 레벨값의 (80% +/- 10%)에 해당하는 기본(default) 반송파 주파수 신호를 궤도로 출력해야 한다.
SRS_TX_F3_Req2.	송신기는 CCM으로부터 수신한 주소 및 주파수 정보와 송신기에 설정된 주소 및 주파수가 일치하는 경우, CCM으로부터 수신한 연속정보와 일치하는 변조된 파형을 궤도로 출력할 수 있어야 한다.
SRS_TX_F3_Req3.	송신기는 과전류 발생으로 판단하면 연속신호 출력을 8~20초간 차단한 후 연속신호를 다시 출력해야 한다.
SRS_TX_F3_Req4.	송신기는 150±50㎷ 신호를 CRN으로 제공해야 하며, 이 신호는 궤도로 출력하는 연속신호와 동일한 주파수를 가져야 한다.

3.2.2.4 자가 진단(SRS_TX_F4)

SRS_TX_F4_Req1.	송신기는 자체 동작상태를 모니터링하여 이상 발생 시 리셋 되고, 해당 상태를 시각적으로 유지보수자에게 제공하여야 한다.

3.2.2.5 과전류 판단(SRS_TX_F5)

SRS_TX_F5_Req1.	송신기는 소비전류가 6.5±1A 범위에 있는 경우 과전류 발생으로 판단하여야 한다.

3.2.2.6 유지보수 정보 제공(SRS_TX_F6)

SRS_TX_F6_Req1.	송신기는 궤도로 출력되는 연속신호에 포함되어 있는 연속정보를 시리얼 정보로 변환하여 유지보수자에게 제공할 수 있어야 한다.
SRS_TX_F6_Req2.	송신기는 유지보수자가 계측기를 이용하여 출력 신호를 확인할 수 있어야 한다.

3.2.2.7 과전압/저전압 보호(SRS_TX_F7)

SRS_TX_F7_Req1.	송신기는 과전압/저전압으로부터 송신기를 보호하여야 한다.

3.2.3 수신기 일반 기능 및 성능 요구사항

3.2.3.1 주파수 설정(SRS_RX_F1)

SRS_RX_F1_Req1.	수신기는 2040, 2400, 2760, 3120Hz의 4가지 반송파 주파수 중 하나를 처리해야 할 주파수로 사용할수 있도록 보드 내부의 부품을 이용하여 운영자가 선택할 수 있어야 한다.
SRS_RX_F1_Req2.	수신기는 운영자가 설정한 주파수를 식별할 수 있어야

한다.

SRS_RX_F1_Req3. 수신기는 선택한 반송파 주파수의 대한 정보를 시각적으로 유지보수자에게 제공해야 한다.

3.2.3.2 계전기 동작 지연시간 설정 및 식별(SRS_RX_F2)

SRS_RX_F2_Req1. 수신기는 운영자가 궤도 계전기 동작 지연 시간을 입력할 수 있어야 한다.

SRS_RX_F2_Req2. 수신기는 운영자가 설정한 계전기 동작 지연 시간을 식별할 수 있어야 한다.

SRS_RX_F2_Req3. 수신기는 지연시간 설정이 t_1과 t_2 모두 입력되는 경우, t_2 지연시간을 적용하여야 한다.(

SRS_RX_F2_Req4. 수신기는 지연시간 설정 입력이 없는 경우에는 설정이 없는 것으로 인식하여야 한다.

3.2.3.3 연속신호 수신(SRS_RX_F3)

SRS_RX_F3_Req1. 수신기는 궤도로부터 연속신호를 수신할 수 있어야 한다.

3.2.3.4 연속신호 분석(SRS_RX_F4)

SRS_RX_F4_Req1. 수신기는 연속신호의 정합성을 아래 조건으로 판별하여야 한다.

(1) 수신기가 수신한 연속신호 중에 운영자가 선택한 수신기 반송파 주파수가 존재하는 지 여부 판별

(2) 수신한 신호 레벨이 규정된 수신 레벨 이상인지 판별

(3) 열차 검지 주파수가 유무 판별

SRS_RX_F4_Req2. 수신기는 연속신호 분석 결과에 대한 정보를 시각적으로 유지보수자에게 제공해야 한다.

3.2.3.5 계전기 동작 전압 출력(SRS_RX_F5)

SRS_RX_F5_Req1. 수신기는 연속신호 정합성 조건을 만족하는 연속신호를 수신한 경우에 계전기 제어신호를 출력하여야 한다.

SRS_RX_F5_Req2. 수신기는 계전기 동작 지연 시간만큼 지연 후 계전기 제어신호를 출력해야 한다.

SRS_RX_F5_Req3. 수신기는 연속신호 정합성 조건을 하나라도 만족하지 않는 경우에 계전기 제어신호를 즉시 차단해야 한다.

SRS_RX_F5_Req4. 수신기는 계전기 동작 지연 시간 입력이 없을 경우, 계전기 제어 신호를 즉시 차단해야 한다.

3.2.3.6 유지보수 정보 제공(SRS_RX_F6)

SRS_RX_F6_Req1. 수신기는 궤도로부터 수신된 연속신호를 시리얼 정보로 변환하여 유지보수자에게 제공할 수 있어야 한다.

3.3 수신기 안전 요구사항

3.3.1 주변 온도 검사(SRS_RX_SF1)

SRS_RX_SF1_Req1. 수신기는 주변 온도를 주기적으로 검사하여 온도가 기준(영하 25도 ~ 영상 70도)을 벗어나는 경우에 계전기 제어신호와 출력부 안전전원을 차단해야 한다.

3.3.2 계전기 동작 검사(SRS_RX_SF2)

SRS_RX_SF2_Req1. 수신기는 궤도 계전기 동작을 위한 출력 전압을 검사할 수 있어야 한다.

SRS_RX_SF2_Req2. 수신기는 처리부의 연산 결과와, 궤도 계전기 출력 전압이 다를 경우, 계전기 제어신호와 출력부 안전전원을 차단해야 한다.

3.3.3 자가 진단(SRS_RX_SF3)

SRS_RX_SF3_Req1. 수신기는 초기 전원 인가시에 계전기 제어신호와 출력부 안전전원을 차단해야 한다.

SRS_RX_SF3_Req2. 수신기는 메모리 및 중앙 처리 장치의 작동 상태를 진단하여 이상이 있는 경우, 계전기 제어신호와 출력부 안전전원을 차단해야 한다.

3.3.4 전자기 적합성 대책(SRS_RX_SF4)

SRS_RX_SF4_Req1. 수신기는 아래의 IEC 국제 규격 수준의 전자기적합성 시험 기준을 만족하여야 한다.

- IEC 61000-4-2/4-3/4-4/4-5/4-6/4-11

3.3.5 과전압/저전압/과전류 보호(SRS_RX_SF5)

SRS_RX_SF5_Req1. 수신기는 과전압/저전압/과전류로부터 수신기를 보호해야 한다.

3.3.6 다중 채널 비교(SRS_RX_SF6)

SRS_RX_SF6_Req1. 수신기는 독립적인 2개의 입력부를 사용하여 연속 신호를 수신해야 한다.

SRS_RX_SF6_Req2. 수신기는 2개의 독립적인 처리부를 사용하여 열차의 점유 유무를 판단해야 한다.

SRS_RX_SF6_Req3. 수신기는 2개의 처리부의 결과를 비교하여 다를 경우, 계전기 제어신호를 차단해야 한다.

SRS_RX_SF6_Req4. 수신기는 상대 처리부에 문제가 있다고 판단되는 경우에, 계전기 제어신호와 출력부 안전전원을 차단해야 한다.

3.3.7 **궤도계전기 동작전압 제한(SRS_RX_SF7)**

SRS_RX_SF7_Req1. 수신기는 궤도 계전기를 동작시키기 위한 전압을 28V 이하로 제한하여야 한다.

3.3.8 **수신기 설치를 위한 코딩(SRS_RX_SF8)**

SRS_RX_SF8_Req1. 수신기는 정해진 자리에만 삽입될 수 있도록 물리적인 코딩을 가지고 있어야 한다.

3.3.9 **소프트웨어 SIL4 만족(SRS_RX_SF9)**

SRS_RX_SF9_Req1. 수신기의 소프트웨어는 IEC62279의 SIL4 에 해당하는 수준으로 관리되어야 한다.

3. 기본 설계

- 고속철도 디지털 송·수신기 시스템 요구 사양서에 부합하는 송신기 및 수신기의 하드웨어 구성 및 상세 기능 정의
- 송·수신기 소프트웨어 개발환경, 구조, 모듈별 기능, 모듈별 흐름도 및 타 설비와의 인터페이스 프로토콜 정의
- 출력물 : 디지털 송·수신기에 기본 설계서, CCM과 CEU간 인터페이스 사양서

가. 송신기 기본설계

(1) 개요

송신기는 CCM으로부터 RS-422 Serial Link를 통해 데이터(연속 정보)를 전달받아, 교류 형태의 정보 신호로 변조하여 연속적으로 궤도로 전송하는 역할을 한다.

그림 13 CCM과 송신기

교류 형태의 정보 신호는 궤도로 연속적으로 전달 되기 때문에 '연속 정보'라 하며, 연속 정보는 2,040Hz, 2,400Hz, 2,760Hz, 3,120Hz의 4가지 반송 주파수 중 하나의 값을 가진다. 선택된 반송 주파수는 CCM으로부터 전달 받은 데이터를 VLF(Very Low Frequency) 신호로 합성 및 FM 변조하여 연속적으로 전송한다.

송신기는 사용하는 반송 주파수에 따라 타입이 결정된다.

(2) 기능

송신기는 CCM으로부터 수시한 데이터를 근거로 VLF 신호로 합성하고 증폭하고 FM 변조 과정을 거쳐 연속 정보를 생성하고 출력한다. 송신기의 기능은 다음과 같다.

(1) 보드 주소, 반송 주파수 설정 및 생성 기능
(2) Serial 통신 인터페이스 기능
(3) VLF 신호 생성 및 합성 기능
(4) FM 변조 및 신호 증폭 기능
(5) 연속정보의 출력 및 과전류 검출 기능
(6) 연속정보 출력 전압 레벨 설정 기능
(7) 24V Fail-safety 전원 유무 검지 기능
(8) CPU 감시 기능

(가) 보드 주소, 반송 주파수 설정 및 생성 기능

보드 주소 및 반송 주파수를 사용자가 선택할 수 있다. 사용자는 P2 커넥터의 해당 핀에 정의된 값에 따라 wire를 사용하여 0V를 인가 또는 차단한다. 송신기는 이 값을 읽어 자신의 주소 및 출력 할 반송 주파수 값을 설정한다.
또한 기본(default) 반송 주파수 선택은 보드 내부에 있는 DIP 스위치를 이용해서 설정한다. DIP 스위치는 도구를 이용해서 설정을 변경할 수 있는 타입으로 사용한다. 설정 한 기본 반송 주파수는 전면 판의 LED(green)로 표시한다. LED는 4개(F1, F2, F3, F4)가 있으면 이들 중 1개만 On된다.
출력 가능한 반송 주파수는 4가지가 있으며, 이들 중에서 하나의 반송 주파수만을 선택할 수 있다. 반송 주파수의 종류는 2,040Hz, 2,400Hz, 2,760Hz 및 3,120Hz이다.
송신기는 사용자가 P2 커넥터에서 wire 연결로 선택한 주파수 정보와 사용자가 DIP 스위치를 통해 설정한 기본 반송파 정보가 일치하는 경우 정격 출력의 100%에 해당하는 전압 레벨로 반송 주파수를 생성한다.
.
두 정보가 일치하지 않는 경우, 정격 출력의 80%에 해당하는 전압 레벨로 반송 주파수를 생성하며, 전면 판의 CG LED(red)를 통해 불일치를 표시한다.

위와 같은 동작 상태를 표로 나타내면 다음과 같다.

Wire로 선택	DIP 선택	동작 예시
F_W=FxHz	F_D=FnHz	FnHz 반송 주파수 생성(정격의 80% 전압 레벨) n=1~4, x=1~4중에서 n을 제외한 나머지 중 하나
F_W=FnHz	F_D=FnHz	FnHz 반송 주파수 생성(정격의 100% 전압 레벨) n= 1~4
☞ F1: 2,040, F2: 2,400, F3: 2,760, F4: 3,120		

표 16 송신기 보드 주소와 주파수 정보에 따른 동작 상태 예시

(나) Serial 통신 인터페이스 기능

송신기는 CCM과 RS-422 통신 인터페이스 기능을 수행한다. 송신기는 데이터를 수신만하고 CCM으로 전송하는 기능은 없다. 따라서 송신기와 CCM간에는 2wire로 연결된다. CCM으로부터 수신한 데이터에는 연속 정보 데이터, 보드 주소 및 반송 주파수 정보가 포함되어 있다.

(다) VLF 신호 생성 및 합성 기능

CCM으로부터 전달 받은 데이터 중에서 연속정보(구배, 목표거리, 허용속도, 동작모드)에 해당하는 27개의 bit와 열차 점유검지정보를 포함하여 28 bit를 VLF 신호로 합성한다. 송신기는 안전 측 동작을 위해 다음과 같은 조건이 모두 만족하였을 경우에만 VLF 신호를 합성한다.

(1) 사용자가 P2 커넥터에서 wire 연결로 선택한 주소정보와 CCM으로부터수신한 데이터 중에서 보드 주소정보가 일치하고,

(2) 사용자가 선택 한 2가지의 반송 주파수 값과 CCM으로부터 수신한 데이터 중에서 반송주파수 값이 일치 할 경우

(라) FM 변조 및 신호 증폭 기능

VLF 신호로 합성 한 정보를 기준으로 반송 주파수를 FM 변조 시킨다. 이 과정이 끝나면 연속정보가 생성 된다. 하지만 생성된 연속 정보는 궤도로 출력 시 정보를 전달 할 수 있을 만큼의 충분한 세기를 가지지 못하기 때문에 연속 정보를 증폭시킨다.

송신기는 앞 절의 안전 측 동작 조건과 동일할 경우에만 FM 변조 동작을 수행한다.

(마) 연속정보의 출력 및 과 전류 검출 기능

송신기는 절연을 위해 Transformer를 사용하여 궤도로 연속 정보를 출력한다. 송신기는 안전 측 동작을 위해 출력에 과 전류(출력 전류레벨이 6.5±1A 범위)가 발생하는지를 지속적으로 감시하고, 과 전류가 검출되면 출력은 즉시 차단되고 전면판의 OC LED(red)로 표시한다. 출력이 차단되는 시간은 약 8~20초이며, 차단시간이 경과 되면 연속 정보를 다시 출력하고 과 전류가 발생하는지를 감시한다.

또한 궤도로 출력하는 동일한 연속정보를 CRN으로 전송하기 위해 Transformer를 통해 출력한다. 출력은 P1 커넥터의 A12(T+) 핀과 E12(T-) 핀을 통해 전송한다.

(바) 연속정보 출력 전압 레벨 설정 기능

궤도로 출력하는 연속 정보의 출력 전압 레벨은 아래의 표를 참고하여 P2 커넥터의 해당 핀 간을 wire로 연결하여 설정(CEU의 출력 전압 레벨 설정 방법과 동일하게 구성)한다.

Level	출력 전압 [RMS]	허용 범위 [RMS]	P2 커넥터 연결 포인트 [핀 위치(핀 이름)]			
1	AC 135V	± 6.5	A22(R1)	to C30(6)	A20(R2)	to C20(1)
2	AC 120V	± 6	A22(R1)	to C28(5)	A20(R2)	to C20(1)
3	AC 105V	± 5	A22(R1)	to C26(4)	A20(R2)	to C20(1)
4	AC 90V	± 4.5	A22(R1)	to C24(3)	A20(R2)	to C20(1)
5	AC 75V	± 3.3	A22(R1)	to C22(2)	A20(R2)	to C20(1)
6	AC 60V	-	A22(R1)	to C30(6)	A20(R2)	to C22(2)
7	AC 45V	-	A22(R1)	to C28(5)	A20(R2)	to C22(2)
8	AC 30V	-	A22(R1)	to C26(4)	A20(R2)	to C22(2)
9	AC 15V	-	A22(R1)	to C24(3)	A20(R2)	to C22(2)

표 17 연속 정보 출력 전압 레벨 설정

(사) 24V Fail-safety 전원 유무 검지 기능

24V Fail-safety 전원이 검지되지 않는 경우 연속정보 출력은 즉시 차단되고 LED를 통해 상태를 표시한다. 전원이 다시 검지되면 자동적인 재기동이 이루어진다.

(아) CPU 감시 기능

송신기의 CPU(중앙 처리 장치) 오작동으로 인하여 더 이상 기능을 수행하지 못할 경우 CPU를 리셋하는 기능이다. CPU는 주기적으로 정상 동작신호를 워치독 소자에 출력하여 CPU 동작을 감시하도록 하고, 비 정상일 때에는 워치독 송자가 CPU 동작을 차단하여 연속정보의 출력을 차단한다. 사용자에 의한 조치가 있기 전까지 모든 기능은 정지 상태를 유지한다.

(3) 기능

송신기는 'UM71C의 CEU'와 호환이 가능하도록 설계하며, 이를 위해 아래 그림과 같은 기능들로 구성한다.

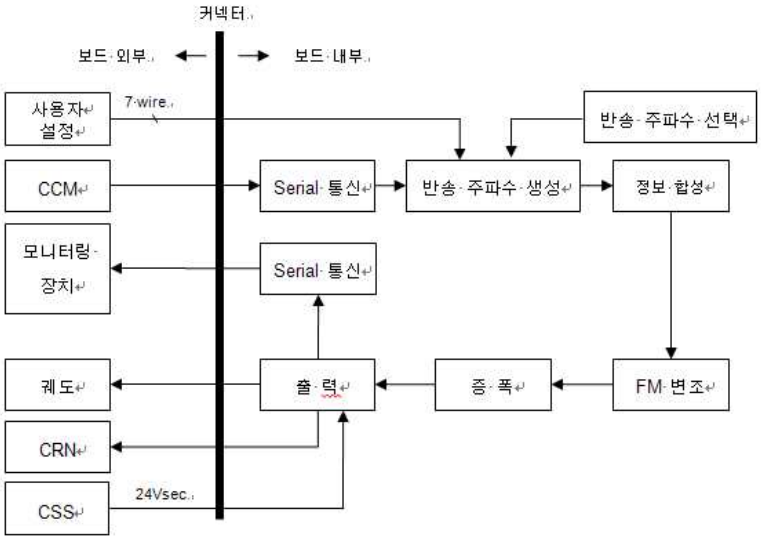


그림 14 송신기 기능 구성도

(4) 하드웨어

(가) 개요

UM71C의 CEU에서 개별 부품 단위로 구현 되었던 '반송 주파수 생성, 정보 합성, 변조' 기능들을 신호 처리용 프로세서인 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하여 통합 처리한다.

이 절에서는 CPU(DSP) 내에서 소프트웨어 처리 결과로 출력되는 데이터를 D/A Convertor로 출력하여 Analog 형태 변형 후 증폭 과정을 거쳐 궤도로 출력하는 하드웨어 부분에 대해 기술한다.

각 하드웨어의 기능은 블록 단위로 구성하여 유지 및 보수가 용이 하도록 설계한다. PEU에 장착되는 송신기는 다음과 같은 규격을 따른다.

항 목	상세 규격
PCB 크기	220(D) X 233.4(H)(mm)
입력 전원 및 24V Safety 전원	DC 24V (22.5~28.8V)
궤도로의 출력 변조파	75~135V (Hz, Hz, Hz, Hz)
CCM과의 Serial Link	RS-422, 0/5V differential link, 4800Bauds
PCA로부터 수신 정보	7 wire, TTL Level(0, 5V)
전면판 크기	81(D) X 262.1(H)(mm) (16HP X 6U)
CPU	DSP (TMS320C)
외부 연결 Connector	CEU 보드와 동일 부품 사용 (P1(상단), P2(하단))
절연 내력	2000Vrms (각 블록간)
절연 (500VDC일 때)	200MΩ이상 (각 Terminal Connecter와 Ground)
동작 온도	-25~70°C

표 18 송신기 하드웨어 규격

(나) 구성도

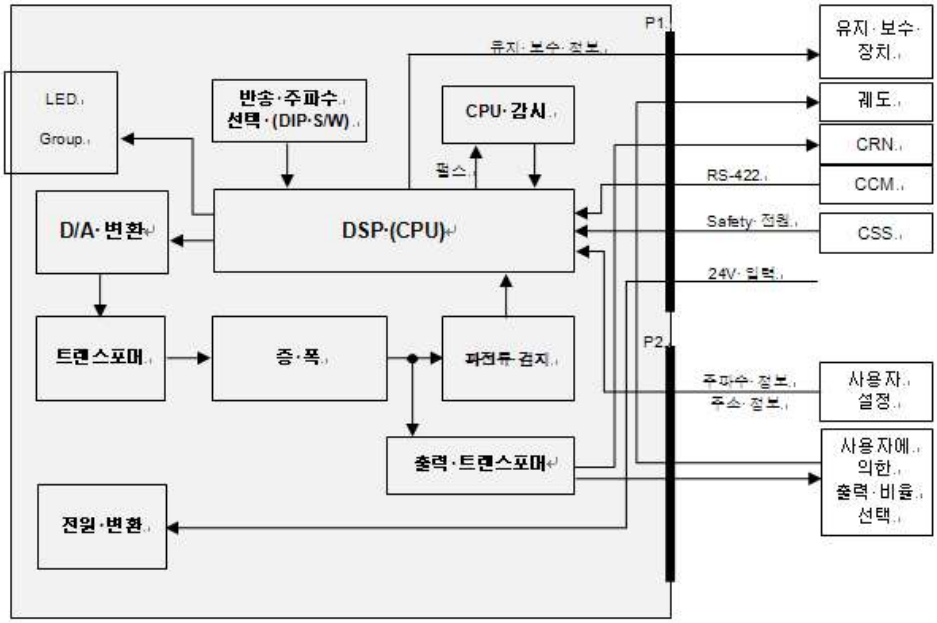


그림 15 송신기 하드웨어 구성도

(다) 구성 및 기능

DSP(CPU)로부터 출력되는 반송 주파수 정보를 변조파로 변환하여 증폭 후 출력 트랜스포머를 이용해 출력 레벨을 조절하여 궤도로 출력한다.

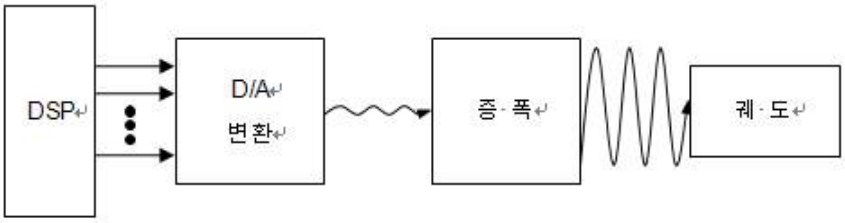


그림 16 송신기 하드웨어 단계별 출력 파형

또한 하드웨어의 정상 동작 여부 감시 목적으로 증폭 단의 과전류 발생과, CPU(DSP)의 정상 동작 감시를 위한 펄스의 유무를 지속적으로 체크하게 된다.

(a) D/A 변환

CPU(DSP)는 CCM으로부터 전달받은 데이터를 처리 후 결과 데이터를 변조파 형태로 변환하기 위해 D/A 변환 단계로 전달한다. 변조파로 변환된 데이터는 증폭 단계로 전달 되게 되는데, 증폭 단계와의 절연을 위해 트랜스포머 통해 전달되도록 한다.

(b) 증폭

D/A Convertor을 통해 변환된 신호는 궤도로 출력하기에는 매우 낮은 전압 레벨을 가지고 있다. 궤도로의 출력을 위해 증폭 과정을 거치게 되며, 증폭은 왜곡 없이 효율적으로 수행 되도록 한다.

(c) 과전류 검지

증폭 단계를 거쳐 증폭된 신호는 송신기 보드 내의 소자 보호를 위해 과전류 발생 여부를 감시 받게 된다. 과전류가 검지되면 과전류 발생 신호가 CPU(DSP)로 전달 되게 되고, CPU(DSP)는 5ms 이내에 CPU 감시를 위한 펄스 출력을 제외한 모든 동작을 정지한다. 정지는 약 15초간 지속된다.

(d) CPU 감시

CPU(DSP)로부터 출력되는 펄스의 유무와 펄스의 주기를 지속적으로 체크한다. 입력되는 펄스가 없거나, 펄스의 주기에 이상이 발생하면 CPU(DSP) 동작을 정지 시키고, 보드에 이상이 있음을 LED를 통해 표시하고, 유지 보수 자에 의한 조치가 있을 때까지 모든 동작을 정지한다.

(e) 전원 변환

P1 Connector를 통해 DC24V를 받아 보드 구동에 필요한 전원으로 변환한다.

(f) 절연

보드 내부적으로 높은 전압, 전류 이용과, Digital과 Analog 신호의 혼재로 인한 상호 간섭을 배제하기 위한 목적으로 아래 그림과 같이 기능별로 블록을 나누어 블록 간에 이격 거리(6mm)를 두어 절연되도록 한다.

절연을 위해 각 블록간 데이터 전달에는 포토 커플러 또는 트랜스포머를 이용한다.

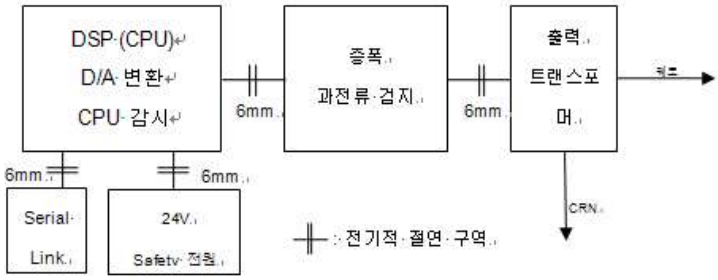


그림 17 절연 블록도

(g) 외부 통신 포트

향후 모니터링 장치와의 정보 인터페이스를 위해 외부 통신 포트 (RS-485)를 내장한다.

(h) 전면 판

전면 판은 CEU와 동일한 크기인 6U x 16HP로 구성되며, 구성은 다음과 같다.

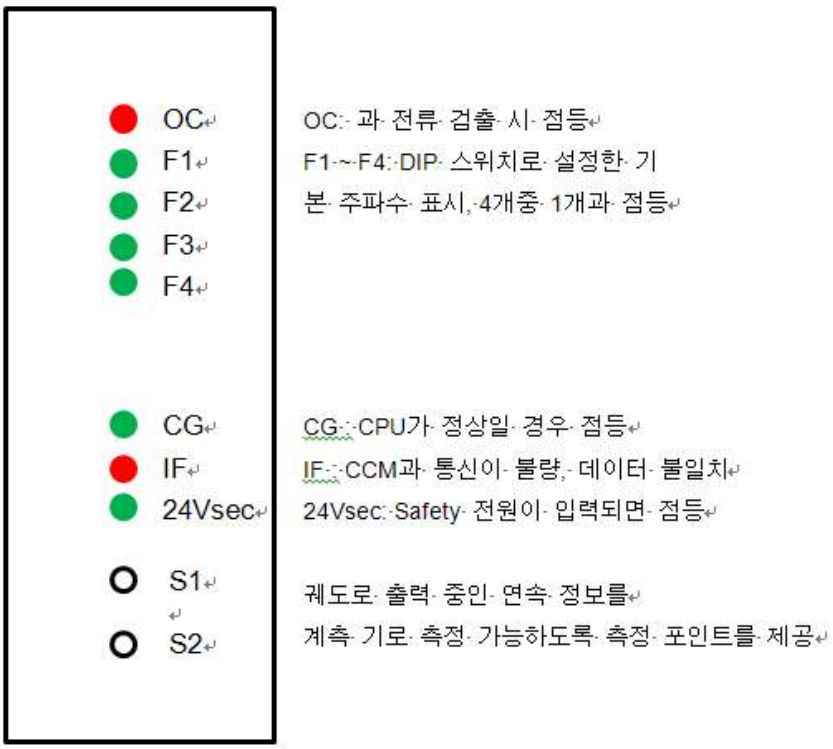


그림 18 디지털 송신기 전면판 구성

전면 판의 위쪽에 배치한 OC, F1~F4 LED 및 하단의 S1, S2 측정 포인트는 CEU에는 없고 디지털 송신기에서 추가되는 것이다. 중간에 있는 CG, IF, 24Vsec LED는 CEU와 동일한 위치(세로축 기준)에 있도록 배치한다.

(5) 소프트웨어

(가) 개요

이 절에서는 CPU(DSP)로 처리 가능한 부분, 즉 소프트웨어로 처리 가능한 부분에 대한 프로그램 설계에 대해 기술한다.

(나) 개발 환경

- 개발 플랫폼: MS Windows XP
- 컴파일러: Code Composer Studio 5.10

(다) 구조 설계

CPU(DSP)로 처리 가능한 '반송 주파수 생성, 정보 합성, 변조'의 처리를 위해 다음과 같은 모듈들이 있다.

또한 추가적으로 송신기의 중앙 처리 장치 역할을 하는 CPU(DSP)의 정상 동작 여부를 감시 받기 위한 'Watch-dog 펄스 생성&출력 모듈' 부분과 송신기에 의한 궤도로의 출력 정보를 감시하여 정상 적으로 출력이 이루어지고 있을 시 입력되는 '24V Safety 전원' 유무를 체크하는 '24V Safety 전원 입력 검지 모듈' 그리고 궤도로 연속 정보가 출력 전에 거치게 되는 증폭 과정 중에 발생 가능한 과전류 발생 신호를 체크하기 위한 '과전류 발생 신호 검지 모듈'도 함께 CPU(DSP)내에서 프로그램으로 설계된다.

- 반송 주파수 선택 모듈
- 보드 주소 해석과 반송 주파수 확인 모듈
- Serial 통신 모듈
- VLF 생성 모듈
- 변조 모듈
- Watch-dog 펄스 생성&출력 모듈
- 24V safety 전원 입력 검지 모듈
- 과전류 발생 신호 검지 모듈

(라) 모듈별 기능

(a) 반송 주파수 선택 모듈

CPU(DSP)는 '반송 주파수 선택 신호' 값을 스위치를 통해 입력 받아 보드에서 사용될 반송 주파수를 결정하고, 해당 주파수를 생성한다. 즉 스위치 조작만으로 송신기 보드의 타입을 결정 할 수 있다.

(b) 반송 주파수 선택 모듈

송신기의 주 반송 주파수는 보드 내부의 스위치를 통해 입력되는 데이터로 결정한다. 만약 스위치를 통한 입력 값과 사용자 설정에 의한 주파수 설정 값이 불 일치하는 경우 송신기는 정상적으로 동작하지 않으며,

LED를 통해 불일치를 표시한다. 주파수 정보가 불일치 하는 경우 송신기는 주파수 정보의 일치 여부를 지속적으로 확인하며, 일치 되는 경우 송신기는 즉시 정상적으로 동작한다.

또한 주 반송 주파수 정보는 CCM(Master Transmission Coupler unit)에서 전달 받는 데이터 필터 링에도 이용된다. CCM으로부터 전달 받는 데이터는 '멀티 드롭 방식'으로 전달 되기 때문에 송신기는 사용자 설정에

의한 주소와 주파수 정보를 참고하여 CCM으로부터 전달 받은 데이터의 주소와 주파수 정보가 일치하는 경우에만 정보를 받아들여 연속 정보 생성을 위한 데이터로 활용한다.

(c) Serial 통신 모듈

연속 정보의 생성을 위한 입력 정보를 수신하기 위한 모듈로서, 정보는 CCM으로부터 전달 받으며, 오직 수신만을 하도록 설계한다.

CCM으로부터 전달 받은 데이터에는 2)번 항목에서 언급된 보드 주소 및 반송 주파수 정보 이 외에 27개의 VLF(Very Low Frequency) 중 어느 주파수들을 합성 할 것인가에 대한 정보도 포함한다. VLF는 CPU(DSP) 내부에서 생성되어 합성되며, VLF에 대한 정보는 다음 표를 참고한다.

VLF No.	VLF				증폭 계수	위상
	Mormal	Minimum	Center	Maximum		
F1	0.88	0.880096	0.880140	0.880185	1.46	1.28
F2	1.52	1.520167	1.520243	1.520320	1.46	1.94
F3	2.16	2.160237	2.160345	2.160454	1.46	4.07
F4	2.80	2.800308	2.800445	2.800588	1.46	4.22
F5	3.44	3.440378	3.440550	3.440722	1.46	3.24
F6	4.08	4.080448	4.080653	4.440722	1.46	3.04
F7	4.72	4.720519	4.720755	4.721000	1.46	1.47
F8	5.36	5.360589	5.360858	5.361126	1.46	1.15
F9	6.00	6.000660	6.000960	6.001260	1.46	1.13
F10	6.64	6.640730	6.641062	6.641140	1.66	0.98
F11	7.28	7.280800	7.281165	7.281529	1.86	4.30
F12	7.92	7.920871	7.921267	7.921664	1.95	3.09
F13	8.56	8.560941	8.561370	8.561798	2.15	2.82
F14	9.20	9.201012	9.201472	9.201932	2.34	3.26
F15	9.84	9.841082	9.841574	9.842067	2.44	3.93
F16	10.48	10.181152	10.481676	10.482200	2.64	1.64
F17	11.12	11.121223	11.121779	11.122355	2.73	0.91
F18	11.76	11.761293	11.791881	11.762469	2.93	1.79
F19	12.40	12.401364	12.401984	12.402604	3.12	1.47
F20	13.04	13.041434	13.042086	13.042738	3.22	4.83
F21	13.68	13.681504	13.682188	13.682878	3.42	2.14
F22	14.32	14.321575	14.322291	14.323007	3.61	4.00
F23	14.96	14.961645	14.962393	14.963141	3.71	2.26
F24	15.60	15.601716	15.602496	15.603276	3.91	5.30
F25	16.24	16.241786	16.242598	16.243410	4.10	5.26
F26	16.88	16.881856	16.882700	16.883544	4.20	3.07
F27	17.52	17.522803	17.522803	17.523679	4.39	4.69

표 19 VLF 테이블

(d) VLF 생성 모듈

CCM 보드로부터 전달 받은 자료를 토대로 F1~F27의 VLF를 합성한다. F28은 CCM에서 전달 받은 데이터와 상관없이 늘 합성하며, 합성은 아래의 식을 따른다.

$$\sum_{i=1}^{i=28} KiCoeiSin(2PiFinTe + PHi)$$

Ki : 1인 경우-VLF 전송됨, 0인 경우-VLF 전송 안됨

Coei : 증폭 계수 - / - Pi : 3.1415... - / - Fi : VLF 주파수 - / - PHi : 위상

그림 19 VLF 합성 식

(e) 변조 모듈

생성된 VLF를 바탕으로 반송 주파수를 변조하는 과정을 처리한다. 변조는 FM(Frequency Modulation)을 수행하며, 변조된 신호는 CPU(DSP)안에서 디지털 값으로 저장 되기 때문에 실질적인 교류의 파형으로 변환을 위해 D/A 변환 단계로 출력된다.

(f) Watch-dog 펄스 생성&출력 모듈

CPU(DSP)의 정상 동작 여부를 감시 받기 위해 일정한 주파수를 가지는 펄스를 'CPU 감시'단으로 지속적으로 출력한다. 펄스가 없거나 출력한 펄스의 주기에 이상이 발생한 경우 CPU(DSP)는 'CPU 감시'단에 의해 모든 동작을 멈추게 되며, CPU(DSP)의 동작 정지는 유지 보수자의 조치가 취해지기 전까지 지속 된다.

(g) 24V safety 전원 유무 검지 모듈

CSS(Safety Output board)로부터 입력되는 24V Safety 전원의 입력 여부를 확인한다. CCM으로부터 Serial Link를 통해 전달 되는 데이터와 송신기에 의해 궤도로 출력된 연속 정보가 불일치 하는 경우 즉, 연속 정보에 이상 발생 시 24V Safety 전원은 더 이상 입력되지 않는다. 24V safety 전원이 입력되지 않으면 CPU(DSP)는 24V safety 전원 이상 LED를 On 시키고, CPU(DSP)에서 D/A 변환 단계로의 출력을 제외한 나머지 동작들만을 지속적으로 수행한다.

(h) 과전류 발생 검지 모듈

증폭 모듈이 동작되는 동안 과전류 발생 신호가 CPU(DSP)로 입력되면, CPU(DSP)는 15초간 Watch-dog 펄스 출력을 제외한 모든 동작을 멈추고, 과전류 발생을 알리기 위한 LED를 On 시킨다.

(마) 모듈 흐름도

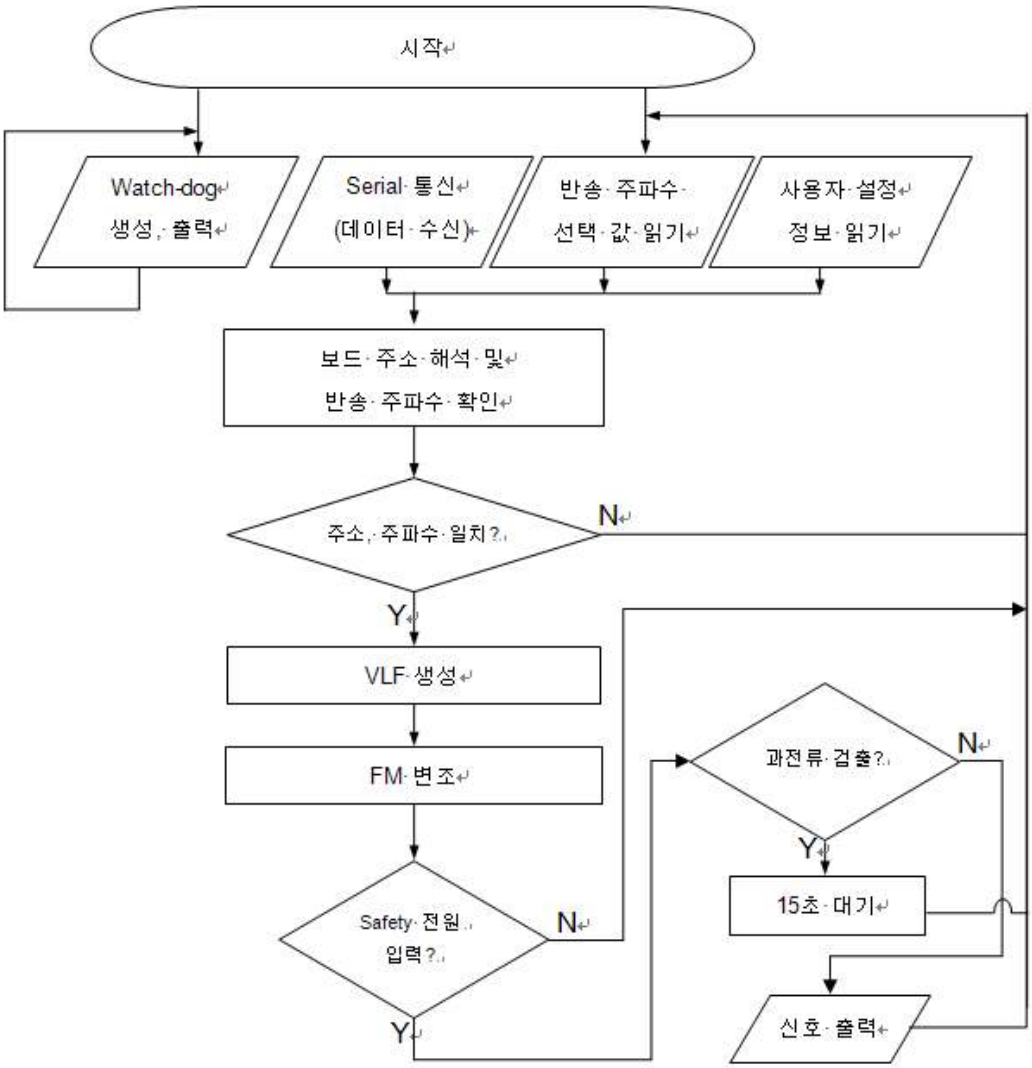


그림 20 송신기 소프트웨어 모듈 흐름도

(바) 타 설비와의 인터페이스 프로토콜

(a) 송신기는 CCM으로부터 RS-422 통신 방식을 이용해 데이터를 전달받으며, CCM으로 응답하지는 않는다.

- 전달받는 메시지는 각 11bits로 구성된 word단위의 데이터를 7개씩을 전달 받게 되며, Word의 구성 및 전체 데이터 구조는 아래와 같다.

Word	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7~1							Bit 0
		Parity	주소 표시	Data							
1	End Bit	P	1	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	Start Bit
2		P	0	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	
3		P	0	F14	F13	F12	F11	F10	F9	F8	
4		P	0	F21	F20	F19	F18	F17	F16	F15	
5		P	0	Res.	F27	F26	F25	F24	F23	F22	
6		P	0	Res.							
7		P	0	XOR							

표 20 CCM 보드 수신 데이터 구조

- Bit8의 값이 1인 경우: Bit7~1(A7~A1)은 '송신기 주소 정보' 또는 '반송 주파수 정보'로 PEU로부터 전달 받은 데이터와 비교하는데 이용된다. A1~A5는 '송신기 주소 정보'를, A6~7은 보드의 '반송 주파수 정보'를 가진다.
- Bit8의 값이 0인 경우: 해당 Word가 '송신기 주소 정보' 또는 '반송 주파수 정보'가 아닌 경우 0을 가진다. Bit7~1(F1~F27)은 값이 1인 경우에 해당 주파수가 VLF 조합에 이용되고, 0인 경우는 제외 된다.
- Res는 예약된 정보로 데이터로 이용하지 않는다.
- XOR는 7번째 Word에 해당하는 data 값으로 앞서 전달 받은 1~6번 Word의 data 값의 비트 별 XOR 연산 값을 가진다(예: Word 7의 XOR 데이터 1번 bit는 A1, F1, F8, F15, F22의 XOR연산 값을 가짐).
- Bit9는 해당 워드의 Even Parity 값을 가진다.

(b) 사용자로부터 '보드 주소 정보'와 '반송 주파수 정보'를 전달 받는다.
- 7개의 라인(7Bit)을 통해 전달 받는다.
- 정보는 TTL 레벨을 이용한다.
- 0~4bit는 보드 주소 정보를, 5~6bit는 반송 주파수 정보를 가진다.

나. 수신기 기본설계

(1) 개요

수신기는 송신기에서 보내는 부호화된 신호(열차검지정보)를 수신하여 궤도 계전기를 동작시키는 역할을 하며 DSP를 사용하여 신호를 분석하고 처리한다.

(2) 구성

수신기는 계전기 Rack에 설치할 수 있는 NS1 TYPE으로 개발하고, 입력부, 신호처리부, 출력부, 상태표시부, 전원부로 아래 그림과 같이 구성된다.

(3) 기능

수신기는 송신기에서 보내는 부호화된 신호를 수신하여 열차의 점유상태를 확인하고 궤도 계전기를 동작시키는 기능을 하며, 세부적인 기능은 다음과 같다.

- 능반송주파수 선택 기능

- 수신 전압레벨 조절 기능
- 궤도 계전기 동작 기능
- 궤도 계전기 여자 지연시간 설정 기능
- 상태표시 기능
- CPU 감시 기능
- 외부장치에 정보 전송 기능
- 내부 회로 보호

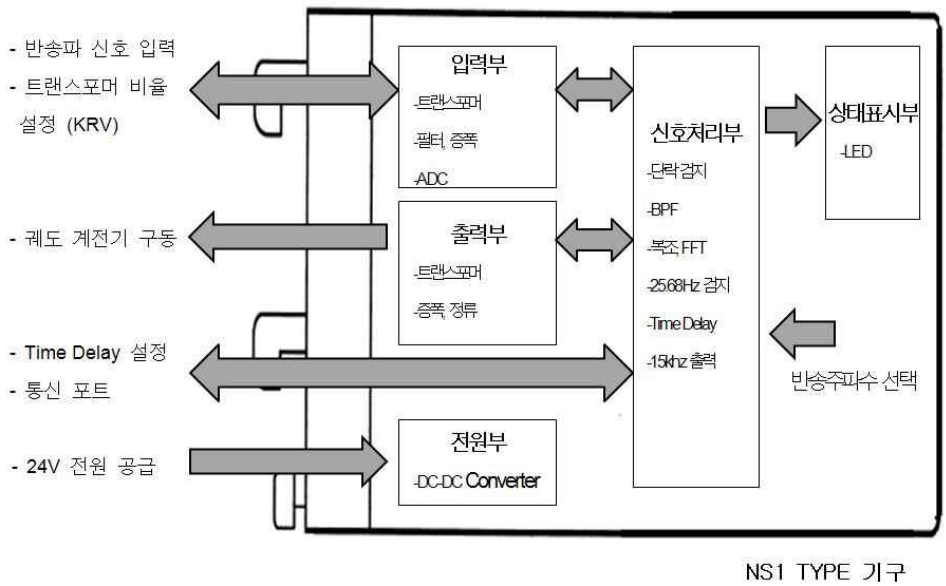


그림 21 디지털 수신기 구성도

(가) 반송주파수 선택 기능

반송 주파수 선택은 보드 내부에 있는 DIP 스위치를 이용해서 설정한다. DIP 스위치는 도구를 이용해서 설정을 변경할 수 있는 타입으로 사용한다.

수신 가능한 반송 주파수는 4가지가 있으며, 이들 중에서 하나의 반송 주파수만을 설정할 수 있다. 반송 주파수의 종류는 2040Hz, 2400Hz, 2760Hz 및 3120Hz이다. DIP 스위치의 값을 읽어 설정한 반송주파수만 통과시킨다.

