

도시철도 RAMS 통합시스템 및 방법에 관한 연구

A Study on Implementation Method of Integrated Management System of RAMS in Urban Railway성창기* · 강봉완* · 전조원*[†] · 김명수* · 한찬희** · 황정섭* · 정운찬***ChangGi Sung* · BongWan Kang* · JoWon Jeon*[†] · MyoungSu Kim* · ChanHee Han** · JeongSeop Hwang*

·WoonChan Chung***

Abstract The purpose of this study is to identify the reliability, availability, maintenance, failure mode, and risk factors of main facilities of the urban railway, to monitor the maintenance of materials, equipment and manpower of urban railway system. The domestic railway and subway facilities maintenance and repair system has a limit to be maintained as a follow-up system such as on-site maintenance and maintenance work and measures. In addition, the diagnostic data for the electric cable, electric power, communication, and signal system used for railway and subway are managed and analyzed manually by each field and establishment. This maintenance system is limited to the system area at each location, and there is no information exchange between the systems due to this, so the cooperation between the fields is not done, and the comprehensive management and practical analysis tools are required due to the reliability and efficiency of the railway operation.

Keywords : RAMS, RCM, Maintenance system, BOM, Alternative analysis

초 록 도시철도의 주요 설비 별 신뢰도, 가용도, 유지보수도, 고장 유형 및 위험 요인을 파악함과 아울러 도시철도 시스템의 자재, 장비 및 인력의 유지관리를 통합하여 모니터링 및 대안분석을 할 수 있도록 하는 도시철도 RAMS 통합 관리 시스템 및 방법에 관한 연구이다. 국내 도시철도의 설비 유지보수 체계는 현장 점검, 유지 보수, 작업시행 및 조치 등 사후보수 체계로 유지되는 한계점이 있다. 또한 도시철도 및 지하철에 사용되는 전차선, 전력, 통신, 시설 및 신호 등에 대한 진단 자료를 각 분야별 및 사업소 단위로 관리되어 체계적이고 과학적인 분석에 한계가 있다. 또한, 이러한 유지보수 체계는 각각의 위치에서 해당 시스템 분야에 국한되어 움직이게 되고, 시스템 간의 정보 교류가 없고 분야 간 협조가 이루어지지 않아 철도 운영의 신뢰성 및 효율 저하로 이어지므로 이를 관리할 종합적인 대책과 실용적인 분석 도구가 필요하다.

주요어 : RAMS, RCM, 유지보수시스템, 분류체계, 대안분석

1. 서 론

도시철도 운영시스템 유지보수 체계에서 시설물 점검 및 감시 업무의 무인화와 고도화 추

[†] 교신저자: 서울도시철도공사 기술연구소 신뢰성연구팀(hgjeon@smrt.co.kr)

* 서울도시철도공사 기술연구소

** 대아티아이(주) 철도기술연구소, *** (주)카이엠

세에 따라 계속적으로 새로운 설비와 장비의 도입을 추진하고 있으며, 운영기관의 실정에 적합한 사용자 별 요구사항과 철도안전기술기준에 맞는 감시/제어시스템, 자산관리 시스템의 도입을 추진하고 있다. 이와 더불어, 국내·외적으로 철도운영에서의 안전을 강조하고 철도안전성에 관한 국제 표준 규격제정과 철도안전법 개정, 철도사업에서의 SIL 인증 요구 등 도시철도 운영의 신뢰성 및 효율성을 높이기 위한 체계적이고 과학적인 시스템 유지관리, RAMS 또는 RCM 절차의 도입이 도시철도 운영의 의사결정에 중요한 수단으로 인식되고 있는 추세이다. 그러나, 많은 도시철도 운영기관의 운영시스템은 각각의 장치 별로 독립적인 감시 시스템을 구성하고 시스템 간 구성 형태가 다르고 정보의 공유 및 정규화가 되어 있지 않아 통합에 어려움이 있으며, 체계적이고 표준적인 시설물 분류체계 구성과 고장모드 해석, 위험 및 고장원인 분석 등에 어려움이 있을 수 있다. 기존의 시설물 유지관리 시스템 체계에서는 사용자 또는 유지보수자의 수동 전산 입력에 주로 의존하고 있고, 관리되는 데이터는 시설물의 점검과 유지보수, 고장유형 및 빈도 등의 단순 통계분석에 초점이 맞추어져 있어 데이터 량이나 질적으로 RAMS지표를 얻기 위한 신뢰성 있는 데이터의 활용 면에서 효율성이 떨어지게 된다. 또한, 전력, 통신, 신호, 설비 등의 방대한 장치를 운영 중이나 분야 별로 정보공유, 연계 및 통합되어 있지 않아 철도 운영 상 종합적인 관리가 이루어지기 어려운 문제점이 있다. 또한, 기존 도시철도 운영기관의 유지보수 프로세스와 관리 데이터 등을 새로운 RAMS기반의 유지보수 체계에 적합하게 수정 또는 보완하는 작업은 상당한 시간과 비용을 수반하게 된다. 이에, 본 연구에서는 효율적인 구현을 위한 기존 운영기관 데이터 및 관리체계 연계기능을 갖춘, 도시철도 운영기관 주요설비 별 현황과 운영시스템에 적합한 호환성과 실용성을 갖는 RAMS 통합관리 시스템과 방법의 구성에 대한 개념을 제시하고자 한다. 이번 연구에서는 상기와 같은 시스템을 구현하기 위한 개념적인 소프트웨어 모듈의 구성과 기능, 데이터 처리 순서 등 기능/업무처리 프로세스와 그 구성에 대하여 연구하고자 한다.

