

도시철도유지보수체계 시스템의 RAMS에 대한 연구

A Study on the RAMS for Maintenance CALS system for Urban transit

이 호용*1), 박 기준, 안 태기, 김 길동, 한 석윤, 이 승일**
H. Y. Lee, K. J. Park, T. K Ahn, G. D Kim S. K Yoon, S. I. Lee

Abstract

The safety of staff, customers and of general Public in general viewed as one of the most important requirements in the urban transit. The maintenance CALS system for car of urban transit is a part of standardization and development of urban transit system, and We have been performed the establishment of maintenance CALS system from 2001 to 2005. The RAMS for management computerization system are utilized in a variety of CALS system for user's convenience and safety in maintenance. Ever since its inception though, the urban transit has searched for ways to improve reliability, availability, maintainability and safety of the railway subsystem. In this paper, This system include RAMS(reliability, availability, maintainability and safety) of the vehicles shall be enhanced in the future.

1. 서 론

우리나라 도시철도는 30여년 역사를 가지고 있고, 현재 19개 노선에서 약 580km를 운행하고 있으며, 국민생활과 밀접한 교통수단으로 성장하였습니다. 지난 30년에 걸쳐 유지보수 분야는 다른 관리 분야에 비해 많은 변화를 해왔다. 그 변화는 장비의 양적인 증가뿐만 아니라 다양성의 증가에도 기인한다. 전동차들은 점차 복잡하게 설계되고, 조직과 기능의 변화를 고려하는 관점에서 유지보수 정책이 세워져야 한다. 현대적인 유지·보수의 핵심은 이러한 변화요구에 대한 적절한 대응에 있다. 유지보수의 작업형태가 작업일지 등으로 이루어져 체계적인 관리의 어려움이 발생하여 전산화작업을 몇몇 운영처에서 진행하고 있으나 결과데이터의 가공성의 활용이 미흡하다. 최근에는 장비의 고장이 안전과 환경에 큰 영향을 미치는 것으로 널리 인식되고 있으며, 유지보수가 제품의 품질 및 비용에 큰 영향을 미친다는 사실을 많은 사람들이 인식하고 있다. 변화의 폭주에 직면한 유지보수 분야에서, 도시철도 역시 예외는 아니기 때문에 관계자들은 새로운 유지·보수시스

* 한국철도기술연구원, 표준화연구팀, 공학박사수료, hylee@krri.re.kr

** 한국철도기술연구원, 표준화연구팀, 공학석사, kjpark@yahoo.co.kr

*** 한국철도기술연구원, 표준화연구팀, 공학석사, tkahn@krri.re.kr

**** 한국철도기술연구원, 표준화연구팀, 공학박사, gdkim@krri.re.kr

***** 한국철도기술연구원, 표준화연구팀, 공학석사, skyoon@krri.re.kr

***** 한국철도대학, 공학박사수료

템을 개발하기 위해 노력하고 있다. 예방정비에서 주된 쟁점은 작업 계획은 예상 부품 수명 제공하고 고장 유형 제공하도록 하고, 검사단계에서 고장 사례 제공하고 교환/정비에서는 예방정비 관련 데이터 갱신하며, 고장 사례 등록에서는 고장 유형 등록하며 비 작업 중에는 예방정비 관련 데이터 관리 및 예방정비 관련 자료 제공하도록 시스템을 구성해나갈 것이다.

2. 본 론

2.1 연구개발의 필요성

도시철도 전동차는 전기, 기계적으로 결합된 매우 복잡한 구조를 가진 대형시스템으로 안정성의 확보와 이를 유지할 수 있는 유지보수 시스템의 구축이 필수적이다. 일반적으로 대형복잡시스템(Complex system)의 운영 및 유지, 보수에 필요한 비용은 총수명 주기비용(Life Cycle Cost, LCC)의 60% 정도를 차지할 정도로 유지보수비가 전체 운영비에 미치는 영향이 크다고 알려져 있어 효율적인 운영, 유지, 보수 시스템의 구축을 통하여 유지보수비용의 절감을 추구하는 일이 무엇보다 시급하다. 도시철도 전동차는 고가의 부품으로 구성되어 유지보수비용이 높을 뿐만 아니라 유지보수를 위하여 차량 운용 스케줄에서 차량을 떼어내는 복잡한 절차가 필요하게 되어 차량의 효율적인 운영에 크게 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 장기적인 유지보수 비용의 절감을 위해 유지보수 과정에서 획득된 자료를 데이터베이스화하고, 이 자료로부터 각 장비의 신뢰도를 예측, 고장모드의 정의 및 영향분석, 고장트리 분석 및 평균수리시간예측 등의 기능을 수행하는 동시에, 분석된 자료와 유지보수의 경험을 바탕으로 효율적인 예방정비 절차를 정의하고, 그 결과를 피이드백하는 도시철도차량의 예방 정비시스템을 구축하고자 한다.

