제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구(연구개발 기간 : 2016.4.29. ~ 2018.12.31.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 12. 31.

주관연구기관명 : 서울교통공사 (대표자) 김태호 (인)

공동연구기관명 : 대전도시철도공사 (대표자) 김민기 (인)

공동연구기관명 : 한국교통안전공단 (대표자) 권병윤 (인)

공동연구기관명 : 대아티아이(주) (대표자) 최진우 (인)

공동연구기관명 : ㈜카이엠 (대표자) 정운찬 (인)

주관연구기관책임자: 전조원
공동연구기관책임자: 이경복
공동연구기관책임자: 엄득종
공동연구기관책임자: 한찬희
공동연구기관책임자: 정운찬

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>18RTRP-C113732-03</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2018.01.01.~ 2018.12.31.</td><td>단계구분</td><td>(3단계)/(3단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">철도기술연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">전조원</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 68명
내부: 7명
외부: 61명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부: 0,000,000천원
민간: 000,000천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계: 0,000,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총:240명
내부: 44명
외부:196명</td><td>총 연구비</td><td>정부: 0,000,000천원
민간: 0,000,000천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계: 0,000,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">서울교통공사 / 도시철도연구원</td><td colspan="2">참여기업명
대전도시철도공사,한국교통안전공단,대아티아이(주),(주)카이엠</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 보안등급 및 사유</td><td colspan="5">일반</td></tr>
</table>

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록・기탁 번호	1738-6225 외 35	10-1880385				C-2017-026012 C-2018-040044					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 철도안전관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계 성능검증 • RAMS 통합시스템 시범 구축 및 성능 검증 - RAMS통합시스템 운영기관 2차 시범구축 - 1차 시범구축 개선사항 반영, 운영기관 운영상 문제점 검출 • RAMS 통합시스템 연계성 및 적합성 검증 - 운영기관의 유지관리시스템과의 연계성 확보에 대한 검증 - RAMS통합시스템의 철도안전관리체계 적합성 검증 • 프레임워크 및 컴포넌트 정의서, UI 및 활용 가이드 개발 • RAMS 관리체계 도입 시나리오 도출 및 RAMS도입 정책(안) 수립 지원 ○ 최종 목표 (국제 철도 RAMS 규격 및 국내 도시철도 운영환경에 부합하는) 철도안전관리체계 기술지원을 위한 도시철도 RAMS 통합시스템 개발/구축/실증적 검증을 확보하여 전국 도시철도 운영기관 실용화 - 철도안전관리체계 기술기준 개정에 따라 철도 운행과 관련된 주요 안전부품의 객관적 유지관리 체계 기반 마련 - 관련법에 대한 효율적 대응과 현장 중심 평가 활동을 고려한 RAMS 통합시스템 개발을 위한 운영·평가주체 의견을 통한 기준 수립 - 도시철도 운영기관 현황 분석과 평가기준을 고려한 도시철도 RAMS 통합시스템 시범 구축을 통해 개발 성과의 실증적 검증으로 전국 운영기관으로 성과 확산
연구개발성과	○ 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 RAMS 통합관리시스템 구축 - 프레임워크 및 컴포넌트 기반 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 - 유지관리시스템 데이터 인터페이스 모듈 개발 - 운영기관 시범구축, 성능 및 적합성 검증 ○ 도시철도 운영기관 RAMS 관리체계 도입을 위한 기준 정의 - 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 절차에 대한 세부기준 도출 - RAMS 시스템 도시철도 운영기관 실무 활용을 위한 가이드 개발 - 도시철도 운영기관 RAMS 도입 시나리오 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 철도안전관리체계 기술기준 충족 및 운영기관의 평가 지침으로 활용 - 설계, 개발, 구축 단계에서 습득된 기술을 활용하여 운영기관의 특성에 맞는 시스템 구축 적용 - 철도안전관리체계 기술기준 개정 등 정책 제언 - 기술개발 노하우를 기반으로 기존 및 신규 노선 RAMS 시스템 도입 사업화 추진 - RAMS에 대한 철도운영기관의 기술적 이해 및 전문성 확보 가능 - 도시철도 시설물의 안전성과 효율성 향상을 위한 기술 및 경험 축적으로 운영/유지보수 효율화 및 철도선진국과의 기술 경쟁력 제고 - RAMS 통합관리시스템 구축에 따른 도시철도 열차운행 안전설비의 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성 확보 및 도시철도 안전시스템에

	대한 검증능력 확보 - 유지관리 데이터를 철도제작사로 Feed-Back하여 지속적이고 고신뢰도의 제품 개발 - 국내 운용노선 시설의 RAMS 도입에 따른 적용 절차를 일원화함으로써 향후 국내 모든 철도 운영 기관의 RAMS 도입 기술 기준 등 표준 Framework 활용으로 신뢰성 방향 제시

국문핵심어 (5개 이내)	철도안전관리체계	신뢰성	유지보수성	가용성	안전성
영문핵심어 (5개 이내)	RAMS	reliability	maintainability	availability	safety

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

무단전재 및 재배포 금지

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 7

가. 목 적 ····· 7

나. 연구개발의 필요성 ····· 7

다. 연구수행 범위 ····· 8

(1) 1차년도 (2016년) ····· 8

(2) 2차년도 (2017년) ····· 8

(3) 3차년도 (2018년) ····· 9

라. 연구수행 기관 및 추진 일정 ····· 9

(1) 참여 연구 기관 및 연구 내용 ····· 9

(2) 연차별 추진 일정 ····· 10

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 12

가. 성과도출을 위한 과제관리 ····· 12

(1) 연구개발 추진전략 및 방법 ····· 12

(2) 연구개발 추진체계 ····· 31

(3) 연구개발 추진일정 및 연구개발비 현황 ····· 45

나. 정량적 연구수행성과 ····· 47

(1) 국내외 논문 게재 실적 ····· 47

(2) 국내외 학술회의 논문 발표 실적 ····· 47

(3) 지식재산권(특허, 저작권) 등 확보 ····· 49

(4) 산업 기술 인력 양성 ····· 50

다. 최종 성과의 차별성 ····· 52

(1) 연구성과의 창의성 ····· 52

(2) 연구성과의 우수성 ····· 53

(3) 연구성과의 범용성 ····· 54

(4) 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구사항에 대한 기준 정의 및 개발 ····· 56

(5) 연구개발 전 주기 동안 요구사항 분류 및 관리하여 통합시스템 개발 적용 ····· 63

(6) 국제적인 안전전문기관에 의한 제3자 검증 수행 ····· 67

(7) GS 인증 획득 (Good Software) ····· 77

(8) 국방 RAM 활동 프로세스 및 지침 참조 ····· 80

(9) 신뢰성-유지보수성 연관관계 효과도 분석 모델 개발 ····· 82

(10) 도시철도 운영기관 실제 적용 및 연구기관·운영기관 담당자 검증 ····· 91

라. 최종성과의 기술적·경제적 우수성 ····· 98

(1) 기술적 성과 ····· 98
(2) 사회·경제적 파급효과 ····· 172
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 174
가. 연구목표 ····· 174
(1) 연구개발의 최종 목표 ····· 174
(2) 3차년도 연구개발 목표 ····· 175
나. 목표 달성여부 ····· 177
(1) 질적 성과 목표 ····· 177
(2) 양적 성과 목표 ····· 179
(3) 세부 성과 목표 및 결과 ····· 180
4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ····· 183
가. 서울교통공사 및 대전도시철도공사 실무활용 ····· 183
(1) 서울교통공사 RAMS 관리체계 시범구축 및 운영 ····· 183
(2) 대전도시철공사 시범구축 및 운영 ····· 184
나. 제도개선을 위한 정책제언 ····· 184
(1) 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목 일부 보완 ····· 185
(2) RAMS 관리 세부기준 제시 ····· 187
(3) 향후 철도안전관리체계 기술기준 개정 시 대응 ····· 188
다. 연구개발 성과의 운영기관 활용 방안 ····· 188
라. 기술실시 및 사업화 ····· 190
(1) 기술실시 협약 추진 ····· 190
(2) 사업화 전략 ····· 191
(3) 단계별 세부 추진 방안 ····· 192

1. 연구개발과제의 개요

가. 목 적

○ 철도안전관리체계 기술기준 개정에 따라 철도 운행과 관련된 주요 안전부품의 **객관적 유지관리체계 기반** 마련을 위한 RAMS 통합 관리 시스템 개발

○ 관련법에 대한 효율적 대응과 현장 중심의 평가 활동을 고려한 RAMS 통합시스템 개발을 위한 운영기관·평가주체의 의견수렴을 통한 **RAMS 도입 기준** 수립

○ 도시철도 운영기관 현황 분석과 평가기준을 고려한 도시철도 RAMS 통합시스템 시범 구축을 통해 개발 성과의 **실증적 검증**으로 **운영기관 RAMS 도입 성과 확산**



나. 연구개발의 필요성

○ 도시철도 차량 및 시설물은 철도 운행의 안전성 및 효율성과 직결된 분야로 **높은 수준의 신뢰도 및 안전도 관리 요구 증대**

○ 철도안전관리체계 기술기준 시행에 따라 도시철도 운영기관의 RAMS 관리 환경 구축이 요구되고 있으나, **RAMS 관리를 위한 공통 기준 부재**

○ 국내 경전철 노선 건설로 인한 효율적 운영과 유지보수를 위해 RAMS 도입이 추진 중에 있으나, 기존 도시철도의 경우 전동차 분야에만 국한되어 있고 그 기준도 명확하지 않아 객관성 확보가 어려움

○ 본 연구과제는 국제표준규격, 국내 철도안전법에 따른 **요구사항을 만족**시키며 기존의 **운영 인프라의 적극적인 활용**으로 아래와 같은 이점을 가질 수 있다.

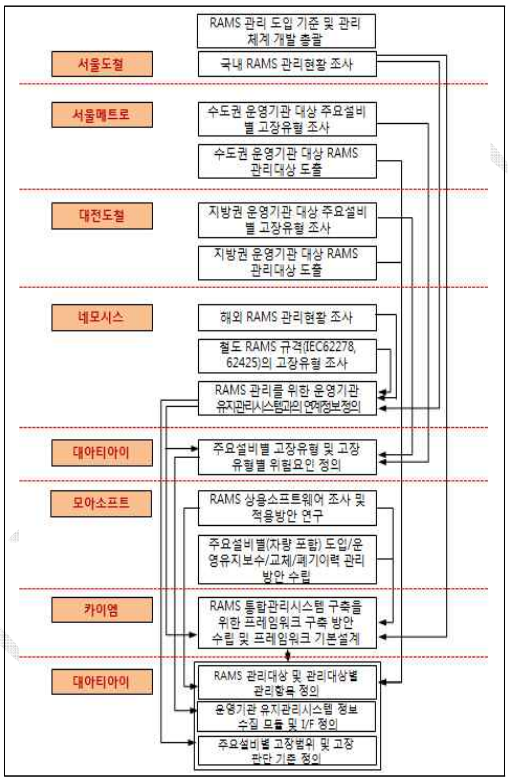
- 모든 조건을 만족시키는 신규 RAMS 관리시스템 구축 대비 비용 절감 효과
- 기존 인프라 활용으로 신규 인프라 구축 대비 인적 오류의 Zero화
- 추가적인 운용 인력의 증가를 최소화하여 RAMS관리 가능

○ 본 연구에서의 시범구축은 단일기관의 시범구축으로 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위해 2단계에 걸쳐 총 3개의 운영기관에 시범 구축하여 도출되는 문제점 해결을 통해 **범용성을 확보**하였고 추후 사업화 및 활용성이 매우 높다고 볼 수 있다.

다. 연구수행 범위

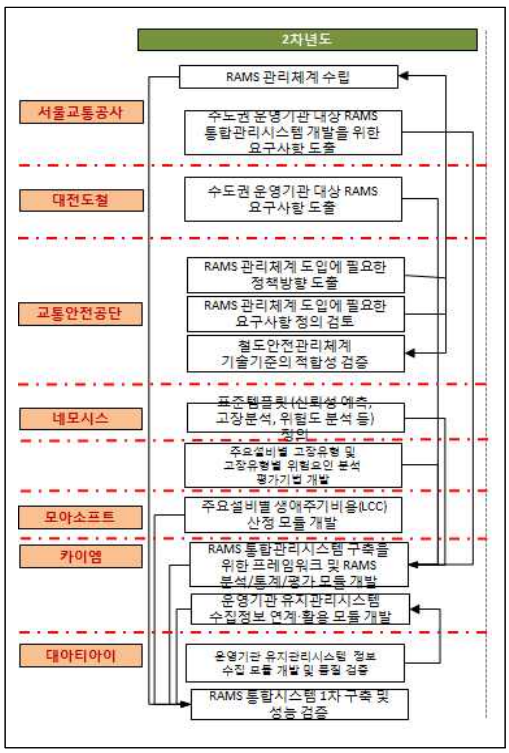
(1) 1차년도 (2016년)

○ RAMS **요구사항 도출 및 S/W 개발 개념** 설정
- RAMS 도입 기준 및 관리체계 현황조사
- 기술기준 분석 및 운영기관 현황조사
- 운영기관 요구사항, 의견수렴 및 전문가 자문
- RAMS 및 유지관리 시스템 정보 체계 연구
- 해외 E&M별 관리현황 및 고장유형 조사
- RAMS 상용소프트웨어 조사 및 적용 방안
- 주요설비 도입/운영/교체/폐기 이력관리 방안
- 주요설비별 고장범위 및 고장판단 기준 정의
- 주요설비별 고장유형 별 위험요인 정의
- RCM 검증모델 및 기술기준 분석
- RAMS 요구사항 체계 분석, 유지관리시스템 연계 방안 연구
- RAMS 분석/통계/평가 항목 및 기준 정의
- RAMS 통합시스템 기본 설계 및 컴포넌트식별



(2) 2차년도 (2017년)

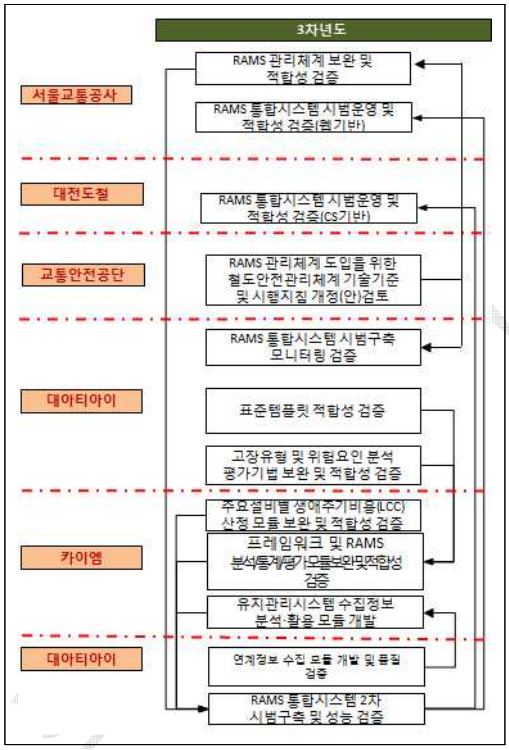
○ RAMS 통합시스템 **SW, 인터페이스 모듈 개발**
- 운영기관 1차 시범구축 및 보완점 분석
- 유지관리/DATA수집/분석/활용 단계별 RAMS 관리 기준 개발
- 현장 유지보수자의 관리 편의성, 신뢰성을 고려한 시스템 요구사항 분석 및 도출
- RAMS 관리체계 도입에 필요한 정책방향 도출
- 기술기준 RAMS 요구항목을 만족하기 위한 도시철도 RAMS 분석/평가 기법 개발
- 도시철도 RAMS 표준 템플릿 개발
- 주요설비별 생애주기비용(LCC) 산정 모듈 개발
- 유지관리시스템 연계 및 정보 수집 모듈 개발
- 고장유형 및 위험요인 평가기준 제시
- 통합 및 E&M별 RAMS S/W 개발



(3) 3차년도 (2018년)

○ 철도안전관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별 **RAMS 관리체계 성능 검증**

- 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계 시범 구축
- 철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증
- 운영기관 유지관리시스템 연계성 및 적합성 검증
- 2차 시범구축 및 1차 시범구축 개선사항 보완
- 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출
- 유지관리시스템 연계 및 정보 수집 모듈 개선
- RAMS 요구사항 만족 위한 분석/평가기법 검증
- 도시철도 RAMS 표준 템플릿 검증 및 보완
- LCC 모듈 통합 및 프레임워크, 콤포넌트 보완
- RAMS 통합시스템 활용 가이드 및 유통/보급 방안 개발
- 도시철도 RAMS 관리체계 도입 시나리오 도출



라. 연구수행 기관 및 추진 일정

(1) 참여 연구 기관 및 연구 내용

세부과제	
과제명	철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구
주관기관	서울교통공사

총 참 여 연 구 원
주관연구책임자 외 67명

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	2	36	68
대 학	-	-	
국공립(연)	2	20	
출 연 (연)	1	12	
기 타	-	-	

주관 연구기관	공동 연구기관	공동 연구기관	공동 연구기관	공동 연구기관
서울교통공사	대전도시철도공사	한국교통안전공단	대아티아이(주)	㈜카이엠
참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원
주관연구책임자 외 6명	공동연구책임자 외 12명	공동연구책임자 외 11명	공동연구책임자 외 15명	공동연구책임자 외 19명

수석급 1명 책임급 3명 선임급 2명 원 급 1명	책임급 4명 선임급 9명	수석급 2명 책임급 4명 선임급 5명 원 급 1명	수석급 5명 책임급 2명 선임급 4명 원 급 5명	수석급 3명 책임급 4명 선임급 8명 원 급 5명
연구개발내용	연구개발내용	연구개발내용	연구개발내용	연구개발내용
과제명: 철도안전관리 체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS 관리 체계 성능 검증	과제명: 운영기관 RAMS 활동관리 통합시스템 시범 구축 지원	과제명: RAMS관리 체계 도입시 나리오 도출 및 정책연구	과제명: 도시철도 유지관리 시스템과의 연계성 및 품질 최적화 시범구축 및 성능 검증	과제명: 통합 / E&M 별 RAMS SW 개발
• RAMS 관리체계 시범구축 • RAMS 통합시스템 시범운영 및 적합성확인 • E&M별 RAMS 관리체계와 철도안전관리 체계 기준과의 적합성 확인	• RAMS 통합시스템 운영기관 시범 구축을 위한 관련 인프라 환경 분석 및 구축 지원 • 시범구축 및 운영단계에서 요구사항 및 검증, 보완사항 제시	• RAMS관리체계 도입에 필요한 정책(안) 수립 제시 • RAMS 도입을 위한 정부의 정책(안) 고시 지원	• RAMS통합시스템 2차 시범 구축 • 인터페이스 모듈 SW 개선 • 성능검증 및 안전관리체계 적합성 검증 • RAMS통합시스템 적용 기법 및 알고리즘 검증	• LCC 모듈 연계 기능을 포함한 통합 RAMS S/W 검증/보완 • 통합 RAMS S/W 시범구축/운영 지원 • 활용 가이드 및 실용화 방안 제시

(2) 연차별 추진 일정

과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	비고
연구 요구사항 및 적용기준 수립	성과지표	요구사항 대비 계획의 부합도			
	달성목표(%)	100			
	일정계획				
고장유형 및 위험요인 조사 / 분석	성과지표	조사 분석의 목표 대비 실적			
	달성목표(%)	90	10		
	일정계획				
RAMS 관련 상용 소프트웨어 조사	성과지표	상용 SW 조사			
	달성목표(%)	100			
	일정계획				
E&M 별 도입, 운영·유지보수,	성과지표	E&M 별 LCC 관리방안 제안			
	달성목표(%)	80	20		

과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	비고
교체, 폐기 이력 관리 방안 연구	일정계획				
LCC 모듈 및 평가 도구 개발	성과지표	모듈 및 도구 개발			
	달성목표(%)		90	10	
	일정계획				
시스템 구축 및 보완	성과지표	요구사항 부합도 및 검증의 완성도			
	달성목표(%)		90	10	
	일정계획				
시스템 통합 및 검증	성과지표	통합시스템 통합 및 유용성 검증			
	달성목표(%)		20	80	
	일정계획				
최종 성과물 도출	성과지표	연구 최종 성과물 도출 및 활용방안			
	달성목표(%)			100	
	일정계획				

2. 연구수행내용 및 성과

가. 성과도출을 위한 과제관리

(1) 연구개발 추진전략 및 방법

(가) 연구개발 추진전략



① V-사이클에 의한 연구 개발 프로세스 추진

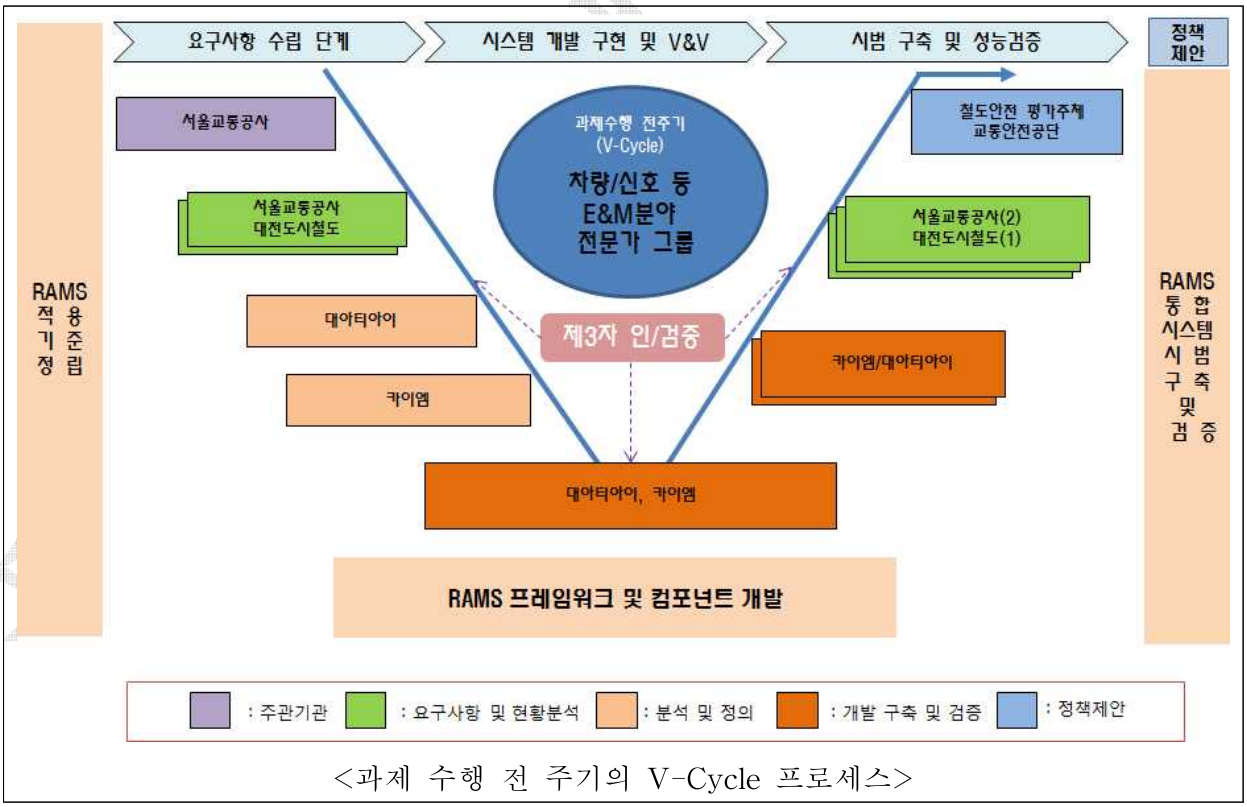
② 정기적인 공정관리를 위한 월간 공정회의 및 수시 기술회의 개최

③ 연구과제의 추진현황 공유, 현안사항과 정책방향 등 논의를 통한 시스템 반영

④ 철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증을 위한 전문가 자문 및 기술협의체 활동

⑤ 국내 학술대회, 철도 전시회 기술 홍보 및 도시철도 운영기관 공청회 등 의견 수렴

⑥ 도시철도 운영기관 시범구축 및 담당자 확인·검증, 제3자 검증 추진



<과제 수행 전 주기의 V-Cycle 프로세스>

(나) 연구개발 추진전략 세부 활동 내용

① 공정관리를 위한 정기적인 공정 회의

연도별	일 자	내 용
3차년 (2018년)	2월('18.03.06)	- 2월 추진실적 및 3월 추진계획 발표 - 테이터 연계 및 소프트웨어 고도화 방안
	3월('18.04.03)	- 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 현황 소개 - RAMS 데이타 분석 사례 시연
	4월('18.05.02)	- 도시철도 운영기관 담당자 및 전문가 의견수렴 - 연구비 집행실적 및 현안사항 논의
	5월('18.05.29)	- 한국철도학회 공청회 결과 공유 및 논의 - 2018 국토교통기술대전 참가 및 진행 논의
	6월('18.07.04)	- 시설물유지관리시스템 데이터 연계현황 - 고장유형 및 유형별 위험요인 정의
	7월('18.08.07)	- KRAMS 개선내용 검토 - 대전도시철도 시범구축 현황 검토
	8월('18.09.12)	- 제3자 검증. GS인증, 보안성 검증 추진 현황 - 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 논의
	10월('18.11.12)	- KRAMS 활용방안 공청회 결과 공유 - 사용자 교육 및 의견수렴
	12월('18.12.12)	- 3차년도 연구추진 내용 확인 - 연차평가 대비 준비사항 논의
2차년 (2017년)	3월('17.03.29)	- 1차년도 연구성과 및 2차년도 연구방안 - 워크숍 의견수렴 방안 논의
	4월('17.05.02)	- 2월~4월(3개월) 연구실적 검토 - 연구비 집행현황 제출
	5월('17.06.09)	- 2017 국토교통기술대전 참가 내용 공유 - RAMS 통합시스템 개발 현황
	7월('17.07.26)	- 국토부, 진흥원 합동 연구추진 현황 검토 - 상반기 보안교육 시행
	8월('17.09.05)	- 시범구축관련 보안성 심의 계획 - LCC관련 입력데이타 및 사용자 인터페이스
	9월('17.09.27)	- RAMS 전문기관(항공기술연구소) 벤치마킹 - S/W 상세설계 보완 및 검토
	10월('17.11.01)	- 장비 도입 및 설치, S/W 설치 - 한국철도학회 및 특별세션 결과 공유
	11월('17.11.27)	- 11월 추진실적 및 12월 계획 발표 - 연차평가 및 3차년 연구계획 논의
1차년 (2016년)	8월('16.08.30)	- 연구비 관리 및 정산 교육 시행 - 운영기관 RAMS 관리체계 현황 검토
	9월('16.09.26)	- 운영기관 요구사항 도출 및 의견수렴 - 추계학술대회 특별세션 개최 논의
	10월('16.10.26)	- 전문가 활용계획 논의 - 1차년 연차평가 대비 준비사항 논의
	11월('16.11.22)	- 유지관리시스템 정보체계 검토 - 1차년도 연구개발실적 및 계획서 작성 논의

② 국토교통부 연구과제 추진현황 공유, 현안사항과 정책방향 등 논의

국토교통부 주무부서(철도안전정책과), 전문기관(국토교통과학기술진흥원), 주관 연구기관(서울교통공사) 및 공동연구기관이 참석, 유기적으로 연구과제의 추진현황(실적) 및 계획을 공유하고, 각종 현안사항과 정책방향 등을 논의하여 개발 중인 도시철도 RAMS 통합시스템에 적극 반영하였으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

일 자	주요 내용
1차('17.06.01)	- 2차년도 과제현황 설명 및 RAMS 통합시스템 개발 방향 논의 - '17년 4/4분기에 서울교통공사에 시범구축 내용 설명
2차('17.07.19)	- 추진실적 보고 (2월~6월) ✓ RAMS 통합시스템 관련 korail 관제센터(구로) 견학 ✓ 한국철도학회 춘계학술대회 참가 (논문 4편 발표) ✓ 2017 국토교통기술대전 참가 및 철도종사자 의견수렴 ✓ 전국 도시철도 운영기관 의견수렴 (김해경전철, 부산교통공사) ✓ RAMS E-Learning 기본과정 제작 및 교육 시행 - 추진계획 보고 (7월~12월) ✓ 연구과제 자체평가 및 점검 ✓ 연구장비 도입에 따른 장비심의 ✓ RAMS 통합시스템 Test-Bed 구축에 따른 S/W 구현 기술회의(매주) ✓ RAMS 통합시스템 Test-Bed 구축 일정 (서울교통공사)
3차('17.07.26)	- 기술회의(7월 공정회의 병행)에 국토교통부 및 전문기관 담당자 참석 - 도시철도 RAMS 통합시스템 S/W 개발과정에 의견 제시
4차('17.08.02)	- RAMS 통합시스템 개발 S/W 시연 (대시보드, 분석 및 관리모듈 등) - 본 과제 공동연구기관 겸 철도안전관리체계 검사기관인 교통안전공단 담당부서와 검사관이 참여하는 간담회 개최(예정) 논의
5차('18.02.01)	- 2차년도 추진실적 보고 (국토교통기술대전, 한국도시철도학회, 한국철도학회 특별세션 개최 등) - 서울교통공사 1차 시범구축(5~8호선) 및 시연회 개최 - 3차년도 추진계획 보고 (2차시범구축_서울교통공사(1~4호선), 대전도시철도공사) - RAMS E-Learning 제작 및 공청회 개최 등
6차('18.02.13)	[서울교통공사 시범구축 현장방문] - 1차 시범구축 현황 및 개선사항 검토 - 국토교통부, 한국교통안전공단 의견사항 수렴 및 반영 검토

일 자	주요 내용
7차(‘18.03.19)	- RAMS 통합시스템 시연 및 문제점 검토 - 도시철도 운영기관에 적용 가능하도록 개발 (범용성) - 철도안전관리체계 기술기준 개정에 대한 의견
8차(‘18.04.11)	- 운영기관별 E&M 분류체계 현황 및 RAMS 통합시스템 반영 내용 - 한국교통안전공단 검사관 요구사항 대한 반영여부 - 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 방향 검토
9차(‘18.05.02)	[전문가 자문회의 병행] - E&M 분류체계 기준에 대한 검토 - RAMS 통합시스템 운영 현황 및 방향 검토 - RAMS 활용방안 검토
10차(‘18.06.01)	- RAMS 통합시스템 시범구축 (대전도시철도공사) 추진일정 보고 - RAMS 통합시스템 S/W 고도화 현황 보고 - 철도안전관리체계 기술기준 개정방안 및 공청회 개최 논의
11차(‘18.09.06)	- RAMS 통합시스템 시범구축 현황 보고 (서울교통공사 1~4호선, 대전도시철도공사) - 공청회(‘18.06.28.) 의견수렴 및 추가 공청회 개최 논의

③ 도시철도 운영기관 기술협의체 활동

현장의 다양한 요구사항과 의견을 수렴코자 주관 및 공동연구기관 연구원이 전국 도시철도 운영기관을 수도권역과 지방권역으로 나눠 직접 방문하여 현황 조사를 시행하였고, 2016년 6월 착수보고회 및 워크숍을 시작으로 워크숍 2회, 주관 및 공동연구기관과 도시철도 운영기관간 기술협의체 실무회의 개최 및 의견수렴.

구 분	일 자	장 소	참여기관 (연구기관 포함)	비 고
착수보고회 및 1차 워크숍	‘16.6.20~21	경기 양평 (현대종합연수원)	18	54명
1차 실무회의	‘16. 7. 16	서울도시철도공사 (한강진 회의실)	4	11명
2차 실무회의	‘16. 7. 22	대전도시철도공사 (본사)	6	22명
3차 실무회의	‘16. 8. 10	광주도시철도공사 (용산기지)	7	19명
	‘16. 8. 11	대구도시철도공사 (칠곡기지)	7	20명

4차 실무회의	‘16. 10. 5	인천교통공사 (귤현기지) 공항철도 (본사)	9	20명
	‘16. 10. 6	신분당선 (광교기지) 용인경전철 (삼가기지)	9	22명
5차 실무회의	‘16. 10. 26	서울메트로 (본사)	7	19명
6차 실무회의 및 2차 워크숍	‘16.11.29~30	인천 무의도	11	31명
7차 실무회의	‘17.05.17~18	부산교통공사 부산김해경전철	7	27명
시범운영 사용자의견수렴	‘18.11.30.~12.06.	서울교통공사	11개 부서	-
	‘18.12.03.~12.14.	대전도시철도공사	5개 부서	-
KRAMS 사용자 활용 교육	‘18.11.05.	서울교통공사	3	45명
	‘19.01.23.	대전도시철도공사	3	32명

④ 전문가 그룹 구성 및 자문 시행

과제의 성공적 수행과 높은 성과를 도출하기 위해 분야별 전문가 그룹을 구성하고 분야별 자문 연구 수행 및 공청회 진행을 통한 과제 수행의 완성도 향상

○ 자문현황

연번	기간	내용	전문가	비 고
1	2018.07.~10.	RAMS 분석 발전 방안 연구	한밭대학교 임재학 교수	
2	2018.04.~08.	정비효과 모델 검증 및 샘플 데이터 분석	대구카톨릭대학교 산학협력단 박종훈 교수	
3	2017.09.~11.	E&M분야 전문가 자문	네오트랜스 기술연구소 오세화 소장	
4	2017.08.~10.	RAMS 설문조사 분석	한국교통연구원 김 현 연구원	
5	2016.11.~12.	통계분석 및 신뢰성 컨설팅분야 전문가 자문	수원대학 신뢰성혁신센터 김명수 교수	
6	2016.10.~12.	E&M분야 전문가 자문	네오트랜스 기술연구소 오세화 소장	

㉮ RAMS 분석 발전 방안 자문 연구

○ 목 적 : 도시철도 RAMS 통합시스템의 원활한 운용과 보급을 위해 필요사항 검토 및 보완할 수 있는 개선방안을 제시

○ 전문가 : 한밭대학교 임재학 교수

○ 자문기간 : 2018.7.13. ~ 10.12

○ 내 용

✓ 운용제원 분석 속도 개선

- 하드웨어적으로 운용제원의 분산속도 향상 방안 제시

✓ 비용기준 대안 분석 방안 수립

- 품질관리에서 사용하는 프로세스 적용 방안 제시

✓ 소표본 자료 활용

- 소표본의 RAM 분석에 적용할 수 있는 기법인 붓스트랩의 개념 및 적용 논문을 조사하여 제시
- 소표본인 경우 베이지만 기법을 이용하여 모수를 추정한 논문을 조사
- 무고장인 경우 모수를 추정하는 사례논문을 조사하여 제시

✓ 운용제원분석 선진기법 조사

- 칼만필터링 기법과 PHM기법을 조사하여 적용할 수 있는 방안 제시

✓ 철도차량 및 시설물 구조관리 고도화 방안

- 철도차량 및 시설물의 모델/호기 또는 형상변화에 따른 철도차량 및 시설물 구조방안으로 형상 DB를 제안하고 이를 구축할 수 있는 절차를 조사, 제시

○ 자문결과

✓ 본 연구에서 제시된 방안은 KRAMS의 개발 완료 후 운영 단계에서 발생하는 보완사항을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 경우에 대처할 수 있는 기능을 보유할 수 있도록 향후 시스템 개선사항을 제시함으로써 시스템의 정확성 제고 및 활용성 향상을 통해 철도차량 및 시설물의 RAMS 분석 및 관리에 활용 될 수 있을 것으로 판단

㉰ 정비효과 모델 검증 및 샘플 데이터 분석 자문 연구

○ 목 적 : 시스템과 계획된 예방보수정책을 분석하여 경제적 효율성을 확보할 수 있는 시스템의 운영 방안을 제시

○ 전문가 : 대구카톨릭대학교 산학협력단 박종훈 교수

○ 자문기간 : 2018.04.23.~08.22.

○ 내 용

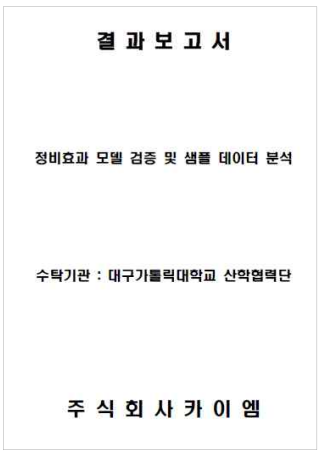
✓ Stress-reducing 모형 및 검증

- 고장률 모형에 대한 검증
- 최적정비주기 산출에 대한 검증

✓ Direct-indirect 모형 및 검증

- 고장률 모형에 대한 검증
- 최적정비주기 산출에 대한 검증

✓ 정비효과 추정



- 정비효과 추정의 개념 및 최적 점검주기 분석

○ 자문결과

✓ Stress-reducing 모형 : “Stress-reducing preventive maintenance model for a unit under stressful environment”의 4.1. Case for immediate failure recognition의 내용을 충실히 구현하고 있는 것으로 판단

✓ Direct-indirect 모형 : “Optimal maintenance scheduling for a system with indirect and direct preventive maintenances”의 내용을 충실히 구현하고 있는 것으로 판단

✓ Direct-indirect 모형의 정비효과 추정 : Direct-indirect 모형의 정비효과 추정 프로그램은 운영데이터로부터 수명분포함수의 모수와 직접보수효과 그리고 간접보수효과를 추정하는 목적에 적합하게 구현된 것으로 판단

㉱ E&M분야 전문가 자문시행

○ 전문가 : 네오트랜스 기술연구소 (오세화 소장)

○ 기 간 : 2016년 10월~12월 (13회)

○ 목 적

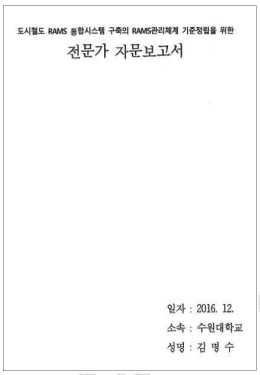
✓ 도시철도 RAMS 적용을 위한 RAMS 표준관리체계를 마련

✓ 국내 최초의 중형전철 무인운전시스템을 운영 및 최신의 관리기법으로 RAMS 업무를 수행하고 있어 벤치마킹

✓ RAMS 관리체계 현황분석, 시스템 사양 및 개발 규격에 대한 기술적 자문

회차	자문내용
1	도시철도 운영환경을 고려한 RAMS 관리체계에 필요한 요건
2	E&M 분야별 고장, 위험도 범위, 원인, 빈도, 심각도 관리대상
3	중량전철 운영기관의 특성을 반영한 RAMS 정의, RAMS 산출식 및 분석기준, 평가방법
4	필요 요건에 대한 업무 정의 및 수행 절차
5	RAMS 수집 DATA 및 시스템 분류체계와 관리기준 적합성 방안
6	RAMS 산출식 및 분석기준, 평가방법 관련내용 추가 자문
7	시스템 분류체계와 관리기준 적합성 방안
8	RAMS 수명주기 및 단계별 RAMS 업무정의(1)
9	RAMS 수명주기 및 단계별 RAMS 업무정의(2)
10	RAMS 수명주기 및 단계별 RAMS 업무정의(3)
11	RAMS 관리체계 정의 방안 제시(1)
12	RAMS 관리체계 정의 방안 제시(2)
13	RAMS 관리체계 정의 방안 제시(3)

㉱ 통계분석 및 신뢰성 컨설팅분야 전문가 자문시행


도시철도 RAMS 통합시스템 구축의 RAMS관리체계 기준정립을 위한
전문가 자문보고서
일자 : 2016. 12.
소속 : 수원대학교
성명 : 김 명 수

○ 전문가 : 수원대학 신뢰성혁신센터 (김명수 교수)

○ 기 간 : 2016년 11월~12월 (6회)

○ 목 적

✓ RAMS 지표별 관리체계 표준방안 작성 및 수학적(통계적) 해석에 대한 자문

✓ 도시철도 운영환경을 고려한 RAMS 지표별 관리체계 표준방안을 제시

회차	자문내용
1	RAMS 수명주기와 관련업무(14단계)
2	단계별 RAMS 관리체계 정의(1) - 1단계(개념)~7단계(제작)까지의 RAMS 관리의 목적, 입력, 요구조건, 결과물, 검증활동
3	단계별 RAMS 관리체계 정의(2) - 8단계(설치)~14단계(폐기)까지의 RAMS 관리의 목적, 입력, 요구조건, 결과물, 검증활동
4	도시철도 운영환경을 고려한 RAMS 지표별 관리체계 표준안
5	도시철도 운영환경을 고려한 RAMS 지표별 관리체계 표준안
6	RAMS 지표별 관리체계 표준에 따른 수학적(통계적) 해석

㉲ RAMS 설문조사 분석 전문가 자문시행

○ 전문가 : 한국교통연구원 연구원 (김 현)

○ 기 간 : 2017년 8월 ~ 10월 (3회)

○ 목 적

✓ 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축을 위한 도시철도 운영기관의 현황을 고려한 RAMS 관련 설문문항에 대한 기초통계량 및 교차분석을 시행하여 “RAMS” 니즈 분석

✓ RAMS 통합시스템 설문조사 결과 활용을 위한 수학적(통계적) 모형 분석을 통한 개발 정책 수용성 분석, 연구과제 수행의 효율성과 적정성, 객관성 확보

✓ RAMS의 인지도와 필요성의 인과관계에 근거한 타당성 규명

○ 범 위

✓ 설문조사 결과에 대한 기술통계량 분석(descriptive statistics)

✓ RAMS 관련 설문 문항간 교차 통계 분석

✓ 인지도와 RAMS 개발 필요성 등 다변량 통계 검정

✓ 구조방정식 모형을 통한 RAMS 개발 및 구축의 정책 수용성 분석

회차	자문내용
1	도시철도 RAMS 통합시스템 연구개발 설문조사결과 자문
2	시연후 만족도 조사 및 설문방향 자문
3	RAMS 체계 도입을 위한 철도종사자 인지도 및 이해정도

㉮ E&M분야 전문가 자문시행

○ 전문가 : 네오트랜스 기술연구소 (오세화 소장)

○ 기 간 : 2017년 9월~11월 (6회)

○ 목 적

✓ 도시철도 RAMS 통합시스템 구축을 위해 도시철도 운영기관 신뢰성 기반 유지보수 활동현황을 분석

✓ 시스템 분류체계(계층구조)와 정기검사 항목과의 연계성 파악

✓ 운영기관(서울교통공사, 신분당선) 분류체계 공통점 및 상이점 파악 (신호, PSD)

✓ 열차운행의 자동화 등급에 따른 요구사항(기술기준)

회차	자문내용
1	운영기관의 RCM 적용현황 (한국철도공사, 공항철도), 국제 규격의 RCM 절차 비교
2	국내 운영기관의 RAMS 활동현황 (신분당선, 용인경전철), 신분당선 차량분야 신뢰성 관리대상
3	열차 제어시스템의 자동화수준(GoA) 및 기능 분류, RAMS와 관련된 GoA 기준 범위
4	시스템 분류체계(계층구조) 및 정기검사 항목의 상이점
5	표준화를 통한 예측유지보수 기술도입의 필요성
6	분류체계를 기준으로 R&M 상관관계 기준 작성

⑤ RAMS 전문기관 벤치마킹 및 세미나 활동

㉮ 공군 군수사령부 항공기술연구소 (대구)

○ 일 자 : 2017. 9. 19. (화)

○ 목 적 : 항공분야 RAMS 관리현황 및 우수사례를 벤치마킹

○ 내 용

[항공분야 RAMS 현황]
❑ 피로분석을 통한 수명분석(ASIP)
- T-50B에 대한 경제수명 변경 진행 중으로 비행자료 분석을 통해 비행자료 보고서

산출 후 검사대상 부위 및 점검시기를 산출

❑ RCMA 분석

- 안전성, 신뢰성, 경제성을 기준으로 평가
- 대상분류 → 정보수집 → 결함유형분석 → 확률계산
- 적용사례 : RC-800 Starter Generator 교환주기 변경 (600H → 1,000H)
  - ✓ 600H마다 교환하던 부품을 600H, 800H 점검을 추가하여 1,000H 연장사용, 1년 동안 고장발생 없음 (예산절감)
  - ✓ 점검방법은 육안점검 후 일부 부품은 교체하는 방식
- 구조건전성 모니터링(SHM)
  - ✓ C-130H 적용 중이며, 수명관리 프로그램 개발 중
- 공군의 정비체계 및 RAM 업무 소개
  - ✓ 정비창에 입고된 전투기 해체 점검과정 견학
  - ✓ 점검주기에 따른 점검방법, 절차 등 설명 (철도 중정비와 비교)

[철도 및 항공분야의 공통점과 향후 연구방향]

- 해외 구매품이 다수, 제작사로부터 기초자료 및 RAMS 관련자료 확보가 어렵다
- RAMS 분석 결과를 실제 적용하는 것은 사고 등의 책임문제로 어렵다
- 도시철도 RAMS 통합시스템 연구 방향에 대한 논의
  - ✓ 위험도 관리를 계층적 부품단위로 개발하고, 위험과 연계하여 현장 적용 방안을 마련하는 것은 긍정적이고, RAMS 분석결과를 활용하기 위한 조직 필요





㉯ 전문가 강의 및 세미나 개최 (한양대학교 산업공학과, 배석주 교수)

○ 일 자 : 2017. 8. 1.(화)

○ 목 적 : RAMS 강의 및 신뢰도 향상을 위한 유지보수 세미나

○ 내 용

❑ 유지보수 활동에 의한 신뢰도 향상 및 시스템 수명 상관관계

- 시스템 보수에 따른 신뢰성, 비용 상관관계
- 유지보수 활동으로 사후보전, 예방보전 적용 이해
- 주요 유지보수(Maintenance)활동 개념비교(BM-CM-PM-PDM)분석

- 예방보전을 위한 센서데이터 활용 최적교체시기 이해
- 시스템 정비(보전)활동에 의한 시스템 신뢰도 향상 기대 효과




㉰ 리카르도레일_네덜란드 (해외 전문기관)

○ 목 적 : RAMS 관리시스템 설계 및 개발을 위해 신뢰성 및 유지보수성을 중심으로 RAMS 관리시스템을 개발 운영하고 있는 네덜란드 위트레흐트의 Ricardo Rail 전문가 그룹의 Technical 미팅 및 선진기술 전수와 프랑스 파리의 Systra RAMS 전문가 그룹의 시스템엔지니어링관점에서의 RAMS 적용 Process 선진 기법을 벤치마킹으로 최적화된 도시철도 RAMS 통합시스템 Test Bed를 구축

○ 일 자 : 2017.06.19.~06.25

○ 내 용

✓ APMS (Automatic Pantograph Monitoring System) : 노후된 Pantograph교체하여 설비를 보호하고, 열차운행을 중단하지 않고 유지보수가 가능한 방법 모색




	
내부 장치 구성 및 동작원리 이해	PanMon 시스템 현장 견학 (1)
	
PanMon 시스템 현장 견학 (2)	운행 중인 열차 실시간 점검

✓ SmartFleet 시스템 : 소프트웨어 플랫홈으로 운행 중인 열차로부터 사용가능한 광범위한 data streams 및 프로세스 최적화와 비용절감에 필요한 정확한 보고서를 제공

㉮ 시스트라_프랑스 (해외 전문기관)

○ 시스템엔지니어링(SE) 관점에서의 RAMS 관리 및 활용방안

✓ 필요성 : 새로운 철도시스템은 안전하고 신뢰할 수 있으며 유지보수뿐만 아니라 네트워크 자산이 되기 때문

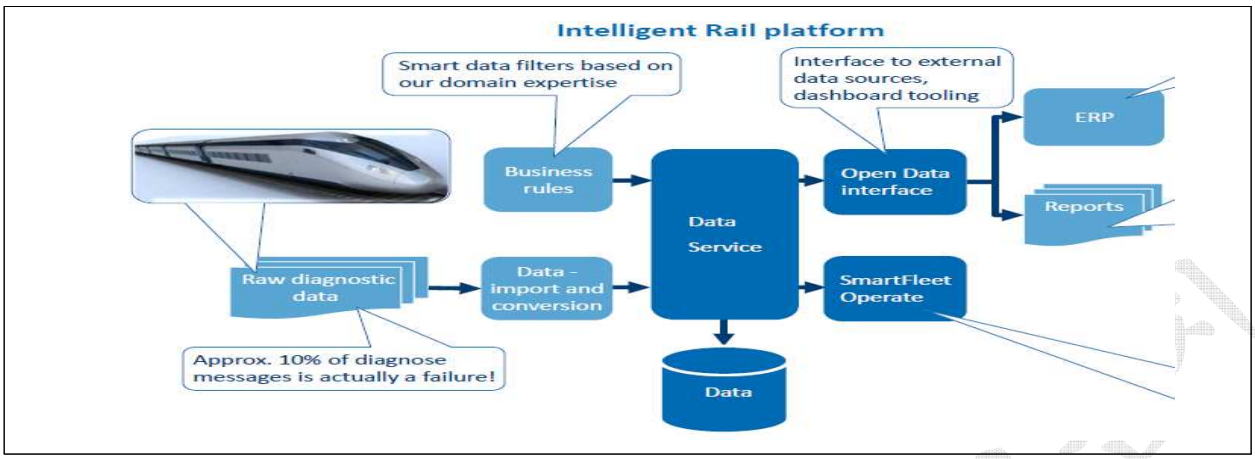
✓ Process의 특수성

- 안전관리(safety management)는 이해충돌로 인해 RAM의 고려사항에서 분리할 수 없다
- 안전도의 고려사항은 항상 다른 고려사항보다 우선
- EN 50126 및 국제 우수 사례를 기반

✓ 목 표

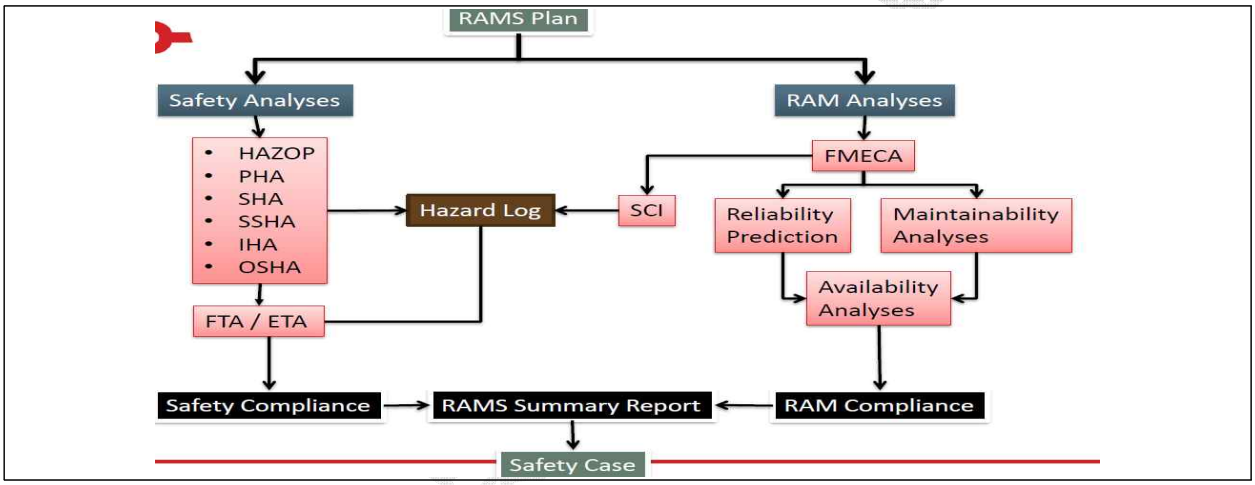
- 궁극적인 목표는 시스템에서 서비스의 권한을 획득하는 것
- Process중에서 특히, safety는 공인된 ISA로부터 독립적으로 평가되어야 하며, 관련 당사자들의 강력한 의지가 요구

○ RCM 방법론과 Safety 적용방안 논의



✓ RCM을 기반으로 신뢰도(R)-유지보수도(M)의 상관관계 검토

✓ Safety 와 RAM을 충족하는 RAMS 통합시스템 개발 및 구축



㈐ 선진 철도시설물 유지관리 기법 및 RAMS 관리 기법 벤치마킹

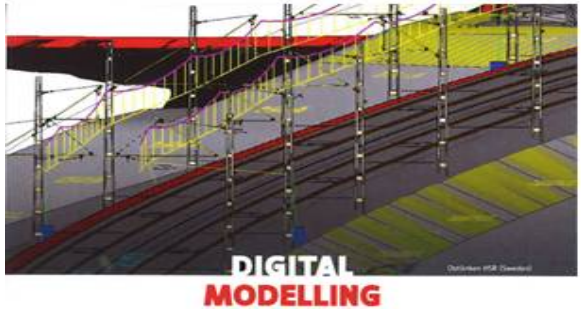
○ 목 적 : InnoTrans 2018「베를린 국제 철도차량 및 수송기술 박람회」참석하여 국제 철도기술 동향을 파악하고 RAMS 및 시설물 유지관리 최신 기술 벤치마킹을 통해 연구 성과의 완성도 향상

○ 일 자 : 2018.09.16.~09.22 (7일)

○ 내 용

✓ 정보통합모델링 시스템(Building Information Model) - SYSTRA

- 다차원 가상공간에 생애주기 동안 (기획, 설계, 엔지니어링, 시공 및 유지관리, 폐기) 가상으로 시설물을 모델링 하는 과정
- 플랜트 구축 등 전 분야에서 시설물 객체의 물리적 혹은 기능적 특성에 의하여 시설물 수명주기 동안 의사결정을 하는데 신뢰할 수 있는 근거를 제공하는 디지털 모델과 작성을 위한 절차를 포함





SYSTRA - BIM 솔루션
Moving to BIM for railway infrastructure

✓ SIL을 적용한 단위 시스템





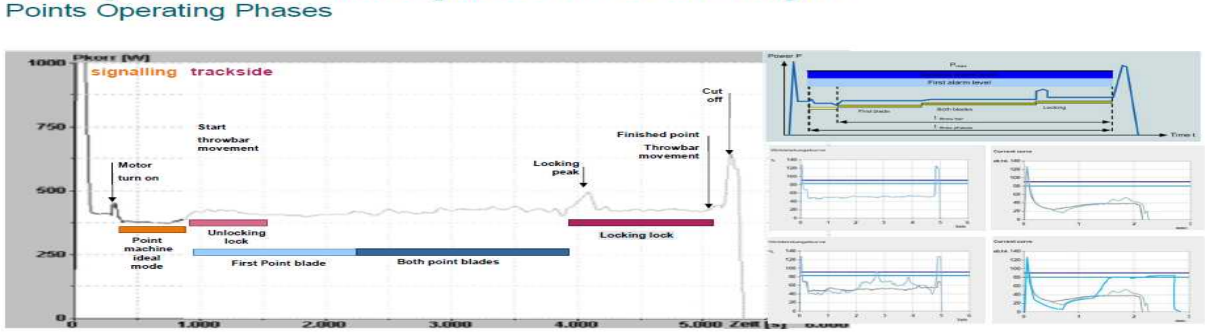




FOGTEC - SIL을 적용한 단위 시스템

✓ 선로전환기 진단 시스템 - SIEMENS

- 선로전환기 동작 데이터를 기반으로 장비의 고장 징후를 예측하여 예방정비, 불필요한 과다 점검을 방지함으로써 고장율을 감소시키고 유지보수 비용 축소, 가용도 향상을 통한 서비스 유지



<센서링 데이터를 통한 고장 징후 분석 및 예측>

⑥ 국토교통기술대전 참가 및 설문조사 시행(의견수렴)

㉮ 국토교통기술대전 (2018년)

○ 2018.06.07.~06.08까지 서울 KOEX D홀에서 개최된 2018 국토교통기술대전에 참가하여 부스전시를 통해 철도전문가와 관련분야 종사자, 일반인을 상대로 도시철도 RAMS 통합시스템을 시연, 기술교류와 향후 실용화를 도모함

○ 부스에서는 RAMS통합시스템 시연과 서울교통공사에서 제작한 RAMS E-Learning 심화과정을 방송하였고, 약 400명이 부스를 방문하여 39명이 심층 설문조사 참여

<table>
<tr><td colspan="2">   </td></tr>
<tr><td colspan="2">2018 국토교통기술대전 참가</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>국토교통기술대전 부스 운영</td><td>과제설명 및 설문조사, 시연</td></tr>
</table>

○ 설문조사는 기존시스템에 대한 만족도, 문제점 분석에 관한 평가, 운영환경 분석에 관한 평가, 빅데이터 활용에 관한 전망 등에 대해 진행, 분석결과는 다음과 같다.

✓ 기존 시스템에 대하여 부정적 또는 중립적 의견이 61% 분석

✓ 유지관리 효율화 방안을 위한 문제점 분석과 운영환경 분석에 관한 연구개발 성과에 대한 긍정적 평가는 각각 75%, 83%로 분석

✓ 연구개발의 RAMS 유지관리 기법에 대해 매우 긍정적 또는 긍정적 의견 87%로 조사

✓ RAMS 유지관리 효율화를 위한 빅데이터 활용방안에 대하여 90% 이상 효율화 개선에 도움이 될 것으로 평가

✓ 도시철도 RAMS 통합시스템의 국토교통기술대전 전시에 대한 총평은 94% 긍정적으로 평가함

㉰ 국토교통기술대전 (2017년)

○ 일자 및 장소 : 2017.05.24.~05.26 / 일산 KINTEX 제2전시장

○ 홍보 부스 운영 : RAMS Mock-up 시연, RAMS E-Learning 기본과정 방송

○ 설문조사 : 약 350명이 부스를 방문, 설문조사 135명

⑦ 도시철도 RAMS 구축 효율화 방안 심층토론 및 공청회 개최

○ 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 및 구축의 최적화를 목적을 도시철도 운영기관 담당자 및 전문가, 관련분야 전문가, 검사기관 검사관 등이 참여하는 공청회를 개최하여 다양한 의견을 수렴하고, 이를 S/W 설계 및 개발에 적극 반영하여 최적의 도시철도 RAMS 통합시스템을 구축하였다.

㉮ 2018 한국철도학회 춘계학술대회를 활용한 공청회 개최

○ 명 칭 : 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 적용의 효율화 방안

○ 일 자 : 2018.05.17.

○ 장 소 : 목포

○ 주 제 : 운영기관별 상이한 RAMS 관리기준과 시스템 분류체계의 합리적인 관리방안

순서	발표 제목	발표자
발표1	- 운영단계에서의 유지관리 효율화를 위한 RAMS 관리기법 발전 방안	정 운 찬 (카이엠)
발표2	- 철도안전관리체계 기술기준 개정 방안 및 운영기관별 상이한 RAMS 관리기준과 시스템 분류체계의 합리적인 관리방안 (운영환경 측면)	전 조 원 (서울교통공사)
발표3	[외부특강] 철도 유지관리 Big Data를 활용한 예지기술 소개	박 진 우 (에이블맥스)
공청회	(좌장) 강봉완 도시철도연구원장 (서울교통공사) (패널) 박기준 책임연구원 (한국철도기술연구원) 강기원 교수 (군산대학교) 김 현 교수 (교통대학교) 허남경 대표 (테크빌) 김종운 대표 (네모시스)	
시연	- RAMS 통합시스템 소개 및 기능 시연	





㉯ 국토교통부 주최 및 국토교통과학기술진흥원 주관 공청회

○ 명 칭 : 도시철도 RAMS 관리시스템 도입을 위한 운영기관 의견수렴 및 공청회

○ 일 자 : 2018.06.28.

○ 장 소 : 서울 aT센터

○ 내 용

✓ 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 연구현황 및 기술기준 개정(안) 방향성 설명

✓ 도시철도 운영기관별 RAMS 관리체계 적용 활성화를 위한 토론회





㉰ 2018 한국철도학회 추계학술대회를 활용한 공청회 개최

○ 일 자 : 2018.10.19.(금)

○ 장 소 : 제주

○ 주제 : 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 및 활용 방안

순 서	발 표 내 용
발표 1	도시철도 RAMS 통합시스템 연구개발 성과 현황 전조원 (서울교통공사)
발표 2	운영기관의 효율적인 RAMS 관리를 위한 KRAMS 활용 방안 _대전도철 사례 김지찬 (대전도시철도공사
특 강	데이터 의존성 기반 소프트웨어 신뢰성 설계 장무경 (남서울대학교)
발표 3	도시철도 RAMS 통합시스템 제3자 검증활동 소개 박경욱 (리카르도레일)
발표 4	도시철도 RAMS 통합시스템 주요기능 및 UI 소개 정운찬 (카이엠)
토 론	도시철도 RAMS 통합시스템 시연 및 의견수렴 (질의.응답)

㉱ 2017 한국철도학회 추계학술대회 전문가 심층토론

○ 일 자 : 2017.10.19.~10.21.