2. 본 론

2.1 도시철도 RAMS 통합관리시스템 개요

2.1.1 통합시스템 아키텍처

도시철도의 주요 설비 별 신뢰도, 가용도, 유지보수도, 고장 유형 및 위험 요인에 대한 정보를 통합 제공할 수 있는 도시철도 RAMS 통합 관리 시스템의 구현에 대한 연구로서, 현재 도시철도 운영기관의 시설물 유지 및 관리 프로세스를 기본으로 보다 작은 비용을 투입하여 실용적인 신뢰성 시스템을 구축하기 위해 필요한 기능 식별과 구성으로서 앞서 설명한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 현재 운영기관 시스템과 현황에 대한 분석을 바탕으로 도시철도 시스템의 자재, 장비 및 인력의 유지 관리를 통합하여 모니터링 할 수 있고 대안분석을 통한 최적의 유지관리체계를 적용하기 위한 정보를 산출하는 도시철도 RAMS 통합관리 시스템의 전체적인 소프트웨어 아키텍처는 [Fig. 1]과 같다.

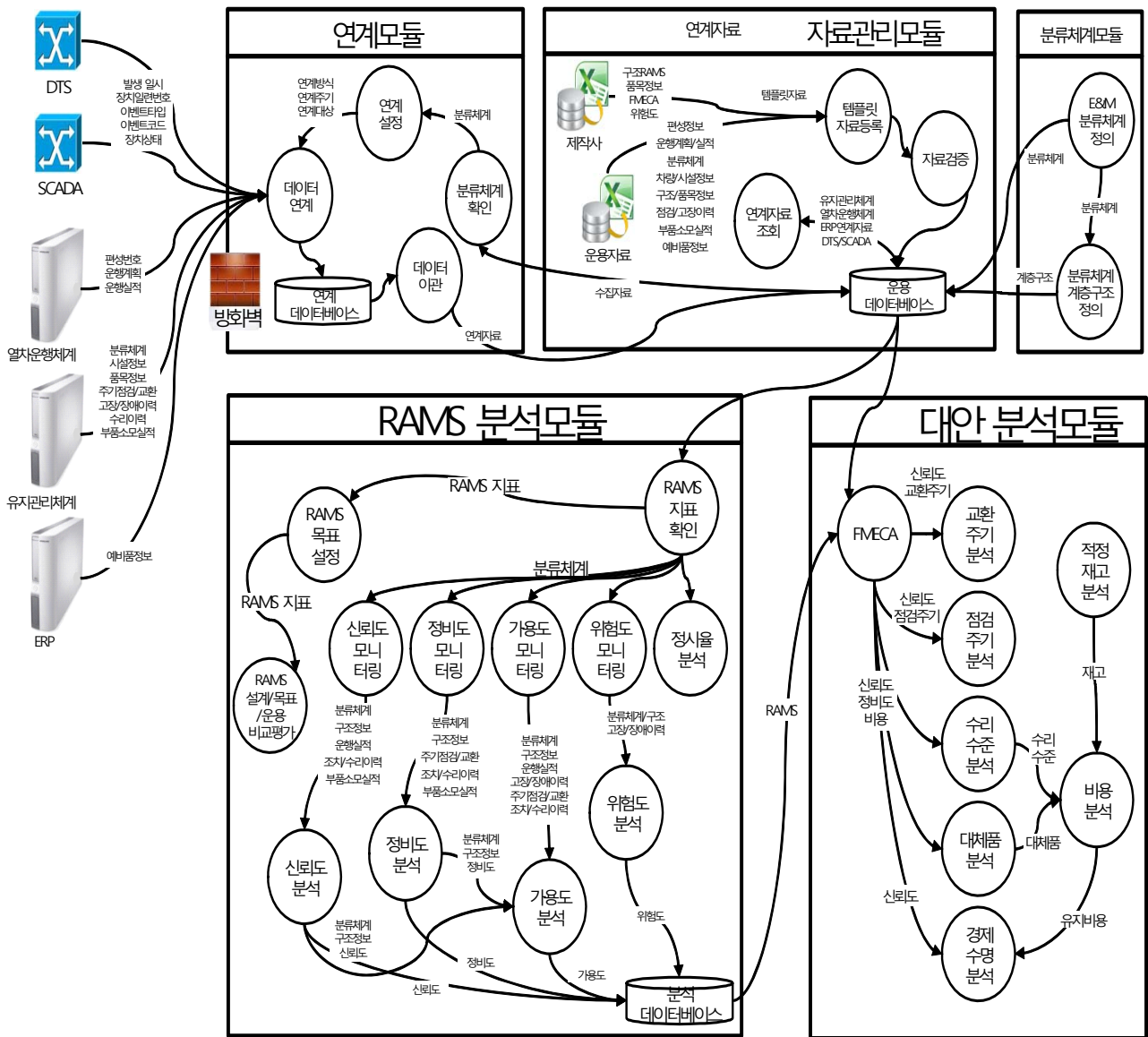


Fig. 1 System Architecture

2.1.2 기능 블록 구성

도시철도 RAMS 통합관리시스템은 도시철도 운영기관의 유지보수 프로세스 체계의 분석 결과와 철도안전관리체계 기술기준을 고려하여 기능이 구성되어야 하며, 각 기능 블록은 도시철도의 기간 시스템으로부터 입력된 소스 데이터를 RAMS지표를 위한 매개변수로 사용하기 용이하도록 표준화된 자료로 변환하여 데이터베이스에 저장하는 데이터 수집부와 데이터베이스에 저장된 데이터를 로딩하여 도시철도 시스템을 구성하는 설비, 장비 및 부품의 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 분석 및 관리하는 RAMS(Reliability Availability Maintainability Safety) 지표 관리부와, 상기 데이터베이스에 저장된 데이터를 로딩하여 상기 도시철도 시스템을 구성하는 장비 및 부품의 대안 관리를 수행하는 대안 분석부와, 상기 RAMS 지표 관리부에서 수신되는 분석 결과 및 상기 대안 분석부에서 수신되는 분석 결과를 시각적 및 청각적인 방식으로 표시하는 모니터링 부를 포함한다. 이러한 기능은 통합된 환경에서 운용될 수 있도록 웹 기반 통합 데이터베이스 환경과 웹 서버로 구성된다.