(나) 수신전압 레벨 조절 기능

입력신호(V1, V2)가 수신기 단자에 연결되어 입력 트랜스포머 1차 측에 입력되고, 2차측 트랜스포머의 탭이 단자(R3~R10)에 연결되어 있어 외부에서 정의 된 전압레벨 조절(KRV) 값에 따라 결선을 하여 R1, R2 입력 단자에 연결된다.

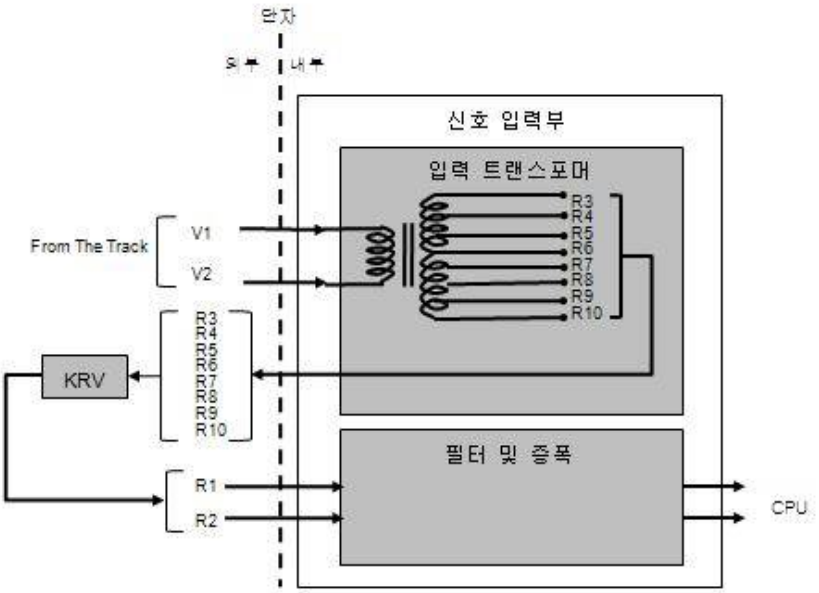


그림 22 수신 전압 레벨 조절구성도

입력 된 신호는 필터 및 증폭 회로를 CPU로 전달된다.

KRV값은 ATC Trackside Equipment Adjustment Procedure and Testing(K631-315-C3300-AY+T010_B)의 appendix6을 참조한다.

(다) 궤도 계전기 동작 기능

궤도로부터 수신한 신호는 필터 및 증폭회로를 거쳐 CPU(중앙처리장치)로 전달되며, CPU는 수신신호의 반송 주파수, 진폭(레벨) 및 열차검지 주파수(25.68Hz)의 유무를 분석한다. 수신신호의 분석결과에 따라서 궤도 계전기 구동 전압의 출력/차단 여부를 결정한다.

수신기는 다음과 같은 모든 조건을 만족하였을 경우에만 궤도 계전기의 동작 전압을 출력한다.

(1) 수신한 반송 주파수가 설정된 주파수의 오차범위(F_0+90Hz 이내 또는 F_0-40Hz이내) 안에 있고,

(2) 수신한 반송파의 전압 레벨이 정의 된 기준(200mV ~210mV) 이상이고,

(3) 열차검지 주파수(정격 25.68Hz, 최소 25.684108Hz에서 최대 25.685392Hz 이내)를 검지하였을 경우

위와 같은 조건이 하나라도 만족하지 못하면 열차가 궤도에 점유한 것으로 판단하여 궤도 계전기 동작 전압을 차단한다. 단 반송파 전압 레벨의 조건은 170mV~180mV 이하이다.

궤도 계전기를 동작하기 위한 전압은 DC24V이다. 안전 측 동작을 위해서 수신기 내부에서 구형파를 만들어 Fly-Back Convertor에 입력하고, 2차측에서 나온 신호를 정류해서 DC24V를 생성한다.

다음 그림은 궤도 계전기 동작전압 생성에 대한 흐름도를 나타낸다.

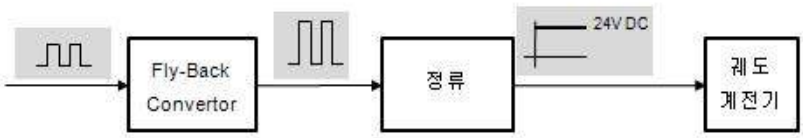


그림 23 궤도 계전기 동작 전압 생성 구성도

(라) 궤도 계전기 여자 지연시간 설정 기능

사용자가 궤도 계전기의 여자 지연시간을 설정하는 기능으로, 여자 지연시간 설정은 수신기 단자에 결선(Wire 사용)을 통해 설정한다.

여자 지연시간 설정 값은 열차가 해당 궤도에 진입한 후 궤도를 이탈(5.3.3절의 궤도 계전기 동작 전압 출력조건 만족 시)했을 때 정의된 시간 동안 점유 상태(궤도 계전기 동작 전압 차단)를 유지하도록 한다.

즉, 궤도 계전기 동작 전압출력 조건을 만족하였을 경우 즉시 궤도 계전기 동작전압을 출력하지 않고 설정된 시간(500ms 또는 2000ms)이 지난 후에도 이전 조건이 만족한다면 궤도 계전기 동작 전압을 출력한다.

(마) 상태 표시 기능

LED를 통해서 CPU의 동작상태, 수신한 반송 주파수를 표시한다.

(바) CPU감시 기능

수신기의 CPU(중앙 처리 장치) 오작동으로 인하여 더 이상 기능을 수행하지 못할 경우 CPU를 리셋하는 기능이다. CPU는 주기적으로 정상 동작신호를 워치독 소자에 출력하여 CPU 동작을 감시하도록 하고, 비정상일 때에는 워치독 송자가 CPU 동작을 차단하여 궤도 계전기 동작 전압 출력을 차단한다. 사용자에 의한 조치가 있기 전까지 모든 기능은 정지 상태를 유지한다.

(사) 외부장치에 정보 전송 기능

열차의 점유정보 및 필요 정보를 외부장치(유지보수 시스템)와 인터페이스 하기 위해서 외부 통신포트(RS-485)를 내장하고 접속단자에 필요 신호를 할당한다.

(아) 내부 회로 보호 기능

궤도로부터 수신하는 신호는 입력 트랜스포머에 의해서 절연을 하고, 궤도 계전기 구동을 위한 출력 신호는 출력 트랜스포머에 의해서 절연하여 내부 회로를 보호한다.

또한 전원 및 입,출력 회로에 EMC 대비 회로를 반영하여 주변 환경의 잡음으로부터 회로를 보호한다.

(4) 하드웨어

(가) 개요

수신기는 NS1 계전기 Rack에 장착되고 입출력보드와 신호처리보드 2장의 보드로 구성되어있다.

수신기는 다음과 같은 규격을 따른다.

항 목	상세 규격
기구 크기	NS1 규격 (100mm X 123mm X 200mm)
PCB 크기	입출력보드: 90mm X 180mm 신호처리보드: 90mm X 180mm
PCB 재질	FR-4
입력 전원	DC 24V (22.5~28.8V)
소비 전류	0.5A 이하
CPU	TMS320F28335
UR1R2 입력 값	비 점유 시: 200~210mV 점유 시: 170~180mV
Time Delay	C-C1 연결 시: 500ms 이하 C-C2 연결 시: 2100~2700ms
반송주파수(F0) 대역폭	F_0-40Hz ~ F_0+90Hz
궤도 계전기 제품명	NS1-P-24-4.0.4
궤도 계전기 동작전압	24V DC (-6%, +20%)
절연 내력	2000Vrms (각 Terminal Connecter와 Ground)
절연 (500VDC일 때)	200MΩ 이상 (각 Terminal Connecter와 Ground)
동작 온도	-25~70°C

(나) 구성도

수신기의 하드웨어 구성은 아래 그림과 같다.

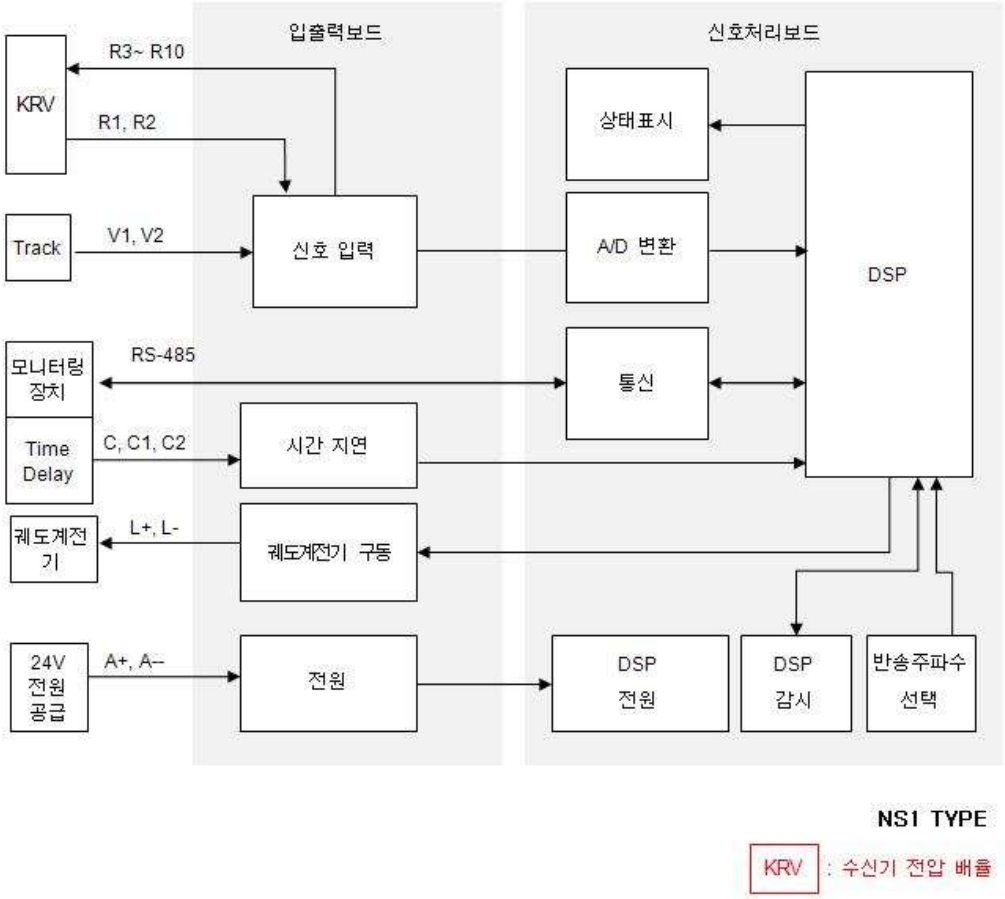


그림 24 수신기 하드웨어 구성도

(다) 구성 및 기능

① 신호 입력

트랜스포머를 사용하여 입력 신호를 내부와 절연하고 트랜스포머의 2차측 탭의 비율(KRV)로 신호의 레벨을 조절한다. (5.2.2절 그림 12를 참조)

② 시간 지연

시간 지연 설정 정보를 NS1 커넥터의 단자에서 입력받고, DSP에 전달한다.

③ 궤도계전기 구동

계전기 구동부는 Fly-Back Convertor(출력 트랜스포머, 정류회로)로 구성한다.

출력트랜스포머는 내부회로와 절연하고 DC신호를 차단하여 AC신호(15kHz)만 통과시킨다.

정류회로는 AC 24V가 입력되면 DC로 변환하여 궤도 계전기(NS1 24V DC)를 여자시킨다.

④ 전원

전원은 DC/DC Convetor를 사용하여, 내부회로와 절연을 하고 내부에서 필요한 전원을 생성하여 공급한다.

⑤ DSP

DSP는 중앙처리장치로서 2중계로 구성하며, 입력 정보(Time Delay, 연속정보)을 분석하고 처리한다, 또 처리된 결과를 출력(궤도계전기, RS-485통신) 한다.

⑥ 상태표시

DSP에서 처리된 결과를 LED로 표시한다.

⑦ A/D변환

Track에서 수신된 정보를 디지털신호로 변환하여 DSP에 전달한다.

⑧ 통신

DSP에서 수신된 TTL레벨의 신호를 RS-485레벨로 변환하여 출력한다.

⑨ DSP 전원

전원에서 DC 5V를 공급받고 DSP에서 필요한 전원 3.3V, 1.9V를 공급한다.

⑩ DSP 감시

DSP에서 주기적인 감시신호를 수신하고, 이 신호가 수신되지 않으면 궤도계전기를 안전 측으로 동작시키고, 수신기의 동작을 정지시킨다.

또 유지 보수자가 확인할 때까지 수신기의 동작을 멈추게 한다.

⑪ 반송주파수 선택

DIP스위치를 사용하여 수신기의 반송주파수를 선택하고, 선택한 값을 DSP에 전달한다.

(라) 외부 인터페이스

수신기는 기존 UM71C 수신기와 호환이 되고 외부와의 연결을 위해 NS1 Chassis support에 있는 Faston clips에 연결이 된다. 외부와의 연결을 위한 개념은 다음과 같다.

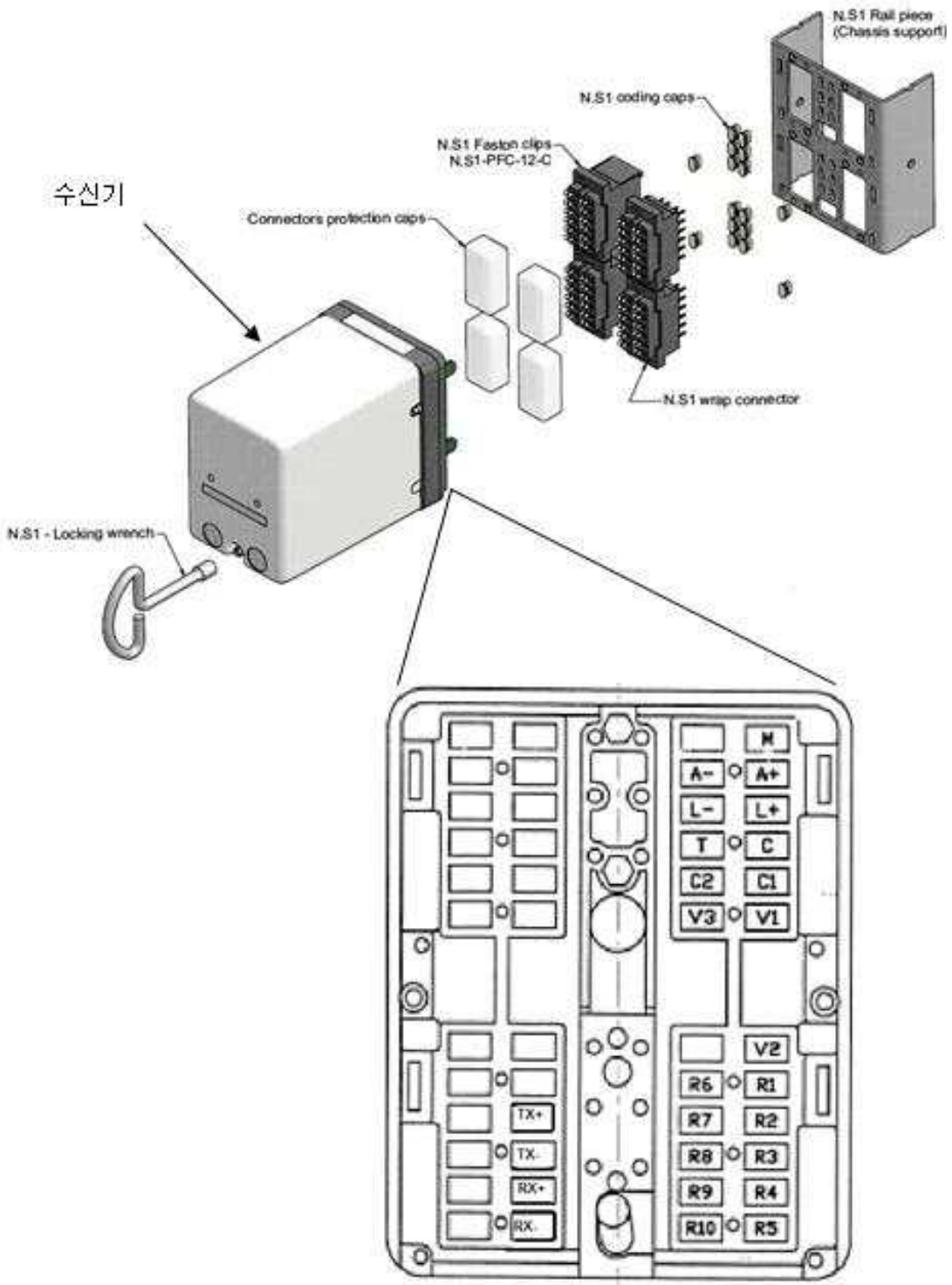


그림 25 수신기 외부 인터페이스

(5) 소프트웨어

(가) 개요

'UM71C의 수신기'에서 개별 부품 단위로 구현 되었던 기능들 중 신호 처리용 프로세서인 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하여 처리 가능한 기능들을 통합 처리한다.

(나) 개발 환경

- 개발 플랫폼: MS Windows XP
- 컴파일러: Code Composer Studio

(다) 구조 설계

'반송 주파수 선택, 단락 검지, 열차검지 주파수 검지, Time Delay, 15kHz 신호 출력'의 처리를 위해 다음과 같은 모듈들이 존재한다.

또한 추가적으로 수신기의 중앙 처리 장치 역할을 하는 CPU(DSP)의 정상 동작 여부를 감시 하기 위한 '감시 모듈' 부분과 열차 점유정보 및 필요정보를 통신하기 위한 통신 모듈' 그리고 보드 상태와 점유정보, 반송주파수를 표시하기 위한 'LED 모듈'도 함께 CPU(DSP)내에서 프로그램으로 설계된다.

- 단락 검지 모듈
- 반송주파수 선택 모듈
- VLF 복조 모듈
- VLF FFT 모듈
- 열차검지 주파수(25.68Hz) 검지 모듈
- Time Delay 모듈
- 15kHz 신호 출력 모듈
- 감시 모듈
- 통신 모듈
- 상태표시 모듈

(라) 모듈별 기능

① 단락 검지

기준 값(무여자: 170~180mV, 여자: 200~210mV)과 비교하여 입력된 신호의 전압레벨이 무여자 조건일 경우 입력신호를 차단하고, 여자 조건일 경우 입력신호를 VLF 복조 모듈로 보낸다.

② 반송 주파수 선택

디지털 밴드패스필터를 사용하여 ADC에서 변환된 신호를 점퍼로 셋팅된 반송주파수(F_0)-40Hz~(F_0)+90Hz 를 통과시킨다.

③ VLF 복조

FM변조된 신호에서 반송주파수를 제거하고 변조된 VLF(0.88~25.68Hz) 신호를 추출한다.

④ VLF FFT

복조 된 VLF신호를 Fast Fourier Transform(FFT) 과정을 거처 각각 주파수 영역별로 추출한다.

⑤ 열차검지 주파수(25.68Hz) 검지

주파수 영역별로 추출된 신호에서 열차검지 주파수(25.68Hz) 성분이 있는지 검지한다.

⑥ Time Delay

열차검지 주파수(25.68Hz)가 검지되었을 때 바로 출력하지 않고 외부에서 한 시간만큼 지연된 후에도 열차검지주파수가 검지되었을 때 궤도계전기 한다.

⑦ 궤도계전기 구동

시간지연 모듈에서 궤도 계전기에 대한 정보를 받아 여자신호일 경우에 궤도계전기동작 전압을 출력한다.

(마) 모듈간 흐름도

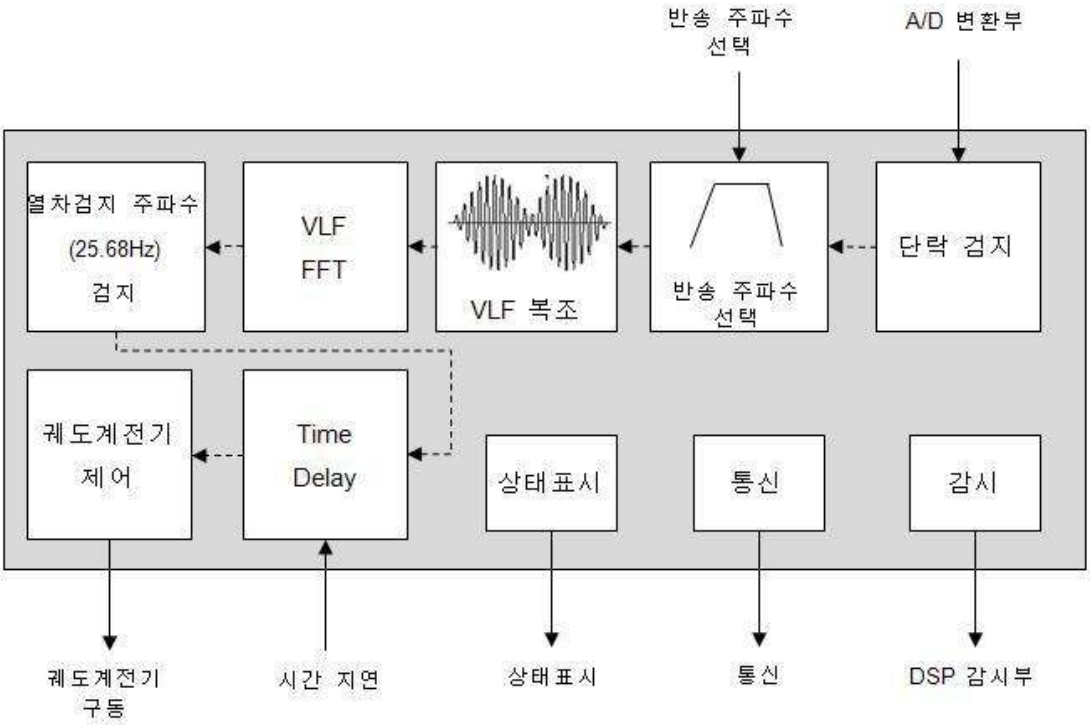


그림 26 수신기 소프트웨어 모듈간 흐름도

4. 상세 설계

가. 송신기 상세설계

(1) 기능

송신기는 CCM으로부터 VLF 정보를 수신하여 '합성, FM 변조 그리고 증폭 과정'을 거쳐 생성된 정보 신호를 궤도로 연속적으로 출력하는 기능을 가진다.

(2) 기능 정의

송신기의 기능은 다음과 같다.

- 중앙 처리 장치(DSP)에 의한 반송파 생성과 반송파의 FM 변조
- 사용자가 설정한 반송 주파수 선택, 주파수 & 주소 정보의 입력 및 처리
- CCM과의 인터페이스(VLF 정보 수신, RS-422 1채널, Only Rx)
- 유지 보수 장치와의 인터페이스
(반송 주파수 및 연속 정보 레벨 정보를 출력, RS-485 1채널)
- CSS에 의한 24V Safety 전원(안전 전원)이 입력 되는 경우에만 연속 정보를 궤도로 출력
- 중앙 처리 장치의 감시(Watch-dog)
- 궤도로 연속 정보 출력 (15~135V, 15V 단위로 조절 가능)
- 생성된 연속 정보를 검증 받기 위해 CRN의로 연속 정보를 출력
- 궤도로 출력되는 연속 정보의 과전류 발생 여부 감시 및 차단
- LED를 통한 송신기의 동작 상태 표시

(3) 흐름도

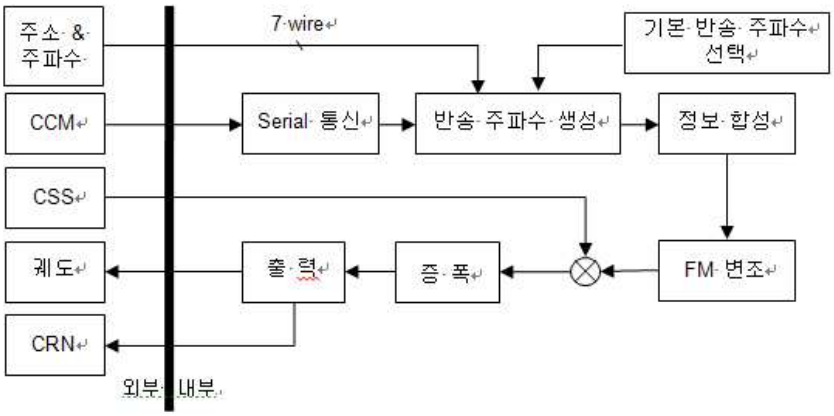


그림 27 송신기 흐름도

(4) 블록도

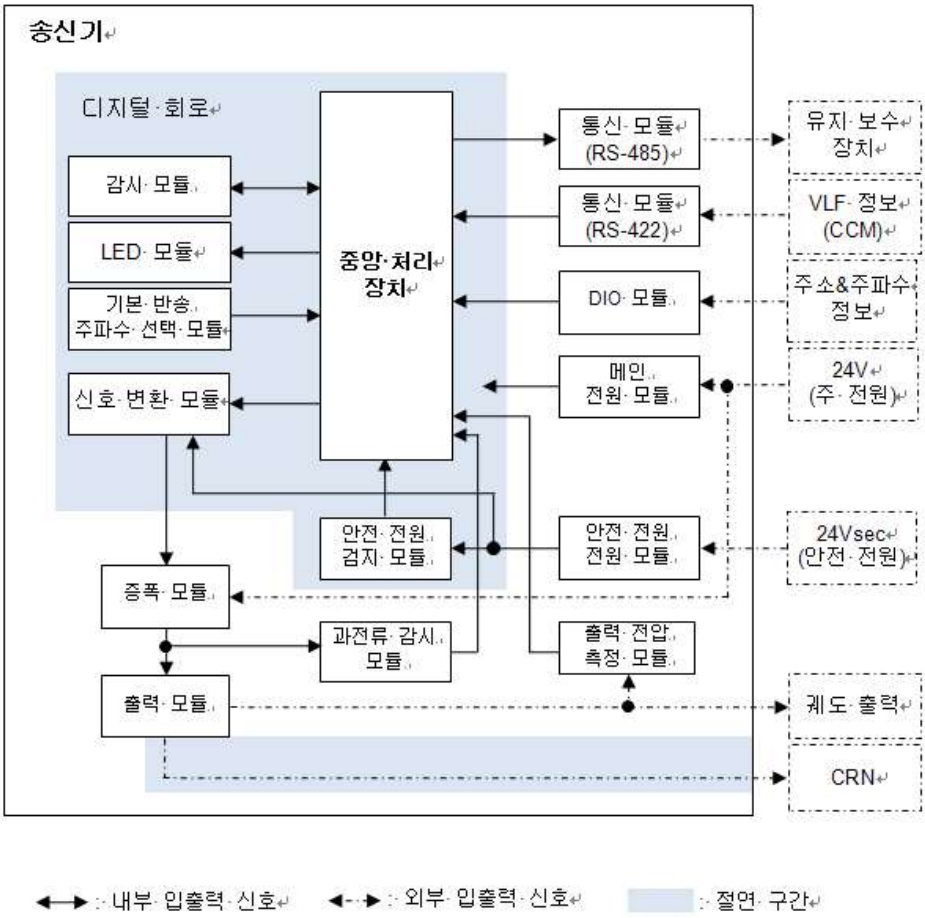


그림 28 송신기 블록도

(5) 상세 사양

(가) 전기적 사양

항 목	상세 규격
입력 전원	▪ DC 24V± 2.4V
입력 정보	▪ 사용자에 의한 정보(주소, 주파수) 입력을 위한 디지털 Input ▪ 사용자에 의한 기본 반송 주파수 정보 ▪ 사용자에 의한 연속 정보 출력 전압 레벨 정보 ▪ CCM에 의한 연속 정보 데이터 (RS-422, 0/5V)
출력 정보	▪ 궤도로의 연속 정보 출력 (15Vac ~135Vac) ▪ 연속 정보 검증을 위한 CRN으로의 출력 (150㎷ac± 50㎷ac) ▪ 유지 보수를 위한 연속 정보 관련 직렬 데이터
절연	▪ 구역 간 절연 보장 (2000 Vrms, 500 Vrms / 1분) ▪ 구역 간 절연 저항 (DC500V인가 시 : 200MΩ 이상)
동작 온도	▪ -25 ~ 70℃

표 21 송신기 전기적 호환성 설계 상세 규격

(나) 기계적 사양

항 목	상세 규격
PCB 크기	▪ 220(D) X 233.4(H) X 1.6(t) (mm)
전면판 크기	▪ 81(D) X 262.1(H)(mm) (16HP X 6U)

표 22 송신기 기계적 호환성 설계 상세 규격

(다) 동작 온도

디지털 송신기는 -25 ~ 70℃의 온도 범위에서도 정상 동작하도록 설계한다.

(라) 기계적 코딩

송신기가 잘못 된 위치에 장착되는 경우를 방지하기 위해 기계적 코딩을 적용하며, 코딩은 송신기의 주 주파수와 관계없이 모두 동일하게 설정한다.

기계적 코딩은 P2 커넥터에 장착한다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
제거	제거	제거	-	-	-	-	제거	제거	제거	제거	제거	-	-	-	-

표 23 기계적 코딩

(마) 인터페이스 사양

- CCM과 인터페이스 사양

송신기는 VLF 조합 정보를 CCM으로부터 멀티 드롭의 시리얼 링크를 통해 수신하며, 수신 정보에 대한 CCM으로의 응답은 없다.

CCM과의 인터페이스 상세 내용은 '[R3] CCM과 CEU간 인터페이스 사양서 A'를 참고한다.

- 유지 보수 장치와의 인터페이스 사양

송신기는 궤도로 출력 중인 연속 정보의 전압 레벨과 현재 선택되어 동작 중인 반송파의 주파수 정보를 유지 보수장치로 출력하도록 구성된다.

유지 보수 장치와의 인터페이스 상세 내용은 '[R4] 디지털 송신기와 유지보수 장치간 인터페이스 사양서 A'를 참고한다.

(6) 구조 설계

디지털 송신기는 전면판, 지지대, PCB로 구성되며, 상세 내용은 다음과 같다.

(가) 전면판

전면판은 기존 CEU 보드와 동일한 크기를 가지며 외형은 다음과 같다.

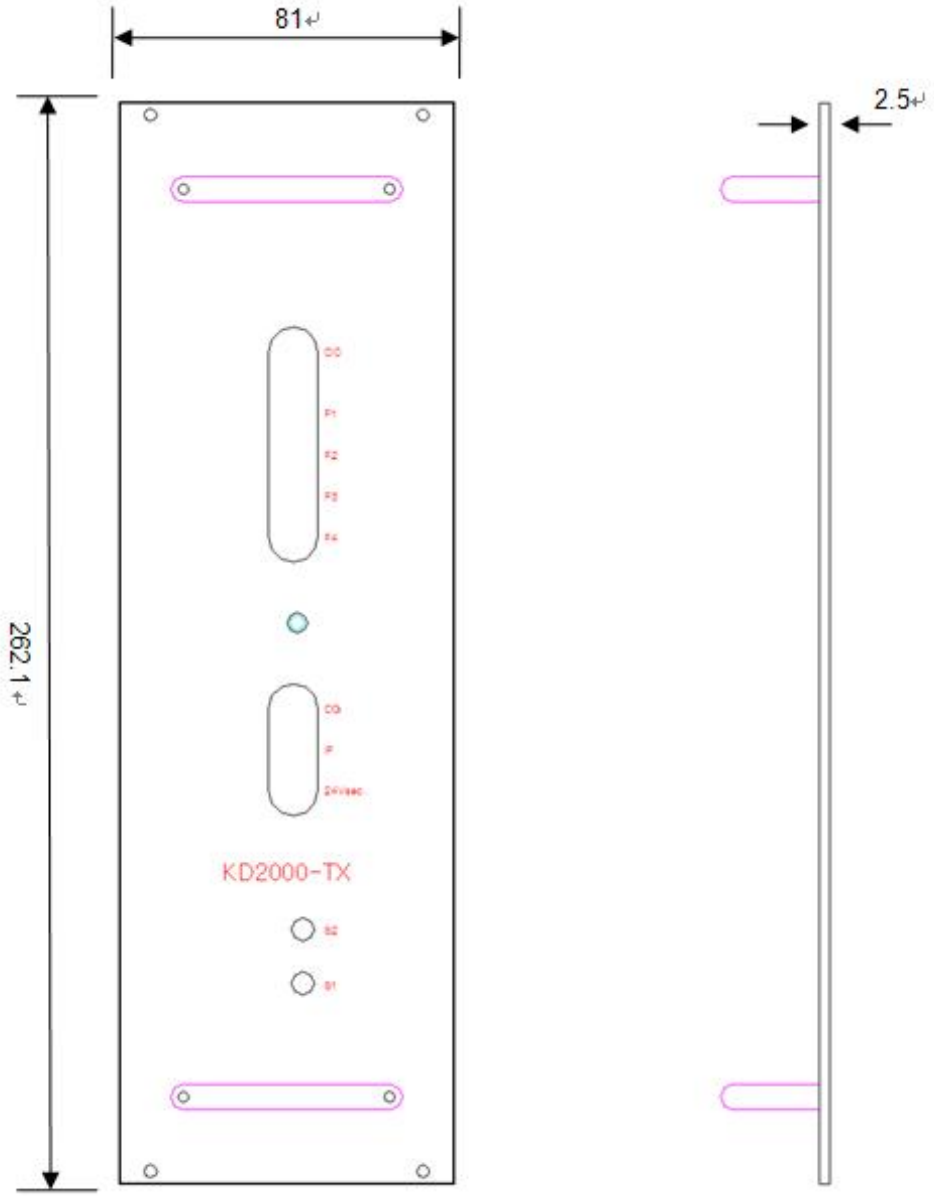


그림 29 전면판 구성

송신기의 상태표시를 위한 LED는 다음과 같은 의미를 가진다.

LED 이름	색상	타입	정상 동작 상태	의 미
OC	적색	DIP	Off	On 시 과전류 검지 됨을 표시
F1	녹색	DIP	1개의 LED만 On	F1(2040Hz) 반송 주파수 선택
F2	녹색	DIP		F2(2400Hz) 반송 주파수 선택
F3	녹색	DIP		F3(2760Hz) 반송 주파수 선택
F4	녹색	DIP		F4(3120Hz) 반송 주파수 선택
CG	녹색	DIP	On (정상)	중앙 처리 장치(DSP)의 동작 상태 감시
IF	적색	DIP	Off (일치)	반송 주파수 선택 정보 일치 여부 표시
24Vsec.	녹색	DIP	On (검지 됨)	24Vsec 검지 결과 표시

그림 30 LED 표시 내용

(나) 지지대

보드의 휨 및 비틀어짐을 방지하기 위하여 보드 위, 아래에 각각 지지대를 설치한다.

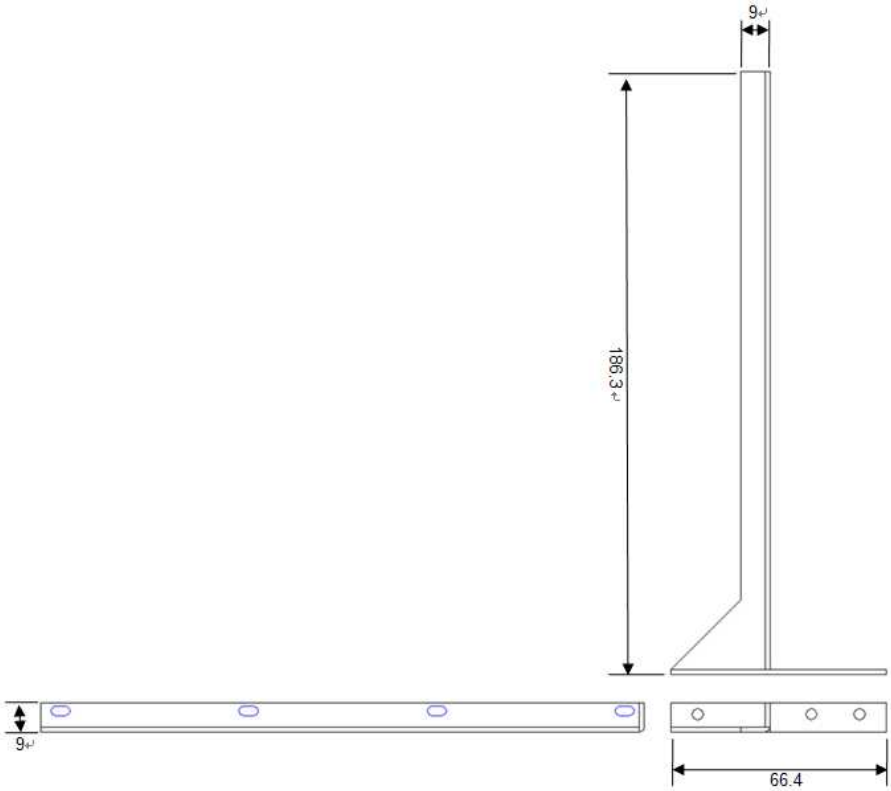


그림 31 지지대 외형

(다) PCB

PCB의 외형은 다음 그림과 같으며, 외부와의 인터페이스를 위한 P1, P2 커넥터 위치는 기존 CEU 보드와 동일할 구조로 설계한다.

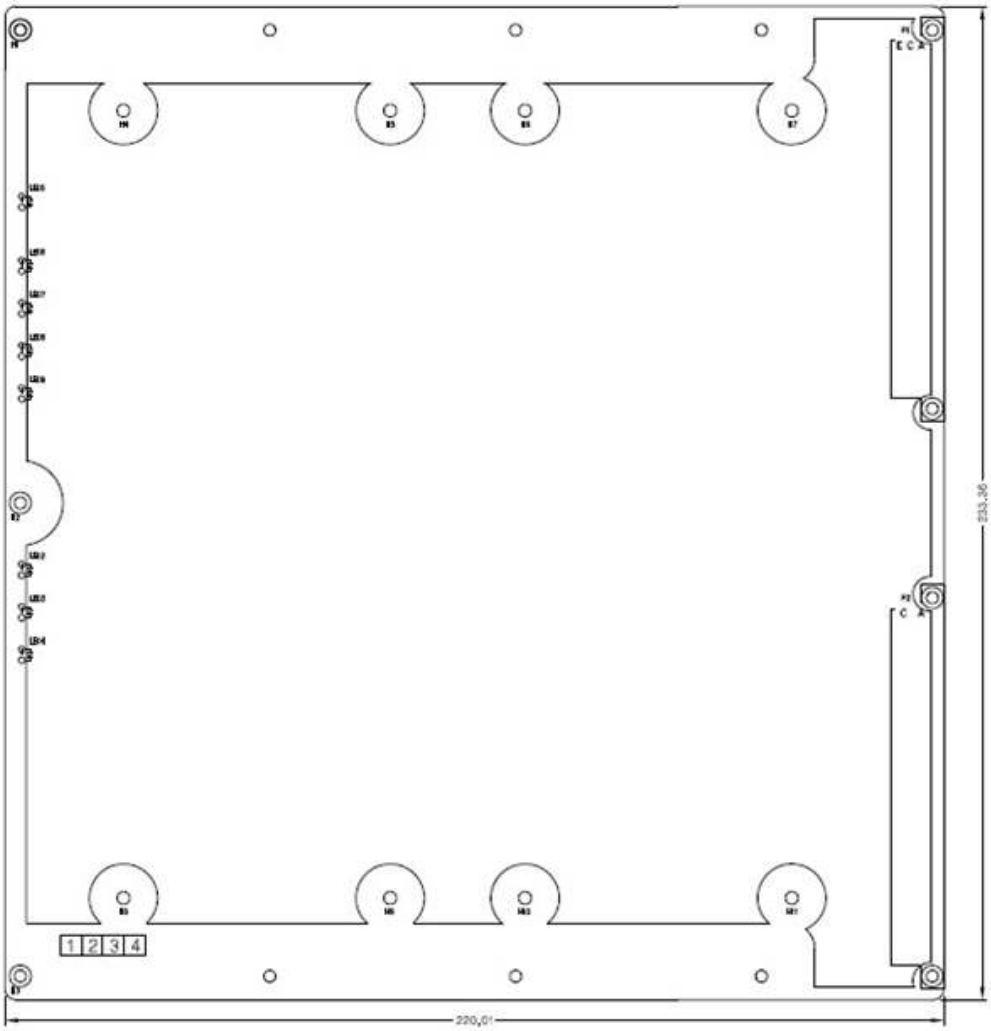


그림 32 PCB 외형

(7) 회로 설계

송신기는 기존 CEU 보드와의 호환성을 보장하기 위해, 송신기의 외부에서 입력 또는 출력되는 모든 신호를 기존 CEU보드와 동일한 특성을 가지도록 설계한다.

송신기는 디지털 처리 방식을 통해 궤도로 출력될 신호를 생성하며, 하나의 송신기로 모든 주파수 레벨(F1~F4)을 커버 가능 하도록 설계한다.

(가) 외부 연결 모듈

외부와의 통신, 전원 공급 및 궤도로의 출력 등을 위한 커넥터로, 기존 CEU보드와의 호환을 위해 동일 사양의 커넥터를 이용하며, 핀 구성 또한 동일하게 한다.

항목	상세 규격
제품명	P1 - 594802 (41612 Type E MALE,16pin*3열) P2 - 533210 (41612 Type D MALE, 16pin*2열)
제조사	ERNI 또는 Harting
동작 온도	-55 ~ 125℃

표 24 P1, P2 커넥터 사양

기계적 코딩의 위한 Coding Strip 사양은 다음과 같으며, P2에 설치한다.

항목	상세 규격
제품명	083502 (Coding Strips M)
제조사	ERNI
동작 온도	-55℃ ~ 125℃

표 25 Coding Stript 사양

P1, P2 커넥터의 핀 할당은 다음 표와 같다.

번호	P1 - A열	P1 - C열	P1 - E열	비 고
2	X	X	S1	궤도 출력 단자(S1)
4	TX485(-)	X	S2	궤도 출력(S2)
6	X	X	S'2	궤도 출력 전류(S' 2)
8	RX485(S)	TX485(+)	TX485(S)	-
10	RX485(+)	RX485(-)	X	-
12	T+	X	T-	CRN 출력 단자
14	X	X	X	-
16	RX-	X	X	CCM 통신 -
18	RX+	X	X	CCM 통신 +
20	X	X	X	-
22	24Vsec	X	0Vsec	24V Fail-Safe 전원
24	X	X	X	-
26	0V	X	24V	주 전원
28	0V	X	24V	주 전원
30	0V	X	24V	주 전원
32	0V	X	24V	주 전원

표 26 P1 커넥터 핀 할당

번호	P2 - A열	P2 - C열	비 고
2	X	X	-
4	P[0]	0V	주소 정보(0)
6	P[1]	0V	주소 정보(1)
8	P[2]	0V	주소 정보(2)
10	P[3]	0V	주소 정보(3)
12	P[4]	0V	주소 정보(4)
14	P[5]	0V	주파수 정보(0)
16	P[6]	0V	주파수 정보(1)
18	X	X	-
20	R2	1	출력 비율 선택 (참고)
22	R1	2	
24	X	3	
26	X	4	
28	X	5	
30	X	6	
32	X	X	-

표 27 P2 커넥터 핀 할당

(나) 전원 모듈

송신기의 전원부는 P1 커넥터를 통해 입력되는 DC 24V 및 DC 24Vsec를 변환하여 보드 구동에 필요한 전원을 생성한다.

외부와 절연이 요구되는 부분은 DC/DC Convertor 통해 전원을 공급하며, 절연이 요구 되지 않는 부분은 Voltage Regulator를 이용하여 전원을 공급한다.

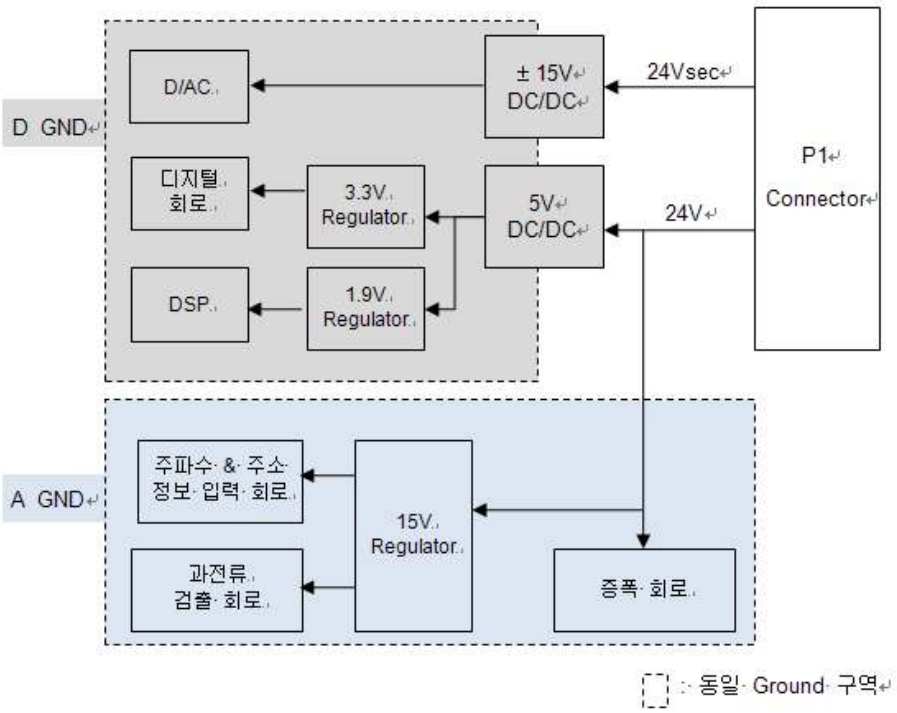


그림 33 전원 모듈 구성도

외부와 절연이 되는 구역과 절연이 되지 않는 구역은 그림 6과 같이 Ground를 분리 하여 사용한다. 즉, ±15V, 5V, 3.3V, 1.9V(DGND)와 24V, 15V(AGND)는 각각 분리된 Ground를 사용한다.