○ 장 소 : 횡성

○ 주 제 : 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 RAMS 통합관리 효율화 발전방안




공청회 개최

순서	발표 제목	발 표	비고
발표 1	RAMS 통합시스템 연구개발 추진현황	서울교통공사	
발표 2	RAMS 통합시스템 시연	카이엠	
발표 3	“도시철도 RAMS 통합시스템” 개발 및 구현 단계의 V&V 프로세스 소개	리카르도레일	
토 론	도시철도 RAMS 통합시스템 개발 및 구현 발전방향	배석주 교수 (한양대학교)	좌 장
	토론자 한국교통연구원 김 현 박사 서울교통공사 강봉완 원장 서울교통공사 연구책임자 전조원 팀장 ㈜카이엠 연구책임자 정운찬 대표		



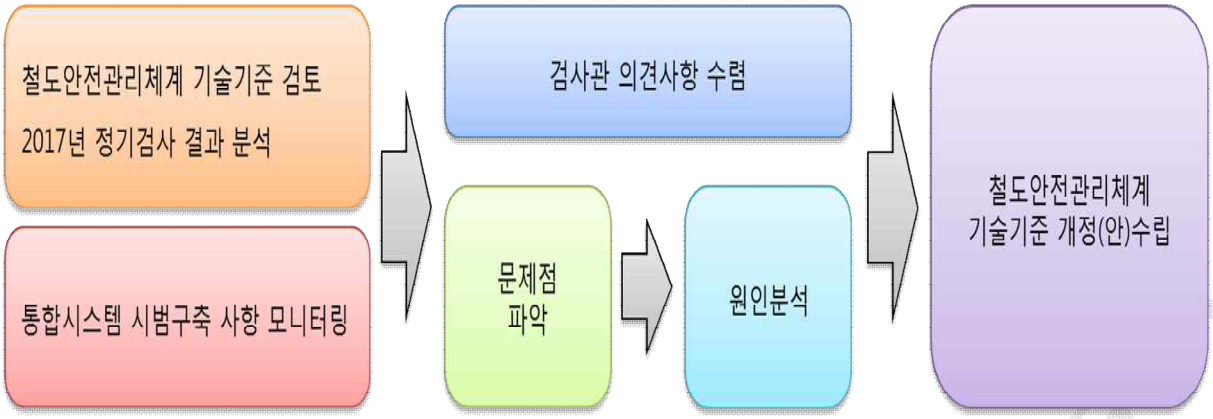

주제 발표 및 토론

⑧ 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 기준 제시

○ 철도안전관리체계 기술기준(위험관리, 유지관리) 상세 검토

○ 도시철도 운영기관 정기 안전점검 현황 자료 분석

○ 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출



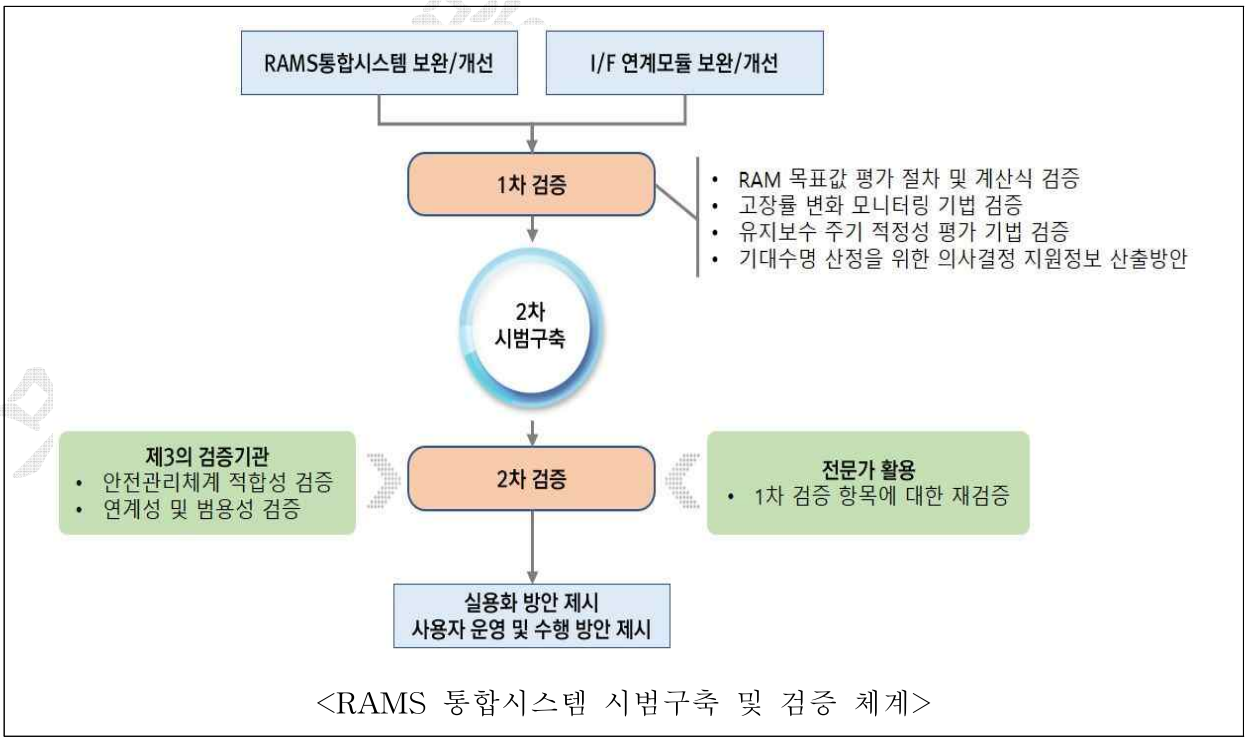
⑨ 도시철도 운영기관 시범구축 및 적합성 검증

○ 2차 시범구축 운영기관의 기존 데이터 분석 및 적용방안 수립(데이터 맵핑)

○ 2차 시범구축 운영기관 협의체를 통한 기존 운영체계 및 프로세스 분석

협의체 업무	○ 안전관리체계 기술기준 관리항목 ○ 운영기관 보안성 확보 방안 ○ 시스템 설치 및 통신/네트워크 구성 ○ 사용자 추가 요구사항 도출 ○ 사용자 UI 개선

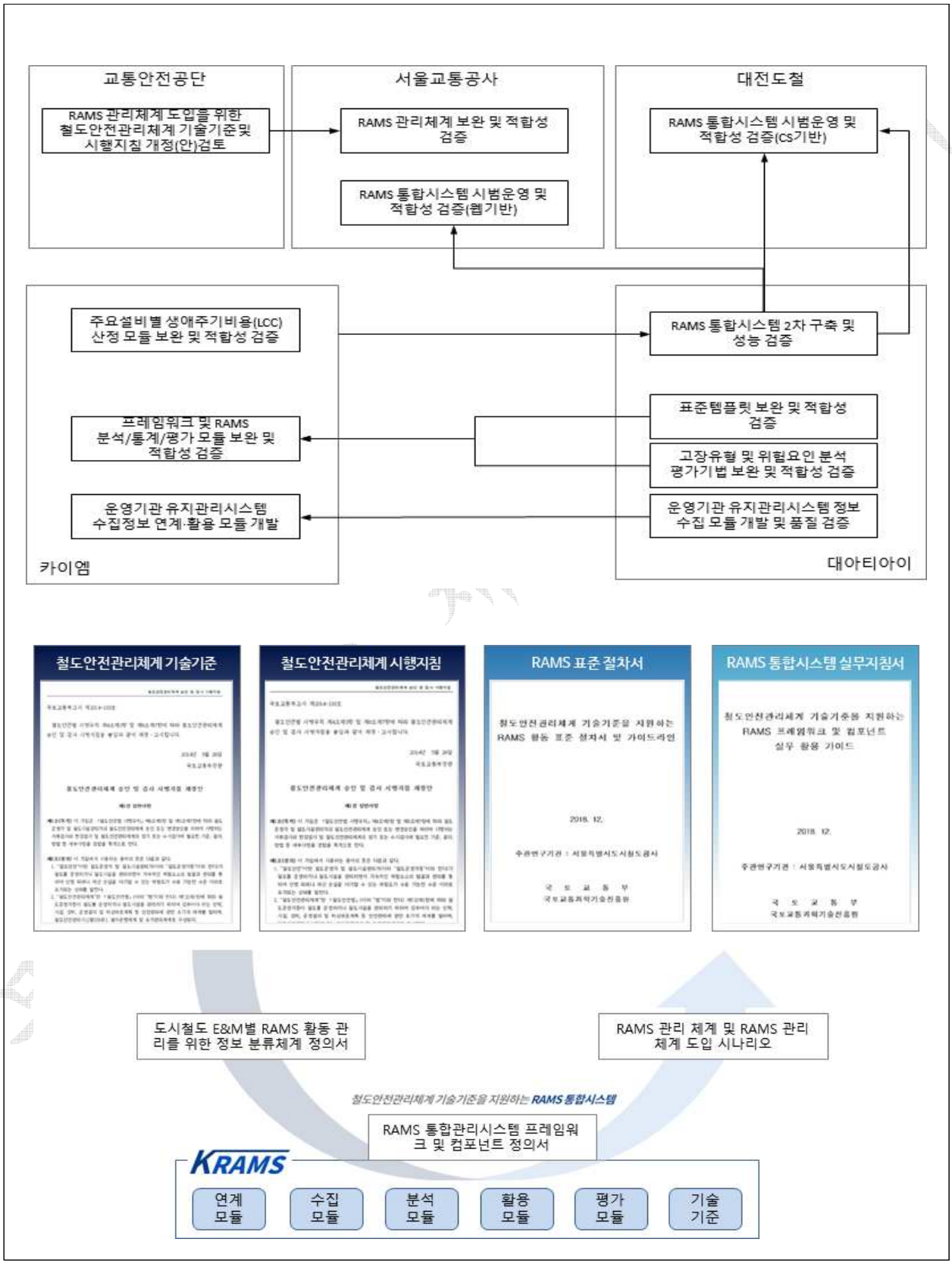
○ 독립적인 제3의 공인기관을 통한 검증

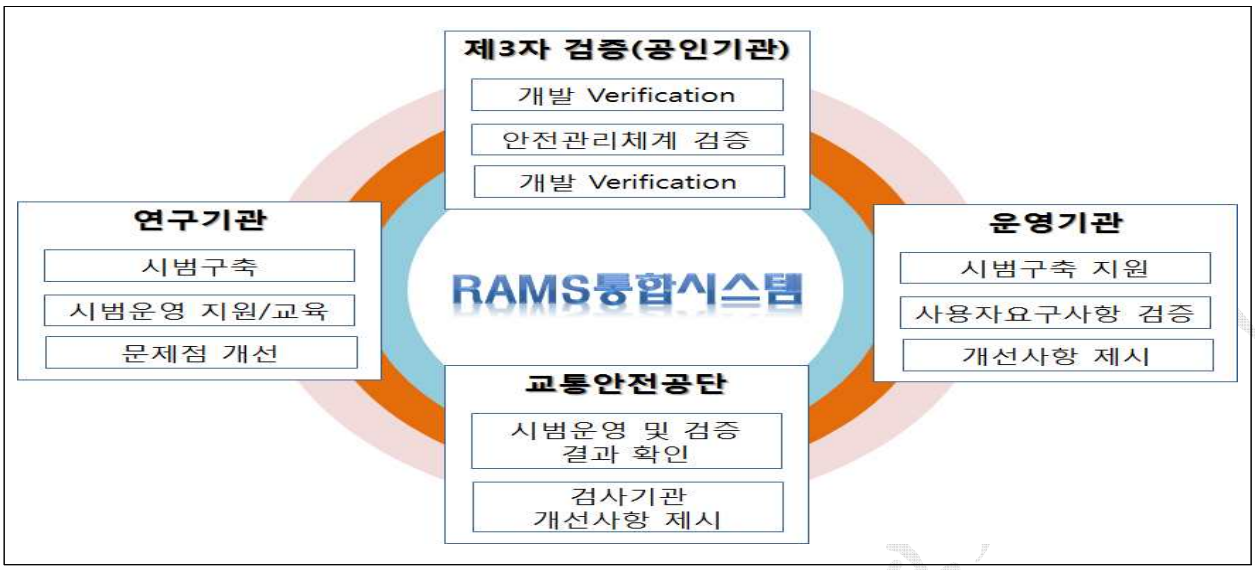


<RAMS 통합시스템 시범구축 및 검증 체계>

(2) 연구개발 추진체계

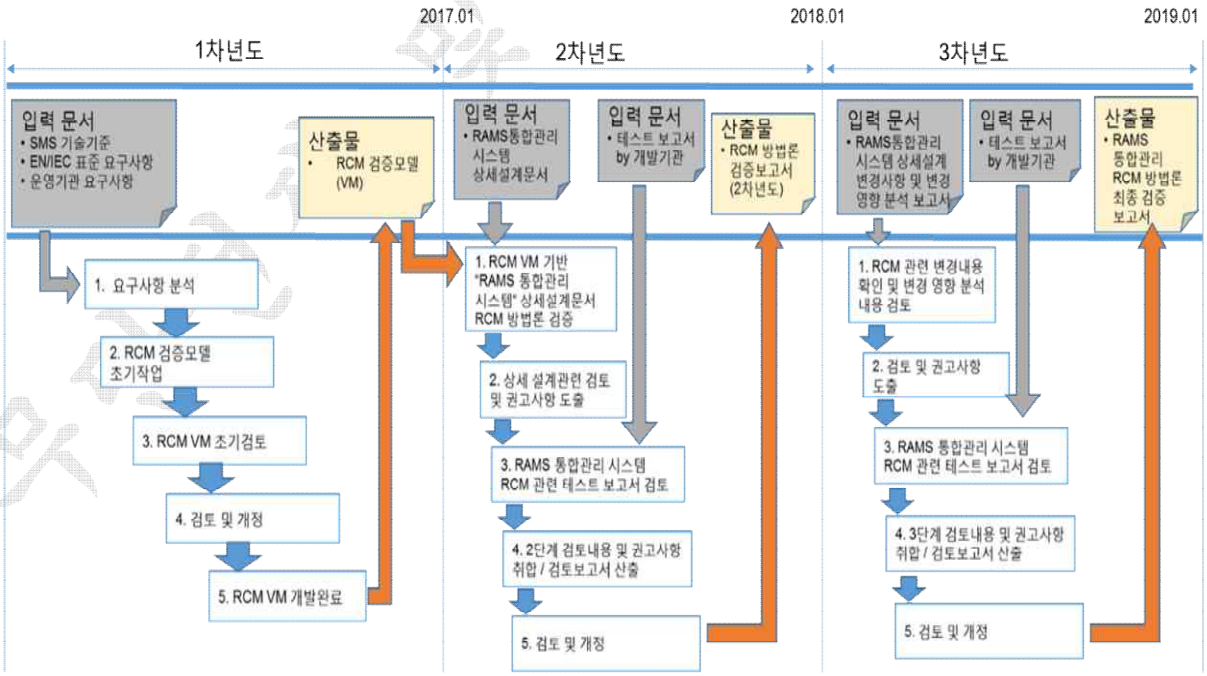
(가) RAMS 통합시스템 시범 구축 및 운영 단계에서의 RAMS 관리 검증 체계





(나) RAMS 통합관리시스템 성능 검증 및 RCM 제3자 검증 체계

철도안전관리체계 기술기준은 철도안전 주요부품에 대해서 신뢰성 기반의 유지보수(Reliability Centered Maintenance: RCM) 체계를 적용하여 관리할 것을 요구하고 있다. 이 요구사항을 충족시키는 RAMS 통합시스템을 구축하기 위해 안전성 전문기관인 리카르도 레일을 통해 제3자 검증을 수행하였다. 연구기간 동안 RCM 검증 모델(verification model)에 따라 RAMS 통합시스템의 RCM 방법론에 대한 검증하였고, 연구기간 동안 수행된 제3자 검증 활동에 대한 프로세스는 아래와 같다.



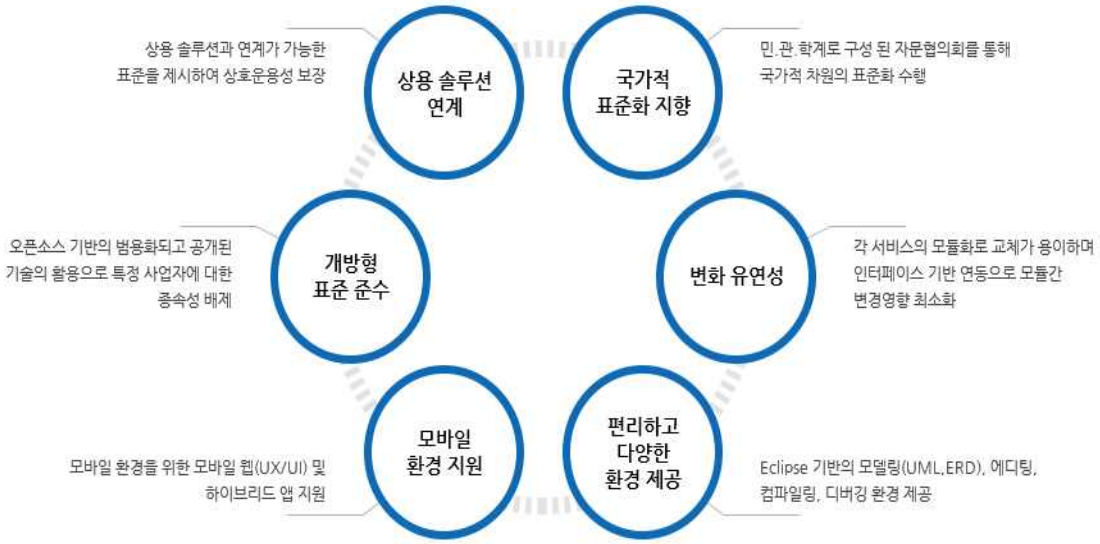
<연차별 제3자 검증 프로세스>

(다) 소프트웨어(S/W) 개발 및 구현 체계

① 전자정부 소프트웨어 개발지침 적용

○ '행정기관 및 공공기관 정보시스템 구축·운영 지침'에 따라 정보기술아키텍처 또는 범 정보 정보기술아키텍처인 전자정부 표준 프레임워크 3.6을 기반으로 구축 ·운영하였다. 정비시스템에 적용된 개발언어는 표준화된 개방형 기술인 JAVA을 사용했으며, 데이터의 무결성, 일치성, 기밀성, 가용성 등을 고려하여 개발하였다.

○ "전자정부 표준프레임워크"는 공공사업에 적용되는 개발프레임워크의 표준 정립으로 응용 SW 표준화, 품질 및 재 사용성 향상을 목표로 하고 있으며, 이를 통해 "전자정부 서비스의 품질향상" 및 "정보화 투자 효율성 향상"을 달성하고, 대·중소기업이 동일한 개발기반 위에서 공정 경쟁이 가능하도록 하고 있다.



<전자정부 표준프레임워크 특징>

■ 적용효과

- 공통컴포넌트 재사용으로 중복 예산 절감
- 표준화된 개발기반으로 사업자 종속성 해소
- 프레임워크 무상제공으로 중소기업 경쟁력 향상
- 표준화된 연계모듈 활용으로 상호운용성 향상
- 개발표준에 의한 모듈화로 유지보수 용이

② 소프트웨어 개발 보안지침

○ 도시철도 E&M RAMS 시스템은 '행정기관 및 공공기관 정보시스템 구축·운영 지침(안전행정부고시 제2013-36호)'에 따라 정보화사업 수행시 안전한 SW 개발을 위한 시큐어코딩 기법을 준수하였다.

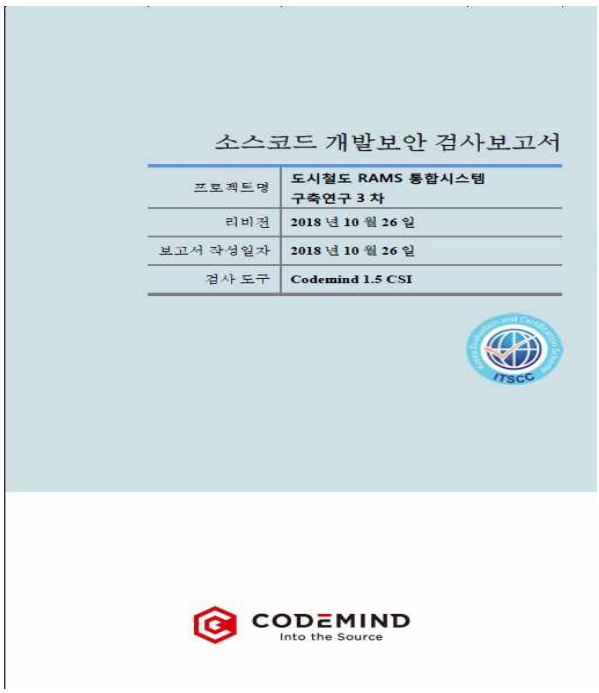
○ 소프트웨어 보안 약점은 다음과 같이 입력데이터 검증 및 표현, 보안기능 등 7가지 유형으로 분류한다.

유 형	내 용
입력데이터 검증 및 표현	프로그램 입력값에 대한 검증 누락 또는 부적절한 검증, 데이터의 잘못된 형식지정으로 인해 발생할 수 있는 보안약점 (예> SQL 삽입, 경조 조작 및 자원 삽입, 크로스사이트 스크립트 등)
보안기능	보안기능(인증, 접근제어, 기밀성, 암호화, 권한 관리 등)을 적절하지 않게 구현 시 발생할 수 있는 보안약점 (예> 부적절한 인가, 중요정보 영문저장, 하드코드된 비밀번호 등)
시간 및 상태	동시 또는 거의 동시 수행을 지원하는 병렬 시스템, 하나 이상의 프로세스가 동작되는 환경에서 시간 및 상태를 부적절하게 관리하여 발생할 수 있는 보안약점 (예> 경쟁조건 : 검사시점과 사용시점(TOCTOU) 등
에러처리	에러를 처리하지 않거나, 불충분하게 처리하여 에러정보에 중요정보(시스템 등)가 포함될 때 발생할 수 있는 보안약점 (예> 오류상황 대응 부재, 오류 메시지를 통한 정보노출 등)
코드오류	타입 변환 오류, 자원(메모리 등)의 부적절한 변환 등과 같이 개발자가 범할 수 있는 코등오류로 인해 유발되는 보안약점 (예> 오류상황 대응 부재, 오류 메시지를 통한 정보노출 등)
캡슐화	중요한 데이터 또는 기능성을 불충분하게 캡슐화 하였을 때 인가되지 않은 사용자에게 데이터 누출이 가능해지는 보안약점 (예> 제거되지 않고 남은 디버거 코드, 시스템 대이터 정보노출 등)
API 오용	의도된 사용에 반하는 방법으로 API를 사용하거나, 보안에 취약한 API를 사용하여 발생할 수 있는 보안약점 (예> DNS lookup에 의존한 보안결정 등)

○ 도시철도 E&M RAMS 시스템은 보안취약성 검증 SW인 CODEMIND 1.5 CSI(국정원 CC인증)으로 소프트웨어 보안취약성을 검증하였다.

■ 소프트웨어 보안 취약점 검증 내용

- 행자부 SW 보안약점
- OWASP Top 10 2013
- CWE/SANS Top 25 2011
- 국정원 8대 취약점
- 전자금융감독규정 8대 취약점



소스코드 개발보안 검사보고서

프로젝트명	도시철도 RAMS 통합시스템 구축연구 3 차
리비전	2018 년 10 월 26 일
보고서 작성일자	2018 년 10 월 26 일
검사 도구	Codemind 1.5 CSI

CODEMIND Into the Source



CODEMIND 도시철도 RAMS 통합시스템 구축연구 3 차

1. 프로젝트 정보

항목	내용
프로젝트명	도시철도 RAMS 통합시스템 구축연구 3 차
소스코드 파일 수	1142 개
소스코드 라인 수	400552 라인
총 경고 개수	0 개 (전체 검출 157 개 중 조치 36 개, 무시 0 개)
프로젝트 위험도	0 (높을수록 위험 1.5)
리비전 정보	-
보고서 작성일자	2018 년 10 월 26 일 오후 4 시 01 분

2. 분석 결과 요약

2.1. 파일별 경고 분포

취약도별 경고 검출 파일 개수					안전한 파일 개수	합계
5 (높음)	4	3	2	1 (낮음)		
0	0	0	0	0	1142	1142
0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	100.0 %	100%

* 총 경고 개수는 파일 수보다 많을 수 있습니다.

전체파일 경고 비율

경고파일 위험도 비율

* 조치 및 무시 처리된 경고는 제외된 결과입니다.

2/10

<보안취약성 검증결과 보고서>

③ GS 인증 프로세스

○ 소프트웨어산업진흥법 제13조의 규정에 의거한 소프트웨어 품질인증 시험인 GS인증을 획득하여 도시철도 E&M RAMS 시스템의 소프트웨어 품질 신뢰도를 확보.

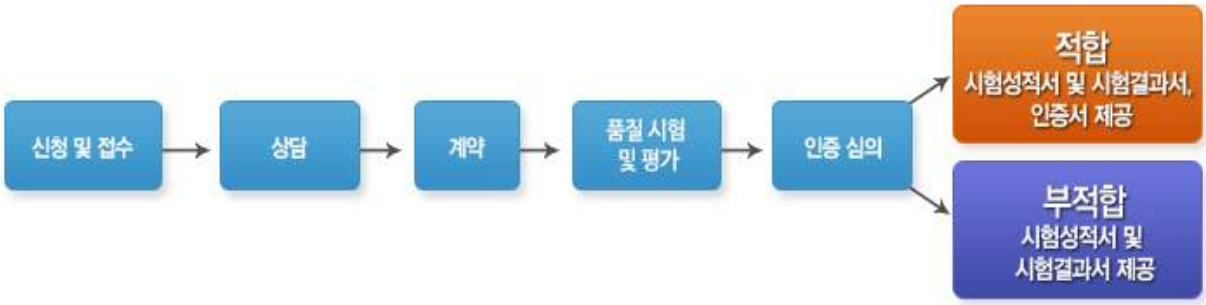
○ GS(Good Software) 인증제도는 문서심사만으로 인증을 부여하는 여타 인증제도와는 달리 사용자가 사용하게 될 실제 운영환경의 테스트베드를 갖추고 철저한 제품(프로그램, 사용자매뉴얼) 시험을 통해 품질을 인증하는 제도이다.

■ 목적

- 소프트웨어 시험·인증 및 컨설팅 서비스 제공을 통한 소프트웨어 제품의 품질향상 유도 및 중소·벤처기업 육성지원
- 우수 소프트웨어 발굴을 통해 소프트웨어 구매를 촉진함으로써 국내 소프트웨어 시장 활성화 유도
- 국제적 수준의 시험·인증 서비스 제공을 통한 국산 소프트웨어 해외수출 지원 및 수출 경쟁력 강화

■ 품질시험 및 평가

- 제품분석 및 설계, 결함 보고, 회귀시험, 현장심사
- SW 유형별 테스트 케이스를 개발/적용하고, 결함 발견 시 결함리포트 및 보완 기회 제공 회귀시험 수행



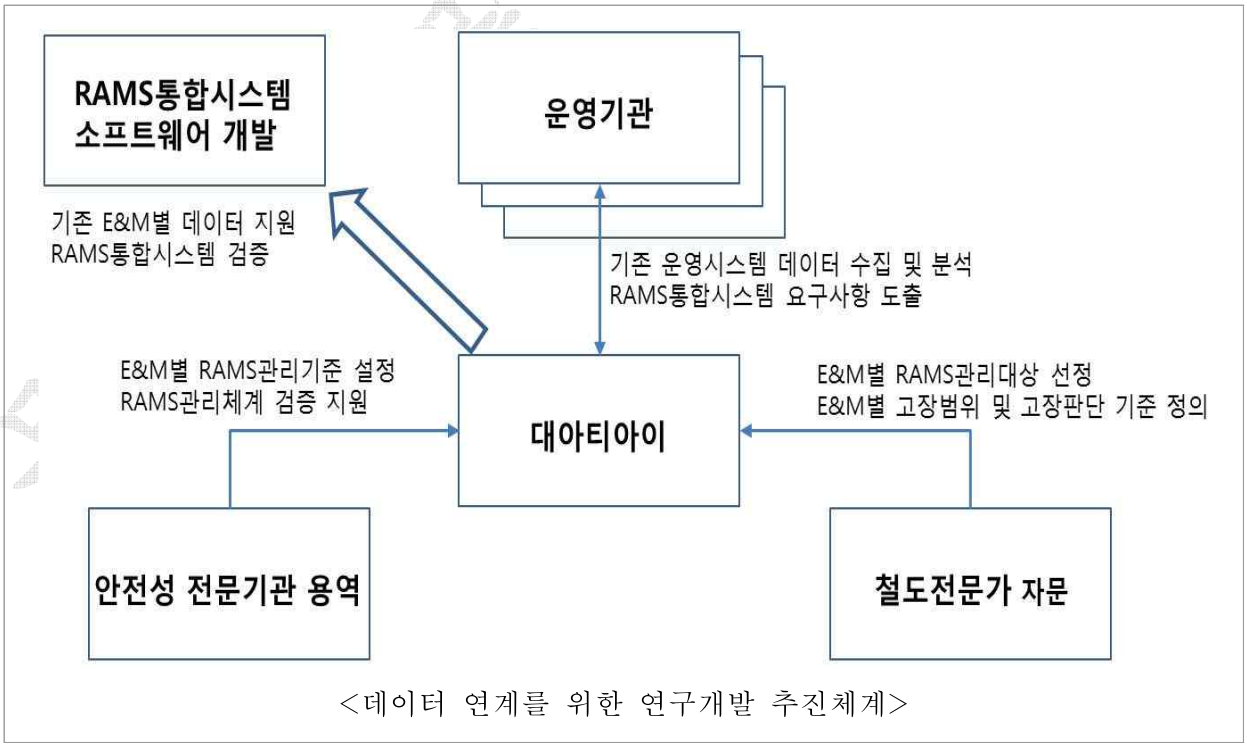
<GS 인증 프로세스>

■ 인증심의

- 시험평가를 품질인증심의위원회에 상정하고, 품질인증심의위원회에 품질인증 여부를 결정
- 인증 통과 시 시험성적서 및 품질인증서 제공

(라) 유지관리시스템 인터페이스 모듈 개발 체계

각 운영기관의 유지관리시스템과의 인터페이스와 데이터 연계를 위해 운영기관 협의체를 구성하고 운영 체계의 분석과 데이터 분석을 통해 운영 시스템과 RAMS 통합시스템 간의 인터페이스 기능을 수행하는 인터페이스 모듈을 개발하였다. 운영 데이터의 연계를 위한 연계 절차를 수립하고 인터페이스 모듈의 기능을 구현하여 실제 운영되고 있는 데이터를 연계하고 안전성 전문기관을 통한 검증을 수행하였다. 다음은 연계 및 인터페이스 모듈 개발에 대한 추진 체계에 대해 설명한다.



<데이터 연계를 위한 연구개발 추진체계>

① 운영기관 별 RAMS 관련 시스템 분석 및 적용

- 도시철도의 안전을 확보하기 위한 운영기관 별 관리 시스템 분석 및 적용 결과를 다음과 같이 제시한다.

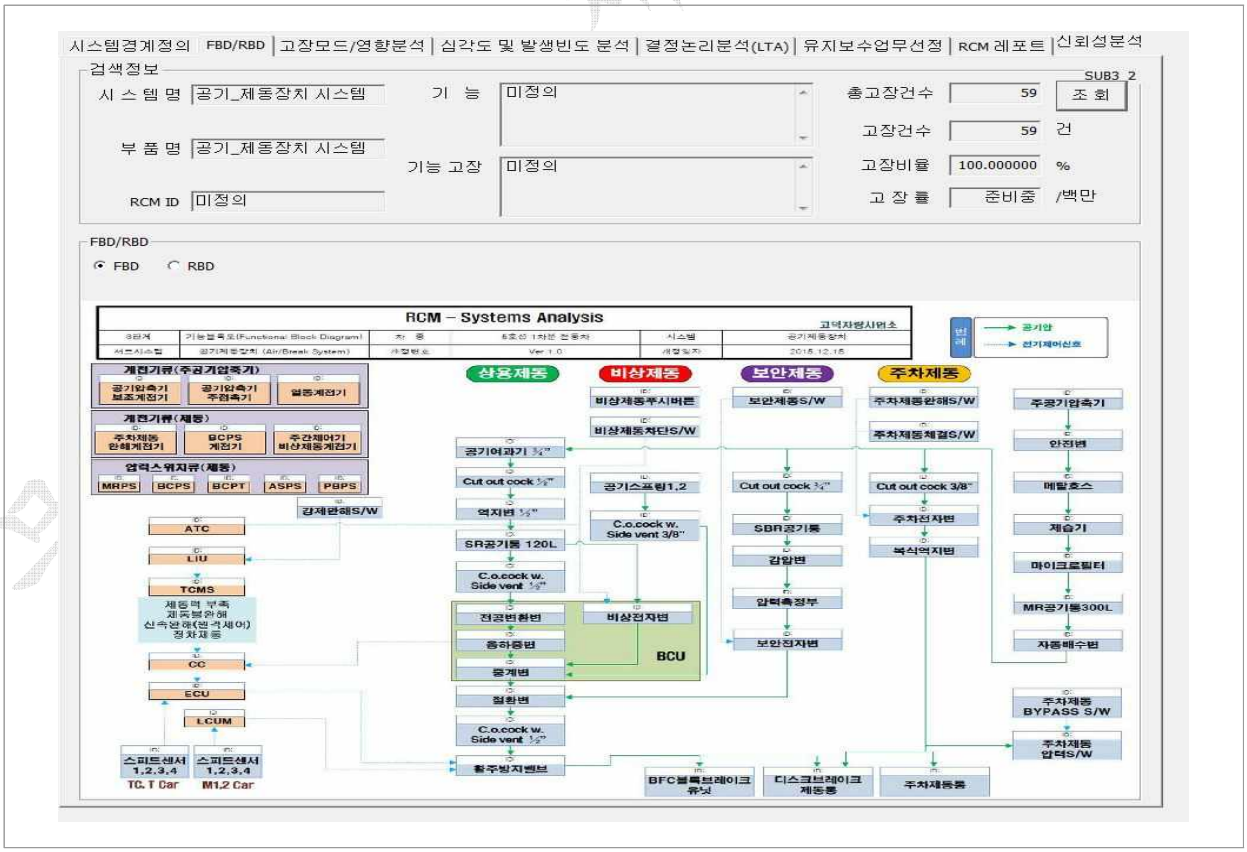
㉮ 운영기관 A의 RAMS 관리 시스템(차량분야)

○ 운영기관 A에서 관리되고 있는 차량분야에 대한 관리항목

✓ 공기제동장치
✓ 보조전원장치
✓ 승객서비스시스템
✓ 출입문제어장치
✓ 컴퓨터제어시스템
✓ 인버터장치
✓ 기타부품

○ 운영기관-A의 차량분야에 대한 RAMS 관리 시스템은 다양한 기법을 통해 아래와 같은 RAM 관리가 가능하다.

✓ FBD(Function Block Diagram) 또는 RBD(Reliability Blcok Diagram)
✓ 고장모드 영향분석
✓ 심각도 및 발생빈도 분석
✓ 결정논리분석(LTA)
✓ 유지보수 업무선정
✓ RCB 레포트
✓ 신뢰성 분석
✓ 총 고장건 수
✓ 고장건 수
✓ 고장비율
✓ 고장률





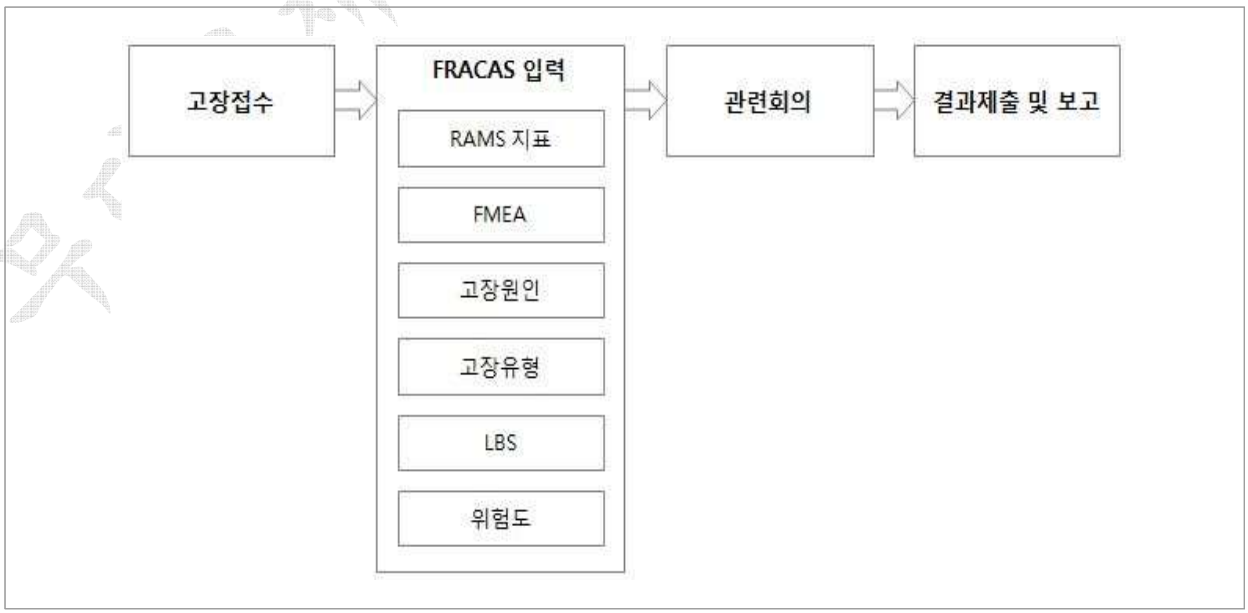
㉮ 운영기관 B의 RAMS 관리 시스템(신호분야)

○ 운영기관 B에서 관리되고 있는 신호분야에 대한 관리항목

✓ 고장접수

✓ FRACAS 입력(RAMS 지표 FMEA, 고장원인, 고장유형, LBS, 위험도)

✓ 신호시스템 위험도 관리



㉰ 각 운영기관 별 RAMS 분석 결과 연구개발 적용

- 각 운영기관 별 고장유형 분석에 따른 최적의 관리대상 선정결과 및 관리항목을 다음과 같이 제시하고, 실제 운영 중인 고장유형 중심의 라이브러리를 제시하였다.

○ 운영기관 별 고장유형 분석

✓ 운영기관-B: 관제기기실, 종합기기실 고장유형 분석결과 제시

✓ 운영기관-C: 차량분야, 신호분야 고장유형 분석결과 제시

✓ 운영기관-D: 신호분야, PSD 분야 고장유형 분석결과 제시(장애유형 별 분석포함)

○ 분야 별 고장유형 분석

- 운영기관 별 분석 결과는 각 분야별 고장유형 분석으로 재정리하여 시스템 별 관리대상 및 선정기준 수립에 적용 가능하도록 한다.

✓ 전기분야 고장유형 분석결과

✓ 전자분야 고장유형 분석결과

✓ 기계(승강포함)분야 고장유형 분석결과

✓ 신호분야 고장유형 분석결과

✓ 통신분야 고장유형 분석결과

✓ PSD분야 고장유형 분석결과

✓ 궤도분야 고장유형 분석결과

✓ 건축분야 고장유형 분석결과

✓ 토목분야 고장유형 분석결과

○ 운영기관 별 위험요인 분석결과

- 각 운영기관 별 위험요인 분석 결과에 따른 최적의 관리항목을 다음과 같이 제시하여 철도안전관리체계에 부합된 위험관리가 가능하도록 한다.

✓ 위험요인 식별 및 관리

✓ 위험요인별 발생빈도 평가

✓ 위험요인별 심각도 평가

✓ 위험요인별 위험도 평가

✓ 안전대책 관리

✓ 위험도 모니터링(검증)

✓ 위험원 기록대장 관리

✓ 위험도 변경 관리

✓ 설계 위험도 평가 산출물 관리

✓ 위험도 평가 버전관리

✓ 철도안전 주요부품 목록 관리

○ 분야 별 위험요인 분석결과

- 운영기관 별 분석 결과는 각 분야별 위험요인 분석으로 재정리하여 시스템 별 관리대

상 및 선정기준 수립에 적용 가능하도록 한다.

✓ 차량분야 위험요인 분석결과
✓ 전기분야 위험요인 분석결과
✓ 신호분야 위험요인 분석결과
✓ 기계분야 위험요인 분석결과
✓ PSD분야 위험요인 분석결과
✓ 궤도분야 위험요인 분석결과
✓ 역 분야 위험요인 분석결과
✓ 관제분야 위험요인 분석결과

㉲ 각 운영기관 별 관리대상 및 선정기준 제시

- 특정 운영사의 분야 별 고장관리 데이터를 기반으로 최적의 관리대상 선정기준을 다음과 같이 제시한다.

○ 심각도 Level 할당 결과제시

✓ 특정 운영기관 고장 건 수 조사 및 분석(일반적인 고장건수 대비 레벨정의)
✓ 차량 고장 건 수 레벨 분류 비교
✓ 차량 고장 건 수 레벨 분류 방법론에 대한 비교결과 제시

○ 비용에 따른 Level 할당

✓ 유지보수비용 대비 Level 분류 및 정비방안 제시

○ 최적의 RAMS 관리대상 선정방안 제시

분류	A	B	C
심각도	8	5	7
고장빈도	8.24	5.03	2.39
비용	8.04	5.12	5.89
심각도*고장빈도*비용 (부피)	530	128.77	112.62
Level 7 이상의 변수의 수	3	0	1
우선순위	1	3	2
비고			심각도가 7 이상
※ Level 7이상 변수 수가 같을 경우, 심각도>고장빈도>비용 순서로 고려한다.			

㈐ RAMS 관련 시스템 및 분석결과 적용

- 특정 운영사의 RAMS 관련 시스템 기능분석을 통해 합리적인 기능을 식별하고 운영사 별 RAMS 분석결과를 다음과 같이 적용한다.

○ 운영기관 A - RAMS 관리 시스템

운영기관 A	RAMS 통합시스템	적용여부
Reliability Block Diagram	기능구조(RBD) 정보	적용
LBS	시스템 분류	적용
RCM	RCM, 유지관리체계	적용
고장모드 영향분석	FMECA	적용
심각도 및 발생빈도 분석	위험도(위험도 그래프, 위험관리대장, 위험도 분석, FTA 등)	적용
결정논리분석(LTA)	RCM, 유지관리체계	적용
유지보수 업무선정		적용
RCM 레포트		적용
신뢰성 분석	RAMS 분석(신뢰도,정비도,가용도)	적용
총 고장 건 수	고장현황	적용
고장 건 수		적용
고장비율		적용
고장률		적용

○ 운영기관 B - RAMS 관리 시스템

운영기관 B	RAMS 통합시스템	적용여부
고장접수	유지관리체계	적용
FRACAS 입력		적용
RAMS 지표	고장현황	적용
FMEA	FMECA, 고장현황	적용
고장원인		적용
고장유형		적용
LBS	시스템 분류	적용
신호시스템 위험도 관리	위험도(위험도 그래프, 위험관리대장, 위험도 분석 등)	적용

운영기관 B	RAMS 통합시스템	적용여부
위험도 분석 관리	위험도(위험도 그래프, 위험관리 대장, 위험도 분석 등)	적용

㉮ 각 운영기관 별 RAMS 분석 적용

RAMS 분석결과	RAMS 통합시스템	적용여부
운영사 별 고장유형 분석	고장유형 라이브러리	적용
운영사 별 위험요인 분석	위험요인 라이브러리	적용
위험도 분석 관리	위험도(위험도 그래프, 위험관리 대장, 위험도 분석 등)	적용
관리대상 및 선정기준 제시	시스템 분류, 위험도관리 기준	적용

② 운영기관 협의체 구성

- 협의체의 구성은 다음과 같으며 각 구성 기관의 역할을 설명한다.

○ 운영기관 : 시범구축 지원, 사용자요구사항 검증, 개선사항 제시

○ 연구기관 : 시범구축, 운영 지원, 문제점 개선

○ 교통안전공단 : 검사기관 개선사항 제시

○ 제3자 검증기관 : 개발 verification, 안전관리체계 검증, 시범운영 검증

○ 협업체계 구성 및 추진 내용

✓ 운영기관과의 협의체 구성을 통한 기존 운영시스템 데이터 수집 및 분석

✓ 안전성 전문기관의 용역을 통한 RCM 검증모델 개발

✓ 철도전문가 자문을 통한 RAMS 관리대상 선정 자문 및 고장에 대한 기준 자문

✓ 참여기관과의 기존 운영시스템 데이터(DB), RAMS 관리기준, RAMS 관리대상, RAMS 통합시스템 검증에 대한 피드백

③ 연계 절차 수립

- 운영기관의 유지관리시스템과 RAMS 통합시스템간의 데이터의 연계를 위한 절차를 다음과 같이 설명한다.

○ 준비단계

✓ 운영기관의 유지보수시스템 분석 및 인터페이스 방안 도출

✓ 실제 H/W 장비를 적용한 테스트 베드 구축

✓ 인터페이스 모듈의 데이터 연계 기능을 위한 연동 DB 구조 구축

○ 분석 단계

✓ 운영기관의 유지관리시스템의 DB 자료 수집

✓ DB의 개체-관계 다이어그램(Entity-Relationship Diagram: ERD) 분석

✓ 운영 데이터의 분석으로 RAMS 통합시스템에 적용되는 데이터 추출

○ 매핑 단계

✓ 유지관리시스템의 운영 데이터와 RAMS 통합시스템간의 매핑정의서 작성

✓ 데이터 및 코드의 매핑 구현

○ 이관 단계

✓ 운영 데이터의 주기적인 연계 실행

✓ 인터페이스 모듈의 매핑정의서에 따른 매핑 수행

✓ RAMS 통합시스템으로의 주기적인 연계 데이터의 이관 수행

○ 통합시험 단계

✓ 인터페이스 모듈 및 RAMS 통합시스템의 기능별 시험 수행

✓ RAMS 분석 및 활용에 적합한 연계 데이터 보완

✓ 운영 데이터 및 연계 데이터의 검증



<인터페이스 모듈 연계 절차>

④ 인터페이스 모듈 개발 추진 프로세스

- 운영기관의 유지관리시스템과의 인터페이스 기능과 데이터 연계 기능을 구현하기 위한 프로세스는 크게 분석설계 단계, 개발 단계 그리고 성능 및 운영관리 단계로 진행

○ 분석설계 단계

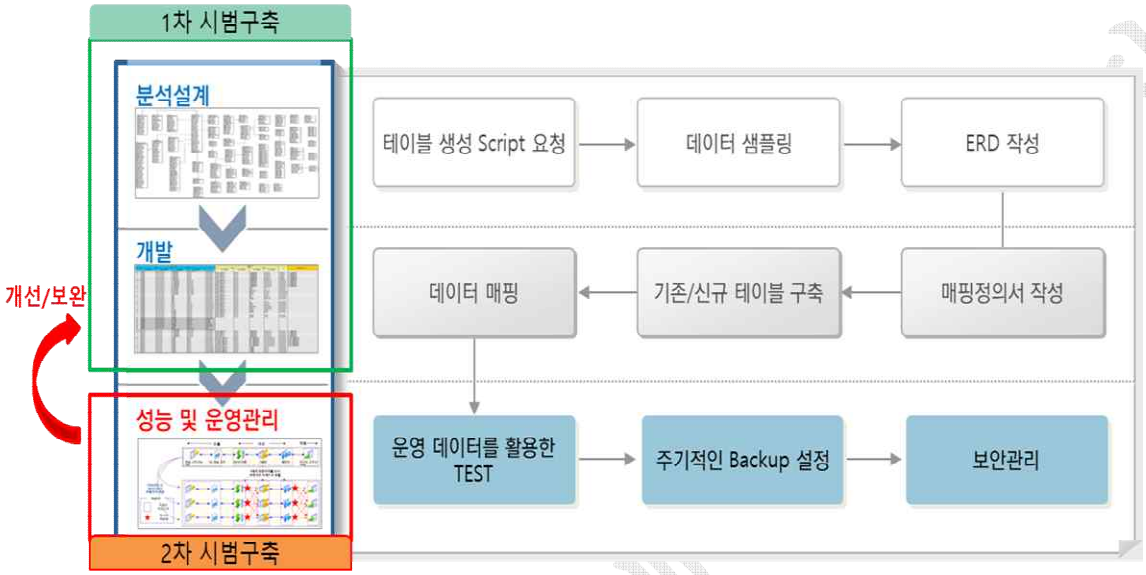
✓ 기존 데이터의 관계를 명확히 하며, 데이터 샘플링을 통하여 고장 및 부품 정보, 기존 시설물과 차량에 대한 데이터를 ERD로 생성하여 테이블간의 연관관계를 분석

○ 개발 단계

✓ 생성된 ERD를 기반으로 운영 데이터를 RAMS 통합시스템의 데이터로 연계하기 위한 매핑정의서를 작성하고, 이 매핑정의서를 기반으로 인터페이스 모듈의 연계 환경을 구축

○ 성능 및 운영관리 단계

✓ 인터페이스 모듈의 연계 기능을 검증하고 관리하는 단계로 인터페이스 모듈에 구현된 기능에 대해 실제 사용 중인 운영 데이터를 활용하여 연계 기능을 검증하고 연계 데이터 및 기능을 보완 및 개선



<인터페이스 모듈 개발 프로세스>

(마) 철도안전관리체계 기술기준 정책 제언을 위한 활동

① 도시철도 RAMS 관리시스템 도입을 위한 운영기관 의견수렴 및 공청회

✓ 목 적 : 도시철도 운영기관별 RAMS 관리체계 적용을 위한 RAMS 관리시스템 연구개발현황 및 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 방향성 공유

✓ 일자 및 장소 : 2018.06.28. / 양재 aT센터

✓ 주요내용

- 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 연구현황 및「철도안전관리체계 기술기준」개정(안) 방향성 설명
- 도시철도 운영기관별 RAMS 관리체계 적용 활성화를 위한 토론회

② 한국교통안전공단 검사관 의견수렴을 통한 개정(안) 방향 검토

✓ 일자 및 장소 : 2017.02.17. / 한국교통안전공단 철도교통안전처

✓ 주요내용

- RAMS 관리체계 기준정립을 위한 요구사항 조사 분석
- 전국 운영기관의 RAMS 구축 시 필요사항 검토(공통필수사항/ 선택사항)
- RAMS 표준절차서, RAMS 통합시스템 실무지침서 작성으로 업무표준화

- 실시간 정보를 활용한 RAMS 통합시스템 구축
- RAMS 통합시스템의 활용방안(실용화) _운영기관의 특성 반영
- RAMS 결과를 활용한 점검주기 변경 등 대안제시 또는 정책반영
- 이력관리를 통한 위험관리 및 위험도 평가 검토

③ 국토교통부 관련회의

1차('17.08.02)	- RAMS 통합시스템 개발 S/W 시연 (대시보드, 분석 및 관리모듈 등) - 본 과제 공동연구기관 겸 철도안전관리체계 검사기관인 교통안전공단 담당부서와 검사관이 참여하는 간담회 개최(예정) 논의
2차('18.03.19)	- RAMS 통합시스템 시연 및 문제점 검토 - 도시철도 운영기관에 적용 가능하도록 개발 (범용성) - 철도안전관리체계 기술기준 개정에 대한 의견
3차('18.04.11)	- 운영기관별 E&M 분류체계 현황 및 RAMS 통합시스템 반영 내용 - 한국교통안전공단 검사관 요구사항 대한 반영여부 - 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 방향 검토
4차('18.06.01)	- RAMS 통합시스템 시범구축 (대전도시철도공사) 추진일정 보고 - RAMS 통합시스템 S/W 고도화 현황 보고 - 철도안전관리체계 기술기준 개정방안 및 공청회 개최 논의
5차('18.09.06)	- RAMS 통합시스템 시범구축 현황 보고 (서울교통공사 1~4호선, 대전도시철도공사) - 공청회('18.06.28.) 의견수렴 및 추가 공청회 개최 논의

(3) 연구개발 추진일정 및 연구개발비 현황

(가) 3차년도 추진일정 (결과)

- 주관연구기관 : 서울교통공사

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정 _ 100% 달성											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3차 년도	철도안전 관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별	E&M별 RAMS 관리체계 시범구축												
		철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증												
		기존 시스템과의 연계성/적합성 검증												

	RAMS 관리체계 성능 검증	운영기관 기술협의체 및 전문가 워킹그룹 활동보고	
		논문 제출	

- 공동연구기관 : 대전도시철도공사

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정 _ 100% 달성											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3차 년도	운영기관 RAMS 활동 관리 통합시스템 시범 구축	운영기관 시범 구축을 위한 관련 인프라 분석 및 환경 구축												
		RAMS 통합시스템 시범 구축 및 현장 적용												
		시범구축 및 운영단계에서 요구사항 및 검증, 보완사항 제시												

- 공동연구기관 : 교통안전공단

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정 _ 100% 달성											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3차 년도	철도안전 관리체계 기술기준 개정(안) 검토	철도안전관리체계 기술기준 및 2017년 정기검사 결과 분석												
		통합시스템 시범구축 사항 모니터링												
		철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 수립												

- 공동연구기관 : 대아티아이(주)

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정 _ 100% 달성											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3차 년도	2차 시범구축과 성능검증	인터페이스 모듈 기능 개선												
		2차 시범구축												
		2차 시범구축 시스템 검증												
	도시철도RAMS분석/	RAMS 분석/평가 기법 검증 및 수정/보완												

	평가 기법검증	도시철도 표준 템플릿 검증 및 수정/보완											

- 공동연구기관 : (주)카이엠

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정 _ 100% 달성											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3차 년도	RAMS 분석 • 통계 • 평가 모듈 개발 시범 구축 지원	E&M별RAMS S/W												
		사용자/운영자 매뉴얼												
		프레임워크 및 컴포 넌트 활용 가이드												

나. 정량적 연구수행성과

(1) 국내외 논문 게재 실적

번호	논문명	학술지명	주저자명	발행기관	구분
1	철도시스템의 RAMS 기반의 유지관리 활동에 관한 연구	한국철도 학회논문집	김종운	한국철도 학회	비SCI
2	Study on process and method for efficient RAMS activity	ART 2018	백주현	한국철도 학회	비SCI
3	A study on the implementation of software menus and function to identify and manage RAMS requirement in Railroad safety management system technical standards	ART 2018	전조원	한국철도 학회	비SCI

(2) 국내외 학술회의 논문 발표 실적

구 분	3차년도	2차년도	1차년도	계
계 획	6	8	8	22
실 적	달성(10)	달성(14)	달성(9)	33
우수논문 수상	2	-	1	3



제18-053호

우수논문발표상

성명(소속): 신동운, 전조원, 성창기(서울교통공사), 정운찬(하이엠)
논문 제목: RAMS 분석 및 활용 최적화를 위한 분류체계에 관한 연구

한국철도학회 2018년 춘계학술대회에서 귀하를 우수 논문 발표자로 선정하여 이 상을 드립니다.

2018년 6월 8일

(사)한국철도학회 회장 문 대철

Best Presentation Award
in Quality Management

저 자 : 전조원, 신동운
소 속 : 서울교통공사
제 목 : 도시철도 E&M 유지관리 품질향상을 위한 RAMS 관리체계 연구

한국품질경영학회는 학술위원회의 추천과 포상심의위원회의 심사결과
"한국품질경영학회 2018년도 춘계 품질대회(KQC)"
에서 발표된 상기논문을 우수발표논문으로 선정하여 이 상을 드립니다.

May 25, 2018
YounSung Kim
President of Korean Society for Quality Management Youn Sung Kim

KSQM 1965

번호	학술회의	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국철도학회 춘계학술대회	전조원	2018.05.17	목포	대한민국
2	한국철도학회 춘계학술대회	전조원	2018.05.17	목포	대한민국
3	한국철도학회 춘계학술대회	김지찬	2018.05.17	목포	대한민국
4	한국철도학회 춘계학술대회	백주현	2018.05.17	목포	대한민국
5	한국품질경영학회	전조원	2018.05.25	서울 (양재)	대한민국
6	한국철도학회 추계학술대회	김지찬	2018.10.19	제주	대한민국
7	한국철도학회 추계학술대회	신성용	2018.10.19	제주	대한민국
8	한국철도학회 추계학술대회	정운찬	2018.10.19	제주	대한민국
9	한국철도학회 추계학술대회	한찬희	2018.10.19	제주	대한민국
10	한국철도학회 추계학술대회	백주현	2018.10.19	제주	대한민국
11	대한기계학회 춘계학술대회	이지영	2017.02.23.	제주대학교	대한민국
12	한국군사과학 기술학회	김용	2017.06.08.	제주	대한민국
13	한국도시철도학회 춘계학술대회	김하원	2017.05.12.	제주	대한민국
14	한국철도학회 춘계학술대회	조원정	2017.05.18.	부산	대한민국
15	한국철도학회 춘계학술대회	성창기	2017.05.18.	부산	대한민국
16	한국철도학회 춘계학술대회	신동운	2017.05.18.	부산	대한민국

17	한국도시철도학회 추계학술대회	백주현	2017.09.22.	부산	대한민국
18	한국철도학회 추계학술대회	임명호	2017.10.19.	횡성	대한민국
19	한국철도학회 추계학술대회	이지영	2017.10.19.	횡성	대한민국
20	한국철도학회 추계학술대회	김지찬	2017.10.19.	횡성	대한민국
21	한국철도학회 추계학술대회	권부석	2017.10.19.	횡성	대한민국
22	한국철도학회 추계학술대회	조원정	2017.10.20.	횡성	대한민국
23	한국철도학회 추계학술대회	채해천	2017.10.20.	횡성	대한민국
24	한국철도학회 추계학술대회	성창기	2017.10.20.	횡성	대한민국
25	한국도시철도학회 학술대회	이석흥	2016.10.14	대구도시철도공사	대한민국
26	한국철도학회 ART 2016	김 용	2016.10.19	제주	대한민국
27	한국철도학회 추계학술대회	전조원	2016.10.20	제주	대한민국
28	한국철도학회 추계학술대회	소순환	2016.10.20	제주	대한민국
29	한국철도학회 추계학술대회	김지찬	2016.10.20	제주	대한민국
30	한국철도학회 추계학술대회	김종운	2016.10.20	제주	대한민국
31	한국철도학회 추계학술대회	김 용	2016.10.20	제주	대한민국
32	한국철도학회 추계학술대회	정운찬	2016.10.20	제주	대한민국
33	한국신뢰성학회 추계학술대회	한찬희	2016.11.18	서울과학기술대학교	대한민국

(3) 지식재산권(특허, 저작권) 등 확보

번호	구분	권리명칭	출원(등록)일	등록인	출원(등록) 번호	비고
1	저작권	E&M(철도시설물) 시설물유지관리 시스템	2018.12.27	㈜카이엠	제C-2018-040044호	등록
2	인증서	GS 인증	2018.09.10	㈜카이엠	제18-0461호	인증
3	특허	도시철도 RAMS 통합시스템	2018.07.13	서울교통공사	제10-1880385호	등록
4	특허	분산시스템 작동 장치 및 방법	2017.11.10.	네모시스	제10-2017-0149799호	출원
5	저작권	램스통합시스템 (KRAMS)	2017.10.30	㈜카이엠	제C-2017-026012호	등록



<특허 등록증>



<SW 저작권 2건>



<GS 인증서>

(4) 산업 기술 인력 양성

구분	3차년도	2차년도	1차년도	계
과정	2	3	4	9
인원	15	15	10	40

< 산업인력 양성 현황 >

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 횟수	교육 시간	교육 인원
1	R	- R을 이용한 테이터 분석 [BigData]	멀티캠퍼스	1	34	1
2	데이터베이스 기본	- 논리 데이터베이스 설계 - 개념 데이터 모델링 - SQL 활용 - 물리 데이터베이스 설계	한국상용 SW협회	5	50	2
3	SW설계 및 실전 프로그래밍	- 어플리케이션 설계 - 어플리케이션 구현 - 화면 구현 - 데이터 입출력 구현 - 개발자 테스트	한국상용 SW협회	5	46	2
4	신뢰성전문기술자 (PRE)	- 신뢰성개요 -신뢰성설계와시스템 신뢰성	한국신뢰성 협회	2	125	5

		-신뢰성기술경영 -신뢰성 데이터분석/고장예측				
5	데이터베이스 기본	-논리 데이터베이스 설계 -개념 데이터 모델링 -SQL 활용 -물리 데이터베이스 설계	한국상용 SW협회	4	50	2
6	SW설계 및 실전프로그래밍	-어플리케이션 설계 -어플리케이션 구현 -화면 구현 -데이터 입출력 구현 -개발자 테스트	한국상용 SW협회	5	110	2
7	RAMS 기본교육 (IEC 62278)	-RAMS 기본 교육	리카르도레일	2	14	11
8	신뢰성 전문교육	- 신뢰성 기본이론 - 통계이론 및 기법 - 수치 해석	한국신뢰성 학회	10	80	10
9	신뢰성 이론과 기법에 대한 실무 교육	-RAMS 분석 기법 -RAMS 분석결과 및 해석 -RAMS 활용 기법	한국신뢰성 학회	2	16	5



<교육 수료증>

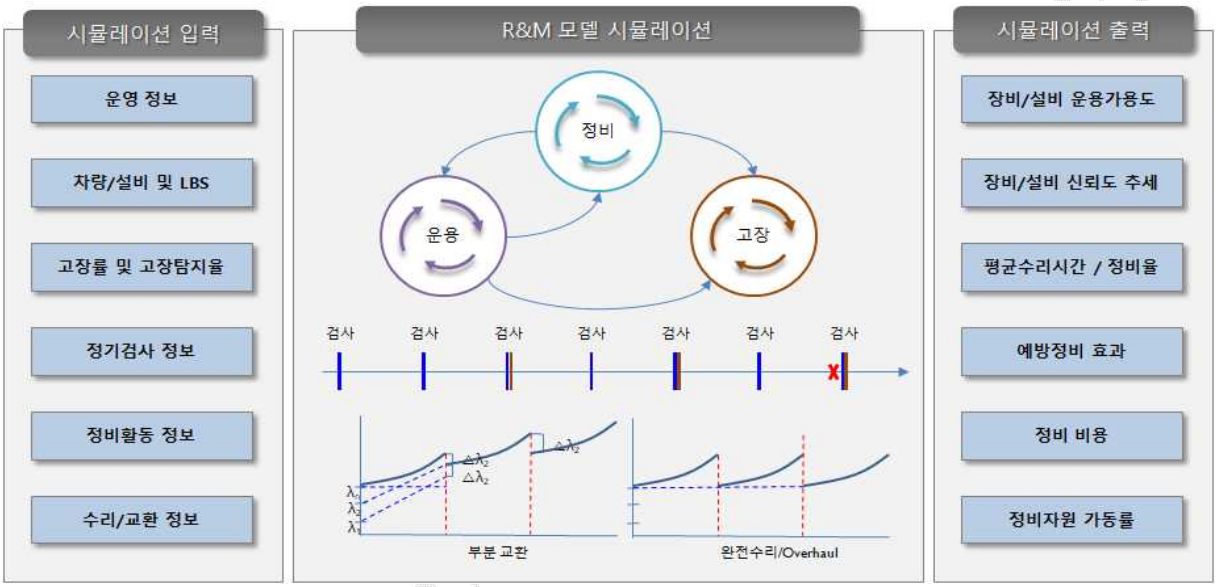
다. 최종 성과의 차별성

(1) 연구성과의 창의성

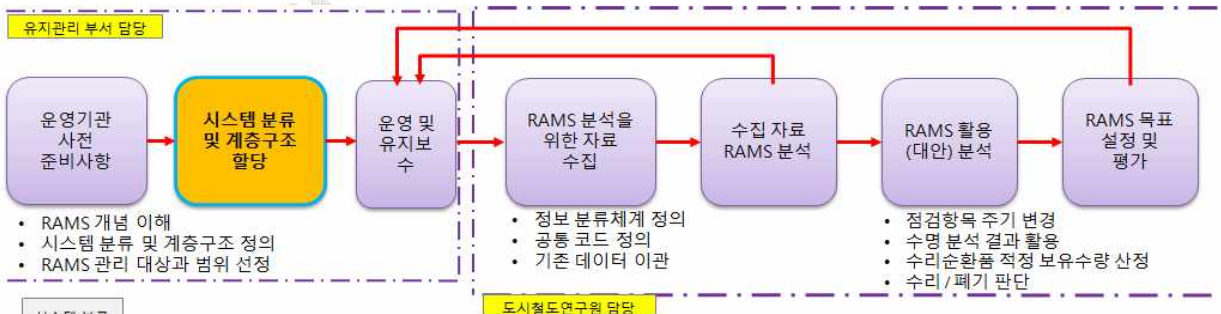
○ 기존의 공급자 중심에서 **사용자 중심의 RAMS 체계** 구축을 통해 활용도 극대화

○ 도시철도 핵심설비를 운영하면서 수집된 고장 현황 분석을 바탕으로 열차 영업 운행에 미치는 영향 정도를 고려한 RAMS 체계 구축으로 **실무에 즉시 적용** 가능

○ 신뢰성을 기반으로 객관적 기준 및 근거를 통해 **핵심부품을 관리**함으로써 예산낭비 요인 해소와 합리적 물품 수급관리가 가능



○ 철도안전관리체계 기술기준을 만족하는 컴포넌트를 기반 **기존 운영시스템과의 통**합



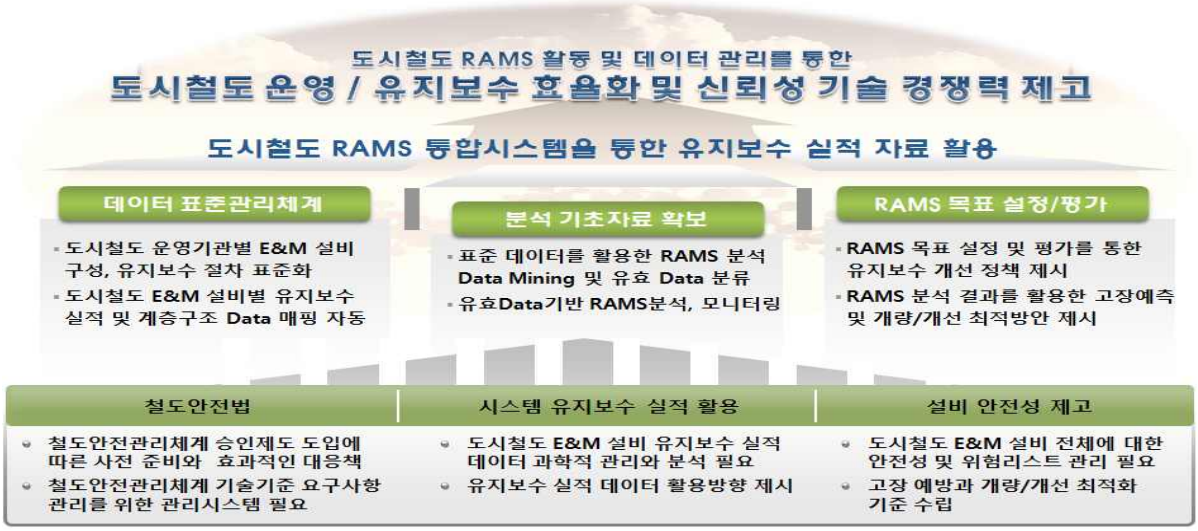
시스템 분류

분류코드	한글명	영문명	관리대상	레벨
A	건축	Architecture	제외	-
E	전기	Electric	대상	
F	시설(역사)	Facility	제외	-
I	정보통신	Information	대상	
M	기계	Mechanic	대상	
PSD	승강장안전문	Platform Screen Door	대상	
P	전력	Power	대상	
R	차량	Rolling stock	대상	
S	신호	Signal	대상	
T	궤도	Track	유예	



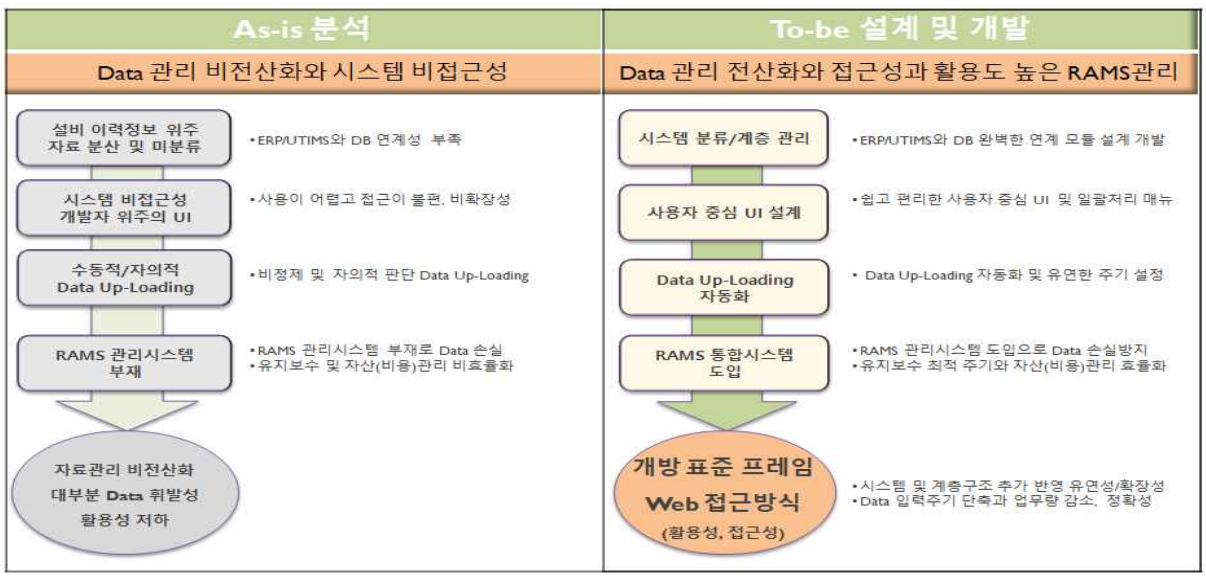
(2) 연구성과의 우수성

○ 본 연구 과제의 RAMS 통합시스템 소프트웨어 개발은 **범용·확장성 있는 RAMS관리** 시스템으로 운영 및 유지보수 단계에서 효과적으로 RAMS 활동 및 관리를 위해서는 표준 템플릿의 자동 입출력이 가능하고, 유지관리 데이터 자동 연계 및 데이터 매핑 프로세스를 탑재, 표준 데이터를 정제하는 Data Mining과 유효 Data 분류 알고리즘을 개발·구현하고 있어 RAMA 표준관리 체계와 기능적 효율성이 매우 높음



○ 복잡하고 번거롭고 반복되는 불필요한 기능과 절차를 배제하고 사용자 편의성, 편리성, **활용성 높은 메뉴와 기능**을 자체 개발 구현

○ 철도안전관리체계 기술기준에서 요구하는 RAMS 요구조건에 대한 **관리 소프트웨어, 표준화된 절차 및 메뉴얼**이 부재하지만, 본 연구 과제에서는 이러한 요건들을 충족하고 RAMS 각 지표 및 목표 자동 산출, 고장률 추세의 비모수적 검증, 위험도 관리와 대안제시, 정책 제안 등 새로운 개념 설계와 개발, 구현을 위한 연구개발 수행.