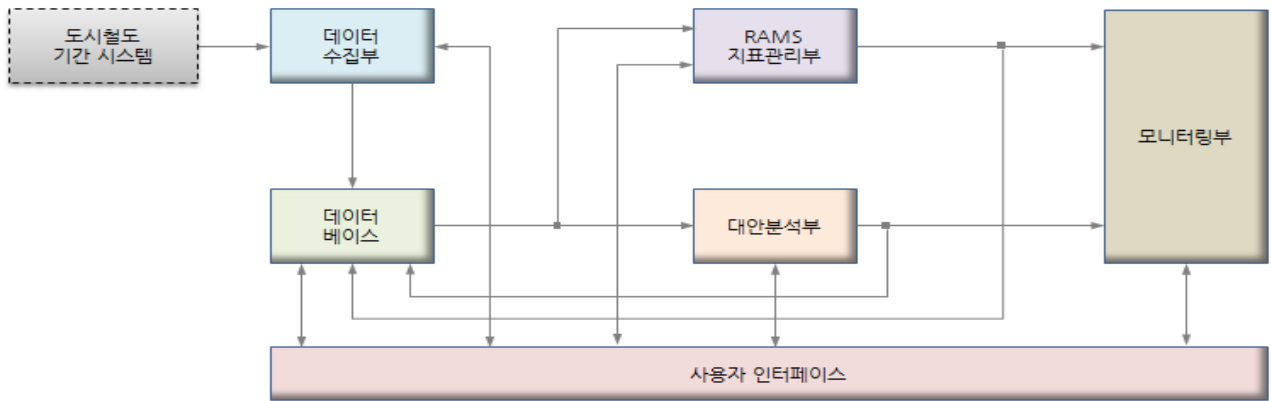


Fig. 2 Functional Diagram

2.2 도시철도 RAMS 통합관리시스템 기능블록 정의

2.2.1 데이터 수집부

시설물 유비관리시스템이나 전사자원관리시스템 등 도시철도 운영기관별 서로 다른 운영자료를 RAMS 통합 시스템으로 연계하기 위하여 시설물현황과 고장유형 등 분류 체계를 표준화하고 코드체계를 부여하여야 하지만, 기존 운영기관 관리체계의 수정 및 보완에 따른 비용과 혼란을 최소화 하기 위해서는 기존의 운영 데이터를 최대한 활용하는 것이 필요하다. 이를 위해, 자료간 데이터 맵핑을 실시하고 RAMS 통합관리시스템 데이터 베이스로 연계를 수행하는 모듈이 필요하다. 데이터 수집은 온라인을 통한 DB to DB에 의한 방식을 우선적으로 검토하고, 경우에 따라 자료교환 템플릿을 활용한 오프라인 방식도 검토하여야 한다. 또한, 입력되는 데이터의 신뢰성과 활용성 향상을 위해 도시철도 운영기관의 E&M별 운영시스템으로부터 실시간으로 생성되는 시스템정보를 입력 받아 별도의 데이터로 수집·가공하여 RAMS 통합시스템의 데이터베이스에 저장하는 기능을 추가적으로 검토할 수 있다. 예를 들면, 열차를 실질적으로 제어하는 도시철도 신호 분야의 경우에 고장 발생 시 단시간에 조치를 해야 하는 특성이 있으므로, 고장조치와 경과에 대하여 사후에 내용을 기록하여 유지관리시스템에 입력하게 되고, 이는 데이터 누락이나 잘못된 기록 등으로 이어져 결과지표의 신뢰성 저하로 이어질 수 있다. 이를 위해, 운영설비에 대한 실시간 로깅 데이터를 기반으로 입력정보를 획득하는 것이 필요하고, 신호분야의 경우 데이터 수집부는 신호처리와 관련된 현장 설비의 실시간 고장정보를 파악하기 위해서 DTS(Data Transmission System) 정보를 활용할 필요가 있다.