±15V 변환을 위한 입력 전원은 24V Fail-Safe 전원(24Vsec)을 이용하며, 송신기의 연속 정보 출력 이상으로 인해 외부로부터 24Vsec 공급이 되지 않는 경우 ±15V를 사용하는 구역의 전원을 확실하게 차단하도록 구성한다.

P1 커넥터를 통해 공급되는 외부 전원(24V, 24Vsec)으로부터 EMI 잡음이 보드 내부 전달되는 것을 억제하기 위해 Power Entry Filter[N형]을 구성한다.

Power Entry Filter는 위 그림과 같이 Bead와 Capacitor로 구성되는 N형 필터구조를 갖는다. 또한 외부 전원(DC24V)에 의한 Surge를 방지하기 위해 Surge Absorber를 삽입한다.

(다) 중앙 처리 모듈

중앙 처리 장치는 CCM과 '반송 주파수 선택 스위치'로부터 수신한 데이터를 바탕으로 반송파 생성과 생성된 반송파의 주파수 변조 과정을 통해 궤도로 전달될 연속 정보 생성을 위한 연산을 담당한다.

연산의 결과로 생성된 결과 값은 아날로그화를 위하여 D/A Convertor로 전달되어 실질적인 아날로그 형태의 연속 정보가 생성하도록 구성된다.

또한 전류 증폭 단의 과전류 발생 정보 입력 여부를 감시하여, 과전류 발생 정보 입력 시 연속 정보 생성을 위한 정보 출력 차단하도록 하며, LED 제어를 통해 사용자에게 동작 상태를 표시 한다. 중앙 처리 장치의 사양은 다음과 같다.

(라) 통신 모듈

송신기에서 이루어지는 외부 장치와의 통신은 CCM과 유지 보수 장치가 있으며, 이를 위한 구성은 다음과 같다.

- CCM과의 인터페이스 회로

0/5V differential link를 통해 연결되는 RS-422의 CCM과의 통신은 절연을 위해 포토 커플러를 통하여 UART 컨트롤러와 연결되도록 구성한다. 포토 커플러의 사양은 다음과 같다.

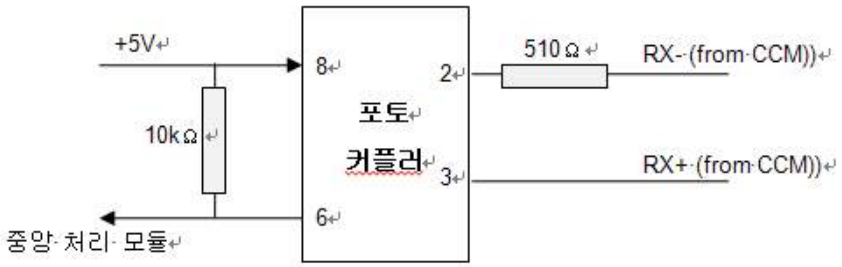


그림 34 CCM과 통신 구성도

RX- 라인에는 저항을 삽입해 과전류로부터 포토 커플러를 보호하며, UART 컨트롤러로의 출력 핀에 Pull-up 저항을 연결하여 CCM으로부터의 신호가 없을 시 High가 출력되도록 한다.

- 유지 보수 장치와의 인터페이스 회로

유지 보수를 위한 정보를 출력하기 위한 통신 채널(RS-485)로써, 각각의 신호선에는 Transient Voltage Suppressor를 두어 Voltage Surge로 인한 Damage를

방지한다.

수신기와 연결을 위해 P1 Connector의 A열 8번, A열 10번, C열 8번, C열 10번 핀을 Tx+, Tx-, Rx+, Rx-로 각각 할당한다.

(마) 중앙 처리 장치 및 입력 전원 감시

중앙 처리 장치는 자신이 정상 동작 중임을 알리기 위해, 일정한 주기의 펄스(Watch-dog Pulse)를 지속적으로 Watch-dog Timer로 출력한다. Watch-dog Timer는 입력되는 펄스의 주기를 체크하여 만족시키지 못하는 경우 Reset 신호를 전달한다.

또한 Watch-dog Timer는 전압 감시 역할(2.93V 이하 감지 시 Reset 발생)도 같이 수행한다.

(바) 안전 전원 검지 모듈

CRN에 의한 송신기의 출력 이상 여부 판단 결과를 바탕으로 CSS에 의해 전달되는 24V의 안전 전원의 입력(24Vsec) 여부를 확인하여 사용자에게 LED를 통해 표시한다.

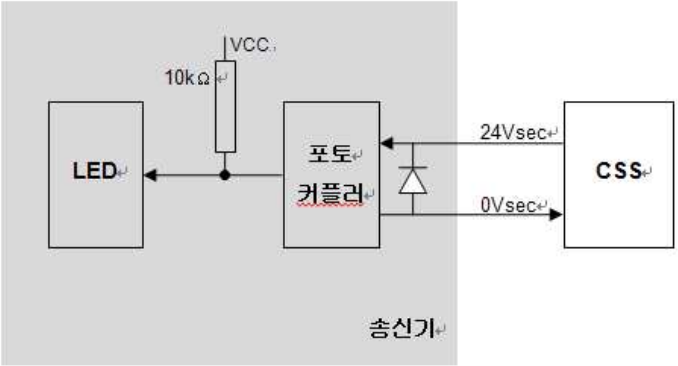


그림 35 안전 전원 검지 모듈 구성도

24Vsec의 포토 커플러 입력 단에는 과전류 방지를 위해 다이오드를 역방향으로 연결해 준다.

(사) 사용자 정보 입력 모듈

CCM으로부터 수신하는 데이터는 멀티 드롭 방식으로 전송 되기 때문에 데이터 구분을 위한 별도의 정보를 필요로 한다. 이를 위해 송신기마다 주소를 할당하며, 이 주소 정보는 사용자에 의해 할당된다. 또한 운영자는 주소 정보뿐 아니라 송신기에서 이용될 반송 주파수 정보 설정도 함께 하게 된다.

- 주소 및 반송 주파수 정보

송신기의 P2 커넥터를 통한 Digital 입력 방식(0 or 5V)을 이용한 7개의 라인을 제공한다. 사용 자에 의해 7개의 라인 중 Ground와 연결되는 라인은 Low로, 그렇지 않은 라인은 High로 입력 받는다.

정보의 입력은 송신기의 내부 회로 보호를 위해 포토 커플러를 통해 전달 받으며, 상세 구성은 다음과 같다.

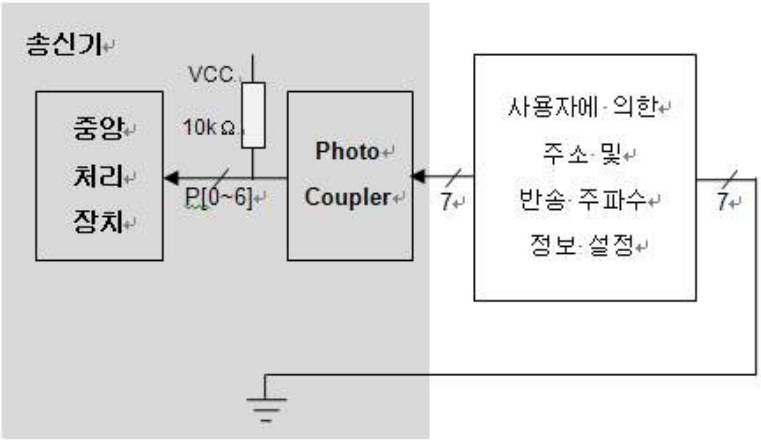


그림 36 사용자 정보 입력 모듈 구성도

정보 입력에 사용되는 포토 커플러는 안전 전원 검지 모듈에서 사용한 것과 동일한 부품을 이용한다.

- 반송 주파수 정보

주파수 변조에 이용될 반송 주파수 값을 사용자가 선택 가능하도록 한다.

4개의 접점을 가지는 스위치를 이용하여 4가지 반송 주파수 중 오직 하나의 주파수만 선택하도록(오직 하나의 스위치만 On 되도록) 구성하며, 선택 된 반송 주파수 입력 값만 Low가 되고, 나머지 입력 값들은 모두 High가 되도록 구성한다.

스위치 조작에 따른 반송 주파수 선택은 다음과 같다.

선택 주파수(Hz)	스위치 설정 방법
2040	채널 1만 Off
2400	채널 2만 Off
2760	채널 3만 Off
3120	채널 4만 Off

표 28 반송 주파수 설정을 위한 스위치 조작 방법

(아) 신호 변환 모듈

중앙 처리 장치로부터 출력되는 디지털 정보 신호를 아날로그화 하며, 아날로그화된 신호는 증폭 모듈로 전달 된다. 내부 기준 전압을 이용(/REFEN Low)하여 ±10V의 아날로그 신호를 출력하도록 구성하기 위해, 기준 전압 출력(REFIN)을 기준 전압 입력(REFOUT)으로 입력 되도록 한다.

또한 D/A Convertor를 mid-scale 모드로 구동시키기 위하여 RSTSEL 핀에 High를 입력해 준다.

본 설계에서 사용하는 D/A Convertor는 +5V Level에서 동작하기 때문에 데이터와 제어라인의 입력전압레벨 조정(3.3V->5V)을 위해 버퍼를 거치도록 구성한다.

(자) 증폭 모듈

D/A Convertor로부터 전달 받은 신호는 1번의 전압 증폭과, 2번의 전류 증폭을 거쳐서 최종적으로 송신기 외부로 출력 위한 트랜스포머(출력 모듈)로 전달되도록 구성된다.

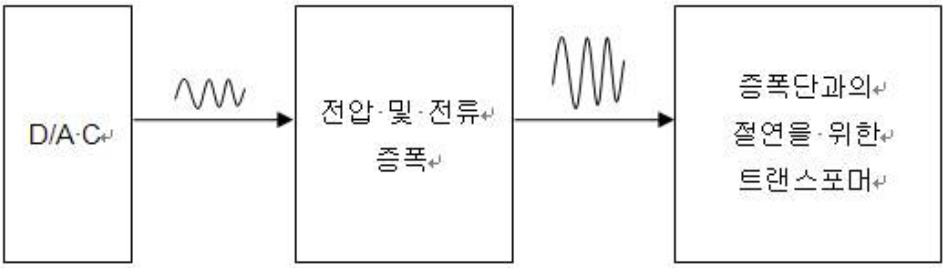


그림 37 전압 및 전류 증폭을 위한 구성도

- 전압 증폭

Op-amp를 이용하여 전압을 증폭한다. 이득은 가변 저항 용량에 따라 1~2배의 값을 가진다.

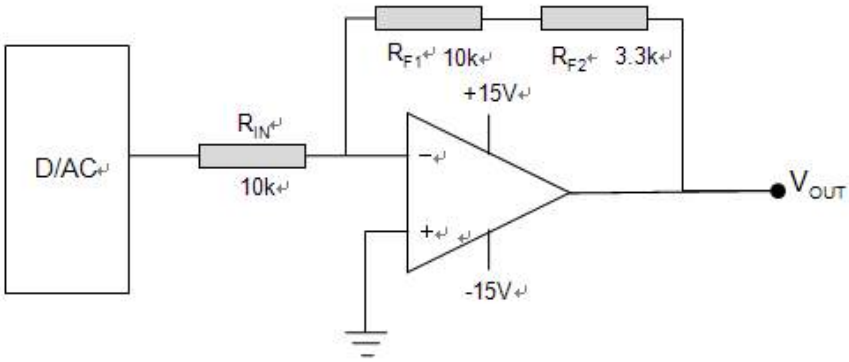


그림 38 전압 증폭을 위한 회로 구성도

- 1차 전류 증폭

Op-amp에 의한 출력 신호를 왜곡 없이 절연을 위한 트랜스포머의 2차 측으로 전달하기 위한 충분한 전류 공급을 위해 Transistor Emitter Follower 회로를 구성한다. 양극 전원을 가지는 신호가 입력되기 때문에 PNP, NPN Transistor를 이용하여 +,- 각각 처리하도록 구성한다.

입력 신호가 약 -0.7~0.7V 사이 값을 가지는 경우 Transistor가 동작 하지 않기 때문에 다이오드를 입력 단에 각각 삽입하여 Transistor의 바이어스 전압을 확보해 준다. Rb1, Rb2는 다이오드로 및 트랜지스터로의 전류 제한을 위해 삽입한다.

절연 트랜스포머와의 임피던스 매칭을 위한 저항 Re1, Re2를 삽입하여 준다.

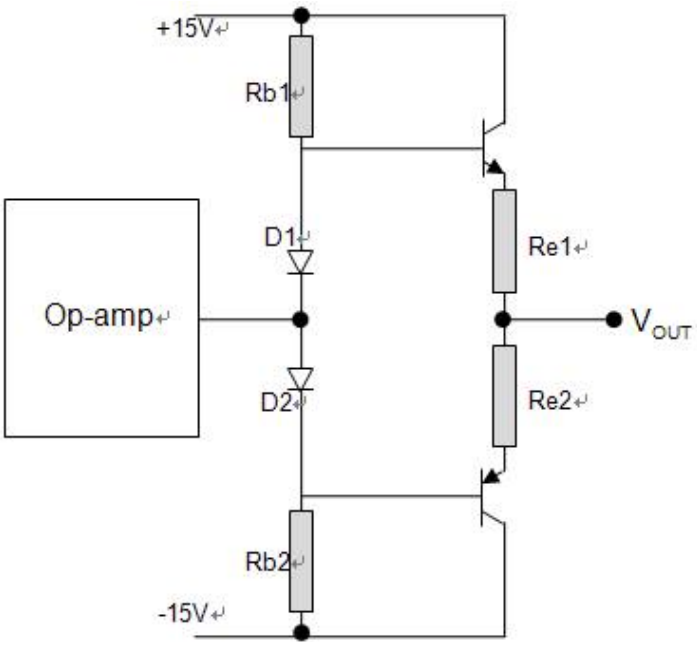


그림 39 1차 전류 증폭 회로 구성도

- 2차 전류 증폭

절연을 위한 트랜스포머를 거쳐 1차 전류 증폭 회로로부터 전달된 신호는 궤도를 통해 수신기까지 전달되기 위하여 충분한 전류를 가지도록 전류 증폭과정을 거치게 된다.

이를 위해 절연 트랜스포머를 통해 2차 측으로 전달된 신호는 전류 증폭 단으로 전달된다. 증폭 단은 트랜지스터로 구성되어 있으며 입력되는 신호가 0~0.7V 사이 값을 가지는 경우 동작 되지 않기 때문에 트랜지스터로의 바이어스 전압 확보를 위해 다이오드를 직렬로 전원과 Ground 사이에 아래 그림과 같이 연결한다(다이오드로의 전류 제한을 위한 저항을 삽입).

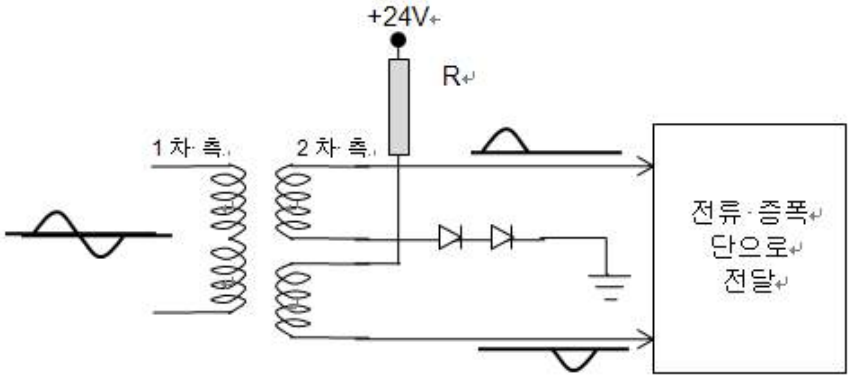


그림 40 2차 전류 증폭 회로로 신호 전달 위한 회로 구성도

전달 받은 신호는 아래 그림과 같이 각각 전류 증폭을 위한 트랜지스터들을 거치게 된다(아래의 구성은 대칭적으로 구성하여 입력되는 신호의 반 주기씩을 처리하도록 한다).

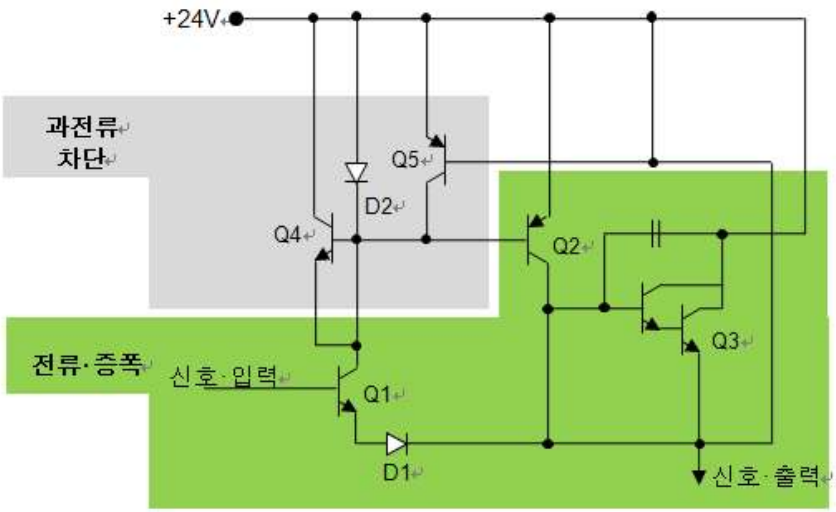


그림 41 2차 전류 증폭 회로 구성도

트랜지스터 Q1, Q2, Q3를 통해 전류를 증폭하게 되며, Q4, Q5는 과전류 방지 목적으로 구성한다. 또한 다이오드 D1, D2를 삽입하여 트랜지스터로의 바이어스 전압 확보를 통해 왜곡을 최소화 한다.

증폭을 위한 Q3, Q5는 발열이 예상되므로 방열 판을 부착한다(방열 판 크기 및 부착 위치는 보드 구성도를 참고한다).

(차) 과전류 감시 모듈

증폭 모듈의 3차 전류 증폭단의 과전류 발생을 검지(6.5±1A)하며, 이를 위해 다음과 같이 구성한다.

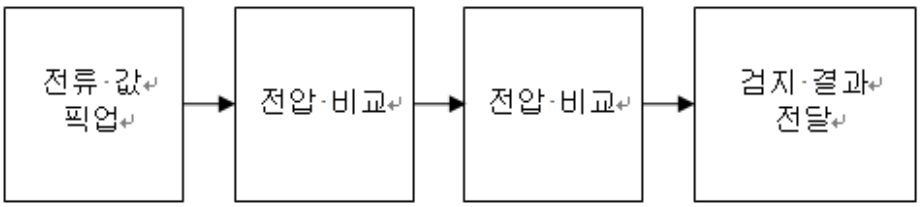


그림 42 과전류 감시 모듈 구성도

- 전류 값 픽업

출력을 위한 트랜스포머로 전달되는 신호의 전류 값을 픽업하기 위한 방법으로 아래와 같이 저항을 이용하여 전류를 전압 값으로 변환하여 과전류 검출에 이용한다.

- 픽업된 전압 비교

전류 값 픽업 회로를 통해 전달 받은 전압을 Op-amp 이용하여 기준 전압과 비교 과정을 거치도록 한다. 기준 전압 보다 큰 전압이 입력되는 경우를 체크한다

구성은 다음 그림과 같다.

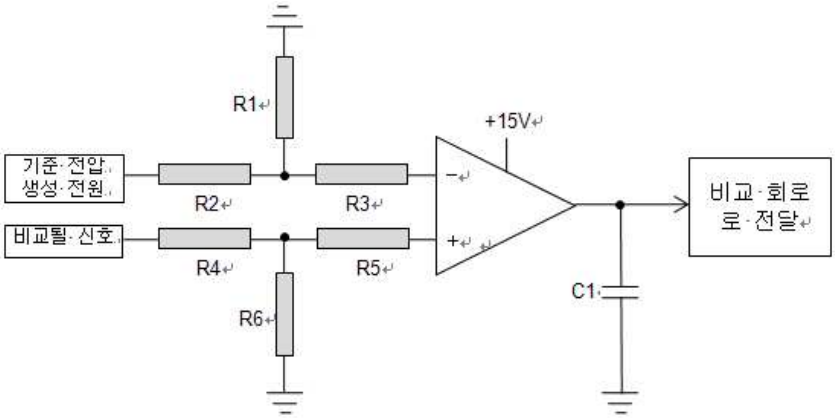


그림 43 픽업 전압 비교를 위한 회로 구성도

- 전압 비교

픽업 전압 비교 회로로부터 전달 받은 신호 0~13.5V 사이 전압 값을 가진다. 10V 이상의 값만을 과전류 발생 범위로 지정하기 위해 Op-amp를 이용한 비교기를 구성하여 과전류 발생여부를 최종적으로 확인한다.

구성은 다음과 같이 한다.

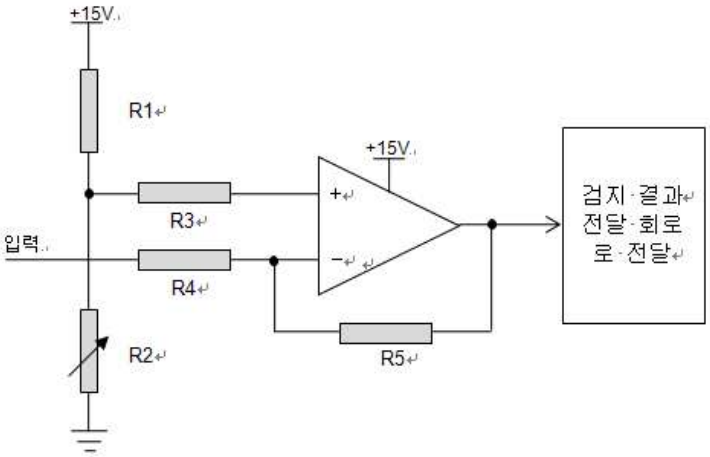


그림 44 전압 비교 구성도

비교 기준 전압은 전압 분배회로를 구성하여 Op-amp로 입력 하여 준다.

과전류가 검지 되면 Op-amp에서 +15V가 출력 되고, 검지 되지 않으면 GND가 출력된다.

검지 결과는 DSP로 결과 전달을 위한 회로로 전달된다.

- 검지 결과 전달

DSP로의 정보 전달은 포토 커플러를 통하도록 하여 과전류로부터 디지털 처리 회로를 보호하도록 한다.

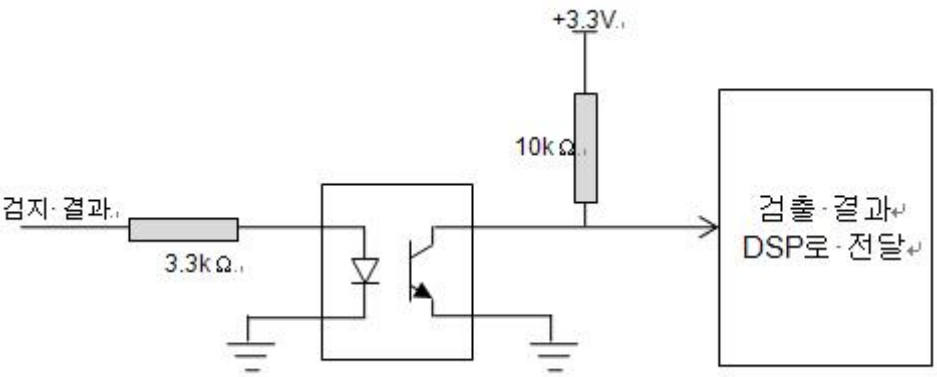


그림 45 검지 결과 전달 회로 구성도

(카) 출력 모듈

궤도로 출력을 담당하는 트랜스포머로, 증폭 단에서 전달 받은 신호를 사용자에 의한 설정 값에 따라 전압 레벨을 조정 후 최종적으로 궤도로 출력한다.

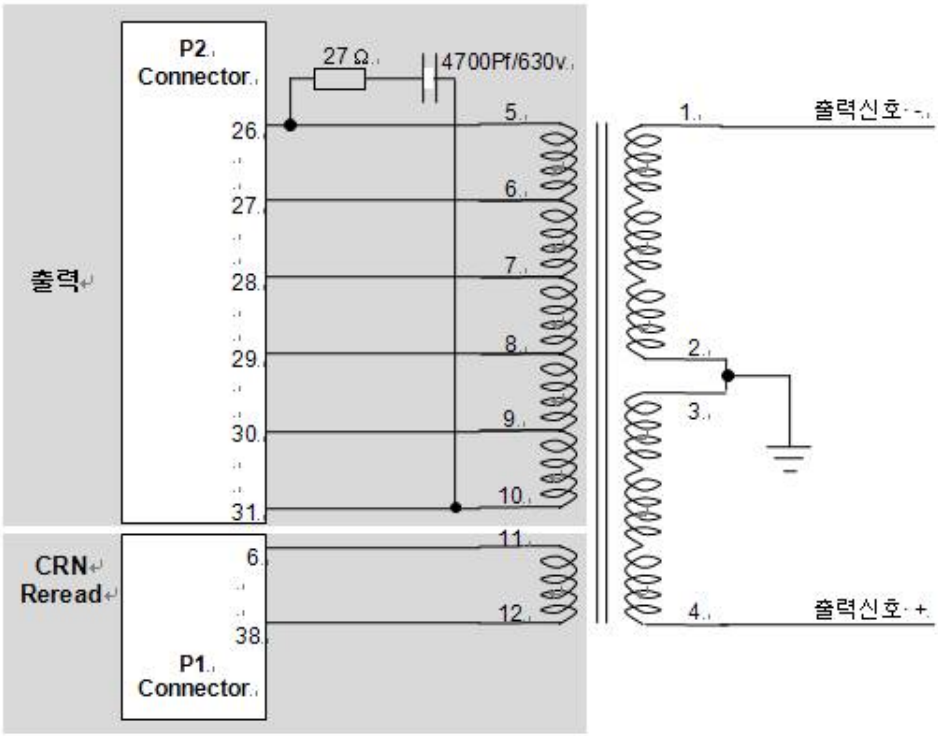


그림 46 출력 트랜스포머 구성도

CRN보드로의 Rereading을 위한 구성 및 출력 트랜스포머의 출력에 해당하는 5~10번 핀의 회로는 기존 CEU 보드와 동일하게 구성한다.

출력 전압 레벨은 15V~135V까지 15V 단위로 조절 가능하며, 주 출력 전압 레벨은 75~135V이다. 출력 레벨 조정 방법은 기존 CEU보드와 동일(CEU외부에서 조정)하게 구성하며, 출력 레벨 조정은 그림과 같이 구성한다.

Level	출력 전압	허용 범위	연결 (P2 커넥터)	
1	135 V	± 6.5 V	A22(R1) to C30(6)	A20(R2) to C20(1)
2	120 V	± 6 V	A22(R1) to C28(5)	A20(R2) to C20(1)
3	105 V	± 5 V	A22(R1) to C26(4)	A20(R2) to C20(1)
4	90 V	± 4.5 V	A22(R1) to C24(3)	A20(R2) to C20(1)
5	75 V	± 3.3 V	A22(R1) to C22(2)	A20(R2) to C20(1)
6	60V	-	A22(R1) to C30(6)	A20(R2) to C22(2)
7	45V	-0.9 ~ +5.7 (44.1V~50.7V)	A22(R1) to C28(5)	A20(R2) to C22(2)
8	30V	-0.1 ~ +4.4 V (29.9V~34.4V)	A22(R1) to C26(4)	A20(R2) to C22(2)
9	15V	-	A22(R1) to C24(3)	A20(R2) to C22(2)

그림 47 출력 레젤 조정

- 출력 전류 측정

궤도로 출력되는 신호의 전류를 측정할 수 있는 포인트를 제공한다. S2, S'2의 위치는 P1 Connector 핀 할당 부분을 참고한다.

- CRN Rereading

출력 트랜스포머의 11, 12번 핀은 CRN으로의 신호 전달을 위한 핀이다. 기존 CEU 보드와 동일하게 구성한다.

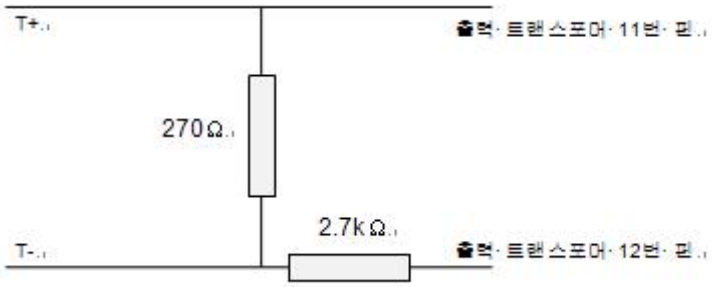


그림 48 CRN으로 신호 전달 위한 구성도

(타) 출력 전압 측정 모듈

디지털 송신기를 통해 궤도로 출력되는 연속 정보를 피드백 받아 중앙 처리 장치가 출력 중인 연속 정보의 전압 레벨을 알 수 있도록 처리해주는 모듈로써, 구성은 다음과 같다.

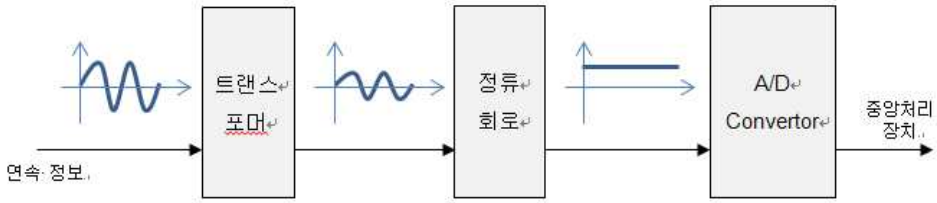


그림 49 출력 전압 측정 모듈 회로 구성도

연속 정보는 절연을 위해 트랜스포머를 통해 전달 받도록 구성하며, 사양은 다음과 같다. 트랜스포머를 통해 정류 회로로 전달되는 신호는 원 신호의 1/30의 레벨을 가지며, 이에 대한 보상은 중앙 처리 장치에서 해준다.

- 정류 회로

전달 받는 교류 신호를 직류(RMS) 신호로 변환하여 준다. 정류 회로는 신호를 전달해주는 트랜스포머와의 임피던스 매칭을 위한 입력 회로를 포함되도록 다음과 같이 구성한다.

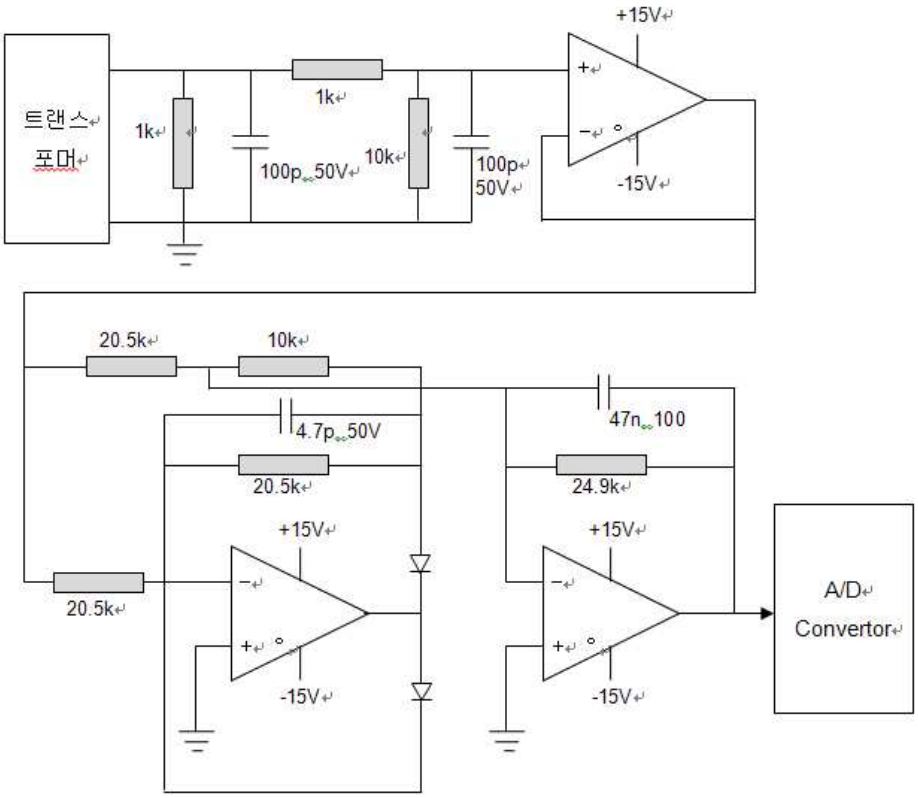


그림 50 출력 전압 측정 모듈의 정류 회로 구성도

- A/D Convertor

정류 회로를 통해 전달 받은 직류 신호를 중앙 처리 장치로 전달하기 위해 디지털화 해주는 회로이다. 중앙 처리 장치와는 SPI 통신을 이용하여 슬레이브로서 인터페이스하며, 구성은 다음과 같다.

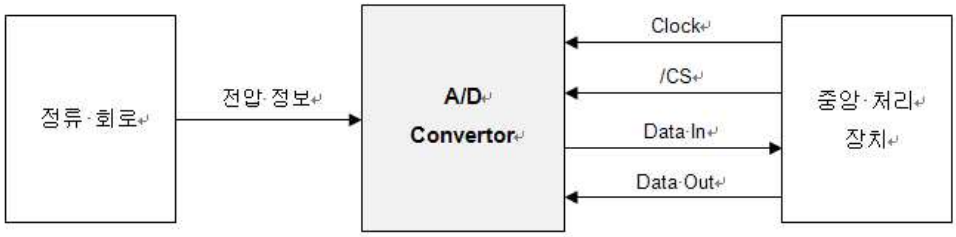


그림 51 A/D Convertor 회로 구성도

A/D Convertor의 아날로그 신호 입력부는 +5V를, 디지털 인터페이스 부는 3.3V를 구동전원으로 입력하여 준다. 또한 신호 변환을 위한 기준 전압은 아날로그 신호 입력부와 동일하게 +5V를 입력하여 준다. A/D Convertor로 입력되는 전원의 리플을 방지하기 위하여 4.7㎌의 bypass 콘덴서를 장착하여 준다.

나. 수신기 상세설계

(1) 기능

수신기 보드의 기능은 다음과 같다.

보드 어드레스를 통한 반송주파수 선택
수신 전압 레벨 조절
계전기 동작 전압 출력
계전기 동작 전압 차단
여자 지연 시간 선택
여자 지연
중앙처리 장치 상태 표시
현재 수신 주파수 표시
수신 주파수 및 수신 레벨 통신

(가) 수신기 블록도

수신기에는 입출력보드와 신호처리보드로 구성되어 있다.

입출력보드는 Track으로 부터 연속정보를 V1, V2단자로 입력받고, 입력받은 신호를 KRV값으로 전압레벨을 조절한 뒤 R1, R2에 입력된다.

R1, R2 연속정보는 이중화 처리를 위해 신호처리보드로 전달한다.

신호처리보드는 입출력보드에서 전달받은 연속 정보 및 시간 지연 정보 등을 입력받아 이중화처리를 한다. 이중화처리결과는 다시 입출력보드로 전달하고, 이 제어 정보를 이용하여 계전기 구동전압을 생성한다. 수신기의 블록도는 다음과 같다.

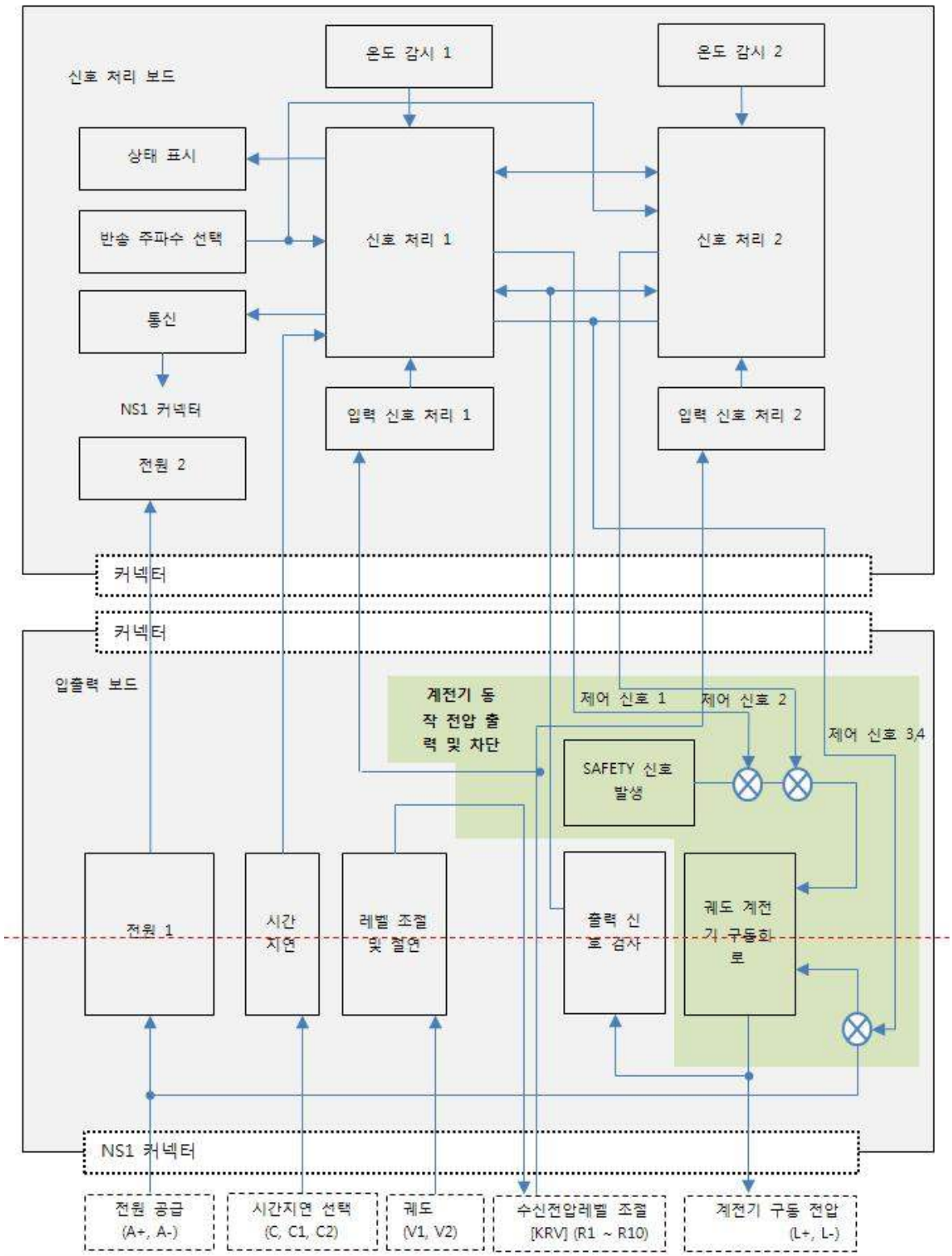

신호 처리 보드
온도 감시 1
온도 감시 2
상태 표시
반송 주파수 선택
통신
신호 처리 1
신호 처리 2
NS1 커넥터
입력 신호 처리 1
입력 신호 처리 2
전원 2
커넥터
커넥터
입출력 보드
계전기 동작 전압 출력 및 차단
제어 신호 1
제어 신호 2
제어 신호 3,4
SAFETY 신호 발생
전원 1
시간 지연
레벨 조절 및 절연
출력 신호 검사
궤도 계전기 구동회로
NS1 커넥터
전원 공급 (A+, A-)
시간지연 선택 (C, C1, C2)
궤도 (V1, V2)
수신전압레벨 조절 [KRV] (R1 ~ R10)
계전기 구동 전압 (L+, L-)

그림 52 수신기 블록도

(2) 상세 사양

(가) 전기적 호환성 설계

항 목	상세 규격
소비 전력	▪ DC 24V± 2.4V / 0.5A 이하
절연 특성	▪ DC500V, 200Mohm 이상 (between R1 and Ground) (between V1 and Ground) (between L+ amd Ground)
절연 내력	▪ 2000Vrms (between R1 and Ground) (between V1 and Ground) (between L+ amd Ground) ▪ 1000Vdc (between R1, V1 and L+)
온도 특성	▪ -25~70℃

표 29 수신기 전기적 호환성 설계 상세 규격

(나) 기계적 호환성 설계

항 목	상세 규격
기구	▪ NS1 Case: 190.6mm x 93.2mm x 122.2mm ▪ NS1 Base: 25.5mm x 99.2mm x 122.2mm
PCB 크기	▪ 입출력보드: 178.0(H) X 116.0(D) X 1.6(T) (mm) ▪ 신호처리보드: 178.0(H) X 116.0(D) X 1.6(T) (mm)
접속방식	▪ NS1 TERMINAL

표 30 수신기 기계적 호환성 설계 상세규격

(다) 구조적 호환성 설계

수신기는 NS1 계전기 RACK에 장착이 되는 NS1 규격으로 제작하고, 기구에는 NS1Case와 NS1 Base로 구성된다. 수신기 보드는 2종으로 구성하며, NS1 case 안에 내장하는 형태로 구성한다. 기존 안살도 제품과 호환성을 유지하기 위하여 NS1 case 및 base는 동일한 사양으로 제작한다.

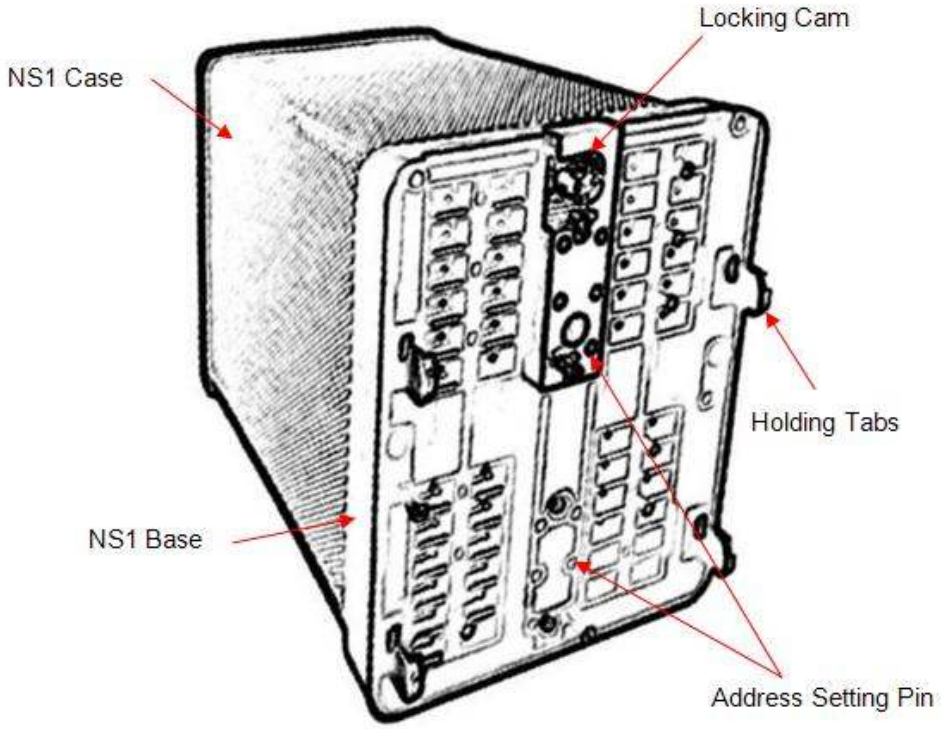


그림 53 수신기 구조

NS1 case는 기존 안살도제품과 동일한 구조로 열방출을 위한 망을 이용하고, 전면에는 NS1 Frame과 고정하는 Locking Cam이 돌출하는 구조로 설계한다. 추가로 디지털 수신기의 LED를 통한 상태확인을 위해 전면에 LED홀을 추가하여 설계한다.

NS1 base는 기존 안살도제품과 동일한 구조로 .NS1 Frame에 고정하는 Holding Tabs과 Address Setting을 위한 홀을 설계한다. 추가로 디지털 수신기의 유지보수장치와의 인터페이스를 위한 커넥터단자를 추가하여 설계한다.

(3) 보드 구조 설계

수신기보드는 신호처리보드와 입출력보드로 구성되어있고 178mm x 116mm의 규격으로 제작하고, 지지대를 기준으로 서로 마주보도록 아래 그림과 같이 구성한다.

신호처리보드와 입출력보드는 위 지지대(③)와 아래 지지대(⑤)를 사이로 3Φ나사와 너트를 사용하여 고정한다.

아래 지지대(⑤)는 NS1 Base와 3Φ 나사로 고정시킨다.