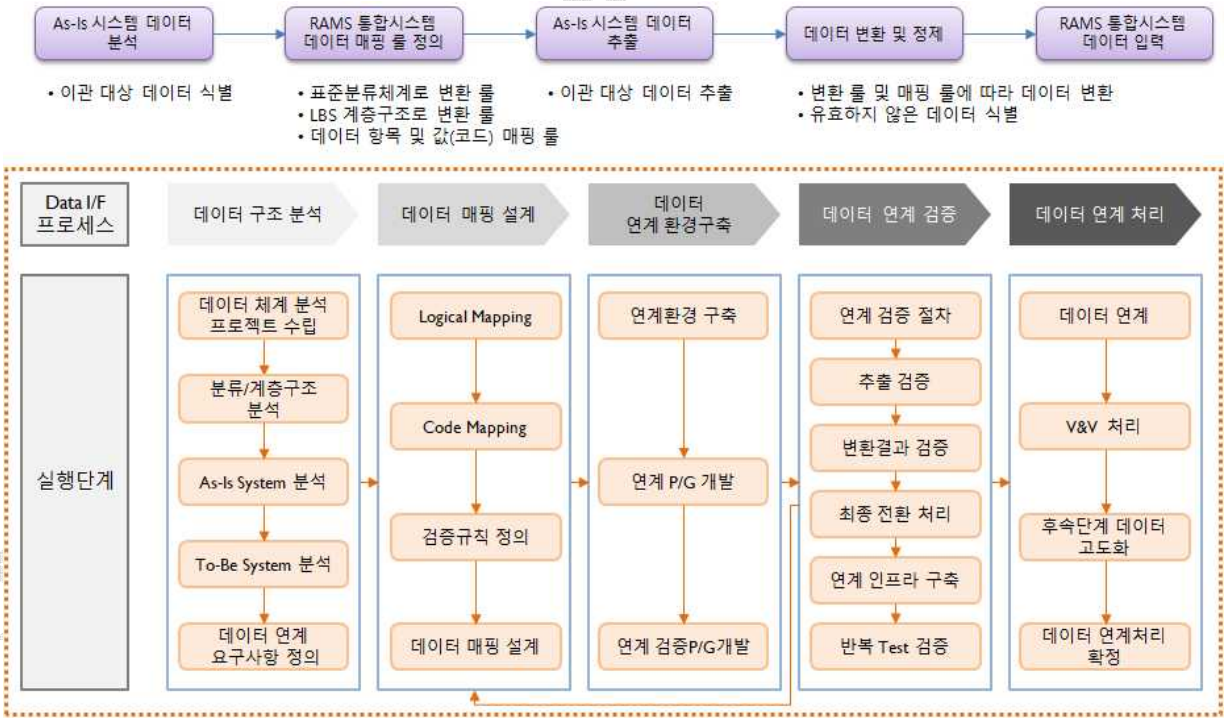


(3) 연구성과의 범용성

○ KRAMS 은 기술기준에 기술되어 있는 RAMS 활동을 원활하게 지원하기 위해 RAMS 자료 수집, 분석, 활용, 평가의 기능을 제공한다. 표준화 작업을 통해 범용성을 확보하였고 연동/연계 등의 방식을 다양화하여 이식성을 높였으며 컴포넌트 기반 개발을 통해 확장성을 확보하였다.

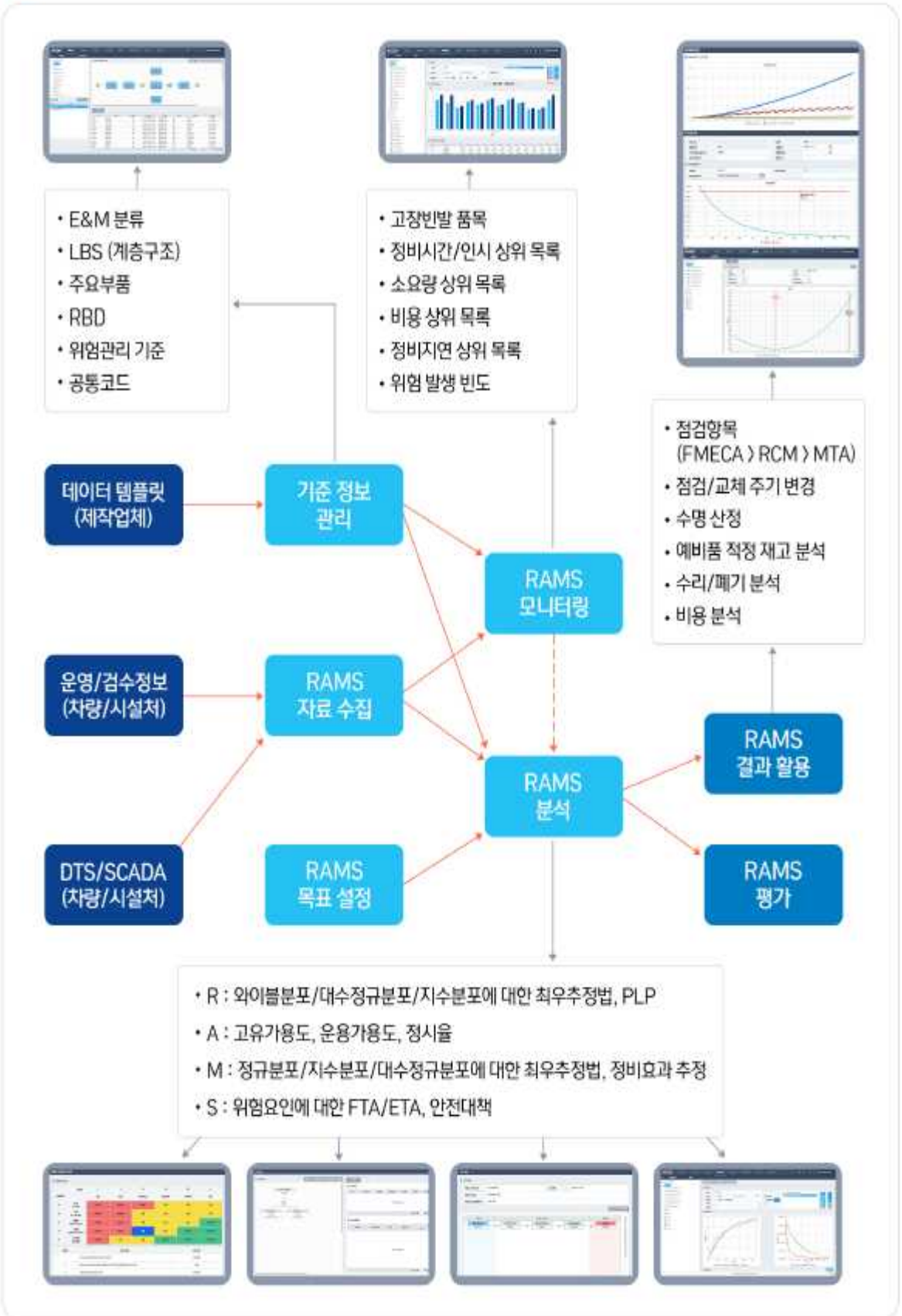
- ✓ 2개의 운영기관에 구축 및 활용하고 있어 충분한 적용성이 검증되었음
- ✓ 개발된 KRAMS SW가 존재하여 신뢰성분석 SW 도입에 대한 비용은 비교적 정확하게 예측할 수 있어 철도 운용기관 적용 사업 시 위험 감소
- ✓ 각 도메인 분야의 전문가들 의견 및 지식이 반영된 SW이므로 전문가의 효율적인 활용이 가능
- ✓ UI 및 Menu 등 표준으로 만들어지고, 이를 재사용한다면 SW의 일괄성을 유지하고, 표준화하여 범용성 확보가 용이함
- ✓ SW 재사용으로 운영기관 도입을 위한 재 개발과 검증 시간 절약 가능

○ 도시철도 운영기관 유지보수 관리시스템과의 데이터 연계 범용성 확보를 위한 데이터 구조 분석과 매핑, 연계처리 등 **데이터 I/F 프로세스 자동화** 모듈 연구개발



○ 도시철도 운영단계에서의 RAMS 관리 표준 프로세스를 정립하여 RAMS 자료수집 및 활동 표준체계, 실무활용 가이드, 운영기관 RAMS 도입 시나리오 도출

운영단계 RAMS 관리 표준 프로세스



(4) 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구사항에 대한 기준 정의 및 개발

RAMS 통합 시스템은 RAMS 지표를 분석/평가하여 안전/운행/유지관리에 활용할 수 있는 정보를 제공하는 것으로 정의하고 안전/운행/유지관리 측면의 수집자료는 해당 시스템에서 자료를 확보할 수 있다는 전제하에 철도안전관리체계 기술기준 및 시행지침에서 RAMS 관련 사항을 도출하였다.

(가) 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구사항 도출

○ RAMS 통합시스템은 RAMS 지표를 분석, 평가하여 안전, 운행, 유지관리에 활용할 수 있는 정보를 제공하는 것으로 정의하고, 「철도안전관리체계 기술기준」, 「철도안전관리체계 승인 및 검사 시행지침 」에서 RAMS 관련 항목을 분류하고 요구사항을 도출하면 다음과 같다

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
3.1.2 위험도 평가 절차	철도운영자등은 지속적인 위험요인의 식별, 위험도 분석, 평가 및 안전대책 등에 대한 관리사항을 결정하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 위험요인의 식별, 위험도 분석, 평가 및 안전대책 등을 결정하기 위한 세부적인 사항은 별표 2와 같다.	RT01	위험요인 식별
		RT02	위험도 분석
		RT04	안전대책 수립 및 시행
3.1.3 위험도 관리 기준	철도운영자등은 위험도를 관리하기 위해 수용가능, 경감 수용가능, 수용불가 등의 기준을 수립, 실행 및 유지하여야 한다.	RT03	위험도 관리기준
3.1.4 설계단계 위험도 평가의 활용	철도운영자등은 철도차량과 철도시설의 설계단계부터 식별한 위험요인, 위험도 평가 및 결정된 안전대책 등의 적정성을 확인하고, 이에 대한 결과물을 운영단계에 활용하여야 한다.	RT05	설계단계 위험도 평가 활용
3.1.5 위험도평가 등의 문서화	식별된 위험요인, 위험도 평가 및 결정된 안전대책 결과를 항상 최신의 것으로 문서화하고 유지하여야 한다.	RT10	위험도 평가 기록
3.2.1 안전대책의 수립 등	철도운영자등은 위험도를 관리하기 위한 안전대책을 수립, 실행 및 유지하여야 한다.	RT04	안전대책 수립 및 시행
3.2.2 안전대책효과 모니터링	철도운영자등은 위험도를 관리하기 위한 안전대책의 효과를 모니터링하고 필요할 경우에 안전대책을 변경하여야 한다.	RT06	안전대책 모니터링
3.2.5 위험관리검증	철도운영자등은 안전대책 이행에 따른 위험도가 허용가능한 수준으로 관리되는지를 검증하여야 한다.	RT07	위험관리의 검증

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
3.3.1 변경관리절차	철도운영자등은 다음과 같은 내·외부의 변화에 따른 새로운 위험 또는 변경되는 위험을 파악하고 관리하기 위해 문서화된 변경관리 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 가. 안전관리 조직 기능의 변화 나. 업무 규모 또는 운영방식의 중대한 변화 다. 재무 악화 및 노사관계 등 운영환경의 변화 라. 업무서비스의 외부위탁 등 계약 환경의 변화 마. 새로운 장비 도입 등 운영환경의 변화 바. 그 밖에 안전관리에 중대한 영향을 미치는 변화 등	RT08	위험도 평가 변경관리
별표2-2. 위험관리 기본원칙	나. 위험도 평가는 정량적으로 평가함을 원칙으로 한다. 다만, 필요에 따라 위험도 관리표 적용하여 준 정량적으로 평가를 시행할 수 있다.	RT18	RAMS 평가
별표2-6. 위험도 평가 절차	가. 위험도 평가대상의 선정등 사전준비	RT05	설계단계 위험도평가의 활용
	나. 위험요인의 식별	RT01	위험요인 식별
	다. 위험요인별 위험도분석	RT02	위험도 분석
	라. 위험도 분석결과에 대한 수용가능 여부결정	RT03	위험도 관리기준
	마. 위험도 해소를 위한 안전대책의 수립 및 조치	RT04	안전대책 수립 및 시행
	바.위험도평가내용및결과에관한기록	RT10	위험도 평가기록
별표2-7. 설계단계 위험도 평가의 활용	가. 철도운영자등은 철도를 운영하거나 관리하려는 철도차량과 철도시설에 대하여 철도차량 기술기준 3.2.6(위험도분석) 및 철도시설 기술기준 제2장제1절(철도시설의 안전성 분석)에 따라 설계단계의 위험도 평가를 시행하여야 한다. 나. 철도운영자등은 설계단계에서 식별된 위험요인, 위험요인에 대한 설계 보완사항의 적정성을 확인하고, 설계단계 위험도 평가결과 및 보완사항을 운영단계에 활용하여야 한다. 다. 철도운영자등은 설계단계 위험도 평가 결과와 5.나.의 초기 위험도 평가 결과를 비교 분석하여 안전대책을 수립하여야 한다.	RT05	설계단계 위험도 평가의 활용
별표2-9.	가. 철도운영자등은 사전 조사 결과를 바탕으로 위험요	RT01	위험요인 식별

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
위험요인 식별	인을 식별하여야 하며, 위험요인을 식별할 경우에 다음 사항을 고려하여야 한다. 1) 철도시스템의 사고 및 장애를 초래할 수 있는 위험사건의 확인 2) 철도시스템의 기술적 특성과 기대수명을 고려한 위험요인의 식별 3) 위험사건의 발생과 위험사건이 사고 또는 장애로 진행하는 과정에 존재하는 안전방어벽 및 안전방어벽의 실패상황 나. 철도운영자등은 위험도 평가 과정에서 확인된 모든 위험을 체계적으로 관리하기 위하여 위험 기록대장을 작성하여야 하며, 위험 기록대장에는 위험사건 및 위험요인의 특성과 출처, 위험도, 안전대책 및 책임자 등을 확인할 수 있도록 체계적으로 구성하여야 한다. 다. 철도운영자등은 위험 기록대장을 항상 최신의 것으로 유지하여야 한다.		
별표2-10. 위험도 분석	가. 철도운영자등은 위험요인을 식별하고, 위험사건의 발생가능성과 발생에 따른 심각도를 산출하여 조합한 후 위험도를 산정하여야 한다. 나. 위험사건의 발생가능성과 심각도를 결정할 때에는 사고 및 장애의 통계, 이력 등에 대한 정량적인 자료를 원칙적으로 사용하여야 한다. 단, 발생가능성과 심각도에 대한 정량적인 자료가 없는 경우에는 다음 사항을 고려하여 결정한다. 1) 전문가가 참여하는 별도 위원회에서 결정 2) 발생가능성이 명확하지는 않지만 일정한 근거가 있는 경우에는 그 근거를 기초로 추정하여 결정 3) 심각도는 최악의 상황에서 가장 큰 사망자, 중상자, 경상자를 고려하여 결정 다. 사망자, 중상자, 경상자는 공통의 척도(등가사망)를 사용하는 것이 바람직하며, 등가사망의 환산은 중상자 10명은 사망자 1명, 경상자 200명은 사망자 1명으로 한다. 라. 사망자, 중상자, 경상자에 대한 기준은 철도사고등의 보고에 관한 지침 제3조제4항의 정의에 따른다.	RT02	위험도 분석
별표2-11. 위험도 관리	철도운영자등은 위험도 평가를 시행하기 전에 위험도 관리기준을 다음과 같이 구분·설정하여야 한다.	RT03	위험도 관리기준

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
기준	가. 수용가능 나. 경감수용가능 다. 수용불가		
별표2-12. 위험도 평가	가. 철도운영자등은 위험도 분석 결과를 위험도 관리기준에 따라 판단하여야 한다. 나. 위험도 분석결과가 관리기준의 '수용가능'에 해당하는 경우에는 '수용가능' 내에서 관리되는지를 지속적으로 검토하여야 한다. 다. 위험도 분석결과가 관리기준의 '경감수용가능'에 해당하는 경우에는 위험요인의 발생가능성이나 심각도를 종합적으로 검토하여 위험도를 최저수준으로 경감하기 위한 합리적인 조치를 취하여야 한다. 라. 위험도 분석결과가 관리기준의 '수용불가'에 해당하는 경우에는 조속히 위험도 경감을 위한 안전대책을 수립·시행하여야 하며, 위험요인이 개선되지 않은 상태에서는 열차운행을 할 수 없다.	RT18	RAMS 평가
별표2-13. 안전대책 수립 및 시행	가. 철도운영자등은 위험도 평가 결과, 위험도가 경감수용가능 또는 수용불가에 해당되어 합리적인 안전대책을 수립 및 시행할 때에는 다음 순서를 고려하여 관련 법령에서 정하는 사항과 그 밖에 승객, 직원 및 일반인의 위험을 방지하기 위해 필요한 조치가 포함되어야 한다. 1) 위험요인의 제거 2) 위험요인 발생가능성의 경감 3) 위험요인 심각도의 경감 나. 철도운영자등이 안전대책을 수립할 때에는 다음 사항을 고려하여야 한다. 1) 설계나 계획 단계에서 위험요인을 제거 또는 경감하는 대책 2) 철도차량, 철도시설 및 운영장비의 변경·설치 등 기술적 대책 3) 현재 운영절차 변경 등 관리적 대책 다. 철도운영자등은 비용편익분석 등을 통한 합리적인 의사결정 절차에 따라 안전대책의 우선순위를 결정하여야 한다. 라. 철도운영자등은 사고 및 장애 발생 우려가 있는 위험요인에 대한 안전대책 시행에 일정기간이 필요한 경우에는 열차의 안전운행에 지장이 없도록 즉시 잠정적	RT04	안전대책 수립 및 시행

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
	인 조치를 취하여야 한다.		
별표2-14. 위험관리의 검증	철도운영자등은 안전대책 시행에 따라 위험도가 수용가능한 수준으로 관리되는지와 추가적인 위험요인을 발생시키거나 위험도의 변경을 일으키지 않는다는 것을 검증하여야 하며, 필요한 경우 안전대책을 변경하여야 한다.	RT07	위험관리의 검증
별표2-16. 위험도 평가 등의 문서화	가. 철도운영자등이 위험도 평가를 시행한 경우에는 다음 사항을 문서화하여야 한다. 1) 위험도 평가 전에 실시한 사전 조사 결과 2) 위험도 평가 범위 및 대상 3) 위험요인 식별 4) 위험도 분석 및 평가 5) 안전대책 및 우선순위 6) 안전대책 시행계획 등 나. 철도운영자등은 제1항에 따른 위험도 평가와 관련된 기록을 5년 이상 보존하여야 한다. 다. 철도운영자등은 위험도 평가의 적정성을 내부 심사 및 안전경영검토 과정에서 확인·검토하여야 한다.	RT10	위험도 평가 기록
별표2-17. 변경관리	가. 철도운영자등은 다음과 같은 내·외부 변화에 따른 새로운 위험 또는 변경되는 위험을 파악하고 관리하기 위해 위험도 평가를 시행하여야 한다. 1) 안전관리 조직 기능의 변화 2) 업무 규모 또는 운영방식의 중대한 변화 3) 재무 악화 및 노사관계 등 운영환경의 변화 4) 업무서비스의 외부위탁 등 계약 환경의 변화 5) 새로운 장비 도입 등 시설환경의 변화 6) 그 밖에 안전관리에 중대한 영향을 미치는 변화 나. 철도운영자등은 제1항에 따른 위험도 평가를 시행할 경우에는 변경 필요성, 이전에 시행한 위험도 평가 결과, 안전대책 우선순위 및 현재 운영절차 등의 적정성을 확인하여야 한다.	RT08	위험도 평가 변경관리
11.5.2 철도차량 또는 열차의 증편운행	철도운영자등은 철도차량 또는 열차를 증편운행하는 경우 열차운행, 유지관리에 대한 안전관리 사항을 검토하고, 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.	RT09	철도차량 증편운행 안전관리
12.3.2	철도운영자등은 철도차량 및 철도시설이 관련 법령, 규	RT21	신뢰성/안전성

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
유지관리 기준	칙, 지침 및 철도운영자등이 수립한 추가 조건 및 제작사가 제시하는 기준에 적합하게 유지될 수 있도록 문서화된 유지관리 기준을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지관리 기준에는 다음 각 목의 사항을 포함하여야 한다. 다만, 가목과 나목에 대하여는 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성 분석(RAMS) 등의 결과에 따라 변경할 수 있다.		기반 유지관리
	가. 설비(장치)별 점검항목	RT11	점검항목 변경
	나. 설비(장치)별 점검 및 교체주기	RT12	점검 및 교체주기 변경
별표4-2. 적용대상	다. 제1항에 따른 적용 대상 중 신뢰성・가용성・정비성・안전성(RAMS) 관리체계에 따른 지속적인 분석활동으로 고장률이 지속적으로 유지 또는 감소하고 있다는 것이 입증될 경우에는 해당 철도차량 및 철도시설은 적용 대상에서 제외한다.	RT13	고장률 모니터링
12.5.2 유지관리 결과의 활용	철도운영자등은 유지관리 결과에 대한 신뢰성·가용성·정비성·안전성(RAMS)을 검토하여 유지관리 업무의 기본 자료로 활용하여야 하며, 활용 결과를 주기적으로 기록 유지하여야 한다.	RT21	신뢰성/안전성 기반 유지관리
시행지침	나) 시스템 계층구조별 분류체계	RT14	분류체계 관리
	다) RAMS 지표	RT15	RAMS 지표 관리
	라) 유지보수 실적 및 고장 등록	RT16	고장, 유지보수 기록
	마) RAMS 분석 및 유지관리업무 개선활동	RT17	RAMS 분석
	바) RAMS 목표 및 평가 등	RT18	RAMS 평가
12.7.1 유지관리 부품의 확보	철도운영자등은 유지관리 부품을 확보하고 관리하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지관리 부품을 확보하기 위한 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다. 가. 유지관리 부품 관리의 역할과 책임 나. 유지관리 부품의 종류, 교체 주기, 보유 수량의 설정 다. 유지관리 부품의 조달 계획 라. 유지관리 부품 확보에 대한 중장기 계획 마. 외자 등 조달 불가능한 유지관리 부품의 종류 및 확	RT19	부품 재고정책 변경

기술기준	내용	S/W설계 식별자	요구사항
	보 방안 바. 유지관리 부품의 보관 절차 등 사. 철도안전 주요부품의 고장빈도 분석. 다만, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등 결과에 따라 기준의 설정은 변경할 수 있다.		
12.7.3 철도안전 주요 부품 등의 관리	철도운영자등은 다음 각 목에 따른 안전과 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 관리하고, 교체 및 정비주기를 정하는 등 안전에 영향이 최소화되도록 관리하여야 하며, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등의 결과에 따라 철도안전 주요부품의 교체 및 정비주기는 변경할 수 있다.	RT20	주요부품 관리
	가. 「철도안전법」에 의거 국토교통부가 형식승인 대상으로 고시하는 철도용품 나. 철도운영자등이 최근 3년간 고장 발생이력 등을 토대로 보유차종의 특성에 맞게 선정한 고장빈발부품 다. 기타 운영자등이 철도차량 안전에 필요하다고 판단되는 부품	RT12	점검 및 교체주기 변경
12.7.4 신뢰성기반 유지관리 적용	철도안전 주요부품은 신뢰성기반 유지보수체계를 적용하여 관리하여야 하며, 교체주기변경 등 안전에 영향이 있는 사항을 변경하기 위해서는 신뢰성 기반 유지보수체계 분석을 시행하고 그 결과를 기초로 하여야 한다.	RT21	신뢰성/안전성 기반 유지관리

(나) RAMS 시스템 요구사항에 대한 소프트웨어 설계 적용

○ 국토교통부에서 고시한 「철도안전관리체계 기술기준」, 「철도안전관리체계 승인 및 검사 시행지침」에서 RAMS 관련 항목을 식별하고 항목마다 RAMS 요구사항을 분석하였고, 이를 근거로 RAMS 통합시스템 소프트웨어(S/W) 설계에 반영코자 시스템 요구사항으로 재분류하였는데, 기술기준 관련 시스템 요구사항은 20개로 다음과 같다.

연번	분류	요구사항	기술기준 식별	시스템 요구사항
1	분류관리	분류체계 관리	RT 14	SR 02
2		주요부품관리	RT 20	SR 04
3	RAMS 수집	제작사 RAMS 정보 활용	RTA 22	SR 16
4		RAMS 템플릿	RTA 23	SR 19

5		설계단계의 위험도 평가 활용	RT 05	SR 21
6		위험요인 식별, 위험도 관리기준	RT 01, 03	SR 22
7		고장, 유지보수 기록	RT 16	SR 24
8	RAMS 분석	RAMS 분석, 고장률 통계분석	RT 17 RTA 24	SR 28
9		위험도 분석	RT 02	SR 31
10		고장률 모니터링	RT 13	SR 34
11		안전대책 모니터링	RT 06	SR 37
12	RAMS 평가	RAMS 지표관리	RT 15	SR 38
13		RAMS 평가, 위험관리 검증	RT 18, 07	SR 39
14		위험도 평가 기록	RT 10	SR 40
15		위험도 평가 변경관리	RT 08	SR 41
16	RAMS 활용	점검항목 변경	RT 11	SR 42
17		신뢰성/안전성기반 유지관리 점검 및 교체주기 변경	RT 21, 12	SR 47
18		부품 재고정책 변경	RT 19	SR 49
19		안전대책 수립 및 시행	RT 04	SR 50
20		철도차량 증편운행 안전관리	RT 09	SR 52

(5) 연구개발 전 주기 동안 요구사항 분류 및 관리하여 통합시스템 개발 적용

도시철도 RAMS 통합시스템 구축 방향을 정립하기 위하여 철도안전관리체계 기술기준 및 IEC/EN 규격으로부터 요구사항들을 도출하고 운영기관 현황 조사 과정에서 언급된 사항 및 Best Practice 관점의 요구사항들을 정리하였다. 동일한 내용이 중복되어 언급된 경우 요구 식별자는 동일하게 부여하며 출처를 확인할 수 있도록 식별자는 RTxx(기술기준), RExx(IEC/EN), RUxx(운영기관), RBxx(Best Practice)로 구분하여 부여 하고, 동일한 내용을 하나의 관점에서 기술하기 위하여 기술기준, IEC/EN규격, 운영기관 의견, Best Practice 관점 요구사항들을 기능 관점으로 재분류하였다.

대분류	중분류	식별자	요구사항	식별자	상위요구사항
분류 관리	체계 관리	SR01	시스템 분류 관리	RB01	분류체계 관리
		SR02	시스템 계층구조 관리	RT14	분류체계 관리
				RU11	분류체계 관리
		SR03	부품정보 관리	RU05	부품 정보 관리

대분류	중분류	식별자	요구사항	식별자	상위요구사항
		SR04	주요부품 관리	RT20	주요부품 관리
		SR05	Block Diagram 관리 (FBD/RBD)	RU20	FBD, RBD 연계
	코드 관리	SR06	코드 관리	RU06	고장유형코드
				RU13	고장유형코드
				RU17	고장유형코드
				RB02	고장유형코드
	기술 기준 항목 관리	SR07	안전관리 관련 자료 관리		
		SR08	운행관리 관련 자료 관리		
		SR09	유지관리 관련 자료 관리		
RAMS 수집	시스템 연계	SR10	철도안전관리시스템(SMS) 연계		
		SR11	열차운행체계 연계		
		SR12	유지보수시스템 연계	RU04	유지보수시스템 연계
		SR13	자산관리체계(ERP) 연계		
		SR14	자동화장치 연계		
		SR15	인터페이스 모듈 연계		
	템플릿 연계	SR16	설계자료 템플릿 제공	RU15	FMEA, FMECA, FRACAS 템플릿
				RU02	PBS, FMECA 템플릿
				RTA22	제작사 RAMS 정보 활용
		SR17	SMS 템플릿 제공	RU03	위험도 관련 템플릿
				RE02	Hazard Log, Safety Case 관리
		SR18	열차운행체계 템플릿 제공		
		SR19	유지관리체계 템플릿 제공	RTA23	RAMS 템플릿
		SR20	자산관리체계 템플릿 제공		
	연계 자료 관리	SR21	설계RAMS정보 관리	RT05	설계단계 위험도 평가의 활용
		SR22	SMS 연계자료 관리	RT01	위험요인 식별
				RT03	위험도 관리기준
		SR23	열차운행체계 연계자료	RE05	RAMS 수집

대분류	중분류	식별자	요구사항	식별자	상위요구사항
			관리		
		SR24	유지관리체계 연계자료 관리	RT16	고장, 유지보수 기록
				RU14	고장기록 데이터
				RB03	고장기록 데이터
				RE04	FRACAS
				RE10	사용자 개선 의견
		SR25	자산관리시스템 연계자료 관리(예비품, 비용)		
		SR26	자동화장치 연계자료 관리		
		SR27	고장 데이터 검증	RU19	고장 데이터 검증
RAMS 분석	RAMS 분석	SR28	신뢰도 분석	RU12	RAMS 대상 선정
				RT17	RAMS 분석
				RE06	RAMS 분석
				RU07	RAMS 자동분석
				RTA24	고장률 통계분석
		SR29	정비도 분석		
		SR30	가용도 분석		
		SR31	위험도 분석	RT02	위험도 분석
				RU10	위험도 분석
		SR32	정시율 분석		
		SR33	자동화 수준(GOA) 분석		
	RAMS 모니터링	SR34	신뢰도 모니터링	RT13	고장률 모니터링
				RB07	고장 모니터링
		SR35	정비도 모니터링		
		SR36	가용도 모니터링		
		SR37	위험도 모니터링	RT06	안전대책 모니터링
RAMS 평가	RAMS 목표 및 검증	SR38	RAMS 목표 설정	RT15	RAMS 지표 관리
				RU01	RAM 지표
		SR39	RAMS 검증	RT18	RAMS 평가
				RT07	위험관리의 검증
		SR40	RAMS 평가 기록	RT10	위험도 평가 기록
		SR41	RAMS 평가 변경 관리	RT08	위험도 평가 변경관리
RAMS 활용	유지 관리	SR42	점검항목 변경	RE09	RAMS 기반 유지관리
				RU18	RAMS 활용
				RT11	점검항목 변경

대분류	중분류	식별자	요구사항	식별자	상위요구사항
	정책 변경			RU09	점검항목 도출
		SR43	FMEA 수행	RE12	FMECA 활동
				RU16	FMEA 분석
		SR44	RCM 결정논리 제공	RE13	RCM 결정로직
				RB04	RCM 결정로직
		SR45	수리대 폐기 분석		
		SR46	유지보수 지침(MTA) 정의	RE15	유지보수 지침서
				RB06	유지보수 지침서
		SR47	점검/교체주기 변경	RT21	신뢰성/안전성 기반 유지관리
				RT12	점검 및 교체주기 변경
				RU08	점검주기 변경
				RE14	RCM 주기 설정
		SR48	경제수명 분석		
	유지보수자원 변경	SR49	유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 변경	RE03	효과적인 유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 지원
				RT19	부품 재고정책 변경
	위험 변경 분석	SR50	안전대책 수립	RT04	안전대책 수립 및 시행
		SR51	FMECA 수행	RB05	FMECA 활동
		SR52	증편운행 분석	RT09	철도차량 증편운행 안전관리
	비용 분석	SR53	유지보수비 산출	RE01	LCC 산출
				RE11	유지보수비 산출
		SR54	대체품 변경 분석		
		SR55	유지관리정책 변경 분석	RE07	운행, 점검/교체주기 변경에 대한 RAMS 예측
		SR56	유지보수자원 변경 분석	RE08	유지보수자원 변경에 대한 RAMS 예측

※ 요구사항 약어 범례 : RT(기술기준), RTA(기술기준 추가식별), RE(국제규격 IEC/EN 등), RU(운영기관), RB(Best Practice)

- 요구사항을 기반으로 RAMS통합시스템 Verification Model의 개발 및 RAMS 통합시스템의 검증을 수행하였다.

○ 1 차년도: Verification Model 개발 (2016-04-29 - 2017-01-28)

✓ 해외 RCM 우수사례 기반 개발

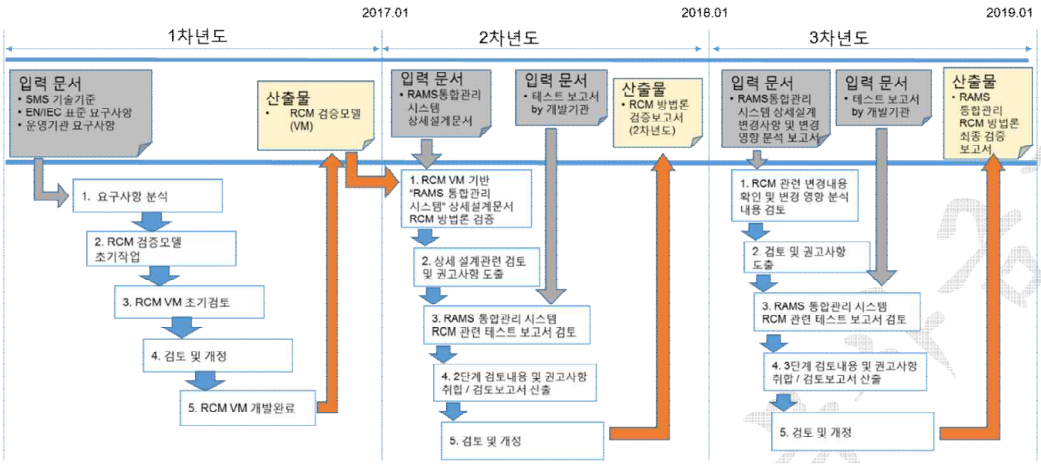
✓ 철도안전관리체계 기술기준, EN 표준 및 운영기관 요구사항 반영

○ 2 차년도: 제3자 안전인증기관의 RAMS 통합관리 시스템 (시범사업) 검증

✓ 서울교통공사에 시범사업으로 구축되는 RAMS통합관리 시스템 검증

○ 3 차년도: 제3자 안전인증기관의 RAMS 통합관리 시스템 (확대 사업) 검증

✓ 타 운영기관(추후 선정)에 확대사업으로 구축되는 RAMS 통합관리 시스템 검증



<RCM 검증 모델 개발 연구의 업무 흐름도>

(6) 국제적인 안전전문기관에 의한 제3자 검증 수행

- 기존 연구과제와 같이 구현된 기술에 대해 자체 평가로 그치지 않고 국제적으로 활동하는 독립적인 안전전문기관인 리카르도레일(SIL 인증기관)에 의한 RAMS 통합시스템의 개발 프로세스 및 기능에 대해 제3자 검증을 수행하여 구현된 기술력에 대한 검증의 차별성을 확보하였다. RAMS 통합시스템의 요구사항 정의 단계부터 개발, 구축, 시험 등 시범구축 단계의 전주기 동안 수행하였다.
- RAMS 통합시스템(KRAMS)에 대한 제3자 검증은 총 3 개년에 걸쳐 KRAMS 상위수준의 RCM 검증모델 개발을 포함하여 RCM 검증활동을 수행하였다. 각 연차 단계별로 다음과 같은 목표를 가지고 RCM 검증이 시스템에 대하여 수행되었다.

(가) 1차년도 KRAMS 상위수준 RCM 검증모델(RCMVM) 개발 (2016.12.09.)

○ 국제표준 내 신뢰성기반 유지보수 요구사항, 리카르도 레일 RCM 우수사례, 철도안전관리체계(SMS) 요구사항, 운영기관 요구사항을 기반으로 상위수준의 RCM 요구사항을 도출

○ 도출된 상위수준 요구사항을 기반으로 RCM 검증모델을 개발하여, K-RAMS 시스템 요구사양서 및 상세요구사양서 개발의 입력 자료로 제공

(나) 2차년도 RCMVM 및 KRAMS 요구사양서간 부합성 확인

○ RCM 검증모델 기반 KRAMS 시스템 요구사양서 부합성 확인 및 검토 (2017.03.29.)

○ RCM 검증모델 기반 KRAMS 시스템 상세요구사양서 확인 및 검토 (2017.08.22.)

○ 시범적용 KRAMS RCM 분야 기능 검증 활동 수행 (2017.11.09., 2018.04.04.)

(다) 3차년도 현장적용 KRAMS 세부 요구사양서 부합성 확인

① 3차년도 변경요구사항 추적, 부합성 확인 및 검토

○ 국제표준 내 신뢰성기반 유지보수 요구사항, 리카르도 레일 RCM 우수사례, 철도안전관리체계 요구사항, 운영기관 요구사항을 기반으로 RCM 검증 모델에 대한 요구사항 도출

○ 철도안전관리체계 기술기준 RAMS 관련 요구사항, EN 규격 요구사항, 운영자 요구사항을 기반으로 RAMS 통합시스템의 상위 요구사항을 도출

○ RCM VM 요구사항(RR)과 RAMS 통합시스템 요구사항(SR) 추적 확인 및 부합성 검토 수행

RCM VM ID	SRS ID	SRS description	Test Case ID
RR1	SR07	안전관리 관련 자료 관리	TC-SR07-001
RR2	-	SMS 3.1, 3.2 해당	Document 확인
RR3	SR31	위험도 분석	TC-SR31-002
RR4	SR37	위험도 모니터링	TC-SR37-001
RR5	SR40	RAMS 평가 기록	TC-SR38-001
RR6	SR37	위험도 모니터링	TC-SR37-001
RR7	SR39	RAMS 검증	TC-SR39-001
RR8	-	SMS 3.3 해당	Document 확인
RR9	-	SMS 2.1 해당	Document 확인
RR10	-	SMS 11, 12 해당	Document 확인
RR11	-	SMS 4.1, 4.2, 4.3 해당	Document 확인
RR12	-	SMS 8.1, 8.2 해당	Document 확인
RR13	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR14	SR42	점검항목 변경	TC-SR47-001
	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-002
RR15	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR16	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR17	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR18	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR19	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR20	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR21	SR09	유지관리 관련 자료 관리	Document 확인
RR22	SR49	유지보수자원(인력,시설,장비,예비품) 변경	TC-SR49-002
RR23	SR04	주요부품 관리	TC-SR04-001
RR24	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-011
	SR49	유지보수자원(인력,시설,장비,예비품) 변경	TC-SR47-012
RR25	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR44-001
RR26	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-006 TC-SR47-007 TC-SR47-008
RR27	SR31	위험도 분석	TC-SR31-004 TC-SR31-005

			TC-SR31-006
RR28	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001 TC-SR21-005 TC-SR21-006
RR29	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
RR30	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR31	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR32	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR33	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR34	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR35	SR17	SMS 템플릿 제공	TC-SR16-001 TC-SR31-002
RR36	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001
RR37	SR39	RAMS 검증	TC-SR21-001
RR38	SR34	신뢰도 모니터링	TC-SR34-002 TC-SR34-003 TC-SR35-001 TC-SR39-001
	SR35	정비도 모니터링	
	SR36	가용도 모니터링	
	SR37	위험도 모니터링	
RR39	SR02	시스템계층구조관리	TC-SR02-001
RR40	SR02	시스템 계층구조 관리	TC-SR02-001
	SR03	부품정보 관리	TC-SR03-001
RR41	SR38	RAMS 목표 설정	TC-SR38-001
RR42	SR24	유지관리체계 연계자료 관리	TC-SR28-001 TC-SR28-002 TC-SR28-003 TC-SR28-004
	SR28	신뢰도 분석	
	SR49	유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 변경	
RR43	SR38	RAMS 목표 설정	TC-SR38-001
	SR39	RAMS 검증	TC-SR39-001
RR44	SR34	신뢰도 모니터링	TC-SR34-001 TC-SR34-002 TC-SR34-003
RR45	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR19-001 TC-SR48-002
	SR12	유지보수시스템 연계	
	SR19	유지관리체계 템플릿 제공	
RR46	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR47	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-001 TC-SR21-005
RR48	SR21	설계 RAMS 정보 관리	TC-SR21-002 TC-SR21-003
RR49	SR40	RAMS 평가 기록	TC-SR21-002 TC-SR21-003
RR50	SR16	설계자료 템플릿 제공	TC-SR16-001 TC-SR17-001 TC-SR18-001 TC-SR19-001
	SR17	SMS 템플릿 제공	
	SR18	열차운행체계 템플릿 제공	
	SR19	유지관리체계 템플릿 제공	
	SR20	자산관리체계 템플릿 제공	

RR51	SR39	RAMS 검증	TC-SR39-001
RR52	SR34	신뢰도 모니터링	TC-SR34-002
RR53	SR34	신뢰도 모니터링	TC-SR34-003
RR54	SR28	신뢰도 분석	TC-SR28-002
RR55	SR43	FMEA수행	TC-SR43-001
	SR44	RCM결정논리 제공	TC-SR44-001
RR56	SR49	유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 변경	TC-SR49-002
RR57	SR53	유지보수비 산출	TC-SR53-003
RR58	SR17	SMS 템플릿 제공	TC-SR17-001
RR59	SR49	유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 변경	TC-SR49-002
RR60	SR23	열차운행체계 연계자료 관리	TC-SR23-001
RR61	SR28	신뢰도 분석	TC-SR28-002 TC-SR29-001 TC-SR30-001
RR62	SR55	유지관리정책 변경 분석	TC-SR53-002
RR63	SR56	유지관리정책 변경 분석	TC-SR53-003
RR64	SR41	RAMS 평가 변경 관리	TC-SR41-001
RR65	-	SMS 11.3, 12,2 해당	Document 확인
RR66	SR42	점검항목 변경	TC-SR42-002
RR67	-	SMS 6.3 해당	Document 확인
RR68	-	SMS 11.10, 12.9 해당	Document 확인
RR69	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR70	SR53	유지보수비 산출	TC-SR53-001
RR71	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR72	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR73	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR74	SR08	운행관리관련자료관리	TC-SR08-001
	SR05	Block Diagram 관리(FBD/RBD)	TC-SR05-001
RR75	SR27	고장 데이터 검증	TC-SR24-007 TC-SR43-001 TC-SR43-002 TC-SR43-003 TC-SR43-004 TC-SR43-005
	SR43	FMEA 수행	
RR76	SR02	시스템 계층구조 관리	TC-SR01-002
RR77	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR78	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR79	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR80	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR81	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR82	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
RR83	SR44	RCM 결정논리 제공	TC-SR44-004
RR84	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-010
RR85	SR12	유지보수시스템연계	TC-SR18-001
	SR19	유지관리체계템플릿 제공	TC-SR19-001
RR86	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-008
RR87	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-008 TC-SR47-012

RR88	SR44	RCM 결정논리 제공	TC-SR44-004
RR89	SR46	유지보수 지침(MTA) 정의	UI-SR44-001
RR90	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-004 TC-SR47-005
RR91	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-001
RR92	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-003 TC-SR47-004
RR93	SR41	RAMS 평가 변경 관리	TC-SR41-001
RR94	SR41	RAMS 평가 변경 관리	TC-SR41-001
RR95	SR07	안전관리관련자료관리	TC-SR07-001
	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
	SR16	설계자료 템플릿 제공	TC-SR16-001
RR96	SR07	안전관리관련자료관리	TC-SR07-001
	SR08	운행관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
	SR09	유지관리관련자료관리	TC-SR16-001
RR97	SR57	시스템 운용에 필요한 관련 정보 관리	TC-SR57-001
RR98	SR07	안전관리관련자료관리	TC-SR07-001
	SR08	운행관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
	SR09	유지관리관련자료관리	TC-SR16-001
RR99	SR12	유지보수시스템 연계	TC-SR19-001
	SR26	자동화장치 연계자료 관리	TC-SR26-001
RR100	SR06	코드관리	TC-SR06-001
RR101	SR28	신뢰도 분석	TC-SR28-004
RR102	SR47	점검/교체주기 변경	TC-SR47-008
RR103	SR42	점검항목 변경	TC-SR42-003
RR104	SR31	위험도 분석	TC-SR31-006
RR105	SR02	위험도 분석	TC-SR02-001
RR106	SR28	신뢰도 분석	TC-SR28-001 TC-SR29-001 TC-SR30-001
RR107	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR108	-	SMS 1.3 해당	Document 확인
RR109	SR01	시스템 분류 관리	TC-SR01-001
RR110	SR07	안전관리관련자료관리	TC-SR07-001
	SR08	운행관리 관련 자료 관리	TC-SR08-001
	SR09	유지관리관련자료관리	TC-SR09-001
RR111	SR57	시스템 운용에 필요한 관련 정보 관리	Document 확인
RR112	-	SMS 6.3, 11.4, 11.7, 12.3, 12.6 해당	Document 확인
RR113	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR114	SR09	유지관리 관련 자료 관리	TC-SR09-001
RR115	SR06	코드 관리	TC-SR06-001
RR116	SR24	유지관리체계 연계자료 관리	TC-SR24-001 TC-SR24-002 TC-SR24-003 TC-SR24-004 TC-SR24-005 TC-SR24-006 TC-SR24-007 TC-SR24-008

			TC-SR24-009 TC-SR24-010 TC-SR24-011 TC-SR24-012 TC-SR24-013 TC-SR24-014 TC-SR24-015 TC-SR24-016 TC-SR24-017
RR117	SR13	자산관리체계(ERP) 연계	TC-SR20-001
	SR25	자산관리시스템 연계자료 관리	TC-SR25-001
RR118	SR12	유지보수시스템연계	TC-SR19-001
	SR19	유지관리체계템플릿 제공	
RR119	SR44	RCM 결정논리 제공	TC-SR44-001 TC-SR44-002
RR120	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001
	SR44	RCM 결정논리 제공	TC-SR44-004
	SR51	FMECA 수행	TC-SR31-004
RR121	SR16	설계자료 템플릿 제공	TC-SR16-001
RR122	SR24	유지관리체계 연계자료 관리	TC-SR24-001 TC-SR24-002 TC-SR24-003 TC-SR24-004 TC-SR24-005 TC-SR24-006 TC-SR24-007 TC-SR24-008 TC-SR24-009 TC-SR24-010 TC-SR24-011 TC-SR24-012 TC-SR24-013 TC-SR24-014 TC-SR24-015 TC-SR24-016 TC-SR24-017
RR123	-	SMS 12.5 해당	Document 확인
RR124	SR43	FMEA 수행	TC-SR43-001 TC-SR44-001

② 현장적용 K-RAMS RCM 분야 기능 검증 활동 수행 (2018.12.04.)

○ 2 차년도 연구 과제 동안 작성된 K-RAMS 소프트웨어 시험 사양서에 정의된 총 187 개의 테스트 케이스 항목 중 1 차년도 연구 과제 동안 리카르도레일이 개발한 RCM VM 의 주요 요구사항과 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 적용을 위한 요구사항 중 44 개의 시험 항목을 선별하여 3 차에 걸쳐 소프트웨어 시험 입회를 수행하였으며, 시험 입회 결과 선별된 모든 시험항목이 요구사항 및 시험 절차에 따라 적합하게 수행되었음을 확인하였음

○ RCM VM의 요구사항 중 RCM(reliability centred maintenance) 및 RAMS 관련 테스트 케이스에 대한 표본추출과 RAMS 통합시스템 개발에 대한 요구사항의 무작위 표본 추출 방법론에 따른 테스트 케이스 추출 및 시험 수행

No.	Test Case ID	Test Case description
1	TC-SR01-005	위험도 매트릭스
2	TC-SR02-003	계층구조 일괄 등록
3	TC-SR04-003	위험도조회
4	TC-SR05-001	RBD관리
5	TC-SR16-001	설계자료 템플릿 제공
6	TC-SR21-001	설계 구조별 RAMS 정보 목록
7	TC-SR21-002	LBS 일괄 매핑
8	TC-SR21-003	LBS 매핑
9	TC-SR21-004	설계 품목정보 목록
10	TC-SR21-005	설계 FMECA 목록
11	TC-SR21-006	설계 RCM 목록
12	TC-SR21-007	설계위험도 목록
13	TC-SR24-007	고장/장애이력 목록
14	TC-SR26-001	DTS기본정보
15	TC-SR28-001	신뢰도 분석
16	TC-SR28-002	신뢰도 분포분석
17	TC-SR28-003	신뢰도결과이력
18	TC-SR28-004	신뢰도 결과 상세조회
19	TC-SR29-001	정비도 분석
20	TC-SR30-001	가용도 분석
21	TC-SR31-006	위험도 분석
22	TC-SR35-001	정비현황
23	TC-SR39-001	RAMS 지표
24	TC-SR41-001	변경이력 조회
25	TC-SR42-002	점검항목대상 선정
26	TC-SR43-002	FMEA 수정
27	TC-SR43-003	설계 FMECA 가져오기
28	TC-SR43-005	고장상세 조회
29	TC-SR44-002	RCM 수정
30	TC-SR44-003	설계 RCM 가져오기
31	TC-SR44-004	RCM 논리도
32	TC-SR47-002	교체주기 목록
33	TC-SR47-005	고장유형 점검주기 분석
34	TC-SR47-006	정비효과분석
35	TC-SR47-008	교체주기분석
36	TC-SR47-010	교체주기 변경이력 조회

37	TC-SR50-001	위험관리대장 조회
38	TC-SR50-002	안전대책
39	TC-SR57-007	일괄작업 등록
40	IF-002	열차운행체계 연계
41	IF-001	유지보수시스템 연계
42	IF-003	자산관리체계(ERP) 연계
43	IF-004	자동화장치 연계
44	IF-005 IF-006	RAMS 통합시스템 연계

③ RAMS 통합시스템 연계 요구사항 부합성 검증

○ RAMS 통합시스템 요구사항 중 운영 시스템과의 연계 요구사항에 대한 설계 검증 및 시험에 의한 확인 수행

○ 운영기관에 설치된 테스트베드 환경에서 제3자 검증 기관과 공동연구기관의 입회하에 시험 수행

○ 연구기관 자체 통합시험 및 제3자 검증기관 입회 시험 수행

연구기관 자체 통합시험(2018.11.16.)	제3자 검증기관 입회 시험(2018.11.27.)
	

○ 연계 관련 요구사항 및 시험 결과

SRS ID	SRS description	Test Case ID	Result
SR11	열차운행체계를 연계하여 편성정보, 운행계획/실적 자료를 주기적으로 이관	IF-002	PASS
SR12	유지보수시스템을 연계하여 유지보수 기준 정보 및 이력 정보를 주기적으로 이관	IF-001	PASS
SR13	자산관리체계(ERP)를 연계하여 예비품 수량 및 비용 정보를 주기적으로 이관	IF-003	PASS
SR14	DTS 등 자동화장치와 연계하여 장치별 상태 및 이벤트 정보를 주기적으로 이관	IF-004	PASS
SR15	인터페이스 모듈과 RAMS 통합시스템은 물리적으로 분리되어 운영될 수 있어 인터페이스 모듈과의 연계하여 자료를 주기적으로 이관	IF-005 IF-006	PASS

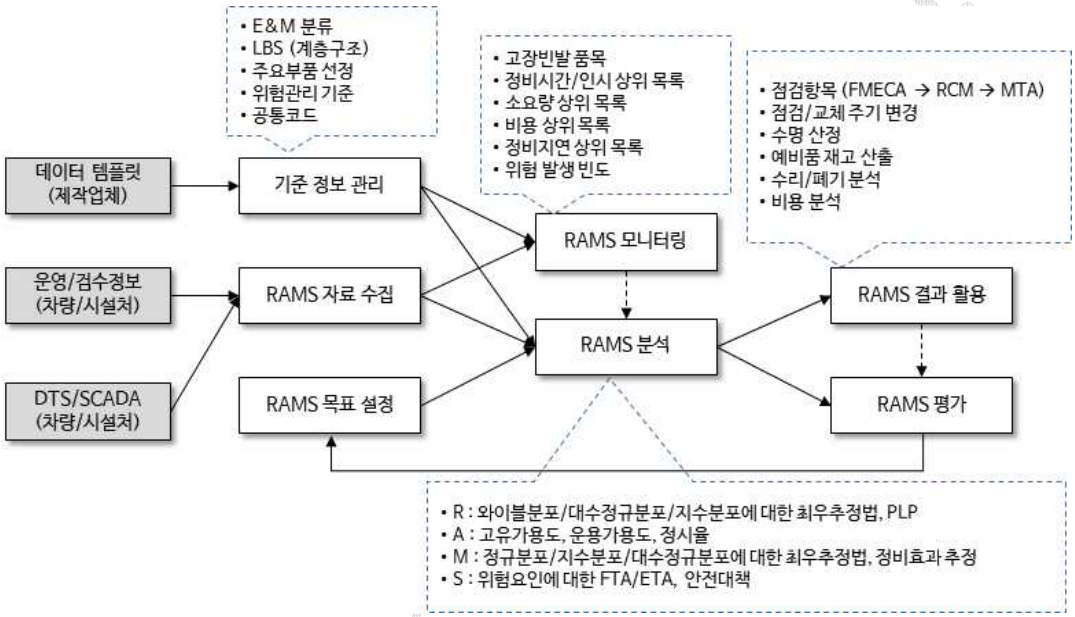
- 이러한 제3자 검증 활동으로 RAMS 통합시스템에 대해 다음과 같은 결론을 확보하였다.

향후 KRAMS를 도입하여 RCM 활동을 수행하기 위해 운영기관에서 준비할 사항은 RAMS 조직을 구성하고 RAMS 활동을 수행하기 위한 기초 자료 확보 방안을 수립해야 하며 자료에 대한 기준을 정립하여야 한다. 운영기관 자체 기준 마련 후 KRAMS 시스템을 도입하여 실질적인 RAMS 활동을 수행하기 위해 E&M 분야별 RAMS 담당자, RAMS 관리자 및 RAMS 활동의 결과로 제시되는 안건을 기관의 운영/정비 정책에 반영할 수 있는 기술협의체를 구성할 필요가 있다.

순번	내용
1	RCM 분석 범위내의 자산은 내부 절차를 통해 포트폴리오 구성에 대하여 정의되어 관리되어 함
2	RCM분석시 숙련된전문가(facilitator)가 주도할 수 있도록 절차를 수립되어야 함
3	RCM 분석팀에는 절차상 유지보수인력이 포함되게 팀구성이 되도록 하는것을 고려해야 됨
4	RCM 절차에 따라 정기적인 고장검토회의를 수행하고, 획득된 DATA의 건전성을 고장검토회의시 확인되어야 함
5	RCM 프로세스에 대한 추가적으로 추가교육이 필요할 경우 교육을 통해 적절한 Competency를 달성할수 있도록 고려되어야 함
6	내부적으로 변경관리에 대해서는 내·외부의 환경 변화에 따라 신규 또는 변경되는 위험을 파악하고 관련 위험도를 적절한 수준으로 관리되어야 함
7	안전관리활동의 목적과 일관성에 대한 제공 및 협의를 가능하게 하고 객관적인 기준을 제시하며, 철도안전관리체계의 효과성을 평가하고 지속적으로 개선할 수 있도록 문서화 대상을 정하고 문서 및 기록물을 유지 관리되어야 함
8	안전관리 팀 등의 RAMS 업무를 수행하는 각 담당자들의 최소 업무 역량 기준이 수립되어야 하고, 이러한 자격 조건을 만족한 사람만이 위험원 분석등의 승인에 대한 최종 권한이 부여 되어야 함
9	주기적인 교육훈련계획 수립, 실행 및 평가결과를 유지관리되어야 함
10	유지관리에 필요한 조직 및 인력을 갖추고, 유지관리 조직은 기능과 계층별 수행업무에 대한 명확한 역할과 책임을 관리되어야 됨
11	심사, 점검 및 모니터링 결과에 따라 그 결과를 분석, 평가하고, 후속 조치를 권고하며, 효과를 주시하고, 그 결과를 문서화하고 활용되도록 괸리되어야 함
12	유지관리 대상의 제원 및 특성, 부품의 교환 내역 등을 기록하여 항시 유지관리 대상의 상태 확인과 유지보수 시행을 위한 기본 자료로 활용할 수 있도록 관리되어야 함
13	안전관리활동의 성과를 측정 및 평가할 수 있는 안전목표 수립을 위한 기준 및 절차를 마련하고 이에 의한 안전목표를 수립, 실행 및 유지관리되어야 함

[표 72] KRAMS 적용시 고려사항

도시철도 운용기관의 RAMS 활동은 운행 계획/실적, 고장분석, 정비 및 예비품 소모 내역 등에 대한 기록으로부터 RAMS 지표 분석/평가, 지표별 목표값을 설정, 목표값 달성을 위한 활동들을 수행하는 것이다. 도시철도 RAMS 활동은 유지보수/검수시스템, 자산관리시스템, 운행관리시스템 등의 기존 시스템으로부터 자료를 수집하는 활동을 시작으로 RAMS 지표를 분석 및 평가하고 목표값 달성을 위한 방안을 도출하여 기존 시스템으로 환류 하는 활동으로 정의한다. 즉 고장 기록, 정비 기록 등의 활동은 유지관리시스템에서 수행하고 수행된 결과인 고장 및 정비 이력을 수집하여 활용하는 것으로 RAMS 활동을 정의한다.



<그림 70> KRAMS를 통한 RCM 활동 가이드

- KRAMS 은 기술기준에 기술되어 있는 RAMS 활동을 원활하게 지원하기 위해 RAMS 자료 수집, 분석, 활용, 평가의 기능을 제공한다. 표준화 작업을 통해 범용성을 확보하였고 연동/연계 등의 방식을 다양화하여 이식성을 높였으며 컴포넌트 기반 개발을 통해 확장성을 확보하였다.
  - · 2개의 운영기관에 적용 및 활용하고 있어 충분한 신뢰성 검증
  - · 개발된 KRAMS SW가 존재하여 신뢰성분석 SW 도입에 대한 비용은 비교적 정확하게 예측할 수 있어 운용기관 적용을 위한 사업 추진시 위험 감소
  - · 각 도메인 분야의 전문가들 의견 및 지식이 반영된 SW로서 전문가의 효율적인 활용이 가능
  - · UI 및 Menu 등 표준을 기반으로, 재사용성을 높여 SW의 일괄성을 유지하여, 표준화된 적용이 용이함
  - · SW 재사용으로 개발과 검증 시간 단축 가능

RAMS 활동	설명
기준정보 관리	RAMS 활동의 흐름 중 가장 먼저 수행해야 할 활동은 자료 수집/분석/활용을 위한 기준인 분류체계, 계층구조 및 공통코드의 관리이다. 예로, 구성품, 부품 수준에서 RAMS 분석을 수행하기 위해서는 시스템, 구성품, 모듈, 부품의 계층구조 관리가 필요하기 때문이다.
RAMS 자료 수집	기준이 되는 분류체계, 계층구조를 기반으로 분석에 필요한 자료를 수집하는 것이다. 자료 수집은 시스템과의 연계를 통해 확보하거나 자료 입력 템플릿을 이용하여 확보하는 방안이 있다.
RAMS 분석 및 모니터링	기준정보와 수집 자료를 기반으로 RAMS 분석과 모니터링을 수행하는 것이다. RAMS 분석이란 명확한 RAMS 지표별 정의에 따라 지표를 산출하는 것이고, RAMS 모니터링은 구간별로 RAMS 지표에 대한 변화를 확인하는 것이다.
RAMS 목표 설정 및 평가	설계 단계의 지표, 운영 단계의 RAMS 분석 결과를 토대로 목표 지표를 설정하고 주기적 또는 필요시 RAMS 분석을 통해 목표를 만족하는 지 확인하는 평가이다.
RAMS 결과 활용	목표 달성을 위한 또는 개선해야 할 사항들을 도출하여 유지보수 업무를 개선하는 활동이다.

[표 73] RAMS 활동 요약

- 국제 규격의 요구사항과 국내 철도안전관리체계 기술기준 요구사항을 적용하여 개발되었으며 3자 검증 형식으로 개발문서를 검토하고 시험 입회를 통한 확인 검증
- 국제규격에서 요구하는 RAMS 방법론 및 RCM 체계를 바탕으로 RAMS 성능 및 유지보수 관리를 위해 적합하게 개발됨을 확인

(7) GS 인증 획득 (Good Software)

ISO/IEC 25023:2016(소프트웨어 제품 품질 측정에 관한 국제표준) 및 ISO/IEC 25051:2014(소프트웨어 제품 품질 요구사항과 시험에 관한 국제표준)에 따라 시험대상 제품(실행 소프트웨어, 사용자취급설명서 및 제품설명서)에 대한 품질 시험을 수행하였다.