철도안전관리체계를 구성하는 철도안전관리시스템(SMS), 열차운행체계, 유지관리체계와의 자료 교환 정보는 표1 과 같다.

데이터수집부는 연계관리부 및 연계데이터 처리부를 포함한다.

2.2.2 연계관리부

ERP 시스템 및 차량 고장분석 시스템 등 도시철도의 기간 시스템과 연계되어 실시간 또는 정해진 스케줄로 데이터를 수신한다. 구체적으로, 연계 관리부는 도시철도 안전/시설 관리시스템 또는 전사자원관리시스템과 연계되어 정기점검 및 고장조치 등 유지관리 데이터를 수신한다. 또한, 열차의 운행거리, 운행횟수에 따른 관련 지표의 분석을 위해서 열차운행체계와 연계되어 열차운행 스케줄, 운행실적, 차량운행 실적 데이터를 수신한다. GOA 분석 및 통합을 위해 자동화 시스템과 연계되어 자동화 장치로부터 데이터를 수신한다.

Table. 1 Example of Data Exchange List

구분	자료제공	RAMS통합시스템
철도안전관리 시스템 (SMS)	안전목표 위험요인 / 위험도분석	위험도 분석, 평가
열차운행체계	열차운행계획 열차운행기록	정시율 분석, 평가
유지관리체계	시스템 계층구조별 분류체계 RAMS지표, 설비 점검항목, 주기 점검/교체 실적, 고장/장애 기록	설비별 RAMS 지표 / 추이 점검항목 및 교체 주기 부품 소요/정책 대안평가
자동화 장치	GOA 관련 항목, DTS, SCADA 로그	GOA 지표 분석, 평가
제작사 제공정보	위험요인, 위험도 평가 E&M별 구조, RAMS, FMECA 등	

또, E&M별 시스템 제조사에서 제공한 설계정보를 RAMS 시스템에 반영하기 위해 설계정보 템플릿으로부터 데이터를 수신한다. 도시철도 운영기관의 RAMS 도입은 유지보수 결과의 축적과 활용에 많은 비중이 있으며, RAMS의 방법론에 따라 운영기관의 유지보수 및 관리 시스템을 점차적으로 개선하여야 하지만, 시스템 도입시점에서부터 축적되어온 데이터와 분류체계는 연계관리를 통하여 적절한 데이터 매핑을 실시하고 RAMS 관리 시스템에서 수용할 수 있게 하여 운영기관 시스템 개선에 따른 비용과 시간을 절약 할 수 있다.

2.2.3 연계데이터 처리부

도시철도 기간 시스템(EPR 시스템 및 차량 고장분석 시스템, 실시간 시스템정보 등)에서 수신된 데이터들을 항목 별로 분류한다. 이후, 도시철도 RAMS 통합관리 시스템에 적합한 데이터로 변환하고, 변환된 데이터를 데이터베이스에 저장시킨다. 일례로, 운행실적, 고장조치, 검수실적, 부품교체, 운행장애, 수리수선, 시설물 부품표(BOM), 검수체계, 고장코드, 차량제원, 부품정보, 노선정보 등 데이터를 분류한다. 분류된 각각의 데이터를 도시철도 RAMS 통합관리 시스템에 적합한 데이터로 자동으로 변환하거나 사용자의 개입을 통하여 자료를 가공하여 데이터베이스에 업로드 한다.