앞으로 예방정비시스템과 연계된 전문가 시스템을 구축하여 유지보수작업에 효율성을 극대화할 필요가 있다.

2.2 국내 및 국외의 관련 기술 동향

오늘날 컴퓨터와 마이크로 프로세서 등의 급속한 발달로 이들을 이용한 자동화 기기의 사용이 증가하면서 신뢰성 연구의 대상을 하드웨어뿐만 아니라 이들의 운용을 담당하는 소프트웨어 또는 시스템을 운영하는 사람까지 포함시키게 되었다. 따라서, 정보기술(Information Technology : IT)과 소프트웨어 혹은 나아가 인간의 신뢰성을 제고시키는 문제들이 최근 중요한 이슈로 등장하게 되었으며, MIL-S-52779 (Software Quality Assurance Requirements) 및 ISO/IEC-12207 (Information Technology - Software life cycle processes) 등의 규격들이 제정되고 있다. 또한, 신뢰성은 안전성과 효율성을 동시에 포함해야하며 그 필요성이 대두되었다.

신뢰성에 관한 국제적 학술대회는 미국에서는 1960년대에, 유럽에서는 1970년대에서부터 활발히 개최되고 있으며, 그 중에도 항공, 기계, 재료시험, 화공 및 전자공학회가 1961년부터 매년 공동 주최하는 '신뢰성·보전성 심포지움(RAMS)'이 가장 규모가 큰 대회 중의 하나라고 할 수 있다. 신뢰성을 연구하는 국제학회로서는, American Society for Quality(ASQ), Institute of Electrical and Electronic Engineers(IEEE)-Reliability Division, Society of Reliability Engineers(SRE : 미국), Safety and Reliability Society (SRS : 영국) 등이 있다.

우리나라의 경우에는, 1970년대에 일본을 통해 신뢰성의 개념이 도입되기 시작하였으며, 당시의 한국정밀기기센터(FIC)내에 신뢰성을 측정하는 팀이 발족되었으나 기초적인 단계에 머물고 있는 상태이었으며, 최근 들어서 일부 대학과 정부출연 연구소 등 연구기관, 그리고 전자, 자동차, 중공업 등 수출업체에서 신뢰성 연구 및 시험·평가 센터를 설립하고 본격적으로 신뢰성 문제를 다루고 있다. RAMS은 1970년대 민간 항공산업계에서 신뢰도 목표를 설정하고 정비프로그램을 운용하는 개념을 도입한 이후로 이미 익숙한 용어로 통용되고 있다. 또한 미국을 선두로 하여 원자력업계 역시 RAMS을 1980년대에 본격적으로 도입하게 된다. 원자력업계의 RAMS은 예방정비(Preventive Maintenance: PM)를 최적화 시켜서 안전성 및 경제적 목표를 성취하는 것을 지원하고 있다.

2.2 도시철도 유지보수 RAMS의 접근방식

일반적으로 ‘정비 업무가 필요한 설비에 대하여 기존의 정비 프로그램을 최적화하거나 또는 새로운 정비 프로그램을 수립하기 위한 체계적인 접근 방법’ 이라고 정의할 수 있다. RAMS을 다른 관점으로 부연 설명한다면, 예방정비 관련 업무를 보다 합리적으로 판단하기 위해서 다음과 같이 논리적 순서를 밟으면서 접근하는 것이다. 즉,

- (1) 대상을 계통(System), 부계통(Sub-System)으로 구분한 후 그들의 기능(Function)을 정의하고 기능 수행에 중요한 기기 고장모드를 식별한다. (2) 중요 기기 고장모드에 대한 고장원인을 식별한다. (3) 주요 고장원인에 대해서 안전 및 경제측면을 고려하여 ‘적용 가능한’ 그리고 ‘효율적인’ 예방정비를 논리적으로 선택한다.