< ISO/IEC 25023 및 25051 시험규격서 >

품질특성	부특성	설명
기능적합성	기능 완전성	소프트웨어 제품이 지정된 작업 및 사용자 목적에 맞는 기능을 제공하는 정도
	기능 정확성	소프트웨어 제품이 정확한 결과를 제공하는 정도
	기능 적절성	소프트웨어 제품의 기능이 지정된 작업 및 목적 달성을 용이하게 하는 정도
성능효율성	시간 반응성	소프트웨어 제품의 기능 실행 시 제품의 응답 시간, 처리 시간 등이 요구사항을 만족하는 정도
	자원 효율성	소프트웨어 제품의 기능 실행 시 제품이 사용하는 자원의 양 등이 요구사항을 만족하는 정도
	용량성	소프트웨어 제품 매개변수의 최고한도가 요구 사항을 만족하는 정도
호환성	공존성	소프트웨어 제품이 다른 소프트웨어 제품과 공통으로 환경 및 자원을 공유하면서 그 소프트웨어 제품에 유해한 영향을 끼치지 않고 효율적으로 기능을 수행할 수 있는 정도
	상호운용성	두 개 이상의 소프트웨어 제품이 정보를 교환하고, 교환된 정보를 성공적으로 사용하는 정도
사용성	적절 인식성	소프트웨어 제품이 사용자 니즈(needs)에 적절한지 사용자가 인식하는 정도
	학습성	지정된 사용 환경에서 사용자가 소프트웨어 제품을 학습하기 위해 효과성, 효율성, 무위험성 및 만족성을 가지고 제품을 사용하는 정도
	운영성	소프트웨어 제품의 운영 및 제어를 용이하게 하는 속성을 제품에서 제공하는 정도
	사용자 오류 방지성	소프트웨어 제품이 사용자의 오류 발생을 방지하는 정도
	사용자 인터페이스 심미성	사용자 인터페이스가 사용자와의 상호작용을 만족스럽게 하는 정도
	접근성	특정 사용 문맥에서 지정된 목표를 달성하기 위해 다양한 범주의 특징과 능력을 가진 사람들이 소프트웨어 제품을 사용할 수 있는 정도
신뢰성	성숙성	소프트웨어 제품이 정상 운영 상황에서 신뢰성에 대한 요구를 만족하는 정도
	가용성	소프트웨어 제품 사용이 요구될 때 제품의 운영 및 접근 이 가능한 정도
	결함허용성	하드웨어 또는 소프트웨어 결함이 존재하더라도 소프트웨어 제품이 의도된 대로 동작하는 정도

품질특성	부특성	설명
	복구성	시스템 중단 또는 고장 발생 시 소프트웨어 제품이 직접적으로 영향을 받는 데이터를 복구하고 시스템을 적정 상태로 복구하는 정도
보안성	기밀성	소프트웨어 제품이 인가된 사용자만 데이터에 접속할 수 있음을 보장하는 정도
	무결성	소프트웨어 제품이 컴퓨터 프로그램이나 데이터에 대해 인가되지 않은 접근이나 수정을 방지하는 정도
	부인방지성	행위나 이벤트가 일어났음을 부인하지 못하도록 증명하는 정도
	책임성	개체의 행위를 유일하게 추적할 수 있는 정도
	인증성	주체 또는 자원의 신원을 주장하는 바대로 증명할 수 있는 정도
유지보수성	분석성	소프트웨어 제품의 의도적인 변경이 제품의 다른 부분에 끼치는 영향을 평가하거나, 결함이나 고장의 원인을 진단하거나, 수정되어야 할 부분을 식별할 수 있는 효과성 및 효율성 정도
	변경성	소프트웨어 제품의 품질을 떨어뜨리지 않고 제품을 효과적이고 효율적으로 수정하는 정도
	시험성	수립된 테스트 기준에 따라 소프트웨어 제품 자체적으로 테스트를 효과적이고 효율적으로 수행하는 정도
이식성	적응성	소프트웨어 제품이 다른 하드웨어, 소프트웨어 및 운영 환경에 효과적이고 효율적으로 적응하는 정도
	설치성	소프트웨어 제품이 특정 환경에 성공적으로 설치 또는 삭제될 수 있는 효과성 및 효율성 정도
	대체성	소프트웨어 제품이 같은 환경 및 같은 목적으로 사용되었던 타 소프트웨어 제품을 대신하는 정도
일반적요구사항	제품설명서 요구사항	제품설명서 등에 제품 식별 및 표시 정보를 제공하는 정도
	사용자취급설명서 요구사항	사용자취급설명서가 정확하고, 일관적이며, 이해 가능하도록 정보를 제공하는 정도
	품질특성별 정보제공	사용자취급설명서 등에 품질 특성별 정보를 제공하는 정도

■ 품질개선 및 비용절감 측면

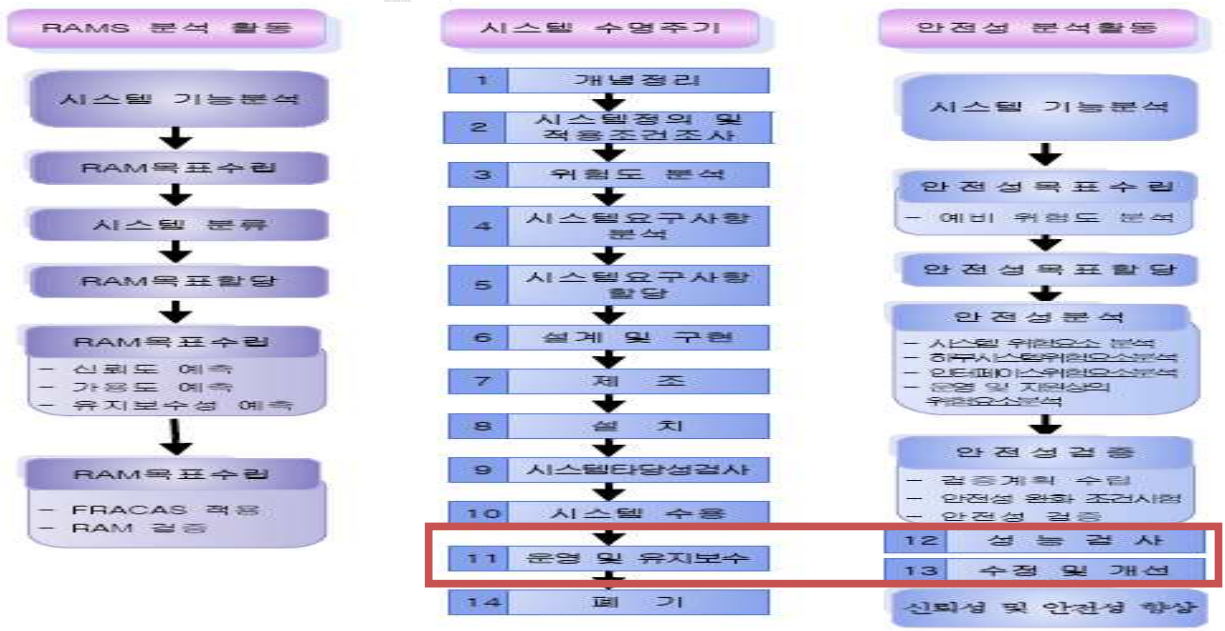
- 제3자 시험인증을 통하여 단기간에 획기적인 품질 개선과 비용 및 시간 절감

■ 제도적 혜택

- 조달청 제3자 단가계약 체결 및 나라장터 등록을 통한 구매기관과의 수의계약 지원
- GS인증제품을 공공기관 우선구매 대상 제품으로 지정
- 우선구매 대상 기술개발제품에 대한 구매자면책제도 및 성능보험제도
- 행정 및 공공 정보화사업 구축·운영 시 우선 도입 대상 제품으로 지정
- 국가기관 등에서 상용SW 구매 시 GS시험 결과를 SW기술성 평가에 우선 반영
- 소프트웨어사업 하도급계약의 적정성 판단 시 가점 부여
- GS인증 제품을 분리발주 대상 소프트웨어로 지정

(8) 국방 RAM 활동 프로세스 및 지침 참조

- “철도운영기관 RAMS 활동 표준절차서”은 도시철도 운영기관 특성을 고려한 RAMS 정의 및 지표, 설계/SMS/유지관리체계 RAMS 분석 평가 검증을 위한 입력자료, 국외 RAMS 분석업무, 국방분야 RAMS 분석업무 및 국내 무기체계 연구개발기관 RAMS 분석업무를 참조하여 철도운영기관의 RAMS 활동에 대한 표준절차를 수립하였다.
- 도시철도 RAMS 통합시스템의 RAMS 활동을 위한 수명주기별 업무 정의는 IEC 62278 수명주기 14단계를 기준으로 정의하였다. IEC 62278상 RAMS 수명주기 14단계는 다음 그림과 같이 개념 수립, 시스템 정의 및 응용조건, 위험도 분석, 요구사항 수립, 요구사항 배분, 설계 및 구현, 제작, 설치, 검증, 수용, 운영 및 유지보수, 성능감시, 보완 및 개량, 폐기로 이루어진다.



<RAMS 활동 표준 프로세스>

○ 단계별 시스템 수명주기 RAMS 업무 정의는 다음과 같다.

단계	일반 업무	RAM 업무	Safety 업무
1.개념수립	• 철도사업의 목적 및 범위 수립 • 철도사업 개념 정의 • 재정분석 및 타당성 조사 착수 • 경영 수립	• 과거 획득한 RAM 성능 검토 • 사업의 RAM 영향 고려	• 과거 획득한 안전 성능 검토 • 사업의 안전 영향 고려 • 안전정책 및 안전 목표 검토
2. 시스템 정의 및 적용조건	• 시스템 임무 유형 수립 • 시스템 개요 준비 • 운용 및 유지보수 전략 식별 • 운용조건 식별 • 유지보수 조건 식별 • 기존 기반시설 제약의 영향 식별	• 과거 RAM 경험 데이터 평가 • 사전 RAM 분석 수행 • RAM 정책 수립 • 장기 운용 및 유지보수 조건 식별 • 기존 기반시설의 RAM 영향 식별	• 과거 안전 경험 자료 평가 • 사전 위험도 분석 수행 • 안전계획 수립 • 위험기준의 허용치 정의 • 기존 기반시설의 안전 영향 식별
3. 위험도 분석	• 위험도 분석과 관련된 사업 착수		• 시스템 위험 및 안전위험분석 수행 • 위험 로그 수립 • 위험도 평가 수행
4. 시스템 요구사항	• 요구분석 착수 • 시스템 명시(요구사항 전체) • 환경 명시 • 시스템 데모 및 수락 기준 정의(요구사항 전체) • 확인 계획 수립 • 경영, 품질 및 조직 요구사항 수립 • 변경 통제 절차 시행	• 시스템 RAM 요구사항 명시 • RAM 수락 기준 정의 • 시스템 기능 구조 정의 • RAM 프로그램 수립 • RAM 경영 수립	• 시스템 안전 요구사항 명시 • 안전 수락 기준 정의 • 안전 관련 기능 요구사항 정의 • 안전경영 착수
5. 시스템 요구사항 할당	• 할당시스템 요구사항 – 부체계 및 부품 요구사항 명시 – 부체계 및 부품 수락 기준 정의	• 시스템 RAM 요구사항 할당 – 부체계 및 부품 RAM 요구사항 명시 – 부체계 및 부품 RAM 수락 기준 정의	• 시스템 안전 목표 및 요구사항 할당 – 부체계 및 부품 안전 요구사항 명시 – 부체계 및 부품 안전 수락 기준 정의 • 시스템 안전 계획 수정
6. 설계 및 구현	• 계획 수행 • 설계 및 개발 수행 • 설계분석 및 시험 수행 • 설계검증 수행 • 시행 및 확인 수행 • 군수지원 자원 설계 수행	• 다음 사항이 포함되고 검토, 분석, 시험 및 자료 평가를 위한 RAM 프로그램 시행 – 신뢰도 및 가용도 – 유지보수 및 정비도 – 최적 유지보수정책 – 군수지원 • 다음 사항이 포함된 프로그램 통제 수행 – RAM 프로그램 경영 – 부계약자-공급자 통제	다음 사항이 포함되고 검토, 분석, 시험 및 자료 평가를 위한 안전 계획 시행 • 위험도 로그, 위험분석 및 위험 평가 • 설계 결정 연관된 안전 정당화 • 다음 사항이 포함된 프로그램 통제 수행 – 안전 경영, 부계약자-공급자 통제 • 포괄적 안전 케이스 준비 • 포괄적 응용 안전 케이스 준비
7. 제조	• 생산계획 수행 • 제조 및 부품 sub-assembly 시험 • 문서화 준비 • 훈련 수립	• 환경 스트레스 스크리닝 수행 • RAM 향상 시험 수행 • FRACAS 시작	• 검토, 분석, 시험 및 자료 평가에 의한 안전계획 시행 • 위험 로그 이용
8. 설치	• 시스템 조립 • 시스템 장착	• 정비사 훈련 시작 • 여유 부품 및 도구 공급 수립	• 장착 프로그램 수립 • 장착 프로그램 시행

단계	일반 업무	RAM 업무	Safety 업무
9. 시스템 타당성	• commission • 운용 수습기간 수행	• RAM 데모 수행	• commission 프로그램 수립 • commission 프로그램 시행 • 특수 안전 케이스 응용 준비
10. 시스템 수용	• 기준에 의한 수락절차 착수 • 인수를 위한 증거 수집 • 서비스 수속 • 운용 수습기간 지속	• RAM 데모 평가	• 특수 안전 케이스 응용 평가
11. 운용 및 유지보수	• 장기 시스템 운용 • 유지보수 수행 • 교육 훈련	• 예비부품 및 공구 조달 • 신뢰성 중심 정비 수행 및 군수지원 수행	• 안전 중심 정비 수행 • 안전 성능 모니터링 및 위험 기록부 유지 관리
12. 성능 감시	• 운용 성능 통계 자료 수집 • 자료 획득, 분석 및 평가	• 성능 및 RAM 통계자료 수집, 분석, 평가 및 사용	• 성능 및 Safety 통계자료 수집, 분석, 평가 및 사용
13. 개량 및 보완	• 변경 요청 절차 실행 • 개량 및 보완 절차 실행	• 개량 및 보완에 대한 RAM 효과 고려	• 개량 및 보완에 대한 Safety 효과 고려
14. 폐기	• 퇴역 및 폐기 계획 • 퇴역 수행 • 폐기 수행	• RAM 활동 없음	• 안전계획 수립 • 위험분석 및 위험평가 수행 • 안전계획 시행

(9) 신뢰성-유지보수성 연관관계 효과도 분석 모델 개발

시스템들은 작동이 시작되는 순간부터 여러 가지 원인에 의하여 열화(deterioration)가 진행된다. 이러한 열화는 시스템의 성능을 저하시켜 오기능(malfunction)을 초래하거나 갑작스런 고장을 유발함으로써 사용자에게 손실을 가져다준다.

사용자는 이러한 손실을 최소화하기 위하여 주기적인 청소와 같은 간단한 작업에서부터 오버홀(overhaul)이나 교체와 같이 많은 시간과 높은 비용을 요구하는 작업까지 다양한 종류의 예방보수업(preventive maintenance activity)을 수행하고, 이러한 일련의 예방보수작업은 시스템의 열화속도를 늦추고, 고장 가능성을 낮춤으로써 시스템의 가용성(availability)을 확보하고 시스템 운영의 효율성(efficiency)을 확보하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다.

이러한 예방보수에 의한 시스템의 개선효과(improvement effect)를 높이기 위해서는 일반적으로 많은 시간과 높은 비용이 소요되는 작업이 요구되며, 적은 비용과 간단한 예방보수작업은 상대적으로 미약한 시스템 개선효과를 갖는다. 따라서 예방보수를 수행하면서 발생하는 비용과 시스템의 상태개선에 의해 절감된 손실 사이의 트레이드오프(trade off)가 발생하며, 이러한 관점에서 유지보수는 시스템의 경제적 효율성을 최대화 하는 관점에서 계획되고 실시되어야 한다.

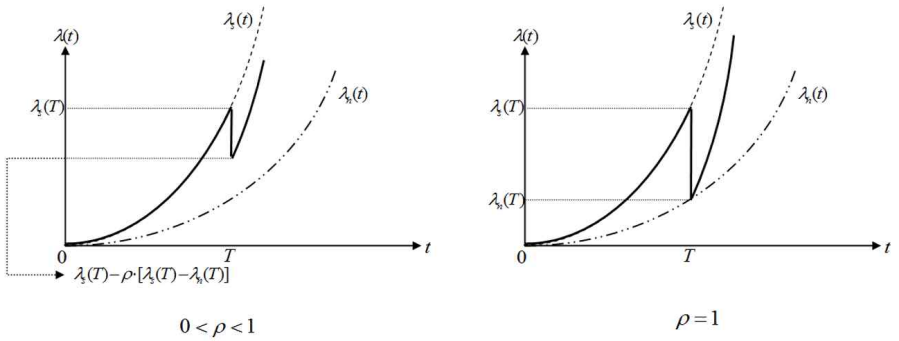
이에, 본 과제에서는 다음의 두 가지 주제로 연구를 수행하였다.

첫째, 가혹한 환경에서 사용되는 시스템에 대하여 가혹한 환경을 완화시키는 형태의 예방보수(stress-reducing preventive maintenance; stress-reducing PM)를 수행하는 경우

둘째, 서로 다른 특징을 가지는 두 종류의 예방보수작업이 존재하는 시스템을 대상으로 직접보수(direct preventive maintenance; direct PM)와 간접보수(indirect preventive maintenance; indirect PM)를 수행하는 경우에 대하여 예방보수 효과를 추정하고 이를 반영하여 최적예방보수정책을 결정할 수 있는 모델을 개발하고 이를 검증하였다.

(가) Stress-reducing 모형

Stress-reducing 모형은 Stress-reducing PM 에 의한 개선효과를 보수시점에서의 고장률과 정상 환경 하에서의 같은 시간 사용되었을 경우의 고장률과의 차이에 비례한 감소량으로 표현하는 모형이다. 시스템이 가혹 환경 하에서 사용되면 정상 환경에서 사용된 경우보다 높은 고장률을 가지게 되고 그 초과분은 $\lambda_s(t)-\lambda_n(t)$ 이 된다. 따라서 간접보수를 가혹 환경에서 사용됨으로 인해 초과된 고장률을 정상 환경에서 사용되었을 경우의 고장률로 되돌리는 효과로 해석하는 모형이 고장률 감소모형이다.



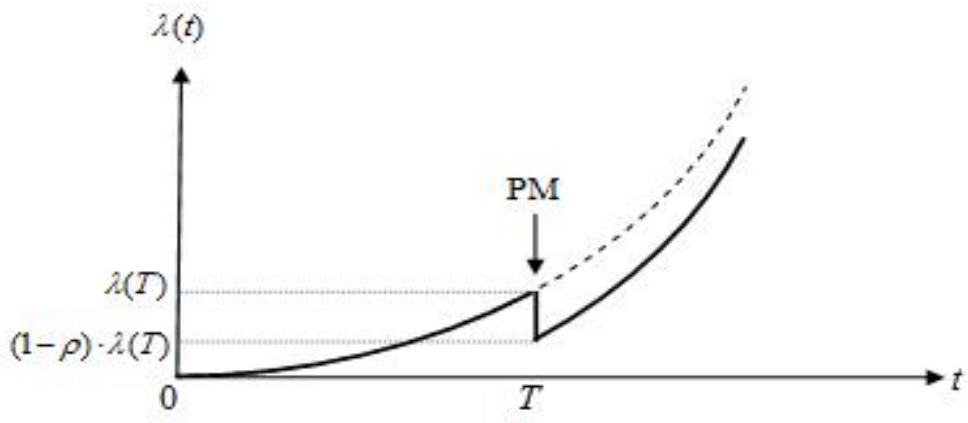
<Stress-reducing 모형>

(나) Direct-indirect 모형

예방보수를 시스템을 운영하는 과정에서 고장의 우려가 있는 부품 또는 낡은 부품을 고장 발생 전에 미리 정비(maintenance)하거나 교체 (replacement)하는 작업 등을 통하여 고장 발생 가능성을 낮추거나, 시스템의 고장률(failure rate)을 감소시켜, 시스템의 수명(life time)을 연장시키는 방법으로 시스템의 효율성과 경제성을 확보하는 작업으로 정의하였다. 이러한 예방보수를 조금 더 엄밀히 구분하자는 예방보수 방법의 특성에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다

- 직접보수 (direct PM)

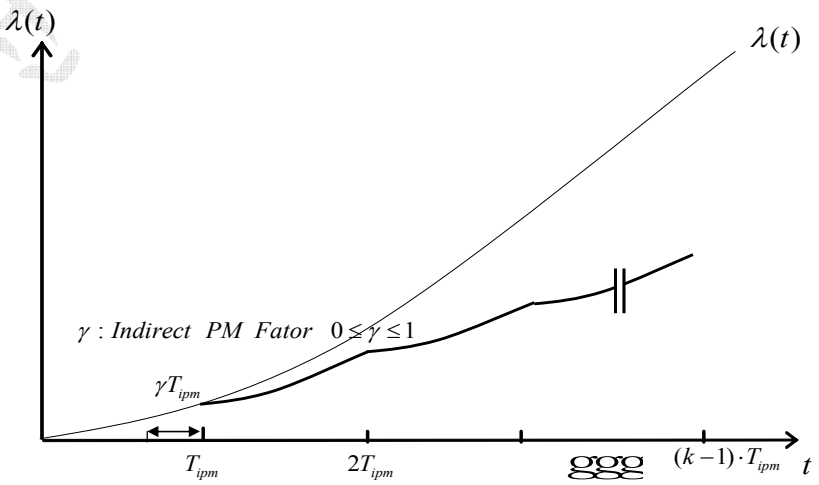
예방보수 작업으로 시스템 자체를 교체 및 정비함으로써 고장 발생 가능성을 낮추거나, 시스템의 고장율을 감소시켜 시스템의 수명을 연장시키는 활동



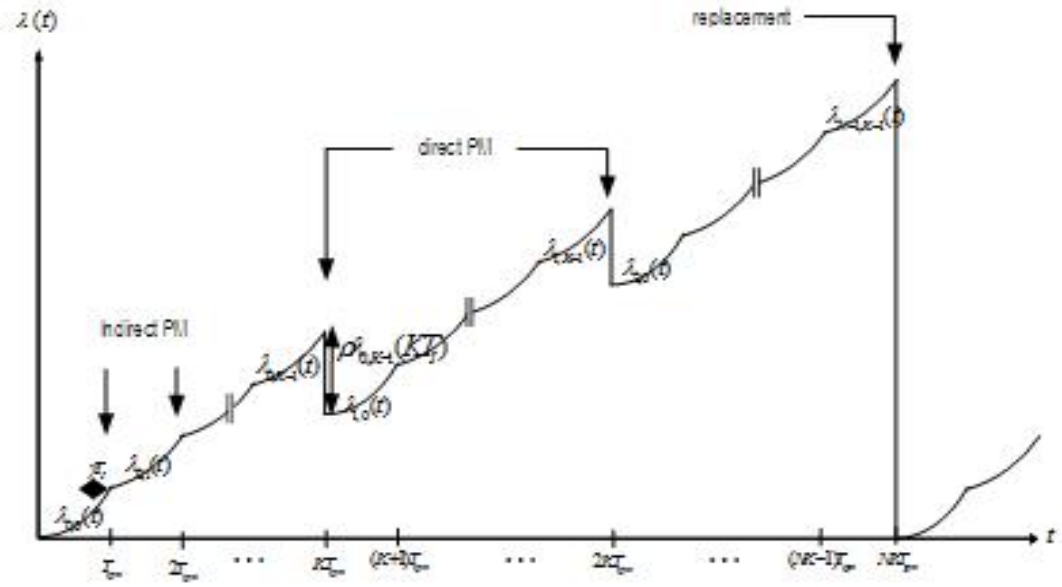
<Direct PM 모형>

- 간접보수방법 (indirect PM)

고장이 발생하는 것을 예방하기 위한 설비 청소, 시스템이 작동되면서 발생되는 열이나 진동 등에 의해 부품이 손상되는 것을 방지하기 위해 시스템 설치 장소의 온도 조절 또는 방진장치의 설치, 또는 전기제품 또는 기계 내에 있는 먼지 제거 등이 그러한 작업들로써 시스템이 운영되고 있는 환경 요인 중에 시스템 동작에 위험이 되는 요인(factor)을 제거(관리)하거나 시스템이 더 나은 환경(또는 덜 가혹한 환경) 하에서 운영되게 함으로써 시스템의 고장률을 감소시켜, 수명을 연장시키는 효과를 유도하는 활동



<Indirect PM 모형>



<Direct 와 Indirect 가 수행된 고장률 함수>

○ 세부내용은 다음과 같다

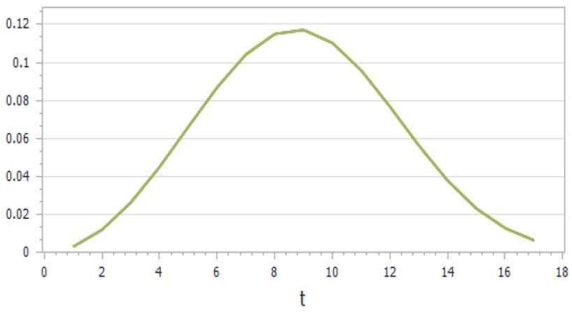
- Stress-reducing 모형의 검증

고장률 모형은 대상 설비가 와이블분포를 따른다는 가정 하에서 고장률감소모형과 사용시간감소모형을 구현하였다.

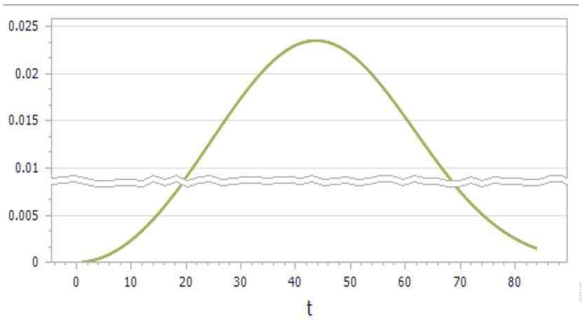
이때 가정한 와이블분포는 형상모수 α 와 척도모수 β 로 표현되며, 이때 확률밀도 함수는 $f(t)=\frac{\alpha}{\beta^{\alpha}}t^{\alpha-1}\exp\left(-\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}, \alpha>0,\ \beta>1,\ t\geq 0$ 를

고장률함수는 $\lambda(t)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1}, \alpha>0,\ \beta>1,\ t\geq 0$ 를 따른다.

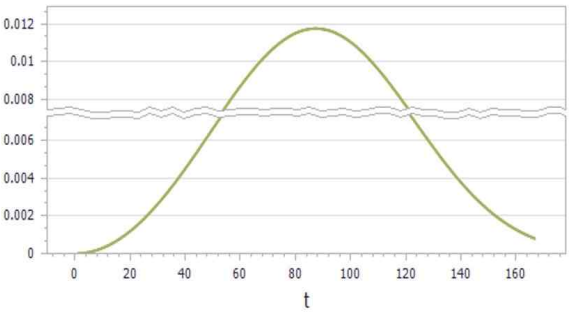
와이블분포의 척도모수는 분포가 어느정도의 범위에 걸쳐 분포하는지를 나타내는 척도로서, 그 값이 커질수록 넓은 기간에 걸쳐 확률분포가 존재함을 의미한다



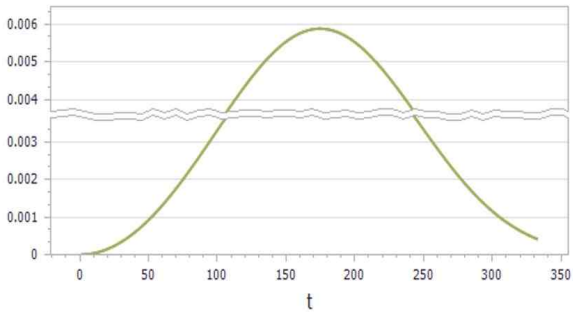
$\beta = 10$



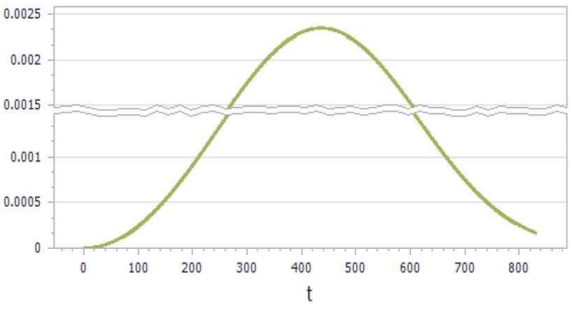
$\beta = 50$



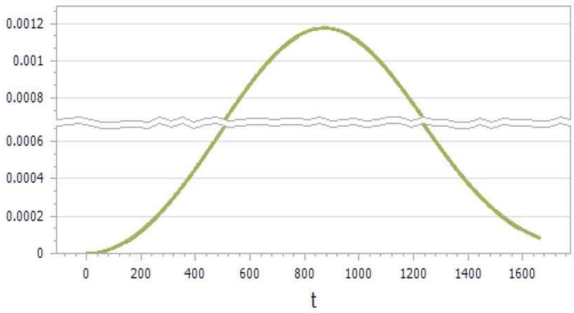
$\beta = 100$



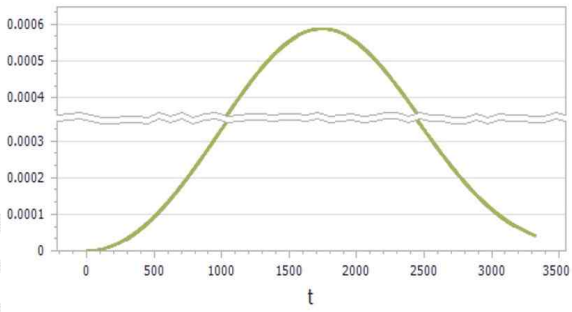
$\beta = 200$



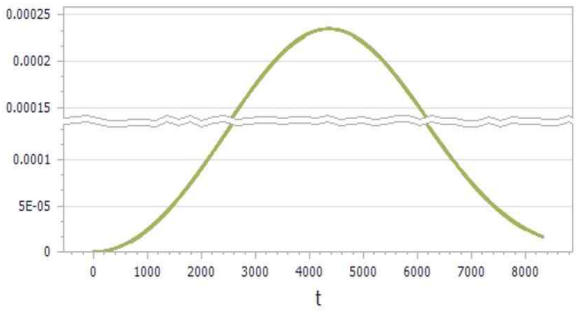
$\beta = 500$



$\beta = 1000$

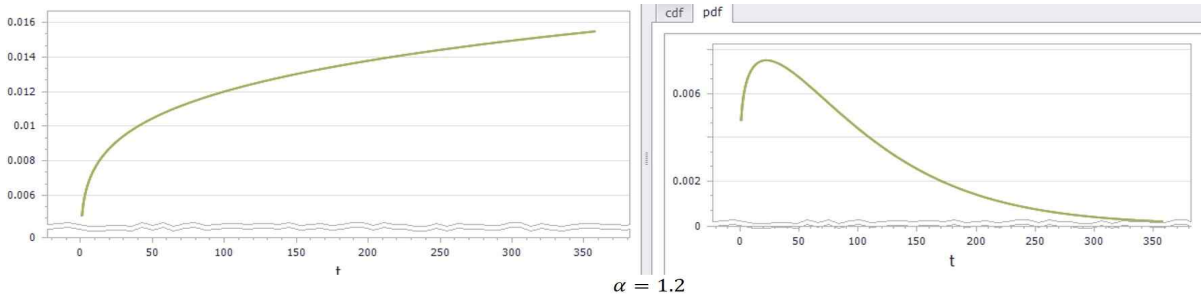


$\beta = 2000$

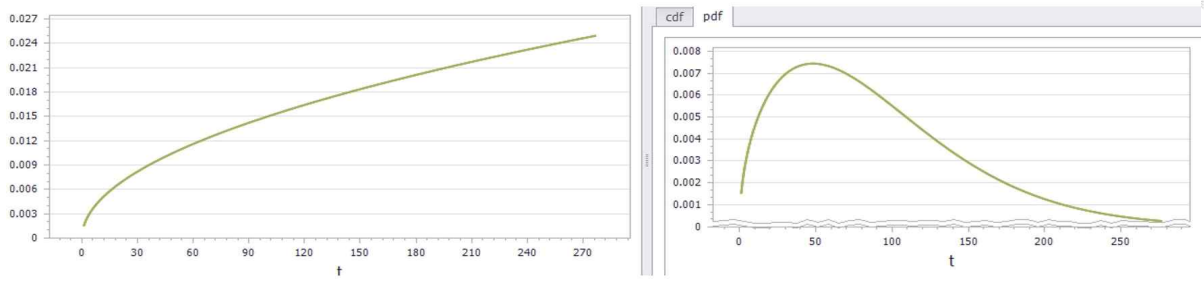


$\beta = 5000$

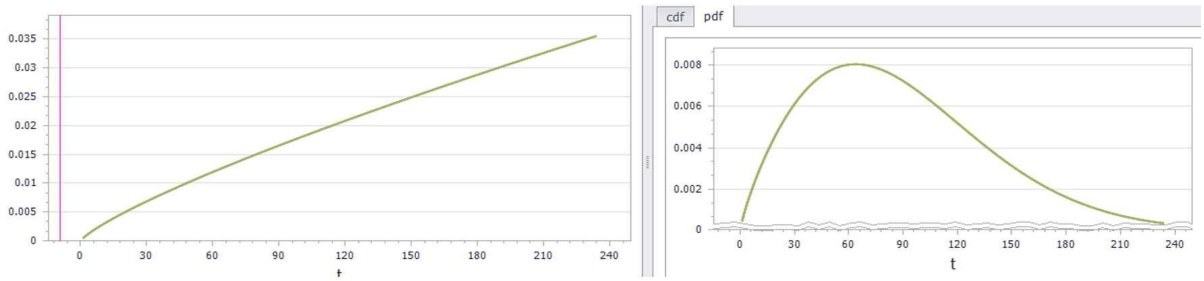
와이블분포 형상모수의 변화에 따른 확률밀도함수 변화 (α =3일 때)



$\alpha = 1.2$



$\alpha = 1.5$



$\alpha = 1.8$

와이블분포 형상모수의 변화에 따른 확률밀도함수 변화 (1<α<2, β=100 일때)

척도모수와 형상모수의 변화에 따른 와이블분포 및 고장률함수의 변화를 파악한 바, 개발된 프로그램의 stress-reducing모형에서는 와이블분포를 정확하게 표현하고 있음을 확인할 수 있다

- Direct-indirect 모형의 검증

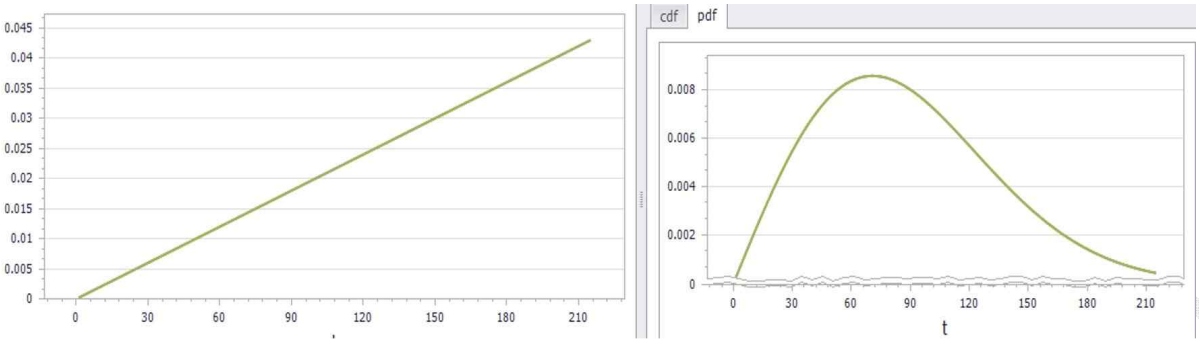
고장률 모형은 대상 설비가 와이블분포를 따른다는 가정 하에서 고장률감소모형과 사용시간감소모형을 구현하였다.

이때 가정한 와이블분포는 형상모수 α 와 척도모수 β 로 표현되며,

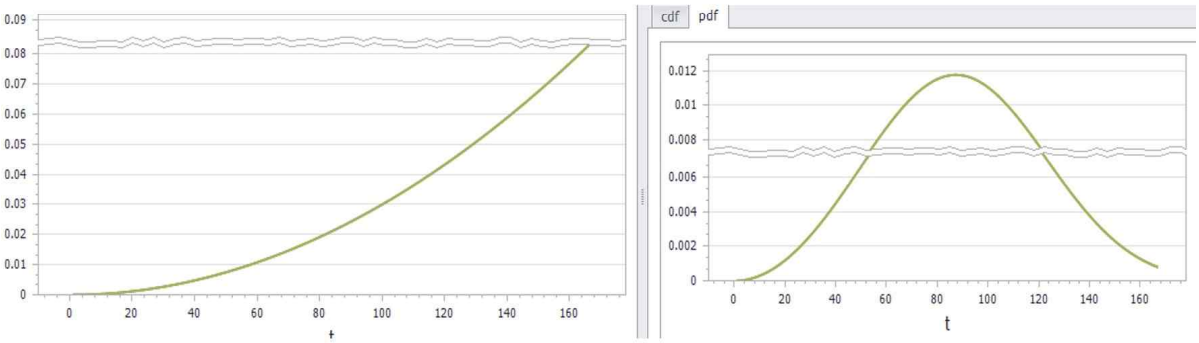
이때 확률밀도함수는 $f(t) = \frac{\alpha}{\beta^{\alpha}} t^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}, \alpha > 0,\ \beta > 1,\ t \geq 0$ 를

고장률함수는 $\lambda(t) = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1}, \alpha > 0,\ \beta > 1,\ t \geq 0$ 를 따른다.

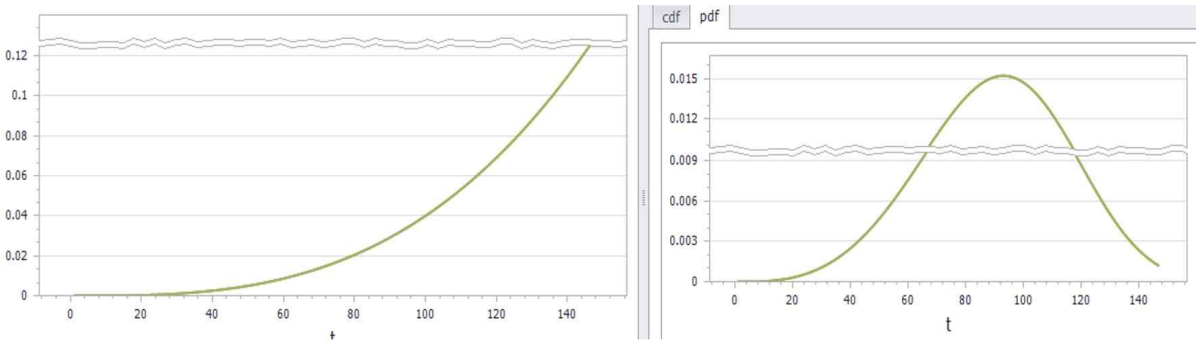
와이블분포의 척도모수는 분포가 어느정도의 범위에 걸쳐 분포하는지를 나타내는 척도로써, 그 값이 커질수록 넓은 기간에 걸쳐 확률분포가 존재함을 의미한다.



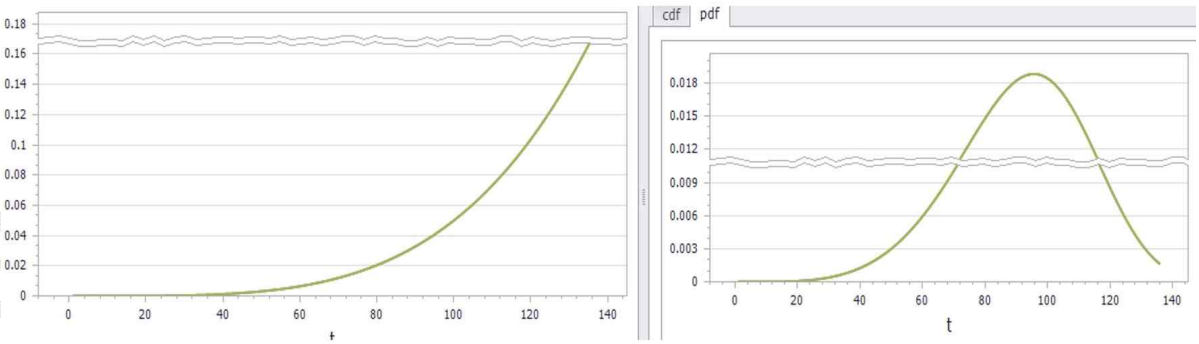
$\alpha = 2$



$\alpha = 3$

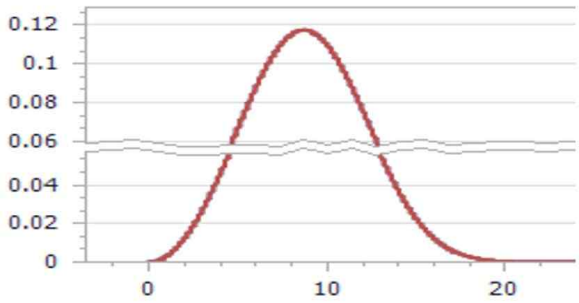


$\alpha = 4$

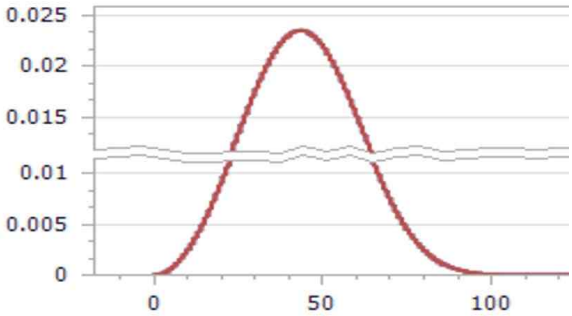


$\alpha = 5$

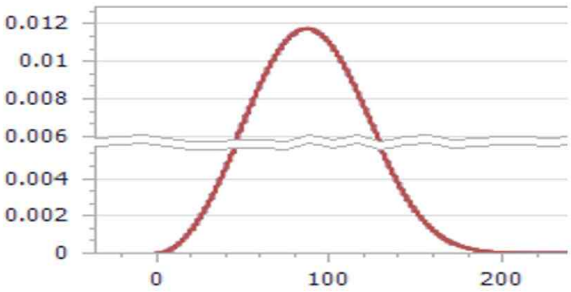
와이블분포 형상모수의 변화에 따른 확률밀도함수 변화 (α >=2, β=100 일때)



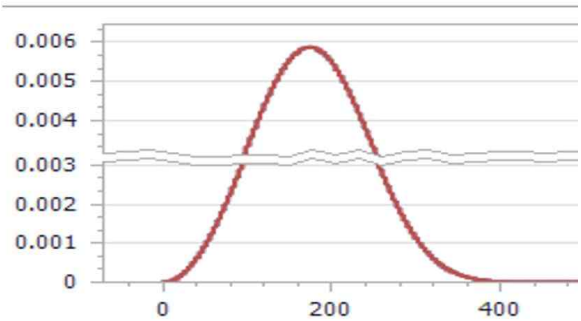
β = 10



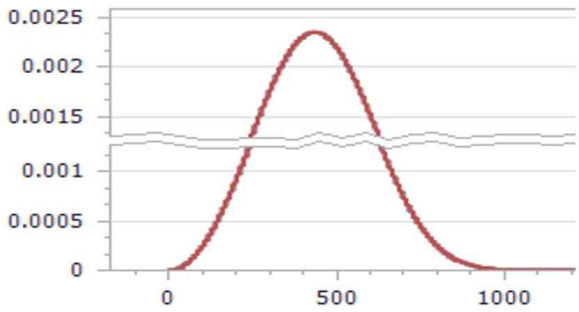
β = 50



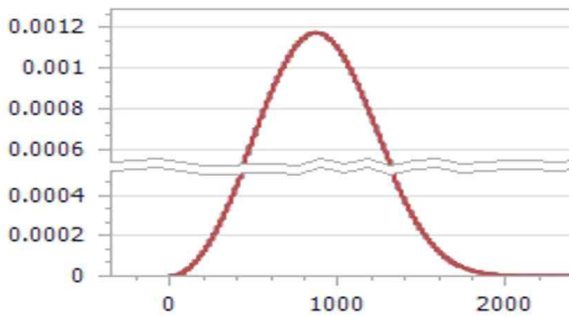
β = 100



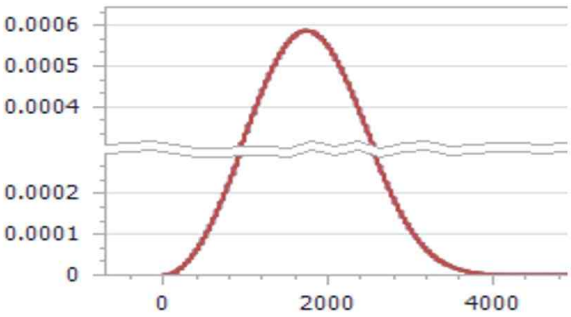
β = 200



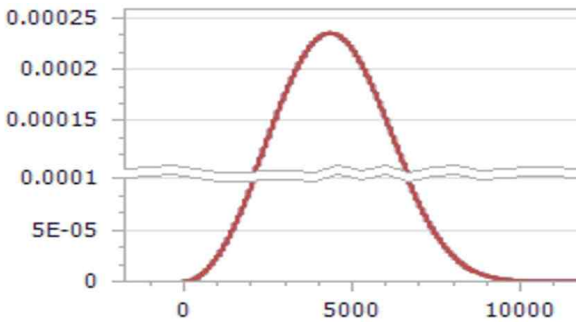
β = 500



β = 1000

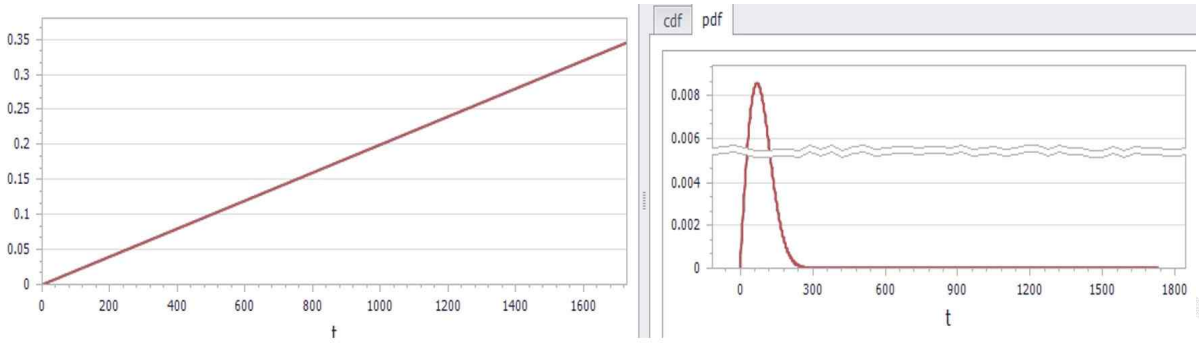


β = 2000

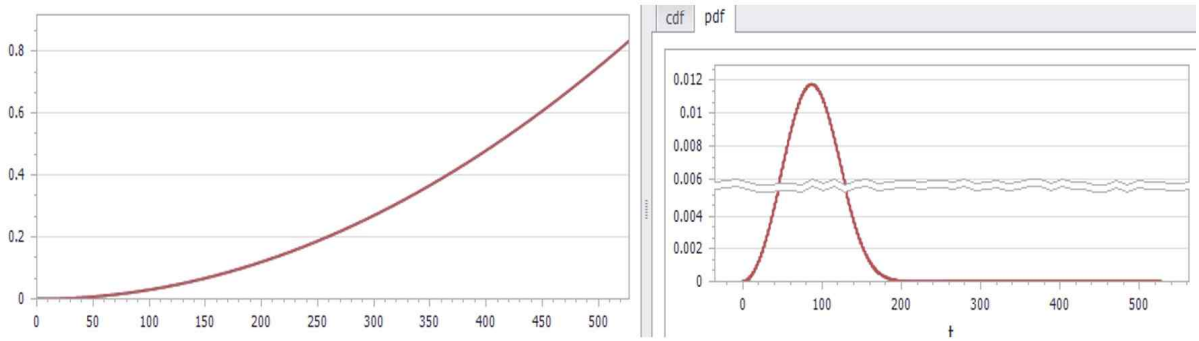


β = 5000

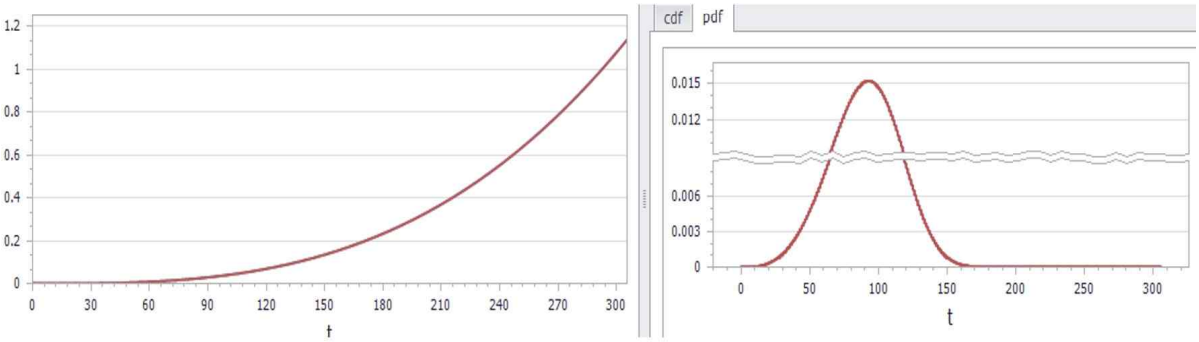
와이블분포 형상모수에 따른 고장률함수 및 확률밀도함수 변화 (α =3 일때)



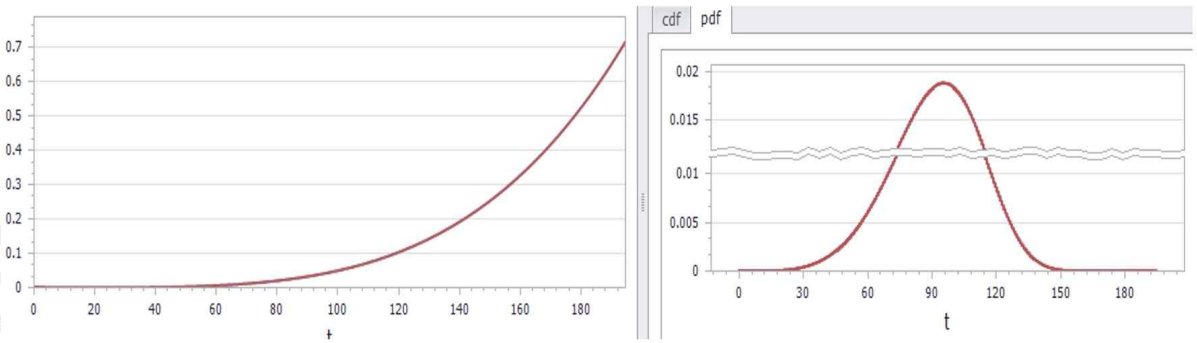
$\alpha = 2$



$\alpha = 3$

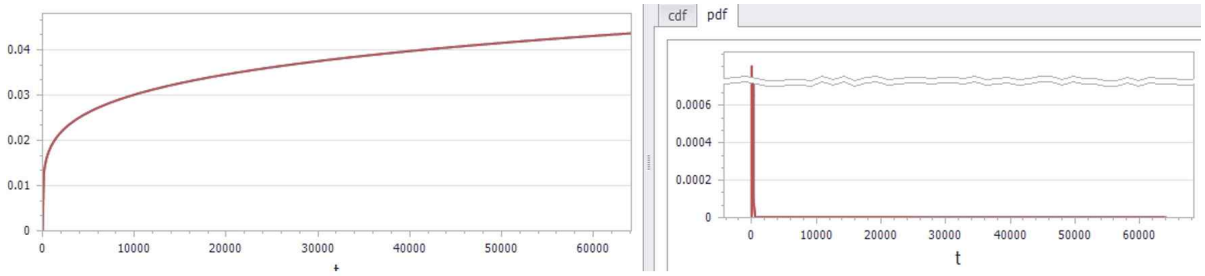


$\alpha = 4$

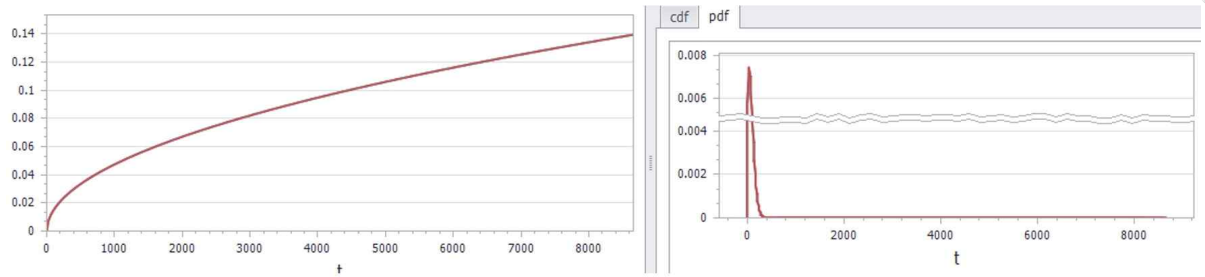


$\alpha = 5$

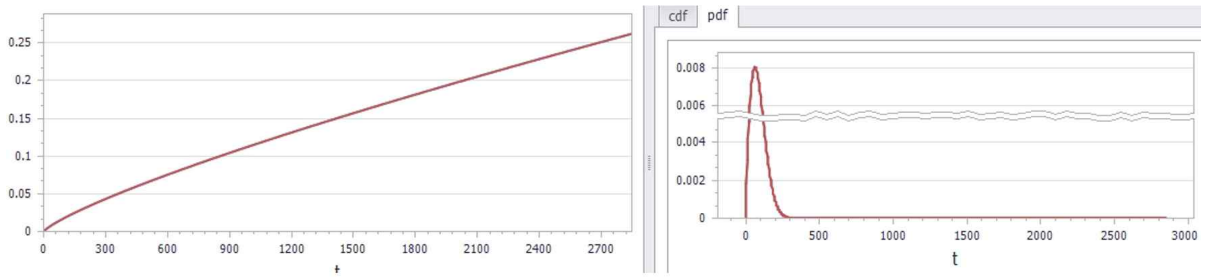
와이블분포 형상모수에 따른 고장률함수 및 확률밀도함수 변화 (α>=2, β=100 일 때)



$\alpha = 1.2$



$\alpha = 1.5$



$\alpha = 1.8$

와이블분포 형상모수에 따른 고장률함수 및 확률밀도함수 변화 (1<α<2, β=100 일때)

(10) 도시철도 운영기관 실제 적용 및 연구기관·운영기관 담당자 검증

본 연구과제의 성과물 “도시철도 RAMS 통합시스템”에서 철도안전관리체계 기술기준의 요구사항에 따라 구현된 소프트웨어의 기능이 정상적으로 동작하는지와 소프트웨어가 정확하게 구현되었는지를 확인 및 검증하는 절차를 수행하여 시스템의 완성도를 높이고자 하였다.

(가) 통합시험

○ 시험범위 및 대상 : 도시철도 RAMS 통합시스템에서 구현된 모든 기능을 종합시험 (192건)

○ 시험장소 : 서울교통공사

○ 시험방법 : 요구사항별 기능부분 시험명세서를 기준을 적합여부 확인

○ 시험일자 : 2018.10.22.~10.23. (2일)

○ 시험기관 주관연구기관(서울교통공사), 공동연구기관(카이엠, 대아티아이)

○ 시험결과 : 적합

(시험결과는 RAMS 통합시스템 기능/보완 실적 보고서 참조_카이엠)

(나) 확인(Verification) Check_List 및 검증(Validation) Check_List

○ KRAMS 메뉴 및 기능에 대한 내용을 확인

○ 요구사항(SR01~56)에 대한 KRAMS 메뉴 및 기능 구현을 검증

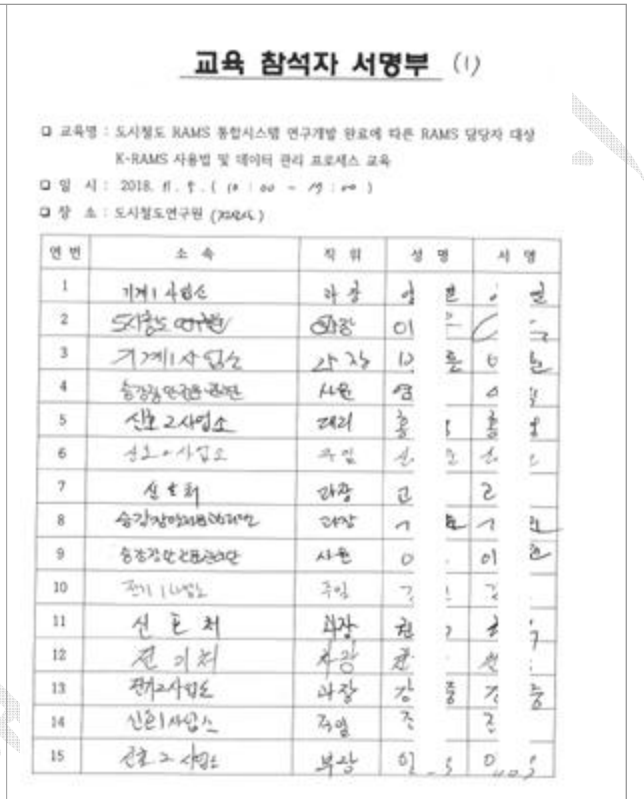


철도안전관리체계 기술기준을 지원하는
도시철도 RAMS 통합시스템 TEST_BED 확인 및 검증

2018.10.22.~10.23.

연구기관	주관연구기관	공동연구기관	
	서울교통공사	대아티아이(주)	㈜카이엠
검사자			
확인자			
연구책임자			

서울교통공사



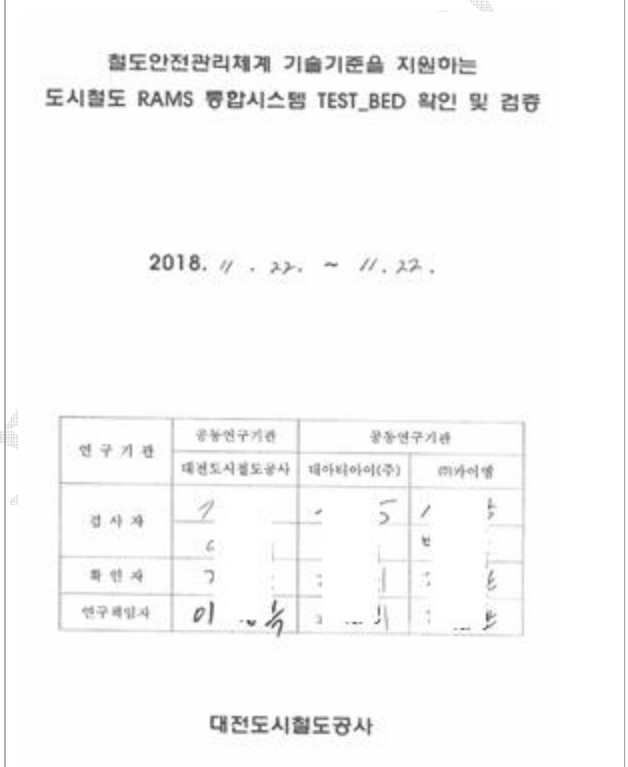
교육 참석자 서명부 (1)

□ 교육명 : 도시철도 RAMS 통합시스템 연구개발 완료에 따른 RAMS 담당자 대상 K-RAMS 사용법 및 데이터 관리 프로세스 교육

□ 일 시 : 2018. 11. 8. (9 : 00 ~ 17 : 00)

□ 장 소 : 도시철도연구원 (지하1층)

연번	소속	직위	성명	서명
1	기계시스템소	차장	임	
2	도시철도연구원	팀장	이	
3	기계시스템소	선임	김	
4	철도안전관리체계	사원	정	
5	신호시스템소	책임	홍	
6	신호시스템소	책임	신	
7	신호처	과장	곽	
8	철도차량성능검증센터	대리	기	
9	철도안전관리체계	사원	이	
10	전기시스템소	주임	구	
11	신호처	부장	권	
12	전기처	차장	곽	
13	전기시스템소	과장	강	
14	신호시스템소	주임	주	
15	신호시스템소	부장	이	



철도안전관리체계 기술기준을 지원하는
도시철도 RAMS 통합시스템 TEST_BED 확인 및 검증

2018. 11. 22. ~ 11. 22.

연구기관	공동연구기관	공동연구기관	
	대전도시철도공사	대아티아이(주)	㈜카이엠
검사자			
확인자			
연구책임자			

대전도시철도공사



참석자 명단

○ 제 목: 도시철도 RAMS 운영자 교육

○ 일 시: 2019. 1. 23.(수) 15:00 ~ 17:30

○ 장 소: 판암기지 종합관리동 승무 교양실

연번	소속	직위(직급)	이름	서명	비고
1	차량	4			
2	차량	6			
3	차량	2			
4	차량	5			
5	〃	3			
6	〃	1			
7	신호팀	4			
8	〃	4			
9	〃	6			
10	차량	3			
11	〃	3			
12	〃	6			
13	기계설계팀	4			
14	통신팀	6			
15	전기팀	4			

1.2 검증[Validation] 체크리스트

※ 1~2차년도 요구사항 SR-56에 대한 KRAMS 메뉴 및 기능 구현

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
1. 분류 관리	SR1) 시스템 분류관리 - 조직은 RCM 분석범위내의 자산구성에 대한 정의	✓		1-4
	SR2) 시스템 계층구조 관리 기술기준 12.5.2 유지관리 결과의 활용	✓		1-2
	SR3) 부품정보관리 - 부품별 정보에 정비인원, 정비주기, 정비장비 등 유지보수에 관한 정보 관리	✓		1-5
	SR4) 주요부품 관리 - 안전과 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 관리 (기술기준 12.7.3)	✓		1-4
	SR5) Block Diagram 관리 (FBD/RBD) - E&M별 기능 블록도(Function Block Diagram) 및 신뢰성 블록도 (Reliability Block Diagram) 연계	✓		1-3
	SR6) 코드 관리 - 고장분류, 고장영향 등의 코드를 관리	✓		1-8
	SR7) 안전관리 관련 자료 관리 - 철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 안전관리 관련 규정, 지침, 절차서, 보고서 등의 문서를 기술기준 항목으로 관리	✓		9-1
	SR8) 운행관리 관련 자료 관리 (SR08) - 철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 운행관리 관련 규정, 지침, 절차서, 보고서 등의 문서를 기술기준 항목으로 구분하여 관리	✓		9-1
	SR9) 유지관리 관련 자료 관리 - 철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 유지관리 관련 규정, 지침, 절차서, 보고서 등의 문서를 기술기준 항목으로 구분하여 관리	✓		9-1 1-1

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
2. RAMS 수 집	SR10) 철도안전관리시스템(SMS) 연계 - 철도안전관리시스템(SMS)을 연계하여 위험요인, 안전대책 등 자료를 주기적으로 이관	✓		
	SR11) 열차운행체계 연계 - 열차운행체계를 연계하여 편성정보, 운행계획/실적 자료를 주기적으로 이관	✓		
	SR12) 유지보수시스템 연계 - 유지보수시스템을 연계하여 유지보수 기준 정보 및 이력 정보를 주기적으로 이관	✓		
	SR13) 자산관리체계(ERP) 연계 - 자산관리체계를 연계하여 예비품 수량 및 비용 정보를 주기적으로 이관	✓		
	SR14) 자동화장치 연계 - DTS 등 자동화장치와 연계하여 장치별 상태 및 이벤트 정보를 주기적으로 이관	✓		
	SR15) 인터페이스 모듈 연계 - 인터페이스 모듈과 RAMS 통합시스템은 물리적으로 분리되어 운영될 수 있어 인터페이스 모듈과의 연계하여 자료를 주기적으로 이관	✓		
	SR16) 설계자료 템플릿 제공 - 구조별RAMS정보, 품목정보, FMECA, RCM, 위험도에 대한 템플릿을 제공	✓		
	SR17) SMS 템플릿 제공 - 위험도, 안전대책, 안전목표, PHA, SHA, SSHA, IHA, O&SHA, Hazard Log 등에 대한 템플릿을 제공	✓		
	SR18) 열차운행체계 템플릿 제공 - 편성정보, 운행계획/실적에 대한 템플릿을 제공	✓		
	SR19) 유지관리체계 템플릿 제공 - 제작단계와 운영단계에서 모두 활용 가능한 표준화된 RAMS 템플릿 제공	✓		
	SR20) 자산관리체계 템플릿 제공 - 기지별 예비품, 자산별 비용 정보에 대한 템플릿을 제공	✓		

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
2. RAMS 수 집	SR21) 설계 RAMS 정보 관리 - 제작사로부터 확보한 구조별 RAMS 정보, 품목정보, FMECA, RCM, 위험도 정보를 관리	V		2-1
	SR22) SMS 연계자료 관리 - 위험요인별 위험도, 관리기준, 안전대책, 안전목표, 위험사건 및 위험용인의 특성과 출처, 위험도, 안전대책 및 책임자 등을 확인할 수 있는 위험기록대장을 철도안전관리시스템(SMS)으로부터 연계하여 관리	V		
	SR23) 열차운행체계 연계자료 관리 - 기지별 편성정보, 편성별 운행계획 및 실적을 열차운행체계로부터 연계하여 관리	V		2-2-3 (편성) 2-2-6 (운행계획)
	SR24) 유지관리체계 연계자료 관리 - 차량정보, 시설정보, E&M별 계층구조, 부품정보, 주기점검/교환, 주기점검/교환이력, 고장/장애이력, 현성조치이력, 수리이력, 부품소모실적, 사용자 개선의견을 유지관리체계로부터 연계하여 관리	V		2-2
	SR25) 자산관리시스템 연계자료 관리 - 기지별 예비품, 자산별 비용 정보를 자산관리시스템으로부터 연계하여 관리	V		2-2-18 (예비품) 2-2-19 (비용)
	SR26) 자동화장치 연계자료 관리 -DTS 등 장치로부터 연계한 이벤트 정보(열차검지 및 추적정보, 진로개통상태, 선로전환기 전환상태, 신호기상태, 고장정보)를 관리	V		2-3
	SR27) 고장 데이터 검증 - 신뢰성 분석을 위해 필터링된 고장데이터가 필요하고 운영기관별 RAMS적용 대상품 및 BOM LEVEL의 통일도 필요	V		2-2-11

무단전

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
3. RAMS 분 석	SR28) 신뢰도 분석 - 운영 자료를 이용하여 신뢰도 지표를 산출하며, 설비(장비), 부품 등이 주어진 조건하에서 일정기간 동안 요구된 기능을 고장 없이 수행할 확률을 의미	✓		4-1
	SR29) 정비도 분석 - 운영 자료를 이용하여 정비도 지표를 산출하며, 장비 고장이 발생했을 경우 일정기간 내에 장비를 규정된 상태로 복구시킬 수 있는 확률을 의미	✓		4-2
	SR30) 가용도 분석 - 운영 자료를 이용하여 가용도 지표를 산출하며, 장비가 고장과 수리를 거쳐 임의의 시점에서 서비스를 시작하고자 할 때 작동가능 상태에 있을 확률을 의미	✓		4-3
	SR31) 위험도 분석 - 운영 자료를 기반으로 발생빈도, 심각도를 이용하여 위험도를 산출하며, 발생빈도와 심각도에 대한 평가표로 관리하는 정성적 방법과 발생빈도와 심각도를 곱한 값을 사용하는 정량적 방법	✓		1-6 4-5 4-6
	SR32) 정시율 분석 - 정시율은 계획대로 열차 출/도착 시간에 대한 준수 정도를 의미하며, 열차운행체계로부터 열차 운행 계획 및 실적에 대한 시간을 활용하여 정시율을 산출	✓		
	SR33) 자동화수준 분석 - 운영 자료를 이용하여 자동화 지표를 산출하며, 무인 운행을 적용한 노선에 대해서만 적용	✓		
	SR34) 신뢰도 모니터링 - 칼렌다 시간, 운행(영)시간, 주행거리를 기준으로 구간을 설정하여 구간별 신뢰도를 통해 고장률 변화를 모니터링	✓		3-1 3-2 3-3
	SR35) 정비도 모니터링 - 칼렌다 시간을 기준으로 구간을 구분하여 정비시간 및 정비인시를 모니터링	✓		3-4 3-5
	SR36) 가용도 모니터링 - 특정 기간에 대한 가용도를 모니터링	✓		3-1 3-2
	SR37) 위험도 모니터링 - 안전대책 시행 전후의 구간에 대한 위험도 분석을 통해 위험도의 변화를 모니터링	✓		4-4

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
4. RAMS 평 가	SR38) RAMS 목표 설정 - 설계값, 운용값을 참고하여 RAMS 지표별 목표를 설정	✓		6-2
	SR39) RAMS 검증 - RAMS 지표별 설계, 목표, 운영값에 대한 비교를 통해 목표 기준을 달성했는지 여부를 확인	✓		6-1
	SR40) RAMS 평가 기록 - RAMS 통합시스템에서 관리하는 분류체계, 수집자료, 평가자료, 활용자료를 데이터베이스로 관리	✓		6-2
	SR41) RAMS 평가 변경 관리 - RAMS 목표 및 평가에 대한 변경 사항을 이력으로 관리	✓		6-2
5. RAMS 활 용	SR42) 점검항목 변경 - 운영단계에서 식별되는 추가 고장유형에 대해서는 고장률 및 위험 측면을 고려하여 점검항목을 추가하고 기존 점검항목 중 고장 이력이 전무한 항목에 대해서는 검토 후 점검항목에서 제외	✓		5-1-2 5-1-3 5-1-4
	SR43) FMEA 수행 - 고장이력을 기반으로 고장유형을 정의하고 고장원인, 고장영향, 발생빈도 등을 분석	✓		5-1-5 5-1-6
	SR44) RCM 결정논리 제공 - 추가로 식별된 고장유형의 예방정비 도출을 위해 RCM 결정논리를 제공	✓		5-1-7 5-1-8
	SR45) 수리대 폐기 분석 - 수리(경정비, 외주정비)대 폐기에 대한 비용 측면의 효율성을 분석	✓		5-5
	SR46) 유지보수 지침(MTA) 정의 - RCM을 통해 도출된 유지보수 업무에 대한 세부 업무 절차를 정의	✓		5-1-8-3 〃 -4 〃 -5 〃 -6
	SR47) 점검/교체주기 변경 - 운영 자료를 이용하여 RAMS 분석에 따라 점검/교체주기를 변경	✓		5-2
	SR48) 경제수명 분석 - 고장추세가 상승하는 장치에 대해 PLP 기반 경제수명 분석 알고리즘 적용하여 경제수명을 산출	✓		5-3
	SR49) 유지보수자원 변경 - 유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품)에 대한 적정 소요량을 산출	✓		5-4

분 류	세 부 항 목	검증 결과		비고
		Pass	Fail	
5. RAMS 활 용	SR50) 안전대책 수립 - 위험도 평가 결과 수용 불가, 경감 수용가능에 대해 안전대책 수립을 위한 정보를 제공	✓		4-6-4 4-6-5 4-6-6
	SR51) FMECA 수행 - 고장/장애 이력을 이용하고 설계 FMECA 자료를 참고하여 고장유형을 식별하고 고장영향 및 치명도 분석을 수행	✓		4-5-8 ~ 4-5-11
	SR52) 증편운행 분석 - 열차 증편운행에 대한 안전 검토사항을 관리	✗		삭제
	SR53) 유지보수비 산출 - 시스템 1대 기준으로 산출한다.	✓		5-6
	SR54) 대체품 변경 분석 - 대체품 도입에 따른 유지보수비 예측 결과를 산출하며, 신뢰도 및 구입단가 변화에 따른 신뢰도와 비용 관점에서 분석 결과를 산출	✓		
	SR55) 유지관리정책 변경 분석 -수리대 폐기 정책 변경에 대한 유지보수비 예측 결과를 산출한다. 경정비, 외주정비, 폐기 정책 변경에 대한 가용도와 비용 관점에서 분석	✓		5-6
	SR56) 유지보수자원 변경 분석 - 유지보수자원 변경에 따른 유지보수비 예측 결과를 산출	✓		5-6

라. 최종성과의 기술적·경제적 우수성

(1) 기술적 성과

(가) 철도안전관리체계 기술기준에 따른 RAMS 활동 관리를 위한 통합시스템 개발

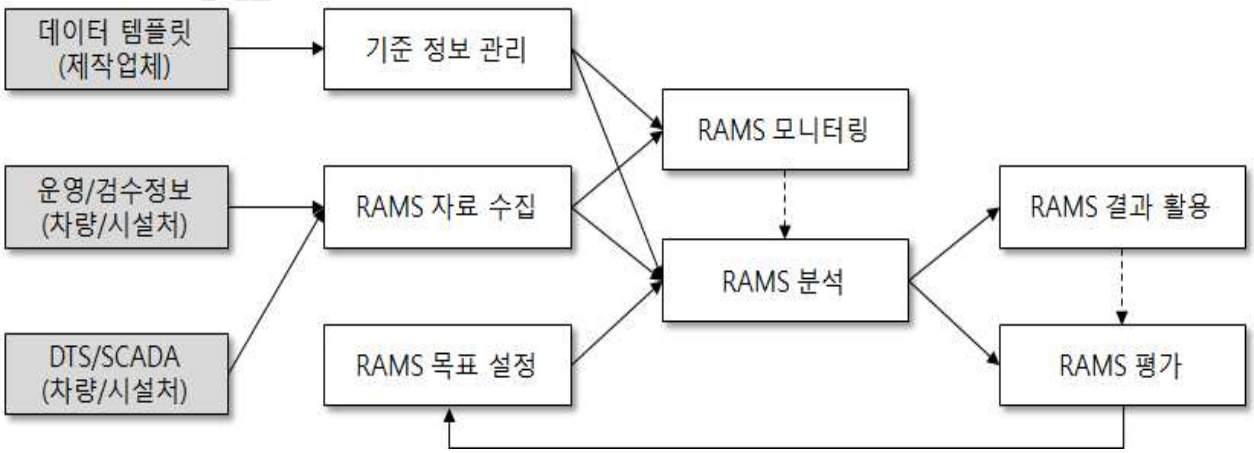
- 도시철도 E&M RAMS 시스템은 도시철도 운영기관의 현황을 분석한 결과와 철도안전관리체계 평가기준을 고려하여 인터페이스관리, 기초자료관리, 운용현황정보, 모니터링, RAMS분석, 유지관리정책 관리 모듈로 구성하며 통합된 환경에서 운용될 수 있도록 웹 기반 통합 데이터베이스 환경으로 목표 시스템을 정립한다.