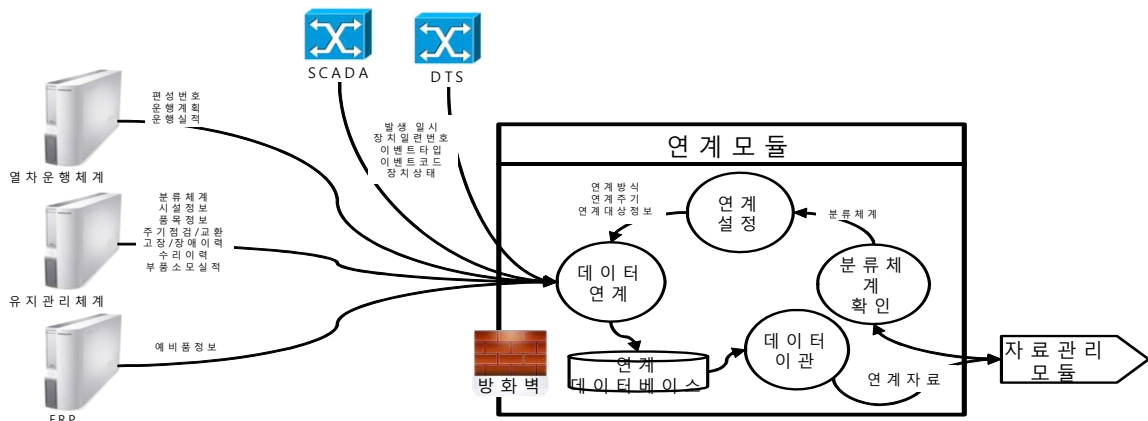


Fig. 3 Data Collection Part

2.2.4 데이터베이스부

도시철도 운영기관의 시설물 관리시스템의 환경이나 시설물 분류체계와 별도로 RAMS 관리 시스템에서는 독립되고 표준화된 데이터베이스와 시설물·고장유형 등의 분류체계를 별도로 갖추어야 한다. 도시철도 기간시스템에서 입력되는 고장/점검 데이터, RAMS 통합관리 시스템에 적합한 분류체계가 적용된 시설물 정보와 고장유형 정보, 유지관리 계획정보, 열차운행체계와 관련된 운행자료, 지표관리부에서 산출된 통계값 등 RAMS 현황과 설정값 등이 저장되며 경우에 따라 사용자 정보, 조직 등의 자료가 저장된다.

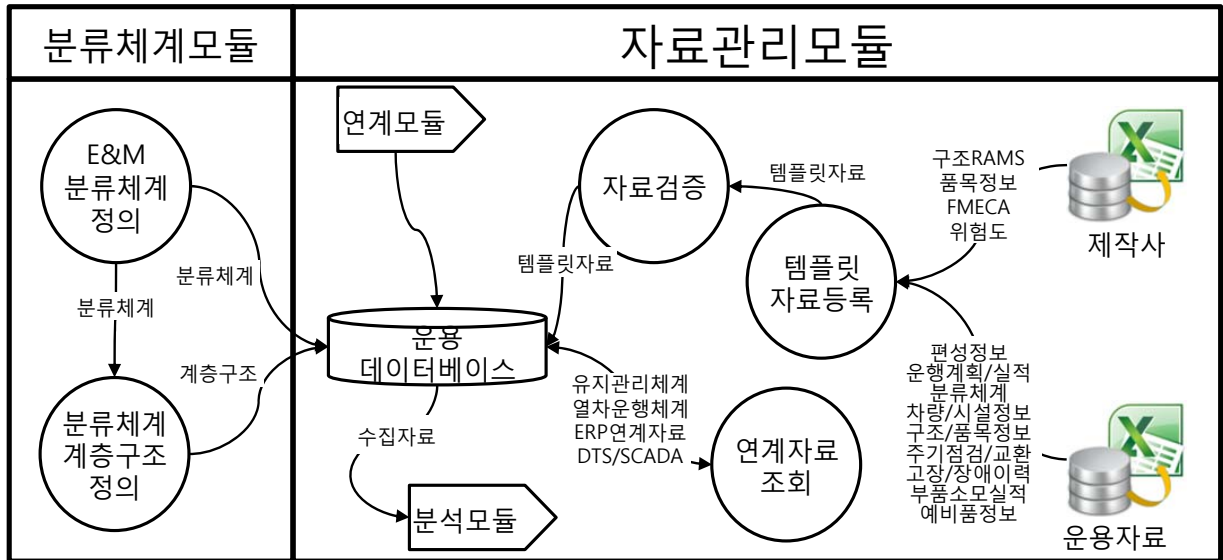


Fig. 4 Data Management Module

Table. 2 Example of Category by information classification

구분	항목
위험요인	위험요인 분류 및 안전대책, 위험 요인별 위험도, 안전도 목표
분류체계	E&M 구분(차량, 전기/전력, 신호/통신, 기계, 관제), 차종/시설분류, E&M분류명, RAMS관리구분, 수리가능여부, 일련번호
구조정보	E&M 코드, LBS 코드, LBS명, LBS 레벨, RAMS관리구분, 수리가능여부, 일련번호
품목정보	E&M코드, LBS코드, 품번, 품명, 제작사, 수량, 내구수명, 주요부품여부, 단가
RAMS정보	E&M코드, LBS코드, 설계 RAMS 지표, 목표 RAMS 지표
FMECA	E&M 코드, LBS코드, 고장유형, 고장현상, 고장원인, 고장영향, 유형비, 심각도
고장유형 수리/점검	E&M코드, LBS코드, 고장유형, 수리업무, 수리표준시간, 점검부품, 점검주기
주기교환	E&M코드, LBS코드, 교환부품, 일련번호관리, 교환주기

2.2.5 지표관리부

지표 관리부는 RAMS 지표 분석, 신뢰도 분석, 정비도 분석, 가용도 분석, 정시율 분석, 위험도 분석, GOA 지표 분석, 고장유형 및 영향분석(FMECA: Failure Modes Effects and Criticality Analysis) 등 업무를 수행한다. 도시철도 시스템을 구성하는 설비, 장비 및 부품의 운용 및 유지보수 데이터를 데이터베이스로부터 수집 및 분석하여 운용 및 유지보수의 분석 결과를 생성한다. 또한, 설비, 장비 및 부품의 RAMS 지표에 대한 설계 값, 목표 및 운영 지표에 대한 비교평가를 수행한다. 도시철도 E&M 분야별 도입부터 폐기까지의 수명주기에 걸쳐 RAMS 지표를 분석/평가하여 안전관리, 운행관리, 유지관리에 활용할 수 있는 정보를 대안분석 부 및 모니터링 부에 제공한다.