2.3 예방정비의 목적 및 종류

예방정비는 ‘설비의 생산성 또는 안전에 반하는 영향을 미치는 고장(또는 사고)을 줄이려는 예정된 계획’ 이라고 정의한다. 따라서 예방정비 계획은 각 업무별로 반드시 ‘무엇을 그리고 언제(What and When)’ 에 대한 명확한 정의가 있어야 하고, 가능하면 ‘왜 (Why)’ 를 설명하면 더욱 좋다. 예방정비의 목적을 좀 더 구체적으로 구별하면, 다음의 세 가지 측면 중 하나 이상을 포함하는 것이다. 즉, 예방정비는 기기의 성능저하(Deterioration) 및 고장을 예방하고자 하며, 고장의 시초 고장현상(Incipient Failure) 감지하고, 비활동적인 계통의 잠재적인 고장을(Dormant Failure) 발견함에 있다. 효율적인 예방정비 프로그램이라면 위의 세 가지 측면을 모두 어느 정도 만족시켜야 한다. 그림 1에서와 같이 도식적으로 표현된 정비에는 수리정비와 예방정비가 있으며, 이 중 예방정비는 다음과 같이 크게 세 가지 부류로 구별된다.

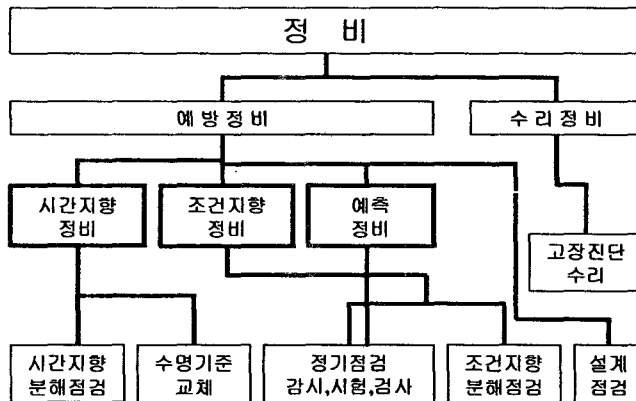


그림 1 정비업무 형태

□ 시간지향정비 (Time directed)는 정비가 단순히 이미 제시된 기간(Interval)에 따라서 수행됨을 의미한다. 예를 들면, ‘계기 작동용 공기(Air) 시스템의 필터는 30일에 1회 교체’ 와 같은 것이다.

□ 조건지향정비(Condition Directed)는 성능 또는 상태가 정해진 기준 또는 한계 값에 도달할 경우, 고장예방을 위해서 조치가 취해지는 경우이다. ‘진동수준 또는 소음(Acoustic) 기준을 초과할 경우 장치의 베어링 교체’ 와 같은 것이 예가 될 수 있다.

□ 고장발견(Failure Finding) 목적의 조사는 비활동적인 (예, Standby 시스템) 설비의 잠재된 고장을 발견할 목적으로 이 것이 수행된다.

2.4 예방정비의 일반적인 근거

전통적으로 예방정비는 다음의 것에 근거하여 수행하여 왔다.

- (1) 경험(Experience) - 담당자 및 관련 전문가들의 실제 경험에 근거한 판단

- (2) 공학적인 판단 - 공학 지식 및 상식에 따른 Engineering Judgment
- (3) 제작자의 추천 - 제작자의 신뢰성 데이터 및 공학적인 판단
- (4) 예방정비는 많을수록 좋다는 초보적인 논리 (또는 오해)

대상에 필요한 예방정비의 개소가 많을 경우 분석능력 및 인력의 부족이라는 핑계로, 예방정비의 종류 및 근거가 충분히 분석되지 않고 선택되기도 한다. 대상(설비 또는 장치)에 대한 예방정비를 고려하면서, 장치의 성능, 정비작업에 필요한 인력 및 비용지출의 우선 순위 등이 면밀히 검토되지 못하는 경우가 또한 많다. 결과로 현재 수행되는 예방정비가 기술적으로 적절하며, 품질 있는 인적, 물적 지원이 합리적인가에 대한 확신 수준이 높지 않은 상태로 습관적으로 수행되고 있을 수도 있다. 또한 예방정비가 오히려 고장을 유도할 수 있다는 가능성까지 고려한다면, 예방보수 프로그램에 대한 조심스러운 접근이 필요하다. 이 같은 기술적, 경제적 필요성에 배경을 두고 RAMS이 소개된다.