① RAMS 활동 관리를 위한 정보 분류체계 정의

- 도시철도 운용기관의 RAMS 활동은 운행 계획/실적, 고장분석, 정비 및 예비품 소모내역 등에 대한 기록으로부터 RAMS 지표 분석/평가, 지표별 목표값을 설정, 목표값 달성을 위한 활동들을 수행하는 것이다. 도시철도 RAMS 활동은 유지보수/검수시스템,

자산관리시스템, 운행관리시스템 등의 기존 시스템으로부터 자료를 수집하는 활동을 시작으로 RAMS 지표를 분석 및 평가하고 목표값 달성을 위한 방안을 도출하여 기존 시스템으로 환류 하는 활동으로 정의한다. 즉 고장 기록, 정비 기록 등의 활동은 유지관리시스템에서 수행하고 수행된 결과인 고장 및 정비 이력을 수집하여 활용하는 것으로 RAMS 활동을 정의한다.

RAMS 활동	기능 설명
기준정보 관리	RAMS 활동의 흐름 중 가장 먼저 수행해야 할 활동은 자료 수집/분석/활용을 위한 기준인 분류체계, 계층구조 및 공통코드의 관리이다. 예로, 구성품, 부품 수준에서 RAMS 분석을 수행하기 위해서는 시스템, 구성품, 모듈, 부품의 계층구조 관리가 필요하기 때문이다.
RAMS 자료 수집	기준이 되는 분류체계, 계층구조를 기반으로 분석에 필요한 자료를 수집하는 것이다. 자료 수집은 시스템과의 연계를 통해 확보하거나 자료 입력 템플릿을 이용하여 확보하는 방안이 있다.
RAMS 분석 및 모니터링	기준정보와 수집 자료를 기반으로 RAMS 분석과 모니터링을 수행하는 것이다. RAMS 분석이란 명확한 RAMS 지표별 정의에 따라 지표를 산출하는 것이고, RAMS 모니터링은 구간별로 RAMS 지표에 대한 변화를 확인하는 것이다.
RAMS 목표 설정 및 평가	설계 단계의 지표, 운영 단계의 RAMS 분석 결과를 토대로 목표 지표를 설정하고 주기적 또는 필요시 RAMS 분석을 통해 목표를 만족하는 지 확인하는 평가이다.
RAMS 결과 활용	목표 달성을 위한 또는 개선해야 할 사항들을 도출하여 유지보수 업무를 개선하는 활동이다.

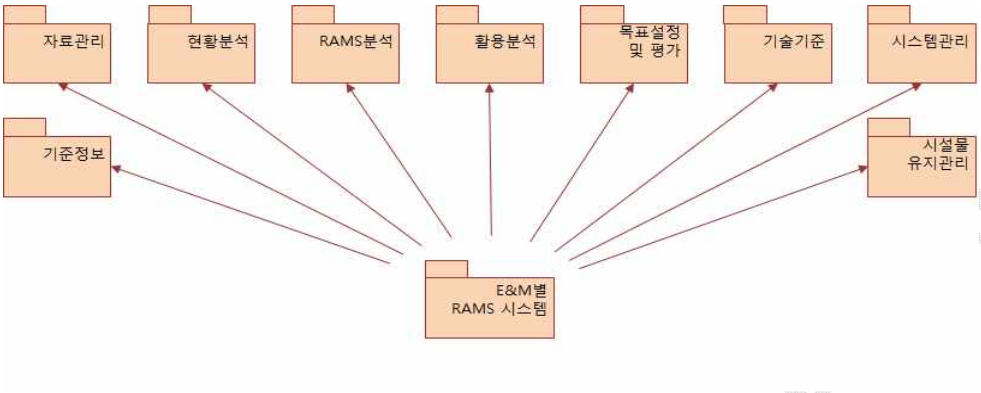


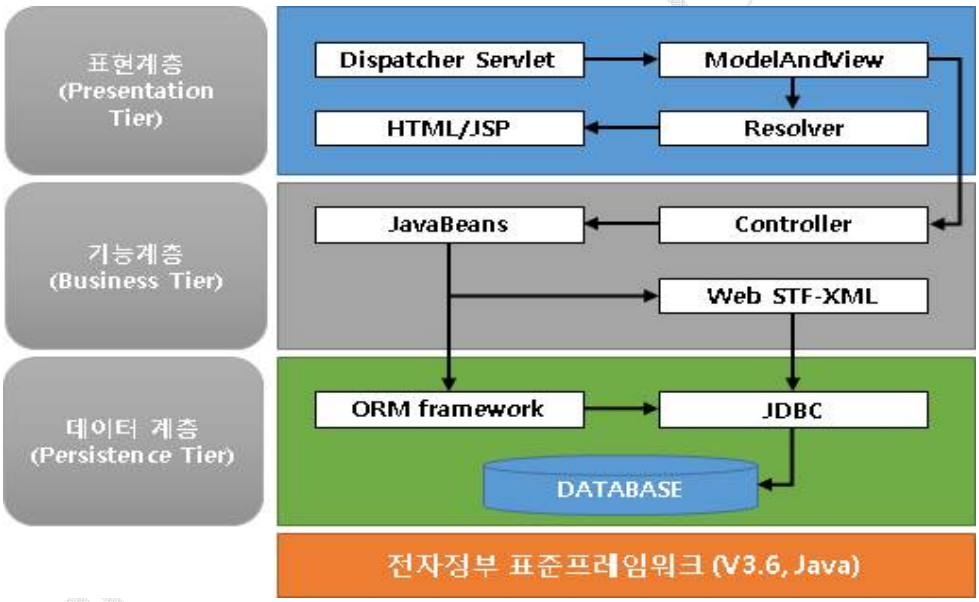
<도시철도 RAMS 활동 정의>

② 소프트웨어 요구사항 분석

<table>
<tr><th>분석 활동</th><th>기능 설명</th></tr>
<tr><td>요구사항
정의</td><td>도시철도 RAMS 통합시스템 구축 방향을 정립하기 위하여 철도안전관리체계 기술기준 및 IEC/EN 규격으로부터 요구사항들을 도출하고 운영기관 현황 조사 과정에서 언급된 사항 및 Best Practice 관점의 요구사항들을 정리한 후 각 출처별 요구사항들을 시스템 요구사항으로 재분류하여 58건의 요구사항을 정리하였다.
<table>
<tr><th>식별자</th><th>요구사항명</th><th>요구구분</th><th>요구근거</th></tr>
<tr><td>SR01</td><td>시스템 분류 관리</td><td>분류관리</td><td>우수사례</td></tr>
<tr><td>SR02</td><td>시스템 계층구조 관리</td><td>분류관리</td><td>사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR03</td><td>부품정보 관리</td><td>분류관리</td><td>사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR04</td><td>주요부품 관리</td><td>분류관리</td><td>기술기준</td></tr>
<tr><td>SR05</td><td>Block Diagram 관리 (FBD/RBD)</td><td>분류관리</td><td>사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR06</td><td>코드 관리</td><td>분류관리</td><td>사용자요구, 우수사례</td></tr>
<tr><td>SR07</td><td>안전관리 관련 자료 관리</td><td>분류관리</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR08</td><td>운행관리 관련 자료 관리</td><td>분류관리</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR09</td><td>유지관리 관련 자료 관리</td><td>분류관리</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR10</td><td>철도안전관리시스템(SMS) 연계</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR11</td><td>열차운행체계 연계</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR12</td><td>유지보수시스템 연계</td><td>자료수집</td><td>사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR13</td><td>자산관리체계(ERP) 연계</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR14</td><td>자동화장치 연계</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR15</td><td>인터페이스 모듈 연계</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR16</td><td>설계자료 템플릿 제공</td><td>자료수집</td><td>기술기준, 사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR17</td><td>SMS 템플릿 제공</td><td>자료수집</td><td>IEC/EN,사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR18</td><td>열차운행체계 템플릿 제공</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR19</td><td>유지관리체계 템플릿 제공</td><td>자료수집</td><td>기술기준</td></tr>
<tr><td>SR20</td><td>자산관리체계 템플릿 제공</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR21</td><td>설계 RAMS 정보 관리</td><td>자료수집</td><td>기술기준</td></tr>
<tr><td>SR22</td><td>SMS 연계자료 관리</td><td>자료수집</td><td>기술기준</td></tr>
<tr><td>SR23</td><td>열차운행체계 연계자료 관리</td><td>자료수집</td><td>IEC/EN</td></tr>
<tr><td>SR24</td><td>유지관리체계 연계자료 관리</td><td>자료수집</td><td>기술기준,IEC/EN,사용자요구,우수사례</td></tr>
<tr><td>SR25</td><td>자산관리시스템 연계자료 관리</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR26</td><td>자동화장치 연계자료 관리</td><td>자료수집</td><td>참여기관</td></tr>
<tr><td>SR27</td><td>고장 데이터 검증</td><td>자료수집</td><td>사용자요구</td></tr>
<tr><td>SR28</td><td>신뢰도 분석</td><td>분석/평가</td><td>기술기준,IEC/EN,사</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

분석 활동	기능 설명
	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td>용자요구</td></tr><tr><td>SR29</td><td>정비도 분석</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR30</td><td>가용도 분석</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR31</td><td>위험도 분석</td><td>분석/평가</td><td>기술기준,사용자요구</td></tr><tr><td>SR32</td><td>정시율 분석</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR33</td><td>자동화 수준(GOA) 분석</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR34</td><td>신뢰도 모니터링</td><td>분석/평가</td><td>기술기준, 우수사례</td></tr><tr><td>SR35</td><td>정비도 모니터링</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR36</td><td>가용도 모니터링</td><td>분석/평가</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR37</td><td>위험도 모니터링</td><td>분석/평가</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR38</td><td>RAMS 목표 설정</td><td>분석/평가</td><td>기술기준, 사용자요구</td></tr><tr><td>SR39</td><td>RAMS 검증</td><td>분석/평가</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR40</td><td>RAMS 평가 기록</td><td>분석/평가</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR41</td><td>RAMS 평가 변경 관리</td><td>분석/평가</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR42</td><td>점검항목 변경</td><td>활용/환류</td><td>기술기준,IEC/EN,사용자요구</td></tr><tr><td>SR43</td><td>FMEA 수행</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN,사용자요구</td></tr><tr><td>SR44</td><td>RCM 결정논리 제공</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN,우수사례</td></tr><tr><td>SR45</td><td>수리대 폐기 분석</td><td>활용/환류</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR46</td><td>유지보수 지침(MTA) 정의</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN,우수사례</td></tr><tr><td>SR47</td><td>점검/교체주기 변경</td><td>활용/환류</td><td>기술기준,IEC/EN,사용자요구</td></tr><tr><td>SR48</td><td>경제수명 분석</td><td>활용/환류</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR49</td><td>유지보수자원(인력, 시설, 장비, 예비품) 변경</td><td>활용/환류</td><td>기술기준,IEC/EN</td></tr><tr><td>SR50</td><td>안전대책 수립</td><td>활용/환류</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR51</td><td>FMECA 수행</td><td>활용/환류</td><td>우수사례</td></tr><tr><td>SR52</td><td>증편운행 분석</td><td>활용/환류</td><td>기술기준</td></tr><tr><td>SR53</td><td>유지보수비 산출</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN</td></tr><tr><td>SR54</td><td>대체품 변경 분석</td><td>활용/환류</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR55</td><td>유지관리정책 변경 분석</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN</td></tr><tr><td>SR56</td><td>유지보수자원 변경 분석</td><td>활용/환류</td><td>IEC/EN</td></tr><tr><td>SR57</td><td>시스템 운용에 필요한 관련 정보 관리</td><td>활용/환류</td><td>참여기관</td></tr><tr><td>SR58</td><td>시설물에 대한 유지보수 기록 및 관리</td><td>기타</td><td>참여기관</td></tr></table>
시스템 아키텍처 정의서	시스템 아키텍처는 최종 시스템의 구현 모습을 의미하는 플랫폼을 고려한 아키텍처이다. 비즈니스 관점의 비즈니스 패키지 다이어그램, 구현 관점의 소프트웨어 아키텍처 및 시스템의 기반을 나타내는 기반 아키텍처를 작성하여 최종 구현될 시스템 아키텍처를 정의한다.

<table>
<tr><th>분석 활동</th><th>기능 설명</th></tr>
<tr><td></td><td>


RAMS 통합시스템 패키지 다이어그램


소프트웨어 아키텍처 다이어그램
</td></tr>
<tr><td>표준 지침서</td><td>
시스템 개발 시 준수해야 할 산출물 및 명명규칙에 대한 작성 표준을 설명한다. 이를 통해 산출물의 일관성과 이해성을 높이고, 시스템 설계 및 개발이 체계적이고 정확하게 수행되도록 한다.
<table>
<tr><th>구분</th><th>산출물 약어</th><th>한글 명칭</th></tr>
<tr><td rowspan="6">1R 분석</td><td>1R14a</td><td>요구사항정의서</td></tr>
<tr><td>1R21a</td><td>시스템 아키텍처 정의서</td></tr>
<tr><td>1R22a</td><td>표준 지침서</td></tr>
<tr><td>1R31a</td><td>유스케이스 정의서</td></tr>
<tr><td>1R32a</td><td>연동소요정의서</td></tr>
<tr><td>1R33a</td><td>사용자 인터페이스 정의서</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>분석 활동</th><th>기능 설명</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>산출물 약어</th><th>한글 명칭</th></tr>
<tr><td rowspan="6">2D 설계</td><td>2D13a</td><td>컴포넌트 아키텍처 명세서</td></tr>
<tr><td>2D21a</td><td>컴포넌트 설계서</td></tr>
<tr><td>2D22a</td><td>사용자 인터페이스 설계서</td></tr>
<tr><td>2D23a</td><td>데이터베이스설계서</td></tr>
<tr><td>2D24a</td><td>연동설계서</td></tr>
<tr><td>2D31a</td><td>시스템 설치 계획서</td></tr>
<tr><td rowspan="9">3T 구현 및 테스트</td><td>3T11a</td><td>물리적 데이터베이스</td></tr>
<tr><td>3T12a</td><td>컴포넌트 코드</td></tr>
<tr><td>3T13a</td><td>사용자 인터페이스 코드</td></tr>
<tr><td>3T21a</td><td>단위 테스트 기술서</td></tr>
<tr><td>3T31a</td><td>소프트웨어 통합 테스트 기술서</td></tr>
<tr><td>3T41a</td><td>시스템 통합 테스트 기술서</td></tr>
<tr><td>3T51a</td><td>사용자 지침서</td></tr>
<tr><td>3T52a</td><td>운용자 지침서</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>유스케이스 정의서</td><td>
요구사항정의서를 바탕으로 액터와 유스케이스를 도출하고 액터와 시스템의 상호작용 분석을 통해 요구사항을 구체화한다. 유스케이스 다이어그램을 통해서 시스템과 시스템 사용자의 상호작용을 파악할 수 있다.
<table>
<tr><th>구분</th><th>유스케이스 ID</th><th>유스케이스 명</th></tr>
<tr><td rowspan="9">기준정보</td><td>UC-SR01-001</td><td>시스템 분류</td></tr>
<tr><td>UC-SR02-001</td><td>LBS구조</td></tr>
<tr><td>UC-SR05-001</td><td>기능구조(RBD)</td></tr>
<tr><td>UC-SR04-001</td><td>주요품목</td></tr>
<tr><td>UC-SR03-001</td><td>품목정보</td></tr>
<tr><td>UC-SR21-001</td><td>설계자료</td></tr>
<tr><td>UC-SR31-001</td><td>위험도관리기준</td></tr>
<tr><td>UC-SR09-001</td><td>기술기준분류</td></tr>
<tr><td>UC-SR06-001</td><td>코드관리</td></tr>
<tr><td rowspan="4">자료관리</td><td>UC-SR23-001</td><td>열차운행체계</td></tr>
<tr><td>UC-SR24-001</td><td>유지관리체계</td></tr>
<tr><td>UC-SR25-001</td><td>자산관리체계</td></tr>
<tr><td>UC-SR26-001</td><td>자료전송체계</td></tr>
<tr><td rowspan="5">현황분석</td><td>UC-SR34-001</td><td>분야별 현황</td></tr>
<tr><td>UC-SR34-002</td><td>기간별 현황</td></tr>
<tr><td>UC-SR34-003</td><td>일련번호별 현황</td></tr>
<tr><td>UC-SR34-004</td><td>고장률 상위목록</td></tr>
<tr><td>UC-SR34-005</td><td>정비시간 상위목록</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

분석 활동	기능 설명
	<table><tr><th>구분</th><th>유스케이스 ID</th><th>유스케이스 명</th></tr><tr><td rowspan="4"></td><td>UC-SR34-006</td><td>정비인시 상위목록</td></tr><tr><td>UC-SR34-007</td><td>소요량 상위목록</td></tr><tr><td>UC-SR34-008</td><td>서비스지연 상위목록</td></tr><tr><td>UC-SR34-009</td><td>정비비용 상위목록</td></tr><tr><td rowspan="6">RAMS분석</td><td>UC-SR28-001</td><td>신뢰도</td></tr><tr><td>UC-SR29-001</td><td>정비도</td></tr><tr><td>UC-SR30-001</td><td>가용도</td></tr><tr><td>UC-SR37-001</td><td>위험도</td></tr><tr><td>UC-SR31-002</td><td>위험요인</td></tr><tr><td>UC-SR31-003</td><td>위험관리대장</td></tr><tr><td rowspan="8">활용분석</td><td>UC-SR42-001</td><td>점검항목식별</td></tr><tr><td>UC-SR47-001</td><td>점검/교체주기 분석</td></tr><tr><td>UC-SR48-001</td><td>수명분석</td></tr><tr><td>UC-SR54-001</td><td>대안분석</td></tr><tr><td>UC-SR49-001</td><td>적정재고분석</td></tr><tr><td>UC-SR55-001</td><td>수리/폐기분석</td></tr><tr><td>UC-SR53-001</td><td>비용분석</td></tr><tr><td rowspan="2">목표설정 및 평가</td><td>UC-SR34-010</td><td>RAMS 지표</td></tr><tr><td>UC-SR38-001</td><td>RAMS 목표설정</td></tr><tr><td rowspan="3">기술기준</td><td>UC-SR07-001</td><td>안전관리</td></tr><tr><td>UC-SR08-001</td><td>운행관리</td></tr><tr><td>UC-SR09-002</td><td>유지관리</td></tr><tr><td rowspan="8">시스템관리</td><td>UC-SR60-001</td><td>사용자관리</td></tr><tr><td>UC-SR60-002</td><td>권한 설정</td></tr><tr><td>UC-SR16-001</td><td>템플릿</td></tr><tr><td>UC-SR60-003</td><td>일괄작업</td></tr><tr><td>UC-SR60-004</td><td>조직관리</td></tr><tr><td>UC-SR60-005</td><td>접속로그</td></tr><tr><td>UC-SR60-006</td><td>라이브러리</td></tr><tr><td rowspan="5">시설물 유지관리</td><td>UC-SR58-001</td><td>기준정보</td></tr><tr><td>UC-SR58-002</td><td>시설정보</td></tr><tr><td>UC-SR58-003</td><td>검수작업</td></tr><tr><td>UC-SR58-004</td><td>보수작업</td></tr><tr><td>UC-SR58-005</td><td>수선작업</td></tr></table>
사용자 인터페이스 정의서	사용자와 시스템 간의 인터페이스를 담당하는 화면의 레이아웃 및 구성항목에 대하여 정의한다. 이 단계에서는 개발자가 식별한 사용자 인터페이스에 대하여 구체적이지 않더라도 도식화된 내용을 사용자와 함께 확인하면서 개발 대상 시스템에 대한 요구사항 및 화면 설계에 대한 검증을 수행하도록 한다.

③ 소프트웨어 설계

분석 활동	기능 설명
설계 기본 요건	도시철도 RAMS 통합 및 E&M별 RAMS 시스템은 요구사항을 유연하게 대처할 수 있도록, 확장성과 향후 유지보수를 고려한 다양한 기능요건을 충족하기 위하여 아래와 같은 시스템적 기본요건을 정의하고, 이를 충족하기 위한 다각도의 고려사항을 전제로 최적의 시스템을 구현하도록 한다.
	○ 기본요건 - 전자정부 프레임워크 기반의 개발 - 객체지향 설계에 의한 컴포넌트 개발 - 컴포넌트 조립 방식을 통한 어플리케이션 구조 개발
화면설계 표준	시스템 전반에 걸쳐 일괄된 사용자 인터페이스를 구현하고, 체계적인 개발을 위하여 다음과 같은 사용자 인터페이스 표준을 제시한다.
	○ 화면표준 정의 - Guide Line - 불필요한 Tag는 삭제한다. - Image에 Alt,width,height등의 Tag를 사용한다. - Tag와 관련된 속성은 인용부호(“”)를 사용한다. - Graphic 파일의 naming은 업무성격을 Prefix로 하며(공통 이미지인 경우 main) 논리적 의미를 갖는 영문단어를 이용하고 필요할 시 숫자를 사용한다. - 공통 Graphic 파일은 /Img/ 디렉토리에 위치하며, 해당업무별 Graphic 파일은 /해당업무/Img/ 디렉토리에 위치한다. - 사용된 모든 Graphic 원본 파일은 레이어를 유지한 상태로 보관한다. - 기본적으로 JavaScript 는 <head></head> 사이에 위치하도록 한다. - 페이지마다 업무에 맞는 <title> 을 사용하도록 한다. - Message 처리 - 메시지는 JavaScript의 경우 alert, confirm 함수를 사용한다. - Browser 표준 - Browser의 표준은 Internet Explorer 11.0 이상으로 한다. - 화면 표준 - 디자인 컨셉 : 도시철도 E&M별 RAMS 시스템 사업에 맞게 직관적인 디자인 사용 - 레이아웃 : 홈버튼, 메인메뉴, 서브메뉴, 사용자정보, 메인화면으로 구성.

<table>
<tr><th>분석 활동</th><th>기능 설명</th></tr>
<tr><td></td><td>- 폰트 : 최대화면 사이즈에 맞게 가독성을 고려하여 적용한다.
- 칼라 : 많은 색상을 사용하지 않고 직관적이게 표현.
- 팝업 및 에러창 : Explorer의 기본 제공 창을 사용.</td></tr>
<tr><td>사용자인터페이스 설계서</td><td>사용자 인터페이스 정의서는 개발 대상 시스템의 사용자 인터페이스를 구성하고 있는 메뉴를 계층 형태로 나타낸다. 최상위 시스템을 중심으로 하위에 위치하고 있는 여러 메뉴 및 화면과의 관계를 나타내어 전체적인 화면의 흐름을 한눈에 볼 수 있도록 서술한 문서이다.

사용자 인터페이스 목록

<table>
<tr><th>구분</th><th>화면ID</th><th>화면명</th><th>화면설명</th></tr>
<tr><td rowspan="5">기준정보-시스템분류</td><td>UI-SR01-001</td><td>시스템 분류 관리</td><td>E&M별 분류 및 하위분류을 관리하는 화면으로 차량 및 설비들을 분류하여 관리하기위함 임</td></tr>
<tr><td>UI-SR01-002</td><td>시스템 분류 등록</td><td>E&M별 분류정보를 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR01-003</td><td>시스템 분류 수정</td><td>E&M별 분류정보를 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR01-004</td><td>위험도 기준관리</td><td>E&M별 위험도기준을 관리하는 화면으로 사전에 정의된 발생빈도, 심각도 및 위험도 관리기준을 시스템에 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR01-005</td><td>위험도 매트릭스</td><td>사전 정의된 발생빈도, 심각도 및 위험도 관리기준에 대한 위험도 매트릭스를 조회하는 화면</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기준정보-LBS구조</td><td>UI-SR02-001</td><td>시스템 구조 관리</td><td>시스템별 구조정보를 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR02-002</td><td>유지관리 계층정보</td><td>유지관리 계층정보를 조회하고 해당 계층정보를 일괄 가져오기하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR02-003</td><td>계층구조 일괄등록</td><td>일정한 계층정보 양식 엑셀파일을 이용하여 일괄로 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR02-004</td><td>미식별품목</td><td>해당 시스템에서 관리하고 있지않은 품목을 식별하는 화면으로 시스템 구조를 최신화는 목적임. 즉, 해당 시스템의 구조에서 관리하고 있지않은 품목정보를 식별하는 기능</td></tr>
<tr><td>UI-SR02-005</td><td>LBS등록</td><td>선택된 LBS에 하위LBS를 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR02-006</td><td>LBS수정</td><td>선택된 LBS에 대한 LBS정보를 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td>기준정보-기능구조(RBD)</td><td>UI-SR05-001</td><td>RBD 관리</td><td>시스템별 기능에 대한 RBD를 관리하는 화면으로 해당 기능에 대한 신뢰도 분석시 활용 됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기준정보-주요품목</td><td>UI-SR04-001</td><td>주요품목관리</td><td>시스템의 주요품목을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR04-002</td><td>주요품목선정</td><td>시스템의 주요품목을 등록하는 화면</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

분석 활동	기능 설명

구분	화면ID	화면명	화면설명
관리	UI-SR04-003	위험도조회	주요품목으로 발생되는 위험도를 조회하는 화면
기준정보-품목정보	UI-SR03-001	품목정보 관리	시스템별 품목정보를 관리하는 화면
	UI-SR03-002	품목정보 등록	시스템별 품목정보를 등록하는 화면
	UI-SR03-003	품목정보 수정	E&M별 품목정보를 수정하는 화면
	UI-SR03-004	품목 가져오기	유지관리 품목정보를 조회하고 해당 품목정보를 일괄 가져오기하는 화면
기준정보-위험도관리기준	UI-SR31-007	위험도 관리기준	시스템 기본 위험도를 관리하는 화면
기준정보-기술기준분류	UI-SR09-006	기술기준분류	철도안전관리 기술기준 분류를 관리하는 화면
기준정보-코드관리	UI-SR06-001	코드관리	시스템에서 사용하는 코드형 데이터를 관리하는 화면
자료관리-설계자료	UI-SR21-001	설계구조별RAMS정보목록	연계된 설계자료의 E&M에 대한 구조 및 RAMS정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
	UI-SR21-002	LBS 일괄매핑	연계된 설계구조별RAMS정보(설계구조정보)를 RAMS통합LBS(통합구조정보)에 일괄로 매핑하는 화면으로 점검항목식별의 RCM분석시 활용함. 설계LBS은 설계단계에서 제시한 구조정보를 의미하며, 통합LBS는 운용단계에서 사용하고 있는 구조정보임
	UI-SR21-003	LBS 매핑	연계된 설계LBS에 대한 RAMS통합LBS에 대해서 매핑하는 화면
	UI-SR21-004	설계 품목정보목록	연계된 설계단계에서 제시한 품목정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
	UI-SR21-005	설계FMECA	연계된 설계단계에서 제시한 LBS별 FMECA정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
	UI-SR21-006	설계RCM목록	연계된 설계단계에서 제시한LBS별 RCM정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면으로 활용분석에서 점검항목식별의 RCM분석할 때 설계RCM자료를 참조함
	UI-SR21-007	설계 위험도 목록	연계된 설계단계에서 제시한 위험도 정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
자료관리-열차운행체계	UI-SR23-001	편성정보	연계된 기지별 편성정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
	UI-SR23-002	기관사이례사항	연계된 기관사이례사항 정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
자료관리-유지관리	UI-SR24-001	차량정보	연계된 편성성 차량번호 정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면

분석 활동	기능 설명			
	구분	화면ID	화면명	화면설명
	체계	UI-SR24-002	시설정보	연계된 시설정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-003	계층정보	연계된 E&M별 계층정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-004	품목정보	연계된 E&M별 품목정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-005	주기점검	연계된 E&M별 품목에 대한 주기점검정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-006	주기교환	연계된 E&M별 품목에 대한 주기교환정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-007	고장/장애이력	연계된 E&M별 품목에 대한 고장및장애이력정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-008	편성조치이력	연계된 E&M별 품목에 대한 편성조치이력정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-009	검수이력	연계된 E&M별 품목에 대한 검수이력정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-010	주기교환이력	연계된 E&M별 품목에 대한 주기교환이력정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-011	보수정비이력	연계된 E&M별 품목에 대한 보수정비이력정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-012	부품소모실적	연계된 E&M별 품목에 대한 부품소모실적정보에 대해서 조회 및 검증하는화면
		UI-SR24-013	차륜삭정현황	연계된 차량의 차륜삭정 정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-014	차량운행실적	연계된 차량의 운행실적으로 일일 운행시간 및 운행거리 정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR24-015	자료현황	연계된 자료현황에 대해서 조회하는 화면
		UI-SR24-016	차량기지정보	차량의 기지정보, 편성정보를 관리하는 화면
		UI-SR24-017	관리소속정보	시설물의 관리소속, 역정보를 관리하는 화면
	자료관리-자산관리체계	UI-SR25-001	예비품정보	연계된 정비기지별 예비품정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
		UI-SR25-002	비용정보	연계된 E&M 일련번호별 자산정보에 대해서 조회 및 검증하는 화면
	자료관리-자료전송체계	UI-SR26-001	DTS기본정보	연계된 자료전송체계 중 DTS기본정보에 대해서 조회하는 화면
		UI-SR26-002	공통설비정보	연계된 자료전송체계 중 공통설비정보에 대해서 조회하는 화면
		UI-SR26-003	플랫폼정보	연계된 자료전송체계 중 플랫폼정보에 대해서 조회하는 화면
		UI-SR26-004	역제어정보	연계된 자료전송체계 중 역제어정보에 대해서 조회하는 화면
		UI-SR26-005	신호기정보	연계된 자료전송체계 중 신호기정보에 대

분석 활동	기능 설명

구분	화면ID	화면명	화면설명
			해서 조회하는 화면
	UI-SR26-006	궤도회로정보	연계된 자료전송체계 중 궤도회로정보에 대해서 조회하는 화면
	UI-SR26-007	선로전환기정보	연계된 자료전송체계 중 선로전환기정보에 대해서 조회하는 화면
현황분석	UI-SR34-001	분야별현황	시스템 분류기준 선택된 시스템의 차하위 시스템에 대한 고장건수,정비시간,서비스 지연시간,위험도정보 및 RAMS지표를 조회하는 화면
	UI-SR34-002	운용현황	시스템 및 LBS별로 분석기준에 따라 운용시간, 고장건수, 정비건수를 조회하는 화면
	UI-SR34-003	고장현황	시스템 및 LBS별로 분석기준에 따라 운용시간, 고장건수, 고장원인별 고장건수, MTBF, 고장률을 조회하는 화면
	UI-SR34-004	정비현황	시스템 및 LBS별로 분석기준에 따라 운용시간, 정비건수, 정비시간, 정비지연원인별 정비건수 및 정비시간, 정비인시, 정비비용을 조회하는 화면
	UI-SR34-005	소요량상위목록	소요량상위 항목을 순위별로 조회하는 화면
	UI-SR32-001	정시율	열차운행계획 및 실적을 기준으로 열차 출/도착 시간에 대한 준수 정보를 조회하는 화면
RAMS-신뢰도	UI-SR28-001	신뢰도분석	시스템별,LBS별로 분석기준에따른구간별 신뢰도지표를모니터링하는화면
	UI-SR28-002	신뢰도분포분석	시스템별,LBS별로 분석대상이 수리가능한지여부에 따라 분포분석모델을 적용하여 산출하는 화면
	UI-SR28-003	신뢰도결과이력	신뢰도 분포분석에서 결과 저장된 이력을 조회하는 목록화면
	UI-SR28-004	신뢰도결과 상세조회	신뢰도 결과이력에서 선택된 내용을 상세조회하는 화면
RAMS-정비도	UI-SR29-001	정비도분석	시스템별,LBS별로분석기준에따른구간별 정비도지표를모니터링하는화면
RAMS-가용도	UI-SR30-001	가용도분석	시스템 분류 별로 분석기준에 따른 구간별 가용도 지표를 모니터하는 화면
RAMS-위험도	UI-SR37-001	위험도	시스템 분류 별로 분석기준에 따른 위험도를 모니터하는 화면
RAMS-위험요인	UI-SR31-001	위험요인 및 사건 조회	시스템별 식별된 위험요인 및 위험요인으로 발생 가능한 위험사건 목록을 조회하는 화면
	UI-SR31-002	위험요인 등록	시스템별 위험요인을 등록하는 화면
	UI-SR31-003	위험요인 수정	시스템별 등록된 위험요인을 수정하는 화면

분석 활동	기능 설명

구분	화면ID	화면명	화면설명
	UI-SR31-004	FTA분석	위험요인에 대한 FTA분석을 수행하여 해당위험요인의 발생확률을 산출함
	UI-SR31-005	ETA분석	위험요인에 대한 ETA분석을 수행하여 해당 위험요인으로 인한 위험사건을 식별하고 위험사건의 발생확률 및 심각도를 분석하여 고유위험도를 분석함
	UI-SR31-006	위험도 분석	해당 위험요인 및 위험사건에 대한 고유위험도 매트릭스를 조회하는 화면
RAMS - 위험관리대장	UI-SR50-001	위험관리대장 조회	시스템별 식별된 위험요인 및 위험요인으로 발생 가능한 위험사건을 위험관리대장으로 식별된 목록을 조회하는 화면
	UI-SR50-002	안전대책	특정 위험사건에 대해서 안전대책을 등록하는 화면으로 FTA 및 ETA분석을 통해 안전대책을 분석
활용분석-점검항목 식별	UI-SR42-001	점검항목 목록	LBS에 해당되는 고장유형에 대한 점검항목을 관리하는 화면
	UI-SR42-002	점검항목대상 선정	점검항목으로 추가할 대상으로 선정하는 화면으로 고장률 상위 품목 또는 서비스지연시간 상위 품목을 대상으로 함
	UI-SR42-003	점검항목 제외	추가된 점검항목에 대해서 점검항목 식별 대상에서 제외하는 화면
	UI-SR43-001	FMEA 관리	LBS에 대한 FMEA를 관리하는 화면
	UI-SR43-002	FMEA 수정	LBS에 대한 FMEA를 수정하는 화면으로 신규 고장유형에 대한 고장이력을 매핑하여 해당 고장유형의 고장빈도를 관리함
	UI-SR43-003	설계FMECA가져오기	LBS에 대한 FMEA등록시 설계FMECA를 조회 및 적용하는 화면으로 기준정보에서 관리된 설계FMECA자료 중 비슷한 고장유형에 대해서 고장현상,고장원인,고장영향등 참조 형태로 가져오는 기능임
	UI-SR43-004	고장원인 및 현상 조회	LBS에 대한 고장이력을 고장원인 및 현상에대한 그래프로 조회하는 화면
	UI-SR43-005	고장상세조회	FMEA 등록/수정화면에서 특정 고장의고장/정비/수리부속정보를 상세조회하는 화면
	UI-SR44-001	RCM 관리	LBS에 대한 RCM을 관리하는 화면
	UI-SR44-002	RCM 수정	LBS에 대한 RCM을 수정하는 화면
	UI-SR44-003	설계 RCM 가져오기	해당LBS에 대한 설계RCM목록 조회 및 적용하는 화면
	UI-SR44-004	RCM 논리도	RCM 논리도선정화면
	UI-SR44-005	품목목록 조회	유지관리체계의 품목정보를 조회하는 화면으로 보급품목 등록시 해당 품목을 검색

분석 활동	기능 설명			
	구분	화면ID	화면명	화면설명
				하고 해당 품목을 보급품목으로 적용하는 화면 임
	활용분석-점검/교체주기분석	UI-SR47-001	점검주기 목록	LBS에 대한 점검주기를 관리하는 화면
		UI-SR47-002	교체주기 목록	LBS에 대한 교체주기를 관리하는 화면
		UI-SR47-003	주기연장 대상 선정	점검주기 및 교체주기 관리화면에서 주기연장 대상을 선정하는 화면으로 정비비용 상위 품목 또는 무고장 품목을 대상으로 함
		UI-SR47-004	주기단축 대상 선정	점검주기 및 교체주기 관리화면에서 주기단축 대상을 선정하는 화면으로 고장률 상위 품목 또는 서비스지연시간 상위 품목을 대상으로 함
		UI-SR47-005	고장유형 점검주기 분석	LBS별 고장유형에 대한 MTBF를 분석하는 화면
		UI-SR47-006	정비효과분석	점검항목 및 점검주기를 기반으로 정비효과를 분석하는 기능
		UI-SR47-007	최적점검주기 분석	점검항목, 점검주기 및 정비효과를 기반으로 최적점검주기를 분석하는 기능
		UI-SR47-008	교체주기분석	LBS에 대한 교체주기를 분석하는 화면으로 교체주기를 입력하면 자동으로 운용시간 간격 및 수리효과를 분석하여 표시함
		UI-SR47-009	점검주기 변경이력 조회	LBS에 대한 점검주기변경이력을 조회하는 화면
		UI-SR47-010	교체주기 변경이력 조회	LBS에 대한 교체주기변경이력을 조회하는 화면
		UI-SR47-011	점검주기 변경	추가된 점검주기에 대해서 점검주기를 변경하는 화면
		UI-SR47-012	교체주기 변경	추가된 교체주기에 대해서 교체주기를 변경하는 화면
	활용분석-수명분석	UI-SR48-001	수명관리	시스템별로 기대수명대비 현재시점의 잔여수명을 관리하는 화면
		UI-SR48-002	수명분석	시스템별로 기대수명을 분석하는 화면
		UI-SR48-003	기대수명 일괄변경	선택된 시스템의 일련번호들의기대수명을 일괄로 동일한수명으로 변경하는 화면
	활용분석-대체품분석	UI-SR54-001	대체품관리	E&M별 LBS에 대한 대체품 정보를 관리하는 화면
		UI-SR54-002	대체품 분석	E&M별 LBS에 대한 대체품을 분석하는 화면
		UI-SR54-003	변경이력 조회	E&M별 LBS에 대한 대체품 변경에 대한 이력을 조회하는 화면
	활용분석-적정재고분석	UI-SR49-001	적정재고분석결과	LBS에 대한 적정재고분석결과를 관리하는 화면
		UI-SR49-002	적정재고분석	LBS에 대한 적정재고분석을 등록하는 화

분석 활동	기능 설명

구분	화면ID	화면명	화면설명
			면
활용분석-수리/폐기분석	UI-SR45-001	수리/폐기분석	시스템별 품목의 일련번호에 대한 수리/폐기분석을 수행하는화면
활용분석-비용분석	UI-SR53-001	비용분석결과	시스템별 비용분석결과를 관리하는 화면
	UI-SR53-002	비용분석	시스템별 비용분석을 등록하는 화면으로 분석설정 및 데이터 검증으로 나눔
	UI-SR53-003	비용분석 상세조회	시스템별 비용분석결과에 대한 상세조회 화면으로 시스템 기준 및 품목기준의 비용을 현안 및 대안으로 비교
활용분석-GOA	UI-SR33-001	GOA분석	자동화 관련 지표를 산출 및 관리하는 화면
목표설정 및 평가	UI-SR34-006	RAMS 지표	E&M별 LBS별로 제원정보 및 RAM지표 현황,고장이력,정비이력등을 종합해서 조회하는 화면
	UI-SR38-001	RAMS 목표설정	RAMS 지표별 목표값을 설정하거나 변경하는 화면
	UI-SR41-001	변경이력 조회	RAMS 지표별 목표값의 변경이력을 조회하는 화면
기술기준	UI-SR07-001	안전관리	철도안전관리 중 안전관리 관련 자료를 관리하는 화면
	UI-SR08-001	운행관리	철도안전관리 중 운행관리 관련 자료를 관리하는 화면
	UI-SR09-001	유지관리	철도안전관리 중 유지관리 관련 자료를 관리하는 화면
	UI-SR09-002	기술기준 등록	철도안전관리기술기준(안전/운행/유지관리)정보를 등록하는 화면
	UI-SR09-003	기술기준 수정	철도안전관리기술기준(안전/운행/유지관리)정보를 수정하는 화면
	UI-SR09-004	기술기준 상세조회	철도안전관리기술기준(안전/운행/유지관리)정보를 상세조회하는 화면
	UI-SR09-005	기술기준 변경이력	철도안전관리기술기준(안전/운행/유지관리)정보의 변경이력을 조회하는 화면
시스템관리	UI-SR57-001	사용자관리	시스템 사용자의 정보 및 비밀번호초기화를 관리하는 화면
	UI-SR57-002	사용자등록	시스템 사용자의 정보를 등록하는 화면
	UI-SR57-003	사용자수정	시스템 사용자의 정보를 수정하는 화면
	UI-SR57-004	권한설정관리	시스템 사용자의 권한을 일괄로 관리하는 화면
	UI-SR57-005	템플릿등록	열차운행체계, 유지보수시스템, 설계자료, 자산관리체계의 데이터를 표준화된 템플릿양식으로 통합시스템에 이관 및 이력을 관리하는 화면
	UI-SR57-006	일괄작업목록	시스템의 일괄작업이 필요한 업무에 대해

분석 활동	기능 설명

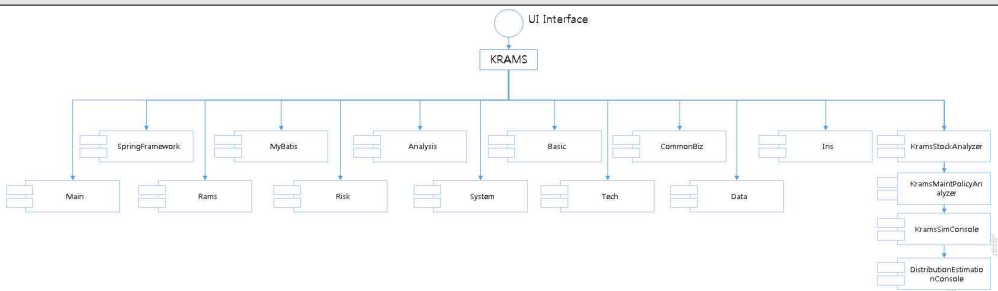
구분	화면ID	화면명	화면설명
			서 스케줄로 관리하여 해당 스케줄에 수행하도록 하는 화면
	UI-SR57-007	일괄작업등록	시스템의 일괄작업이 필요한 업무에 대해서 작업 스케줄을 등록하는 화면
	UI-SR57-008	조직관리	시스템 사용자의 조직을 구성하여 관리하는 화면
	UI-SR57-009	접속로그	시스템에서 사용자의 접속 및 사용이력을 조회하는 화면
	UI-SR57-010	라이브러리	시스템별 고장유형 및 위험요인 라이브러리를 관리하는 화면
시설물유지관리-기준정보	UI-SR58-001	시설물분류	유지관리 시설물 정보를 조회하는 화면
	UI-SR58-002	소속관리	유지관리 소속별 역사 정보를 관리하는 화면
	UI-SR58-003	소속등록	유지관리 소속 정보를 등록하는 화면
	UI-SR58-004	소속수정	유지관리 소속 정보를 수정하는 화면
	UI-SR58-005	작업자관리	유지관리 소속별 작업자를 관리하는 화면
	UI-SR58-006	작업자등록	유지관리 소속별 작업자를 등록하는 화면
	UI-SR58-007	작업자수정	유지관리 소속별 작업자를 수정하는 화면
	UI-SR58-008	작업자조회	유지관리 소속별 작업자를 조회하는 화면
시설물유지관리-시설정보	UI-SR58-009	시설물관리	유지관리 시설물를 관리하는 화면
	UI-SR58-010	시설물등록	유지관리 시설물 정보를 등록하는 화면
	UI-SR58-011	시설물수정	유지관리 시설물 정보를 수정하는 화면
	UI-SR58-012	시설물현황	유지관리 시설물 정보를 조회하는 화면
	UI-SR58-013	점검항목관리	시설물별 점검주기 및 점검항목를 조회하는 화면
	UI-SR58-014	점검항목등록	시설물별 점검항목을 등록하는 화면
	UI-SR58-015	점검항목수정	시설물별 점검항목을 수정하는 화면
	UI-SR58-016	주기교환품관리	시설물별 주기교환품 정보를 조회하는 화면
	UI-SR58-017	주기교환품등록	시설물별 주기교환품 정보를 등록하는 화면
	UI-SR58-018	주기교환품수정	시설물별 주기교환품 정보를 수정하는 화면
	UI-SR58-019	예비품관리	관리소속별 예비품정보를 조회하는 화면
	UI-SR58-020	예비품등록	관리소속별 예비품을 등록하는 화면
	UI-SR58-021	예비품수정	관리소속별 예비품을 수정하는 화면
	UI-SR58-022	예비품 상세현황 등록	관리소속별 예비품에 대한 일련번호 정보를 등록하는 화면
	UI-SR58-023	예비품 상세현황 수정	관리소속별 예비품에 대한 일련번호 정보를 수정하는 화면
	UI-SR58-024	품목일련번호 수선이력 조회	예비품의 일련번호별 수선이력을 조회하는 화면

<table>
<tr><th>분석 활동</th><th>기능 설명</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>화면ID</th><th>화면명</th><th>화면설명</th></tr>
<tr><td></td><td>UI-SR58-025</td><td>예비품현황</td><td>예비품의 일련번호별 변경내역을 조회하는 화면</td></tr>
<tr><td rowspan="9">시설물유지관리-검수작업</td><td>UI-SR58-026</td><td>일상점검관리</td><td>역무원이 정기적으로 실시하는 일상점검 및 불만신고 정보를 조회하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-027</td><td>일상점검등록/수정</td><td>역무원이 정기적으로 실시하는 일상점검을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-028</td><td>불만신고등록/수정</td><td>기관사나 역무원이 일반승객으로부터 접수한 불만신고를 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-029</td><td>검수계획관리</td><td>검수계획를 칼렌다 형태로 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-030</td><td>검수계획등록</td><td>검수계획을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-031</td><td>검수계획수정</td><td>검수계획을 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-032</td><td>검수실적관리</td><td>검수계획에 대한 검수실적을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-033</td><td>검수실적등록</td><td>검수계획에 대한 검수실적을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-034</td><td>검수실적수정</td><td>등록된 검수실적을 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td rowspan="6">시설물유지관리-보수작업</td><td>UI-SR58-035</td><td>보수작업관리</td><td>다양한 경로로 접수된 고장기록 및 보수실적 정보를 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-036</td><td>고장기록등록</td><td>고장기록을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-037</td><td>고장기록수정</td><td>등록된 고장기록을 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-038</td><td>보수실적관리</td><td>고장기록을 기반으로 보수실적이력을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-039</td><td>보수실적등록</td><td>고장기록을 기반으로 보수실적을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-040</td><td>보수실적수정</td><td>등록된 보수실적을 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td rowspan="6">시설물유지관리-수선작업</td><td>UI-SR58-041</td><td>수선요청관리</td><td>수선 담당자에게 수선을 요청하는 경우 필요한 수전 접수내역을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-042</td><td>수선요청등록</td><td>수선이 필요한 품목에 대해서 수선요청을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-043</td><td>수선요청수정</td><td>등록된 수선요청 정보를 수정하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-044</td><td>수선실적관리</td><td>수선 요청에 대한 수선실적을 관리하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-045</td><td>수선실적등록</td><td>수선 요청에 대해서 수선실적을 등록하는 화면</td></tr>
<tr><td>UI-SR58-046</td><td>수선실적수정</td><td>등록된 수선실적을 수정하는 화면</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>컴포넌트 설계</td><td>▪ 컴포넌트 구조는 설계단계에서 전자정부 프레임워크 구조를 고려하여 최종적으로 도출된 컴포넌트 아키텍처 다이어그램을 설계한다.
▪ 컴포넌트 목록은 모듈별 컴포넌트를 식별하고 개요를 작성하고, 추출된 컴포넌트간 의존도를 정의한다.
▪ 설계 단계에서는 E&M별 시스템을 위한 필요 컴포넌트 식별과 컴포넌트가 제공해야 하는 서비스를 위한 내부 클래스(Entity class)를 정의한다. 컴포넌트 명세는 “컴포넌트 아키텍처 명세서”, “컴포넌트 설계서”로 구성</td></tr>
</table>

분석 활동	기능 설명

RAMS 컴포넌트 목록

컴포넌트 ID	컴포넌트 명	컴포넌트 설명
CM-001	SpringFramework	boundary(jsp) 와 control간의 인터페이스를 위한 객체로 구성된 외부 컴포넌트
CM-002	MyBatis	데이터 처리를 위한 DB Connection, Statement, Query, DB Close 등을 처리하는 객체로 구성된 외부 컴포넌트
CM-003	Analysis	점검항목식별, 주기변경, 수명분석, 적정재고분석, 수리폐기분석 및 비용분석 등 활용분석을 수행하는 컴포넌트
CM-004	Basic	품목정보, LBS분류, 시스템분류, RAM지표, RBD 및 설계 자료를 관리하는 컴포넌트
CM-005	CommonBiz	시스템 공통 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-006	Data	열차운행체계, 유지관리체계, 자산관리체계 및 자료전송체계의 데이터를 관리하는 컴포넌트
CM-007	Main	시스템의 메인화면 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-008	Rams	신뢰도, 정비도, 가용도 및 위험도 분석을 수행하는 컴포넌트
CM-009	Risk	위험도요인 및 위험관리대장을 분석하는 컴포넌트
CM-010	System	시스템의 기능을 관리하는 컴포넌트
CM-011	Tech	안전관리, 운행관리 및 유지관리 등 기술기준을 관리하는 컴포넌트
CM-012	KramsStockAnalyzer	활용분석의 적정재고 분석을 수행하는 C# 컴포넌트
CM-013	KramsMaintPolicyAnalyzer	활용분석의 수리/폐기정책 결정분석을 수행하는 C# 컴포넌트
CM-014	DistributionEstimationConsole	정비효과 및 최적점검주기 분석을 수행하는 C# 컴포넌트
CM-015	Ins	시설물유지관리 기능 관리하는 컴포넌트

분석 활동	기능 설명
	 RAMS 컴포넌트 아키텍처 다이어그램
데이터베이스 설계	데이터베이스 설계서는 데이터베이스를 정의하고 물리적 데이터 모델, 테이블 및 컬럼, 인덱스 등을 서술한다.