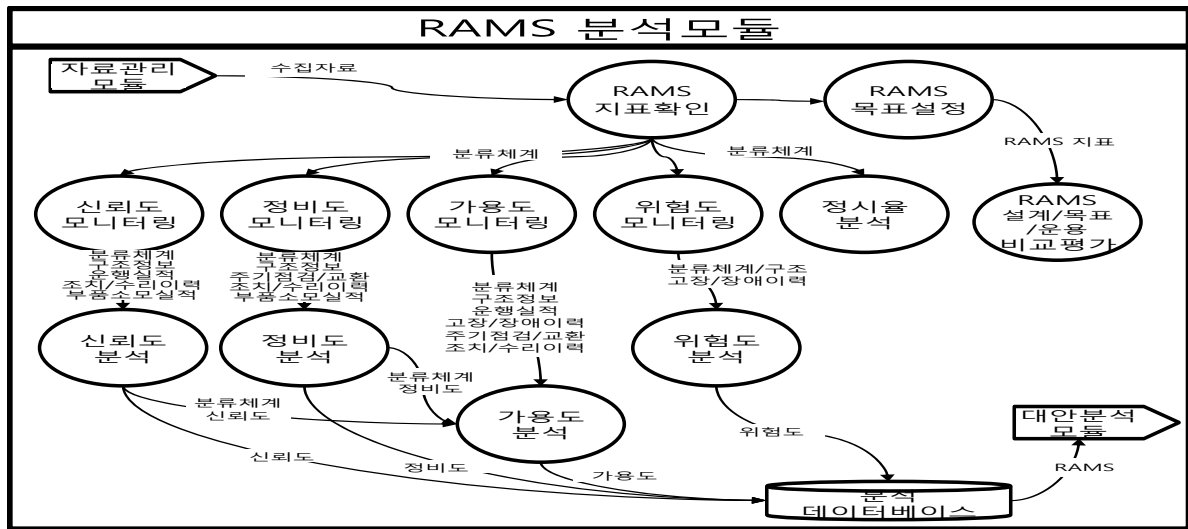


Fig. 5 Data Analysis Part

Table. 3 Representative RAMS index

구분	설 명	주요 지표
신뢰도	주어진 조건하에서 일정기간 동안 요구된 기능을 고장없이 수행할 확률	FR, MTTF, MTBF, MTBCF MTBSF, MTBR
정비도	고장시 일정기간내에 장비를 복구시킬 확률	MTTR, MTTRc, MTTRs, MDT, MR
가용도	임의의 시점에서 서비스시작시 작동 확률	Ai, Ao
안전도	위험/사고가 날 염려가 없는 정도	안전등급, 위험도
자동화	열차운영의 자동화 수준	정시율, 지연율

Table. 4 Representative Reliability index

구분	영 문	설 명
FR	Failure Rate	고장률: 총운용시간을 총 고장수로 나눈 값
MTTF	Mean Time To Failure	고장까지 평균 운용시간
MTBF	Mean Time Between Failure	고장간 평균 운용시간
MTBCF	Mean Time Between Critical Fail	치명 고장간 평균 운용시간
MTBSF	Mean Time Between Service Fail	서비스 고장간 평균 운용시간
MTBR	Mean Time Between Replacement	교체간 평균 운용시간

2.1.6 대안분석부

데이터베이스에 저장된 데이터를 로딩하여 도시철도 시스템을 구성하는 설비, 장비 및 부품의 대안 관리를 수행한다. 또한, 위험도 감소 방안, 운행차량 증편 영향 분석, 유지관리 적정 재고 수량 판단, 차량운행 개선 분석, 주기교환 분석, 주기점검 분석, 주기교환/점검 주기 증감 분석, 부품의 경제수명 분석, 적정 재고 수량 분석, 트레이드 오프(tradeoff) 분석을 수행한다. 유지보수의 주기 산정은 고정시간 업무 주기, 와이블 분석, 시험, 피로 분석, 고정 시간 업무 비용 분석에 기초하여 수행된다. 대안분석부의 소프트웨어 모듈은 예비 부품의 소요량 산출, 시뮬레이션 평가 등 대량 데이터 처리 및 단위 처리 시간이 많이 소요될 경우를 고려하여 분산 처리 아키텍처를 적용한다.

2.1.7 모니터링부

RAMS 지표 관리부에서 수신되는 분석 결과와 대안 분석부에서 수신되는 분석 결과를 시각적 및 청각적인 방식으로 표시한다. 도시철도 시스템을 구성하는 설비, 장비 및 부품의 신뢰도, 정비도, 가용도, 안전도 및 기대수명에 대한 모니터링을 수행한다. 도시철도 시스템을 구성하는 시설 또는 장비의 개별 부품의 상세 내역 및 고장률, 가용도, 유지보수도의 정보를 모니터링 한다. 또한, 시설물 또는 장비의 상세 내역 및 신뢰도, 가용도, 유지보수도를 모니터링 하되, 선택된 시설물 또는 장비의 모델명, 제조일자, 가동일자, MTBF, 일련번호, 물품관리체계코드, 위치관리번호, MTR, 점검주기[시간단위], 운용시간, 교체수리정보, 고장코드 정보를 현시한다. 시설물 또는 장비의 상세 내역 및 신뢰도, 가용도, 유지보수도를 모니터링 하되, 선택된 시설물 또는 장비의 신뢰도 항목의 고장률, 평균수명을 모니터링하고, 가용도 항목의 고유 가용도 및 운용 가용도를 모니터링하고, 유지보수도 항목의 수리율 및 평균수리시간을 모니터링한다.