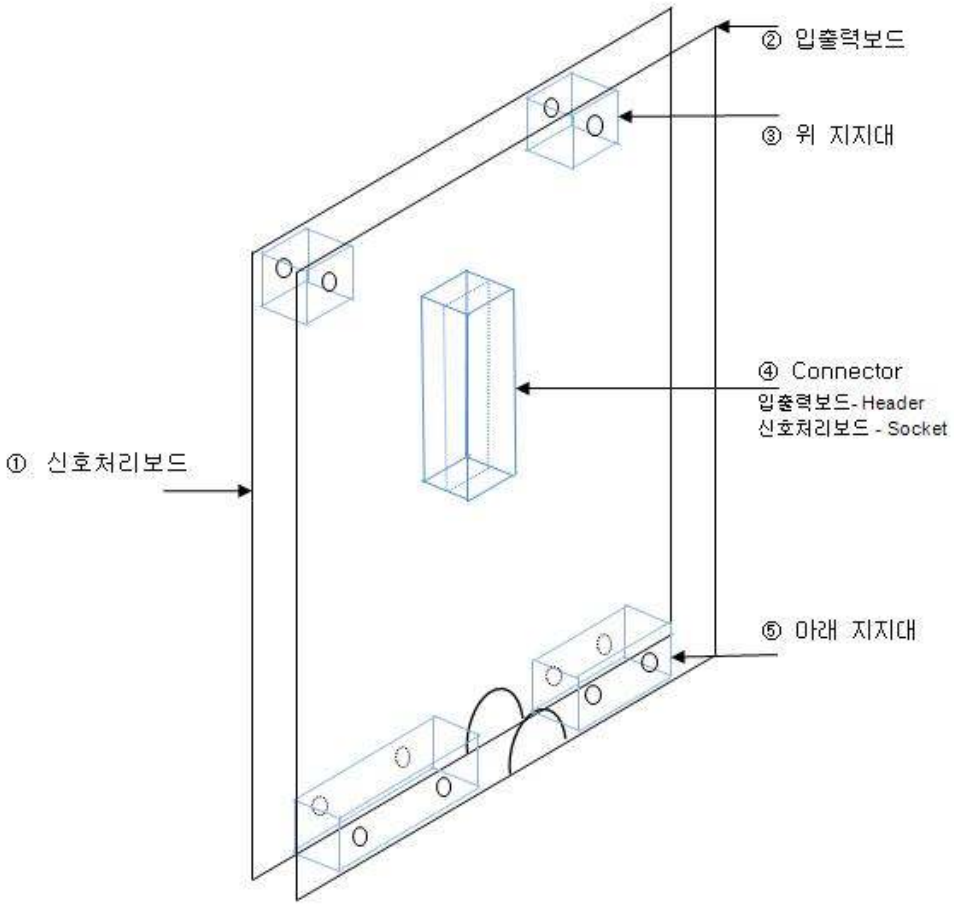


그림 54 수신기 보드 구성

(가) 입출력 보드 Layout

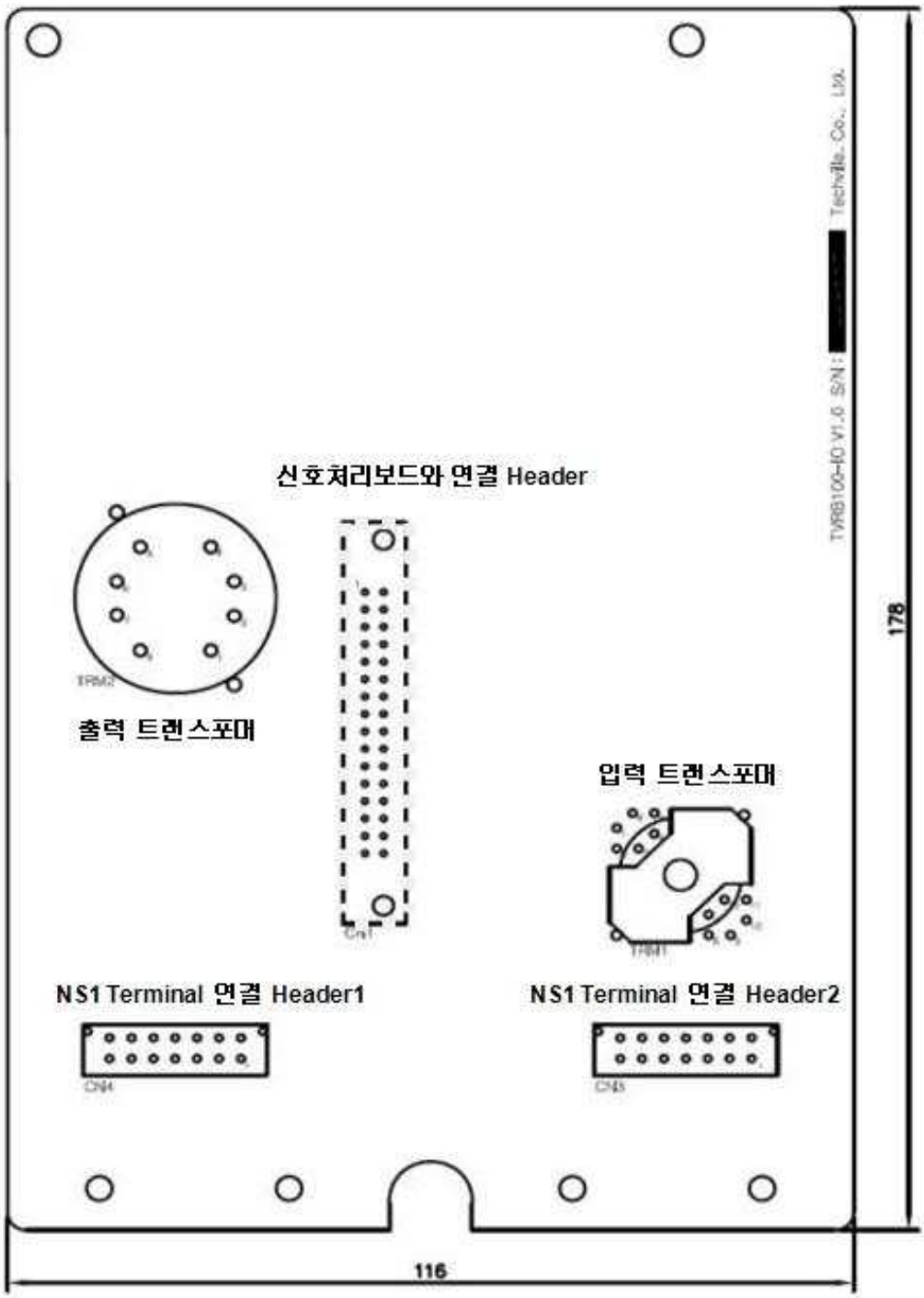


그림 55 입출력 보드 Layout

(나) 신호처리 보드 Layout

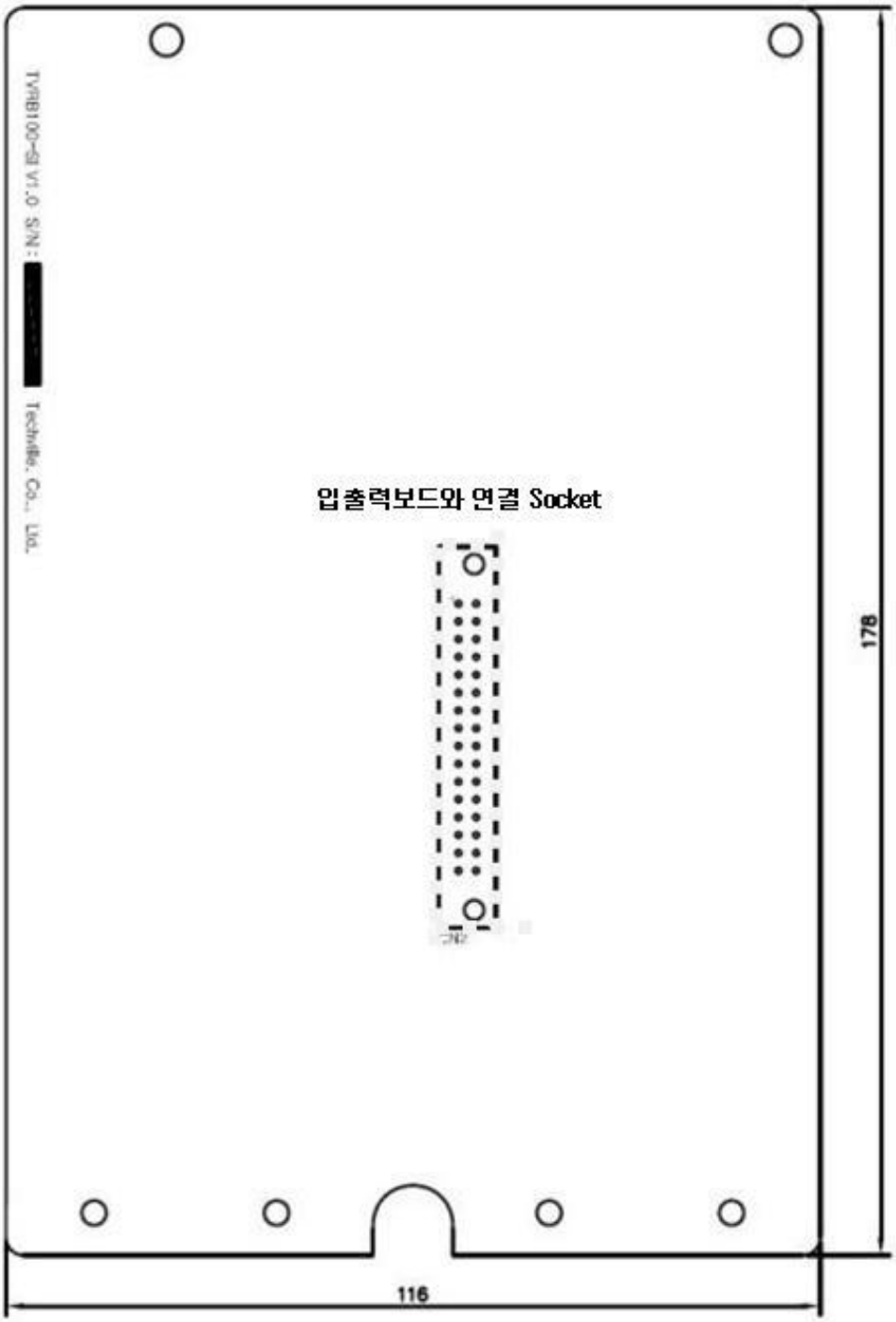


그림 56 신호처리보드 Layout

(4) 회로 설계

(가) 전원 회로 설계

외부에서 입력(A+, A-)되는 DC 24V를 DC-DC Converter의 입력 전원으로 사용하고

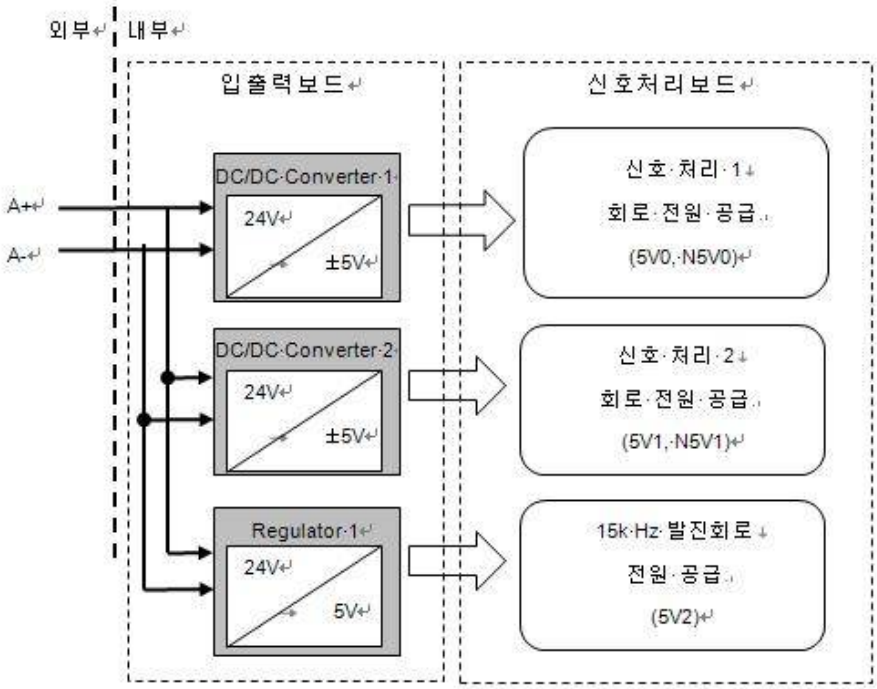


그림 57 입력 전원 회로

출력 전원은 신호처리보드의 신호 처리1, 2에 공급한다.

DC-DC Convertor를 2개 사용하여 신호 처리1과 신호처리 2의 전원을 전기적으로 분리한다.

(나) EMC설계 및 대책

Power Entry Filter(N형)은 외부 전원의 EMI노이즈를 억제하기 위해 설계한다.

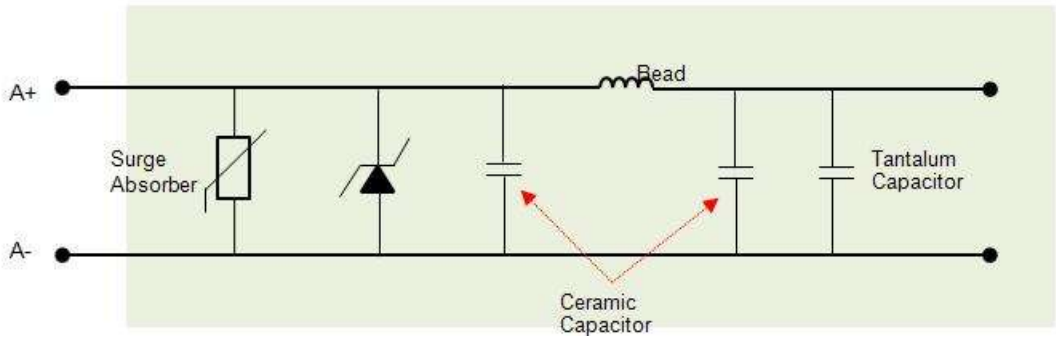


그림 58 입력 전원 EMC 설계

이 Filter는 다음과 같다.

Power Entry Filter는 위 그림과 같이 Bead와 Capacitor를 추가하여 N형 필터 구조를 갖는다. 또한 외부 전원(A+, A-)의 Surge에 의한 회로고장을 방지하기 위해 Surge Absorber를 삽입한다.
입력 레벨 제한은 위 그림과 같이 Bead와 Capacitor로 이루어지는 n형 필터 형태로 구성하며, 커넥터를 통해 입력 될 수 있는 Surge(6.4V이상)로부터 보드 내부 회로를 보호하기 위해 Surge Absorber를 구성한다.

(다) 레벨 조절 및 절연 회로 설계
궤도에서 수신한 신호를 입력을 받아 73가지의 비율로 입력신호의 레벨을 조절할 수 있다.

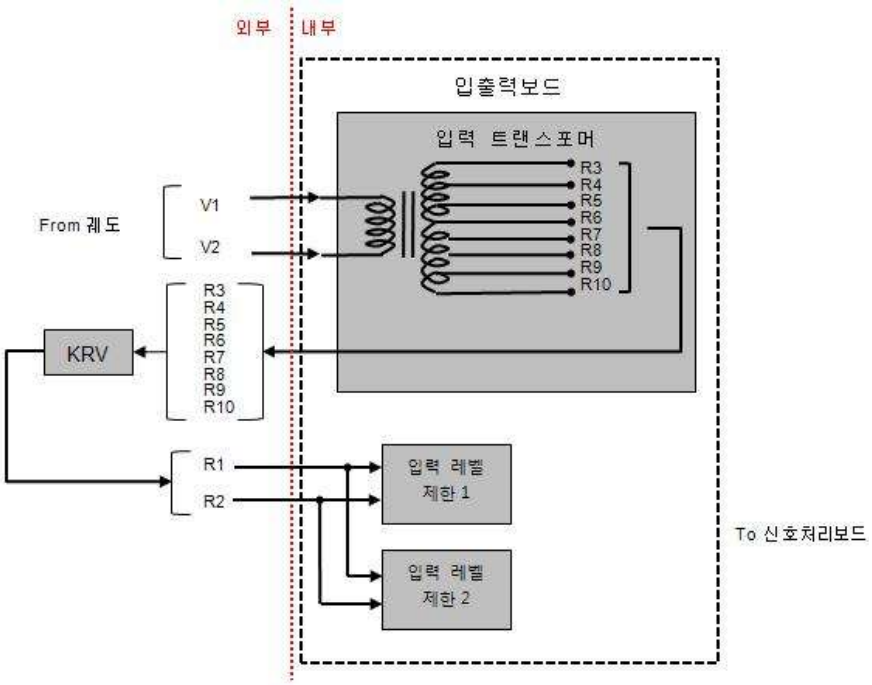


그림 59 레벨 조절 및 절연 회로 구성

(라) 입력 레벨 제한 회로 설계

외부 커넥터에서 입력되는 R1, R2의 신호에 대한 EMC대책 및 레벨 제한하는 기능을 한다

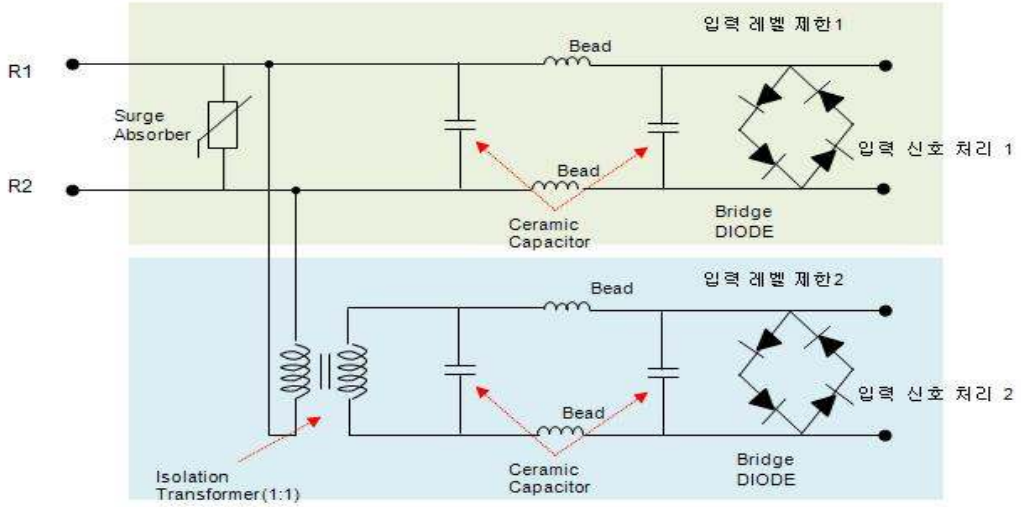


그림 60 입력 레벨 제한 회로 설계

입력 레벨 제한은 위 그림과 같이 Bead와 Capacitor로 이루어지는 n형 필터 형태로 구성하며, 커넥터를 통해 입력 될 수 있는 Surge(6.4V이상)로부터 보드 내부 회로를 보호하기 위해 Surge Absorber를 구성한다.

(마) Safety 신호 발생 회로 설계

Fly-Back Convertor를 구동시키기 위한 Safety 신호를 생성하기 위해 555 Timer를 사용한다.

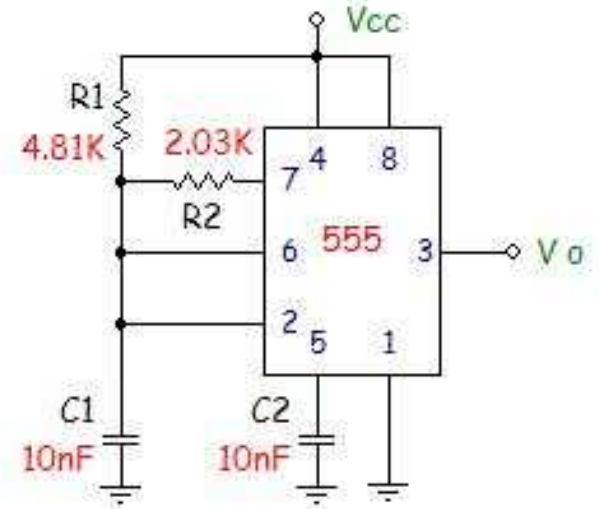


그림 61 Safety 신호 발생 회로 설계

Safety 신호는 15kHz의 구형파이다. 15kHz 구형파를 발진하기 위한 555 Timer

IC를 사용한다.

(바) 출력신호 감시 회로 설계

계전기 동작 전압의 출력과 차단의 최종 출력(L+, L-)은 신호처리 1, 2에 의해 검사하고 검사를 위해 포토커플러를 사용한다.

궤도 계전기 구동 전압이 출력하면 포토커플러에 의해 Low값이 전달하고, 차단하면 High값이 전달한다.

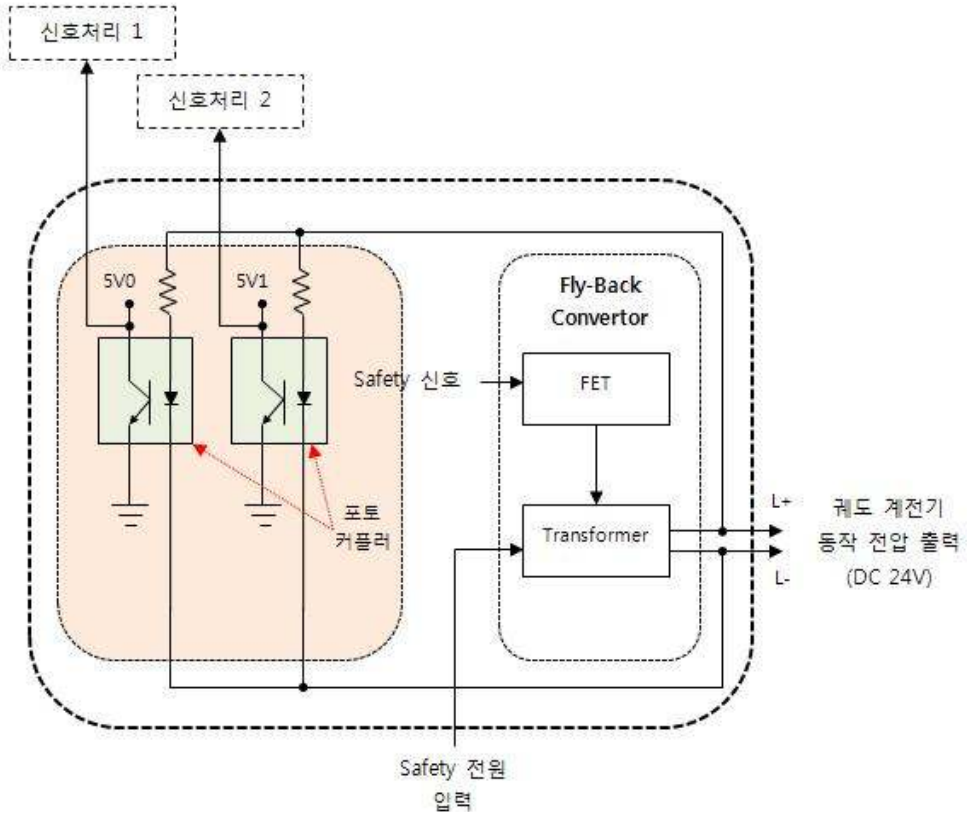


그림 62 출력 신호 감시 회로 설계

(사) 출력부(Fly-back Converter) 설계

- Fly-Back Converter를 사용하여 궤도 계전기 동작 전압(24V) 생성을 위한 회로 OR-CAD 시뮬레이션

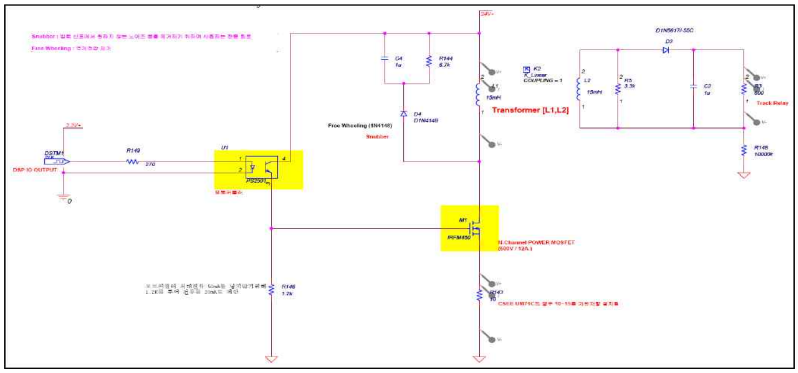


그림 63 Fly-back Converter OR-CAD 시뮬레이션 회로

궤도 계전기 동작 전압(24V) 생성 시뮬레이션 결과 24V 출력 확인

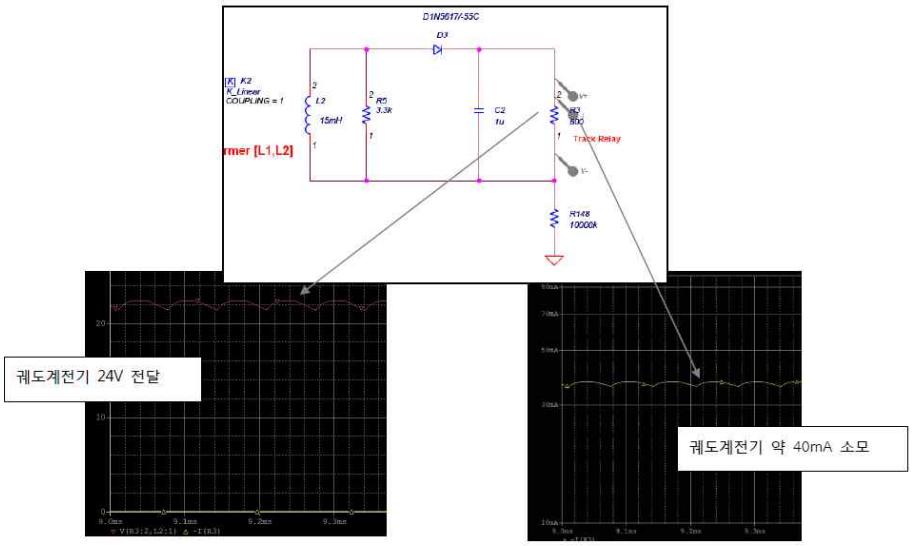


그림 64 궤도 계전기 동작 전압 생성 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과 출력 전압을 만족하여 실제 회로에 적용하였음

(아) 연속신호 수신회로 이중화 설계

1:1 절연 트랜스포머와 고성능 OP-AMP를 사용하여 연속 신호를 수신하기위한 ORCAD 시뮬레이션

(자) DSP 이중화 설계

Dual electronic structure based on composite fail safety with fail-safe comparison(EN50129 참조)를 위해 DSP 이중화(2 out of 2)를 설계에 반영함

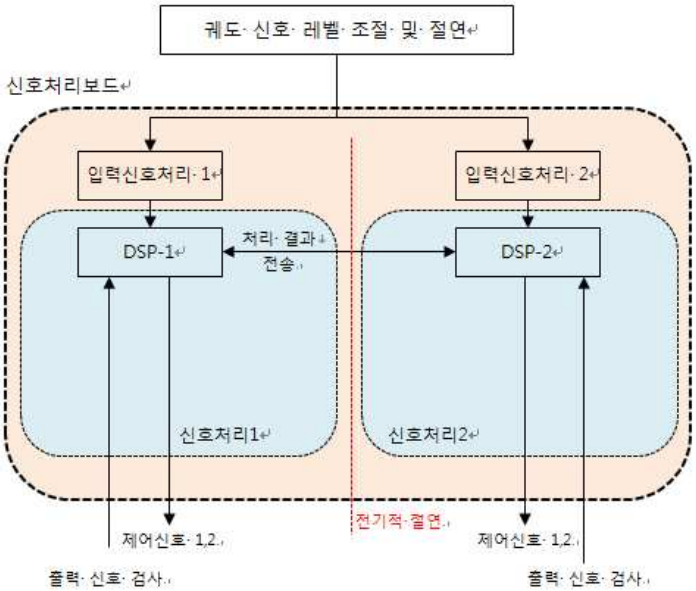


그림 65 DSP 이중화 설계

(차) 유지보수 통신포트 설계

디지털 수신기는 궤도를 통해 수신되는 연속 신호 주파수 및 레벨, 열차 점유 유무, 궤도 계전기 상태를 위한 유지보수 통신포트를 제공하도록 설계함

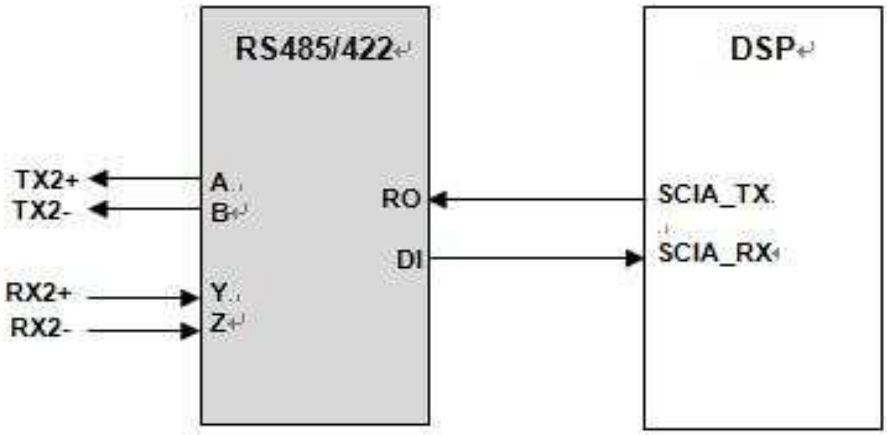


그림 66 유지보수 통신 포트

(카) 디지털 필터 설계

아날로그 필터보다 정밀한 디지털 필터를 사용하기위하여 반송파 주파수 디지털 필터 MATLAB 시뮬레이션

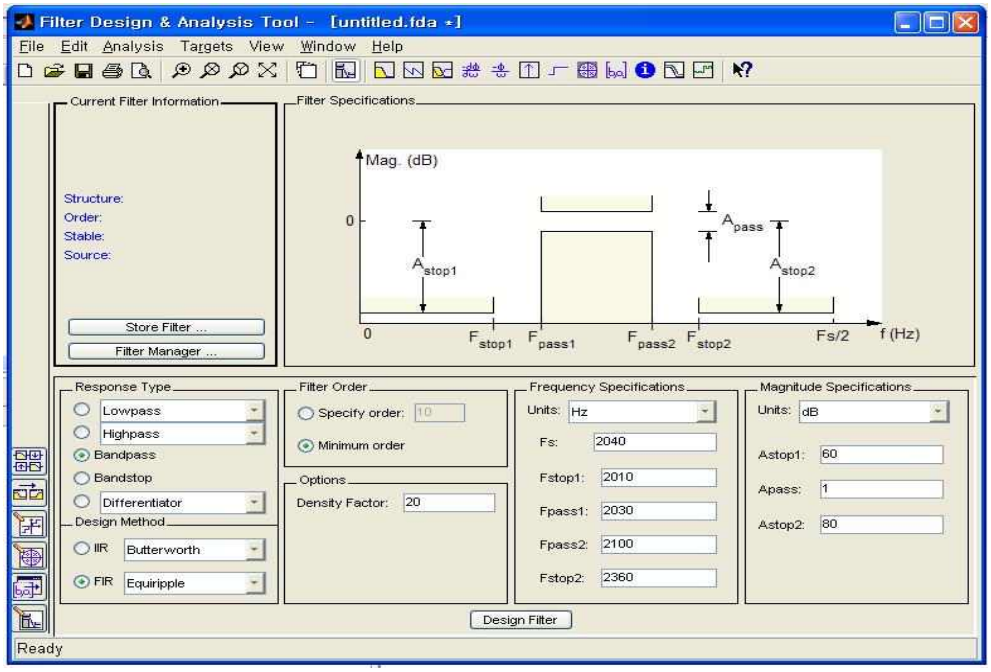


그림 67 디지털 필터 MATLAB 시뮬레이션

(타) PCB 설계

PADS를 사용하여 수신기 PCB 설계

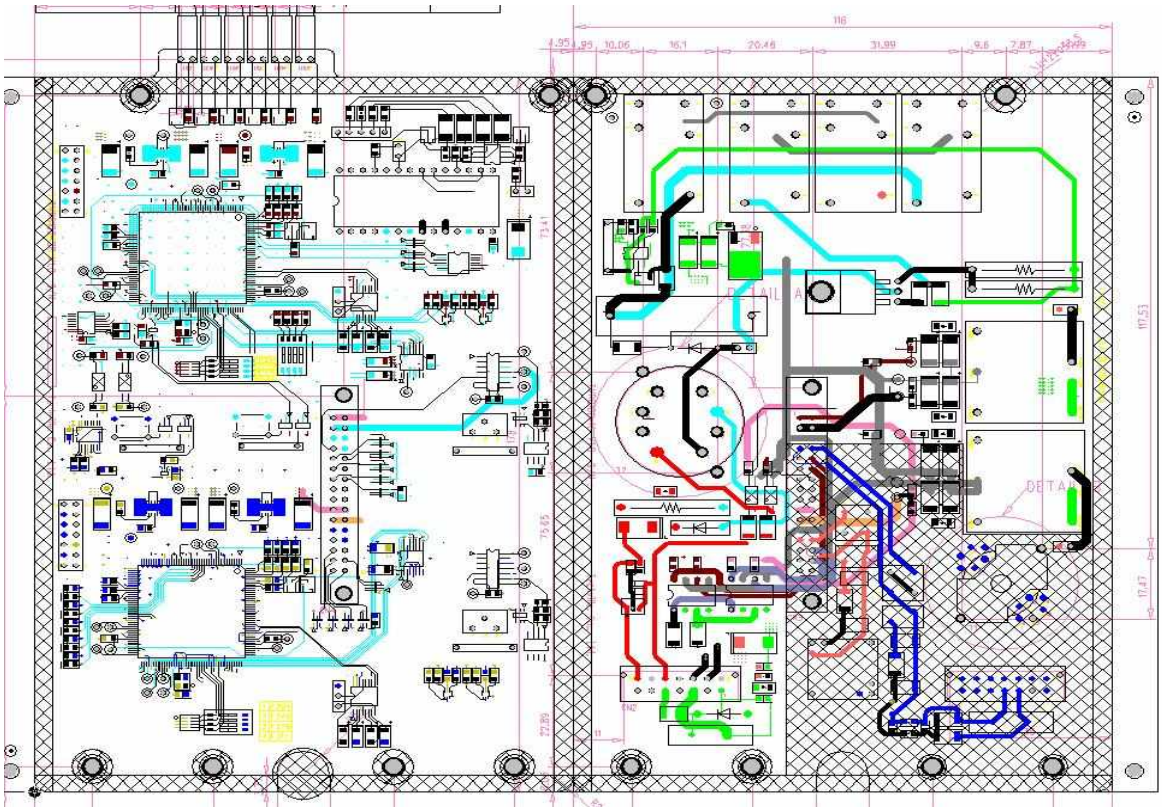


그림 68 PADS를 사용하여 설계한 디지털 수신기 PCB

시스템 요구사항과 기존 장치와 호환성을 고려하여 PCB 설계

(파) Transformer 설계

기존 장치의 임피던스를 분석하여 호환성을 가지는 Transformer 설계

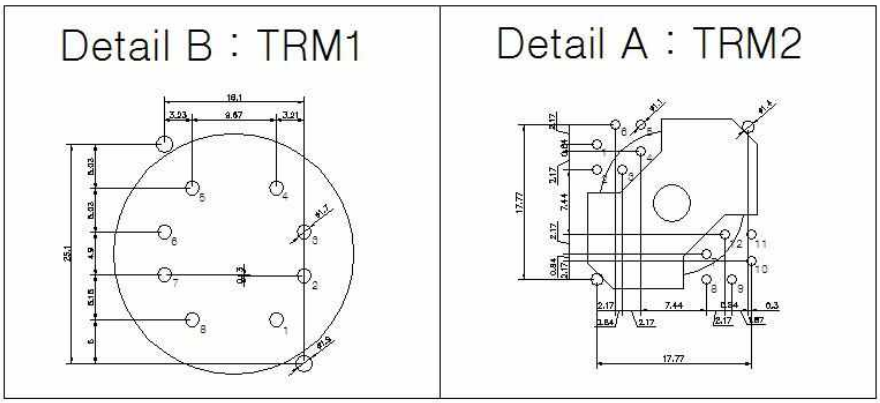


그림 69 기존 장치와 호환성을 가지는 Transformer 설계

(하) 반송주파수 선택 설계

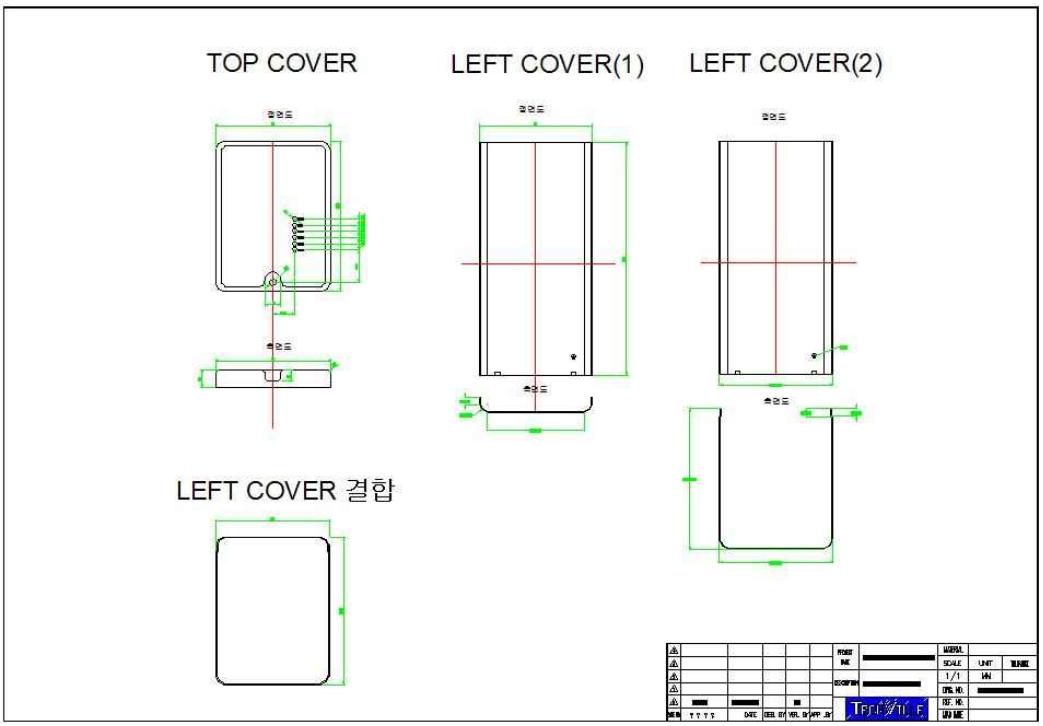


그림 70 디지털 수신기 Case 제작을 위한 AutoCAD 도면

디지털 수신기는 기존 수신기와 달리 반송주파수(2040Hz, 2400Hz, 2760Hz, 3120Hz)를 선택할 수 있도록 설계함

기존 수신기는 반송주파수 중에 하나만 사용 가능하도록 설계가 되어있음

(5) 기구 설계

(가) Case 제작

기존 장치와 동일한 크기의 수신기 Case 제작

(6) 산출물 : 고속철도 디지털 수신기 상세 설계

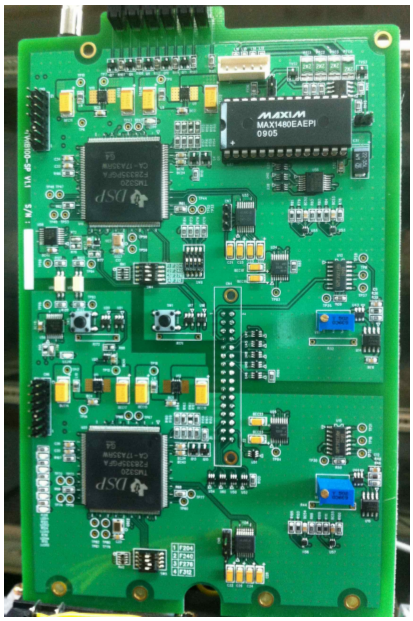
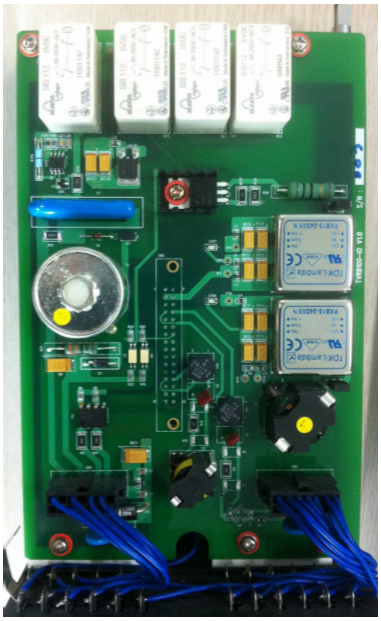
5. 송・수신기 시제품 제작

가. 완성품 사진

(1) 디지털 송신기

부품면 사진	뒷면 사진

(2) 디지털 수신기

신호처리보드 사진 (디지털 신호처리)	입출력 보드 사진 (아날로그 신호처리)
	

6. 디지털 송·수신기 시험장치 제작

가. 시험장치 구성품 사양

디지털 송・수신기의 기능 시험을 위한 시험 장치를 제작하였다. 시험장치의 구성품 사양은 다음과 같다.

항 목	상세 규격	용도
산업용 컴퓨터	▪ Fan-less 랙 마운트 타입의 19인치, 4U - Intel Core 2 Duo T7500 2.20GHz - 1 x 240Pin DIMM DDR2 4GB - Intel GMA X3100 (QXGA 2048 x 1536) Integrated Graphics Engine, 256MB (Max Share) - 2 x RTL8111B for 10/100/1000 Base-T - 1 x RS-232, 1 X RS-485 2ch ▪ Fan-less 400W ATX 110V ~ 240 (50Hz ~ 60Hz)	▪ 디지털 송신기 시험을 위한 CCM 시뮬레이션 기능 ▪ 유지 보수장치 시뮬레이션 기능
모니터	▪ 랙 마운트 타입의 17인치 모티터 ▪	▪ 시뮬레이션 화면 제공
송신기 시험랙	▪ 송신기 및 파워보드를 수용할수 있는 19인치 6U 서브랙 ▪ 파워보드: 5V 5A, 24V 10A ▪ 시험대상 송신기를 실장할 수 있는 1개의 Slot	▪ 시험 대상 송신기의 기능 시험
수신기 시험랙	▪ 수신기 및 파워보드를 수용할수 있는 19인치 6U 서브랙 ▪ 궤도 계전기 ▪ 시험대상 수신기를 실장할 수 있는 1개의 Slot	▪ 시험 대상 송신기의 기능 시험
DAQ	▪ cDAQ-9184 CompactDAQ Chassis ▪ Isolated AI module(NI 9229) ▪ ±300V Analog Input Module(NI 9225)	▪ 송신기 및 수신기의 입출력 신호의 입력정보 제공
분전반	▪ 19인치 4U ▪ 전압계 및 전류계 내장	▪ 시험장치 구성품의 필요 전원공급

나. 디지털 송·수신기 시험장치 H/W 제작

그림 71 디지털 송·수신기 시험 장치

다. 디지털 송신기 시험용 시뮬레이터

송신기를 정상 동작하도록 UM71C의 구성품인 CCM과 같은 기능을 시뮬레이션해주는 프로그램으로 사용자의 설정에 따라서 다양한 연속정보를 송신기에게 전송한다. 사용자가 설정하는 연속정보 관련 설정 정보는 다음과 같다.

- 송신기 주소 설정
- 전송할 반송파 주파수 선택
- 목표거리
- 구배정보
- 속도코드 정보

그림 72 디지털 송신기 시험용 시뮬레이터

라. 디지털 수신기 시험용 시뮬레이터

수신기의 처리결과를 표시하기 위한 유지보수 장치 시뮬레이션 프로그램으로 최대 4개의 수신기로부터 처리 결과를 수신하여 각각의 결과를 표시한다. 수신기가 전송하는 정보는 다음과 같다.

- 수신기 주소 정보
- 궤도 점유/비점유 정보
- UR1R2 수신 전압레베
- 수신한 반송파 주파수 정보
- 궤도 계전기 출력 여부

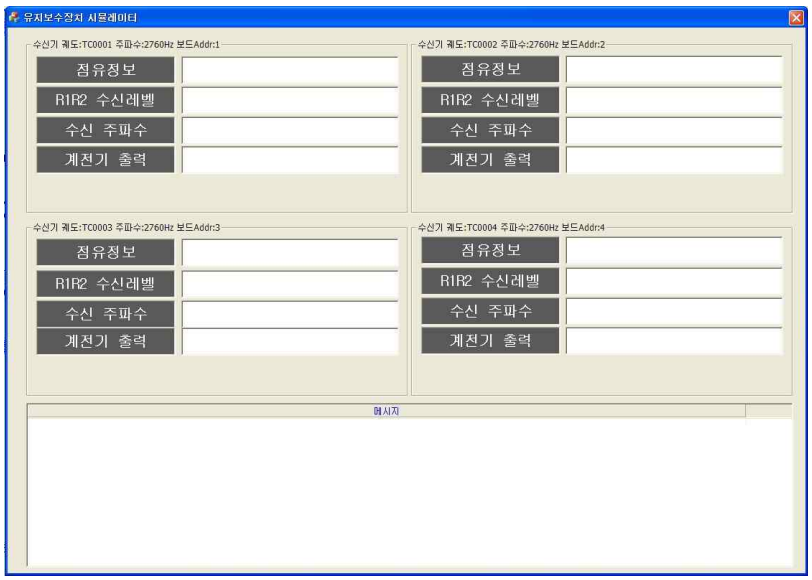


그림 73 디지털 수신기 시험용 시뮬레이터

마. 디지털 송·수신기 입출력 모니터링 시뮬레이터

송·수신기의 기능시험을 위해 입출력의 결과를 파형, 전압 값 및 전류 값을 표시하기 위한 시뮬레이션 프로그램으로, 표시하는 내용과 화면은 다음과 같다.