RAMS 테이블 목록

구분	테이블ID	테이블명	설명
기준정보	TB_BA_SYSTEM	시스템분류	시스템 분류 정보를 관리
	TB_BA_SYSTEM_FILE	시스템분류 파일	시스템분류 파일 정보를 관리
	TB_BA_LBS	LBS구조	LBS 구조정보를관리
	TB_BA_LBS_FILE	LBS구조파일	LBS구조파일정보를관리
	TB_BA_RBD_LIST	기능목록	기능목록 정보를 관리
	TB_BA_RBD_LINK	RBD링크	RBD링크정보를관리
	TB_BA_RBD_NODE	RBD노드	RBD노드정보를관리
	TB_BA_ITEM	품목정보	품목 정보를 관리
	TB_BA_RAMS_IDX	RAMS지표	RAMS 지표정보를관리
	TB_BA_RAMS_IDX_HIST	RAMS지표이력	RAMS 지표이력정보를관리
자료관리	TB_DS_LBS_RAMS	설계구조별RAM정보	설계구조별RAM정보를관리
	TB_DS_ITEM	설계 품목정보	설계 품목 정보를 관리
	TB_DS_FMECA	설계FMECA	설계FMECA정보를관리
	TB_DS_RCM	설계RCM	설계RCM정보를관리
	TB_DS_RISK	설계 위험도	설계 위험도 정보를 관리
	TB_DSCOMDEVSTAT	공통설비상태	설계 공통설비상태를 관리
	TB_DSCOMDEVSTAT_LOG	공통설비상태 로그	설계 공통설비상태 로그를 관리
	TB_DSCOMDEVSTAT_LOG_ANLS	공통설비상태 로그 분석	설계 공통설비상태 로그 분석정보를 관리
	TB_DSDTSSTAT	DTS 상태	설계DTS상태를관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	TB_DSPLFSTAT	플랫폼 상태	설계 플랫폼 상태를 관리
	TB_DSPNSTAT	선로전환기 상태	설계 선로전환기 상태를 관리
	TB_DSPNSTAT_LOG	선로전환기 상태 로그	설계 선로전환기 상태 로그를 관리
	TB_DSPNSTAT_LOG_ANLS	선로전환기 상태 로그 분석	설계 선로전환기 상태 로그 분석정보를 관리
	TB_DSSGSTAT	신호기 상태	설계 신호기상태를 관리
	TB_DSSTNCTLSTAT	역제어상태	설계 역제어상태를 관리
	TB_DSTRKSTAT	궤도회로상태	설계 궤도회로상태를 관리
	TB_DSTRKSTAT_LOG	궤도회로상태 로그	설계 궤도회로상태 로그를 관리
	TB_DSTRKSTAT_LOG_ANLS	궤도회로상태 로그 분석	설계 궤도회로상태 로그 분석정보를 관리
	TB_TRN_BASE	차량기지정보	차량을 관리하는 기지 정보를 관리
	TB_TRN_TRAIN	편성정보	편성 정보를 관리
	TB_TRN_BASE_LINK_LIST	차량기지연계목록	차량과 기지의 연관관계 정보를 관리
	TB_TRN_OPR_HIST	운행계획/실적	운행계획/실적정보를관리
	TB_MNT_ENGER_FAIL_HIST	기관사 이례사항	기관사 이례사항 정보를 관리
	TB_MNT_CAR	차량정보	차량 정보를 관리
	TB_MNT_BASE	시설기지정보	시설을 관리하는 기지 정보를 관리
	TB_MNT_BASE_LINK_LIST	시설기지정보	시설와 기지의 연관 정보를 관리
	TB_MNT_FACILITY	시설정보	시설 정보를 관리
	TB_MNT_CLS	계층구조	계층 구조 정보를 관리
	TB_MNT_ITEM	품목정보	품목 정보를 관리
	TB_MNT_CYCINSPT	주기점검	주기 점검 정보를 관리
	TB_MNT_CYCREPLACE	주기교환	주기교환 정보를 관리
	TB_MNT_FAIL_MNT_HIST	보수정비이력	보수정비 이력 정보를 관리
	TB_MNT_ACTION	편성조치이력	편성조치 이력 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	_HIST		
	TB_MNT_EXAM_HIST	검수이력	검수 이력 정보를 관리
	TB_MNT_CYCREPLACE_HIST	주기교환이력	주기교환 이력 정보를 관리
	TB_MNT_FAIL_HIST	고장/장애이력	고장/장애이력정보를관리
	TB_MNT_ITEM_HIST	부품소모실적	부품소모실적 정보를 관리
	TB_MNT_TRAIN_PERF	차량운행실적	차량운행실적 정보를 관리
	TB_MNT_FACI_PERF	시설운용실적	시설운용실적 정보를 관리
	TB_MNT_WHEEL_HIST	차륜삭정현황	차륜삭정현황 정보를 관리
	TB_MNT_CHNAGE_LOG	변경이력정보	자료관리 테이블 컬럼의 변경이력정보를 관리
	TB_MNT_CHNAGE_LOG_DETAIL	변경이력상세	자료관리 테이블 컬럼의 변경이력컬럼 상세정보를 관리
	TB_ASST_SPAREITEM	예비품정보	예비품 정보를 관리
	TB_ASST_COST	비용정보	비용 정보를 관리
	TB_MNT_DATA_SMR	자료관리데이터요약자료	연계된 자료데이터의 요약정보를 관리
	TB_DAZONE	구역정보	구역 정보를 관리
	TB_DASTN	역정보	정보를 관리
	TB_DADTS	DTS정보	DTS 정보를관리
	TB_DALN	노선정보	노선 정보를 관리
	TB_DAELM	엘리먼트정보	엘리먼트 정보를 관리
	TB_DGPLFSTCS	플랫폼통계정보	플랫폼통계 정보를 관리
	TB_DGCOMDEVSTCS	공통설비통계정보	공통설비통계 정보를 관리
	TB_DGSTNCTLSTCS	역제어통계정보	역제어통계 정보를 관리
	TB_DGSGSTCS	신호기통계정보	신호기통계 정보를 관리
	TB_DGTRKSTCS	궤도회로통계정보	궤도회로통계 정보를 관리
	TB_DGPNSTCS	선로전환기통계정보	선로전환기통계 정보를 관리
RAMS지표	TB_RAMS_OPR_A	운용분석	운용분석 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	NLS		
	TB_RAMS_CHG_ANLS	장탈착분석	장탈착분석 정보를 관리
	TB_RAMS_FAIL_ANLS	고장분석	고장분석 정보를 관리
	TB_RAMS_MNT_ANLS	정비분석	정비분석 정보를 관리
	TB_RAMS_ITEM_ANLS	수리부속분석	수리부속분석 정보를 관리
	TB_RAMS_SERIAL	시스템일련번호	시스템 일련번호 정보를 관리
	TB_RAMS_SMR	시스템요약자료	시스템 요약자료 정보를 관리
	TB_RAMS_REL_RSLT	신뢰도분석결과	신뢰도분석결과 정보를 관리
위험관리	TB_RSK_HAZARD	위험요인	위험요인 정보를 관리
	TB_RSK_HAZARD_FILE	위험요인 자료파일 관리	위험요인 자료 파일 정보를 관리
	TB_RSK_HAZARD_FTA	위험요인FTA	위험요인FTA정보를관리
	TB_RSK_HAZARD_FTA_LINK	위험요인FTA링크	위험요인FTA링크정보를 관리
	TB_RSK_HAZARD_ETA	위험요인ETA	위험요인ETA정보를관리
	TB_RSK_HAZARD_ETA_LINK	위험요인ETA링크	위험요인ETA링크정보를 관리
	TB_RSK_EVENT	위험사건	위험사건 정보를 관리
	TB_RSK_LOG_MGT	위험관리대장	위험관리대장 정보를 관리
	TB_RSK_SAFETY_POLICY	안전대책	안전대책 정보를 관리
	TB_RSK_SAFETY_FTA	안전대책FTA	안전대책FTA정보를관리
	TB_RSK_SAFETY_FTA_LINK	안전대책FTA링크	안전대책FTA링크정보를 관리
	TB_RSK_SAFETY_ETA	안전대책ETA	안전대책ETA정보를관리
	TB_RSK_SAFETY_ETA_LINK	안전대책ETA링크	안전대책ETA링크정보를 관리
	TB_RSK_SAFETY	안전대책 자료 파일 관리	안전대책 자료파일 정보

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	_FILE		를 관리
	TB_RSK_SPEC_HIST	위험도관리기준_이력	위험도관리기준 이력 정보를 관리
	TB_RSK_SPEC_FREQ	위험도관리기준_발생도	위험도관리기준 발생도 정보를 관리
	TB_RSK_SPEC_SEVER	위험도관리기준_심각도	위험도관리기준 심각도 정보를 관리
	TB_RSK_SPEC_RISK	위험도관리기준_위험도	위험도관리기준 위험도 정보를 관리
	TB_RSK_STD_SPEC	표준위험도관리기준_이력	표준위험도관리기준 이력 정보를 관리
	TB_RSK_STD_SPEC_FREQ	표준위험도관리기준_발생도	표준위험도관리기준 발생도 정보를 관리
	TB_RSK_STD_SPEC_SEVER	표준위험도관리기준_심각도	표준위험도관리기준 심각도 정보를 관리
	TB_RSK_STD_SPEC_RISK	표준위험도관리기준_위험도	표준위험도관리기준 위험도 정보를 관리
활용분석	TB_AN_INSPITEM	점검항목 식별	점검항목 식별 정보를 관리
	TB_AN_INSPITEM_FMEA	점검항목FMEA	점검항목FMEA정보를관리
	TB_AN_INSPITEM_FMEA_FAIL	점검항목 FMEA 관련 고장목록	점검항목 FMEA 관련 고장목록 정보를 관리
	TB_AN_INSPITEM_RCM	점검항목RCM	점검항목RCM정보를관리
	TB_AN_INSPITEM_MTA	점검항목MTA	점검항목MTA정보를관리
	TB_AN_INSPITEM_MTA_ITEM	점검항목MTA보급품목	점검항목 MTA 보급품목 정보를 관리
	TB_AN_INSPITEM_MTA_TOOL	점검항목 MTA 지원장비/공구	점검항목 MTA 지원장비/공구 정보를 관리
	TB_AN_INSPITEM_MTA_FA	점검항목MTA시설	점검항목MTA시설정보를 관리
	TB_AN_INSPT_CYCLE	점검주기분석	점검주기분석 정보를 관리
	TB_AN_REPLACE_CYCLE	교체주기분석	교체주기분석 정보를 관리
	TB_AN_ECOLIFE	경제수명분석	경제수명분석 정보를 관리
	TB_AN_EXPECT_	기대수명분석	기대수명분석 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	ECOLIFE		
	TB_AN_STOCK_LOG	적정재고분석이력	적정재고분석이력 정보를 관리
	TB_AN_STOCK_DT	적정재고분석결과	적정재고분석결과 정보를 관리
	TB_AN_MNT_POLICY	수리/폐기분석	수리/폐기분석정보를관리
	TB_AN_MNT_HIST	품목정비이력	품목정비이력 정보를 관리
	TB_AN_COST_MST	비용분석 마스터	비용분석 마스터 정보를 관리
	TB_AN_COST_REQUEST	비용분석 요청정보	비용분석 요청 정보를 관리
	TB_AN_COST_RS_MST	비용분석 결과 마스터	비용분석 결과 마스터 정보를 관리
	TB_AN_COST_RS_MAINT	비용분석 정비비용	비용분석 정비비용 정보를 관리
	TB_AN_COST_RS_SYS_INIT	비용분석 체계 도입비용	비용분석 체계 도입비용 정보를 관리
	TB_AN_COST_RS_SPARE	비용분석 수리부속 구매비용	비용분석 수리부속 구매비용 정보를 관리
	TB_AN_COST_RS_PART_INIT	비용분석 품목 도입비용	비용분석 품목 도입비용 정보를 관리
	TB_AN_COST_SYSTEM_MST	비용분석 체계	비용분석 체계 정보를 관리
	TB_AN_COST_DAILY_OT	비용분석 일일운용시간	비용분석 일일운용시간 정보를 관리
	TB_AN_COST_BASE	비용분석 기지정보	비용분석 기지 정보를 관리
	TB_AN_COST_RESOURCE	비용분석 정비원	비용분석 정비원 정보를 관리
	TB_AN_COST_LBS_MST	비용분석 체계구조	비용분석 체계구조 정보를 관리
	TB_AN_COST_PART	비용분석 품목	비용분석 품목 정보를 관리
	TB_AN_COST_PM_EXCNG_STD	비용분석 주기교환 주기기준	비용분석 주기교환 주기기준 정보를 관리
	TB_AN_COST_PM_CHECK_STD	비용분석 주기점검 주기기준	비용분석 주기점검 주기기준 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	TB_AN_COST_PM_CHECK_LIST	비용분석 주기점검 점검대상	비용분석 주기점검 점검대상 정보를 관리
	TB_AN_COST_REPLACE_RES	비용분석 교환필요 자원	비용분석 교환필요 자원 정보를 관리
	TB_AN_COST_REPAIR_RES	비용분석 수리필요 자원	비용분석 수리필요 자원 정보를 관리
	TB_AN_COST_PM_CHECK_RES	비용분석 주기점검 필요자원	비용분석 주기점검 필요자원 정보를 관리
	TB_AN_COST_STOCK_POLICY	비용분석 재고정책	비용분석 재고정책 정보를 관리
	TB_AN_PM_EST_MST	정비효과분석 마스터	정비효과분석의 마스터 정보를 관리
	TB_AN_PM_EST_INPUT_LOG	정비효과분석 입력 이력	정비효과분석 입력 이력 정보를 관리
	TB_AN_PM_EST_OUTPUT_LOG	정비효과분석 결과 이력	정비효과분석 결과 이력 정보를 관리
	TB_AN_PM_CYCLE_OUTPUT_LOG	정비주기분석 결과 이력	정비주기분석 결과 이력 정보를 관리
기술기준	TB_TECH_CLS	기술기준분류	기술기준분류 정보를 관리
	TB_TECH_CONTENTS	기술기준 자료 관리	기술기준 자료 정보를 관리
	TB_TECH_CONTENTS_FILE	기술기준 자료 파일 관리	기술기준 자료 파일 정보를 관리
시설물유지관리	TB_INS_DEPT	소속마스터	소속 마스터 정보를 관리
	TB_INS_DEPT_EMP	소속별인원	소속별 인원 정보를 관리
	TB_INS_DEPT_STN	소속별 관리역사	소속별 관리역사 정보를 관리
	TB_INS_FACI_MST	시설물마스터	시설물 마스터 정보를 관리
	TB_INS_FACI_HIST	시설물변경이력	시설물 변경이력 정보를 관리
	TB_INS_FACI_ITEM	시설물 주요구성품	시설물 주요구성품 정보를 관리
	TB_INS_FACI_ITEM_HIST	시설물 주요구성품 변경이력	시설물 주요구성품 변경이력 정보를 관리
	TB_INS_CHK_MS	점검마스터	점검 마스터 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	T		
	TB_INS_CHK_DETAIL	주기별 점검항목	주기별 점검항목 정보를 관리
	TB_INS_REPLACE_MST	주기교환품마스터	주기교환품 마스터 정보를 관리
	TB_INS_EXAM_EMP	검수실적_작업자	검수실적 작업자 정보를 관리
	TB_INS_EXAM_HIST	검수실적	검수실적 정보를 관리
	TB_INS_EXAM_DETAIL	검수실적 점검항목	검수실적 점검항목 정보를 관리
	TB_INS_ITEM_HIST	부품소모실적	부품 소모실적 정보를 관리
	TB_INS_ITEM_HIST	일상점검이력	일상점검이력 정보를 관리
	TB_INS_DIS_RPTT	불만접수이력	불만접수이력 정보를 관리
	TB_INS_FAIL_HIST	고장기록	고장기록 정보를 관리
	TB_INS_MNT_HIST	보수실적	보수실적 정보를 관리
	TB_INS_MNT_EMP	보수실적_작업자	검수실적 작업자 정보를 관리
	TB_INS_REMOVE_HIST	수선요청	수선요청 정보를 관리
	TB_INS_REPAIR_HIST	수선실적	수선실적 정보를 관리
	TB_INS_REPAIR_EMP	수선실적_작업자	수선실적 작업자 정보를 관리
	TB_INS_SPARE_MST	예비품마스터	예비품마스터 정보를 관리
	TB_INS_SPARE_SER	예비품 일련번호 현황	예비품 일련번호 현황 정보를 관리
시스템관리	TB_SYS_USER	사용자관리	사용자 정보를 관리
	TB_SYS_USER_ORGN	사용자소속관리	사용자 소속 정보를 관리
	TB_SYS_ORGN_LIST	조직목록	조직 목록 정보를 관리
	TB_SYS_CONN_L	접속로그관리	접속로그 정보를 관리

분석 활동	기능 설명

구분	테이블ID	테이블명	설명
	OG		
	TB_SYS_USE_LOG	사용로그관리	사용로그 정보를 관리
	TB_SYS_RIGHT	권한설정	권한설정 정보를 관리
	TB_SYS_USER_GRP	사용자 그룹	사용자 그룹 정보를 관리
	TB_SYS_CODE	공통코드	공통코드 정보를 관리
	TB_SYS_CODE_LIST	공통코드 목록	공통코드 목록 정보를 관리
	TB_SYS_CODE_MAP_LIST	공통코드 매핑 목록	공통코드 매핑 정보를 관리
	TB_SYS_CODE_LINK_LIST	연계코드 매핑 목록	공통코드와 연계코드간 매핑 정보를 관리
	TB_SYS_CODE_GROUP_LINK_LIST	연계코드 그룹 매핑 그룹	연계코드 그룹 매핑 정보를 관리
	TB_SYS_CODE_LINK_CODE	연계코드 목록	연계코드 목록 정보를 관리
	TB_SYS_TEMPLATE	템플릿	템플릿 정보를 관리
	TB_SYS_TEMPLATE_ATTR	템플릿 항목	템플릿 항목 정보를 관리
	TB_SYS_TEMPLATE_LOG	템플릿 로그	템플릿 로그 정보를 관리
	TB_DOC_SEQ	문서관리	문서 정보를 관리
	TB_SYS_FM_LIB	고장유형 라이브러리	고장유형 라이브러리 정보를 관리
	TB_SYS_RISK_LIB	위험원 라이브러리	위험원 라이브러리 정보를 관리
	TB_BATCH_PLAN	일괄작업목록	일괄작업목록 정보를 관리
	TB_BATCH_RESULT	일괄작업결과목록	일괄작업결과목록 정보를 관리
	TB_SYS_STATION	역정보관리	역 정보를 관리

(나) 도시철도 운영기관 RAMS 활동 관리를 위한 통합시스템 구축 지원 체계

① RAMS 통합시스템 지원 기능 분류

분 류	기능	기능설명
1. 시스템 체계	1.1	시스템 계층구조별 분류체계가 관리
	1.2	철도안전 주요부품이 관리
	1.3	유지관리 프로그램의 변동사항 및 RAMS 활용결과 관리
2. 설계 RAMS 정보관리	2.1	제작사에서 제공한 RAMS 정보(신뢰도 예측, FMECA 등)가 관리
	2.2	제작사의 RAMS 정보(신뢰도 예측, FMECA 등)를 최신화
	2.3	운영사의 자체 RAMS 분석결과(신뢰도 예측, FMECA 등)가 관리
	2.4	제작단계와 운영단계에서 모두 활용 가능한 표준화된 RAMS 템플릿이 사용
3. RAMS 지표 및 목표관리	3.1	RAMS 지표가 설정되고 주기적으로 모니터링
	3.2	RAMS 목표가 관리
	3.3	RAMS 평가 결과가 제시
4. 위험도 관리	4.1	위험도 평가 대상이 관리
	4.2	위험도 평가 대상별 위험요인이 관리
	4.3	위험도 분석이 수행되고 그 결과가 반영
	4.4	위험도 분석 결과는 고장빈도 발생과 연관
	4.5	위험도 수용가능 여부가 결정되고 관리
	4.6	안전대책이 정의되고 그 조치여부가 관리
	4.7	위험도 평가내용 및 결과가 기록되고 관리
5. 고장률 추세 분 석	5.1	운용시간 및 거리 기준 고장률 변화를 모니터링
	5.2	점검 및 교체 후 결과시간 당 고장률 변화를 모니터링
	5.3	고장률 변화 여부에 대한 통계적 검정
6. 신뢰성기반 유지보수	6.1	신뢰성기반유지보수(RCM) 절차의 수행 지원
	6.2	고장빈도 분석을 통해 유지관리 부품의 수량이 결정

② RAMS 통합시스템(KRAMS) 운영에 따른 기능 개선 사항

분 류	기능	기능개선 (KRAMS)		서울교통공사 (기존 관리시스템)		대전도시철도 (기존 관리시스템)	
		차량	기술	차량	기술	차량	기술
1. 시스템 체계 관리	1.1	○	○	○	×	○	△
	1.2	○	○	○	×	○	△
	1.3	○	○	○	×	○	△
2. 설계 RAMS 정보관리	2.1	○	○	△	×	×	×
	2.2	○	○	×	×	×	×
	2.3	○	○	△	×	×	×
	2.4	○	○	△	×	×	×
3. RAMS 지표 및 목표관리	3.1	○	○	×	×	×	×
	3.2	○	○	×	×	×	×
	3.3	○	○	×	×	×	×
4. 위험도 관리	4.1	○	○	△	△	×	×
	4.2	○	○	△	△	×	×
	4.3	○	○	△	×	×	×
	4.4	○	○	△	×	×	×
	4.5	○	○	△	×	×	×
	4.6	○	○	△	×	×	×
	4.7	○	○	△	×	×	×
5. 고장률 추세 분석	5.1	○	○	△	△	×	×
	5.2	○	○	×	△	×	×
6. 신뢰성기반 유지보수	5.3	○	○	×	×	×	×
	6.1	○	○	○	×	×	×
	6.2	○	○	×	×	×	×

③ RAMS 통합시스템 운영에 따른 운영효과

구분	운영 효과
1. 신뢰도 측면	신뢰도가 낮은 또는 고장률이 계속 증가하는 시스템 또는 품목을 식별하여 현재 정비 정책에 대한 평가 및 정비정책 변경시 활용하고 시스템의 신뢰도 및 가용도 개선
	시스템에 대한 수명분석을 수행하여 중정비 또는 폐기 시점 결정시 활용하고 유지보수비용 절감 개선
	품목에 대한 현재 운용시간과 단위시간당 평균정비비용을 분석하여 수리/폐기 결정시 활용하고 유지보수 비용 절감 개선
	고장률이 높거나, 서비스지연을 유발하는 품목의 점검항목 추가 대상 선

구분	운영 효과
	정시 활용하고 시스템의 가용도 개선
	고장률이 높거나, 서비스지연을 유발하는 품목의 점검주기변경 및 교체주기변경 대상 선정시 활용하고 시스템의 가용도 개선
	신뢰도가 낮은 품목을 식별하여 대체품 선정시 활용하고 품목의 신뢰도 개선 및 시스템의 가용도 개선
	제조사에 신뢰도 요구사항 기준 제시시 활용
2. 가용도 측면	현재 차량 및 시설의 가용도를 만족하는 수리순환 예비품에 대한 적정재고 분석시 활용하고 품목의 구매비용 개선
	제조사에 가용도 요구사항 기준 제시시 활용
3. 유지보수도 측면	정비비용이 높거나, 고장이 발생하지 않는 품목의 점검주기변경 및 교체주기변경 대상 선정시 활용하고 시스템의 가용도 개선
	신뢰도 및 유지보수도를 활용하여 현재 점검정책의 적정성을 평가하고 최적의 점검주기를 분석하여 점검주기 변경시 활용하고 시스템의 가용도 개선
4. 안전도 측면	위험도가 높은 위험사건을 식별하고 지속적인 안전대책을 수립시 활용하고 위험사건 발생빈도 개선
	위험도가 높은 위험사건을 발생시키는 품목을 식별하여 정비정책 변경시 활용하고 위험사건 발생빈도 개선

④ 시스템 사용자 지침

<KRAMS 기능 설명>

대분류	중분류	기능설명
기준정보	시스템분류	시스템 분류는 차종, 시설의 종류를 구분하는 것으로 1레벨은 E&M 대분류(차량, 전기/전력설비, 신호/통신설비, 기계설비, 관제설비)로 구분하고 각 분류별 세부 분류를 정의하며 분류 수준은 차량 및 설비들을 구조적으로 한정할 수 있는 수준까지 분류된다. 시스템분류는 RAMS 분석 대상 시스템에 대한 상/하위 분류구조로 KRAMS 시스템에서 근간이되는 정보이다. 또한 E&M별로 위험도 관리기준을 적용하여 관리할 수 있다.
	LBS구조	차량 및 시설의 기능 단위로 E&M별 시스템 분류의 최하위 레벨를 기준으로 LBS 구조를 구성한다(시스템 일련번호별로 관리되어야 함). E&M별 시스템 분류와 LBS 구조로 구성된 트리구조이고, 상위

대분류	중분류	기능설명
		시스템을 선택(클릭)하면 하부 시스템의 분류가 전개되고 최하위 시스템을 선택(클릭)하면 하위로 해당 시스템의 LBS 구조가 전개된다.
	기능구조 (RBD)	E&M별 FBD, RBD를 관리한다. FBD는 시스템 계층구조의 2레벨 수준의 기능, 계통간의 관계를 Block Diagram 형식으로 정의하고 RBD는 FBD의 기능별로 기능을 수행하기 위해 필요한 구성품, 모듈, 부품과의 관계를 Block Diagram 형식으로 정의한다. 시스템별 기능에 대한 RBD를 관리하는 기능으로 신뢰도 분석 시 활용될 수 있다.
	주요부품관리	주요부품은 형식승인부품, 고장빈발품목, 안전관련부품을 기준으로 분석자가 선정한다. 형식승인부품은 철도운행과 직결된 부품을 선정하고, 안전관련부품은 부품의 결함이 안전 관련 고장으로 연결될 수 있는 품목으로서 고장이력에 안전 관련 영향에 대한 정보를 포함하며, 고장빈발부품은 운용시간 대비 고장횟수를 기분으로 부품을 대상으로 분석자가 선정한다.
	품목정보	시스템 분류에서 선택한 시스템을 구성하는 품목에 대한 E&M 코드, LBS코드, 품번, 품명, 수량, 단가 등 해당품목에 대한 정보를 관리하는 기능이다.
	위험도 관리기준	철도 운영자등은 지속적인 위험요인의 식별, 위험도 분석, 평가 및 안전대책 등에 대한 관리사항을 결정하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 위험도를 관리하기 위해 수용가능, 경감수용가능, 수용불가 등의 기준을 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 기본 위험도 관리 기준으로써 시스템 분류에서 기본 위험도 관리 기준을 활용할 수 있으며, 수정할 수 있다.
	기술기준분류	기술기준 분류에 대한 목록을 구성 및 관리하기 위한 기능이다. 철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 ①안전관리, ②운행관리, ③유지관리에 대한 관리 기준을 관리한다. 철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 규정, 지침, 절차서, 보고서 등의 문서를 기술기준 항목으로 관리한다. 안전관리의 위험기록대장, 위험도관리표와 운행관리의 열차운행계획 및 열차운행기록 대장, 유지관리의 유지관리이행계획, 유지관리부품 및 유

대분류	중분류	기능설명
		지관리 이력대장은 데이터베이스 자료를 이용하여 제공한다.
	코드관리	시스템에서 사용하는 코드형 데이터를 관리할 수 있으며 표준코드, 시스템코드 및 연동코드로 구분한다. 모든 코드는 추가/수정/삭제가 가능하지만 시스템코드는 개발과 관련되어 있어 수정을 하면 관련 로직도 수정해야 된다. 연동코드는 템플릿을 통해 일괄로 등록할 수 있다.
자료관리	설계자료	시스템 연계 또는 템플릿을 이용하여 RAMS 분석 및 평가에 필요한 자료를 수집하는 기능이다. 설계자료는 설계 단계에서 제조사가 작성한 RAMS 관련 자료로서 E&M별 구조정보, RAMS정보, FMECA, RCM 및 위험도 등의 정보이다.
	유지관리체계	운영기관에서 관리하고 있는 열차운행체계, 유지보수체계 및 자산관리체계의 데이터들에 대해서 검증 및 조회하는 기능이다. 해당 데이터들은 데이터 연계, 템플릿을 활용한 등록 및 시설물 유지관리 시스템에서 작성한 데이터들이다. 실질적인 현황분석/RAMS분석/활용분석 이전의 데이터로 항목에 대한 검증을 수행하여 분석용 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있다. - 열차운행체계 : 편성정보, 차량정보, 차량운행실적, 기관사이례상황 - 유지보수체계 : 시설정보, 계층구조, 품목정보, 주기점검, 주기교환, 고장/장애이력, 편성조치이력, 점검이력, 주기교환이력, 부품소모실적, 차륜삭정현황 - 자산관리체계 : 예비품정보, 비용정보
	자료전송체계	DTS 장치로부터 일정한 주기별로 연계된 이벤트 정보(공통설비정보, 플랫폼정보, 역제어정보, 신호기정보, 궤도회로정보 및 선로전환기 정보)를 조회 및 관리한다. 연계된 정보는 대시보드에서 활용된다.
현황분석	분야별현황	시스템 분류 기준으로 선택된 시스템의 하위 시스템에 대한 고장건수, 정비시간, 서비스 지연시간, 위험도 정보와 선택된 시스템의 하위 시스템/LBS별 RAMS 지표별로 조회한다. 주요 RAMS 지표를 개략적으로 모니터링하고 운용현황, 고장현황 및 정비현황에서 관련 데이터를 상세하게 모니터링한다.
	운용현황	시스템 분류 기준으로 선택된 시스템의 하위 시스템을 포함한 운용현황을 분석기준 별로 모니터링한다. 분석기준별 및 계층 레벨로 다양한 기준으로 모니터링할 수 있으며 특히 하위 LBS들간 비교 모니터링이 가능하다.
	고장현황	시스템 분류 기준으로 선택된 시스템의 하위 시스템을 포함한 고장현황을 분석기준 별로 모니터링한다. 분석기준별 및 계층 레벨로 다양한 기준으로 고장원인 및 서비스

대분류	중분류	기능설명
		지연별로 모니터링할 수 있으며 특히 하위 LBS들간 비교 모니터링이 가능하다.
	정비현황	시스템 분류 기준으로 선택된 시스템의 하위 시스템을 포함한 정비현황을 분석기준 별로 조회한다. 분석기준별 및 계층 레벨로 다양한 기준으로 정비지연 및 정비비용을 모니터링할 수 있으며 특히 하위 LBS들간 비교 모니터링이 가능하다.
	소요량 상위목록	시스템 분류 기준으로 선택된 시스템의 LBS 항목에 대해 소요(소모)량 상위 항목을 순위별로 조회한다. 부품소모실적을 기반으로 산툴되며 각 LBS별 총 소요(소모)량을 연도별로 조회할 수 있다.
	정시율	차량이 정시에 출발한 비율인 정시율, 기준 시간보다 일찍 출발한 선행률, 기준 시간보다 늦게 출발한 지연율, 열차가 취소된 취소율을 확인할 수 있는 화면이다. 정시율 및 기타 비율을 계산하기 위해서는 정시기준을 입력해야 한다. 예를 들어, 정시기준을 10초로 입력했다면 기준 도착시간에서 10초 이내로 빠르거나 늦게 실제로 도착한 경우에는 정시에 도착한 것으로 간주해 정시율에 포함된다는 의미이다.
	DTS현황	DTS(신호설비)를 통해 들어온 자료와 유지관리체계에 적재된 자료의 현황을 비교하는 화면을 출력한다. 운용시간, 고장건수, MTBF/MTTF, 고장률을 비교하며, 대상이 되는 시스템은 선로전환기와 전자연동장치이다.
RAMS 분석	신뢰도	운영 자료를 이용하여 신뢰도 지표를 산출한다. 신뢰도는 설비(장비), 부품 등이 주어진 조건하에서 일정기간 동안 요구된 기능을 고장 없이 수행할 확률을 의미한다. 신뢰도는 로지스틱 측면의 신뢰도(Basic Reliability)와 서비스 측면의 신뢰도(Mission Reliability)로 구분한다.
	정비도	운영 자료를 이용하여 정비도 지표를 산출한다. 정비도는 장비 고장이 발생했을 경우 일정기간 내에 장비를 규정된 상태로 복구시킬 수 있는 확률을 의미한다. 정비도는 설계 측면의 MTTR 지표와 운용 측면의 MDT 지표로 구분한다
	가용도	운영 자료를 이용하여 가용도 지표를 산출한다. 가용도는 장비가 고장과 수리를 거쳐 임의의 시점에서 서비스를 시작하고자 할 때 작동가능 상태에 있을 확률을 의미한다. 가용도는 고유, 운용, 서비스 가용도로 분류한다.
	위험도	운영 자료를 기반으로 발생빈도, 심각도를 이용하여 위험도를 산출한다. 위험도를 정량적으로 분석하기 위해서는 발생빈도와 심각도에 대한 객관적 기준이 필요하다

대분류	중분류	기능설명
		심각도는 위험원의 발생으로 얼마나 심각한 영향을 주는지에 대한 기준이며 손상 수준 또는 발생 영향에 따라 정의한다. 심각도의 정량적 평가를 위해 객관적인 기준을 정할 수 있다. 예를 들면 열차 지연시간을 심각의 수준으로 정의하거나 등가사망을 기준으로 수치를 객관화하는 경우이다. 위험원이 처음 확인되면 이와 관련한 리스크를 수락 가능한 수준까지 줄이는데 필요한 실질적인 활동 결정과 이 활동들의 완료 및 시스템 운용 과정의 잔여 리스크 레벨 감시 등을 통해 '새로운 위험원'에서 진화가 이루어진다. 이 위험원은 추가적인 감시가 필요하지 않거나 위험원이 시스템에서 제거되었음이 결정될 때 궁극적으로 종료된다.
	위험요인	철도운영자등은 지속적인 위험요인의 식별, 위험도 분석, 평가 및 안전대책 등에 대한 관리사항을 결정하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 위험요인 화면에서는 시스템별 식별된 위험요인 및 위험요인으로 발생 가능한 위험사건 목록을 관리하고 위험요인별 발생확률, 위험사건별 위험도를 분석한다.
	위험요인 관리대장	시스템 별 위험요인을 분석하여 관리되는 위험사건 중 위험요인 관리대상으로 등록된 목록을 조회한다.
활용분석	점검항목식별	운영단계에서 식별되는 추가 고장유형에 대해 고장률, 서비스지연시간 및 위험 측면을 고려하여 점검항목을 추가하고, 기존 점검항목 중 고장이력이 전무한 항목에 대해서 검토 후 점검항목에서 제외하여 점검항목을 관리한다. 점검항목식별 기능을 활용하기 전에 시스템관리 > 일괄작업에서 점검항목추가 기능을 반듯이 실행하여야 점검항목식별 목록이 생성된다.
	점검/교체주기분석	점검/교체주기와 고장과의 비교를 통해 고장이 발생하지 않은 품목은 주기 연장하고 상대적으로 고장이 빈번하게 발생한 품목은 주기를 단축한다. 정비효과분석을 통해 고장간 점검정비 횟수를 통해 고장률이 개선되는 정도를 분석하여 관리한다. 점검/교체주기분석 기능을 활용하기 전에 시스템관리 > 일괄작업에서 점검항목추가 기능을 반듯이 실행하여야 점검/교체주기분석 목록이 생성된다.
	수명분석	시스템의 일련번호별로 MTBF 와 Bx Life 분석기법을 적용하여 기대수명을 산출 및 관리한다.
	대체품분석	시스템과 LBS기준으로 현재 품목과 비교해 대체 품목의 비용을 비교분석한다. 분석기준을 위해 고장률과 점검비용, 수리비용을 입력받는다.
	적정재고분석	품목정보, 정비기지정보 및 기보유량 정보와 정비소요 및 조달시간을 고려한 적정재고소요량을 산출하고 분석결과를 관리한다.

대분류	중분류	기능설명
	수리/폐기분석	수리(경정비, 외주정비) 대 폐기에 대한 비용 측면의 효율성을 분석한다. 부품을 수리하기 위해 필요한 소요비용과 부품 폐기 비용간의 차이를 분석을 수행한다. 고장추세가 상승하는 장치에 대해 PLP기반 경제수명 분석 알고리즘을 적용하여 경제수명을 산출한다. 수리/폐기분석 기능을 활용하기 전에 시스템관리 > 일괄작업에서 수리/폐기정보생성 기능을 반듯이 실행하여야 수리/폐기분석 목록이 생성된다.
	비용분석	점검항목, 주기변경 기준에 따른 비용명세 현안과 대안 분석결과를 출력한다. 도입비, 예방정비비용, 고장정비비용, 수리부속구매비용 측면에서 비교분석한다.
	GOA	운영 자료를 이용하여 자동화 수준(Grade Of Automation) 지표를 산출한다. 각 GOA 기준별로 사용자가 입력한 입력값에 대해 계산한 결과값이 나타나며 사용자는 나타난 결과값을 GOA 기준범위와 비교할 수 있다.
목표설명 및 평가	RAMS 지표	E&M별 LBS별로 트리에서 선택하면 제원정보 및 RAM지표현황, 고장이력, 정비이력 등을 종합해 조회한다. RAMS 지표별 설계, 목표, 운영값에 대한 비교를 통해 목표 기준을 달성했는지 여부를 확인한다. RAMS 평가란 운영상태가 RAMS 목표를 만족하는지 확인하는 절차이고 목표 만족 여부는 RAMS 분석 지표와 목표 지표와의 비교를 통해 확인한다.
	RAMS 목표설정	설계값, 운용값을 참고하여 RAMS 지표별 목표를 설정한다. 각 지표별 목표 설정은 정량적 근거를 기반으로 수행한다. 예를 들어 시스템의 신뢰도 목표를 상향하고자 할 경우 관련 고장을 예방하는 활동(점검항목 추가, 점검주기 단축 등)을 통해 충분히 예방할 수 있다는 전제(관련 고장이 제거되었다는 가정)하에 시스템 신뢰도 목표를 상향 조정할 수 있다.
기술기준	안전관리	철도안전관리체계 기술기준 평가를 위한 ①안전관리, ②운행관리, ③유지관리에 관련되는 규정, 지침, 절차서, 보고서 등의 문서를 기술기준 항목으로 구분하여 관리한다.
	운행관리	
	유지관리	
	평가자료출력	기술기준 하위의 평가자료 출력 메뉴에서는 철도안전관리체계 안전심사에 대응하기 위한 보고서 양식 출력을 지원한다. 총 19종의 보고서가 지원되며 엑셀과 한글 양식으로 출력이 가능하다.
시스템 관리	사용자관리	시스템 사용자의 정보 및 비밀번호 초기화를 관리한다.

대분류	중분류	기능설명
	조직관리	사용자들로 구성되는 조직을 관리한다.
	접속로그	시스템에 대한 접속 이력과 사용 이력, 보안설정정보를 확인할 수 있다.
	권한설정	시스템이 관리하는 사용자 목록을 표(그리드)에 출력하고 사용자의 권한(관리자, 분석자, 조회자)을 설정한다. - 관리자는 모든 메뉴 접속 권한 부여 - 분석자는 기준정보, 자료관리, 현황분석, RAMS분석, 활용분석, 목표설정/평가, 기술기준 - 조회자는 현황분석, RAMS분석, 목표설정/평가, 기술기준 메뉴에 조회권한만 부여
	템플릿	열차운행체계, 유지보수시스템, 설계자료, 자산관리체계의 데이터를 표준화된 템플릿 양식으로 통합 시스템에 이관 및 이력을 관리한다.
	라이브러리	시스템 분류 코드별 고장유형과 위험요인에 대한 내용을 미리 작성 및 등록하여 참고 자료를 축적하며 시스템 사용자의 편의를 높인다. 고장유형은 시설물 유지관리, 위험요인은 위험요인분석시에 활용된다.
	일괄작업	시스템에서 일괄작업이 필요한 업무에 대해 스케줄로 관리하여 스케줄을 수행하도록 한다. 일괄작업의 종류는 시설물유지관리 데이터 이관(시설물유지관리에서 자료관리의 유지관리체계로 이관), 분석자료 변환(자료관리의 유지관리체계를 현황분석 및 RAMS분석 데이터로 변환), RAMS지표 생성(분석자료 변환된 데이터를 기반으로 RAM 지표를 자동으로 생성)으로 나뉜다. 또한, 분석자료변환시 전체변환(이전에 변환된 모든 데이터를 삭제 후 재등록)와 부분변환(이전에 변환된 일자를 기준으로 이후에 등록된 데이터만 변환)으로 나뉜다.
	연동매핑관리	레거시 코드(운영사의 시스템에서 관리하는 코드)와 RAMS 코드간의 연동매핑 관계를 설정하고 조회한다. 시스템분류코드, LBS코드, 코드그룹, 상세코드 간의 매핑관계를 조회 및 설정할 수 있다. 미매핑 항목 또는 매핑완료 항목을 일괄로 조회해 작업할 수 있으며 건별로도 수정이 가능하다.
	자료현황	연동을 통해 유지관리체계로 들어온 데이터 현황을 조회할 수 있는 화면이다. 설정한 기준일을 기점으로 7일 이전까지의 데이터 생성 건수 현황을 확인할 수 있다.
시설물 유지관리	기준정보	유지관리 활동의 기준이 되는 E&M분류별 계층구조를 정의하고, E&M별 유지관리 관리소속 및 작업자를 정의한다.
	시설정보	E&M별 관리하고 있는 시설물 정보를 등록하고 해당 시설물별 점검항목, 주기교환품, 예비품 정보를 등록하여 관리한다.
	점검작업	시설정보를 기반으로 주기적으로 수행하는 작업들은 작업계획을

대분류	중분류	기능설명
		설계하여 점검작업을 수행하며 관리한다.
	보수작업 수선작업	E&M별 관리하고 있는 시설물의 비정기적인 고장기록와 보수작업을 관리하며, 보수작업 및 점검작업 수행시 관련 수선작업을 관리한다.



<도시철도 E&M RAMS 시스템 기능 구성도>

⑤ RAMS 통합시스템 기능 및 보안성 검증

- RAMS 통합시스템 기능·보안 검증은 통합시험, 제3자 검증과 보안취약성 검증을 통해 기능에 대한 검증과 보안성에 대한 검증을 수행하였다.
- 통합시험은 연구주관기관 및 개발사의 담당자로 시험 조직을 구성하여 요구된 항목별로 구현된 소프트웨어의 기능이 정상 작동하는지와 소프트웨어가 정확하게 구현되었는지 검증모델에 따른 부합성 여부를 확인하였다.
- GS인증은 공식적인 인증기관인 TTA(한국정보통신기술협회)으로부터 소프트웨어 제품 품질 요구사항 과 시험에 관한 국제표준에 따라 시험대상 제품에 대해 품질 시험을 수행하였다. 보안취약성 검증은 다음과 같은 보안 규칙에 대한 약점이 없는 지를 국정원 CC 인증을 획득한 툴을 통해 정적시험을 수행하였다.

■ 시험 범위 : KRAMS에서 구현한 모든 기능을 종합하여 시험

■ 시험 환경 사양

구분	사양
KRAMS 통합 서버	E5-2699v4
	CPU : 1P/22C Memory : 128G
	HDD : 240GB SSD*2EA, 900GB*14EA

	ODD, P440ar/2G, Rail, Power*2EA
	WinSvrSTDCore 2016 SNGL OLP 2Lic NL CoreLic
	WinSvrCAL 2016 SNGL OLP NL UsrCAL*5User
	Oracle Database Standard Edition 2 Named User 10User(11g)
테스트 PC	E5-2699v4
	CPU : 1P/22C Memory : 128G
	HDD : 240GB SSD*2EA, 900GB*14EA
	ODD, P440ar/2G, Rail, Power*2EA
	WinSvrSTDCore 2016 SNGL OLP 2Lic NL CoreLic
	WinSvrCAL 2016 SNGL OLP NL UsrCAL*5User
테스트 브라우저	명칭:Chrome 버전:65.0.3325.181
테스트 데이터	버전 : KRAMS-SAMPLE-DATA-20181122
테스트 KRAMS	WAS : ApacheTomcat7 프레임워크 : 전자정부프레임워크3.6 형상버전 : KRAMS-SRC-1.3

■ 시험 장소 : 시범적용한 서울교통공사 및 대전도시철도공사 내부망에서 시험

■ 시험조직

구분	역할	담당자	소속
시험지원 (연구원)	- 테스트 시나리오 작성 - 통합테스트 지원 수행 - 테스트 결과서 작성 - 현장 적용 시스템 구축 및 시험	기능별 개발자	카이엠, 대아티아이
시험자	통합시험 수행자	개발팀 담당자 및 주관기관	카이엠/ 대아티아이/ 서울교통공사/ 대전도시철도공사

■ 시험방법 : 시험방법은 각 구분별로 시험을 실시하여 평가 결과를 기준으로 적합여부를 판정한다.

- 시험명세서에 제공된 시험 시나리오 및 시험용 데이터를 이용
- 요구사항별 기능부분 시험명세서를 기준으로 적합 여부를 판정

■ 서울교통공사 시험결과 : 총 Test-Case 192건 중 적합 190개, 부적합 2개

* 시험중 부적합 2개: 1건은 시스템 적용, 1건은 시험시 잘못 확인된 항목

■ 대전도시철도공사 시험결과 : 총 Test-Case 192건 중 적합 192개, 부적합 0개

○ 보안성 시험

■ 소스코드 파일수 : 1142개

■ 소스코드 라인수 : 400552라인

■ 총 경고 개수 : 0개 (전체 검출 157개 중 조치 36개, 무시 0개)

■ 프로젝트 위험도 : 0

■ 분석결과

<보안성 시험 분석결과 요약>

위험도별 경고 검출 파일 개수					안전한 파일 개수	합계
5(높음)	4	3	2	1(낮음)		
0	0	0	0	0	1142	1142
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	100%

⑥ RAMS 통합시스템 도입을 위한 운영기관 보안성 검토

㉮ 정보화사업 보안성 검토 기준 (운영기관 A)

○ 정보화사업 추진 시 자체 보안대책을 강구하여야 하며, 구축될 시스템에 대한 안전성을 확인하기 위하여 사업 계획단계에서 보안성검토를 수행하여야 함

○ 정보화사업 보안성검토는 정보보안위원회의 자체 보안 심의 후 서울특별시장 또는 국가정보원장이 수행하며, 정보화사업의 규모와 성격에 따라 서울특별시장이 보안성 검토를 심의하고 필요한 경우 국가정보원장에 요청

✓ 국가 정보보안 기본지침 제109조 ~ 제113조

✓ 서울특별시 정보통신 보안업무 처리규칙 제89조 ~ 제92조

✓ 정보보안업무처리규정 제54조 ~ 제56조

㉯ 대상 사업

○ 홈페이지 구축 등 정형화된 정보화사업

○ 영상통화시스템 등 단일기능의 정보시스템 구축

○ 정보보호제품 도입 및 전산·통신장비 도입·교체

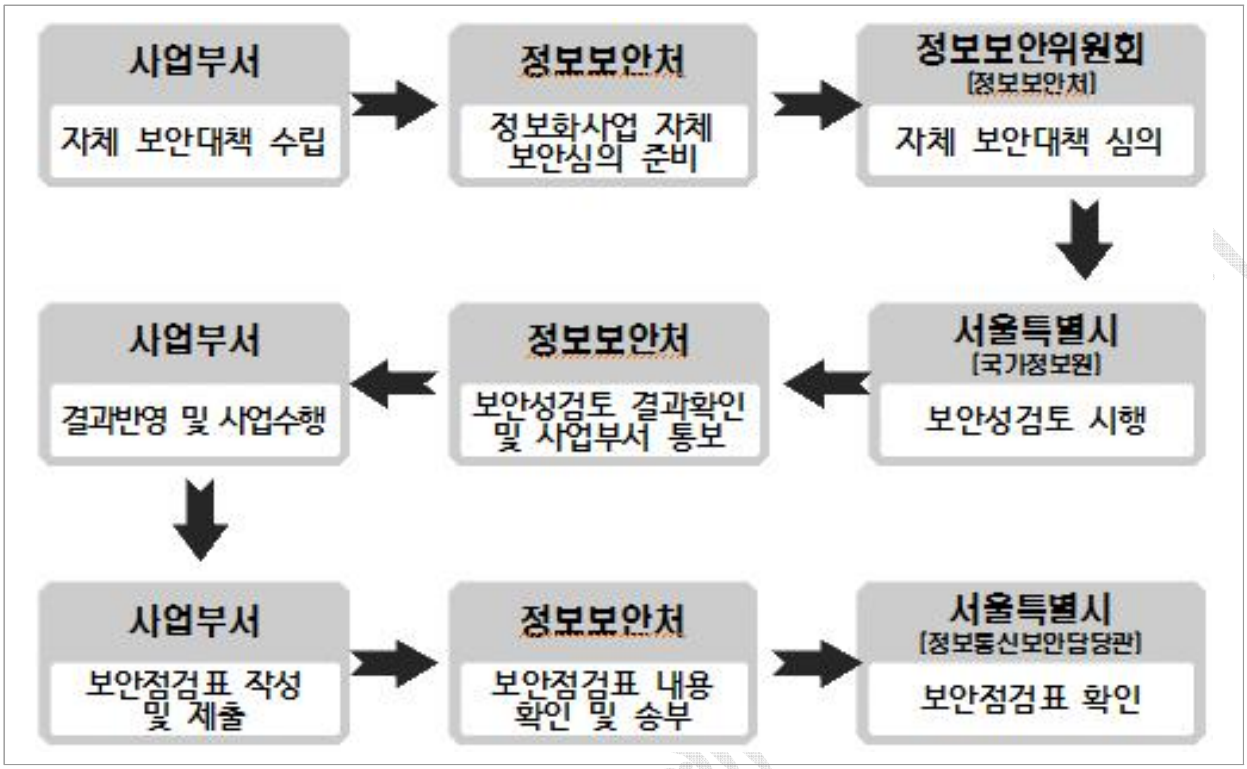
○ 비밀·국가안보·정부정책과 관련되는 사업

○ 대규모 예산투입과 다량의 DB자료를 처리하는 사업

○ 외부기관간 망연동 등 보안상 취약 사업

○ 보안정책 과제 및 최신 IT기술 적용

㉰ 보안성검토 절차 예시 (운영기관 A)



㉱ 보안성 검토 사전준비 사항

○ 사업계획서 작성

○ 정보화사업 보안성 검토 요청서 작성

✓ 사업 개요 및 시스템 구성

✓ 시스템 구성 및 도입될 H/W, S/W 현황

✓ 보안관리 수행체계 및 기술적·물리적 보안대책 기술

㉲ 보안적합성 검증

○ 보안적합성 검증은 국가정보통신망의 보안수준을 제고하고 외부의 사이버 위협에 대응하기 위해 '전자정부법' 제56조 및 '공공기록물 관리에 관한 법률 시행령' 제5조에 의거, 국가·공공기관에 도입하는 정보보호시스템에 대한 안전성을 검증하는 제도

○ 국가정보원이 필요성을 인정하는 정보보호시스템의 경우에는 반드시 안전성이 확인된 CC인증 제품 등 도입요건을 만족한 제품을 도입

○ 보안기능이 포함된 IT제품 도입 시 국가정보원에 보안적합성 검증을 신청해야 하며 검증결과 발견된 취약점을 제거한 후 운용

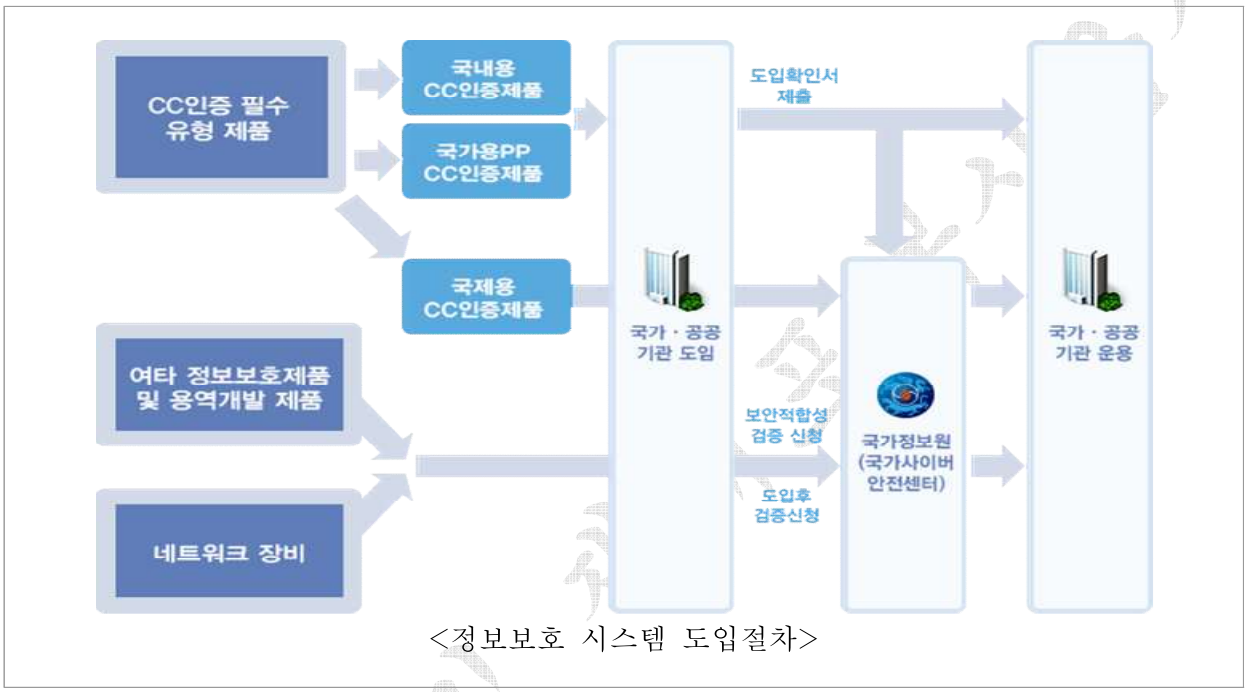
✓ 국가 정보보안 기본지침 제114조~120조

✓ 서울특별시 정보통신 보안업무 처리규칙 제93조~96조

✓ 정보보안업무처리규정 제57조~60조

㉮ 보안적합성 검증 절차 예시 (운영기관 A)





<정보보호 시스템 도입절차>

㉯ 보안성적합성 검증 준비 사항

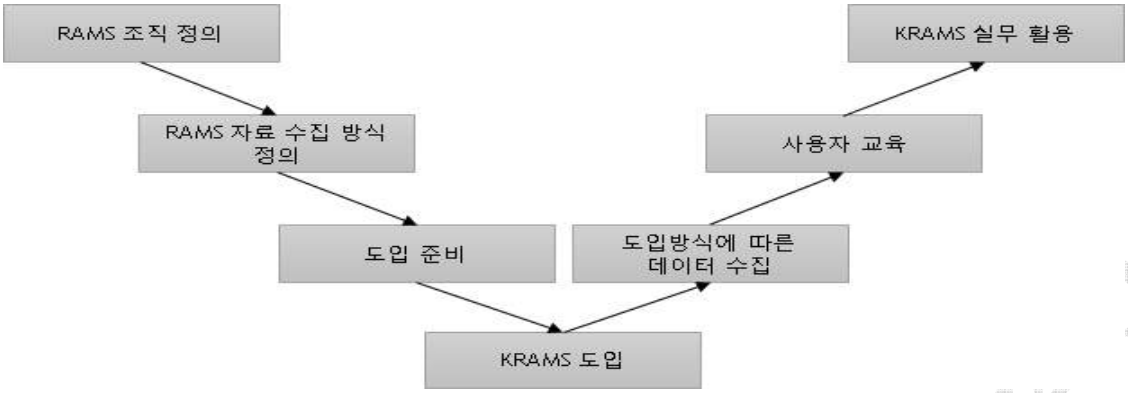
○ 보안적합성 검증 신청서 작성

✓ 도입 제품별 세부정보 및 보안기능 요구사항 점검표 작성

(다) RAMS 통합시스템 도입시나리오 및 실무 활용 가이드 제시

① 도시철도 운영기관 KRAMS 도입 시나리오

도시철도 운영기관은 철도안전관리체계 기술기준을 적용하는 프로세스가 부재하고, 수행에어려움이 있다. 또한, 적용을 위한 시스템적 지원이 필요하다. 철도운영기관에서 운영중인 MIS, ERP 및 차량검수 시스템 등은 철도안전관리체계 기술기준을 적용하기에 상당한 시간과 비용 등의 자원을 필요로 한다. 이러한 요구에 따라 전국 철도운영기관에서 국체 철도 RAMS규격 및 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 활동을 원활하게 지원하기 위한 도시철도 RAMS 시스템을 구축하였다. 철도운영기관의 시스템 운영환경에 따라 RAMS 시스템을 원활하게 도입할 수 있는 시나리오를 제시하였다.



<KRAMS 도입 전체 시나리오>

절차명	상세내용
RAMS 활동조직 및 사용자 정의	현장작업자, RAMS분석자, RAMS관리자, KRAMS 관리자로 구분
RAMS 자료 수집방식결정	운영사 시스템 연계 방식 템플릿 방식 시설물 유지관리입력 방식
RAMS 시스템 도입 준비	시스템 분류, 계층구조(LBS), 코드 정의 부족 자료에 대한 방침결정 자료 수집 범위 결정
RAMS 시스템(HW/SW) 도입	KRAMS 서버(H/W) 및 SW 사양 결정 보안대책 결정
도입방식에 따른 수집 데이터 처리	기존 데이터 마이그레이션 및 코드 자료 정리 연계방식에 따른 데이터 수집 절차 수행
사용자 교육	현장 작업자, RAMS 분석자 및 KRAMS 관리자 교육
RAMS 실무활용	RAMS 관리 대상 선정 및 자료검토 현황분석 및 RAMS분석 RAMS 결과 활용 평가 및 목표 설정

<KRAMS 시스템 도입 절차>

② 시스템 운용 지침

㉮ 시스템 상태 확인

도시철도 E&M별 RAMS 시스템은 정상 상태와 장애 상태로 구분한다. 정상 상태는

정상적으로 운영 시나리오에 따라 사용자에게 정보를 제공하는 것을 말하며, 장애 상태는 시스템에 장애가 발생하여 정상적으로 사용할 수 없는 상태이다.

■ 정상상태

정상 상태는 도시철도 E&M별 RAMS 시스템이 정상적으로 운영되는 상태로 사용자는 아무런 제약 없이 시스템을 사용할 수 있다.

■ 장애상태

장애 상태는 시스템에 장애가 발생하여 정상적으로 사용할 수 없는 상태로서 주요한 장애 상태는 다음과 같이 구분한다.

- H/W 장애
  · 시스템의 운영/관리/장애 상태에 관계없이 해당 클라이언트의 문제를 진단한 후 해결한다.
- 데이터베이스 장애
  · 도시철도 E&M별 RAMS 시스템은 Oracle를 데이터베이스로 사용한다. 따라서 Oracle에 문제가 발생했을 경우 Oracle 프로그램의 복구 기능을 이용하여 문제를 해결한다.
- 소프트웨어 실행 장애
  · 소프트웨어 실행 문제가 발생했을 경우는 프로그램을 재설치 후 실행한다. 재설치 후에도 계속해서 실행 문제가 발생할 경우 개발업체에 문의한다.

㉯ WAS(Web Application Server) 환경설정

■ D:/KRAMS/bin/startup.bat

Tomcat 서버 실행을 위한 JAVA_HOME 환경설정을 위해 startup.bat 파일에서 아래에 해당되는 영역에 빨간색으로 표시한 설정을 추가한다.

```
...
rem ---------------------------------------------------------------------------
rem JAVA_HOME 설정
set "JAVA_HOME=../jre7"

rem ---------------------------------------------------------------------------

rem Guess CATALINA_HOME if not defined
set "CURRENT_DIR=%cd%"
if not "%CATALINA_HOME%" == "" goto gotHome
set "CATALINA_HOME=%CURRENT_DIR%"
if exist "%CATALINA_HOME%\bin\catalina.bat" goto okHome
...
```

■ D:/KRAMS/bin/catalina.bat

Tomcat 서버 실행을 위한 jvm 환경설정을 위해 catalina.bat 파일에서 아래에 해당되는 영역에 빨간색으로 표시한 설정을 추가한다.

```
...
if not "%LOGGING_MANAGER%" == "" goto noJuliManager
set LOGGING_MANAGER=-Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager
:noJuliManager
set JAVA_OPTS=%JAVA_OPTS% %LOGGING_MANAGER%

set JAVA_OPTS=%JAVA_OPTS% -server -XX:ParallelGCThreads=2 -XX:-UseConcMarkSweepG
C -Xmx1024m

rem ----- Execute The Requested Command ---------------------------------------

echo Using CATALINA_BASE:   "%CATALINA_BASE%"
echo Using CATALINA_HOME:   "%CATALINA_HOME%"
echo Using CATALINA_TMPDIR: "%CATALINA_TMPDIR%"
...
```

■ D:/KRAMS/conf/server.xml

Tomcat 서버의 포트설정 및 URI인코딩 설정, 배포설정에 대한 옵션 설정을 위해 server.xml 파일에서 아래에 해당되는 영역에 빨간색으로 표시한 것처럼 설정을 수정한다.

```
...
    <Service name="Catalina">
    <Connector port="80" protocol="HTTP/1.1"
               connectionTimeout="20000"
               redirectPort="8443"
               URIEncoding="UTF-8" />
...
   <Engine name="Catalina" defaultHost="localhost">
      <Realm className="org.apache.catalina.realm.LockOutRealm">
        <Realm className="org.apache.catalina.realm.UserDatabaseRealm"
               resourceName="UserDatabase"/>
      </Realm>

      <Host name="localhost"  appBase="webapps"
            unpackWARs="true" autoDeploy="false">
...
```

㈐ KRAMS 환경설정

■ :\KRAMS\webapps\project\WEB-INF\classes\egovframework\properties\globals.properties

KRAMS에 파일을 관리하기 위해 globals.properties에서 아래에 해당되는 영역에 빨간색으로 표시한 설정을 서버환경에 맞추어서 수정한다.

```
#저장소 경로
system.path.repository=D:/vault/rams/

#임시파일 저장소 경로
system.path.repository.temp=D:/vault/rams/temp/

#템플릿업로드 에러결과파일 저장소 경로
system.path.repository.error=D:/vault/rams/error/

#RAM분석 dataset 경로
system.path.repository.reliability=/rel

#시스템분류 첨부파일 경로
system.path.repository.sysCls=basis/sysCls/
#LBS구조 첨부파일 경로
system.path.repository.lbsCls=basis/lbsCls/

#기술기준 첨부파일 경로
system.path.repository.tech=/tech/

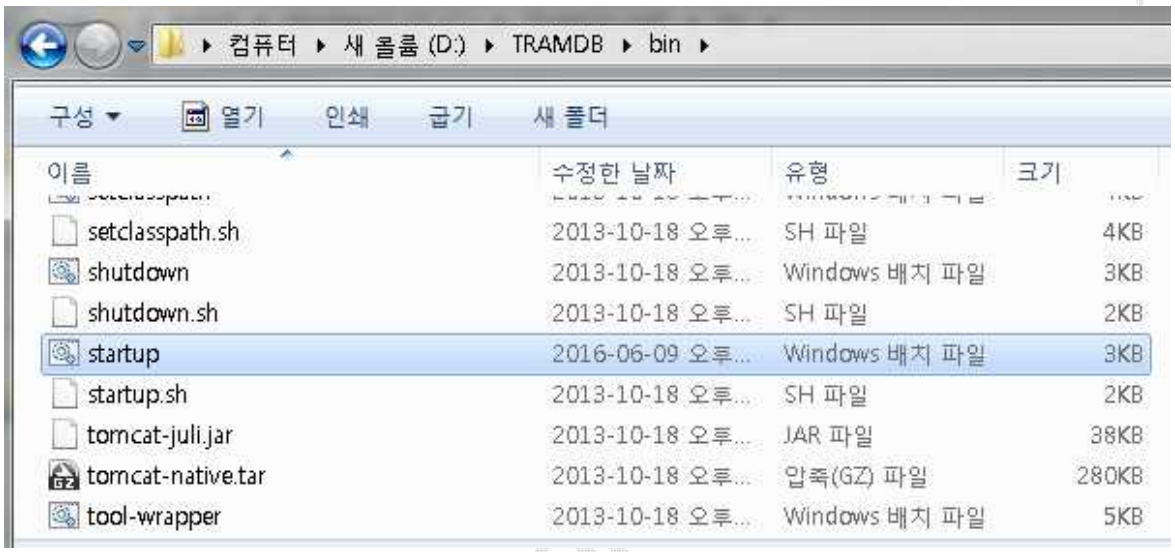
#위험관리 > 위험요인 첨부파일 경로
system.path.repository.hazard=risk/rskHazard/
```

```
#위험관리 > 안전대책 첨부파일 경로
system.path.repository.safe=risk/rskSafety/
#템플릿 저장소 경로
system.path.repository.template=WEB-INF/template/
```

㉱ KRAMS 운영절차(서비스 시작 및 종료)

■ TOMCAT 이 설치된 서버에 원격으로 접속한다.

■ TOMCAT 이 설치된 폴더에서 startup.bat 를 실행한다.

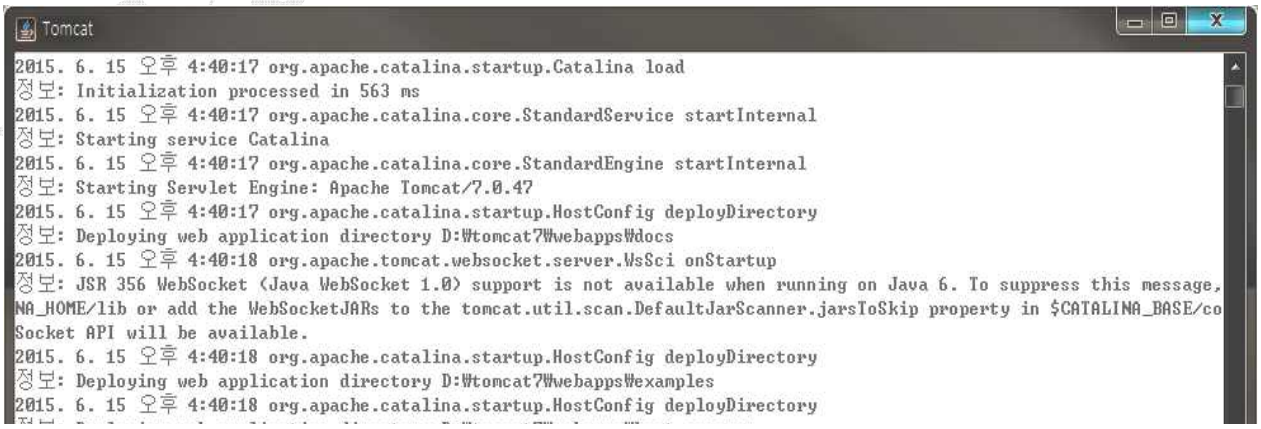


- 혹은 바탕화면에서 KRAMS 실행 아이콘을 클릭한다.

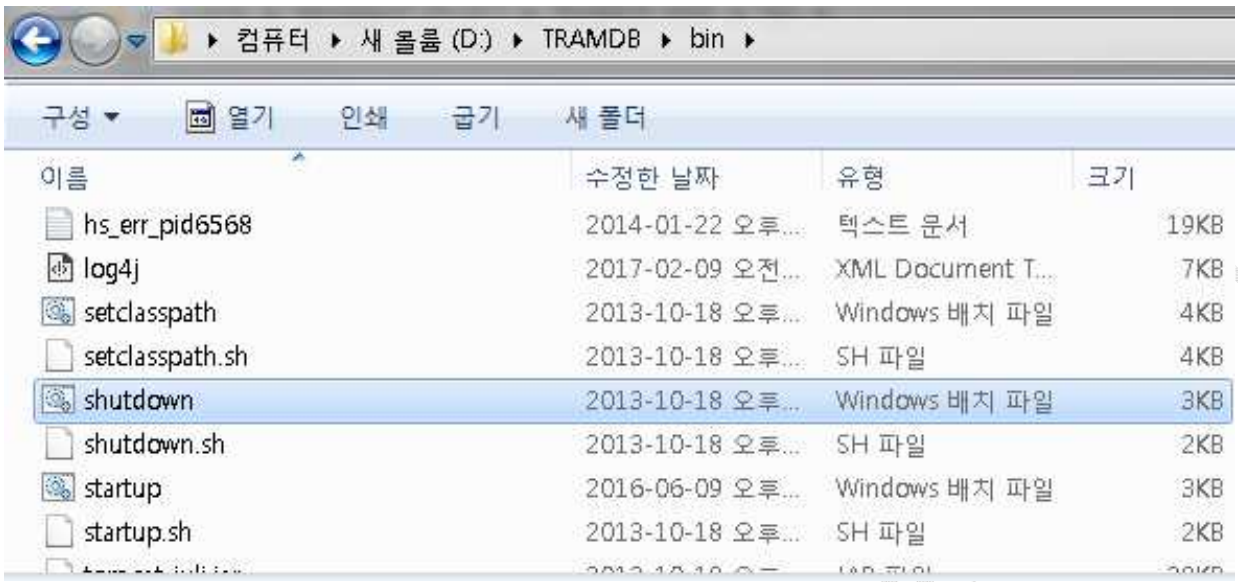
시스템 종료 순서는 WAS -> 데이터베이스 순으로 한다.
데이터베이스를 재가동을 하게 되면 우선적으로 WAS를 종료하여 재가동해야 된다.

■ TOMCAT 이 설치된 서버에 원격 접속한다.

■ TOMCAT 실행 프롬프트를 종료한다. (x버튼을 클릭한다.)



■ TOMCAT 이 설치된 폴더에서 shutdown.bat를 실행한다.



③ KRAMS 실무 활용 가이드

- RAMS 측면에서 도시철도 운영기관의 인원은 현장 작업자, RAMS 관리자, RAMS 분석자, 시스템 운영자, 의사결정권자로 구분할 수 있다.

<KRAMS 사용자 구분>

운영기관 사용자	KRAMS 권한	업무내용
현장작업자	조회자	차량, 신호, 전기, 통신, 기계 등 E&M 분야별 고장조치, 점검, 수선 등의 정비 업무를 수행
RAMS 관리자	분석자	RAMS 관리자는 운영기관에 RAMS 시스템 도입을 위해 필요한 절차 및 업무를 리드하는 역할을 담당
RAMS 분석자		E&M 분야별 전문가로 RAMS 활동을 수행하며 그 결과인 RAMS 지표를 확인하는 업무를 수행
시스템 운영자	관리자	KRAMS 시스템(도시철도 RAMS 통합시스템)의 설치, 운용 및 장애 복구 업무를 수행
의사결정권자	조회자	RAMS 활동을 통해 도출된 개선 사항을 운영기관의 업무에 반영하는 것을 결정

- KRAMS 시스템 도입 절차에 따라 시스템이 도입되면 RAMS 분석자는 KRAMS 시스템을 이용하여 RAMS 활동을 수행해야 한다. 운영기관의 RAMS 분석자는 현장 작업자가 작성한 고장 및 정비내역을 확인하여 RAMS 분석에 문제가 없는지 확인해야 하고 잘못 기록되고 있는 자료에 대해서는 해당 작업자에게 시정 요청을 해야 한다. 현장 기록 자료

를 토대로 RAMS 분석을 수행하여 점검, 교체주기의 적정성을 판단하고 수명 관리에 활용하는 등 효율적인 철도시스템 운영을 위한 조치를 취해야 한다.

RAMS 실무활용 가이드는 RAMS 활동을 수행하는 RAMS 분석자를 위한 지침으로 시스템 엔지니어링의 주요 항목 중의 하나인 RAMS에 대한 운영 단계의 활동 및 관련 내용을 기술하고 있다.

<KRAMS 실무활용 가이드>

목차	세부 가이드 내용
RAMS 개념 이해	▪ RAMS의 기본 개념과 철도안전관리체계 기술기준에서 기술되어 있는 RAMS 관련 사항을 확인하고 철도 관련 RAMS 국제 규격인 IEC 62278의 내용을 설명.
KRAMS 설명	▪ KRAMS는 철도안전관리체계 기술기준을 지원하기 위한 도시철도 RAMS 통합 시스템이다. KRAMS의 소개 및 RAMS 활동을 지원하기 위한 시스템의 사용 흐름과 KRAMS 기능에 대해 설명.
RAMS 관리대상 선정	▪ RAMS 활동의 대상을 특정해야 하는 이유는 효과적인 활동을 위해 필요. 모든 시스템, 모든 품목에 대해 RAMS 성능을 향상하는 것 보다는 안전에 취약하거나 서비스에 문제를 일으키는 품목을 집중적으로 관리하는 게 효과적이기 때문임. ▪ 철도안전관리체계 기술기준 “12.7.3 철도안전 주요부품 등의 관리”에서도 안전과 직결되거나 고장 빈발 부품을 선별하여 주요부품으로 관리하도록 명시하고 있다. 따라서 아래의 3가지 측면에서 RAMS 관리 대상을 선정.
수집자료 검토	▪ KRAMS 도입 절차에 따라 E&M 시스템 분류 및 계층구조를 정의하고 자료 수집 방식 및 범위에 따라 자료가 수집되면 RAMS 분석자는 연계/연동/입력 자료에 대한 데이터 검토를 수행. ▪ 검토 대상 자료는 시스템 분류 및 계층구조, 코드자료 등 RAMS 분석의 기준이 되는 자료, 고장 기록 자료, 점검/고장 조치 자료 등 수집되는 모든 데이터를 대상으로 함. ▪ 자료 검토는 분석에 문제가 되지 않도록 데이터 신뢰성을 확보하는 작업이고 최대한 문제가 없도록 정제한다는 의미이지 반드시 완벽해야 한다는 의미는 아니다. 현장 작업자의 개개인의 판단에 따라 동일 내용을 다르게 입력할 수 있다는 점을 인정해야 함.