2.1.8 사용자인터페이스

[Fig 7]의 전체 시스템의 대시보드 화면에서 조회하고자 하는 서브 시스템을 선택하면 해당 E&M별 시설물 분류 체계에 따라 선택된 장비의 분류정보와 RAMS 관련 정보가 현시되고, 해당 장비의 메인 프로세싱 모듈을 선택하면, 선택된 메인 프로세싱 모듈의 모델명, 제조일자, 가동일자, MTBF, 일련번호, 물품관리체계코드, 위치관리번호, MTR, 점검주기[시간단위], 운용시간, 교체수리정보, 고장코드 정보를 모니터링할 수 있다. 또한, 신뢰도 항목의 고장률, 평균수명을 모니터링할 수 있다. 가용도 항목의 고유 가용도 및 운용 가용도를 모니터링 할 수 있고, 유지보수도 항목의 수리율 및 평균수리시간을 모니터링 할 수 있다. 하부시스템 중 커뮤니케이션 모듈을 선택하면, 선택된 커뮤니케이션 모듈의 모델명, 제조일자, 가동일자, MTBF, 일련번호, 물품관리체계 코드, 위치관리번호, MTR, 점검주기[시간단위], 운용시간, 교체수리정보, 고장코드 정보를 모니터링할 수 있다. 또한, 해당 장치의 신뢰도 항목의 고장률, 평균수명을 모니터링 할 수 있고, 각각의 가용도 항목의 고유 가용도 및 운용 가용도, 유지보수도 항목의 수리율 및 평균수리시간을 모니터링 할 수 있다. 각각의 RAMS정보와 시설물 정보를 체계적으로 화면에 현시하고 항목간 또는 장치간 이동에 대해 그래픽화면을 통해 직관적인 접근방식을 적용한다.

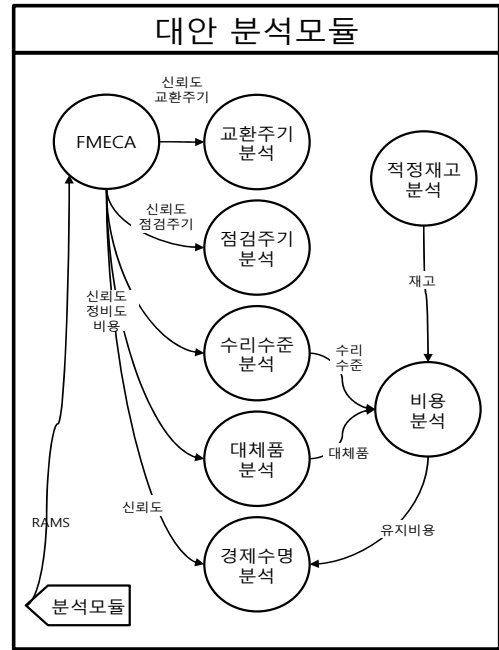


Fig. 6 Alternative Analysis Part

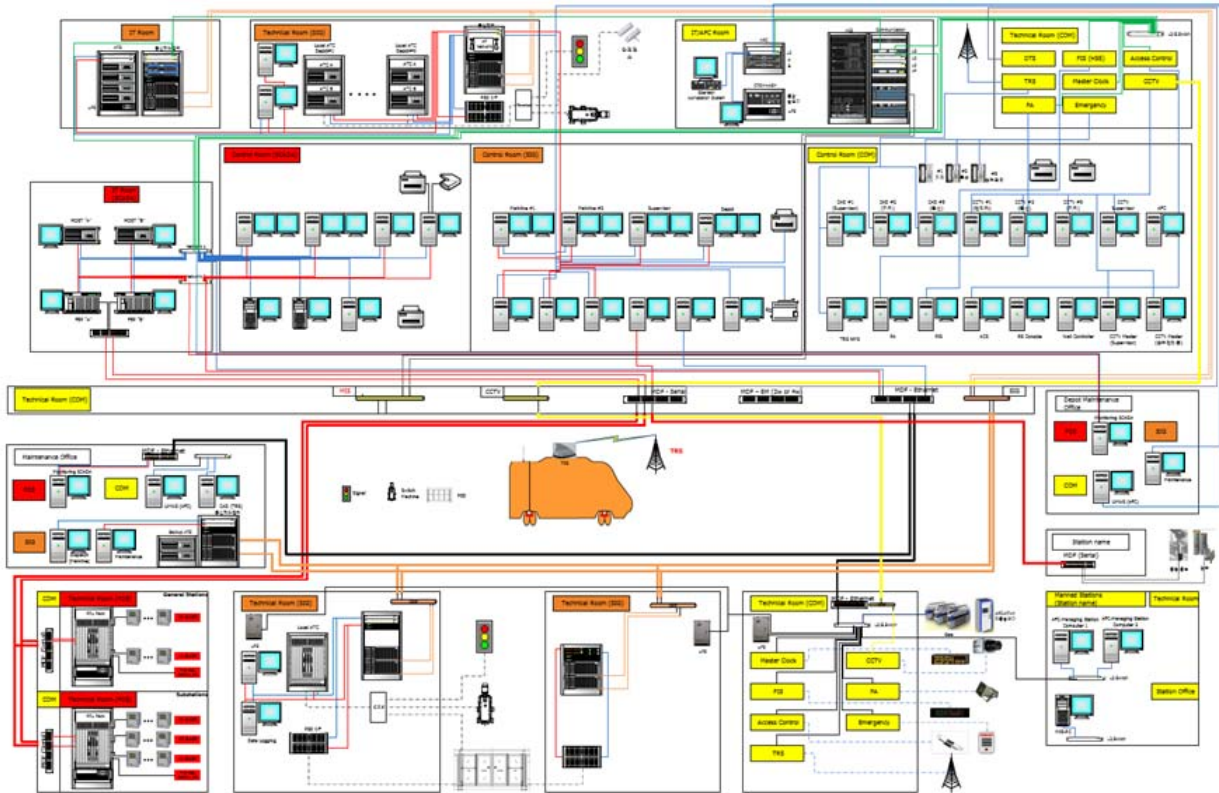
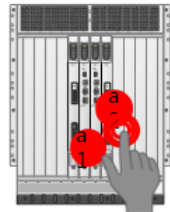