2.5 도시철도 유지보수 RAMS 체계 확립

본 연구에서 성공적으로 RAMS 프로그램을 개발하기 위해 예방정비시스템 개발을 위한 기초 작업과 상용 프로그램 분석을 통해 데이터 처리 및 관리 기술을 분석확립하고 예방정비시스템 개발을 위한 가이드라인 제시하도록 한다. 도시철도 차량 고장유형 분류시스템 구축을 위해서는 고장 유형 분석, 중요 고장에 대하여 핵심적인 부품 파악 체계화를 완료함으로써 프로그램개발의 신뢰성을 갖출 수 있을 것이다. 부품 수명주기 예측 절차 구축을 위해서는 신뢰성 기반 분석 체계화하고 데이터 축적, 분석 등을 위한 표준 체계화해야 한다.

도표1 RAMS 구축 방향

예방정비시스템 개발을 위한 기초 작업	-도시 철도 고장 유형 데이터 확보 -시스템 개발을 위한 Framework 구축
상용 프로그램 분석	-상용 프로그램을 이용한 RAMS 수행 -데이터 처리 및 관리 기술을 분석 -예방정비시스템 개발을 위한 가이드라인 제시
도시철도 차량 고장유형 분류시스템 구축	-고장 유형 분석 -고장 유형에 대한 고장 징후 체계화 -중요 고장에 대하여 핵심적인 부품 파악 체계화
부품 수명주기 예측 절차 구축	-신뢰성 기반 분석 체계화 -데이터 축적, 분석 등 표준 체계화
도시철도 관련 고장 사례 분류 체계 구축	고장사례 표준화 서식 체계화
예방 정비시스템의 시스템 개발	-RAMS 모듈 개발 -고장분석 모듈 개발 -정비요청 모듈 개발

2.6 도시철도 유지보수 RAMS 개발 구성도

도시철도예방정비시스템은 RAMS을 근거로 시스템을 구성해야 하며 이 시스템은 4가지 체계로 개발될 것이다. 1) 관련데이터 조사 및 체계화는 기존의 고장이력을 조사하고 정비담당자에게 요청하여 필요한 데이터를 수집하는 것이다. 2) RAMS 모듈은 RAMS 분석을 수행하기 위한 분석모듈을 만들어 시스템을 설계해야 한다. 그래야만 차량 및 주요 부품에 대한 RAMS 요서별 분석 절차를 체계화할 수 있다. 3) 고장분석 관련 모듈개발은 가장 중요한 부분으로 표준화된 고장코드 구축 및 고장통계 시스템을 구축하는 것이다. 4) 정비요청관련 모듈은 검수/정비 계획의 긴급검사 절차 규칙화와 필요한 검사내역 자동생성을 위하여 전문가 시스템과 연동하도록 개발 할 것이다.