목차	세부 가이드 내용
	▪ 동일한 사안에 대해서 대부분의 작업자가 동일하게 입력할 수 있도록 지속적인 업무 전달이 필요.
현황분석 및 RAMS 분석	▪ 수집 자료를 이용하여 구간별 신뢰도, 정비도, 가용도, 위험도에 대한 변화 모니터링. 모니터링 구간은 칼렌다 시간, 운행(영)시간, 주행거리를 기준으로 구분. ▪ 수집 자료를 이용하여 분야별 현황, 운용 현황, 고장 현황, 정비 현황 및 소요량 상위 목록을 확인하는 현황 분석과 신뢰도, 정비도, 가용도, 위험도, 위험요인 및 위험요인 관리대장을 확인하는 RAMS 분석 기능을 제공. ▪ 신뢰도는 칼렌다 시간, 운행(영)시간, 주행거리를 기준으로 구간을 설정하여 구간별 신뢰도를 통해 고장률 변화를 모니터링 함. 구간별 고장률은 구간별 운용시간을 고장횟수로 나누는 방식으로 계산하고 고장률 상위 품목에 대한 목록을 확인 함. 신뢰도의 경우 추세 분석이 가능한 분포 분석 기능을 제공하므로 이를 이용하여 미래의 신뢰도를 예측할 수 있음. ▪ 정비도는 구간별 정비도 변화를 모니터링 함. 칼렌다 시간을 기준으로 구간을 구분하여 정비시간 및 정비인시를 모니터링 함. 구간별 정비시간 및 정비인시를 집계하여 산출하고 정비 시간 상위 및 정비인시 상위 목록을 확인할 수 있음. ▪ 특정 기간에 대한 가용도를 모니터링하기 위해서는 가용도에 영향을 미치는 신뢰도 및 정비도, 지연시간 등을 확인함. ▪ 위험도와 관련하여 안전대책 효과를 모니터링 한다. 안전대책 시행 전후의 구간에 대한 위험도 분석을 통해 위험도 변화를 모니터링.
RAMS 결과 활용	▪ RAMS는 궁극적으로 최적의 비용으로 가용성 및 안전성을 극대화하기 위한 목적으로 수행됨. 따라서 RAMS 분석의 결과는 운영 정책, 정비 정책 등에 환류되어 시스템의 효과적인 운영을 지원해야 함. ▪ 운영기관에서 효과적으로 수행할 수 있는 활용 방법에 대해 기술.
RAMS 평가 및 목표 설정	▪ RAMS 평가란 RAMS 분석을 통해 산출된 RAMS 지표와 목표값과 비교하는 과정임. 이를 토대로 목표를 재설정.

목차	세부 가이드 내용
기술협의 운영	▪ 기술협의체는 RAMS 분석 결과의 검토, 평가 및 목표 설정을 책임지는 조직으로 RAMS 분석에 따른 운영 및 정비 정책 반영을 결정. RAMS 전반적인 활동을 감독하고 의사결정을 위한 인원으로 구성. ▪ 기술검토 결과 결의된 안건에 대해서는 정기검사에 반영하여 현장 작업자에게 즉각적인 시행을 요청하는 등의 활동을 통제해야 함. 시범 적용을 통해 검증 후 반영할 사안들을 감독하고 통제하며 RAMS 목표 변경 사항은 이력으로 관리해야 함.
철도안전관리체계 평가	▪ 철도안전관리체계 기술기준을 지원하기 위하여 별도의 기술기준 관련 기능을 제공함. ▪ 철도안전관리체계 기술기준이 철도안전관리시스템, 열차운행체계, 유지관리체계로 구성되어 있듯이 KRAMS는 <기술기준> 메뉴의 하위로 안전관리, 운행관리, 유지관리 메뉴를 제공하고 있음. 각 메뉴의 하위로 기술기준 관련 규정, 지침, 심사 자료를 관리할 수 있는 자료관리 기능을 제공하고 있음.

(라) RAMS 관리 대상 및 관리 대상별 관리 항목 정의

- 운영기관의 RAMS 관리 대상을 조사 및 분석하고 주요 RAMS 우선 항목을 도출
운영기관 유지관리시스템의 E&M별 데이터 체계 분석을 통한 필수/선택/불필요 데이터 분류 및 안전체계 기술기준 평가에 적합한 데이터 기준을 수립하여 RAMS통합시스템에서 프로세싱 후 관리할 수 있는 대상 및 관리항목 도출/정의
- 운영기관의 유지관리시스템 데이터 분류체계 분석을 통한 RAMS통합시스템 데이터 분류 최적화 방안 제시

① 위험도 관리관점에서의 RAMS 관리체계 기준

㉮ 위험도 기준 정의

○ E&M 시스템의 고장(장애)에 따른 열차탈선, 추돌, 충돌, 운행중단, 지연에 따른 인적, 물적, 시간의 손실에 대한 위험도를 평가

○ 위험도 평가는 정량적 평가가 가능하도록 시스템을 구축 한다. 다만 고장(장애)의 이력이 없거나 ①항의 중대 위험원으로 작용하지 않는 E&M 시스템에 대하여는 위험도 관리표 등에 의한 정량적 평가를 할 수 있도록 기준을 제시

○ 위험도 평가는 위험요인 식별, 위험도 분석 및 평가가 가능하도록 시스템을 구축

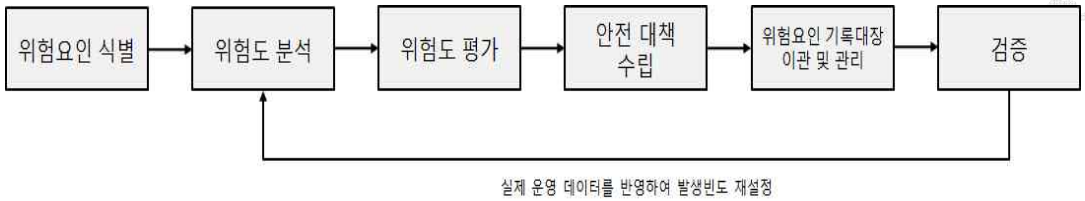
○ 위험도 분석은 발생가능성, 발생에 따른 심각도를 산출하여 조합하여 위험도가 산출되도록 설계

○ 위험도 관리에 필요한 문서가 자동 생성되도록 설계

○ 위험도 관리와 평가 절차 프로세스는 교통안전공단의 기준에 따른다

○ E&M 시스템에 대한 기대수명 관리를 위한 프로세스를 설계에 반영

㉯ 위험도 평가절차



㉰ 위험도 평가기준

○ 철도운영자 등은 위험도 분석 결과에 대한 위험도 관리기준을 적용하여 수용불가, 경감 수용 가능 또는 수용가능 여부를 판단

○ 경감수용가능에 해당하는 경우에는 위험요인의 발생가능성이나 심각도를 종합적으로 검토하여 위험도를 최저수준으로 경감하기 위한 합리적인 조치를 취하여야 한다.

○ 수용불가에 해당하는 경우에는 조속히 위험도 경감을 위한 안전대책을 수립, 시행하여야하며 위험요인이 개선되지 않은 상태에서는 열차운행을 할 수 없다

EN 50126 2017

Frequency of occurrence of an accident (caused by a hazard)	Risk Acceptance Categories			
Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
Rare	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Undesirable
Highly improbable	Negligible	Negligible	Negligible	Tolerable
	Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
	Severity of an accident (caused by a hazard)			

KRAMS

심각도 / 발생빈도		1 재난	2 치명	31 60분지연	32 10분지연	33 5분지연	4 경미
A	빈번1 0.2 〈X	수용불가	수용불가	수용불가	경감	경감	경감
B	자주 0.1 〈X〈 0.2	수용불가	수용불가	경감	경감	경감	경감
C	때때로 0.01 〈X〈 0.1	수용불가	수용불가	경감	경감	경감	수용가능
D	드물게 0.001 〈X〈 0.01	수용불가	수용불가	경감	경감	수용가능	수용가능
E	거의없음 00 〈X〈 0.001	수용불가	경감	경감	수용가능	수용가능	수용가능

위험도	위험도지표	제시기준
1	A1,A2,A31,B1,B2,C1,C2,D1,D2,E1	수용불가
2	A32,A33,A4,B31,B32,B33,B4,C31,C32,C33,D31,D32,E2,E31	경감
3	C4,D4,D33,E32,E33,E4	수용가능

<위험도 매트릭스>

- 위험도(Risk) : 위험요인에 의한 발생가능성과 심각도에 따라 측정되는 위험의 정도
- 위험관리 : 안전관리프로그램을 통해 발견되는 위해요인(Hazard)을 식별하고 위험을 분석, 평가함으로써 운영환경에서 존재하는 특정위험을 경감하거나 안전관리 프로그램을 개선하는 일련의 활동
- 위험목록 : 식별번호, 시스템, 서브시스템, 위험요인 설명, 위험요인 발생원인, 위험요인 영향/결과, 위험도, 위험요인 기록 추적으로 구성
- 위험도 : 위험사건의 빈도(사건발생 건수/년) × 위험사건이 초래하는 결과 심각도(사상(지연)/건)

○ KRAMS 에서는 국내 및 국제 규격 등을 참조하여 위 도표와 같은 위험도 매트릭스를 제시하였으며 향후 기준 변경 및 시설물별 적용을 고려하여 변경, 수정 기능을 제공하고 있다.

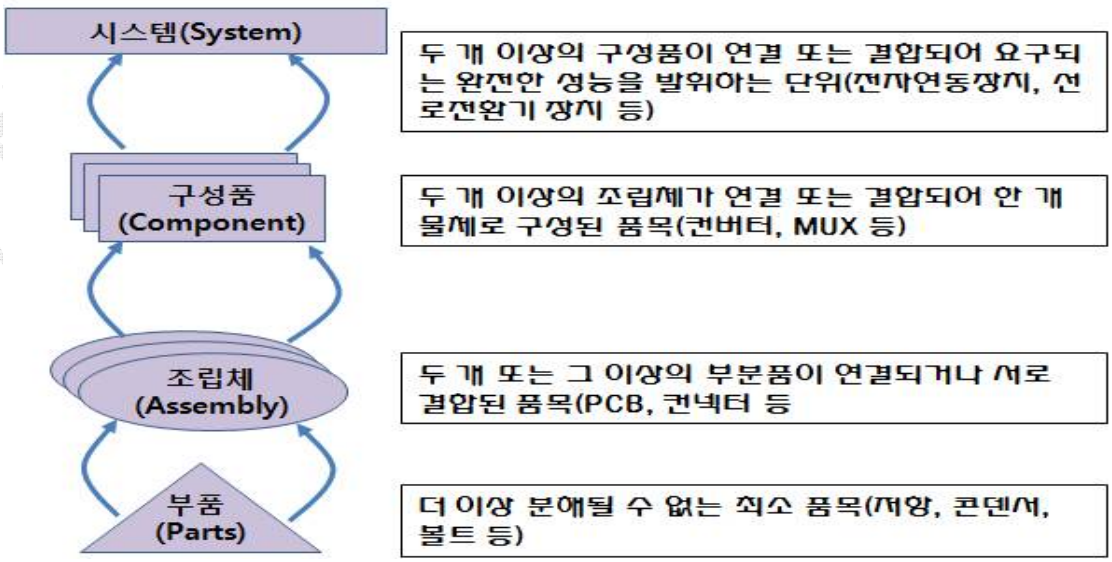
㉮ E&M별 고장유형 및 위험요인 도출

운영 기관이 제작사에게 고장 유형을 제시하는 이유는 제작사가 FMECA 분석 시 특정 고장유형에 대해 누락할 수 있는 오류를 제거하고 고장유형의 범위를 실제 운영 현장에서 발생 할 수 있는 고장유형으로 한정하여 분석 수준이 운영기관에서 활용하기 적합한 형태로 작성하도록 유도 위함이다. E&M별 고장유형 도출은 실제 운영 기관에서 유지보수 실적데이터와 운영 기관이 보유한 E&M별 유지보수 지침을 활용하여 정리하는 것이 가장 합리적이다.

② 유지관리 관점에서의 RAMS 관리체계 기준

㉮ E&M별 시스템 계층구조별 분류체계 선정

[기능 수준별 분류체계]



㉰ E&M 분야별 시스템 RAMS 분석기준

○ 신뢰도 분석 : 시스템/서브시스템/부품이 마모 특성을 보일 때, 고장이 발생할 조건부확률은 6개의 기본 형태

○ 유지보수도(정비도) 분석 : 어떤 시스템이 고장 발생시 유지보수 요원이 가용한 절차 및 자원을 이용하여 주어진 조건하에서 주어진 시간 내에 시스템을 정비하여 그 성능을 규정된 상태로 원상복구(정상운용)할 수 있는 확률로 정의

○ 가용도 분석 : 『신뢰도』와 『정비에 의하여 고장이 정상상태로 회복되는 부분』으로 이루어지며 시간 t에서 해당 시스템/서브시스템 및 장치가 정상상태에 있을 확률을 의미한다. 즉 『정비 가능한 시스템이 어떤 사용조건에서 규정시간에 정상적인 기능을 유지하고 있는 확률』을 말하고, 고유가용도, 획득가용도, 운용가용도로 분류

㉱ E&M 분야별 시스템 고장관리 입력프로세스

○ 도시철도 RAMS 활동에서 고장을 정의 및 식별하고 판단기준은 시스템/서브시스템 및 장치의 여러 가지 정상기능수행에 필요한 기능 및 하부 기능을 표준화된 방법과 기준으로 접근하여 신뢰할 수 있는 RAMS 분석기준을 제공하는데 목적

㉲ 유지관리시스템의 관리DATA 연계를 위한 인터페이스 프로세스

○ 기존 유지관리시스템과의 인터페이스 방안은 DB 접근 방식이 우선적으로 고려되고 있으며, 차선책으로 운영기관의 환경 및 현황에 따라 다양한 방법(EAI 등)으로 인터페이스 가능하도록 구성

○ 현재 각 운영기관에서 운영 중인 유지관리시스템은 다양한 운영시스템(OS)과 DB로 구성되어 있어 범용적인 인터페이스 방안이 고려되어야 하며, 추후 확장 여부에 대해서도 고려해야 함

㉳ E&M 분야별 수명주기비용 관리

LCC중 운영단계는 운영비와 유지관리비로 구성되며 유지관리비는 인건비와 재료비가 대부분을 차지한다. 유지관리 인건비와 재료비는 부품의 고장에 따른 수리/점검 횟수, 수리/폐기/외주정비 수리수준, 부품 재고수준에 영향을 받는다. 따라서 LCC 관점에서 교환/점검 주기 변경에 따른 비용 효과, 수리 대 폐기에 대한 비용 효과, 예비품 재고수준에 따른 비용 효과에 대해 분석이 필요하다. 비용 효과는 기존 유지관리에 대한 대안을 수립하고 수립된 대안에 대한 평가를 통해 판단하며 비용과 trade-off 대상과의 비교을 통해 효과적인 대안을 선택할 수 있는 기준을 제공해야 한다. 재고정책 변경시 운용 유지비를 낮추는 방향으로 정책을 변경할 경우 상대적으로 문제가 야기될 수 있는 가용도 측면의 결과를 같이 산출해야 하며 대체품의 사용은 고장률 변경에 따른 점검/교환 주기 변경 및 구매비의 차이에 대한 결과를, 수리수준 변경은 수리 대 폐기에 대한 가용도 및 비용 측면의 결과를 산출

(마) 도시철도 RAMS 분석/평가 기법 정의

- 2차 년도에 제시된 고장유형과 위험요인에 대한 분석 결과에 이어 보완적으로 수행하였다. 그리고 E&M 별 고장유형 정의 및 영향 평가 분석, E&M 별 고장판단기준, 도시철도 위험요인 분석 시나리오가 제시되며, 이 데이터는 RAMS 통합시스템의 고장, 위험분석의 라이브러리로 등록하여 운영자의 분석활동에 반영할 수 있도록 하였으며, 위험요인 판단 기준 정의를 위한 기본 데이터로 활용하였다. 그리고 정의된 평가기준에 따라 활동한 결과물이 RAMS 통합 시스템을 통해 효율적으로 활용되기 위한 방안을 제시하였고, 그에 따른 적용 결과가 제시된다.

분석 활동	분석 및 평가 기법 설명
고장분석 라이브러리	고장유형 도출 및 분석 결과를 라이브러리 형태로 제시하여 운영자와 제작/공급자 간 신속하고 효율적인 고장분석 업무를 지원. ○ E&M 설비별 고장유형 식별 ○ E&M 설비 고장유형 별 원인, 영향 분석 결과
고장 판단 기준 정의	기존 관리체계에서 고장에 대한 기준이 모호함을 해결하기 위해 운영사의 모든 유지관리 관련 자료를 분석하여 일관성 있는 고장판단 기준을 정의 ○ E&M 설비별 고장판단 기준 수립
위험요인 라이브러리	설비 관리 및 운영의 레벨에서 위험요인 분석을 효율적으로 수행하기 위한 위험요인 라이브러리를 제시한다. ○ E&M 별 위험요인 식별 ○ E&M 별 위험요인 시나리오 수립
위험요인 평가 기준 수립	도시철도 안전성 평가 기준을 보다 명확하게 정의하고 분야 별 다양한 분석 데이터를 기반으로 RAMS 통합시스템과 연계가 가능한 기준을 제시한다. ○ 위험도 평가 절차 수립 ○ 위험도 분석 기준 정의 ○ 위험도 평가 방법 및 기준 ○ 도시철도 위험도 평가 기준 제시
RAMS 표준 템플릿 검증	철도안전관리체계 기술기준 및 시행지침의 RAMS 요구사항을 만족하기 위한 RAMS 활동을 제시하고 고장유형 및 위험요인 분석/평가 결과를 기반으로 템플릿을 정의하고 검증하였다. ○ RAM 분석 표준 템플릿 ○ 위험요인 분석/평가 표준 템플릿

(바) 유지관리시스템 인터페이스(I/F) 모듈 개발

- 운영기관 유지관리시스템과 RAMS 통합시스템(KRAMS)간 데이터의 맵핑 및 관리하는 연계모듈(Interface Module)을 개발하였다. 운영기관의 데이터를 수집하고 연관 관계를 분석(DTS 프로토콜 분석 포함) 후 RAMS 통합시스템에 연계 데이터를 맵핑하는 기능을 구현하였다.

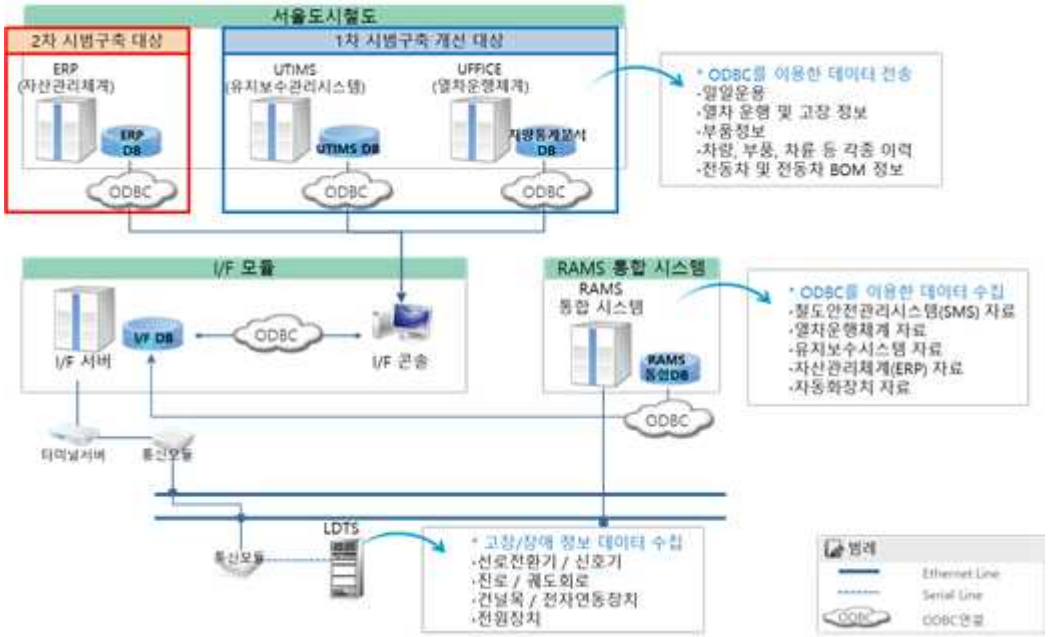
○ 서울교통공사 5,6,7,8호선에 대한 UTIMS, UFFICE 데이터와 테이블을 수집하고 분

석하여 KRAMS와의 데이터 맵핑정의서가 작성되었으며, 현장 시범구축을 통한 데이터 적합성을 검증함.

○ 또한 기존의 DTS프로토콜을 분석하여 현장 상태정보를 취합하고 이를 KRAMS로 전송하는 프로그램을 개발하였으며, 현장 시범구축을 통한 DTS정보 수집 및 전송에 대해 검증함.

① 인터페이스(I/F) 모듈 시스템 구축

- I/F 모듈은 서울교통공사 5,6,7,8호선에 해당하는 UTIMS, UFFICE 시스템의 데이터를 RAMS 통합시스템에 전송하는 기능과 정보전송장치(DTS)의 정보를 이용하여 DTS 상태 표시 및 선로의 각 장치 상태를 표시하고 그 정보를 RAMS 통합시스템으로 전송하는 기능을 수행하기 위한 시스템을 구축하였다.



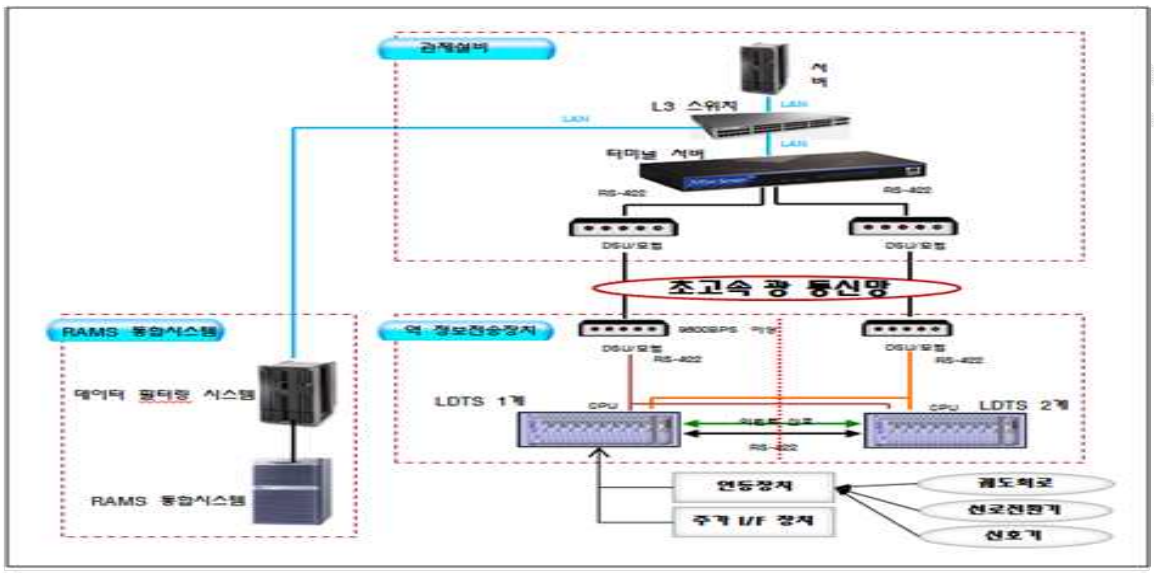
< I/F 모듈 시스템 구성도 >

② Database 접근 방식을 통한 인터페이스 구현

- 운영기관의 유지관리시스템의 DB에 직접 연결하여 RAMS 통합시스템에 필요한 데이터만 식별하여 추출하기 위하여 DB 접근 방식을 선택하였고, 적용된 인터페이스 방식은 ODBC(Open DB Connectivity)이다. ODBC 방식은 ADO(ActiveX Data Object), ORM(Object Relation Mapping)과 조합된다. ODBC는 SQL 표준 인터페이스를 기반으로 이기종간 데이터베이스를 변환하여 사용이 가능하며 각 DB별 별도의 모듈 및 드라이버가 필요하며 ADO는 ODBC에 접근하기 위해 Microsoft(MS)에서 표준으로 제작된 컴포넌트 오브젝트 모델 객체.API의 집합으로 유지관리시스템의 데이터 요청 기능을 수행한다. 또 ORM을 통하여 OOP(Object Oriented Programming)의 객체와 DB의 Relation을 매핑한다.

③ DTS 인터페이스 구축

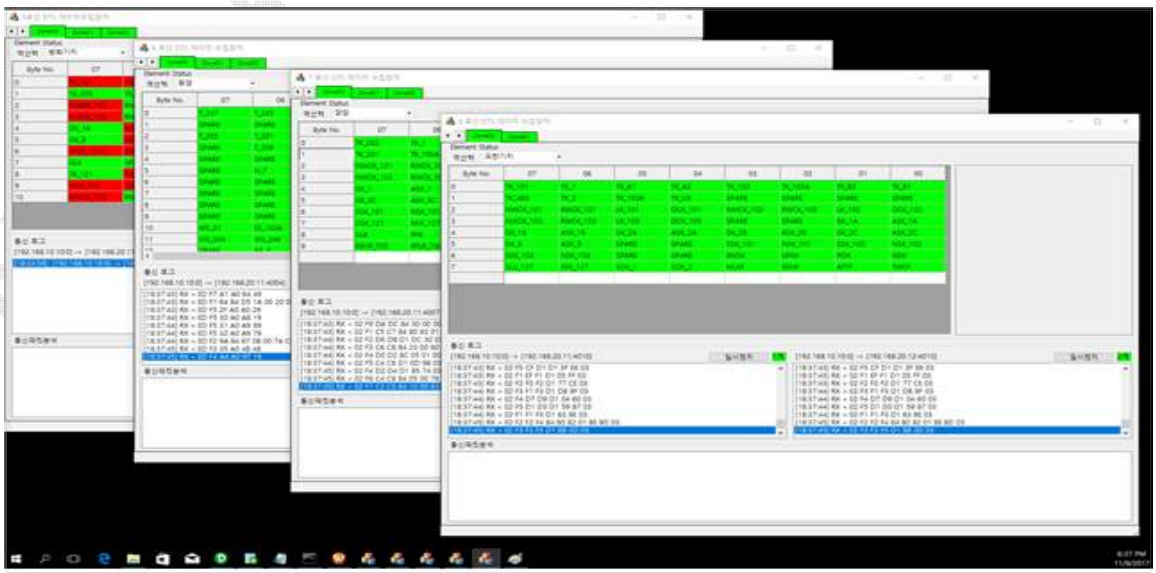
- 현장에서 수신되는 모든 실시간 데이터를 I/F 모듈이 취합하여 RAMS 통합시스템으로 전송하는 구성을 구축하였다. 현장 역의 LDTS와 인터페이스를 위해 터미널 서버의 L3 스위치에 LAN으로 연결하여 현장 데이터를 수집하였다.



< DTS 인터페이스 구성도 >

④ DTS 데이터 수집 프로그램 구현

- DTS로부터 수집된 정보를 I/F 모듈의 DB에 저장하기 위한 DTS 데이터 수집 프로그램을 구현하였다. DTS에서 TTC 서버로 전송하는 데이터를 스니핑(sniffing)하여 수집하는 프로그램으로 수집되는 데이터는 신호설비 정보, ATO 정보, DTS 상태 정보 등이다. DTS 데이터 수집 프로그램 구현하기 위해 다음과 같이 수행하였다.



< DTS 데이터 수집 프로그램 화면 >

○ DTS 통신 프로토콜 분석
○ DTS 수신 데이터 분석
○ 각 호선별 Element 데이터 추출 및 분류
○ 현장 상태 표시 기능 구현
○ I/F 모듈 DB 저장 기능 구현
- DTS와 통신 상태 확인 및 현장 데이터/고장 정보 표시 화면 구현하다.

(사) RAMS 통합시스템 시범구축 및 성능 검증

① 1차 시범구축 및 성능검증

- RAMS 통합시스템의 1차 시범구축 대상은 서울교통공사의 5~8호선 유지관리시스템에 해당하여 운영기관의 특수성(보안, 조직, 공간 등)을 적용하고 운영기관 네트워크 구조 분석 후 인터페이스를 위한 환경을 구축하였다. 1차 시범구축에 대한 성능 및 안전관리 체계에 적합성을 검증하기 위해 독립적인 제3의 공인기관과 협의체를 구성하고 검증을 수행하였으며 해외 RCM 및 FRACAS 수행 경험에 따른 검증으로 RCM 방법론 적용에 대한 권고사항을 도출하였다.

○ 서울교통공사의 운영환경을 분석하여 실제 KRAMS시스템 최적의 환경 구축
○ 국가 보안정책 준수를 위한 네트워크 보안대책 수립 및 구축
○ 안전관리체계 기술기준 등의 상위 요구사항 검토 및 권고사항 발행
○ KRAMS 상세 요구사항 검토
○ KRAMS 시범구축 후 시험입회 검증

② 유지보수관리시스템(UTIMS)의 RAMS 통합시스템 시범 구축

- 서울교통공사 5~8호선의 유지보수관리시스템의 연계 절차는 크게 준비, 분석, 매핑, 이관, 통합시험으로 구분되며 상세 절차는 아래 표와 같다.

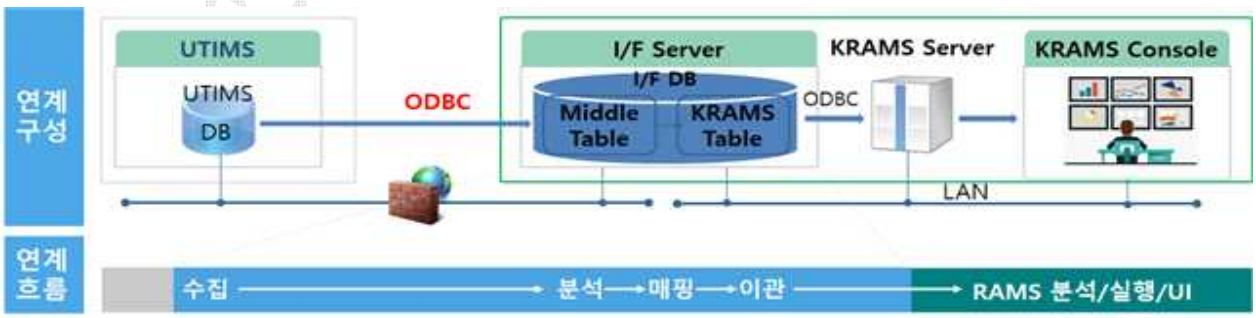
연계 절차 구분	상세 절차 설명
준비	유지보수관리시스템과 I/F모듈 간의 I/F 방안을 분석하고 HW와 SW에 대한 테스트 베드를 설치하여 RAMS 통합시스템을 적용하기 위한 환경을 구축한다. O I/F 방안 도출 O 테스트 베드 구축(OS 및 DBMS 설치)
분석	유지보수관리시스템의 DB와 운영 데이터를 분석하여 RAMS 통합시스템에서 활용되는 데이터를 추출한다. O 유지보수관리시스템의 DB 자료 수집 O 유지보수관리시스템의 Table 연관 관계 분석 O 유지보수관리시스템의 운영 데이터 분석(RAMS 활용 데이터 추출)

매핑	유지보수관리시스템에서 관리되는 E&M별(신호, 통신, 전기, 시설 등)로 매핑정의서 생성 및 데이터 매핑을 실행한다. ○ 매핑정의서 작성 ○ RAMS 통합시스템 데이터 매핑 구현 ○ RAMS 통합시스템 공통 코드 매핑 구현
이관	유지보수관리시스템의 E&M별 운영 데이터를 정의된 일정에 따라 RAMS 통합시스템으로 정의된 매핑정의서를 기반으로 자동적으로 이관을 구현한다. ○ 연동 DB 구축 ○ 유지보수관리시스템 데이터 자동 이관 ○ 데이터 매핑 자동 실행 ○ 연계 데이터 자동 이관
통합시험	이관된 데이터를 기반으로 RAMS 통합시스템의 기능별 시험을 수행하고 연계 데이터 보완 및 검증으로 시스템 구축을 완료한다. ○ 기능별 시험 수행 ○ 연계 데이터 보완 ○ 데이터 검증

㉮ 준비 단계 - 연계 환경 구성

○ 유지보수관리시스템(UTIMS)와의 연계 구성은 UTIMS 서버와 I/F모듈 서버와의 연계, I/F모듈 서버와 KRAMS 서버와의 연계로 구분된다. 각 데이터베이스 간의 연결은 ODBC 방식을 적용함.

○ I/F모듈의 DB는 UTIMS 계정과 KRAMS 계정으로 구분되어 있다. UTIMS 계정은 UTIMS의 Table 구조와 동일하며 KRAMS 계정은 KRAMS의 Table 구조와 동일하게 구성하여 상호간의 연계 환경이 일치되도록 구성함.



< 유지보수관리시스템(UTIMS) 연계 구성 >

㉯ 분석 단계

○ 유지보수관리시스템에서 관리되는 E&M별(전기, 시설, 신호, PSD) DB에서 실제 운영되는 Table을 대상으로 144개의 테이블을 분석함

○ 유지보수관리시스템의 DB에서 사용하는 테이블의 분석으로 각 테이블 간의 관계를 중심으로 ERD(Entity Relationship Diagram)을 E&M별(전기, 시설, 신호, PSD)로 구분하여 생성함

○ 유지보수관리시스템의 E&M별 사용자 화면에서 RAMS 통합시스템에서 요구하는 데이터와 관련된 화면을 수집하고 화면에서 사용하는 쿼리(Query)를 분석하여 사용되는 테이블과 Function 목록을 식별함

○ 유지보수관리시스템의 E&M별 운영 테이블 및 데이터를 분석한 결과로 전기분야 10종, 시설(기계) 13종, PSD 11종, 신호 11종 및 공통으로 사용되는 공통 테이블 3종이 연계되었으며 RAMS 통합시스템(KRAMS)에 활용된 데이터는 전체에서 약 90%임

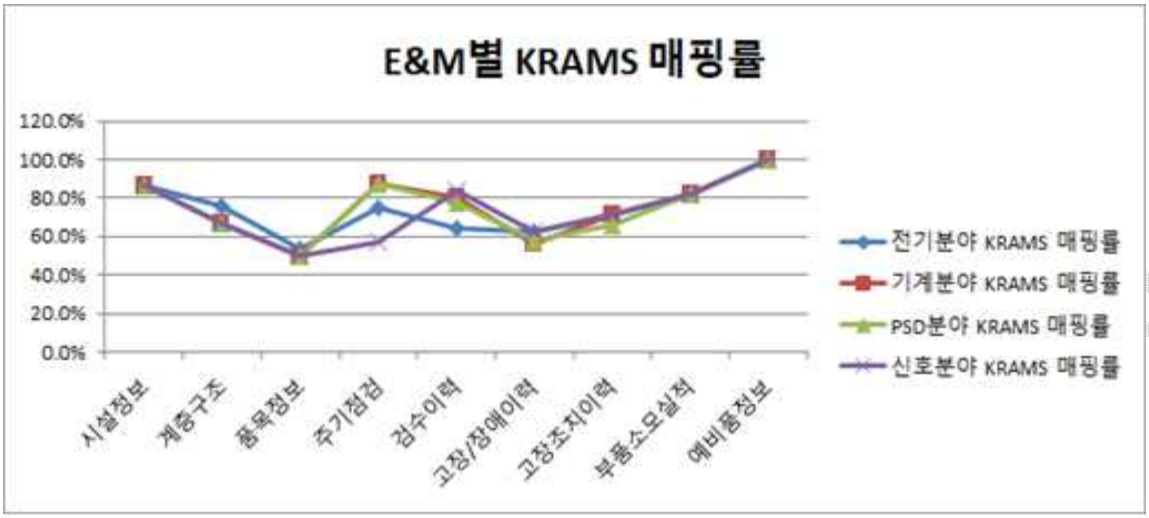
E&M별 분야	총 Table 수	UTIMS 총데이터수	KRAMS 생성 데이터수	활용률
전기	10 종	46,866,123	44,894,382	95.8%
시설(기계)	13 종	7,566,198	4,941,061	65.3%
PSD	11 종	3,630,112	3,063,339	84.4%
신호	11 종	1,840,735	938,582	51.0%
총 활용률		59,733,282	53,837,364	90.1%

㉰ 매핑 단계

○ 유지보수관리시스템에서 관리되는 운영 데이터 중 RAMS 통합시스템(KRAMS)에 활용되는 데이터를 KRAMS 데이터로 매핑을 수행하여 E&M별(전기, 시설(기계), 신호, PSD)로 매핑정의서를 생성함

○ E&M별 데이터에 대한 KRAMS에서 요구하는 데이터가 충족되는 정도를 매핑률로 나타낸다. KRAMS DB Table의 컬럼 단위로 매핑률을 산출하였으며, 각 Table의 총 컬럼 중 UTIMS의 조합된 데이터가 매핑되는 비율을 산출함

데이터 구분	KRAMS 매핑률				
	전기분야	기계분야	PSD 분야	신호분야	평균
시설정보	87.0%	87.0%	87.0%	87.0%	87.0%
계층구조	76.2%	66.7%	66.7%	66.7%	69.1%
품목정보	53.6%	50.0%	50.0%	50.0%	50.9%
주기점검	75.0%	87.5%	87.5%	57.5%	76.9%
검수이력	64.5%	80.7%	77.4%	83.9%	76.6%
고장/장애이력	62.5%	56.3%	58.3%	62.5%	59.9%
고장조치이력	71.4%	71.4%	65.7%	71.4%	70.0%
부품소모실적	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%	82.0%
예비품정보	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
평균	74.7%	75.7%	75.0%	73.4%	74.7%



< 유지보수관리시스템(UTIMS) 매핑률 그래프 >

㉮ 이관 단계

○ 매핑에 관련된 모든 프로시저 생성, 기초 연계환경 설정 완료 후 연계 자동화를 수행한다. 연계 자동화는 UTIMS Server에서 I/F모듈의 UTIMS 계정은 ETL로 자동 연계 수행하며, I/F모듈 KRAMS 계정에서 KRAMS Server의 URAMS 계정까지의 연계는 오라클의 기능 중 하나인 Job을 사용하여 자동 연계를 진행함

○ 자동 이관 단계

단계	항목	상세 내용
1단계	연계 모델링	■ 연계 대상이 되는 테이블과 연계 조건을 생성하여 연결 ■ 데이터 분석 단계 후 데이터 매핑 시 사용되는 E&M별 테이블만 연계
2단계	연계 Session 설정	■ 유지보수관리시스템 서버의 ODBC를 연결하고 데이터 연계 시 조건을 생성 ■ 현재를 기준으로 수집될 데이터의 기간을 설정 ■ Update 연계 모델링은 Update된 데이터만 연계 ■ Insert 연계 모델링은 Insert된 데이터만 연계
3단계	연계 WorkFlow 생성 및 자동 스케줄 생성	■ 자동 이관을 구현하기 위한 WorkFlow를 생성 및 자동 연계 스케줄 생성 ■ 2단계의 Session과 연결

㉯ 유지보수관리시스템(UTIMS)의 RAMS 통합시스템 연계 결과

○ UTIMS의 E&M 분야에서 연계되는 테이블은 총 48종으로 분석되었다. RAMS 통합

시스템(KRAMS)에서 정의된 Table 중 7종이 UTIMS와 연계 되었으며, 나머지 2종에 대해서는 타 관리시스템인 SAP ERP와 연계하였다. UTIMS의 E&M 분야에 누적된 데이터인 59,733,282건을 조합하여 KRAMS 데이터로 총 53,837,364건의 데이터를 연계하였으며, UTIMS의 데이터를 90% 활용함

○ UTIMS의 E&M 데이터가 KRAMS에 매핑되는 비율은 평균 74..7%이며, 나머지 25.3%는 사용자에 의해 직접 입력되어야 함을 확인하였다. 또한, KRAMS에 연계된 UTIMS 데이터의 충족도는 E&M별 평균 66.5%로 33.5%의 NULL 값을 포함하고 있는 데이터로 확인되어, 해당 데이터는 사용자에 의해 입력되어야 함

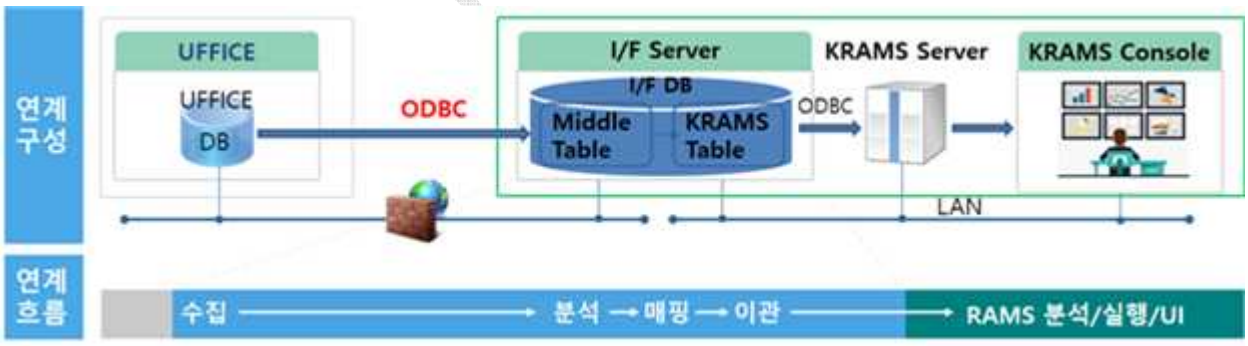
③ UFFICE 시스템의 RAMS 통합시스템 연계 구축

- 서울교통공사 5~8호선의 UFFICE의 연계 절차는 크게 준비, 분석, 매핑, 이관, 통합시험으로 구분되며 상세 절차는 유지보수관리시스템과 동일하다.

㉮ 준비 단계 - 연계 환경 구성

○ UFFICE와의 연계 구성은 UFFICE 서버와 I/F모듈 서버와의 연계, I/F모듈 서버와 KRAMS 서버와의 연계로 구분된다. 각 데이터베이스 간의 연결은 ODBC 방식을 적용함

○ I/F모듈의 DB는 UFFICE 계정과 KRAMS 계정으로 구분되어 있다. UFFICE 계정은 UFFICE의 Table 구조와 동일하며 KRAMS 계정은 KRAMS의 Table 구조와 동일하게 구성하여 상호간의 연계 환경이 일치되도록 구성함



< UFFICE 연계 구성 >

㉯ 분석 단계

○ UFFICE에서 관리되는 DB에서 실제 운영되는 Table을 대상으로 56개의 테이블을 분석함

○ UFFICE의 DB에서 사용하는 테이블의 분석으로 각 테이블 간의 관계를 중심으로 ERD(Entity Relationship Diagram)을 생성함

○ UFFICE의 운영 테이블 및 데이터를 분석한 결과이며 서울교통공사 정책으로 차량 분야의 유지보수 데이터는 연계하지 않고 분류체계 등 6종의 테이블을 대상으로 연계성을 검토하였다.

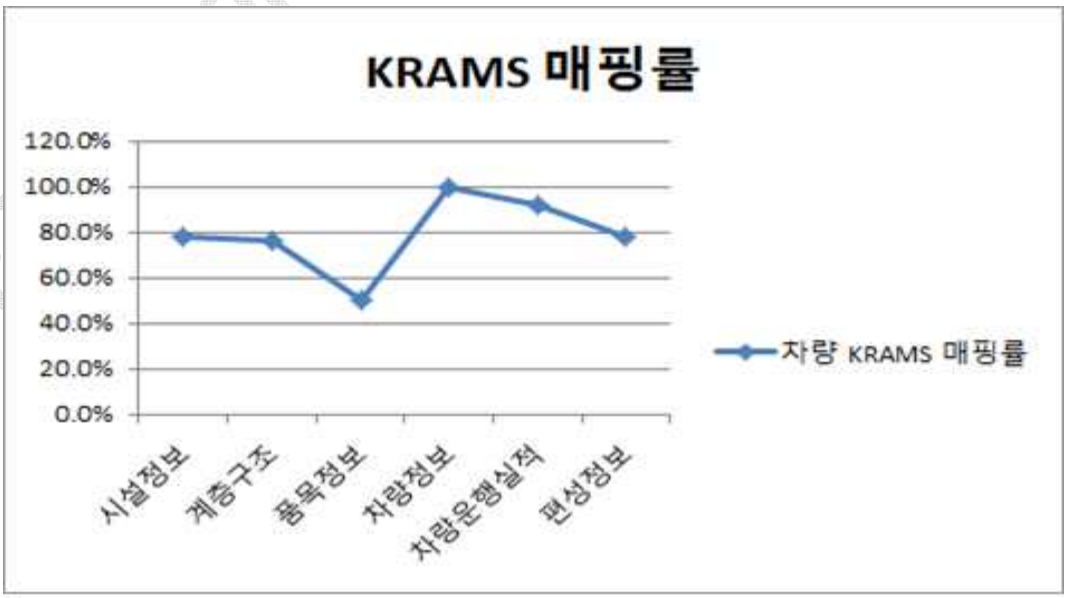
차량	총 Table 수	UFFICE 총데이터수	KRAMS 생성 데이터수
	6 종	12,493,490	1,039,640
총 활용률		12,493,490	1,039,640

㉰ 매핑 단계

○ UFFICE에서 관리되는 운영 데이터 중 RAMS 통합시스템(KRAMS)에 활용되는 데이터를 KRAMS 데이터로 매핑을 수행하여 매핑정의서를 생성

○ 데이터에 대한 KRAMS에서 요구하는 데이터가 충족되는 정도를 매핑률로 나타낸다. KRAMS DB Table의 컬럼 단위로 매핑률을 산출하였으며, 각 Table의 총 컬럼 중 UFFICE의 조합된 데이터가 매핑되는 비율을 산출

데이터 구분	연계여부	UFFICE-KRAMS 평균 매핑률
시설정보	○	78.3%
계층구조	○	76.2%
품목정보	○	50.0%
차량정보	○	100.0%
차량운행실적	○	91.7%
편성정보	○	77.8%
평균	6	79.0%



< UFFICE 매핑률 그래프 >

㉲ 이관 단계

○ 자동 이관을 위한 연계 자동화는 UFFICE Server에서 I/F모듈의 UFFICE 계정은 ETL로 자동 연계 수행하며, I/F모듈 KRAMS 계정에서 KRAMS Server의 URAMS 계정까지의 연계는 오라클의 기능 중 하나인 Job을 사용하여 자동 연계를 진행함

○ 자동 이관 단계는 유지보수관리시스템(UTIMS)의 자동이관 단계와 동일함

㉳ UFFICE 시스템 RAMS 통합시스템 연계 결과

○ UFFICE와 I/F모듈의 연계 결과, UFFICE 에서 관련되는 테이블은 총 7종으로 분석된다. UFFICE 시스템ㅂ에 누적된 데이터인 12,493,490건을 조합하여 KRAMS 데이터로 총 1,039,640건의 데이터를 연계하였으며, UFFICE의 데이터를 8.3% 활용함

○ UFFICE의 데이터가 KRAMS System에 매핑되는 비율은 평균 79%이며, 나머지 21%는 사용자에 의해 직접 입력되어야 함을 확인하였다. 또한, KRAMS System에 연계된 UFFICE 데이터의 충족도는 평균 79.1%로 20.9%의 NULL 값을 포함하고 있는 데이터로 확인되어, 해당 데이터는 사용자에 의해 입력되어야 함

④ 2차 시범구축 및 성능 검증

- RAMS 통합시스템(KRAMS)의 2차 시범구축 대상은 서울교통공사의 1~4호선 자산관리시스템과 대전도시철도공사의 경영정보시스템에 해당한다. 2차 시범구축의 범위는 아래와 같다.

○ 1차 시범구축 개선/보완

○ 서울교통공사 1~4호선 자산관리시스템(ERP)의 RAMS 통합시스템 구축

○ 대전도시철도공사 경영정보시스템(MIS)의 RAMS 통합시스템 구축

○ 1차 시범구축에 대한 성능 검증 과정에서 인터페이스 모듈의 기능을 개선하고 각 운영기관의 인터페이스 환경을 조사하여 최적의 테스트 베드를 구축하였다.

○ 서울교통공사 1~4호선 유지관리시스템에 대한 RAMS 통합시스템의 검증 활동을 통한 인터페이스 모듈의 기능 개선

○ 서울교통공사/대전도시철도공사의 운영환경을 분석하여 실제 KRAMS시스템 최적의 환경 구축

○ 국가 보안정책 준수를 위한 네트워크 보안대책 수립 및 구축

○ 서울교통공사 1~4호선 자산관리시스템의 각 분야별 운영 데이터 분석 후 매핑정의서 도출

○ 대전도시철도공사 경영정보시스템의 차량분야 운영데이터 분석후 매핑정의서 도출

○ 매핑정의서에 따른 매핑기능과 주기적인 자동연계를 수행하는 인터페이스 모듈개발

○ 운영기관의 운영 데이터의 활용과 RAMS 통합시스템과의 매핑에 대한 분석 도출

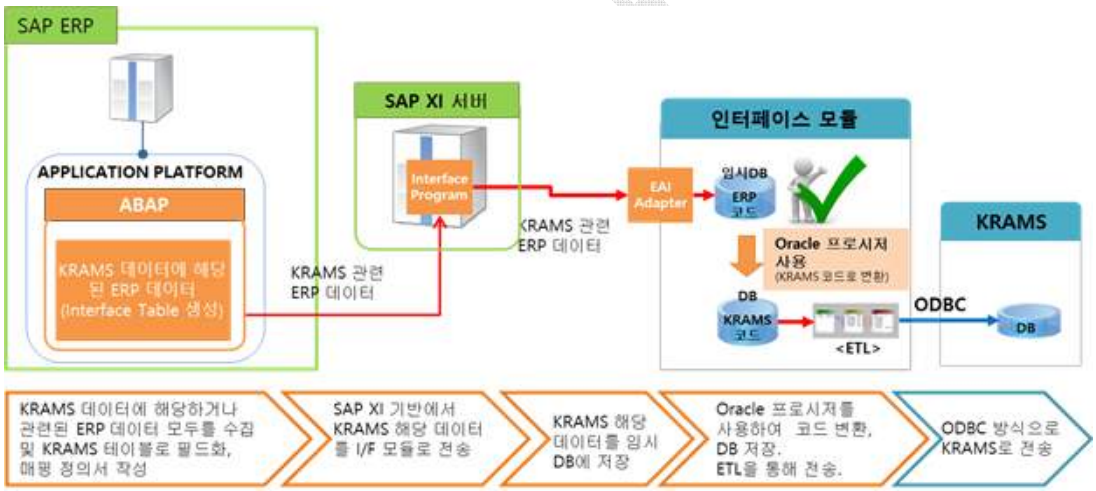
⑤ 자산관리체계(SAP ERP)의 RAMS 통합시스템 시범 구축

- 2차 시범구축에서 서울교통공사 1~4호선의 자산관리체계(SAP ERP)의 연계 절차는 크게 준비, 분석, 매핑, 이관, 통합시험으로 구분되며 상세 절차는 유지보수관리시스템과 동일하다.

- SAP ERP와의 추가 연계 업무 단계
  - ○ SAP ERP 시스템 구조 분석
  - ○ SAP ERP 환경을 고려한 중간 테이블 설계
  - ○ 중간 테이블 기반의 이관 업무용 ERP 화면 개발
  - ○ 중간 테이블 기반의 이관 업무용 SAP XI 개발
  - ○ 최종 테이블 데이터 적재를 위한 오라클 Procedure 개발

㉮ 준비 단계 - 연계 환경 구성

- ○ SAP ERP의 경우 운영 정책과 물리적인 연결의 제약으로 ODBC 방식이 아닌 SAP XI 서버를 통하여 인터페이스 구축
- ○ SAP ERP와의 인터페이스 구성도



< SAP ERP 연계 구성도 >

㉯ 분석 단계

- ○ SAP ERP에서 관리되는 DB에서 실제 운영되는 Table을 대상으로 50개의 테이블을 분석함
- ○ SAP ERP의 View Table에서 사용하는 테이블의 분석으로 각 테이블 간의 관계를 중심으로 ERD(Entity Relationship Diagram)을 생성함
- ○ SAP ERP의 E&M별 운영 테이블 및 데이터를 분석한 결과로 14종의 테이블과 연계됨

E&M별 분야	총 Table 수	ERP 총 데이터 수	KRAMS생성 데이터 수	활용률
전기	14 종	6,253,377	438,538	7.0%
기계	14 종	6,456,123	3,415,883	52.9%
PSD	14 종	6,608,830	412,705	6.2%
신호	14 종	6,252,545	330,645	5.3%
총 활용률		6,960,492	4,597,771	66.1%

㉰ 매핑 단계

○ ERP에서 관리되는 운영 데이터 중 RAMS 통합시스템(KRAMS)에 활용되는 데이터를 KRAMS 데이터로 매핑을 수행하여 매핑정의서를 생성

○ SAP ERP의 계층구조(LBS) 체계 매핑 방법

- SAP ERP에는 LBS 코드가 존재하지 않아 설비별 BOM정보에서 동일 분류체계를 가지고 있는 모든 설비의 하위 부품의 구분코드를 이용하여 LEGACY_LBS_CD로 표현함. 매핑 과정은 다음과 같음.

✓ 동일 분류체계를 가지는 설비의 구분코드 취합

✓ 동일 분류체계를 KRAMS의 시스템 분류체계 코드로 대입

✓ 기존 KRAMS LBS 체계 분석

✓ SAP ERP 구분코드에 KRAMS LBS 코드 부여

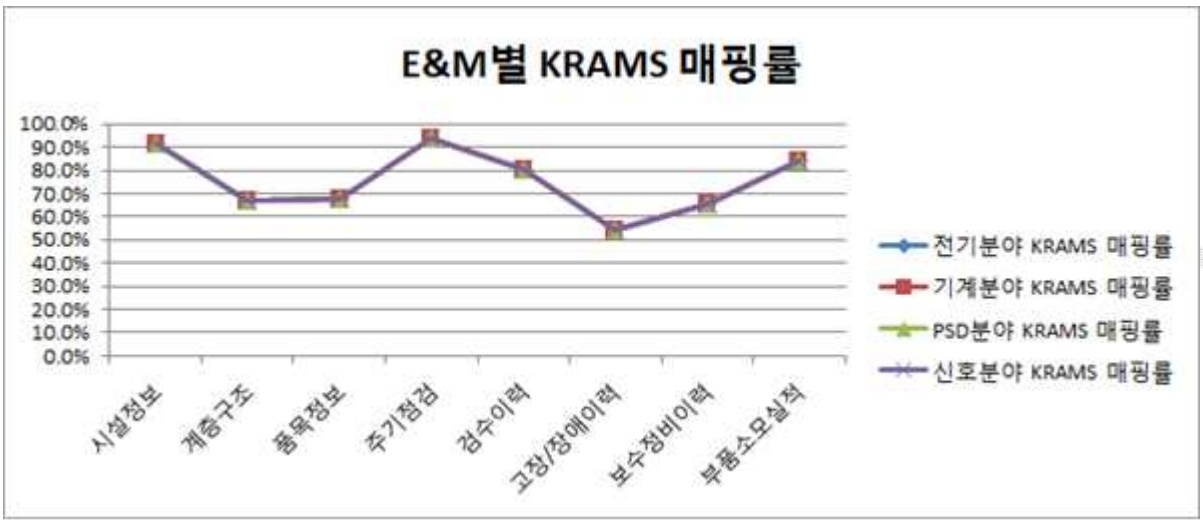
○ SAP ERP 내 연계를 위한 12개의 View Table 설계 및 화면 개발

○ SAP XI 서버 내 12개의 View Table에 대한 화면 개발

○ I/F 모듈 서버 내 12개의 View Table과 동일한 중간 테이블 설계 및 구현

○ SAP ERP에 대한 KRAMS에서 요구하는 데이터가 충족되는 정도를 매핑률로 나타낸다. KRAMS DB Table의 컬럼 단위로 매핑률을 산출하였으며, 각 Table의 총 컬럼 중 SAP ERP의 조합된 데이터가 매핑되는 비율을 산출

데이터 구분	KRAMS 매핑률				
	전기분야	기계분야	PSD분야	신호분야	평균 매핑률
시설정보	91.7%	91.7%	91.7%	91.7%	91.7%
계층구조	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%
품목정보	67.9%	67.9%	67.9%	67.9%	67.9%
주기점검	93.8%	93.8%	93.8%	93.8%	93.8%
검수이력	80.7%	80.7%	80.7%	80.7%	80.7%
고장/장애이력	54.2%	54.2%	54.1%	54.2%	54.2%
보수정비이력	65.7%	65.7%	65.7%	65.7%	65.7%
부품소모실적	84.2%	84.2%	84.2%	84.2%	84.2%
평균	75.6%	75.6%	75.6%	75.6%	75.6%



< SAP ERP 매핑률 그래프 >

㉮ 이관 단계

○ 자동 연계 준비 단계로 매핑 프로시저를 1일 1회 수행하고 오라클에서 사용하는 Merge Into 구문을 사용하여 Update, Insert를 구분하여 생성

✓ I/F 모듈 서버의 ERP 계정에서 I/F 모듈 서버의 KRAMS 계정에 데이터를 매핑하는 프로시저

✓ I/F 모듈 서버의 KRAMS 계정에서 KRAMS 서버의 DB로 데이터를 연계하는 프로시저

○ 연계 자동화는 ERP Server에서 I/F모듈의 ERP 계정은 IX로 자동 연계 수행하며, I/F모듈 KRAMS 계정에서 KRAMS Server의 ERAMS 계정까지의 연계는 오라클의 기능 중 하나인 Job을 사용하여 자동 연계를 진행함.

㉯ 자산관리체계(SAP ERP)의 RAMS 통합시스템 연계 결과

○ SAP ERP와 I/F모듈의 연계 결과, SAP ERP의 E&M 분야에서 연계되는 테이블은 총 48종으로 분석된다. SAP ERP의 E&M 분야에 누적된 데이터인 6,960,492건을 조합하여 KRAMS 데이터로 총 4,597,771건의 데이터를 연계하였으며, SAP ERP의 데이터를 66.1% 활용함

○ SAP ERP의 E&M 데이터가 KRAMS System에 매핑되는 비율은 평균 75.6%이며, 나머지 24.4%는 사용자에 의해 직접 입력되어야 함을 확인하였다. 또한, KRAMS에 연계된 SAP ERP 데이터의 충족도는 E&M별 평균 67.1%로 32.9%의 NULL 값을 포함하고 있는 데이터로 확인되어, 해당 데이터는 사용자에 의해 입력되어야 함

⑥ 경영정보시스템(MIS)의 RAMS 통합시스템 시범 구축(대전도시철도공사)

- 2차 시범구축에서 대전도시철도공사의 경영정보시스템(MIS)의 연계 절차는 크게 준비, 분석, 매핑, 이관, 통합시험으로 구분되며 상세 절차는 유지보수관리시스템과 동일하다.
- MIS 내 관리되는 E&M 분야에서 차량 분야는 RAMS 통합시스템과 연동되어 운용되고 그 외 분야는 RAMS 통합시스템에서 제공하는 기능을 사용한다.

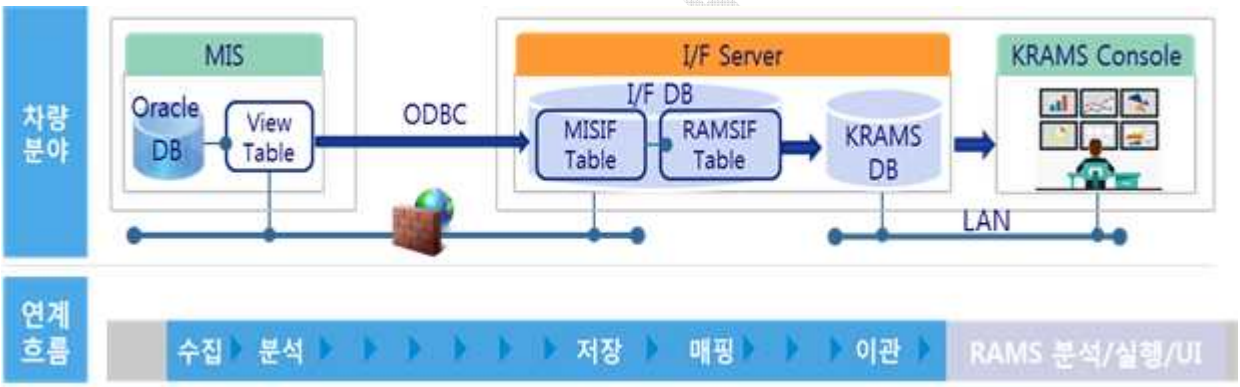
㉮ 준비 단계 - 연계 환경 구성

○ MIS와의 연계 구성은 MIS 서버와 I/F모듈 서버와의 연계, I/F모듈 서버와 KRAMS 서버와의 연계로 구분된다. 각 데이터베이스 간의 연결은 ODBC 방식을 적용함

○ MIS 서버에서 RAMS 시스템에 필요한 데이터를 취합해서 MIS VIEW TABLE를 생성하고 MIS Server와 I/F Server를 연계함

○ IF모듈 Server에는 MIS VIEW TABLE이 저장되는 MISIF 계정, KRAMS System에 맵핑하는 RAMSIF 계정을 생성, KRAMS System은 DRAMS 계정을 생성함

○ I/F모듈의 MISIF 계정은 MIS의 MIS VIEW TABLE의 구조와 구조와 동일하며 RAMSIF 계정은 DRAMS의 Table 구조와 동일하게 구성하여 상호간의 연계 환경이 일치되도록 구성함



< MIS 연계 구성 >

㉯ 분석 단계

○ MIS에서 관리되는 차량 분야의 DB에서 RAMS 통합시스템에 연계하기 위해 설계된 MIS VIEW TABLE을 대상으로 45개의 테이블을 분석함

○ 의 DB에서 사용하는 테이블의 분석으로 각 테이블 간의 관계를 중심으로 ERD(Entity Relationship Diagram)을 생성함

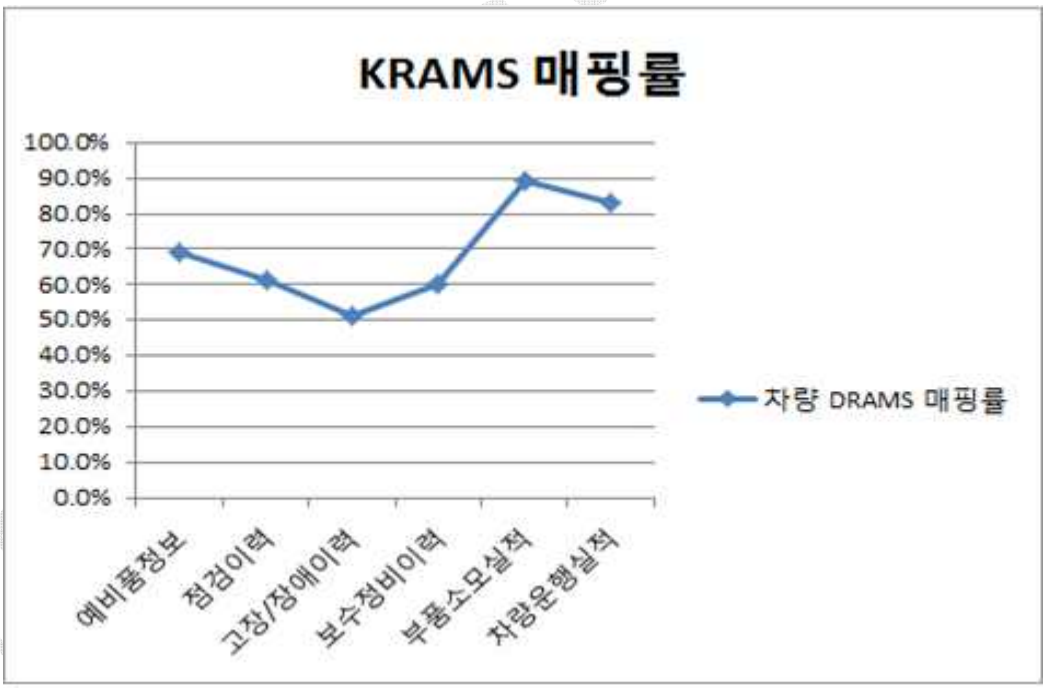
○ MIS의 차량 분야에 대한 VIEW TABLE의 테이블 및 데이터를 분석한 결과로 차량 분야 6종의 테이블과 연계됨

㉰ 매핑 단계

○ MIS의 VIEW TABLE에서 관리되는 운영 데이터 중 RAMS 통합시스템(KRAMS)에 활용되는 데이터를 KRAMS 데이터로 매핑을 수행하여 매핑정의서를 생성함

○ MIS의 차량 데이터에 대한 KRAMS에서 요구하는 데이터가 충족되는 정도를 매핑률로 나타낸다. KRAMS DB Table의 컬럼 단위로 매핑률을 산출하였으며, 각 Table의 총 컬럼 중 MIS의 조합된 데이터가 매핑되는 비율을 산출

DRAMS 데이터 구분	연계여부	차량 DRAMS 매핑률
예비품정보	○	69.2%
점검이력	○	61.3%
고장/장애이력	○	51.0%
보수정비이력	○	60.0%
부품소모실적	○	89.5%
차량운행실적	○	83.3%
평균	6	69.1%



< MIS 차량분야 매핑률 그래프 >

㉮ 이관 단계

○ 자동 연계 준비 단계로 매핑 프로시저를 1일 1회 수행하고 오라클에서 사용하는 Merge Into 구문을 사용하여 생성함

○ 연계 자동화는 MIS Server의 VIEW TABLE에서 I/F모듈의 MISIF -> RAMSIF -> DRAMS 계정으로 오라클의 기능 중 하나인 Job을 사용하여 순차적으로 자동 연계를 진행

○ 자동 이관 단계는 유지보수관리시스템(UTIMS)의 자동이관 단계와 동일함

㉮ 경영정보시스템(MIS)의 RAMS 통합시스템 연계 결과

○ MIS의 차량 분야에서 DRAMS 데이터에 해당하는 TABLE이 총 45종으로 분석되고, DRAMS에 정의된 TABLE 중 6 종이 MIS와 연계되었으며 나머지 7종에 대해서는 MIS 내에 데이터가 존재하지 않으므로 사용자에 의해 직접 입력되어야 함

○ MIS의 차량 분야의 데이터가 DRAMS 데이터에 매핑되는 비율은 평균 69.1%이며 나머지 30.9%는 사용자에 의해 직접 입력되어야 함이 확인되고, DRAMS에 연계된 MIS 데이터의 충족도는 평균 65.8%로 34.2%가 NULL 값을 포함하고 있으며 이는 사용자에 의해 직접 입력되어야 함

(아) 철도안전관리체계 기술기준 적합성 검증

- RAMS 통합시스템의 1차 및 2차 시범구축에 대한 성능 검증 및 안전관리체계를 지원하는 시스템으로서의 적합성을 검증하기 위해 자체 검증뿐만 아니라 국제적인 안전전문기관으로 리카르도 레일을 통해 시범 구축된 RAMS 통합시스템에 대한 제3자 검증을 수행하였다. 제3자 검증으로 확보된 성과는 다음과 같다.