- 송신기가 궤도로 전송하는 출력전압(S1, S2) 값, 주파수 및 파형
- 송신기가 궤도로 전송하는 출력전류(S2, S'2) 값, 주파수 및 파형
- 송신기가 CRN으로 전송하는 출력전압(T+, T-) 값, 주파수 및 파형
- 수신기가 수신한 연속신호의 전압(UV1V2) 값, 주파수 및 파형
- 수신기가 수신한 연속신호의 전압(UR1R2) 값, 주파수 및 파형
- 수신기로 공급되는 전압(A+, A-) 값
- 수신기가 궤도 계전기로 출력하는 전압(L+, L-) 값

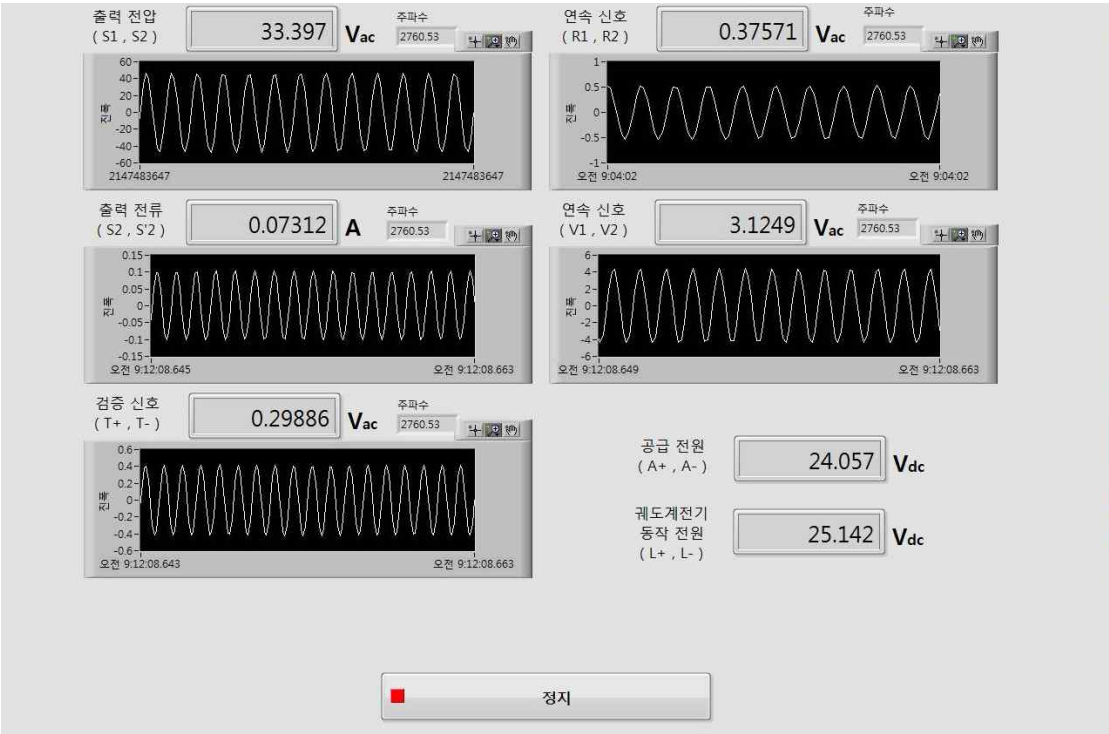


그림 74 디지털 송·수신기 입출력 모니터링 시뮬레이터 화면

7. 수신기 케이스 샘플제작

- 외국사로부터 전량 수입하던 케이스를 국내에서 제작 함

그림 75 수신기 케이스 사진

8. 시험

가. S/W 정적 분석

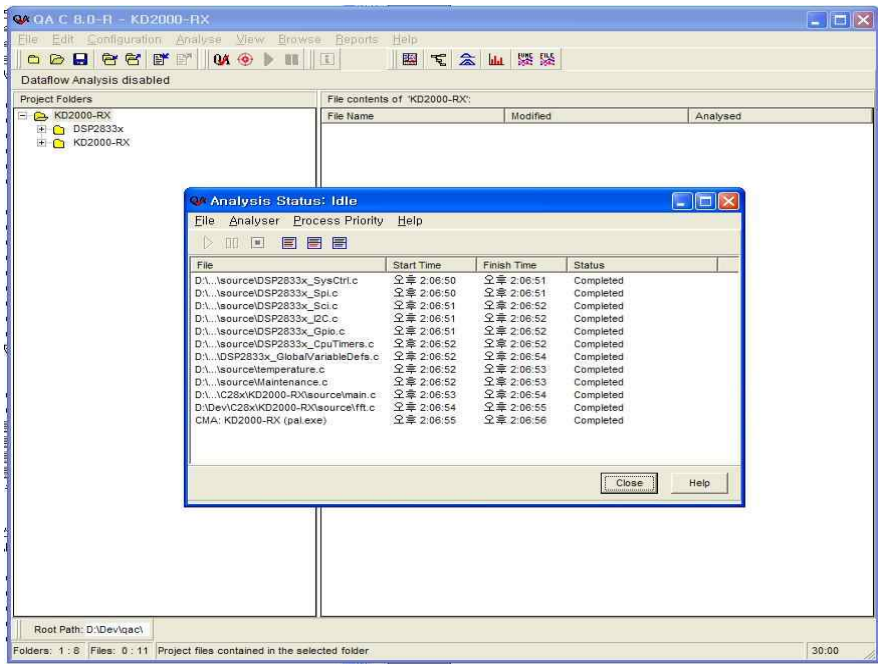


그림 76 S/W 정적 분석

DSP에 탑재되는 S/W를 정적 분석 툴인 QaC를 사용하여 분석(MISRA-C 검사 포함)

나. S/W 동적 분석

DSP에 탑재되는 S/W를 동적 분석 툴인 VectorCAST를 사용하여 Module 분석 및 시험, S/W 통합 분석 및 시험, S/W H/W 통합 분석 및 시험

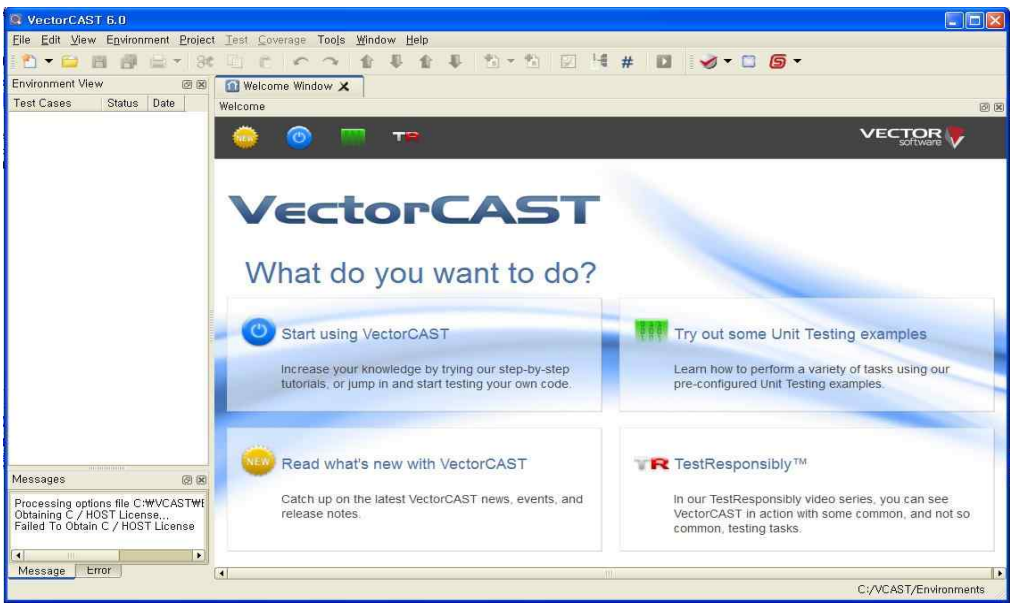


그림 77 S/W 동적 분석

Testcase Management Report

Table Of Contents

- Configuration Data
- Overall Results
- Testcase Management
- Metrics

Configuration Data

This Report includes data for:	All units under test
Date of Report Creation:	5 JUL 2013
Time of Report Creation:	11:25:27 AM

Overall Results

Category	Results
Testcases:	82 / 82 PASS
Expecteds:	422 / 422 PASS
Statement Coverage:	100% (511 / 511)
Branch Coverage:	100% (120 / 120)

Testcase Management

Unit	Subprogram	Test Cases	Execution Date and Time	Pass/Fail
<<COMPOUND>>		TC_RX_C02.3_001	05 JUL 2013 9:36:42 AM	PASS 2 / 2
		TC_RX_C02.3_003	05 JUL 2013 9:36:50 AM	PASS 2 / 2
		TC_RX_C02.3_005	05 JUL 2013 9:36:59 AM	PASS 2 / 2
		TC_RX_C03.4_002	05 JUL 2013 9:37:10 AM	PASS 34 / 34
		TC_RX_C04.3_004_RX_NOT	05 JUL 2013 9:37:17 AM	PASS 3 / 3
		TC_RX_C04.3_006_CRC_NOT	05 JUL 2013 9:37:57 AM	PASS 5 / 5

그림 78 디지털 수신기 S/W 동적 분석 시험 결과

Testcase Management Report

Table Of Contents

- Configuration Data
- Overall Results
- Testcase Management
- Metrics

Configuration Data

This Report includes data for:	All units under test
Date of Report Creation:	31 MAY 2013
Time of Report Creation:	2:57:36 PM

Overall Results

Category	Results
Testcases:	31 / 31 PASS
Expecteds:	572 / 572 PASS
Statement Coverage:	100% (435 / 435)

Testcase Management

Unit	Subprogram	Test Cases	Execution Date and Time	Pass/Fail
<<COMPOUND>>		TC_TX_C01_1_002_003_004	31 MAY 2013 2:52:36 PM	PASS 6 / 6
		TC_TX_C01_1_005-010	31 MAY 2013 2:52:48 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_012	31 MAY 2013 2:53:00 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_013	31 MAY 2013 2:53:10 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_014	31 MAY 2013 2:53:22 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_015	31 MAY 2013 2:53:33 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_016	31 MAY 2013 2:53:43 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_017	31 MAY 2013 2:53:55 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_018	31 MAY 2013 2:54:07 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-010_019	31 MAY 2013 2:54:20 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C01_1_006-011	31 MAY 2013 2:55:00 PM	PASS 27 / 27
		TC_TX_C02_001	31 MAY 2013 2:55:10 PM	PASS 5 / 5
		TC_TX_C04_2_001_002	31 MAY 2013 2:55:18 PM	PASS 63 / 63
		TC_TX_C05_002	31 MAY 2013 2:56:03 PM	PASS 4 / 4
		TC_TX_C05_003	31 MAY 2013 2:56:23 PM	PASS 4 / 4
		TC_TX_C06_2_001_002	31 MAY 2013 2:56:35 PM	PASS 16 / 16
TOTALS		16		PASS 16 / 16

그림 79 디지털 송신기 S/W 동적 분석 시험 결과

VectorCAST를 이용하여 디지털 수신기 모듈 시험 결과 Statement Coverage 및 Branch Coverage 100% 달성

다. S/W 검증 분석

디지털 송・수신기에서 구현된 S/W를 최종적으로 검증하는 시험을 수행

Software Validation Test Case

		Inspector	Inspector1 / Quality	Inspector 2 / Validator
		Name/ Signature	평택과기	이재근
		Date	2013.6.3	2013.06.03

소프트웨어 기능	연속 신호 분석
소프트웨어 기능 ID	SWREQ_RX_F3
소프트웨어 요구사항 ID	SWREQ_RX_F3_REQ1 SWREQ_RX_F3_REQ2 SWREQ_RX_F3_REQ3 SWREQ_RX_F3_REQ4
테스트케이스 ID	SWREQ_RX_TEST3
소프트웨어 요구사항	수신기 소프트웨어는 연속신호 전압 레벨을 판별할 수 있어야 한다. (연속 신호의 전압 레벨을 200~210mV for relay pick-up, 170~180mV for relay drop-out) 수신기 소프트웨어는 설정된 주파수와 연속신호 주파수를 비교 판별할 수 있어야 한다. (반송파 주파수(F0) 범위는 (F0-10) – (F0+60)Hz) 수신기 소프트웨어는 열차 검지 주파수를 판별할 수 있어야 한다. (열차 검지 주파수의 범위는 11.75~30.75Hz) 수신기 소프트웨어는 열차 비점유에 해당하는 TDF LED를 On해야 한다.
Test Environment	문서 SWRTS_RX의 Test Environment 1 (3.1절)
Precondition	SWREQ_RX_TEST1,2 완료 후 진행완료 후 진행
Test Procedure	1. 문서 SWRTS_RX의 6절을 참조하여 반송파 주파수 정보(SW4,5의 값)를 설정한다. 2. 문서 SWRTS_RX의 6절을 참조하여 지연 시간 정보를 입력한다. 3. 연속 신호를 입력한다. 4. 열차 점유 상태 LED와 시뮬레이터 전압을 측정한다. 5. 전원 공급을 차단한다. 6. 나머지 시험을 1~5번 과정과 동일하게 진행한다.

IN/OUT		Input					Expected Output		Actual Output		Result	
시험대상 시스템		디지털 수신기					디지털 수신기		디지털 수신기			
순번	신호명	반송파 주파수 정보 설정 값	지연 시간 정보	연속 신호 입력			TDF LED (열차점유 상태)	궤도 계전기 동작 전압 (Vdc)	TDF LED (열차점유 상태)	궤도 계전기 동작 전압 (Vdc)	Pass/Fail	Remark
				반송파 주파수 (Hz)	전압 레벨 (mV)	열차 점유 주파수 (FM Freq(Hz) / FM Dev(Hz))						
19		F276	C-C1	2760	260	11.75~30.75 / 10	On	24~28	On	24.8	Pass	
20		F276	C-C1	10~2720	260	25.68 / 10	Off	-1~1	off	0	Pass	반송파 주파수 2720~2750Hz는 과도 주파수 범위이므로 테스트에서 제외 함
21		F276	C-C1	2856이상	260	25.68 / 10	Off	-1~1	off	0	Pass	반송파 주파수 2820~2856Hz는 과도 주파수 범위이므로 테스트에서 제외 함
22		F276	C-C1	2760	10 ~ 200	25.68 / 10	Off	-1~1	off	0	Pass	전압 레벨 200~210mV는 과도 전압 범위이므로 테스트에서 제외 함
23		F276	C-C1	2760	260	0~8.5 / 10	Off	-1~1	off	0	Pass	열차 점유 주파수 8.5~11.75Hz는 과도 주파수 범위이므로 테스트에서 제외 함
24		F276	C-C1	2760	260	34.25 – 100 / 10	Off	-1~1	off	0	Pass	열차 점유 주파수 30.75~34.25Hz는 과도 주파수 범위이므로 테스트에서 제외 함

그림 80 Software Validation Test Case 시험 결과

라. H/W 제작 시험

사전에 작성된 상세 설계서를 기준으로 디지털 송·수신기의 Artwork, PCB 제작, 조립 및 시험을 진행하여 그에 따른 결과로 시험 성적서를 제출한다..(ISO9001 인증을 받은 협력 업체를 통해 제작하고 시험 함)

(1) PCB 제작 시험

송·수신기의 PCB를 생산하여 출하전에 모든 PCB에 대하여 전수 검사를 실시하고 그 결과로 성적서를 발행한다.

ATS PCB

출하검사성적서

업 체 명	㈜테크빌	Model 명	송신기_V0.1	품 명	P. C. B
납품일자	2013. 02. 06	납품수량	5 PCS	재 질	FR-4
검사일자	2013. 02. 05	검 사 자	신보라	색 상	GREEN

NO	검 사 항 목	결 과	비 고
1	승인원과 일치여부	OK	
2	REVISION 확인	OK	
3	NON PTH / PTH 확인	OK	
4	HOLE SIZE 확인	OK	
5	HOLE 위치 / HOLE 누락 / HOLE 막힘	OK	
6	회로의 간격	OK	
7	회로의 폭	OK	
8	도금 접착력 (Cu. Gold. Silver. HASL)	OK	
9	Solder Mask 접착력	OK	
10	Marking 상태 및 접착력	OK	
11	제품 SIZE	OK	
12	Open / Short Test 실시여부 (B.B.T Test)	OK	
13	휨 상태	OK	
14	제품 표면의 Damage 및 Scratch 상태	OK	
15	표면얼룩 / 변색 / 균형 상태	OK	
16	포장상태	OK	

17	수 정 내 역	구 분	수정수량(pcs)	최종합격여부
		Open		PASS
		Short		

그림 81 디지털 송신기 PCB 제작 성적서

ATS PCB

출하검사성적서

업 체 명	㈜테크빌	Model 명	TVRB100_C	품 명	P. C. B
납품일자	2013. 02. 06	납품수량	5 KIT	재 질	FR-4
검사일자	2013. 02. 05	검 사 자	신보라	색 상	GREEN

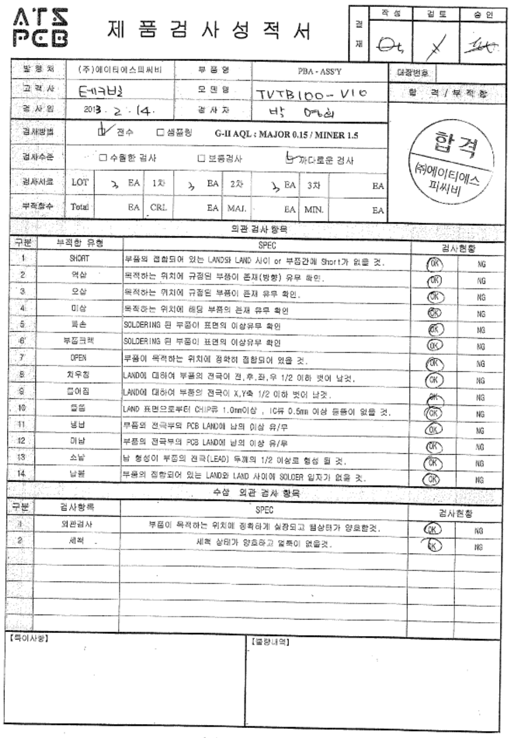
NO	검 사 항 목	결 과	비 고
1	승인원과 일치여부	OK	
2	REVISION 확인	OK	
3	NON PTH / PTH 확인	OK	
4	HOLE SIZE 확인	OK	
5	HOLE 위치 / HOLE 누락 / HOLE 막힘	OK	
6	회로의 간격	OK	
7	회로의 폭	OK	
8	도금 접착력 (Cu. Gold. Silver. HASL)	OK	
9	Solder Mask 접착력	OK	
10	Marking 상태 및 접착력	OK	
11	제품 SIZE	OK	
12	Open / Short Test 실시여부 (B.B.T Test)	OK	
13	휨 상태	OK	
14	제품 표면의 Damage 및 Scratch 상태	OK	
15	표면얼룩 / 변색 / 균형 상태	OK	
16	포장상태	OK	

17	수 정 내 역	구 분	수정수량(pcs)	최종합격여부
		Open		PASS
		Short		

그림 82 디지털 수신기 PCB 제작 성적서

(2) PCB 조립 시험

검사가 완료된 PCB를 사용하여 부품 조립을 하고, 조립된 PCB를 대상으로 전수 검사를 실시하고 그 결과로 성적서를 발행한다.



ATS PCB 제품검사성적서

결재	작성	검토	승인

발행처	(주)에이티에스피씨비	부품명	PBA-ASS'Y	대장번호
고객사	테크빌	모델명	TVTB100-V10	합격/부적합
검사일	2013. 2. 14.	검사자	박 [illegible]	
검사방법	☑ 전수 ☐ 샘플링 G-II AQL : MAJOR 0.15 / MINER 1.5			
검사수준	☐ 수월한 검사 ☐ 보통검사 ☑ 까다로운 검사			
검사시료	LOT 3 EA 1차 3 EA 2차 3 EA 3차 EA			
부적합수	Total EA CRI. EA MAJ. EA MIN. EA			

합격 (주)에이티에스 피씨비

외관 검사 항목

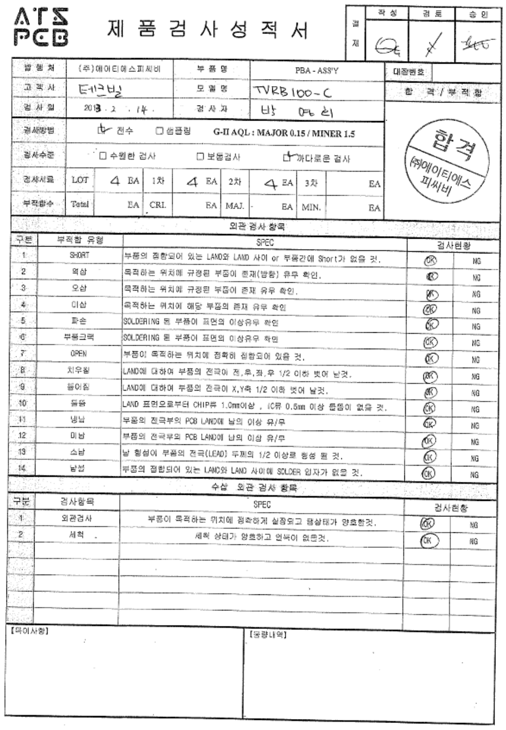
구분	부적합 유형	SPEC	검사현황	
1	SHORT	부품의 접합되어 있는 LAND와 LAND 사이 or 부품간에 Short가 없을 것.	OK	NG
2	역삽	목적하는 위치에 규정된 부품이 존재(방향) 유무 확인.	OK	NG
3	오삽	목적하는 위치에 규정된 부품이 존재 유무 확인.	OK	NG
4	미삽	목적하는 위치에 해당 부품의 존재 유무 확인	OK	NG
5	파손	SOLDERING 된 부품이 표면의 이상유무 확인	OK	NG
6	부품크랙	SOLDERING 된 부품이 표면의 이상유무 확인	OK	NG
7	OPEN	부품이 목적하는 위치에 정확히 접합되어 있을 것.	OK	NG
8	치우침	LAND에 대하여 부품의 전극이 전,후,좌,우 1/2 이하 벗어 날것.	OK	NG
9	들어짐	LAND에 대하여 부품의 전극이 X,Y축 1/2 이하 벗어 날것.	OK	NG
10	들뜸	LAND 표면으로부터 CHIP류 1.0mm이상 , IC류 0.5mm 이상 들뜸이 없을 것.	OK	NG
11	냉납	부품의 전극부의 PCB LAND에 납의 이상 유/무	OK	NG
12	미납	부품의 전극부의 PCB LAND에 납의 이상 유/무	OK	NG
13	소납	납 형성이 부품의 전극(LEAD) 두께의 1/2 이상로 형성 될 것.	OK	NG
14	납볼	부품의 접합되어 있는 LAND와 LAND 사이에 SOLDER 입자가 없을 것.	OK	NG

수삽 외관 검사 항목

구분	검사항목	SPEC	검사현황	
1	외관검사	부품이 목적하는 위치에 정확하게 실장되고 땜상태가 양호한것.	OK	NG
2	세척	세척 상태가 양호하고 얼룩이 없을것.	OK	NG

【특이사항】 【불량내역】

그림 83 디지털 송신기 조립 성적서



ATS PCB 제품검사성적서

결재	작성	검토	승인

발행처	(주)에이티에스피씨비	부품명	PBA-ASS'Y	대장번호
고객사	테크빌	모델명	TVRB100-C	합격/부적합
검사일	2013. 2. 14.	검사자	박 [illegible]	
검사방법	☑ 전수 ☐ 샘플링 G-II AQL : MAJOR 0.15 / MINER 1.5			
검사수준	☐ 수월한 검사 ☐ 보통검사 ☑ 까다로운 검사			
검사시료	LOT 4 EA 1차 4 EA 2차 4 EA 3차 EA			
부적합수	Total EA CRI. EA MAJ. EA MIN. EA			

합격 (주)에이티에스 피씨비

외관 검사 항목

구분	부적합 유형	SPEC	검사현황	
1	SHORT	부품의 접합되어 있는 LAND와 LAND 사이 or 부품간에 Short가 없을 것.	OK	NG
2	역삽	목적하는 위치에 규정된 부품이 존재(방향) 유무 확인.	OK	NG
3	오삽	목적하는 위치에 규정된 부품이 존재 유무 확인.	OK	NG
4	미삽	목적하는 위치에 해당 부품의 존재 유무 확인	OK	NG
5	파손	SOLDERING 된 부품이 표면의 이상유무 확인	OK	NG
6	부품크랙	SOLDERING 된 부품이 표면의 이상유무 확인	OK	NG
7	OPEN	부품이 목적하는 위치에 정확히 접합되어 있을 것.	OK	NG
8	치우침	LAND에 대하여 부품의 전극이 전,후,좌,우 1/2 이하 벗어 날것.	OK	NG
9	들어짐	LAND에 대하여 부품의 전극이 X,Y축 1/2 이하 벗어 날것.	OK	NG
10	들뜸	LAND 표면으로부터 CHIP류 1.0mm이상 , IC류 0.5mm 이상 들뜸이 없을 것.	OK	NG
11	냉납	부품의 전극부의 PCB LAND에 납의 이상 유/무	OK	NG
12	미납	부품의 전극부의 PCB LAND에 납의 이상 유/무	OK	NG
13	소납	납 형성이 부품의 전극(LEAD) 두께의 1/2 이상로 형성 될 것.	OK	NG
14	납볼	부품의 접합되어 있는 LANC와 LAND 사이에 SOLDER 입자가 없을 것.	OK	NG

수삽 외관 검사 항목

구분	검사항목	SPEC	검사현황	
1	외관검사	부품이 목적하는 위치에 정확하게 실장되고 땜상태가 양호한것.	OK	NG
2	세척	세척 상태가 양호하고 얼룩이 없을것.	OK	NG

【특이사항】 【불량내역】

그림 84 디지털 수신기 조립 성적서

(3) H/W 기능 시험

PCB 조립 시험을 마친 디지털 송·수신기 하드웨어의 기능을 확인하기 위한 절차서에 의해 하드웨어 기능 시험을 진행하였다. 시험 완료 후의 성적서는 다음과 같다.

프로젝트명: 고속철도 디지털 송수신기 개발
계약 번호:

검사 항목		검사 조건	합격 기준		측정 값	확인	비고
			기준 값	단위			
		16→1.9V1(U12 1번)와 GND1(CN4 23번) 역방향	수백Ω 이상	Ω	2.26k	정상	
3.3.2	전압 시험						
3.3.2.1	3.3V0 시험	1→U19 9번 핀의 전압 측정(TP9, TP6)	3.135~3.465	V	3.29	정상	
		2→U19 9번 핀의 Ripple전압 측정	100 미하	mV	10	정상	
3.3.2.2	1.9V0 시험	1→U19 4번 핀의 전압 측정(TP10, TP6)	1.81~1.99	V	1.9	정상	
		2→U19 4번 핀의 Ripple전압 측정	100 미하	mV	10	정상	
3.3.2.3	3.3V1 시험	1→U22 9번 핀의 전압 측정(TP17, TP14)	3.135~3.465	V	3.29	정상	
		2→U22 9번 핀의 Ripple전압 측정	100 미하	mV	60	정상	
3.3.2.4	1.9V1 시험	1→U22 4번 핀의 전압 측정(TP18, TP14)	1.81~1.99	V	1.88	정상	
		2→U22 4번 핀의 Ripple전압 측정	100 미하	mV	60	정상	
3.3.3	Clock 시험						
3.3.3.1	DSP Clock 시험	1→U19 105번 핀의 Clock 측정(OSC1 3번핀, TP6)	29.7~30.3	MHz	30	정상	
		2→U19 105번 핀의 진폭 측정	3.135~3.465	V	3.31	정상	
		3→U22 105번 핀의 Clock 측정(OSC2 3번핀, TP14)	19.8~20.2	MHz	20	정상	
		4→U22 105번 핀의 진폭 측정	3.135~3.465	V	3.25	정상	
3.3.4	JTAG Port 시험	1→CPLD1 프로그램 Download(CN5와 PC연결)	Download 완료		o	정상	
		2→CPLD2 프로그램 Download(CN6와 PC연결)	Download 완료		o	정상	
3.3.5	Reset 기능 시험						
3.3.5.1	Manual Reset 시험	1→Reset Switch 누를 때 TP53, TP6을 측정	High->Low		o	정상	
		2→Reset 유지시간 측정	200이상	ms	200이상	정상	
		3→Reset Switch 누를 때 TP78, TP14을 측정	High->Low		o	정상	

Rev. B | 문서 제목: 고속철도 디지털 수신기 시험 보고서 | Internal No.: D1111-014-DTR-T | Page. 10/17

그림 85 디지털 수신기 하드웨어 시험 보고서

USER NAME:
CONTRACT NO.:

검사 항목		검사 조건	합격 기준		측정 값	확인	비고
			기준 값	단위			
3.1	외형 검사	TVTB100의 외형을 육안으로 검사한다.					
		(1)전면판의 스크래치, 구부러짐, 마감 확인	도면	-	양호	OK	
		(2)전면판과 PCB 결합 확인	도면	-	양호	OK	
		(3)부품 조립 상태(방향, 맴 누락, 구부러짐) 확인	도면	-	양호	OK	
		(4)방열 판 스크래치, 구부러짐, 장착 위치 확인	도면	-	양호	OK	
		(5)보드 지지대 장창 위치 확인	도면		양호	OK	
		(6)보드 코딩 확인	상세설계서	-	양호	OK	
3.2	전원 단락 여부 검사	VCC와 GND 간의 저항 측정을 측정한다.					
		(1)24V 순방향	3k이상	Ω	5.1k	OK	
		(2)24V 역방향	420이상	Ω	560k	OK	
		(3)24VSEC 순방향	39k이상	Ω	42k	OK	
		(4)24VSEC 역방향	30k이상	Ω	31k	OK	
		(5)+15V 순방향	9k이상	Ω	15k	OK	
		(6)+15V 역방향	3.5k이상	Ω	4k	OK	
		(7)-15V 순방향	9.5k이상	Ω	10k	OK	
		(8)-15V 역방향	3.5k이상	Ω	5k	OK	
		(9)15V 순방향	4.5k이상	Ω	5k	OK	
		(10)15V 역방향	4.5k이상	Ω	4.8k	OK	
		(11)+5V 순방향	5k이상	Ω	6k	OK	

Date	Rev.	Date	Rev.	Title: 고속철도 디지털 송신기 시험 보고서
2012-09-07	B			Project Name: 고속철도 궤도회로 개발
2012-06-25	A			Internal No.: D1111-056-DTR-T P 6/19

그림 86 디지털 송신기 하드웨어 시험 보고서

마. 환경 시험

(1) 내 환경 시험

한국 SGS에서 저온 시험 및 고온 시험, 온도 사이클 시험, 고온 고습 시험, 절연 저항, 절연 내력 시험을 수행하였고 시험 성적서는 다음과 같다.

SGS

발행번호 : SGS-R12-1035
Page : 1 / 24

시 험 성 적 서

발 행 번 호	:	SGS-R12-1035
의 뢰 기 관	:	LS산전(주)
의 뢰 자	:	LS산전(주)
회 사 주 소	:	경기도 안양시 동안구 호계동 533
제 품 명	:	디지털 송신기
모 델 명	:	KD2000 송신기
환 경 조 건	:	(25 ± 4) ℃, (35 ± 4) % R.H.
시 험 일 자	:	2012년 10월 30일 ~ 2012년 11월 06일
시험규격/방법	:	KS C 0220: 1999, KS C 0221: 1999, KS C 0227: 2001, KS C 0225: 2001, IEC 60950-1: 2005
시 험 결 과	:	성적서 참조
측정 불확도	:	N/A
용 도	:	품질 평가용

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.

확 인	시험자	승인자
	성 명 : 장 동 열 (서명)	직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 동 균 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구 (KOLAS) 로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.

2012.11.07.

한국인정기구 인정 한국에스지에스(주) 기흥시험소 (인)

그림 87 송신기 내 환경 시험 성적서

SGS

발행번호 : SGS-R12-1035
Page : 2 / 24

시험 결과 요약

디지털 송신기 / KD2000 송신기	
시험 항목	시험 결과
저온 시험	이상 없음.
고온 시험	이상 없음.
온도 CYCLE 시험	이상 없음.
고온 고습 시험	이상 없음.
절연저항 / 절연내력	적 합

그림 88 송신기 내 환경 시험 결과 요약

SGS

발행번호 : SGS-R12-1034
Page : 1 / 20

시 험 성 적 서

발 행 번 호	:	SGS-R12-1034
의 뢰 기 관	:	LS산전(주)
의 뢰 자	:	LS산전(주)
회 사 주 소	:	경기도 안양시 동안구 호계동 533
제 품 명	:	디지털 수신기
모 델 명	:	KD2000 수신기
환 경 조 건	:	(25 ± 4) ℃, (35 ± 4) % R.H.
시 험 일 자	:	2012년 10월 30일 ~ 2012년 11월 06일
시험규격/방법	:	KS C 0220: 1999, KS C 0221: 1999, KS C 0227: 2001, KS C 0225: 2001, IEC 60950-1: 2005
시 험 결 과	:	성적서 참조
측정 불확도	:	N/A
용 도	:	품질 평가용

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.

확 인	시험자	승인자
	성 명 : 장 동 열 (서명)	직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 동 균 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구 (KOLAS) 로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.

2012.11.07.

한국인정기구 인정 한국에스지에스(주) 기흥시험소 (인)

그림 89 수신기 내 환경 시험 성적서

SGS

발행번호 : SGS-R12-1034
Page : 2 / 20

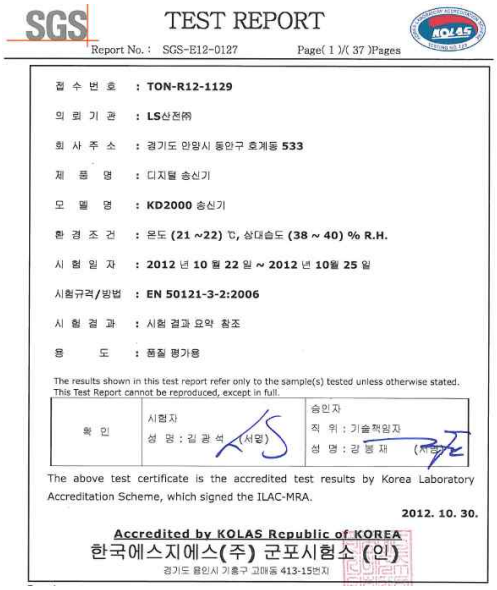
시험 결과 요약

디지털 수신기 / KD2000 수신기	
시험 항목	시험 결과
저온 시험	이상 없음.
고온 시험	이상 없음.
온도 CYCLE 시험	이상 없음.
고온 고습 시험	이상 없음.
절연저항 / 절연내력	적 합

그림 90 수신기 내 환경 시험 결과 요약

(2) 전자기 적합성 시험

한국 SGS에서 전도성 장애 시험 및 방사성 장애 시험, 정전기 방전 내성 시험, 전자파 방사 내성 시험, 전기적 빠른 과도현상 내성 시험, 서지 내성 시험, 전자파전도 내성 시험, 전압 변동 시험을 수행하였고 시험 성적서는 다음과 같다.



SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-E12-0127 Page(1)/(37)Pages

접 수 번 호 : TON-R12-1129

의 뢰 기 관 : LS산전㈜

회 사 주 소 : 경기도 안양시 동안구 호계동 533

제 품 명 : 디지털 송신기

모 델 명 : KD2000 송신기

환 경 조 건 : 온도 (21 ~22) ℃, 상대습도 (38 ~ 40) % R.H.

시 험 일 자 : 2012 년 10 월 22 일 ~ 2012 년 10월 25 일

시험규격/방법 : EN 50121-3-2:2006

시 험 결 과 : 시험 결과 요약 참조

용 도 : 품질 평가용

The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.
This Test Report cannot be reproduced, except in full.

확 인	시험자 성 명 : 김 광 석 (서명)	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 강 봉 재 (서명)

The above test certificate is the accredited test results by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

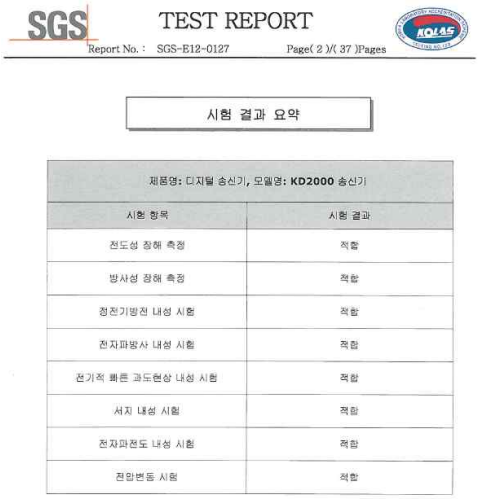
2012. 10. 30.

Accredited by KOLAS Republic of KOREA

한국에스지에스(주) 군포시험소 (인)

경기도 용인시 기흥구 고매동 413-15번지

그림 91 송신기 전자기 적합성 시험 성적서



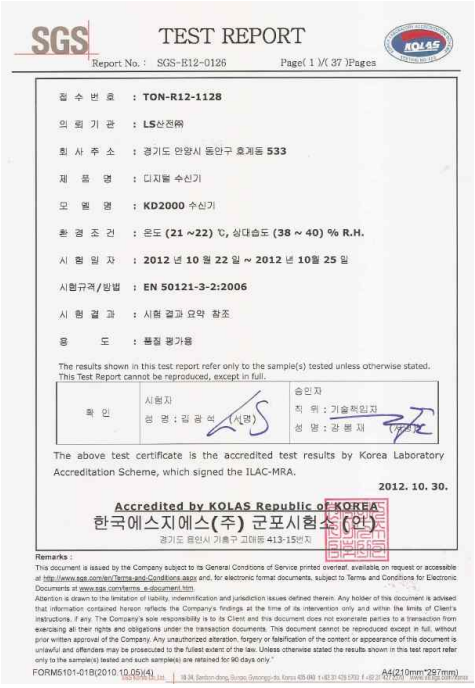
SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-E12-0127 Page(2)/(37)Pages

시험 결과 요약

제품명: 디지털 송신기, 모델명: KD2000 송신기	
시험 항목	시험 결과
전도성 장해 측정	적합
방사성 장해 측정	적합
정전기방전 내성 시험	적합
전자파방사 내성 시험	적합
전기적 빠른 과도현상 내성 시험	적합
서지 내성 시험	적합
전자파전도 내성 시험	적합
전압변동 시험	적합

그림 92 송신기 전자기 적합성 시험 결과 요약



SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-E12-0126 Page(1)/(37)Pages

접 수 번 호 : TON-R12-1128

의 뢰 기 관 : LS산전㈜

회 사 주 소 : 경기도 안양시 동안구 호계동 533

제 품 명 : 디지털 수신기

모 델 명 : KD2000 수신기

환 경 조 건 : 온도 (21 ~22) ℃, 상대습도 (38 ~ 40) % R.H.

시 험 일 자 : 2012 년 10 월 22 일 ~ 2012 년 10월 25 일

시험규격/방법 : EN 50121-3-2:2006

시 험 결 과 : 시험 결과 요약 참조

용 도 : 품질 평가용

The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.
This Test Report cannot be reproduced, except in full.

확 인	시험자 성 명 : 김 광 석 (서명)	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 강 봉 재 (서명)

The above test certificate is the accredited test results by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

2012. 10. 30.

Accredited by KOLAS Republic of KOREA

한국에스지에스(주) 군포시험소 (인)

경기도 용인시 기흥구 고매동 413-15번지

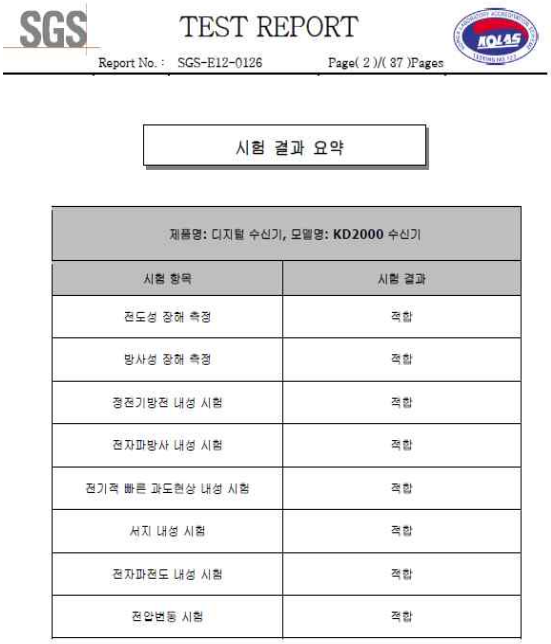
Remarks :

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at www.sgs.com/terms_e-document.htm.

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 90 days only."

FORM6101-01B(2010.10.05)(4) A4(210mm*297mm)

그림 93 수신기 전자기 적합성 시험 성적서



SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-E12-0126 Page(2)/(37)Pages

시험 결과 요약

제품명: 디지털 수신기, 모델명: KD2000 수신기	
시험 항목	시험 결과
전도성 장해 측정	적합
방사성 장해 측정	적합
정전기방전 내성 시험	적합
전자파방사 내성 시험	적합
전기적 빠른 과도현상 내성 시험	적합
서지 내성 시험	적합
전자파전도 내성 시험	적합
전압변동 시험	적합

그림 94 수신기 전자기 적합성 시험 결과 요약

바. 현장 시험

기능 검증을 위한 현장 적용 시험을 실시함.

일시: 2013년 02월 18일 ~ 2013년 02월 20일
장소: 오송 전기사무소 교육설비
범위: KD2000송신기와 수신기를 TC3156A 및 TC3156B에 설치 및 시험
중점 시험 사항: KD2000 송신기와 수신기의 기계적 호환성 점검
KD2000 송신기와 수신기의 전기적 호환성 점검
기존 시스템(CEU, Receiver)과의 성능비교
인원: LS산전 : 엄정규 선임, 테크빌 : 황인광 팀장 외 2명
계측기 및 툴: 선택형 전압측정기 VS 190, 오실로 스코프, 디지털 멀티미터, 단락 회로 바, 유지보수장비(LME)

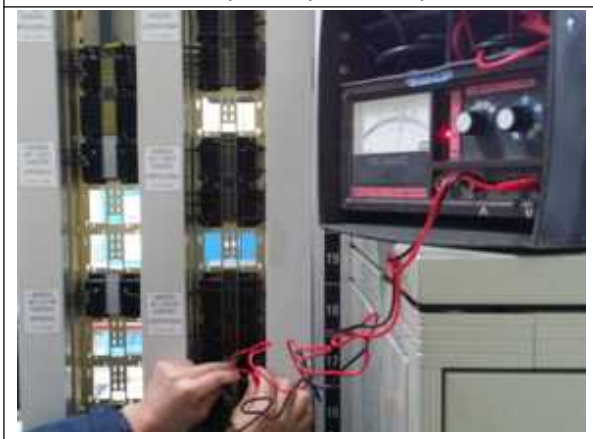
송신기 소비전류 측정	송신기의 출력신호측정(Uem)
	
수신 전압측정(UV1V2)	수신 전압측정(UR1R2)

표 31 KD2000 수신기 기계실 측정 사진

송신 전압측정(TAD430)	궤도 전압측정(UVE)
궤도전압 측정(UVR)	궤도 전류측정(I_{cc})

표 32 궤도 측정 사진

기존 송신기(CEU)	KD2000 송신기
기존 수신기(REC240)	KD2000 수신기

KD2000 송신기 설치 확인	수신기 모니터링 시뮬레이터

표 33 KD2000 송신기 수신기 설치 사진

시험 결론: KD2000 수신기는 전기적, 기계적으로 호환성을 모두 만족하였다.

9. RAMS 활동 수행 결과

가. RAMS 활동 정의

철도시스템 RAMS명세 및 입증에 대한 국제표준(IEC 62278) 기준의 고속선 디지털 궤도회로 RAMS 활동

- 고속선 디지털 궤도회로 장치의 신뢰도예측(미국방표준 적용)
- 다중계구조를 고려한 신뢰도 블록다이어그램 작성
- 고장모드영향분석을 통한 연간 서비스지연시간 예측
- 시스템단위, 인터페이스, 운영환경을 고려한 위험원 도출 및 위험도평가
- 신뢰도입증을 위한 가속시험모델개발
- 철도신호시스템 안전관련 국제표준(IEC 62425) 기반의 Safety Case작성

디지털 송·수신기의 개발과정인 분석, 설계, 제작, 설치, 시험 및 시운전에 대해 전기전자 시스템들의 안전성 활동에 대한 국제규격인 IEC62278과 IEC62425 규격을 적용하며 개발품의 신뢰성/안전성 관리 및 검증, 소프트웨어 평가 체계는 다음과 같다.

(1) 수명주기에 따른 RAMS 활동

IEC 62278은 시스템의 수명주기 전체에 걸친 RAMS 활동을 정의하고 있다. 각 수명주기에 따른 주요 활동을 아래 표의 내용과 같다.