Fig. 7 RAMS System's Dash-Board 1

등록번호(일련번호)

일련번호	위치관리번호
16010001	5호선 답십리역 상행#1
16010002	5호선 답십리역 상행#2
16010003	5호선 답십리역 상행#3
16010004	5호선 답십리역 상행#4
16010005	5호선 답십리역 상행#5
16010006	5호선 답십리역 하행#1
16010007	5호선 답십리역 하행#2
16010008	5호선 답십리역 하행#3
16010009	5호선 답십리역 하행#4
16010010	5호선 답십리역 하행#5
16010011	5호선 마장역 상행#1
16010012	5호선 마장역 상행#2
16010013	5호선 마장역 상행#3
16010014	5호선 마장역 상행#4
16010015	5호선 마장역 상행#5
16010016	5호선 마장역 하행#1
16010017	5호선 마장역 하행#2
16010018	5호선 마장역 하행#3
16010019	5호선 마장역 하행#4
16010020	5호선 마장역 하행#5

<< 1 2 3 4 ... >>



시스템 분류 정보

분류코드	ATC	시스템명	자동열차제어장치
일련번호관리	Y	수리가능여부	Y
RAMS 구분	대상/유예/제외	일일 운영시간	24 시간

등록번호(일련번호) 정보

모델	대아티아이 A	품번	DTIA0001
일련번호	16010006	위치관리번호	5호선 답십리역 하행#1
제조일자	2016/12/05	가동일자	2016/12/05
누적운영시간	8,760 시간	점검주기	4 개월
내구수명	10 년	잔존수명	5 년
구매가격	2,000 만원	현재가치	1,000 만원

지표 현황		고장 이력	정비 이력		
구분		설계(제조) 값	목표(관리) 값	운영(누계) 값	등록번호 값
신뢰도(R)	고장률 (FR)	0.002	0.002	0.002	0.002
	MTBF/MTTF				
	MTBCF				
	MTBSF				
	평균수명	10년	10년	9.9년	9.9년
정비도(M)	MTR	0.01시간	0.01시간	0.011시간	0.011시간
	MDT				
	정비율(MR)				
가용도(A)	수리률(1-폐기율)	95%	95%	94%	94%
	고유가용도				
	운용가용도				

Fig. 8 RAMS System's Dash-Board 2

3. 결 론

도시철도 운영기관의 RAMS 도입은 유지보수 결과의 축적과 활용, 신뢰성기반 유지보수 활동에 많은 비중이 있으며, E&M별 신뢰도, 가용도, 유지보수도, 고장/위험요인 분석, 자재, 장비 및 인력의 유지관리 통합, 지속적인 모니터링과 대안분석을 통한 관리체계 개선으로 도시철도 운영시스템의 신뢰성 향상을 지원한다. 이번 연구에서는 서로 다른 도시철도 운영기관의 시설물 유지관리시스템과 운영 현황에 대해 유연하게 대응하고, 범용성과 사용자 요구사항 및 처리성능을 만족하는 시스템 개발을 위한 도시철도 RAMS 통합시스템에 대한 개념과 구현을 위한 모듈별 기능과 구성에 대한 개념을 정의하였다. 각 기능모듈의 실제적인 구현을 위해서 구체적인 요구사항 적용 방안, RAMS 결과값 도출 및 대안분석을 위한 산출식 적용, 하드웨어/ 소프트웨어적 구현 방법 등 세부사항에 대한 연구를 병행하고 있다.

후 기

본 논문은 국토교통과학기술진흥원의 철도기술연구사업인 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구(과제번호 16RTRP-C113732-01)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구 보고서.

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper 작성일: 2017.04.14)