○ 국제표준 내 신뢰성기반 유지보수(RCM) 요구사항, 리카르도 레일 RCM 우수사례, 철도안전관리체계(SMS) 요구사항, 운영기관 요구사항을 기반으로 상위수준의 RCM 요구사항 도출

○ RCM 검증 모델(RCMVM) 개발 및 RCM 활용 방안 제시

○ RCM 검증모델 기반 RAMS 통합시스템 요구사항서 부합성 확인

○ 시범적용 RAMS 통합시스템 RCM 분야 기능 검증

○ 독립적인 국제 인증기관의 제3자 검증을 수행하여 안전관리체계 지원 적합성과 RAMS 통합시스템 연계성 및 범용성에 대하여 검증하였다.

① 적합성 검증 활동

- RAMS 통합시스템의 시범구축에 대한 철도안전관리체계 기술기준의 적합성과 성능을 검증하기 위하여 안전전문기관인 리카르도 레일의 제3자 검증 활동을 연구 기간 동안 아래의 표와 같이 수행하였다.

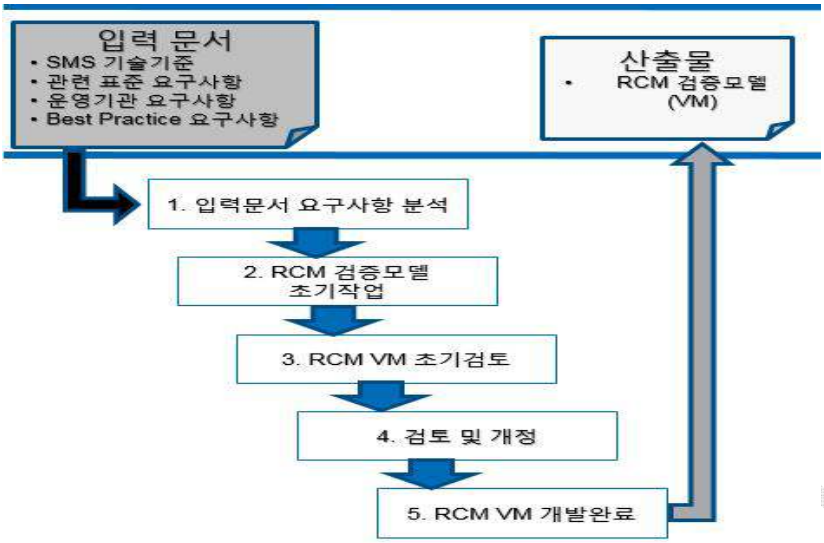
차년도	검증 활동	상세 내용
1차년도	상위수준 RCM 검증모델(RCMVM) 개발	■ 국제표준 내 신뢰성기반 유지보수 요구사항, 리카르도 레일 RCM 우수사례, 철도안전관리체계(SMS) 요구사항, 운영기관 요구사항을 기반으로 상위 수준의 RCM 요구사항을 도출 ■ 상위수준 요구사항 기반의 RCM 검증모델 개발 및 RAMS 통합시스템 요구사양서 및 상세요구사양서 개발
2차년도	RCMVM 및 RAMS 통합시스템 요구사양서간 부합성 확인	■ RCM 검증모델 기반 RAMS 통합시스템 요구사양서 부합성 확인 및 검토 ■ RCM 검증 모델 기반 RAMS 통합시스템 상세요구사양서 부합성 확인 및 검토 ■ 시범적용 RAMS 통합시스템 RCM 분야 기능 검증 활동 수행
3차년도	현장적용 RAMS 통합시스템 세부 요구사양서 부합성 확인	■ 3차년도 변경 요구사항 추적, 부합성 확인 및 검토 ■ 현장적용 RAMS 통합시스템 RCM 분야 기능 검증 활동 수행

② 상위수준 RCM 검증모델(RCMVM) 개발

○ 요구사항 분석 과정은 VM(Verification Model) 개발의 시작 단계로서, VM 모델을 개발하기 위해 입력 자료인 철도안전관리체계에서 도출한 요구사항, EN 규격에서 도출한 요구사항, 운영자 요구사항을 검토

○ 제3자 검증 조직 내부 워크샵을 통한 요구사항 분석 및 초안 도출, 반복적인 검토 활동으로 RAMS 통합시스템 요구사양서 및 상세요구사양서 개발

○ 1차년도 과업수행 프로세스



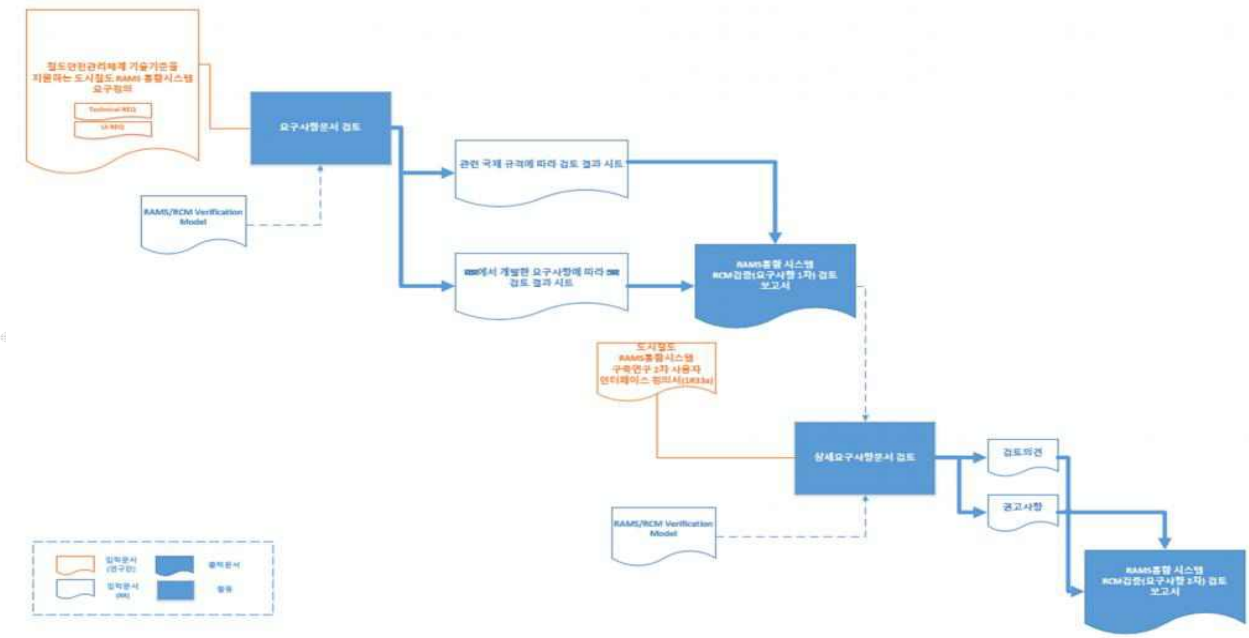
< RCM 검증 모델 개발 프로세스 >

○ BS-IEC-60300-3-11 모델과 mapping이 되는 RCM VM 요구사항 129건 도출

③ RCMVM 및 RAMS 통합시스템 요구사양서간 부합성 확인

○ RAMS 통합시스템 요구사양서 및 상세요구양서에 대해 정의된 프로세스에 따라 검토를 수행

○ RAMS 통합시스템의 요구사항과 철도안전관리체계 기술기준 요구사항 간 추적성 확인표 및 부합성 확인표 작성 활동 및 최종 시험입회를 통해 제시된 검토의견이 모두 반영되어 부합성을 확인

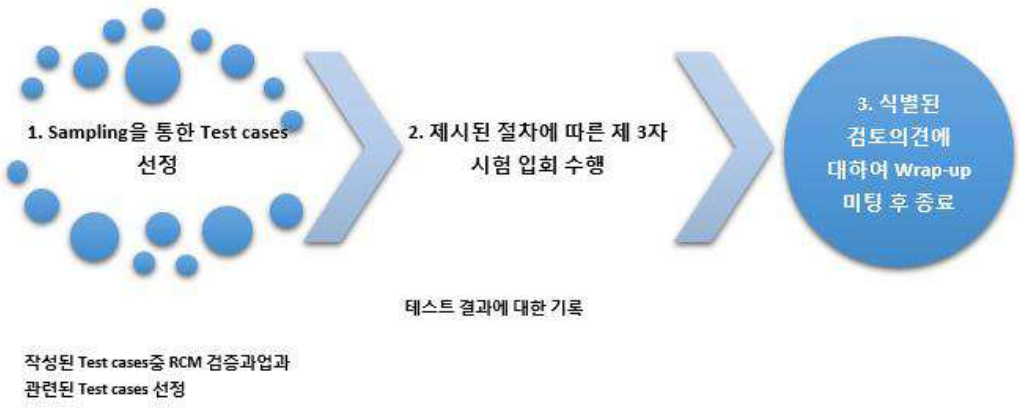


< 요구사항 검토 프로세스 >

④ 현장적용 RAMS 통합시스템 세부 요구사양서 부합성 확인

○ RAMS 통합시스템의 상위/세부 요구사항과 기능에 대해 검증하기 위해 3차에 걸친 시험입회를 수행

○ 정의된 시험입회 절차에 따라 시험항목 선별, 제3자 시험입회 수행, 시험 결과 확인 및 보고 등을 수행



< 시험입회 절차 >

○ RCM 검증 모델의 주요 요구사항과 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 적용을 위한 요구사항 중 44개의 시험 항목을 선별하여 3차에 걸쳐 시험 입회를 수행하였으며, 시험 입회 결과 선별된 모든 시험 항목이 요구사항 및 시험 절차에 따라 적합하게 수행됨을 확인

○ 운영기관이 수집한 전자연동장치의 실제 고장 데이터를 연계하여 RAMS 통합시스템의 RAMS와 RCM 성능의 기능 적합성을 확인

⑤ 철도안전관리체계 기술기준 적합성 검증 결과

- 철도안전관리체계 기술기준 내 RAMS 및 RCM 활동 수행을 위하여 국제 RAMS 및 RCM 표준, 국내 철도안전관리체계(SMS), 리카르도레일의 RCM 관련 프로젝트 기반 적용 우수사례 등을 바탕으로 RCM 검증 모델을 개발하였고, 국내 철도운영기관의 RAMS 및 RCM 활동 적용을 위하여 RCM 요구사항과 권고사항을 도출
- RAMS 통합시스템은 RCM 검증 모델 요구사항과 국내 철도안전관리체계 기술기준 등을 적용하여 개발되었으며, 제3자 검증 형식으로 RAMS 통합시스템의 요구사양 정의서, 인터페이스 설계서, 시험 계획서, 시험 결과서 등의 문서를 검토하고 시험 입회를 통해 기능 구현 상태를 확인
- 제3자 검증 활동에 따른 개선사항을 RAMS 통합시스템에 적합하게 반영되었고 국제규격에서 요구하는 RAMS 방법론 및 RCM 체계를 바탕으로 성능 및 유지보수 관리를 위

해 RAMS 통합시스템이 적합하게 개발됨을 확인

- 적합성 검증 확인서 발행



Ricardo Asia Ltd - Korea branch
Registered Office: 42F, FKI Tower, 24 Yeoui-daero • Yeongdeungpo-gu, • Seoul, 07320 • Korea
Tel: +82 (0)2 761 4123 • Web: www.ricardo.com
Registered in South Korea Company Number 110164-0007592

RICARDO

20 February 2019

Seoul Metro
346 Cheonho-daero, Seongdong-gu, Seoul
04806 Republic of Korea
+82-1577-1234

Dear Sir / Madam,

LETTER OF CONFIRMATION

Ricardo verifies that the K-RAMS system was developed in accordance with the K-RAMS System Requirements established by Seoul Metro and a Government R&D unit based on the technical standards for railway SMS and the RCM verification model.

리카르도는 철도안전관리체계 기술기준 및 RCM 검증모델에 근거하여 서울교통공사 및 연구단이 수립한 K-RAMS 시스템 요구사항에 따라 K-RAMS 가 개발되었음을 확인하였습니다.

Yours sincerely,

SKShin

Seok-Kyun Shin
Business Manager
Direct: +82-2-761-4123
Email: Seok-Kyun.Shin@ricardo.com

[적합성 검증 확인서]

⑥ 국제 표준 규격 개정에 따른 시스템 보완 방안

○ EN 50126 개정(2017)에 따른 검토

✓ 위험도 평가에 적용되는 Risk Acceptance Criteria 비교

<table>
<tr><td>EN 50126
1999</td><td>
<table>
<tr><th>Risk Category</th><th>Actions to be applied against each category</th></tr>
<tr><td>Intolerable</td><td>Shall be eliminated</td></tr>
<tr><td>Undesirable</td><td>Shall only be accepted when risk reduction is impracticable and with the agreement of the Railway Authority or the Safety Regulatory Authority, as appropriate</td></tr>
<tr><td>Tolerable</td><td>Acceptable with adequate control and with the agreement of the Railway Authority</td></tr>
<tr><td>Negligible</td><td>Acceptable with/without the agreement of the Railway Authority</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>EN 50126
2017</td><td>
<table>
<tr><th>Risk Acceptance Category</th><th>Actions to be applied</th></tr>
<tr><td>Intolerable</td><td>The risk shall be eliminated</td></tr>
<tr><td>Undesirable</td><td>The risk shall only be accepted if its reduction is impracticable and with the agreement of the railway duty holders or the responsible Safety Regulatory Authority.</td></tr>
<tr><td>Tolerable</td><td>The risk can be tolerated and accepted with adequate control (e.g. maintenance procedures or rules) and with the agreement of the responsible railway duty holders.</td></tr>
<tr><td>Negligible</td><td>The risk is acceptable without the agreement of the railway duty holders.</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>비교 결과</td><td>Risk Acceptance Criteria 일치</td></tr>
</table>

✓ 위험도 평가에 적용되는 Risk Matrix 비교

EN 50126 1999

* Frequency of occurrence of a hazardous event	Risk Levels			
Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
Remote	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Tolerable
Incredible	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible
	Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
	Severity Levels of Hazard Consequence			

EN 50126 2017

Frequency of occurrence of an accident (caused by a hazard)	Risk Acceptance Categories			
Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
Rare	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Undesirable
Highly improbable	Negligible	Negligible	Negligible	Tolerable
	Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
	Severity of an accident (caused by a hazard)			

비교 결과: Risk Matrix 일부 변경(용어)

✓ 본 연구는 2016.04~2018.12. 까지 수행되었으며 과제 수행중의 RAMS 관련 국제규격(2017년 기준)을 참고하여 운영기관 현황에 맞는 RAMS활동 프로세스를 수행할 수 있도록 관리 기준을 정립하여 시스템에 적용하였으며,

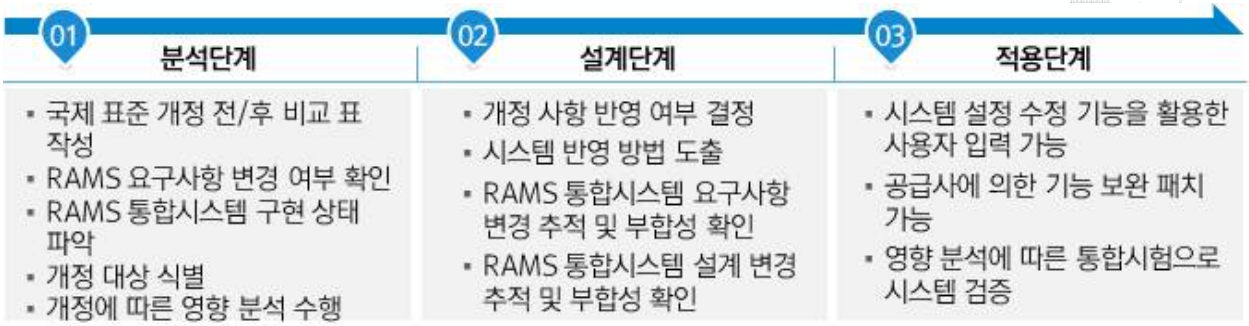
○ RAMS 통합시스템은 RAMS관련 국제규격(EN,IEC)에서 요구되는 주요 활동을 정확하고 효율적으로 수행가능 하도록 지원하는 통합 솔루션으로, 규격의 개정에 따른 시스템 보완방안이 고려되었고 다음의 활동에 대해 수정 및 갱신이 가능함

✓ 리스크 매트릭스를 활용한 위험도 관리

✓ ALARP 원리 기준의 리스크 허용기준 관리

○ 국제 표준 규격 개정 시 RAMS 통합시스템의 보완 절차 제시

✓ 국제 표준 규격 개정 시 RAMS 통합시스템에 개정 사항을 반영하기 위한 절차를 제시한다. 절차는 크게 3 단계로 개정 사항과 현재 반영된 시스템에 대한 분석단계, 분석된 결과의 반영 여부와 반영 방법을 도출하는 설계 단계, 식별된 보완 사항을 반영하고 검증하는 적용 단계로 구분된다. 제시된 절차는 일반적인 절차로써 운영기관의 정책에 적합하게 수정/보완되어 적용되어야 할 것이다.



< 표준 규격 개정 시 시스템 보완 절차 >

(2) 사회·경제적 파급효과

(가) 사회적 파급효과

○ 체계적인 도시철도 RAMS관리 및 사전 유지보수 관리활동으로 인해 사고 및 장애를 저감시키고, 이에 따른 인적피해 및 재산상의 피해 저감효과 기대

○ 국내 철도시스템 및 장치 공급업체의 인식변화와 더불어 제품 신뢰성 향상

○ 유지관리 데이터의 효과적인 활용으로 빅데이터 기반의 활용성 증대

○ 철도분야 빅데이터 기반의 다각적인 연구과제 및 사업에 적용

○ 도시철도의 안전뿐만 아니라 모든 철도 운영기관에서 안전에 대한 인식을 제고시켜 이를 이용하는 승객의 안전한 이동을 도모함

(나) 경제적 파급효과

○ 전국 철도운영기관이 개별적으로 개발하는 경우보다 통합된 시스템 개발 구축으로 중복 투자 예산 절감

○ 도시철도 시스템 운영 / 유지보수 효율화 및 기술 경쟁력 제고

○ RAMS 통합 시스템 개발로 정부 3.0, 빅데이터 기반의 정책 활용 가능

○ 개발된 시스템을 전국 철도운영기관이 사용할 경우 데이터 통합 활용 가능

○ 유지관리 데이터를 철도제작사로 Feed-Back하여 지속적이고 고신뢰도의 제품 개발

○ 국내 운용노선 시설의 RAMS 도입에 따른 적용 절차를 일원화함으로써 향후 국내

모든 철도 운영 기관의 RAMS 도입 기술 기준 등 표준 Framework 활용으로 신뢰성 방향 제시

○ 국내 도시철도설비 개량 등 RAMS 기술 적용 실적 기반으로 외국기술 의존 탈피는 물론 해외수출 용이

○ 사업화에 따른 사업 실시 회사의 신규인력 고용 창출

(다) 신규인력 양성 및 채용 효과

차년도	기존 인력 추가 양성	신규 인력 채용	계
1차년도	-	2 명	2 명
2차년도	-	4 명	4 명
3차년도	2 명	2 명	4 명
소계	2 명	8 명	10 명

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 연구목표

(1) 연구개발의 최종 목표

구 분	내 용
최종 목표	(국제 철도 RAMS 규격 및 국내 도시철도 운영환경에 부합하는) 철도안전관리체계 기술지원을 위한 도시철도 RAMS 통합시스템 개발/구축/실증적 검증을 확보하여 전국 도시철도 운영기관 실용화 → 철도안전관리체계 기술기준 개정 시행에 따라 철도 운행과 관련된 주요 안전부품의 객관적 유지관리체계 기반의 도시철도 RAMS 적용을 위한 표준 관리체계를 수립하고 통합시스템 시범구축을 통해 개발 성과의 실증적 검증으로 전 운영기관으로 성과 확산
세부 목표	1단계 : 운영기관별 요구사항 도출 및 소프트웨어 개발 개념 설정
	1차년도 (‘16.04. ~ ’17.01.)
	국내 도시철도 운영기관 유지관리시스템 분석을 통한 RAMS관리 현황 조사 국내 도시철도 운영기관 대상 E&M별 RAMS 활동 현황 조사 도시철도 E&M별 RAMS 도입 기준 및 소프트웨어 개발 개념 설정 운영기관기술협의체 및 전문가 워킹그룹 활동 RAMS 관련 상용소프트웨어 조사 및 적용방안 수립
	2단계 : 프레임워크 및 컴포넌트, 인터페이스 모듈 개발
	2차년도 (‘17.02. ~ ’17.12.)
	RAMS 활동 분석/평가 항목 및 기준 정의와 RAMS 정보 분류 체계 개발 RAMS통합시스템 적용을 위한 요구사항 도출 및 프레임 워크/컴포넌트 개발 도시철도 운영기관별 유지관리시스템 등과의 연계 및 정보 수집 모듈 개발 도시철도 E&M별 RAMS 분석/통계/평가 모듈 개발 RAMS통합시스템 시제품 개발 및 프레임 워크/컴포넌트 통합시험 수행 운영기관 1차 시범구축 및 보완점 분석
	3단계 : 철도안전관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계 성능검증
	3차년도 (‘18.01. ~ ’18.12.)
	RAMS 통합시스템 시범 구축 및 성능 검증 RAMS통합시스템 운영기관 2차 시범구축 1차 시범구축 개선사항 반영, 운영기관 운영상 문제점 검출 RAMS 통합시스템 연계성 및 적합성 검증 운영기관의 유지관리시스템과의 연계성 확보에 대한 검증 RAMS통합시스템의 철도안전관리체계 적합성 검증 프레임워크 및 컴포넌트 정의서, UI (user Interface) 및 활용 가이드 개발 성능검증 방안 및 결과 제시 RAMS 관리체계 도입 시나리오 도출 및 RAMS도입에 정책 방향 제시

(2) 3차년도 연구개발 목표

(가) 개발 목표

- 주관연구기관(서울교통공사)
  - ✓ 철도안전관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계 성능검증
  - ✓ RAMS 통합시스템 시범운영 및 적합성 검증
- 공동연구기관 : 대전도시철도공사
  - ✓ 운영기관 RAMS 활동 관리 통합시스템 시범 구축
- 공동연구기관 : 한국교통안전공단
  - ✓ RAMS 관리체계 도입을 위한 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 제시
- 공동연구기관 : 대아티아이(주)
  - ✓ RAMS통합시스템 2차 시범구축
  - ✓ 인터페이스 모듈(SW) 프로그램 개선
  - ✓ 2차 시범구축 성능검증 및 철도안전관리체계 적합성 검증
- 공동연구기관 : (주)카이엠
  - ✓ 통합 RAMS 시범 구축/운영을 통해 S/W 검증/보완 작업 수행하고 S/W 실용화 방안 제시
  - ✓ 주요설비별 생애주기비용(LCC) 산정 모듈 보완 및 적합성 검증

(나) 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(서울교통공사)
  - ✓ 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계 시범구축
  - ✓ 도시철도 E&M별 RAMS 관리체계의 철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증
  - ✓ 유지관리 및 자산분야 연동 RAMS 통합시스템 시범구축
  - ✓ 시범구축 및 운영단계에서 요구사항 검증, 보완사항 제시
- 공동연구기관 : 대전도시철도공사
  - ✓ RAMS 통합시스템 운영기관 시범 구축을 위한 관련 인프라 분석 및 환경 구축
  - ✓ RAMS 통합시스템 시범 구축 현장 적용 지원
  - ✓ 시범구축 및 운영단계에서 요구사항 및 검증, 보완사항 제시
- 공동연구기관 : 한국교통안전공단
  - ✓ 철도안전관리체계 기술기준(위험관리, 유지관리) 상세 검토
  - ✓ 통합시스템 시범구축 운영 현황 모니터링
  - ✓ 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출
- 공동연구기관 : 대아티아이(주)

✓ RAMS통합시스템 2차 시범구축

· 1차 시범구축 개선 및 보완 검증

· 2차 시범구축 사용자 개선점 보완

· 실용화 대비 환경구축 요구사항 수립

✓ 인터페이스 모듈(SW) 개선

·기존 관리시스템 데이터 변환 SW 및 현장 설비 데이터 처리 SW 개선



<인터페이스 처리도>

✓ 성능검증 및 안전관리체계 적합성 검증

·안전관리체계적합성 검증 수행

·RAMS통합시스템 연계성 및 범용성 검증

·RAMS통합시스템 적용기법 및 알고리즘 검증

✓ 기술기준의 RAMS 요구사항 만족하기 위한 RAMS 분석 및 평가기법 검증

· RAM 목표값 평가 절차 및 계산식 검증/보완

· 고장률 변동 검정 기법 검증/보완

· 유지보수 주기 적정성 평가 기법, 신뢰성 기반 유지보수 절차 검증/보완

· 기대수명 산정을 위한 의사결정 지원 정보 및 산출방안(계산식 포함) 검증/보완

· 유지관리 부품 보유수량 산정 기법 검증/보완 (소모품 및 수리순환품)

✓ 도시철도 RAMS 표준 템플릿 검증 및 보완



<2차 시범구축>

- 공동연구기관 : ㈜카이엠

S/W 검증/ 보완	• RAMS 통합관리시스템 보완 • 기존 시스템과 RAMS 통합관리시스템과의 연계 모듈 보완 • E&M별 시스템 보완, 프레임워크 및 컴포넌트 보완 • 기술기준의 RAMS 요구사항 만족하기 위한 RAMS 분석 및 평가기법 검증 • RAM 목표값 평가 절차 및 계산식 검증/보완 • 고장률 변동 검정 기법 검증/보완 • 유지보수 주기 적정성 평가 기법, 신뢰성 기반 유지보수 절차 검증/보완 • 기대수명 산정을 위한 의사결정 지원 정보 및 산출방안 검증/보완 • 유지관리 부품 보유수량 산정 기법 검증/보완 (소모품 및 수리순환품)
2차년도에서 개발한 LCC 모듈 통합	• LCC 모듈과 RAMS 통합시스템의 연계 • RAMS 통합시스템에서 관리되는 Data를 활용하여 주요설비별 LCC 산출 • 시범구축을 통하여 LCC 모듈의 문제점을 도출하고 이를 통해 발견된 문제점을 보완
통합 RAMS S/W 2차 시범구축운영	• 통합 RAMS S/W 시범구축 및 운영 지원 • 시범구축•운영 단계에서 발생한 오류 및 프레임워크•컴포넌트 보완
활용 가이드	• 프레임워크 및 컴포넌트 활용 가이드 및 유통/보급 방안 개발 • 전국 도시철도 운영기관 RAMS 통합관리시스템 실용화 방안 제시

나. 목표 달성여부

(1) 질적 성과 목표

- 주관연구기관 (서울교통공사)

성과목표	최종성능목표	성과검증기준		달성도	가중치 (%)	증빙서류
		성과지표	목표치			
철도안전관리 체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS 관리 체계 성능 검증	E&M별 RAMS 관리체계 시범 구축	E&M별 RAMS 관리체계 구축	100	100	30	구축보고서
	E&M별 RAMS 관리체계와 철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 확인	철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증	100	100	30	검증보고서
	RAMS 통합시스템 시범 운영 및 적합성 확인	기존 시스템과의 연계성 및 적합성 검증	100	100	30	검증보고서
	운영기관기술협의체 및 전문가 워킹그룹 활동	운영기관협의체 및 전문가 워킹그룹 활동보고서	100	100	10	결과 보고서

- 공동연구기관 : 대전도시철도공사

성과목표	최종성능목표	성과검증기준		달성도	가중치 (%)	증빙서류
		성과지표	목표치			
운영기관 RAMS 활동 관리 통합시스템 시범 구축 지원	RAMS 통합시스템 운영기관 시범 구축을 위한 관련 인프라 분석 및 환경 구축	유지관리 시스템 인프라 분석 및 설치 환경 구축	100	100	30	결과 보고서
	RAMS 통합시스템 시범 구축 지원	RAMS 통합시스템 대전도시철도 시범 구축 지원	100	100	40	결과 보고서
	시범구축 및 운영단계에서 요구사항 및 검증, 보완사항 제시	구축 및 운영단계 사용자 요구사항, 보완사항 도출 및 적용	100	100	30	결과 보고서

- 공동연구기관 : 한국교통안전공단

성과목표	최종성능목표	성과검증기준		달성도	가중치 (%)	증빙서류
		성과지표	목표치			
RAMS 관리체계 도입을 위한 철도안전관리체계 기술기준 개정(안)	철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 제시	철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출	100	100	100	철도안전관리체계 기술개정(안)

- 공동연구기관 : 대아티아이(주)

성과목표	최종성능목표	성과검증기준		달성도	가중치 (%)	증빙서류
		성과지표	목표치			
도시철도 유지관리시스템과의 연계성 및 품질최적화를 위한 시범구축 및 성능검증	RAMS통합시스템 2차 시범구축	시범구축 대상 운영기관 설치	100	100	50	결과보고서
	성능검증 및 안전관리체계 적합성 검증	2차 시범구축 성능 및 적합성 검증	100	100	40	검증보고서
	RAMS 활동 분석/평가 및 템플릿 검증	도시철도 RAMS 분석/평가 및 템플릿 검증	100	100	10	결과보고서

- 공동연구기관 : (주)카이엠

성과목표	최종성능목표	성과검증기준		달성도	가중치 (%)	증빙서류
		성과지표	목표치			
통합 RAMS S/W 검증/보완	LCC 모듈 연계 기능을 포함한 통합 RAMS S/W 검증/보완	통합 RAMS S/W에 대한 검증 및 보완	100	100	30	기능·성능 검증 보고서
	LCC 모듈 연계 기능을 포함한 통합 RAMS S/W 시범구축/운영	시범구축한 통합 RAMS S/W 운영 지원	100	100	30	도시철도 RAMS관리체계 도입시나리오
	활용 가이드 작성	통합 RAMS S/W에 대한 기능 설계 사양을 만족하는 기능에 대한 지침	100	100	40	시스템 실무활용 가이드

(2) 양적 성과 목표

- 주관연구기관 (서울교통공사)

목표	목표건수	달성건수	가중치
E&M별 RAMS 관리체계 구축보고서	1종	1	25%
철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증보고서	1종	1	25%
기존 시스템과의 연계성 및 적합성 검증보고서	1종	1	20%
운영기관협의체 및 전문가 워킹그룹 활동보고서	1종	1	10%
학술대회 논문 발표	2건	3	10%

2차년도 연차실적 평가시 수정·보완 요구사항			
국내 학술지 논문 게재	1건	1	10%

- 공동연구기관 : 대전도시철도공사

목표	목표건수	달성건수	가중치
유지관리 시스템 인프라 분석 및 설치 환경 구축 분석 보고서	1종	1	30%

RAMS 통합시스템 대전도시철도 시범 구축 결과보고서	1종	1	30%
구축 및 운영단계 사용자 요구사항, 보완사항 도출 및 적용 결과보고서	1종	1	30%
학술대회 논문 발표	1건	1	10%

- 공동연구기관 : 한국교통안전공단

목표	목표건수	달성건수	가중치
철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출	1종	1	90%
학술대회 논문 발표	1건	3	10%

- 공동연구기관 : 대아티아이(주)

목표	목표건수	달성건수	가중치
RAMS통합시스템 인터페이스 모듈 기능 개선	1	1	30%
RAMS통합시스템 2차 시범구축	1	1	40%
도시철도 RAMS 분석/평가 기법 정의서 보완	1	1	10%
도시철도 RAMS 표준 템플릿 보완	1	1	10%
학술대회 논문 발표	1	1	10%

- 공동연구기관 : (주)카이엠

목표	목표건수	달성건수	가중치
통합 RAMS S/W	1	1	40%
E&M별 RAMS S/W	1	1	40%
통합 RAMS S/W 논문 발표	1	3	20%

(3) 세부 성과 목표 및 결과

세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구성과물 (완료)
철도안전관리체계 기술기준의 도시철도 E&M별 RAMS	E&M별 RAMS 관리체계 시범구축	• 서울교통공사 RAMS 관리체계 시범 구축 • 분류체계, 계층구조 정의 • 유지관리시스템 연계 구축	- E&M별 RAMS 관리체계 구축보고서

관리체계 수립 (서울교통공사)	철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증	• 철도안전관리체계 기술기준 분석 • RAMS 시스템 요구사항 분류 • 요구항목별 적합성 검증	- 철도안전관리체계 기술기준과의 적합성 검증 보고서
	기존 시스템과의 연계성 및 적합성 검증	• 유지관리시스템 데이터 분석 • 유지관리시스템 데이터 연계 및 결과 분석	- 기존 시스템과의 연계성 및 적합성 검증보고서
	운영기관 기술협의체 및 전문가 워킹그룹 활동	• 운영기관 요구사항 및 의견수렴 • 전문가를 통한 전문지식 획득 • 운영기관, 국토부 대상 공청회, 설명회 개최 • 철도 관계자 대상 홍보 활동	- 운영기관 기술협의체 및 전문가 워킹그룹 활동 보고서
운영기관 RAMS 활동 관리 통합시스템 시범 구축 (대전도철)	RAMS 통합시스템 운영기관 시범 구축을 위한 관련 인프라 분석 및 환경 구축	• 유지관리 시스템 인프라 분석 및 설치환경 구축	- 유지관리시스템 인프라 분석 및 설치환경 구축 분석 보고서
	RAMS 통합시스템 시범 구축 및 현장 적용	• RAMS 통합시스템 대전도시철도 시범 구축	- RAMS 통합시스템 대전도시철도 시범구축 결과보고서
	시범구축 및 운영단계에서 요구사항 및 검증, 보완사항 제시	• 구축 및 운영단계 사용자 요구사항, 보완사항 도출 및 적용	- 요구사항, 보완사항 도출 및 적용 결과 보고서
RAMS 관리체계 도입에 필요한 정책방향 도출 (한국교통안전공단)	철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 제시	• 철도안전관리체계 기술기준(위험관리,유지관리) 상세 검토 • 2017년 정기검사 결과 분석	- 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 도출
도시철도 유지관리시스템과의 연계성 및 품질 최적화를 위한 시범구축과 성능검증 (대아티아이(주))	RAMS통합시스템 2차 시범구축	• 서울교통공사 2차 시범구축 • 대전도시철도공사 2차 시범구축	- RAMS 통합시스템 2차 시범구축 보고서
	성능검증 및 안전관리체계 적합성 검증	• RAMS 통합시스템 요구사항 검증 • 2차 시범구축 RCM검증 시험입회 및 성능 검증	- 2차 시범구축 성능검증 및 안전관리체계 적합성 검증보고서

	RAMS 활동 분석/평가 및 템플릿 검증	• E&M 주요설비별 고장유형 및 위험요인 분석/정의 • 도시철도 위험요인 평가 기준 정의 • RAMS 표준 템플릿 검증	- 도시철도 RAMS 분석/평가 및 템플릿 검증보고서
통합 RAMS S/W 검증/보완 (㈜카이엠)	LCC 모듈 연계 기능을 포함한 통합 RAMS S/W 검증/보완	통합 RAMS S/W에 대한 검증 및 보완	- 통합 RAMS S/W에 대한 검증 및 보완실적 보고서
	LCC 모듈 연계 기능을 포함한 통합 RAMS S/W 시범구축/운영	시범구축한 통합 RAMS S/W 운영 지원	- 시범구축 통합RAMS S/W운영지원_도입시나리오, 사용자지침서
	활용 가이드 작성	통합 RAMS S/W에 대한 기능 설계 사양을 만족하는 기능에 대한 지침	- RAMS 통합시스템 실무 활용가이드

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 서울교통공사 및 대전도시철도공사 실무활용

(1) 서울교통공사 RAMS 관리체계 시범구축 및 운영

(가) RAMS 관리조직

기술본부	T-RAMS 운영팀	기술분야 RAMS 운영, 중장기 계획수립
	본사 (처)	기술분야 RAMS 분석 및 활용
	기술 사업소(현업)	기술분야 시설물 유지관리, 자료입력
차량본부	신뢰성디지털혁신팀	차량분야 RAMS 운영, 중장기 계획수립
	본사 (처)	차량분야 RAMS 분석 및 활용
	기술 사업소(현업)	차량분야 차량 유지관리, 자료입력
기술연구소	신뢰성 연구팀	신뢰성 연구 및 업무 지원, 직원교육

(나) K-RAMS 시범 구축 및 실무 활용 교육

구분	교육내용	교육일시	대상자	인원
사용자 교육	K-RAMS 이론 교육	'18.10.08 '18.10.10 '18.10.29 '18.11.05 '18.11.21	- 전기분야 - 신호분야 - 기계분야 - PSD분야 - 신뢰성분야	45명
	K-RAMS 전산 교육			
	K-RAMS 활용 교육			





(2) 대전도시철공사 시범구축 및 운영

(가) 시범구축

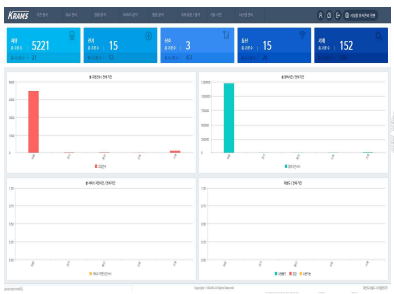
- 운영대상: 도시철도 RAMS 통합시스템
- 구축기간: ~ '18년 12월 31일
- 해당분야: 기계환경, 전기, 신호, 통신, 차량

기계환경	전기	신호	통신	차량
에스컬레이터	가스/진공 차단기	궤도회로, 선로전환기	디지털전송설비	전동차



(나) K-RAMS 실무 활용 교육

- 실무자 교육 실시
  - 일 시: 2019. 1. 23.(수)
  - 장 소: 대전도시철도 판암차량기지 승무 교양실
  - 참석인원: 차량팀, 전기팀, 신호팀, 통신팀, 기계환경팀 32명
  - 교육내용: 개념이해, 시스템 소개, 기준정보, 자료관리, 현황분석, RAMS분석 등







나. 제도개선을 위한 정책제언

철도안전관리체계 기술기준에서의 RAMS 요구항목에 대한 개정 시 [표 40]과 같이 2가지 대안으로 구분할 수 있다. 먼저 현재 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목에 대해 보완을 하는 것이다. 이 대안을 적용할 경우 RAMS 업무를 수행함에 있어서 이해가 부족하면 철도안전관리체계 기술기준의 각 RAMS 요구항목들과 RAMS 절차를 연계하여 업무를 이행하기가 어려울 수 있다. 대안 2의 경우 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목을 개정하고, 아래 표의 철도 위험도 평가에 관한 세부기준과 같이 RAMS 절차에 부합하도록 세부내용을 작성하는 것이다. 이 대안의 경우 RAMS 절차를 기반으로 하여 세부기준을 작성하였기 때문에 철도운영자등이 RAMS 업무를 원활하게 수행할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

대안	내용
1	철도안전관리체계 기술기준 RAMS 요구항목에 대한 부족한 내용 보완
2	RAMS 절차에 따른 RAMS 관리의 세부기준 별표 작성

(1) 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목 일부 보완

(가) 유지관리 기준

철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목인 12.3.2 유지관리기준, 12.5.2 유지관리 결과의 활용, 12.7.1 유지관리부품의 확보, 12.7.3 철도안전 주요부품등의 관리 그리고 12.7.4 신뢰성기반 유지관리적용에 대해 내용을 추가 보완하고, 그에 따른 철도안전관리체계 기술기준의 작성지침 및 평가기준을 제시한다.

항목	기존	개정안
유지관리기준	철도운영자등은 철도차량 및 철도시설이 관련 법령, 행정규칙 및 제작사가 제시한 기준(관련법령 및 행정규칙에 위반되지 않는 범위 내의 기준을 의미한다)에 적합하게 유지될 수 있도록 문서화된 유지관리 기준을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지관리 기준에는 다음 각 목의 사항을 포함하여야 한다. 다만, 가목 및 나목에 대하여는 운영실적 자료 또는 신뢰성 분석(RAMS) 등의 결과에 따라 제작사가 제시한 기준과 다르게 변경할 수 있다. 가. 설비(장치)별 점검항목 나. 설비(장치)별 점검 및 교체주기 다. 점검 및 개조 결과 적합/부적합 판단기준 라. 세부점검 및 보수방법	- 동일
개정의견	- 동일	

(나) 유지관리 결과의 활용

항목	기존	개정안
유지관리결과활용	철도운영자등은 유지관리 결과에 대한 신뢰성·가용성·정비성·안전성(RAMS)을 검토하여 유지관리 업무의 기본 자료로 활용하여야 하며, 활용 결과를 주기적으로 기록 유지하여야 한다.	철도운영자등은 유지관리 결과에 대한 신뢰성·가용성·정비성·안전성(RAMS)을 검토하여야 하며, 이를 위한 세부적인 사항은 별표 ○와 같다. 검토된 RAMS는 유지관리 업무의 기본 자료로 활용하여야 하며, 활용 결과를 주기적으로 기록 유지하여야 한다.
개정의견	RAMS 절차에 따른 RAMS 관리의 세부기준 추가	

(다) 유지관리 부품의 확보

항목	기존	개정안
유지관리 부품 확보	철도운영자등은 유지관리 부품을 확보하고 관리하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지관리 부품을 확보하기 위한 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다. 가. 유지관리 부품 관리의 역할과 책임 나. 유지관리 부품의 종류, 교체 주기, 보유 수량의 설정 다. 유지관리 부품의 조달 계획 라. 유지관리 부품 확보에 대한 중장기 계획 마. 외자 등 조달 불가능한 유지관리 부품의 종류 및 확보 방안 바. 유지관리 부품의 보관 절차 등 사. 철도안전 주요부품의 고장빈도 분석. 다만, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등 결과에 따라 기준의 설정은 변경할 수 있다.	철도운영자등은 유지관리 부품을 확보하고 관리하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지관리 부품을 확보하기 위한 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다. 가. 유지관리 부품 관리의 역할과 책임 나. 유지관리 부품의 종류, 교체 주기, 보유 수량의 설정 다. 유지관리 부품의 조달 계획 라. 유지관리 부품 확보에 대한 중장기 계획 마. 외자 등 조달 불가능한 유지관리 부품의 종류 및 확보 방안 바. 유지관리 부품의 보관 절차 등 사. 유지관리 부품의 이력관리 방안 아. 철도안전 주요부품의 고장빈도 분석. 다만, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등 결과에 따라 기준의 설정은 변경할 수 있다.
개정 의견	- 유지관리 부품의 확보 후 어디로 이동이 되고 사용되는지 관리가 필요하므로 이력관리 내용 추가	

(라) 철도안전 주요부품 등 관리

항목	기존	개정안
철도안전 주요부품 등의 관리	철도운영자등은 다음 각 목에 따른 안전과 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 관리하고, 교체 및 정비주기를 정하는 등 안전에 영향이 최소화되도록 관리하여야 하며, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등의 결과에 따라 철도안전 주요부품의 교체 및 정비주기는 변경할 수 있다. 가. 주요 핵심부품 1) 「철도안전법」에 따라 국토교통부가 형식승인 대상으로 고시하는 철도용품 2) 기타 철도운영자등이 철도 안전에 필요하다고 인정하는 부품 나. 고장빈발부품 1) 철도운영자등이 최근 3년간 고장발생이력 등을 토대로 보유차종의 특성에 맞게 선정한 부품 2) 기타 철도운영자등이 필요하다고 인정하는 부품	철도운영자등은 다음 각 목에 따른 안전과 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 정의하고, 고유번호를 부여하여 이력관리를 하여야 한다. 또한, 교체 및 정비주기를 정하는 등 안전에 영향이 최소화되도록 관리하여야 하며, 운영실적 자료 축적 또는 신뢰성분석 등의 결과에 따라 철도안전 주요부품의 교체 및 정비주기는 변경할 수 있다. 가. 주요 핵심부품 1) 「철도안전법」에 따라 국토교통부가 형식승인 대상으로 고시하는 철도용품 2) 기타 철도운영자등이 철도 안전에 필요하다고 인정하는 부품 나. 고장빈발부품 1) 철도운영자등이 최근 3년간 고장발생이력 등을 토대로 보유차종의 특성에 맞게 선정한 부품 2) 기타 철도운영자등이 필요하다고 인정하는 부품
개정 의견	- 철도안전 주요부품에 대한 이력관리를 위해 고유번호 부여가 필요하므로 내용 추가	

(마) 신뢰성기반 유지관리 적용

항목	기존	개정안
신뢰성 기반 유지 관리 적용	철도안전 주요부품은 신뢰성기반 유지 보수체계를 적용하여 관리하여야 하며, 교체주기변경 등 안전에 영향이 있는 사항을 변경하기 위해서는 신뢰성 기반 유지보수체계 분석을 시행하고 그 결과를 기초로 하여야 한다.	철도안전 주요부품은 신뢰성기반 유지 보수체계를 적용하여 관리하여야 하며, 개조 및 재설계, 교체주기변경 등 안전에 영향이 있는 사항을 변경하기 위해서는 신뢰성기반 유지보수체계 분석을 시행 하고 그 결과를 기초로 하여야 한다.
개정 의견	- 개조 및 재설계로 유지보수업무가 변경될 수 있으며, 이는 안전에 영향이 있는 사항에 포함되므로 내용 추가	

(2) RAMS 관리 세부기준 제시

○ 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목들은 운영기관들을 억제하기 위함이 아닌 원활한 RAMS 활동을 지원하는 보조수단으로 활용될 필요가 있다. 또한, 환경의 변화나 기술 등의 발전으로 기술기준의 RAMS 요구사항들도 지속적으로 개정될 필요가 있다.

○ RAMS 절차에 따른 RAMS 관리의 세부기준을 작성하기 위해 철도안전관리체계 기술기준의 철도 위험도 평가에 관한 세부기준(3.1.2 관련)을 참고하였다. 철도 위험도 평가에 관한 세부기준은 정의와 위험도 기본원칙, 위험관리 절차와 위험도 평가 절차로 구분될 수 있다.

○ RAMS 관리의 세부기준은 RAMS 절차를 기반으로 하여 철도운영자등이 RAMS 업무를 수행할 때 원활할 수 있도록 하기 위함이다. RAMS 절차에 대한 세부기준은 RAMS 절차 구성에 따라 대안을 제시한다.



<철도위험도 평가에 관한 세부기준 항목>



<RAMS 절차(대안1)>

(3) 향후 철도안전관리체계 기술기준 개정 시 대응

○ 1~3차년에 시행한 "전국 도시철도 운영기관 기술협의체" 운영을 활용, 각 운영기관의 특성 등 다양한 요구사항을 충분히 수렴하여 철도안전관리체계 기술기준 개정 시 반영

❑ 대상기관 : 전국 도시철도 운영기관(경전철 포함)

❑ 관 련 자 : 철도안전관리체계 또는 RAMS 담당부서장(실무담당자)

구 분	1~3차년도 참여한 운영기관 (11개)
연구수행기관	서울교통공사, 대전도시철도공사
수도권 (4)	서울9호선운영, 인천교통공사, 공항철도, 네오트랜스
지 방 (4)	부산교통공사, 광주도시철도공사, 대구도시철도공사, 부산김해경전철

❑ 정책제안 : 기술협의체에서 도출된 의견을 국토교통부 및 한국교통안전공단 등 관계기관에 전달, 향후 기술기준 개정이 운영기관의 RAMS 활동을 적극 지원하고 안전관리체계를 구축하여 철도안전 확보에 기여

다. 연구개발 성과의 운영기관 활용 방안

○ 철도안전법에 따른 운영기관의 안전관리체계 검증

✓ 도시철도 운영기관의 RCM 활용 방안 제공

✓ 타 철도 운영기관 안전관리체계 지원 및 자문

○ 신규노선 개발 시 RAMS표준 시스템으로 적용토록 제도화 추진

✓ 사전 설계에 대한 RAMS목표치 정의 지원

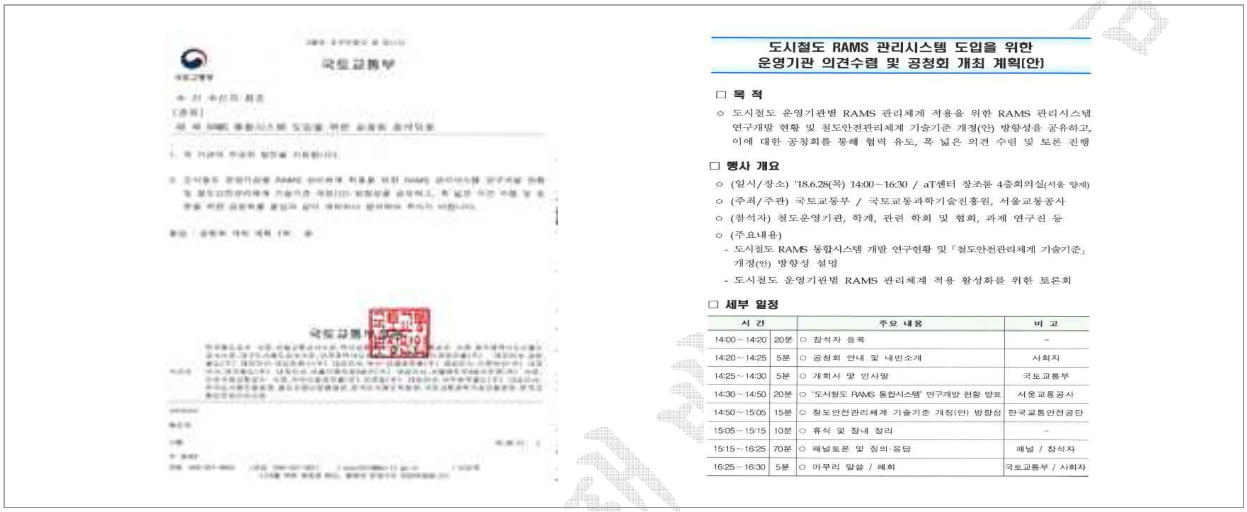
✓ RAMS통합시스템 신규노선 적용

○ 운영기관 KRAMS 도입/구축을 위한 기본 플랫폼 활용

✓ 운영기관 시설물 유지보수 프로세스 및 관리데이터 표준 체계 활용

✓ 운영기관의 RAMS 관리체계 도입에 따른 현황 파악 및 사전 준비 사항으로 활용

○ 국토부 주관 “RAMS 통합시스템 도입을 위한 공청회” 개최



국토교통부

도시철도 RAMS 관리시스템 도입을 위한 운영기관 의견수렴 및 공청회 개최 계획(안)

□ 목 적

○ 도시철도 운영기관별 RAMS 관리체계 적용을 위한 RAMS 관리시스템 연구개발 현황 및 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 방향성을 공유하고, 이에 대한 공청회를 통해 협력 유도, 폭 넓은 의견 수렴 및 토론 진행

□ 행사 개요

○ (일시/장소) '18.6.28(목) 14:00~16:30 / aT센터 창조동 4층회의실(서울 양재)

○ (주최/주관) 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원, 서울교통공사

○ (참석자) 철도운영기관, 학계, 관련 학회 및 협회, 과제 연구진 등

○ (주요내용)

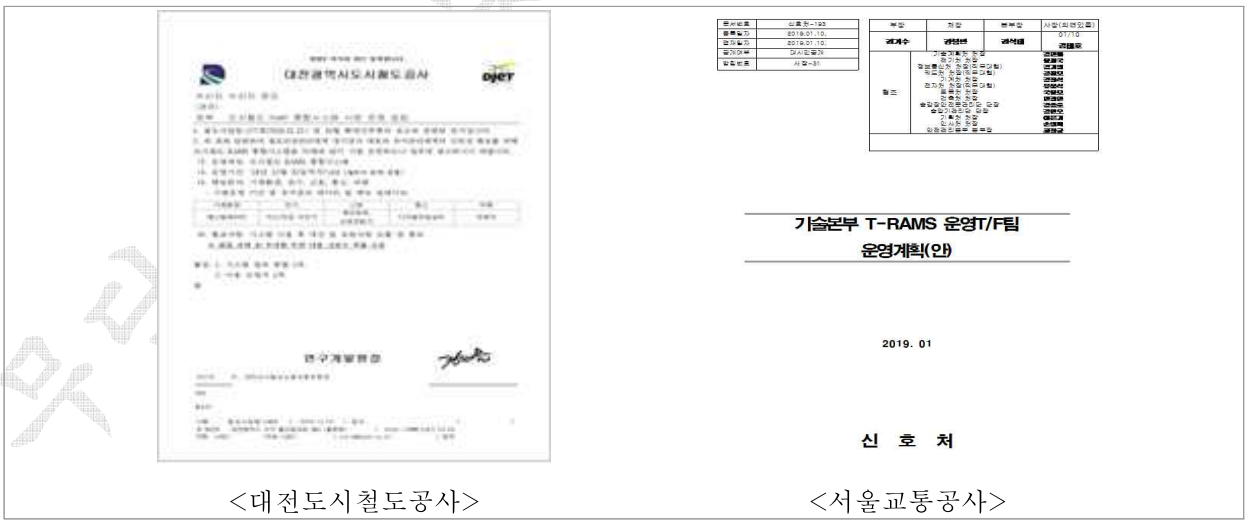
- 도시철도 RAMS 통합시스템 개발 연구현황 및 「철도안전관리체계 기술기준」 개정(안) 방향성 설명
- 도시철도 운영기관별 RAMS 관리체계 적용 활성화를 위한 토론회

□ 세부 일정

시 간		주요 내용	비 고
14:00~14:20	20분	○ 참석자 등록	-
14:20~14:25	5분	○ 공청회 안내 및 내빈소개	사회자
14:25~14:30	5분	○ 개회사 및 인사말	국토교통부
14:30~14:50	20분	○ '도시철도 RAMS 통합시스템' 연구개발 현황 발표	서울교통공사
14:50~15:05	15분	○ 철도안전관리체계 기술기준 개정(안) 방향성	한국교통안전공단
15:05~15:15	10분	○ 휴식 및 장내 정리	-
15:15~16:25	70분	○ 패널토론 및 질의·응답	패널 / 참석자
16:25~16:30	5분	○ 마무리 말씀 / 폐회	국토교통부 / 사회자

○ 서울교통공사 T-RAMS 운영 전담팀 구성하여 RAMS 관리

○ 대전도시철도공사 RAMS 시범구축 후 본격 운영



대전광역시도시철도공사

기술본부 T-RAMS 운영T/F팀

운영계획(안)

2019. 01

신 호 처

<대전도시철도공사> <서울교통공사>

○ 타 도시철도 운영기관의 활용방안은 국토교통부와 한국교통안전공단에서 본 연구성과물 도입 및 활용(확대) 협의 추진 예정

[연구성과물의 활용방안, 계획 및 홍보전략]

1. 철도안전관리체계 정기검사에 활용
   - 도시철도 RAMS 통합시스템은 철도안전관리체계 기술기준을 지원하도록 개발되어 매년 한국교통안전공단에서 시행하는 운영기관 철도안전관리체계 정기검사에 적극 활용하여 관련법령을 충족
   - 시범구축된 서울교통공사 및 대전도시철도공사의 사례를 통해 전국 도시철도 운영기관으로 확대하여 RAMS 관리의 표준화 제시

2. 철도안전관리체계 기술기준 적용 장치 및 분야확대
   - 현재 기술기준을 적용하는 장치 및 분야가 한정되어 있으나, 향후 실효성 높고 최적의 RAMS 관리를 위해서는 확대가 필요하여 서울교통공사에서 시범 확대 계획

- 전기 : 전차선 / 송배전 / 변전 - 신호 : ATO장치 / 궤도회로 - PSD : 제어장치 / 컴퓨터 장치	- 궤도, 토목 - 건축 - 정보통신 - 전자
적용분야 장치 확대	비적용 분야 확대

3. 홍보전략
   - 기존의 전국 도시철도 운영기관 기술협의체를 활용
   - 수도권역과 지방권역으로 2원화하여 서울교통공사 및 대전도시철도공사에 직접 방문하여 실제 구축된 RAMS 통합시스템을 체험하는 행사를 마련
   - 사업설명회, 각종 학회 전시부스를 활용한 시연 및 홍보
   - 기술실시 및 사업화를 위한 활동 강화 (주관 및 공동연구기관 합동)
   - 운영기관이 자체적으로 구축 시 소요되는 비용, 기간, 인력 등을 본 성과물 구축과 상호 비교하여 장점(예산절감, 소요기간, 향후 유지관리)을 홍보
   - 신규 및 연장 노선 건설시 본 성과물이 도입될 수 있도록 노력

라. 기술실시 및 사업화

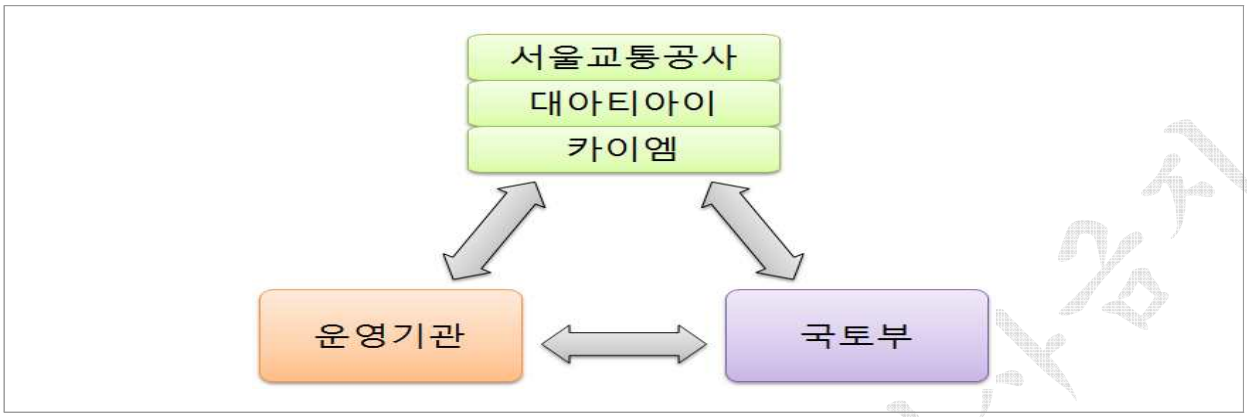
(1) 기술실시 협약 추진

○ 기술실시를 위한 연구기관간 공동협약 추진

✓ 법률자문 및 협약서(안) 작성 중

(2) 사업화 전략

(가) 구성 및 협조체계



(나) SWOT분석 및 추진전략 수립



○ STEP 1 : 우선 사업 전략

✓ 신규노선 사업 및 기존 노선 사업 제안시 본 연구 성과물 제안 추진 전략

✓ 국토부(정부)에서 본 연구성과물 도입 활성화 제시

○ STEP 2 : 단기 사업 전략

✓ 도입활성화를 위한 대내외 홍보 및 세미나 추진

✓ 전국단위 교육과정 개설 및 운영예규 등 제도화 추진

✓ 전국 도시철도운영기관 RAMS 체계 표준화 및 통일화를 위한 실용화 국가연구과제 추진 검토

○ STEP 3 : 중장기 사업 전략

✓ 스마트철도안전시스템 기술개발 실용화 과제 추진

✓ 타 국가연구과제와 연계 또는 융합사업 발굴 추진

✓ 본 연구성과물 고도화(예지 및 AI 기능) 연구 추진

(3) 단계별 세부 추진 방안

○ 국가 R&D를 통한 연구 성과물은 기존 민간사업으로 도입되는 시스템에 비하여 약 80% 수준의 비용으로 구축 가능

✓ 제품 : “도시철도 RAMS 통합관리 시스템 (KRAMS)”

✓ 예상 시장규모: 500억 ~ 1000억

✓ 예상 시장점유률: 70%이상

✓ 예상 매출액: 350억 (6년간 사업화 및 운용유지비 기준)

구분	1단계	2단계	3단계
도입 구축 사업	35억	60억	60억
도입 구축 사업 산출근거	7개 운영사 * 도입비 5억	20개 운영노선 * 도입비 3억	20개 신규노선 * 도입비 3억
운용유지 사업	7억/년	25억/년	35억/년
운용유지 사업 산출 근거	7개사 * 운용유지비 1억/년	25노선 * 운용유지비 1억/년	35노선 * 운용유지비 1억/년

붙임. 참고문헌

붙임. 참고문헌

○ International Electrotechnical Commission, IEC/TR 62278-3, Railway Applications - Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS) - Part 3: Guide to the application of IEC 62278 for rolling stock RAM(2010).
○ International Electrotechnical Commission, IEC/TR 62278-4, Railway Applications - Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS) - Part 4: RAM risk and RAM life cycle aspects(2016).
○ International Electrotechnical Commission, IEC 62278, Railway Applications - Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)(2002).
○ International Electrotechnical Commission, IEC 60300-3-11, Dependability Management - Part 3-11 : Application Guide - Reliability Centered Maintenance(2009).
○ Departments and Agencies of the Department of Defense, MIL-STD-2173, Reliability-centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment(1986).
○ Naval Air Systems Command, NAVAIR 00-25-403, Guidelines for the Naval Aviation, Reliabilitycentered Maintenance Process(2005).
○ 법제처(국가법령정보센터), 철도차량 기술기준(2017).
○ 법제처(국가법령정보센터), 철도용품 기술기준(2016).
○ 법제처(국가법령정보센터), 철도시설의 기술기준(2018).
○ 법제처(국가법령정보센터), 철도용품 형식승인·제작자승인 시행지침(2016).
○ 법제처(국가법령정보센터), 철도차량 형식승인·제작자승인·완성검사 시행지침(2016).
○ 법제처(국가법령정보센터), 항공등화시설 등의 관리·운영 및 점검지침(2017).
○ 법제처(국가법령정보센터), 항공정비프로그램 개발 지침(2016).
○ 국방기술품질원, 미국방성 신뢰성 업무지침서(2009)
○ 서순근 외 4명, 신뢰성공학 2판, 교보문고(2015).
○ 신석균 외 4명, 철도시스템 RCM 적용을 위한 신뢰성 및 안전성 분석 활동에 관한 연구, 한국철도학회논문집, 9(6), pp.739-745(2006).
○ 최용운, 국내 RCM 추진현황과 발전방향, 철도저널, 16(6), pp.25-32(2013).
○ RAMS 통합 SW설계서 - 요구사항정의서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 시스템 아키텍처 정의서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 표준 지침서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 유스케이스 정의서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 사용자인터페이스정의서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 사용자인터페이스설계서

○ RAMS 통합 SW설계서 - 컴포넌트아키텍처명세서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 컴포넌트설계서
○ RAMS 통합 SW설계서 - 데이터베이스 설계서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 요구사항정의서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 시스템 아키텍처 정의서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 표준 지침서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 유스케이스 정의서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 사용자인터페이스정의서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 사용자인터페이스설계서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 컴포넌트아키텍처명세서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 컴포넌트설계서
○ E&M별 RAMS SW설계서 - 데이터베이스 설계서
○ 통합시스템 기능·보완 실적 보고서
○ 도시철도 RAMS 관리체계 도입 시나리오
○ RAMS 사용자 지침서
○ RAMS 통합시스템 실무 활용 가이드

무단전재 및 재배포·복사금지