단계	주요 활동
1. 개념설계	시스템 정의, 내용, 목적 분석 기존 시스템 분석 RAMS 활동 범위 정의
2. 시스템 정의 및 응용 조건	예비 위험원 분석 안전 계획 수립
3. 위험도 분석	시스템 위험원 분석 Hazard Log 작성
4. 시스템 요구사항 수립	RAMS 요구사항 작성 조직 구성 정의 상세 RAM 프로그램 작성
5. 시스템 요구사항 배분	RAMS 요구사항 배분 할당된 RAMS 요구사항의 수용 기준 및 방법 수립
6. 설계 및 구현	시스템 설계 시스템 제작 설치, 시운전, 운영, 유지보수 계획 수립 제작 절차 정의
7. 제작	제작 공정 검증 부품 지원 체계 수립 제작 계획 수립
8. 설치	하부시스템 조립 및 설치 설치 매뉴얼 작성

	안전계획 갱신 교육 및 지원시스템 계획 수립
9. 시스템 검증	시스템 검증 시운전 실시 FRACAS 방안 수립
10. 시스템 수용	RAM 입증 및 안전보고서 평가
11. 운영 및 유지보수	시스템의 성능 검토 RAMS 요구사항 유지를 위한 교육훈련, FRACAS 등 실시
12. 성능 감시	RAMS 데이터 수집, 분석, 통계 운영,유지보수,지원시스템 변경에 대한 RAMS 데이터 분석
13. 보완 및 개량	보완된 시스템의 검증기록 가정 및 제한사항을 명시한 문서화 확인, 검증, 수용과 관련된 기록의 문서화 위험원 목록 갱신 안전보고서 갱신 RAM 문서 갱신
14. 폐기	가정 및 제한사항을 명시한 문서화 폐기업무에 대한 기록의 문서화 및 유지 위험원 목록 갱신 안전계획서 갱신 안전보고서 갱신 RAMS 요구사항의 유지와 관련된 문서의 갱신

표 34 각 수명주기에 따른 주요 활동

- RAM 활동

RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 활동이란 시스템에 요구된 정량적 목표를 만족하도록 관리하여 객관적인 정보를 통해 목표달성을 입증하는 행위이다. RAM 활동은 적용범위를 명확히 해야하고, 관련근거 및 사용단위, 예측치와 입증치의 명확한 표현, 입증자료의 인정범위들의 정의가 필요하다.

RAM 관리의 프로세스는 아래 그림과 같다.

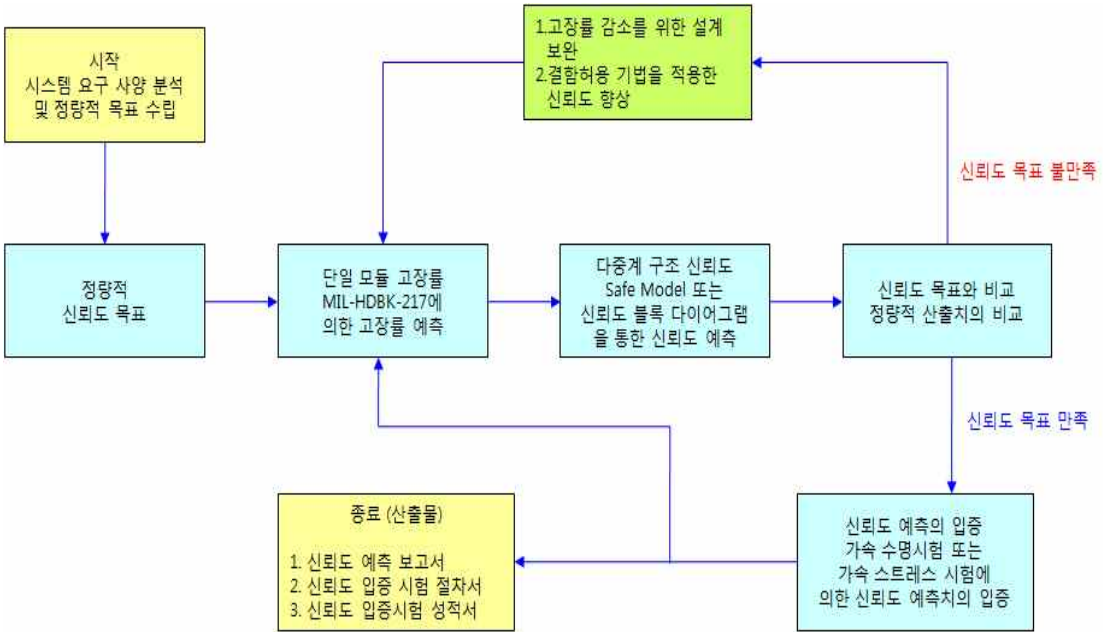


그림 95 RAM 관리 프로세스

RAM 활동은 객관적인 정보를 기준으로 수행되어야 하며 관련 규격은 아래 표와 같다.

관련활동	관련규격	결과
활동 절차	IEC62278 ,"Railway applications Specification and demonstration of Reliability, maintainability and safety(RAMS)" MIL-STD-785, Reliability Program for System and Equipment Development and Production	계획서 보고서
신뢰도 예측	MIL-HDBK-217, Reliability Prediction of Electronic Equipment	예측 MTTF
유지보수도 예측	MIL-HDBK-472A, Maintainability Prediction	예측 MTTR
신뢰도/유지보수도 (가용도) 입증	MIL-STD-785B, Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production, Task 104, Failure Reporting Analysis and Corrective Action System(FRACAS)	입증 MTTF 입증 MTTR

그림 96 RAMS 관련 규격

신뢰도 예측 후에는 신뢰도 입증을 수행해야 하며, 신뢰도 입증은 아래 두 방법에 의하여 수행될 수 있다. 신뢰도 입증은 본선 시운전을 통해 고장정보를 수집하는 방법을 사용하여 수행한다.

○ 신뢰성시험을 통한 신뢰도 입증(현장시험이 불가능한 경우)
- LRU단위 H/W & S/W 신뢰도를 가속시험을 통해 산출
- 스트레스요소 선정 및 가속률산출(수학적 모델링)
- 목표 MTBF만족여부 확인(비파괴 시험)

- 정량적 MTBF 산출(파괴 시험)

○ 시운전시험을 통한 신뢰도 입증 (현장시험이 가능한 경우)
- 시스템단위 H/W & S/W 신뢰도를 시운전시 발생된 고장정보 수집
- 시스템의 위험원으로 인한 리스크가 허용할 수 있는 수준으로 건전하게 제어되었음을 객관적인 정보를 통해 입증한다.

- 안전성 활동

안전성 활동이란 시스템의 위험원으로 인한 리스크가 허용 가능한 수준으로 건전하게 제어되었음을 객관적인 정보를 통하여 입증하는 행위이다. 안전성 활동의 전체적인 흐름은 아래 그림과 같다.

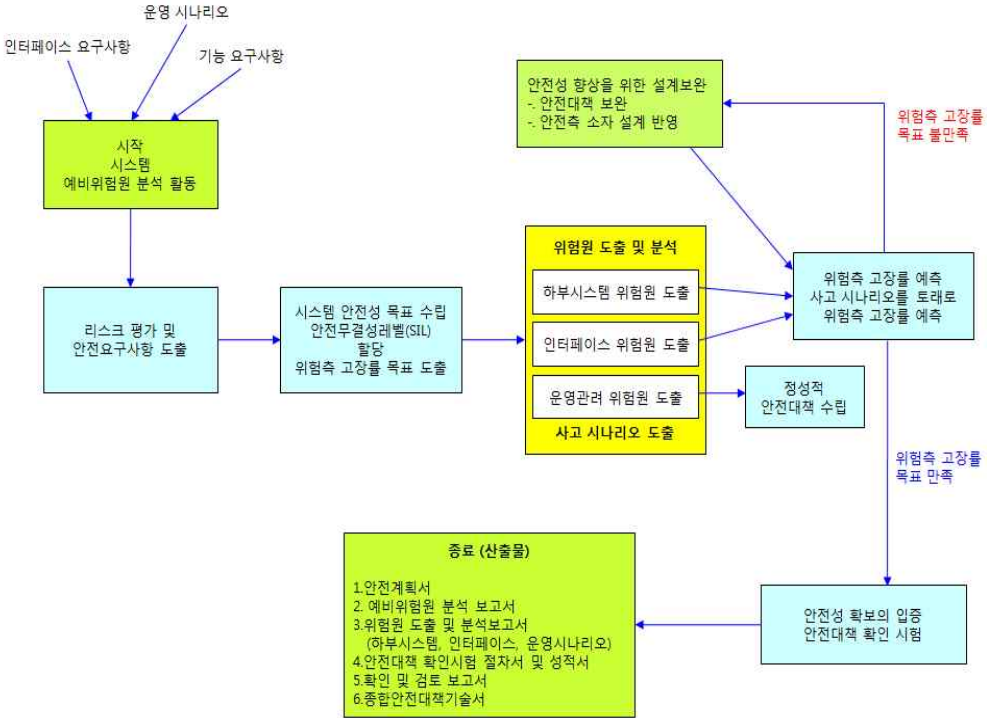


그림 97 안전성 활동의 전체적 흐름

안전성 활동의 체계는 아래 그림과 같다.

안전목표수립	리스크의 허용수준 결정	
시스템분석	기능요구사항, 인터페이스요구사항, 운영시나리오	체계별 결과
예비위험원분석 (PHA)	기존 위험원참조, 리스크의 억제가능여부 타진 안전대책은 시스템 안전요구사항에 활용	1. 시스템 사고목록 작성 2. 시스템 위험원목록(사고에 가까운 Hazard) 3. 전체 시스템 안전요구사항 4. 위험원별 리스크
위험원도출 및 분석 (HIA)	위험원도출 : What if, FMEA, HAZOP etc. 위험원분석 : FTA, ETA	1. 하부시스템 안전요구사항 2. 하부시스템 안전대책 3. 고장목록 4. 시스템 위험원목록(원인에 가까운 Hazard)

그림 98 안전성 활동의 체계

나. RAMS 활동 조직

본 과제의 RAMS 활동은 IEC 규격에 따른 독립성을 보장하는 조직으로 구성하였다. 조직의 구성은 아래 그림과 같다.

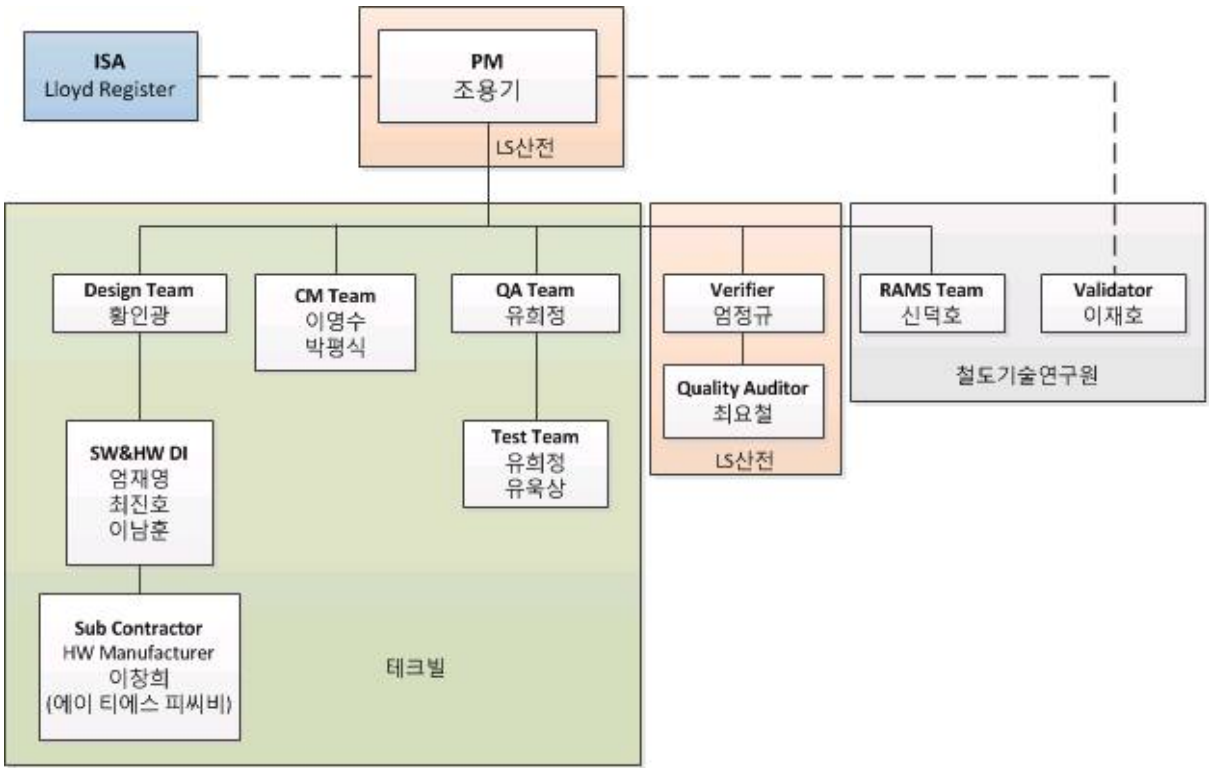


그림 99 조직 구성

책임과 역할은 아래 표와 같다.

Project Manager	• 프로젝트 총괄, 관리 및 감독 책임 • 전사 지원조직 관리 • 공정계획 수립 • 단계별 산출물 및 프로세스 검토 • 프로젝트 회의(월간공정회의) 진행	LS산전 조용기
Verifier	• 수명주기의 각 단계 테스트 및 분석 • 시스템 통합시험 진행 • 시험 결과에 대한 결과보고서 작성	LS산전 엄정규
Quality Auditor	• 프로젝트 품질관리계획서 검토 • 수명주기의 각 단계 품질감사 실시 • 품질감사 이행 및 조치결과 확인	LS산전 최요철
RAMS Team Manager	• HW/SW SIL 할당, • HW/SW 위험원 분석 • HW/SW RAMS 분석 • 소프트웨어 관리 • HW/SW RAMS 요구사항 입증	철도기술연구원 신덕호
Validator	• 테스트 및 분석을 통하여, 제품의 모든 요구사항이 만족됨을 입증 • 시스템 종합시험 진행 • 시스템 성능시험 진행	철도기술연구원 이재호
Development Team Manager	• 개발 설계 상세일정계획 수립 • 설계개발 성과 측정 및 보고 • 개발 설계일정 조정관리 • 주기적인 SW 품질활동 보고	테크빌 황인광
SW&HW Designer	• 개발 요구사항 도출 • H/W설계 및 개발 • S/W설계 및 개발	테크빌 엄재영, 최진호, 이남훈
CM Team Manager	• 형상관리계획 수립 • 형상관리 절차에 따라 형상관리를 감독 • 형상관리 절차에 따라 형상관리를 수행 • 형상관리 체계의 적용	테크빌 이영수, 박평식
QA Team Manager	• 품질관리 절차에 따라 품질관리를 수행 • 품질보증활동 주관 • 품질보증계획 수립	테크빌 유희정

	• 품질목표 및 기준 수립 • 수시검토 및 시정조치 요청	
Test Team	• Verifier의 주관 하에 수명주기의 각 단계에서 테스트 실행 • Test결과 수집 • Test 결과에 대한 재시험 및 기록 • 제품 요구사항과 Test 결과 추적	테크빌 유희정, 유욱상
Sub-Contractor HW Manufacturer	• 하드웨어 제작 및 공급 • 부적합 사항에 대한 조치 계획 작성 및 조치 • 공급 물품에 대한 검사 및 승인 요청 • 시험성적서 제출 • 품질관리활동 보고서 작성	에이티에스 피시비 이창희

표 35 조직 구성원의 책임과 역할

다. 위험원 분석

(1) 위험원 분석 방법

송신기와 수신기의 각 기능을 규명하여 해당 기능에 대한 기능고장발생에 따른 위험상황을 위험원으로 정의하여 분석을 실시하였다. 분석을 위해 HAZOP(Hazard and Operability Study) 방법을 사용하였다. HAZOP 활동을 통해 다음과 같은 내용을 도출한다.

- 위험원 정립
- 위험원에 대한 원인 및 영향 분석
- 위험원 수준 분류
- 위험도 평가
- 위험원에 대한 안전성 요구사항 생성
- SIL 결정

(2) 위험원 심각도 분류

각 위험원으로 인해 발생 할 수 있는 잠재적인 사고에 대한 심각도 수준은 아래 Table과 같이 5개의 등급으로 분류한다. 심각도에 대한 평가 기준은 엔지니어의 경험적 판단에 근거한다.

심각도	등급	설명	정량적 기준	해당사고
치명적인 위험 (Catastrophic)	A	인명의 사망, 시스템의 손실 또는 심각한 환경상의 피해를 유발하는 위험	3인 이상 사망	열차충돌
중대한 위험 (Critical)	B	심각한 인명의 상해, 직업상의 질병 및 중요한 시스템 또는 환경상의 피해를 초래하는 위험	1인 사망 < X ≤ 3인 사망	인명사상 열차탈선
중요하지 않은 위험 (Marginal)	C	최소한의 상해, 직업상의 질병 및 최소한 시스템 또는 환경상의 피해를 초래하는 위험	1인 중상 < X ≤ 1인 사망	대규모 운행지연
사소한 위험 (Insignificant)	D	최소한의 상해, 직업상의 질병보다 작고, 최소한의 시스템 및 환경상의 피해보다 작은 영향을 초래하는 위험	1인 이하 중상	운행지연
신뢰성 관련 (Reliability Related)	R	인명이나 환경상에 피해를 발생하지 않으나 경제적 손실을 동반하는 위험	유지보수필요	성능저하
[Note] 1인 사망=10인 중상=100인 경상 대규모운행지연의 정의는 추후갱신예정 열차충돌, 열차탈선/인명사상은 관련법령(철도안전법 등)에 정의.				

표 36 심각도 기준

(3) 위험원 발생빈도 분류

각 위험원으로 인해 발생할 수 있는 잠재적인 사고에 대한 발생 가능 빈도 수준은 아래 표와 같이 6개의 등급으로 분류한다.

발생 빈도	등급	설명	정량적 기준 (단위시간당 발생확률)
빈번한 발생 (Frequent)	1	수명주기 동안 빈번하게 발생할 가능성이 있음	10-3이상
가능성 있는 발생 (Probable)	2	수명주기 동안 여러 번 발생할 가능성이 있음	10-4 to 10-3
종종 발생 가능 (Occasional)	3	수명주기 동안 가끔 발생할 가능성이 있음	10-6 to 10-4
발생가능성이 미약함 (Remote)	4	수명주기 동안 한두 차례 발생할 가능성이 있음	10-8 to 10-6
발생 가능성이 거의없음 (Improbable)	5	수명주기 동안 발생 가능성은 있지만, 발생하지 않음	10-9 to 10-8
발생 가능성이 전혀없음 (Incredible)	6	발생가능성도 희박하며, 절대 발생하지 않음	≤ 10-9이하

표 37 위험원 발생빈도 분류

(4) 위험도 수용

각 위험원에 대해 분류 된 심각도 및 발생빈도 등급을 다음과 같은 위험도 매트릭스에 적용하여 각 위험원에 대한 위험도 평가를 수행하고 수용가능 여부를 결정한다.

위험도 등급		심각도			
		A	B	C	D
발생빈도	1	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Undesirable
	2	Intolerable	Intolerable	Undesirable	Tolerable
	3	Intolerable	Undesirable	Undesirable	Tolerable
	4	Undesirable	Undesirable	Tolerable	Negligible
	5	Tolerable	Tolerable	Negligible	Negligible
	6	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

표 38 위험도 매트릭스

각 위험도 결과에 따른 관리 방안은 아래와 같다.

Intolerable: 허용할 수 없는 위험도이다. 이는 반드시 Tolerable 또는 Negligible 로 제어해야 한다.

Undesirable: 바람직하지 않은 위험도이다. 이는 가능하면 Tolerable 또는 Negligible로 제어하되, 만일 제어가 매우 어려운 경우에는 사용자와 협의하여 허용 여부를 결정할 수 있다.

Tolerable: 허용가능한 위험도이다. 가능하면 Negligible로 제어하되, 허용가능하므로 별도의 관리를 수행하지 않는다. 단, 사용자의 특별한 요구가 발생한다면 이를 Negligible로 제어하여야 한다.

Negligible: 무시할만한 수준의 위험도이다. 별도의 관리를 수행하지 않는다.

(5) 도출된 위험원

H-ID	Hazard	Source Type
SHA_RX_F3_SH07	연속정보 레벨을 높게 수신함	SHA
SHA_RX_F4_SH01	열차 점유상태임에도 불구하고, 비점유로 판단	SHA
SHA_RX_F4_SH03	열차 점유를 늦게 판단	SHA
SHA_RX_F4_SH06	열차 점유와 비점유를 판단을 반복	SHA
SHA_RX_F5_SH02	계전기 동작전압 레벨을 높게 출력함	SHA
SHA_RX_F5_SH04	계전기 동작전압 출력 공급/차단을 반복함	SHA
SHA_RX_F5_SH05	계전기 동작전압을 출력하지 말아야 함에도 불구하고 출력	SHA
RX_C01_F02_SSH04	연속신호 레벨을 높게 증폭함	SSHA
RX_C01_F03_SSH07	아날로그 신호를 잘못된 디지털 신호로 변환하여 레벨을 높게 전송함	SSHA
RX_C03_F01_SSH02	계전기 동작전압 레벨을 높게 출력함	SSHA
RX_C03_F01_SSH04	계전기 동작전압 출력 공급/차단을 반복함	SSHA
RX_C03_F01_SSH05	계전기 동작전압을 출력하지 말아야 함에도 불구하고 출력	SSHA
RX_C08_F05_SSH02	신호입력부로부터 수신한 연속정보를 분석한결과 점유를 비점유로 판단하여 궤도계전기 출력전원 제어를 출력부에 전송함	SSHA
RX_C08_F05_SSH07	점유시 점유/비점유로 반복하여 궤도계전기 출력전원 제어를 출력부에 전송함	SSHA
RX_IF_EX09_IH02	DC 24V보다 높은 전압을 전달함	IHA

표 39 도출된 위험원

라. 신뢰도 및 유지보수도 예측

(1) RAM 목표

디지털 송신기와 디지털 수신기의 RAM목표는 다음과 같다.

- [신뢰도] 모든 기능요구사항 중 어느 하나의 실패를 고장으로 정의하여 수신기에 대하여 MTBF 100,000시간 이상
- [가용도]: 99.99%

(2) 신뢰도 예측

송·수신기의 신뢰도는 부품의 기능별로 블럭화하여 부분단위로

MIL-HDBK-217FN2 기준에 따라 전문도구(Relex)를 활용하여 예측을 수행하였다. 25도씨, GB(Ground Benign)환경에서 부품의 종류 및 특성에 따라 규정된 함수의 파이값에 해당하는 (pi) Part Stress를 입력하여 해당 부품단위로 고장률과 MTBF를 평가하였다. 각 부품에 대한 고장율은 MIL-HDBK-217FN2에서 제공하는 기본 고장율을 이용하였다.

부품단위로 산출된 고장률은 기능블럭단위로 취합(고장률의 합)하여 기능단위 고장률이 산출되고, 기능이 모여 송신기와 수신기 각각에 대한 신뢰도(MTBF)가 평가된다. 송신기와 수신기는 하드웨어 여분구조의 다중계가 아니므로, 총 고장율은 모든 기능단위 고장률을 합하여 산출하였다.

부품 스트레스 분석을 위한 공식은 부품의 품질, 사용 환경조건, 온도환경를 고려하여 분석하는 기법이다. 그 공식은 아래와 같다.

$\lambda = \lambda b, \pi T, \pi A, \pi R, \pi S, \pi C, \pi Q, \pi E$

λb: 기본 고장율

πT: 온도 요소

πA: 장치 요소 (리니어, 변환, 등들)

πR: 전력소요량

πS: 전계 응력

πC: 밀착 시공 요소

πQ: 품질 요소

πE: 환경 요소

신뢰도 예측 결과는 아래와 같다. RAM 목표를 만족함을 확인하였다.

- 송신기 MTBF : 123,045 시간
- 수신기 MTBF : 160,453 시간

(3) 유지보수도 예측

평균수리시간 MTTR은 MIL-HDBK-472를 기준으로 수신기에 대하여 평가하였다. 수신기는 각각이 일체형으로 구성되어 있으므로, MTTR의 평가는 하부 구성요소와 무관하게 수신기를 대상으로 산출한다.

수신기 시스템의 계층구조를 기반으로 모듈 수준의 MTTR을 각각 평가하고, 상위수준의 MTTR은 MIL-HDBK-472에서 제시하고 있는 다음 수식을 적용하여 분석한다.

$$MTTR_S = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i \times MTTR_i)}{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}$$

교정유지보수(Corrective Maintenance) 활동에는 준비, 고장 분리 및 고장 교정(좀 더 세분화하면 분해, 교환, 재조립, 정렬 및 확인) 과업으로 이루어진다. 이러한 과업을 수행하는 시간이 MTTR에 해당된다.

고장난 아이템을 교체하기 전에 교체품은 준비되었음을 가정하였다.

모든 단계의 시간은 경험에 의하여 산출되었다. 그리고 단일품인 수신기 자체

를 대상으로 유지보수를 수행한다. MTTR 산정은 유지보수자가 교체품을 들고 고장난 Item을 제거하기 위해 준비가 끝난 상태부터 하는 것으로 가정하였다. 따라서 진단은 이미 끝난 것으로 가정하였다.

MTTR Elements	Definition	Applied conditions
Preparation (TPnj)	Time associated with those tasks required to be performed before fault isolation can be executed.	staff has a replaceable item and is ready to isolate the faulty item. So the preparation time is zero.
Fault Isolation (TFInj)	Time associated with those tasks required to isolate the fault to the level at which fault correction begins.	Time to remove the faulty items.
Disassembly (TDnj)	Time associated with gaining access to the replaceable item or items identified during the fault isolation process.	The faulty item can be removed from system directly. So the isolation time is zero.
Interchange (TInj)	Time associated with the removal and replacement of a faulty replaceable item or suspected faulty item.	Time to replace the faulty item with new item.
Reassembly (TRnj)	Time associated with closing up the equipment after interchange is performed.	There is no closing up time after interchange. So reassembly time is zero.
Alignment (TAnj)	Time associated with aligning the system or replaceable item after a fault has been corrected.	There is no alignment time. After interchange reboot the system immediately.
Checkout (TCnj)	Time associated with the verification that a fault has been corrected and the system is operational.	Time to check that a fault has been corrected. The checking is done after start-up. So Checkout and Start-up time is evaluated together.
Start-Up (TSTnj)	Time associated with bringing a system up to the operational state it was in prior to failure, once a fault has been corrected and the operational status of the system verified.	

표 40 유지보수도 측정 Factor

대상	수량	고장률 (/h)	유지보수 활동소요시간(시간)							MTTR (시간)
			준비	결함 고립	분해	실제 조치	재 조립	조정	점검 및 가동	
디지털 송신기	1	8.1270E-06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.08
디지털 수신기	1	6.2323E-06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.08

표 41 MTTR 예측 결과

따라서, 디지털 송신기와 디지털 수신기의 MTTR 목표인 0.5시간(30분)이내를 각각 모두 만족한다.

(4) 가용도 예측

설계 단계에서 수행하는 가용도 예측은 정상상태 가용도(Steady-state Availability)를 말하며 수식은 다음과 같다.

$$A_{Steady-state} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF에 대한 분석은 신뢰도 예측 결과를 이용하며, MTTR은 유지보수도 예측 결과를 이용한다.

디지털 송・수신기의 가용도는 99.9999% 로써, 목표값인 99.99%를 초과하여 만족한다.

마. SIL 할당

(1) SIL 할당 방법론

디지털 송・수신기 요구사양서의 기능에 대하여 시스템 위험원 분석을 수행하여, 초기 위험도 평가 결과에 따라 적절한 SIL이 할당 된다.

위험원에 대한 위험도 평가는 위험원의 심각도 및 발생빈도 기준을 적용하였으며, SIL 할당에 대한 기준은 아래와 같다.

▪ 심각도가 A 또는 B인 위험원이, 발생빈도가 1~4 인 경우는 발생빈도를 5 이하로 제어해야 하므로 위험도 매트릭스에 따라 SIL4 할당한다.

▪ 심각도가 C인 경우, 발생 빈도 1~3 인 경우는 발생빈도를 4 이하로 제어해야 하므로 위험도 매트릭스에 따라 SIL3 할당한다.

▪ 심각도가 D인 경우, 발생 빈도 1인 경우는 발생빈도를 2 이하로 제어해야 하므로 위험도 매트릭스에 따라 SIL1~2를 할당하여야 하지만, 보수적으로 SIL2를 할당한다.

▪ 그 외에는 SIL0가 할당된다.

▪ 안전요구사항에 대해서는 별도의 위험원 분석을 수행하지 않으며, 관련 위

험원의 위험도 평가 결과에 해당하는 SIL 등급을 상속하여 SIL을 할당한다.

(2) SIL 할당 결과

(가) 디지털 송신기의 SIL 할당

디지털 송신기의 시스템 위험원 분석 결과, 송신기의 기능에는 SIL1~4 할당이 없는 것으로 확인 되었다.

No.	SRS ID	Function	SIL	비고
1	SRS_TX_F1	주파수 및 주소 설정	0	
2	SRS_TX_F2	출력레벨 설정	0	
3	SRS_TX_F3	변조파형 출력	0	TVM430 내에 설치되어 사용될 경우에 한하여 SIL0임
4	SRS_TX_F4	자가 진단	0	TVM430 내에 설치되어 사용될 경우에 한하여 SIL0임
5	SRS_TX_F5	과전류 판단	0	TVM430 내에 설치되어 사용될 경우에 한하여 SIL0임
6	SRS_TX_F6	유지보수정보 제공	0	
7	SRS_TX_F7	과전압/저전압 보호	0	

표 42 디지털 송신기 SIL 할당

(나) 디지털 수신기의 SIL 할당

디지털 수신기의 시스템 위험원 분석 결과, 6개의 시스템 기능 중에서 3개의 기능의 위험이 SIL4 인 것으로 확인 되었다. 각 기능에서 도출된 위험원의 위험도 평가 결과를 통하여 SIL을 할당 하였다. 또한 도출된 9개의 안전요구사항 기능을 SIL4로 할당하였다. 안전요구사항 기능에 대해서는 별도의 위험원 분석을 수행하지 않는다. 그 외에는 SIL 할당이 없다.

No.	SRS ID	Function	SIL	관련 위험원 ID
1	SRS_RX_F1	주파수 설정	0	
2	SRS_RX_F2	계전기 동작 지연시간 설정	0	
3	SRS_RX_F3	연속정보 수신	4	SRS_RX_F3_SH07
4	SRS_RX_F4	연속정보 분석	4	SRS_RX_F4_SH01 SRS_RX_F4_SH03 SRS_RX_F4_SH06
5	SRS_RX_F5	계전기 동작전압 출력	4	SRS_RX_F5_SH02 SRS_RX_F5_SH04 SRS_RX_F5_SH05

6	SRS_RX_F6	유지보수 정보 제공	0	
7	SRS_RX_SF1	주변 온도 검사	4	
8	SRS_RX_SF2	계전기 동작 검사	4	
9	SRS_RX_SF3	자가 진단	4	
10	SRS_RX_SF4	전자기 적합성 대책	4	
11	SRS_RX_SF5	과전압/저전압/과전류 보호	4	
12	SRS_RX_SF6	다중 채널 비교	4	
13	SRS_RX_SF7	궤도계전기 동작전압 제한	4	
14	SRS_RX_SF8	수신기 설치를 위한 코딩	4	
15	SRS_RX_SF9	소프트웨어 SIL4 만족	4	

표 43 디지털 수신기의 SIL 할당

바. SIL 입증

SIL 할당을 통해 송·수신기 각각에 할당된 SIL에 대하여 해당 기능의 위험측 고장 발생빈도를 하향식 기법인 FTA(Fault Tree Analysis) 방법을 사용하여, IEC 62425의 A.5.2의 SIL별 Tolerable Hazard Rate에 따라 해당 기능수행을 위한 하드웨어의 예측 고장률을 기준으로 평가하여 입증한다.

Tolerable Hazard Rate THR per hour and per function	Safety Integrity Level
$10^{-9} \le THR < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \le THR < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \le THR < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \le THR < 10^{-5}$	1

그림 100 SIL Table

(1) 분석과정

(가) 위험원 및 THR 확인

시스템요구사항을 기반으로하여 Fault tree 상의 top event로 정의되는 각 위험원을 확인하고, 위험원에 대한 THR을 확인한다.

(나) Fault Tree 생성

각 위험원을 top event로 고려하여 디지털 송신기와 수신기의 각 위험원에 대한 fault tree를 생성한다.

(다) 신뢰성 데이터 적용

디지털 송신기와 디지털 수신기에 대한 정량적인 FTA를 수행하기 위해, 생성된 각 fault tree상의 basic events에 신뢰성 데이터를 적용한다.

각 fault tree상의 basic events는 디지털 송신기와 디지털 수신기의 각 기능 블록의 고장율이다.

(라) 고장빈도 및 비가용도 산출

각 basic event에 적용되는 신뢰성 데이터를 기반으로, fault tree 상의 다양한 수준에서의 각 gate event에 대한 고장빈도 및 비가용도를 계산하며, 이를 기반으로 top event에 대한 고장빈도 및 비가용도를 산출한다.

산출된 top event의 고장 빈도와 해당 top event에 결정된 THR 간의 비교를 통해 정량적인 안전성 목표에 대한 충족 여부를 확인하다.

정량적인 FTA를 수행하기 위해, Micro software사의 응용프로그램인 Visio 및 Excel을 사용하며, fault tree 상의 각 event에 대한 고장 빈도(W) 및 비가용도(Q)를 산출하기 위해 적용되는 수식은 다음과 같다. 해당 수식은 Table 3.11 참조규격의 "Fault Tree Handbook[NUREG-0492]" 문서 내의 Chapter XI-Fault Tree Evaluation Techniques 를 참조한다.

▪ 비가용도 (Q):

- 일정형 고장률, 주기적인 시험, 수리 불가능한 경우

$$Q(t) \approx \frac{\lambda t}{2} \quad , (\tau : \text{Test period})$$

- 일정형 고장률, 비 시험, 수리 가능한 경우

$$Q(t) \approx \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \quad (\mu = \frac{1}{MTTR})$$

- 일정형 고장률, 주기적인 시험, 수리 가능한 경우

$$Q(t) \approx \lambda t, \quad t = \frac{\tau}{2} + T_R \quad (\tau \ : \text{Test period}, \ T_R : \text{Repair time})$$

디지털 송신기와 수신기는 일정형 고장률, 주기적인 시험, 수리 가능한 경우의 수식을 적용한다.

- 고장 빈도 (W): $W(t) \approx \lambda$ with $\lambda t < 0.1$
- OR 게이트 OR gate: $Q_{OR} = Q_1 + Q_2$, $W_{OR} = W_1 + W_2$
- AND 게이트 AND gate: $Q_{AND} = Q_1 \bullet Q_2$, $W_{AND} = Q_1 \bullet W_2 + Q_2 \bullet W_1$

(마) THR 만족 여부 확인

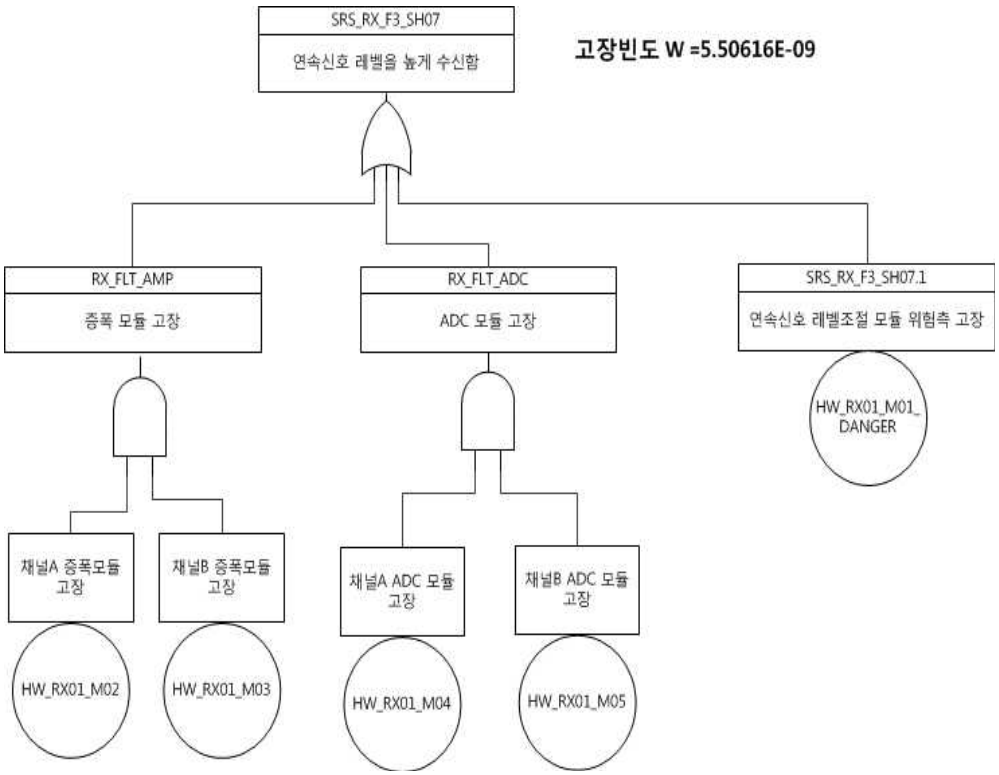
계산된 top event의 고장 빈도를 기반으로 각 위험원에 할당된 THR의 만족 여부를 확인한다.

(2) SIL 입증 결과

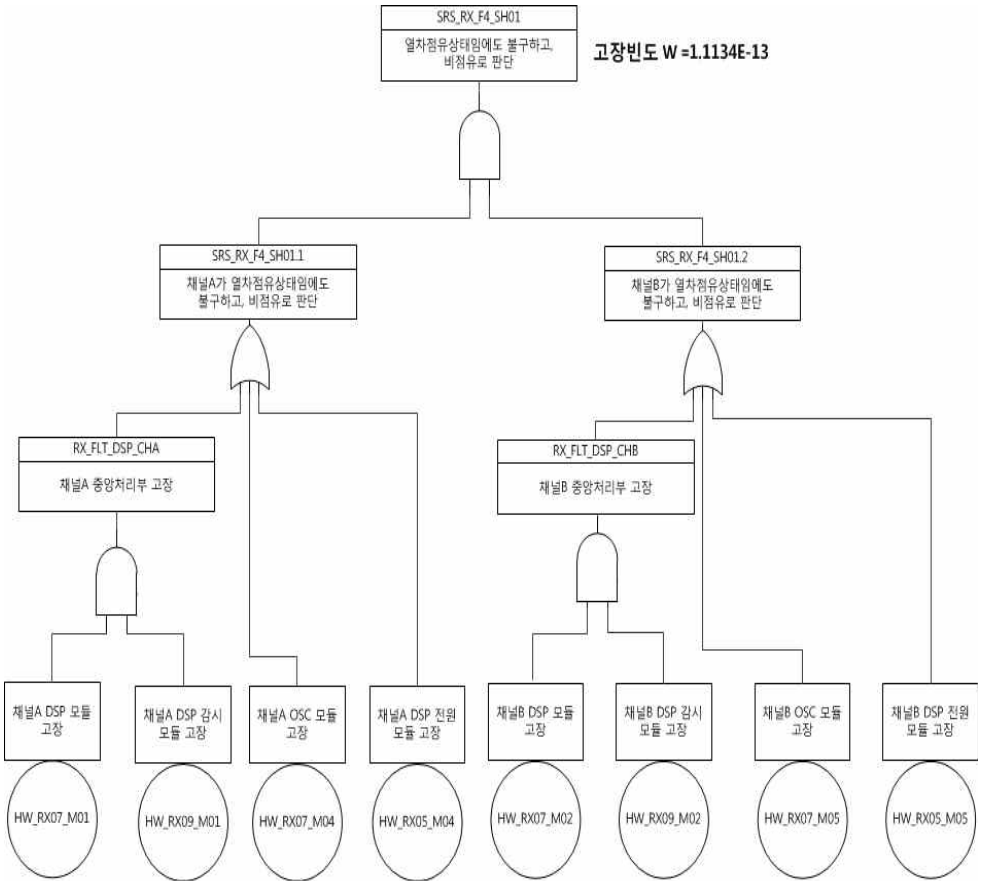
(가) FTA 결과

FTA 수행 결과는 아래와 같다.

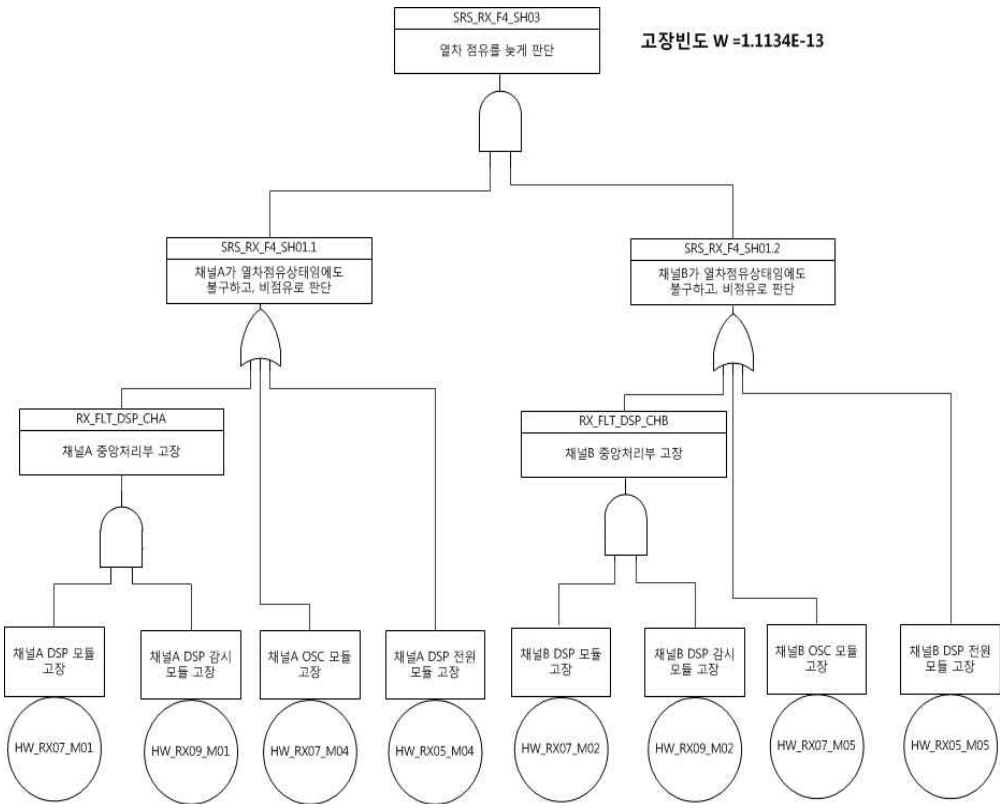
- SRS_RX_F3_SH07



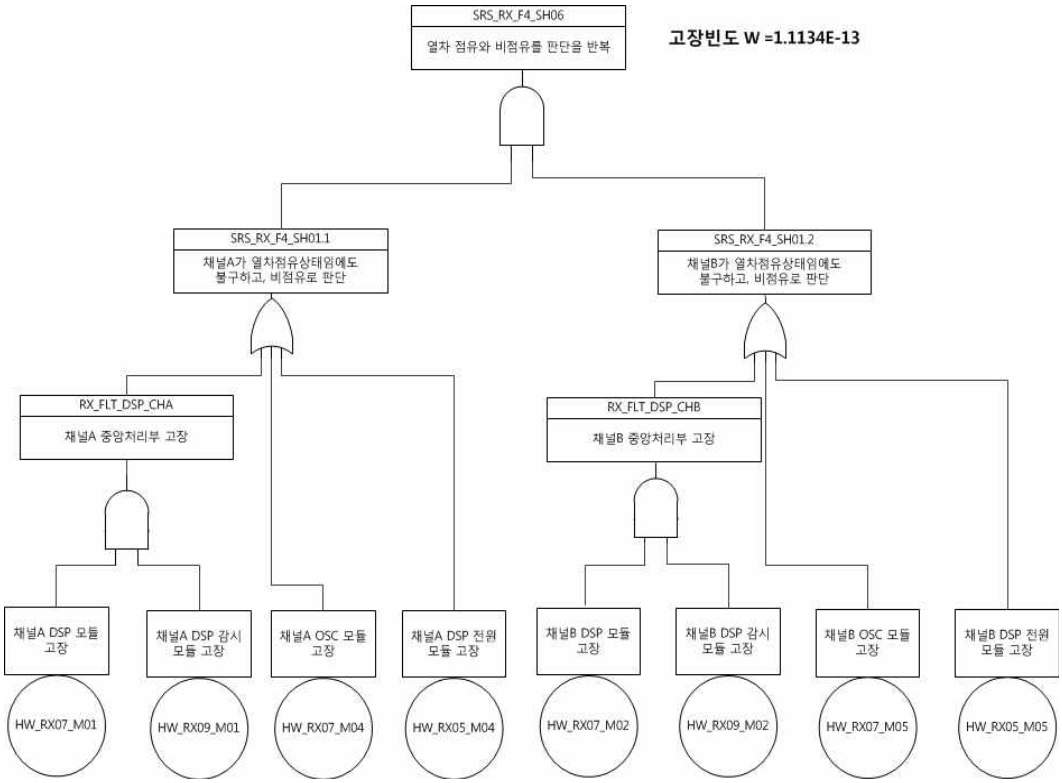
- SRS_RX_F4_SH01



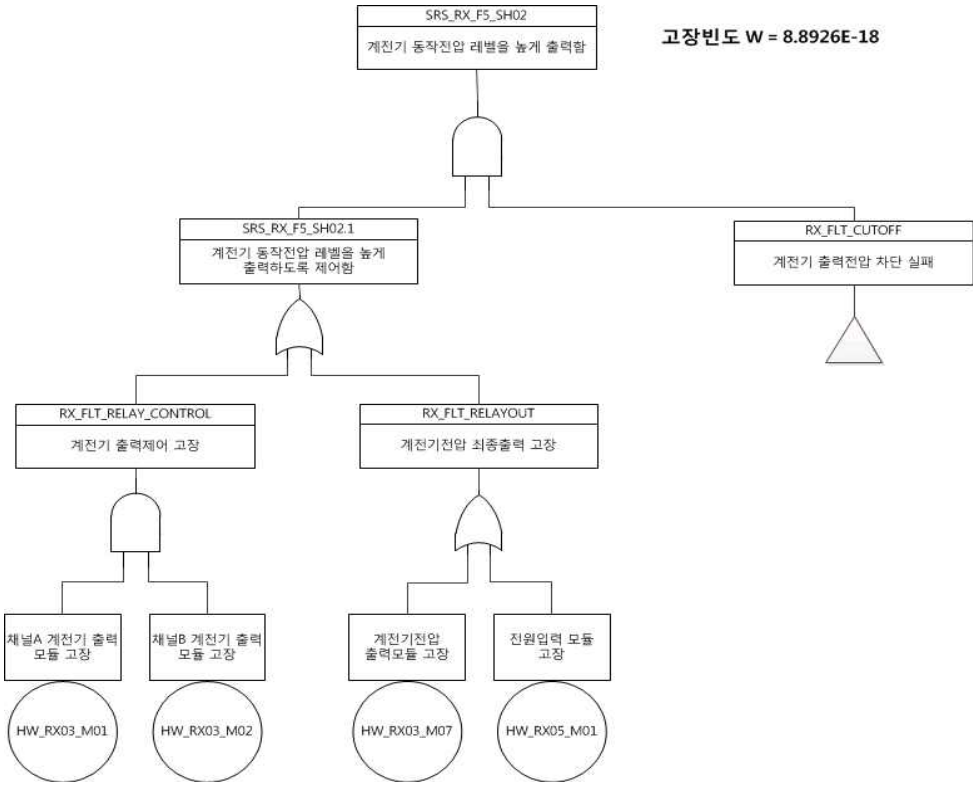
- SRS_RX_F4_SH03



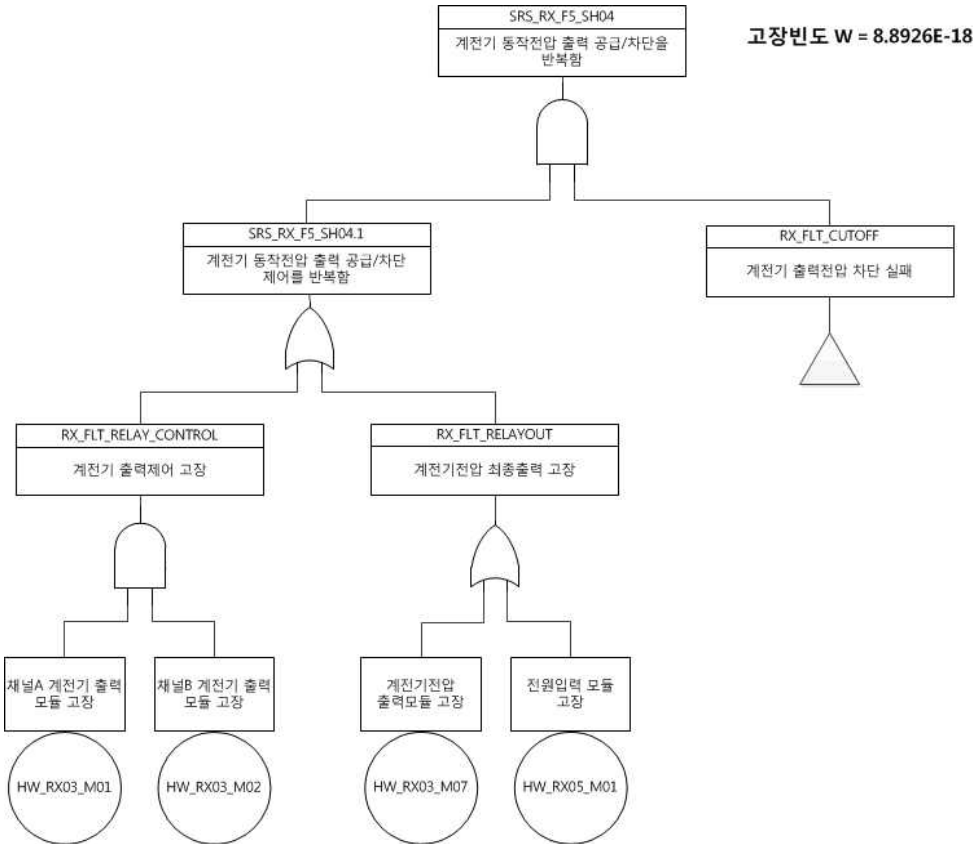
- SRS_RX_F4_SH06



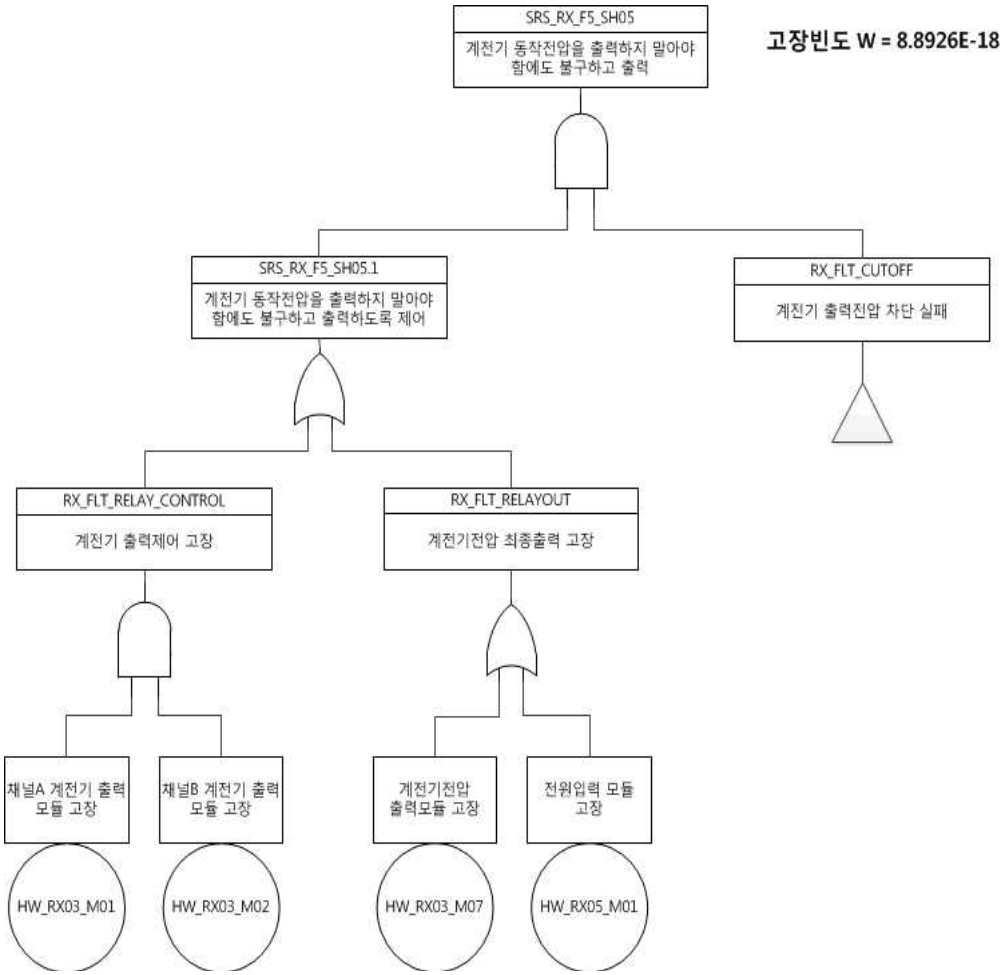
- SRS_RX_F5_SH02



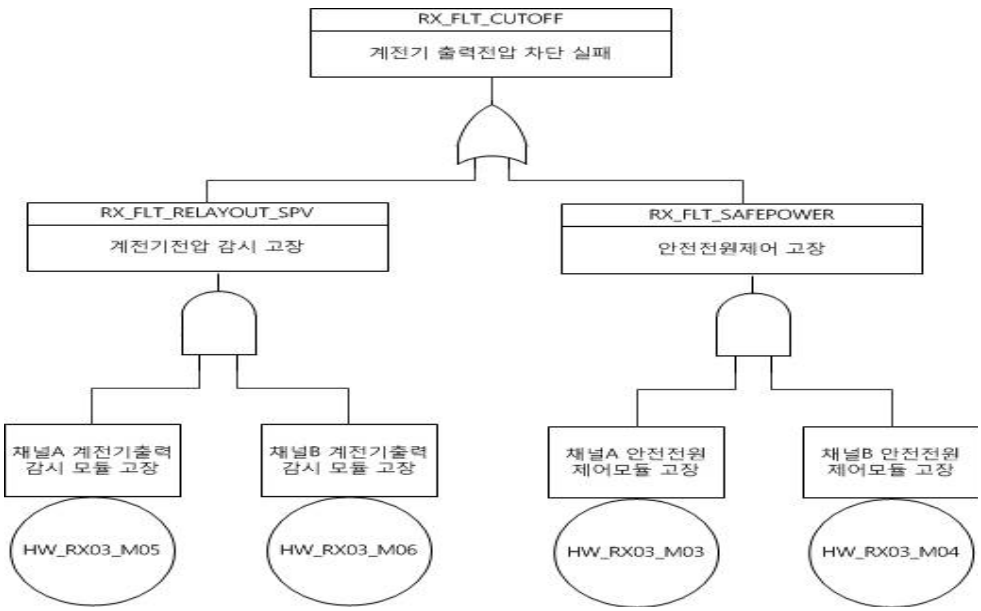
▪ SRS_RX_F5_SH04



▪ SRS_RX_F5_SH05



▪ RX_FLT_CUTOFF



(나) THR 계산 결과

각 위험원에 대한 THR 계산값은 아래 Table과 같다. W(고장빈도)의 계산 결과, SIL 4 기준값을 모두 만족함을 확인하였다.

Hazard ID	Hazard Description	Q	W(고장빈도)
SRS_RX_F3_SH07	연속정보 레벨을 높게 수신함	5.5306E-07	5.50616E-09
SRS_RX_F4_SH01	열차점유상태임에도 불구하고, 비점유로 판단	5.5827E-12	1.1134E-13
SRS_RX_F4_SH03	열차 점유를 늦게 판단	5.5827E-12	1.1134E-13
SRS_RX_F4_SH06	열차 점유와 비점유 판단을 반복	5.5827E-12	1.1134E-13
SRS_RX_F5_SH02	계전기 동작전압 레벨을 높게 출력함	2.9790E-16	8.8926E-18
SRS_RX_F5_SH04	계전기 동작전압 출력 공급/차단을 반복함	2.9790E-16	8.8926E-18
SRS_RX_F5_SH05	계전기 동작전압을 출력하지 말아야 함에도 불구하고 출력	2.9790E-16	8.8926E-18

표 44 THR 계산 결과

사. Hazard Log

본 프로젝트에서 도출된 모든 안전관련 위험원은 Hazard Log로써 관리된다. 모든 위험원에 대한 저감대책(Mitigation Measures)이 반영완료 되었으며 상세한 위험원 관리현황은 아래 표를 참조한다.

No.	Opening date	H-ID	Hazard	Mitigation Measures	Evidences	Control status	Closure date
HL-RX-001	2013-03-29	SHA_RX_F3_SH07	연속정보 레벨을 높게 수신함	입력하드웨어 이중화하여 2개 입력 비교	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.1절 연속신호입력부(HW_RX01)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 3페이지 채널A 증폭모듈(1)(HW_RX01_M02)과 채널B 증폭모듈(1)(HW_RX01_M03)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03

				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파 적합성 기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-002	2013-03-29	SHA_RX_F4_SH01	열차 점유상태임에도 불구하고, 비점유로 판단	점유분석 하드웨어 다중채널 비교설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 7페이지 채널A DSP모듈(HW_RX07_M01) 및 채널B DSP모듈(HW_RX07_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				SIL4 수준의 S/W 설계	IEC62279의 SIL4 기준에 따라 S/W를 개발 하였음. 관련 산출물 확인	Close	2013-06-05
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-0	Close	2013-06-03

					06-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)		
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의2.5절전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의2페이지채널A전원모듈(HW_RX05_M02)와채널B전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을통해확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-003	2013-03-29	SHA_RX_F4_SH03	열차 점유를 늦게 판단	점유분석 하드웨어 다중채널 비교설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장 구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 7페이지 채널A DSP모듈(HW_RX07_M01) 및 채널B DSP모듈(HW_RX07_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				SIL4 수준의 S/W 설계	IEC62279의 SIL4 기준에 따라 S/W를 설계하였음(관련산출물 확인)	Close	2013-06-05
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30

				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)와 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-004	2013-03-29	SHA_RX_F4_SH06	열차 점유와 비점유 판단을 반복	점유분석 하드웨어 다중채널 비교설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장 구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 7페이지 채널A DSP모듈(HW_RX07_M01)및채널B DSP모듈(HW_RX07_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				SIL4 수준의 S/W 설계	IEC62279의 SIL4 기준에 따라 S/W를 설계하였음(관련산출물 확인)	Close	2013-06-05
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-	2013	SHA_	계전기	계전기 동작전압	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_D	Close	2013-

RX-005	-03-29	RX_F5_SH02	동작전압 레벨을 높게 출력함	출력 제한 회로 설계반영	TC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 계전기전압출력모듈(HW_RX03_M07) (SRS_TEST6시험을 통해 확인됨)		06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6)	Close	2013-05-31
HL-RX-006	2013-03-29	SHA_RX_F5_SH04	계전기 동작전압 출력 공급/차단을 반복함	계전기 동작전압 출력 제한 회로 설계반영	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 계전기전압출력모듈(HW_RX03_M07) (SRS_TEST6)	Close	2013-06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해	Close	2013-06-03

					확인됨)		
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-007	2013-03-29	SHA_RX_F5_SH05	계전기 동작전압을 출력하지 말아야 함에도 불구하고 출력	출력부 안전전원 차단 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1), 4.2.1.7절 계전기동작검사(SWREQ_RX_SF2), 4.2.1.8절 자가진단(SWREQ_RX_SF3) 그리고 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF1)를 참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 채널A 안전전원제어모듈(HW_RX03_M03) 및 채널B 안전전원제어모듈(HW_RX03_M04)참조 (SHITC_RX_TEST2, SHITC_RX_TEST3, SHITC_RX_TEST4, SHITC_RX_TEST5, SHITC_RX_TEST6 시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절	Close	2013-05-31

					전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)		
HL-RX-008	2013-04-02	RX_C01_F02_SSH04	연속신호 레벨을 높게 증폭함	신호입력부의 이중화하여 2개 입력비교	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장 구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 6페이지 채널A 증폭모듈(2)(HW_RX01_M02),채널B 증폭모듈(2)(HW_RX01_M03), 9페이지의 채널A ADC모듈(HW_RX01_M04),채널B ADC모듈(HW_RX01_M05) 및 10페이지의 광절연모듈(HW_RX07_M03)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	
HL-RX-009	2013-04-02	RX_C01_F03_SSH07	아날로그 신호를 잘못된	Analog to Digital Convertor를 이중화하여 2개	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.1절 연속 신호입력부(HW_RX01)참조	Close	2013-06-03

				입력 비교	2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지의 채널A ADC모듈(HW_RX01_M04) 및 채널B ADC모듈(HW_RX01_M05)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)		
			디지털 신호로 변환하여 레벨을 높게 전송함	고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-010	2013-04-02	RX_C03_F01_SSH02	계전기 동작전압 레벨을 높게 출력함	계전기 동작전압 출력 제한 회로 설계반영	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 계전기전압출력모듈(HW_RX03_M07)참조 (SRS_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의2.8.1절온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조	Close	2013-06-03

					3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)		
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-011	2013-04-02	RX_C03_F01_SSH04	계전기 동작전압 출력 공급/차단을 반복함	계전기 출력 검지 차단회로 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.7절 계전기동작검사(SWREQ_RX_SF2)참조 3)고속철도디지털수신기 회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 채널A 계전기출력감시모듈(HW_RX03_M05) 및 채널B 계전기출력감시모듈(HW_RX03_M06)참조 (SWREQ_RX_TEST8시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A 온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30

				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의2페이지채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-012	2013-04-02	RX_C03_F01_SSH05	계전기 동작전압을 출력하지 말아야 함에도 불구하고 출력	계전기 출력 검지 차단회로 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.3절 출력부(HW_RX03)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.7절 계전기동작검사(SWREQ_RX_SF2)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 4페이지 채널A 계전기출력감시모듈(HW_RX03_M05) 및 채널B 계전기출력감시모듈(HW_RX03_M06)참조 (SWREQ_RX_TEST8시험을통해확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의2.5절전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A전원모듈(HW_RX05_M02) 및 채널B전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
				DC/DC Convertor 이중화 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A전원모듈(HW_RX05_M02) 및 채널B전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조	Close	2013-06-03

					3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)		
HL-RX-013	2013-04-02	RX_C08_F05_SSH02	신호입력부로부터 수신한 연속정보를 분석한 결과 점유를 비점유로 판단하여 궤도계전기 출력전원 제어를 출력부에 전송함	다중채널 비교 설계하여 CPU의 연산결과를 상호비교	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장 구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 7페이지 채널ADSP모듈(HW_RX07_M01) 및 채널BDSP모듈(HW_RX07_M02) 및 광절연모듈(HW_RX07_M03)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				SIL4 수준의 S/W 설계	IEC62279의 SIL4 기준에 따라 S/W를 개발하였음. 소프트웨어 산출물 확인	Close	2013-06-05
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절 전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31

HL-RX-014	2013-04-02	RX_C08_F05_SSH07	점유시 점유/비점유로 반복하여 궤도계전기 출력전원 제어를 출력부에 전송함	중앙처리장치 다중채널 비교설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2장 구조사양 참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의4.2.1.9절 다중채널비교(SWREQ_RX_SF4)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 7페이지 채널ADSP모듈(HW_RX07_M01) 및 채널BDSP모듈(HW_RX07_M02) 및 광절연모듈(HW_RX07_M03)참조 (SWREQ_RX_TEST10시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				SIL4 수준의 S/W 설계	IEC62279의 SIL4 기준에 따라 S/W를 개발하였음. 소프트웨어 산출물 확인	Close	2013-06-05
				고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지 채널A온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)	Close	2013-06-03
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절전원부(HW_RX05)참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의2 페이지채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31
HL-RX-015	2013-04-04	RX_IF_EX09_IH02	DC 24V보다 높은 전압을 전달함	고온/저온 검지 기능 추가	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.8.1절 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 2)디지털수신기소프트웨어요구사양서(LSIS_TV_DTC_SWRS_RXA)의 4.2.1.6절 주변온도검사(SWREQ_RX_SF1)참조 3)고속철도디지털수신기회로도(D1111-00	Close	2013-06-03

					6-DTR-D/SVer.1D)의 9페이지채널A온도감시모듈(HW_RX08_M01) 및 채널B 온도감시모듈(HW_RX08_M02)참조 (SWREQ_RX_TEST7시험을 통해 확인됨)		
				전자파적합성기준에 적합하도록 하드웨어 설계/제작	1)SGS 시험성적서(전자기적합성_수신기)를 참조	Close	2012-10-30
				과전압/저전압검지 회로 설계	1)디지털수신기구조사양서(LSIS_TV_DTC_AS_RX1A)의 2.5절전원부(HW_RX05) 참조 2)고속철도디지털수신기회로도(D1111-006-DTR-D/SVer.1D)의 2페이지 채널A 전원모듈(HW_RX05_M02)과 채널B 전원모듈(HW_RX05_M03)참조 (SHITC_RX_TEST6시험을 통해 확인됨)	Close	2013-05-31

표 45 Hazard Log

아. V&V 활동

(1) 품질관리 V&V 활동 결과

조직 구조	조직 품질 매뉴얼 품질 계획	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13])
품질 계획 및 절차	품질 매뉴얼 품질 계획 다른 적용 가능한 계획 품질 기록 관련 절차들…	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) 소프트웨어 품질 보증 계획 (LSIS_TV_DTC_SQAP, [Ref 16])
요구사양	시스템 요구사양서 서브시스템 요구사양서 RAMS 및 안전 요구사항 할당	시스템 요구사양서 (LSIS_TV_DTC_SRS, [Ref 34]) 디지털 수신기 소프트웨어 요구사양서 (LSIS_TV_DTC_SWRS_TX, [Ref 37]) 디지털 송신기 소프트웨어 요구사양서 (LSIS_TV_DTC_SWRS_RX, [Ref 37])
설계 제어	설계 계획	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13])
설계 검증 및 검토	설계 계획 Formal한 기술 검사: 절차 및 보고서	검증 및 확인 계획 (LSIS_TV_DTC_VVP, [Ref 15]) V&V Plan

적용 공법	조직 품질 매뉴얼 참조	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) Quality Management Plan
조달	조직 품질 매뉴얼 제품 승인 품질 계획	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) Quality Management Plan
제조	조직 품질 매뉴얼 관련 프로세스들	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) Quality Management Plan
품목 식별 및 추적성	형상관리 계획 요구사항 추적	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) 형상 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_CMP, [Ref 14]) 소프트웨어 품질 보증 계획 (LSIS_TV_DTC_SQAP, [Ref 16]) “디지털 송신기 요구사항 추적성 매트릭스” [Ref 69] “디지털 수신기 요구사항 추적성 매트릭스” [Ref 70]
취급 및 저장	조직 품질 매뉴얼 관련 프로세스들	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13]) Quality Management Plan
검사 및 시험	하드웨어 시험 사양 하드웨어 시험 보고서 제조, 시험 계획, 공장 검사 형식 검사 형식 검사 보고서	하드웨어 시험 보고서 (LSIS_TV_DTC_HWTR, [Ref 92])
부적합 및 정정	조직 품질 매뉴얼 테스트 결과 및 체크 활동에 대한 보고서	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13])
포장 및 운반	조직 품질 매뉴얼 관련 프로세스들	품질 관리 계획 (LSIS_TV_DTC_QMP, [Ref 13])
설치	설치, 사용자 및 유지보수자 매뉴얼	설치 계획은 Specific application 단계에서 수립 운영 매뉴얼 (LSIS_TV_DTC_OM, [Ref 67]) 송신기 유지보수 매뉴얼 (LSIS_TV_DTC_MRM_TX, [Ref 68]) 수신기 유지보수 매뉴얼(LSIS_TV_DTC_MRM_RX, [Ref 69])
시운전	조직 품질 매뉴얼 관련 프로세스들	시운전 계획은 Specific application 단계에서 수립

운영 및 유지보수 Operation and maintenance	설치, 사용자 및 유지보수자 매뉴얼	운영 매뉴얼 (LSIS_TV_DTC_OM, [Ref 67]) 송신기 유지보수 매뉴얼 (LSIS_TV_DTC_MRM_TX, [Ref 68]) 수신기 유지보수 매뉴얼(LSIS_TV_DTC_MRM_RX, [Ref 69])
품질 감시 및 피드백 Quality monitoring and feedback	조직 품질 매뉴얼을 적용한 내부 품질 감사 결과에 대한 정정 활동 관련 프로세스들	내부 감사 보고서 [Ref 79]
문서화 및 기록 Documentation and records	관련 절차/프로세스 문서 검토 증거 베이스라인 기록	디지털 송·수신기 안전검증 보고서 (LSIS_TV_DTC_SVR, [Ref 62]) 소프트웨어 요구사양 검증 보고서 (LSIS_TV_DTC_SWRVER, [Ref 41]) 소프트웨어 구조 및 설계 검증 보고서 (LSIS_TV_DTC_SWADVER_RX, [Ref 52])
형상관리 / 변경관리 Configuration management/change control	변경 로그 및 기록 관련 절차/프로세스 베이스라인 기록	문서의 변경 기록은 문서 내의 이력으로 기록 소프트웨어는 형상관리 도구에 의해 관리
개인 역량 및 교육 Personnel competency and training	조직 품질 매뉴얼 프로젝트 참여 인력 이력 습득된 지식	내부 감사 보고서 [Ref 79] 참여인력 이력 [Ref 81]
품질 감사 및 조치 Quality audits and follow-up		내부 감사 보고서 [Ref 79]
폐기 및 처분 Decommissioning and disposal		이것은 향후 회사 정책에 따라 수행

표 46 품질활동 V&V 결과

(2) 요구사항 분석&계획단계의 V&V활동

확인(Verification) 활동 내역	활동 계획 방법 및 절차	확인 활동 증빙 자료	Validation 내용	요구사항 부합 여부
정보,적절한경우현단계의RAMS업무에RAMS업무의입력으로사용된데이터,다른	입력 자료 검토 후 문제점 통보(Email 등)	연구개발계획서 mail_20110916.1.pdf	메일내용에PHA및 연구개발계획서에 대한 상호 검토가 이루어졌음을 확인함	부합

통계의 적절성 평가		연구개발계획서 mail_20111205.1.pdf 연구개발계획서 mail_20111209.1.pdf PHARmail_20120613.1.pdf PHARmail_20130215.1.pdf		
RAMS 지원 문서화가 해당 시스템에 규정된 생명주기 비용 요구사항, 목적 RAMS 요구사항에 따라 정확하고 적절한지 확인	확인 후 문제점 통보(Email 등)	RMPmail_20120522.1.pdf RMPmail_20130308.1.pdf SQAPmail_20130514.1.pdf SCMPmail_20130507.1.pdf	RAMS Plan, SCMP, SQAP에 대한 검토가 상호간에 적절히 이루어졌음을 확인함	부합
요구사항의 적절성 평가	확인 보고서 작성	SRSVERmail_20130328.pdf SRSVERmail_20130415.pdf	SRS에 대한 Verification이 적절하게 수행되었음을 확인함	부합
초기 계획의 적절성 평가	확인 후 문제점 통보(Email 등)	TV_DTC_RR_PLAN_20130527(RAMS Plan).pdf TV_DTC_RR_PLAN_20130527(SVVP).pdf TV_DTC_RR_PLAN_20130527.pdf	초기 계획에 대한 검토가 적절히 이루어졌음을 확인함	부합
안전성 요구사항은 철도 기관의 안전성 목표와 정책에 대하여	고객 설문조사	고객설문_소개자료_20120214.ppt	철도기관의 안전성 목표관련 정책을 설문을 통하여 조사한	부합

확인된다.		고객설문조사_2012-02-14.pdf	것으로 확인됨	
RAM 요구사항은 철도 기관의 RAM 목표와 RAM 정책에 대하여 확인된다.	고객 설문조사	고객설문_소개자료_20120214.ppt 고객설문조사_2012-02-14.pdf	철도기관의 신뢰성 목표관련 정책을 설문을 통하여 조사한 것으로 확인됨	부합
개정된 안전성 계획, 확인, 검증 계획은 지속적인 적용 가능성을 보장하기 위해 확인된다.	RAMP Plan, V&V Plan 의 개정 시 문서 리뷰 및 승인	문서내용 중 Revision History, Reviewer/Approver 의 서명란 작성 페이지	문서는 검토자에 의해 검토되었고, 승인자에 의해 승인되었으며, 서명이 문서에 날인되었다. 그리고 수정 이력을 통해 관리되고 있음을 확인하였음.	부합
본 단계에 사용된 방법, 도구, 기술의 적절성 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	송 수신기 SHA활동.pdf 송 수신기 SSHA 활동.pdf 송신기 HAZOP 활동.pdf SHA SSHA 방안검토.pdf	위험원분석을 위한 방법, 도구 등이 적절히 사용되었음을 확인함	부합
본 단계의 업무를 수행하는 모든 직원의 역량 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	RAMS Management Plan (LSIS_TV_DTC_RMP, Ver:2A) Table 3.2 참여인원의 경력 및 자격사항	담장자의 역량을 이력을 통하여 확인하였음	부합

표 47 요구사항 분석&계획단계의 V&V활동

(3) 설계단계의 V&V활동

확인(Verification) 활동 내역	활동 계획 방법 및 절차	확인 활동 증빙 자료	Validation 내용	요구사항 부합 여부
정보, 적절한 경우 현 단계의 RAMS 업무에 RAMS 업무의 입력으로 사용된 데이터, 다른 통계의 적절성 평가	입력 자료 검토 후 문제점 통보(Email 등)	SRSmail_20130412.1.pdf SRSmail_20130415.1.pdf	시스템요구사항에 대해 확인이 적절하게 이루어졌음을 확인함	부합
RAMS 지원 문서화가 해당 시스템에 규정된 생명주기 비용 요구사항, 목적 RAMS 요구사항에 따라 정확하고 적절한지 확인	확인 후 문제점 통보(Email 등)	SSHAmail_20130502.1.pdf SHAmail_20130410.1.pdf	위험원분석관련하여 적절히 검토가 이루어졌음을 확인함	부합
하부시스템과 구성요소가 RAMS 요구사항을 준수함을 분석과 시험을 통해 확인	감사를 통해 확인	2차품질감사 체크리스트(DTC_20130507.pdf)	감사결과, 별도의 시정조치는 없는 것으로 확인되었음.	부합
하부시스템과 구성요소 구현이 설계사항을 준수함을 분석과 시험을 통해 확인	설계 확인 보고서 작성	디지털 송・수신기 회의록(20130112)-SWRS SWADS 검토회의.pdf 수신기 설계서 검토.pdf 수신기 시험절차서 검토.pdf	설계에 대한 리뷰가 적절히 수행되었음을 확인함	부합
도출된 위험원 확인	확인 후 문제점 보고(Email 등)	PHA(LSIS_TV_DTC_PHAR, Ver:4A), SHA(LSIS_TV_DTC_SHAR, Ver:A),	도출된 위험원 확인 및 보고서 작성 확인	부합

		SSHA(LSIS_TV_DTC_SSHAR,Ver:1B), IHA(LSIS_TV_DTC_IHAR, Ver:A), HAZOP인터페이스 위험원분석(LSIS_TV_DTC_HAZOP_IHA,A), O&SHA(LSIS_TV_DTC_OSHAR, Ver:A), HAZOP운영과유지보수위험원분석(LSIS_TV_DTC_HAZOP_OSHA,A)		
본 단계에 사용된 방법, 도구, 기술의 적절성 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	HAZOPmail_20130322.1.pdf	위험원분석 방법론에 대한 검토가 이루어졌음을 확인함	부합
본 단계의 업무를 수행하는 모든 직원의 역량 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	RAMS Management Plan (LSIS_TV_DTC_RMP, Ver:2A) Table 3.2 참여인원의 경력 및 자격사항	담당자의 역량을 이력을 통하여 확인하였음	부합

표 48 설계단계의 V&V활동

(4) 제작단계의 V&V 활동

확인(Verification) 활동 내역	활동 계획 방법 및 절차	확인 활동 증빙 자료	Validation 내용	요구사항 부합 여부
정보, 적절한 경우 현 단계의 RAMS 업무에 RAMS 업무의 입력으로 사용된 데이터, 다른 통계의 적절성 평가	입력 자료 검토 후 문제점 통보(Email 등)	TV DTC RR DESI 20130515(SWMDS_RX).pdf TV DTC RR DESI 20130524(SWMDS_RX).pdf	소프트웨어 제작을 위한 입력자료인, SWMDS및 SWADS에 대한 리뷰가 적절히 이루어졌음을 확인함	부합
RAMS 지원 문서화가 해당 시스템에 규정된 생명주기 비용 요구사항, 목적 RAMS 요구사항에 따라 정확하고 적절한지 확인	확인 후 문제점 통보(Email 등)	LSIS_TV_DTC_SWMDSVER_RX ver A	SWMDS에 대한 Verification이 이루어졌음을 확인함	부합
생산, 제조되는 제품이 시스템 요구사항을 준수함을 보장하기 위해 평가	소프트웨어확인 보고서작성 하드웨어 제작품에 대한 리뷰 통해 문제점 확인 시 통보 (Email)	LSIS_TV_DTC_SWCVER_RX ver A 디지털수신기 소프트웨어 코드점검표 ver A 디지털 수신기 Artwork 검토자료 메일(20130121).pdf 디지털 수신기 Artwork 검토자료 메일(20130123).pdf 디지털 수신기 Artwork 검토자료 메일(20130129).pdf	소스코드에 대한 Verification이 이루어졌음을 확임함. 코드에대한 리뷰가 적절히 이루어졌음을 확인함. 하드웨어 제작 과정에서 적절한 리뷰를 수행하였음을 확인함	부합
본 단계에 사용된 방법, 도구, 기술의 적절성 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	LSIS_TV_DTC_SWCVER_RX ver A 내에서 사용된 방법, 도구, 기술의 적절성 평가함	확인함	부합
본 단계의 업무를 수행하는 모든 직원의 역량 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	RAMS Management Plan (LSIS_TV_DTC_RMP, Ver:2A) Table 3.2 참여인원의 경력 및 자격사항	담장자의 역량을 이력을 통하여 확인하였음	부합

표 49 제작단계의 V&V 활동

(5) 단위모듈 시험단계 V&V 활동

확인(Verification) 활동 내역	활동 계획 방법 및 절차	확인 활동 증빙 자료	Validation 내용	요구사항 부합 여부
정보, 적절한 경우 현 단계의 RAMS 업무에 RAMS 업무의 입력으로 사용된 데이터, 다른 통계의 적절성 평가	입력 자료 검토 후 문제점 통보(Email 등)	SWMTSmail_20130604.1.pdf TV DTC RR DESI 20130601(SWRTS_RX).pdf 고속철도 디지털 수신기 시험 성적서.pdf	소프트웨어 모듈시험계획에 대한 검토가 이루어졌음을 확인함. 하드웨어 단위 모듈에 대한 시험이 적절히 수행되었음을 확인함	부합
RAMS 지원 문서화가 해당 시스템에 규정된 생명주기 비용 요구사항, 목적 RAMS 요구사항에 따라 정확하고 적절한지 확인	확인 후 문제점 통보(Email 등)	LSIS_TV_DTC_SWMTR_RX A를 통해 단위모듈 시험에 대한 적정성 확인함	소프트웨어 모듈시험 결과의 적합성 확인	부합
각 모듈들이 상위 요구사항을 모두 커버하는지 확인	확인 보고서 작성	►디지털_송・수신기_시험계획서(D1111-039-DTR-P,Ver:A). ►철도기술연구원성적서(R12-1686,2012-11-09) ► LSIS_TV_DTC_SWMTR_RX A	기능 요구사항 시험 항목 확인 및 소프트웨어 모듈시험결과를 확인함	부합
모듈화 만족 여부 확인	확인 보고서 작성	SW Module Test Spec.	►TestCase항목확인	부합
		SW Module Test Report - Testcase Management Report	►Statement,Branch Coverage확인,	
		Subprogram:23개,TestCase:79개	►Complexity확인,	

			►SWModuleTestPlan확인함	
			► 소프트웨어 모듈은 200line 이내로 작성됨을 확인	
본 단계에 사용된 방법, 도구, 기술의 적절성 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	Software Development Assurance Case - QAC(LSIS_TV_DTC_SQAC_QAC, Ver:A),	내용 확인 및 인증서 확인	부합
		SoftwareDevelopmentAssuranceCase VectorCAST/C++(LSIS_TV_DTC_SAC_VCC,Ver:A)		
본 단계의 업무를 수행하는 모든 직원의 역량 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	RAMS Management Plan (LSIS_TV_DTC_RMP, Ver:2A) Table 3.2 참여인원의 경력 및 자격사항	담당자의 역량을 이력을 통하여 확인하였음	부합

표 50 단위모듈 시험단계 V&V 활동

(6) 통합시험 단계 V&V 활동

정보, 적절한 경우 현 단계의 RAMS 업무에 RAMS 업무의 입력으로 사용된 데이터, 다른통계의 적절성 평가	입력 자료 검토 후 문제점 통보(Email 등)	ITPmail_20130529.1.pdf ITPmail_20130531.1.pdf	통합시험계획 작성에 대해 검토가 이루어졌음을 확인함	부합
RAMS 지원 문서화가 해당 시스템에 규정된 생명주기 비용 요구사항, 목적 RAMS 요구사항에 따라 정확하고 적절한지 확인	확인 후 문제점 통보(Email 등)	LSIS_TV_DTC_ITR_RX A 를 통해 통합시험의 적합성을 확인함	통합시험 결과에 대하여 확인되었음	부합
소프트웨어 통합 기능 확인	확인 보고서 작성	Integration Test Plan SW Integration Test Report - TestcaseManagementReport TestCase: TC_XINT_ISR_001 TC_XINT_ISR_002 TC_XINT_ISR_003 TC_XINT_ISR_004 TC_XINT_ISR_005 TC_XINT_ISR_006 TC_MAIN_001 TC_MAIN_002 TC_MAIN_003~TC_MAIN_0037	► Testcase Management Report 상에 Xint_isr subprogram 에 Test Cases가 6개 존재하는 것을 확인. VCAST_main subprogram에 대해서 37개의 Test Case가 존재하는 것을 확인. 총 23개의 subprogram 중 2개의 subprogram 만 Test case가 존재하며, 나머지 21개의 subprogram은 module test 시 Test Case가 작성되어 시험됨.	부합
하드웨어와 소프트웨어가 통합된 시스템의 기능 확인	확인 보고서 작성	LSIS_TV_DTC_ITR_RX A 의 소프트웨어 하드웨어 통합시험 결과 부분	소프트웨어-하드웨어 통합기능이 확인되었음	부합
안전 기능 확인	확인 보고서 작성	LSIS_TV_DTC_ITR_RX A 내의 소프트웨어 하드웨어 통합시험 결과에서 안전기능 시험 결과 부분	안전기능에 대해 확인되었음	부합
본 단계에 사용된 방법,	확인 후	Software	분석 tool을	부합

도구, 기술의 적절성 평가	문제점 보고 (Email 등)	Development Assurance Case - QAC(LSIS_TV_DTC_SQAC_QAC, Ver:A), SoftwareDevelopmentAssuranceCaseVectorCAST/C++(LSIS_TV_DTC_SAC_VCC,Ver:A), Codecompower의 Assurance case (LSIS_TV_DTC_SWAC_CCC A) 차상신호분석기의 Assurance Case (LSIS_TV_DTC_SWAC_CTMA A) 다운로드툴의 Assurance Case (LSIS_TV_DTC_SWAC_DLT A)	확인하였고, 기능 수행을 확인하기 위해 사용할 시험 환경 및 시뮬레이터에 대한 적절성 검토 결과도 확인함	
본 단계의 업무를 수행하는 모든 직원의 역량 평가	확인 후 문제점 보고 (Email 등)	RAMS Management Plan (LSIS_TV_DTC_RMP, Ver:2A) Table 3.2 참여인원의 경력 및 자격사항	담장자의 역량을 이력을 통하여 확인하였음	부합

표 51 통합시험 단계 V&V 활동

(7) 소프트웨어 검증

분류	문서 명	문서 번호	문서 버전
SW 요구사양서	Software Requirements Specification (KD2000-TX)	LSIS_TV_DTC_SWRS_TX	A
	Software Requirements Specification (KD2000-RX)	LSIS_TV_DTC_SWRS_RX	A
Verification 보고서	Software Requirements Specification	LSIS_TV_DTC_SWRS VER_RX	A
	VerificationReport(KD2000-RX)		
	Software Requirements Specification	LSIS_TV_DTC_SWRS VER_TX	A
	VerificationReport(KD2000-TX)		
SW 요구 시험 사양서	Software Requirements Test Specification (KD2000-TX)	LSIS_TV_DTC_SWRTS_TX	A
	디지털 송신기 소프트웨어 요구사항 테스트케이스	LSIS_TV_DTC_SWRSTC_TX	A
	Software Requirements Test Specification (KD2000-RX)	LSIS_TV_DTC_SWRTS_RX	A
	디지털 수신기 소프트웨어 요구사항 테스트케이스	LSIS_TV_DTC_SWRSTC_RX	A
SW 요구 시험 보고서	Software Requirements Test Report (KD2000-TX)	LSIS_TV_DTC_SWVALR_TX	A
	Software Requirements Test Report (KD2000-RX)	LSIS_TV_DTC_SWVALR_RX	A

표 52 소프트웨어 검증

자. Safety Case

종합안전대책기술보고서(Safety Case)는 시스템 안전의 증거를 종합적으로 정리하여 제공한다. 디지털 송신기와 수신기의 안전관련한 모든 조건들을 만족하는 근거자료를 제시한다. 이를 위하여 본 Safety Case는 DTC시스템의 Generic Application Safety Case로서 설계부터 입증 시험에 이르는 사항에 대한 안전성 증거를 근거로 문서화되었다.

10. 인증 활동 수행

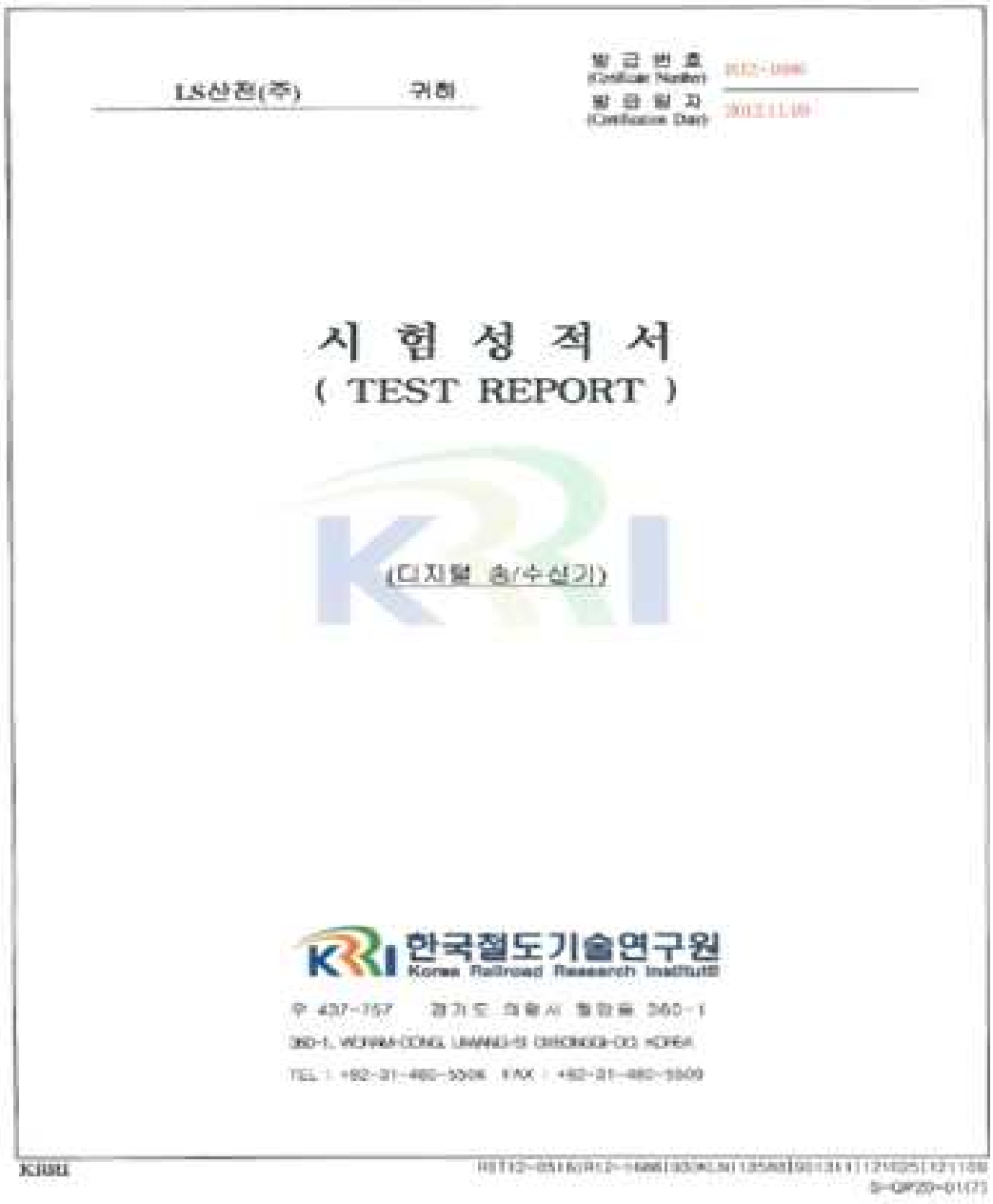
가. 인증활동 요약

인증항목	목표치	결과
기능 시험	● Ansaldo STS제품과 동일기능 만족 ● 전기적 ,기계적 호환성 확보	Pass
내 환경 시험	● KS C 0220 : 저온(내한성) 시험 만족 ● KS C 0221 : 고온(내열성) 시험 만족 ● KS C 0225 : 고온 고습 시험 만족 ● KS C 0227 : 온도 사이클 시험 만족	Pass
전자기적 적합성 시험	● IEC 61000-4-2 : 정전기 방전 내성시험 만족 ● IEC 61000-4-3 : 전자기장 방사 내성시험 만족 ● IEC 61000-4-4 : 전기적 빠른 과도현상 내성시험 만족 ● IEC 61000-4-5 : 서지 내성시험 만족 ● IEC 61000-4-6 : 전자기장 전도 내성시험 만족 ● IEC 61000-4-11 : 전압변동 내성시험 만족 ● KN11 : 전자파 방출 허용기준 만족	Pass
SIL 인증	● 디지털 송·수신기 SIL4 인증	송신기 SIL0 인증 수신기 SIL4 인증

표 53 인증활동 요약

나. 기능시험

기능시험 절차, 내환경 시험절차 및 전자기적 적합성 절차를 포함하는 디지털 송·수신기 시험 계획서를 개발하였고, 계획서의 시험항목에 따라 기능 시험을 수행하여 철도기술 연구원 인증센터에서 발행한 시험 성적서를 발급 받았다.

디지털 송·수신기 기능시험 성적서 사진


LS산전(주) 귀하

발급번호 (Certificate Number)

발급일자 (Certificate Date)

시 험 성 적 서

(TEST REPORT)

(디지털 송/수신기)

한국철도기술연구원

Korea Railroad Research Institute

KRRI

다. 내 환경시험

시험 계획서의 내환경 시험절차의 시험항목에 따라 내 환경시험을 수행하여 KOLAS 인증업체인 한국에스지에스(주)에서 발행한 시험 성적서를 발급 받았다.

디지털 송·수신기 내 환경시험 성적서 사진

SGS

Page : 1 / 94

시 험 성 적 서

발 행 번 호	:	968-R12-1035
의 뢰 기 관	:	LS산전(주)
의 뢰 자	:	LS산전(주)
회 사 주 소	:	경기도 안양시 동안구 호계동 555
제 품 명	:	디지털 송신기
모 델 명	:	KD3000 송신기
환 경 조 건	:	(25 ± 4) ℃, (35 ± 4) % R.H.
시 험 일 자	:	2012년 10월 30일 ~ 2012년 11월 06일
시험규격/방법	:	KS C 0220: 1999, KS C 0221: 1999, KS C 0227: 2001, KS C 0225: 2001, IEC 60950-1: 2005
시 험 결 과	:	성적서 참조
측정 불확도	:	N/A
용 도	:	품질 평가용

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 동일하게의 사용을 금합니다.

확 인	시험자	승인자
	성 명 : 정 종 원 (서명)	직 위 : 기술책임자
		성 명 : 김 홍 선 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체의 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구 (KOLAS) 로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.

2012. 11. 07.

한국인정기구 인증 한국에스지에스(주) 기흥시험소 (인)

TGF-E10-02211_ver3

라. 전자기적 적합성 시험

시험 계획서의 전자기적 적합성 시험절차의 시험항목에 따라 시험을 수행하여 KOLAS 인증업체인 한국에스지에스(주)에서 발행한 시험 성적서를 발급 받았다.

디지털 송·수신기 전자기적 적합성 시험 성적서 사진

SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-R12-0126 Page(1)(37)Pages

접수번호	: TON-R12-1128
의뢰기관	: LS산전㈜
의뢰주소	: 경기도 안양시 동안구 호계동 533
제품명	: 디지털 수신기
모델명	: KD2000 수신기
환경조건	: 온도 (21 ~22) ℃, 상대습도 (38 ~ 40) % R.H.
시험일자	: 2012 년 10 월 22 일 ~ 2012 년 10월 25 일
시험규격/방법	: EN 50121-3-2:2006
시험결과	: 시험 결과 요약 참조
용도	: 품질 평가용

The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.
This Test Report cannot be reproduced, except in full.

확인	시험자 성 명 : 김 광 [illegible] (인)	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 [illegible] (인)

The above test certificate is the accredited test results by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

2012. 10. 30.

Accredited by KOLAS Republic of KOREA

한국에스지에스(주) 군포시험소 (인)

경기도 군포시 기흥구 고매동 413-15번지

Remarks :

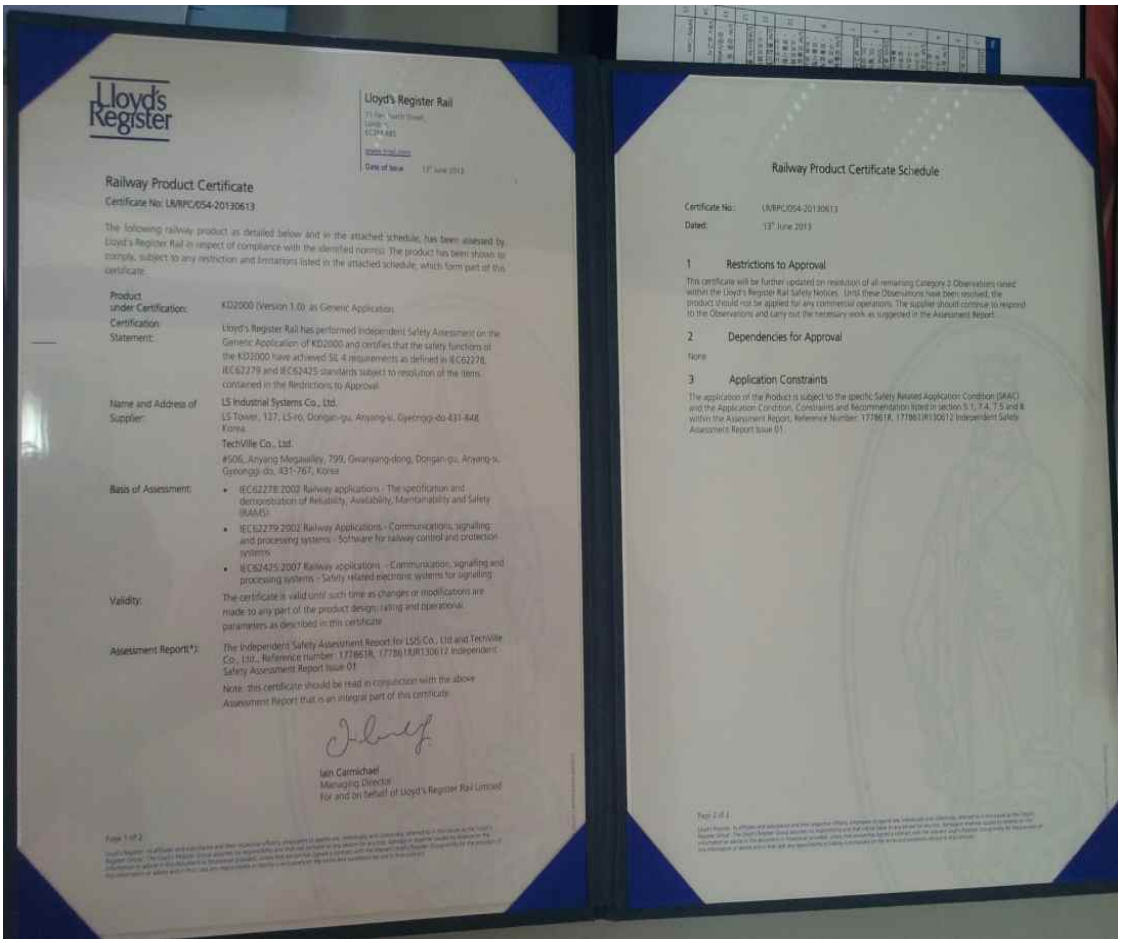
The document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at www.sgs.com/terms_e-document.htm.

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 60 days only.

FORM 6101-01B(2010.10.08)(4)

마. SIL 인증

SIL 할당 방법론에 따라 디지털 송신기는 SIL0를 할당하였으며, 디지털 수신기는 SIL4을 할당하여 인증활동을 수행한 결과 Lloyd's Register Asia(Rail)이 발행한 인증서를 발급 받았다.

디지털 수신기의 SIL4 인증서 사진


Lloyd's Register

Lloyd's Register Rail

Railway Product Certificate

Certificate No: LR/RPC/054-20130613

The following railway product as detailed below and in the attached schedule, has been assessed by Lloyd's Register Rail in respect of compliance with the identified norms). The product has been shown to comply, subject to any restriction and limitations listed in the attached schedule, which form part of this certificate.

Product under Certification: KD2000 (Version 1.0) as Generic Application

Certification Statement: Lloyd's Register Rail has performed Independent Safety Assessment on the Generic Application of KD2000 and certifies that the safety functions of the KD2000 have achieved SIL 4 requirements as defined in IEC62278, IEC62279 and IEC62425 standards subject to resolution of the items contained in the Restrictions to Approval.

Name and Address of Supplier: LS Industrial Systems Co., Ltd.
LS Tower, 127, LS-ro, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do 431-848, Korea
TechVille Co., Ltd.
#506, Anyang Megavalley, 799, Gwanyang-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 431-767, Korea

Basis of Assessment:
- IEC62278:2002 Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)
- IEC62279:2002 Railway Applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems
- IEC62425:2007 Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling

Validity: The certificate is valid until such time as changes or modifications are made to any part of the product design, rating and operational parameters as described in this certificate.

Assessment Report(*): The Independent Safety Assessment Report for LS5 Co., Ltd and TechVille Co., Ltd., Reference number: 1778618, 1778618/R130612 Independent Safety Assessment Report Issue 01

Note: this certificate should be read in conjunction with the above Assessment Report that is an integral part of this certificate.

Iain Carmichael
Managing Director
For and on behalf of Lloyd's Register Rail Limited

Page 1 of 2

Railway Product Certificate Schedule

Certificate No.: LR/RPC/054-20130613

Dated: 13th June 2013

1 Restrictions to Approval

This certificate will be further updated on resolution of all remaining Category 3 Observations raised within the Lloyd's Register Rail Safety Notices. Until these Observations have been resolved, the product should not be applied for any commercial operations. The supplier should continue to respond to the Observations and carry out the necessary work as suggested in the Assessment Report.

2 Dependencies for Approval

None

3 Application Constraints

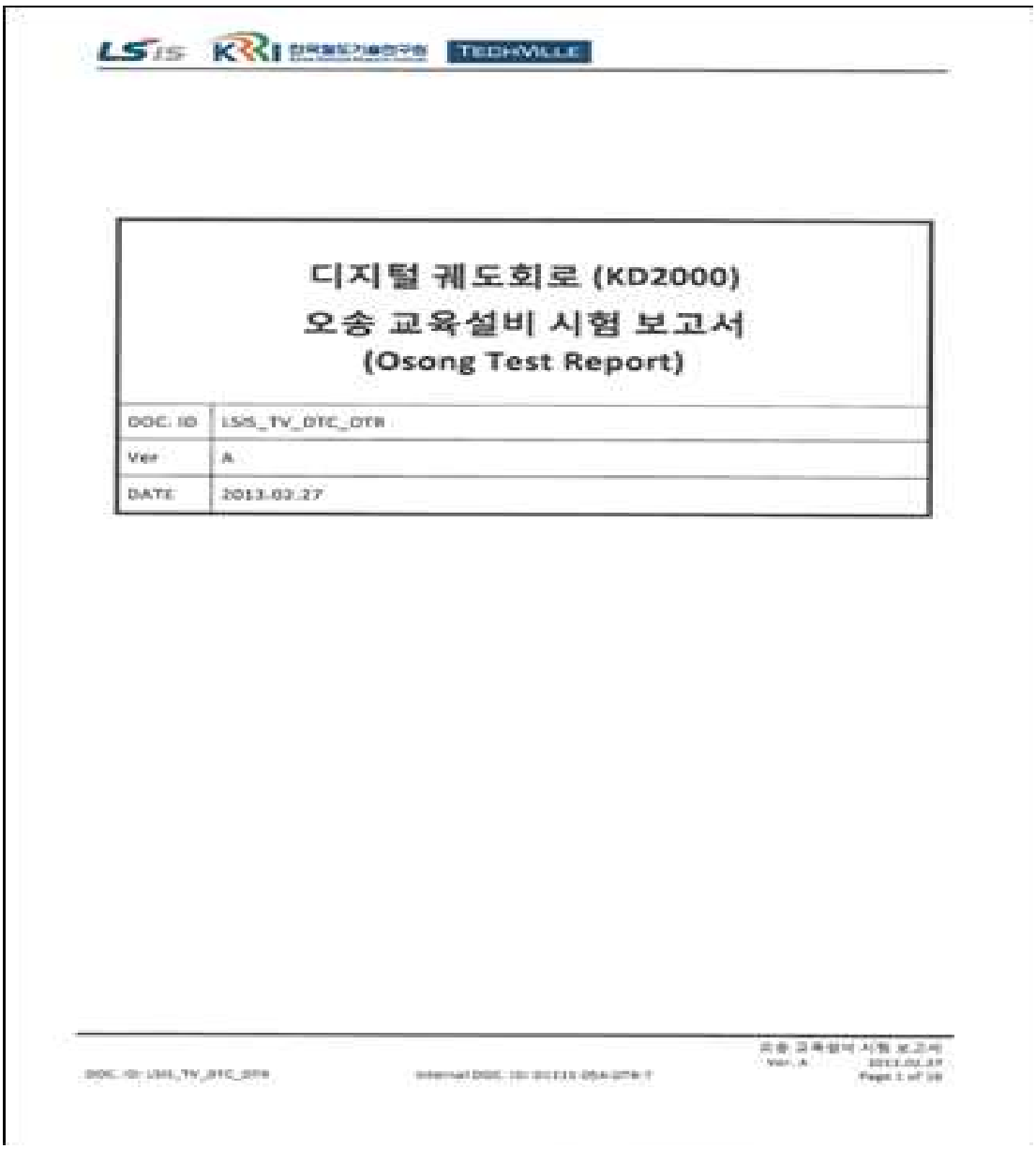
The application of the Product is subject to the specific Safety Related Application Condition (SRAC) and the Application Condition, Constraints and Recommendation listed in section 5.1, 7.4, 7.5 and 8 within the Assessment Report, Reference Number: 1778618, 1778618/R130612 Independent Safety Assessment Report Issue 01

Page 2 of 2

11. 현장시험 활동 수행

경부 고속선 1,2 단계와 동일한 ATC 장치가 설치되어 있는 오송교육설비에서 ANSALDO STS가 공급한 CEU(송신기)와 RECEIVER(수신기)를 본 과제에서 개발한 디지털 송·수신기와 1:1로 교환하여 검증활동 및 시운전을 수행하였으며 결과적으로 전기적, 기계적 호환성에 대해 모두 만족하였다. 다만 디지털 송신기의 부가 기능인 모니터링을 위한 커넥터의 PIN 할당에 대해서 검토 사항이 나왔지만 현재는 이를 보완하여 완료하였다.

디지털 송·수신기 오송교육설비 현장시험 보고서 사진



디지털 궤도회로 (KD2000)
오송 교육설비 시험 보고서
(Osong Test Report)

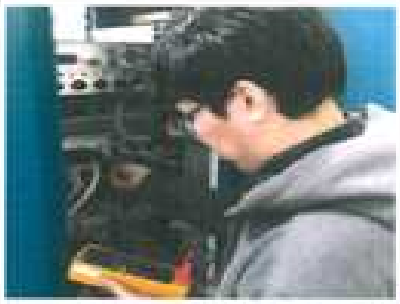
DOC. ID	LSIS_TV_DTC_DTR
Ver	A
DATE	2013.03.27

오송교육설비 현장시험 활동 사진

3.3 시험 사진

3.3.1 기계실 측정 사진

아래 사진은 기계실내에서 VS190 과 디지털 멀티미터를 이용하여 송신기와 수신기의 신호를 측정하는 사진이다.



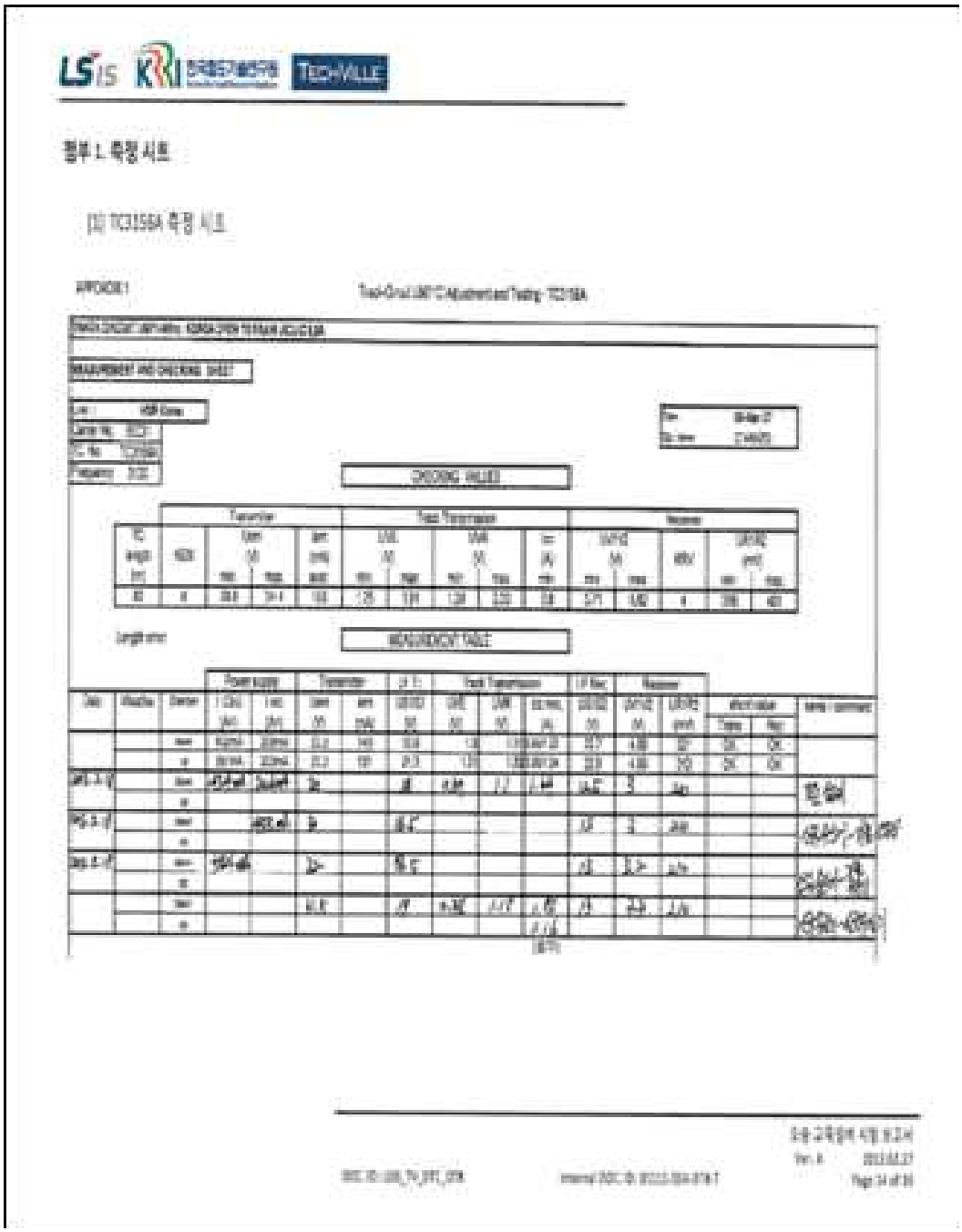
송신기 소비전류 측정

송신기의 출력신호측정(Jee)

수신 전압측정(UV1V2)

수신 전압측정(UR1R2)

오송교육설비 현장시험 측정 SHEET 사진



12. 특허출원 활동 수행

가. 디지털 송신기 특허 출원

송신기 보드내에 설치된 주파수 선택 스위치의 조작에 의해서 하나의 보드로 4가지의 반송 주파수를 변조를 할 수 있도록 고안한 내용이다.

디지털 송신기 특허출원 통지서 사진

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2013.05.31
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2013-0062320 (접수번호 1-1-2013-0485563-10)
출원인 명칭	(주)테크빌(1-2008-023683-7)
대리인 성명	김중필(9-2001-000024-3)
발명자 성명	최진호
발명의 명칭	가청주파수궤도회로

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.

나. 디지털 수신기 특허 출원

수신기 보드내에 온도센서를 설치하여 주변온도를 항상 감시하며, 수신기의 동작 온도 조건의 허용 범위를 초과 할 경우 궤도 계전기의 동작전압을 차단하여 안전측으로 동작하도록 고안한 내용이다.

디지털 수신기 특허출원 통지서 사진

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2013.05.31
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2013-0062342 (접수번호 1-1-2013-0485611-14)
출 원 인 명 칭	(주)테크빌(1-2008-023683-7)
대 리 인 성 명	김중필(9-2001-000024-3)
발 명 자 성 명	이남훈
발 명 의 명 칭	가청주파수궤도회로

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 3절 연구개발 추진전략 및 방법

1. 연구개발 추진체계

구 분	주관연구기관 엘에스산전(주)	공동연구기관 (주)테크빌	공동연구기관 한국철도기술연구원
1차년도 (2011.10.14.~ 2012.08.13)	▪ RAMS 인증을 위한 프로젝트 설계 - 국외전문기관 평가항목 및 인증범위 설계 ▪ 요구사항 검증 ▪ 설계검증 ▪ 검증방안 계획 - 기능시험절차개발 - 인터페이스 검증시험절차개발	▪ 요구사항 분석 ▪ 기본설계 ▪ 상세설계 ▪ 시제품 제작(S/W, H/W) ▪ 시험장치 제작(S/W)	▪ IEC 62278 기준의 RAMS 관리계획 문서화 ▪ 예비 위험원 분석 지원 ▪ 시스템, 인터페이스, 운영시나리오 위험원 도출 및 분석보고서 문서화 ▪ RAM 분석보고서 문서화
2차년도 (2012.08.14~ 2013.06.13)	▪ RAM 입증시험 절차개발 ▪ 시제품 시험검증 ▪ 시운전시험절차 개발 ▪ 시제품 최종 Validation	▪ 시제품 시험 ▪ 시험장치 제작(H/W) ▪ 시운전	▪ RAM 입증 모델 개발 ▪ IEC 62425 기준의 Safety Case 문서화 지원

가. 엘에스산전(주)

(1) 과제총괄운영

디지털 송·수신기 개발과 RAMS 인증을 위한 과제 총괄 운영을 수행한다. RAMS 인증을 위한 설계/제작 및 산출물 생성 일정을 관리하고 각 세부기관 간의 협업 및 일정, 결과를 관리한다.

(2) 설계/제작 검증

RAMS 인증을 위해서는 설계/제작자와 독립적인 조직에서의 각 단계 산출물의 검증이 필수적이다. 테크빌(주)에서 생성한 요구사항을 검증하고, 요구사항에 다른 설계 내용과 제작품을 검증한다. 상위 요구사항에 따라 하위 산출물이 모두 만족하는 지 여부와, 사양, 설계도에 따라 시제품이 제작되었는 지 사전 정의된 절차에 따라 검증을 수행한다. 아울러 최종 결과물에 대해서 기능요구사항 및 안전요구사항을 만족하고 있는 지에 대해 최종 Validation 을 수행한다.

또한, 기존 경부고속철도 궤도회로 송·수신기와의 호환성에 대해서도 검증한다. 기존 설비와 인터페이스하기 위한 사양을 개발하고, 통신, 아날로그 입출력에 대해 시험을 통해 호환성을 검증한다.

(3) 시험절차 개발

시제품 시험을 위한 시험절차서를 개발한다. 기능시험, 환경시험, RAM입증시험, 현장 시험 등 모든 시험에 대한 절차를 개발하고, 해당 절차대로 시험이 진행되었는지를 검증한다.

나. (주)테크빌

(1) 요구분석

기능/안전 관련 요구사항을 분석한다. SIL 레벨에 합당한 H/W, S/W 요구사항을 분석하고 설계에 분석내용을 반영 한다. 각 요구사항은 모두 테스트 가능하여야 한다.

(2) 설계/제작

요구분석을 바탕으로 H/W, S/W 의 기본 설계와 상세 설계를 수행한다. 각 설계 기준은 SIL 레벨을 만족하며, 모든 산출물은 RAMS 인증을 위한 산출물 형식에 맞추어 생성한다. 설계에 따라 SIL 레벨을 만족시키도록 제작을 수행한다.

(3) 시험

사전에 정의된 시험 절차에 따라, 기능, 환경, RAM 입증 시험, 현장 시험을 수행한다.

다. 한국철도기술연구원

(1) RAMS 컨설팅

제작사의 설계/제작 활동이 국제안전규격에 만족하도록 컨설팅을 수행한다. 독립안전성평가기관(ISA)과 제작사간 인터페이스 역할을 수행하며, 각종 산출물 및 수명주기에 따른 RAMS 활동을 가이드한다.

(2) RAMS 문서화

각 수명주기 단계별로 생성해야 하는 RAMS 관련 산출물을 작성한다. 독립안전성평가를 위한 종합안전대책보고서(Safety Case)를 생성한다.

2. 연차별 세부 추진계획 및 방법

연차	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행 기간	해당 기관
1차 년도	■ RAMS 활동	▪ 프로젝트 RAMS보증계획 설계 ▪ 아날로그타입 송・수신기 분석	4	엘에스산전(주)
		▪ RAMS 관리계획 수립 ▪ Hazard 보고서 문서화 ▪ RAM 분석보고서 문서화 ▪ RAMS 산출물 문서화	40	한국철도기술연구원
	■ 요구사항 분석	▪ 전기적, 기계적 호환성을 확보하기 위한 방안 구성	4	(주)테크빌

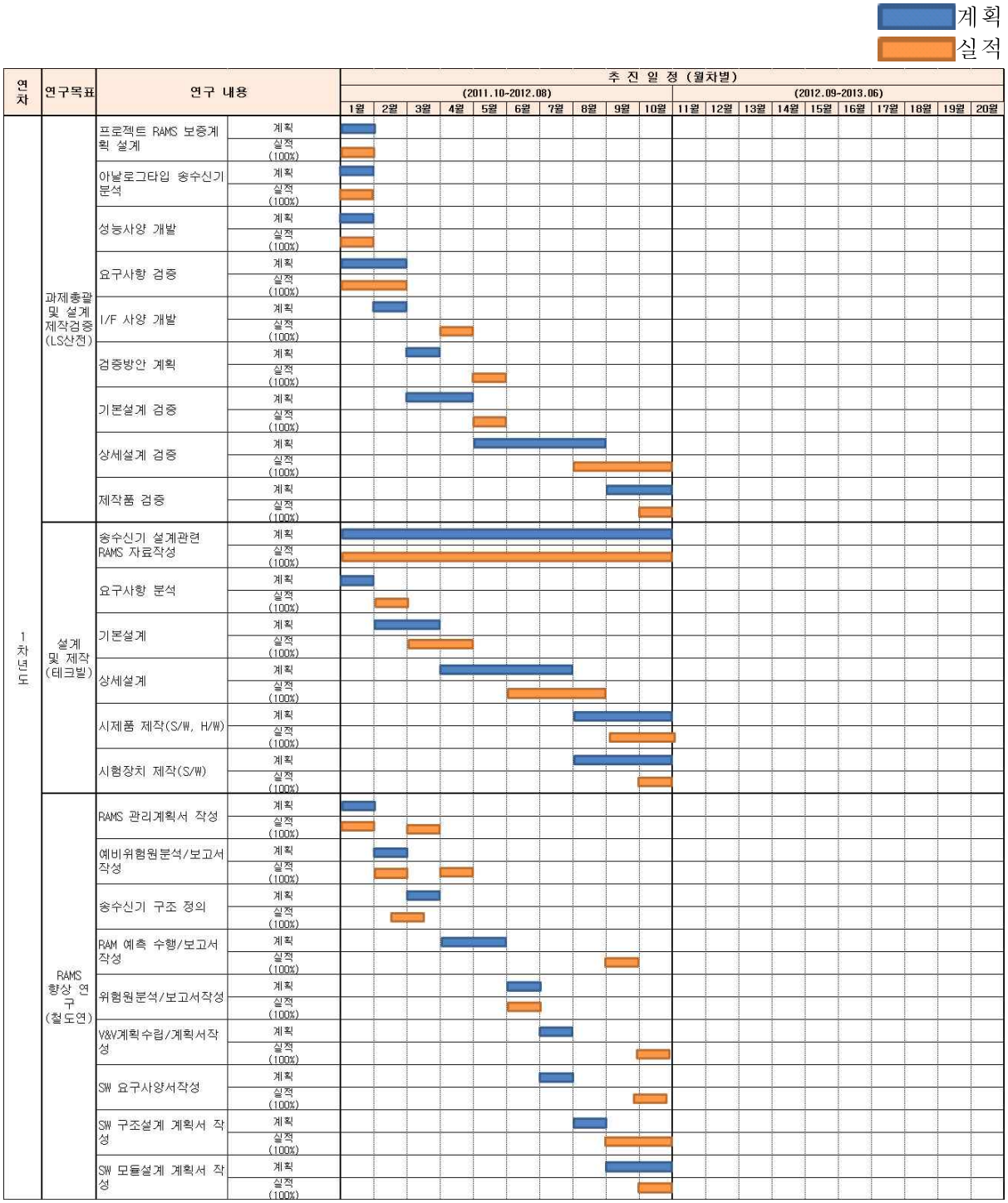
		▪ 기능, 인터페이스, 환경요구사항 수립		
		▪ 요구사항 검증	8	엘에스산전(주)
	■ 기본설계	▪ 기본(사양) 설계서 작성	8	(주)테크빌
		▪ 성능사양 개발 ▪ I/F 사양 개발 ▪ 검증방안 계획 ▪ 기본설계 검증	16	엘에스산전(주)
	■ 상세설계	▪ 송신기 상세 설계서 작성 ▪ 수신기 상세 설계서 작성 ▪ 시험장치 상세설계서 작성	16	(주)테크빌
		▪ 상세설계 검증	16	엘에스산전(주)
	■ 시제품 제작(SW, HW) - 디지털 송신기 제작 - 디지털 수신기 제작	▪ 디지털 송・수신기 S/W 구현 ▪ 디지털 송・수신기 H/W 제작	12	(주)테크빌
		▪ 제작품 검증	8	엘에스산전(주)
	■ 시험장치 제작	▪ 송·수신기 시험장치 S/W 구현	4	(주)테크빌
2차 년도	■ RAMS 활동 (SIL 인증 획득)	▪ ISA 독립안전평가 보고서 발행(외부전문기관,Cert포함)	24	엘에스산전(주)
		▪ 검증보고서 문서화 ▪ ISA 평가보고서 문서화 ▪ RAMS 산출물 문서화	24	한국철도기술연구원
	■ 시험장치 제작(H/W)	▪ 송·수신기 시험장치 H/W 제작	4	(주)테크빌
	■ 시제품 시험 - 자체 시험 - 정적/동적시험 - 종합시험 - 환경시험	▪ 시험계획수립 ▪ RAM입증시험 절차 개발 ▪ 시험결과 검증	16	엘에스산전(주)
		▪ 자체, 정적/동적, 종합 시험 ▪ 온도 시험 및 전작기적 적합성 시험		(주)테크빌
	■ 시운전	▪ 고속선 현장적용시험 실시	12	(주)테크빌
		▪ 시운전시험절차 개발	4	엘에스산전(주)
	■ Validation	▪ 시제품 Validation 수행	8	엘에스산전(주)

표 54 연차별 세부 추진계획 및 방법

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연구목표의 달성도

1. 연구개발 수행 진도율



2차년도	과제총괄 및 설계 제작검증 (LS산전)	시험계획수립	계획	
			실적 (100%)	
		RAM 입증시험 절차 개발	계획	
			실적 (100%)	
		시험결과 검증	계획	
			실적 (100%)	
		시운전시험 절차 개발	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 Validation 수행	계획	
			실적 (100%)	
		본선 시운전 Validation 수행	계획	
			실적 (100%)	
	시험 및 시운전 (테크빌)	시험 및 제작 관련 RAMS 자료작성	계획	
			실적 (100%)	
		시험장치 제작(H/W)	계획	
			실적 (100%)	
		RAMS 입증시험	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 시험	계획	
			실적 (100%)	
		시제품 보완제작 및 시험	계획	
			실적 (100%)	
		시운전	계획	
			실적 (100%)	
	RAMS 향상 연구 (철도연)	S/W 통합시험보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		S/W, H/W 통합시험보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		SW 검증 및 평가 보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		RAM 입증 (RAM 입증은 본선에서 수행예정)	계획	
			실적 (0%)	
		V&V 보고서 작성	계획	
			실적 (100%)	
		Safety Case(종합안전 보고서) 작성	계획	
			실적 (100%)	

2. 연구개발 목표의 달성도(성과점검기준표)

가. 1차년도

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점(평점1~5)
							목표수준		측정방법	검증방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가	1-1	기능 사양서 개발	①	송·수신기 기능 사양서 1건	100%	100%	산출물(송신기 기본 설계서) 확인	산출물 제출	20%	5
			1-2	상세 설계서 개발	①	송·수신기 상세 설계서 1건	100%	100%	산출물(송신기 상세 설계서) 확인	산출물 제출	15%	5
			1-3	설계도면 개발	①	송·수신기 설계도면 1건	100%	100%	산출물(송신기 설계도면) 확인	산출물 제출	15%	5
			1-4	송·수신기 시험 장치 제작(S/W) 건수	①	송·수신기 시험 장치 S/W 제작 1건	100%	100%	송·수신기 시험장치 S/W 확인	시제품 시연	10%	5
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점 × 가중치)										60%	3

	사업연계지표	목표	목표건수	달성건수	증빙	인정건수	달성율(%)	가중치	달성평점
양적 지표 점검		논문 게제	1건	0건		0	0	20%	0
		시제품제작	2건	2건	시제품 시연	2	100	20%	5
	종합점수 = ∑ (성과별 달성율 × 가중치)							40%	1

나. 2차년도

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점(평점1~5)
							목표수준		측정방법	검증방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	고속철도 디지털 송신기 수신기 개발 및 신뢰성 안전성 평가	1-1	송·수신기 시험장치 제작(H/W)	①	송·수신기 시험장치 제작 1건	100%	100%	송·수신기 시험 장치 확인	시제품 시연	10%	5
			1-2	시제품 기능 시험	①	송·수신기 기능 시험 2건	100%	100%	산출물(기능 시험 성적서) 확인	산출물 제출	10%	5
			1-3	공인기관 성능시험	①	송·수신기 공인기관 성능 시험 4건	100%	100%	산출물(공인기관 기능 시험 성적서) 확인	산출물 제출	10%	5
			1-4	현장 시운전 시험	①	송·수신기 시운전 3건	100%	33.3%	산출물(시운전 시험 성적서) 확인	산출물 제출	10%	1.7
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점 × 가중치) =										40%	1.7

		목표	목표 건수	달성건수	증빙	인정건수	달성율(%)	가중치	달성평점
양적 지표 점검	사업연계지표	논문 게제	1건	0건		0	0	20%	0
		SIL 인증	2건	2건	인증서	2	100	30%	5
		특허출원/등록	2건	2건	출원통지서	2	100	10%	5
	종합점수 = ∑ (성과별 달성율 × 가중치)							60%	2

제5장 연구개발결과의 활용계획

제 1절 연구성과 활용계획

본 과제의 결과물은 향후 경부 고속철도 유지보수 사업 및 신규 고속철도 사업에 활용할 계획이다. 당 과제는 디지털 송・수신기 개발 및 인증 과제로써, 당 과제를 통해 RAMS 인증을 받은 후, 향후 사업화 이전에 장기적 현장시험을 통하여 현장 적용성을 최종 검토 후 사업화 예정이다.

1. 실용화・제품화 방안

본 연구과제의 성과물인 디지털 송·수신기는 과제를 수행하면서 개발 단계부터 시운전까지 요구되는 RAMS 목표 수준을 충족시키기 위하여 제품 수명기간 동안 국제표준(IEC)에 의거한 RAMS 계획수립과 활동, 시운전 동안 정해진 시간에 입증시험을 수행하여 디지털 송·수신기의 RAMS 목표 및 운영기관의 요구사항에 대해서 만족하는 신뢰성/안전성/무결성이 확보된 국산화 제품이다. 따라서 개발된 디지털 송·수신기는 과제 수행 완료 후 즉시 제품화가 가능하며, 현재 운영 중인 경부고속철도 1, 2단계 구간의 궤도회로 송·수신기의 유지보수 부품으로 적용하여 사용할 수 있으며, 향후 신설되는 호남고속철도, 수도권(수서～평택) 고속철도 사업에 적용이 가능하므로 해외 기술 선진국의 의존도를 줄일 수 있다. 또한 국철 및 지하철의 궤도회로에도 적용이 가능하고, 해외 업체와 기술적으로 동등한 위치에서 경쟁을 하여 해외 고속철도 사업에도 참여가 가능하다.

2. 사업화 방안

개발된 디지털 송·수신기를 기존 경부 고속철도, 신설되는 호남 고속철도, 수도권 고속철도 사업에 적용하고, 국철 및 지하철에 응용하여 적용한다.

(단위: 억원)

구분		사업화 년도		
		2013년 (개발 종료 후 1년)	2014년 (개발 종료 후 2년)	2015년 (개발 종료 후 3년)
사업화 품목		디지털 송·수신기	디지털 송·수신기	디지털 송·수신기
생산 계획		150	350	500
판매계획	내수	30	70	100
	수출	-	-	-
	계	30	70	100

표 55 사업화 목표

3. 수입대체 효과

기존 경부고속전철구간에 설치된 송수신기는 약 900 세트이다. 송수신기의 핵심 부품은 수입에 의존하고 있고, 전체 비용은 약100억원에 해당한다. 본 과제에 의한

개발품은 전량 국내기술로 제작 가능하므로 이에 대한 수입대체 효과가 크다.

4. 연구결과의 기업 활용방안

본 과제의 결과물은 향후 경부 고속철도 유지보수 사업 및 신규 고속철도 사업에 활용할 계획이다. 당 과제는 디지털 송·수신기 개발 및 인증 과제로써, 당 과제를 통해 RAMS 인증을 받은 후, 향후 사업화 이전에 장기적 현장시험을 통하여 현장 적용성을 최종 검토 후 사업화 예정이다.

제 2절 기대성과 및 파급효과

1. 기술적 측면

○ 고속철도 궤도회로의 디지털 송·수신기 국산화에 따른 디지털 신호처리 기술력 향상

○ 신뢰성/안전성 확보를 위한 활동을 통해 하드웨어 설계기술, 신호 처리기술 및 소프트웨어 설계 기술력 향상

○ 고 신뢰성/안전성이 인증된 국산 제품을 공급함으로써 국내 운용기관들의 해외 기술 선진국 제품에 대한 의존도를 줄임

2. 경제·산업적 측면

○ 국산화 디지털 송·수신기를 향후 건설될 고속철도 신호 시스템에 적용하여 수입대체 효과가 있음. 기존의 수입품은 약 80% 이상의 부품을 해당사의 공급품에 의존하였으나, 본 과제를 통해 개발되는 송·수신기는 기존 업체에 의존하지 않고, 시장에서 일반적으로 구매 가능한 부품들로 제작 예정임

○ 기존 경부 고속철도 유지보수 물량 약 900 세트 납품 예상

○ 기타 수도권 신규 고속철도에 약 100 세트 납품 예상

○ 아날로그 방식의 송·수신기보다 유지 보수성이 편리한 디지털 송·수신기 적용하여 유지보수 시간 및 비용 절감

○ 디지털 궤도회로 제품을 가지고 국내 시장을 공략하고 있는 해외 업체와 동등한 위치에서 경쟁이 가능 함

○ 궤도회로를 적용하고 있는 국철 및 지하철로 확대 적용이 가능 함

3. 사회·경제적 측면

○ 신뢰성/안전성이 인증된 제품을 사용하여 열차운행에 안전을 기할 수 있으므로 국민 편의가 증대 됨

○ 열차운행의 안전성 및 신뢰성 증대로 수송량 증가에 따른 철도 수송 분담률 증대로 미래 녹색성장에 기여

○ 고장 진단이 쉬워 고장 발생 시 빠르게 복구하여 열차 지연을 최소화 할 수 있어 열차운행의 정시성을 확보할 수 있음

제6장 참고 문헌

1. IEC 62278: 2002, 철도 적용 - 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성 (RAMS)의 사양과 증명
2. IEC 62279, 철도안전표준, Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems
3. IEC 62425: 2007, 철도 적용 - 통신, 신호 및 처리 시스템 - 안전과 관련된 전자 신호 시스템
Railway applications-Communications, signaling and processing systems-Safety related electronic systems for signaling
4. EN ISO 90003, Software engineering - Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software(2004)
5. IEEE/EIA 1219, Standard for Information Technology - Software Life Cycle Processes
6. KS X ISO/IEC TR 15846:2007 Information technology－Software life cycle processes－Configuration Management
7. KS Q ISO 9001:2009, Quality management systems－Requirements
8. KS Q ISO 10007:2003, Guidelines for configuration management
9. ISO/IEC 9126:2001, Software engineering - Product quality
10. MISRA-C: 2004, Guidelines for the use of the C language in critical systems
11. 한국철도표준규격, "KRS-SG-0038-07(R) 무절연가청주파수(AF)궤도회로"
12. CEU Board Definition File (K631-314.121.1-E1284-AY+T-001)
13. CEU 240 Board Drawings (K631-314.121.1-E1284-AY+T-007)
14. UM 60Hz Receiver Definition File (K631-314.21-E1284-AY+T-001)
15. UM 60Hz Receiver REC240 Drawings (K631-314.212-E1284-AY+T-003)
16. ATC Trackside Equipment Adjustment Procedure and Testing (K631-315-C3300-AY+T-010)
17. Track Circuit UM71C Adjusting and Testing Test Report, Track Circuit UM71C (K631-315-C3500-AY-06+T-010)
18.강장규, 김재철, "가청주파수 궤도회로의 진단 및 시험 장비 개선에 대한 연구", Journal of the Korean Institute of IIluminating and Electrical Installation Engineers (2010) 24(12) : 147~155, 2010.
19. KIM Yong-Kyu, BAEK Jong-Hyun, RYU Chang-Keun, "A Study on the track circuit characteristic in electrified classical line", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1397~1399, 2004.
20. N.Nedelchev, "Jointless track circuit length ",, IEE Proc., Electr. Power Appl, Vol. 146, Issue 1, p.69-74, January 1999.
21. Kim min-cheol, Jang Dong-Uk, Lee jang-moo, Han moon-seob, Heo nam-yeong, Shin myung-cheol "Study for an estimation of conducted noise between electric train and track circuit by analyzing harmonics" 대한전기학회 하계학

술대회 논문집 pp.2360~2362, 2005.
22. 김영태, “철도신호제어시스템”, 테크미디어, p40～46, 2006.
23. 박기범, 박재영, 장문성, 임명섭, 김성환, “고속선 궤도회로(UM71-C)의 내부모델링에 관한 연구”, 2006년도 대한전기학과 하계학술대회 논문집, 2006.7.12.~14.
24. F.BERTON, "Korea TGV Track Circuit UM71 60Hz Track Characterisation", 1999.
25. F.Fessant, P.Aknin, F.Vilette, M.Antoni. "Modelisation electrique 여 circuit de voie, element 여 systeme de transmission voie-machine des TGV", Revue 3EI n° 27.pp.46~52, 2001.
26. 경부고속철도 신호검측장비 기술교육매뉴얼, LG산전, 2004.01.
27. Raymond A. DeCarlo, "Linear Circuit Analysis", OXFORD, 2005.2.24.
28. H.McCleallan, "DSP first a multimedia approach", Prentice Hall, 1998.
29. 성순욱, “DSP를 이용한 고속철도 ATC 신호분석에 관한 연구”, 2001
30. Technical Data sheet - UM71C/TVM430 Track Circuit.
31. “신호업무자료”, 한국철도공사, 2007.
32. R. Johm Hill (1993) Rail Track Distributed Transmission Line Impedance and Admittance: Theoretical Modeling and Experimental Results, IEEE Trans, 42(2), pp. 225-241.
33. S.A. Schelkunoff (1937) Transmission Theory of Plane Electromagnetic Waves, IRE., 25, pp. 1457-1492.
34. J.K. Um (2004) A Mathematical Model for the Track Circuit of the Korea High Speed Line, in Proceedings of the 2004 Spring Conference for Railway, Journal of the Korea Society of Railway, pp. 7-13.
35. .H. Hayt (2002) Engineering Circuit Analysis, McGraw-Hill, Sixth Edition, pp. 621-635.
36. D.K. Cheng (2002) Fundamentals of Engineering Electromagnetics, Pearson Education, pp. 315-319.
37. James W. Nilsson (2007) Electric Circuits, Prentice Hall, pp.810-813.
38. Siemens (2005) Assembly for Track Circuit Measurement Test Track, pp. 63-70.
39. 한승진, 정용운, 천기하, 이기서, 박영수, 유광균, “궤도회로의 전기적 특성에 관한 연구”, 96 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1996.7.22.~24.
40. H. Yoshimura, S. Yoshikoshi, "Railway Signal", Japan Association of Signal Industries, 1983.
41. G7사업 1단계 연구보고서, “전기신호시스템 엔지니어링 기술개발”, 한국철도기술연구원, 1999.
42. 조용기, 한재준외(2000년), “열차제어장치 개발”, 건설교통부, 과학기술부, 산업자원부.
43. 박재영, 홍원식, 전병록(2001년), “철도신호공학”, 동일출판사.
44. CSTransport(1995), “UM71 Track circuit”.
45. Eukorail(2004), “Corrective maintenance sheet, Train Control System”.

46. 신석균(2006), “철도시스템 RCM 적용을 위한 신뢰성 및 안전성 분석 활동에 관한 연구”, 한국철도학회논문집 제9권 제6호
47. (2) K631-316-E1261-AY+T002_D : On board TVM430 Internal Specification.