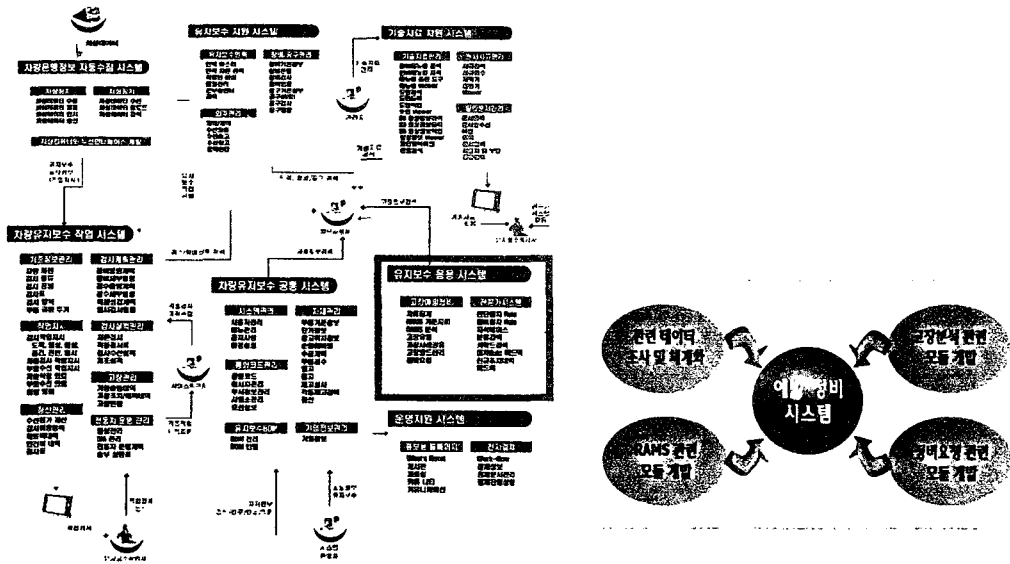


그림 2 예방정비 시스템 구성도 및 역할

도표2 RAMS 연구개발 내용

<p>관련 데이터 조사 및 체계화</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 문헌자료 조사 예방정비 및 전문가 시스템 관련 서적, 논문, 보고서 등 지금까지 발생한 차량의 고장내용 조사 - 시스템 분석 시스템 분석 및 자료 수집 및 필요한 질문 항목을 작성하여 담당자에게 서류, 면담을 통하여 필요한 자료 수집 - 상용 프로그램 분석을 통한 대안 시스템 개발
<p>RAMS 모듈</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 예방정비 기본데이터 관리 시스템 설계 - 기본 데이터에서 필요 정보 생성 시스템 설계 - 차량 주요 부품 신뢰성 기반 지표 구축 - 지표관리 시스템 설계 - RAMS 분석을 수행하기 위한 분석모델관리 시스템 설계 - 차량 및 주요 부품에 대해 RAMS 요소별 분석 절차 규칙화
<p>고장 분석 모듈</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 표준화된 고장코드 구축 - 고장코드관리 시스템 설계 - 고장유형별 영향, 발생도, 검출방식 분석 - 고장유형별 가용성 및 안전성에 미치는 고장 치명도 분석 - 고장유형관리 시스템 설계 - 고장에 대한 분석결과 및 대응 지침 규칙화 - 고장사례공유 관리 시스템 설계 - 차량 고장 사전 인지를 위한 표준화된 고장 징후 규칙화 - 고장징후관리 시스템 설계 - 고장 통계 분석 시스템 구축
<p>정비 요청 모듈</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 검수/정비 계획의 긴급검사 절차 규칙화 - 검수/정비 요청 시스템 설계 - 필요한 검사내역 자동생성을 위하여 전문가 시스템과 연동 - 정비지시 요청 이력관리 시스템 설계

3. 결론

유지보수 응용 시스템은 단발성으로 구축하는 것이기 보다는 지속적으로 개정(Update)되는 과정이다. 여러 업계를 통하여 성공적인 유지보수 응용 시스템은 다음과 같은 혜택을 제공한다.

- 설비의 가용도, 신뢰도 제고

예상치 못한 고장이 감소될 경우 당연히 가용도 및 신뢰도는 증대된다. FMEA 등을 통한 분석은 각 고장이 설비에 미치는 결과를 검토하여 각 고장 모드(Mode)별로 가장 효과적인 정비 방안을 제시한다. 또한 유지보수 응용 시스템은 상태감시를 통하여 잠재 고장이 실제 기능 고장으로 발전하는 것을 예방하여 준다. 동시에 정기보수의 빈도 역시 저감시켜서 시스템의 가용도 및 신뢰도는 향상되는 효과를 준다.

- 보수 · 정비 비용 절감

유지보수 응용 시스템을 통하여 보수 · 정비 횟수를 줄일 수 있음이 일반적으로 증명된다. 적어도 유지보수 응용 시스템은 보수 · 정비 활동이 충분한 근거 없이 증가하는 것을 제어하기도 한다. 유지보수 응용 시스템이 원숙한 단계에 이를 경우, 어떤 경험자에 의하면 반복적인 Maintenance 활동의 40%에서 70%를 절감하였다고 한다. 반복적인 이 활동의 상당 부분은 필요가 없기에 취소되기도 하고 또한, 일부는 상태감시 활동이 대신하기도 한다. 보수 · 정비 관련 서비스를 외부에 용역을 주는 경우가 많은 데, 유지보수 응용 시스템은 경제적이고 합리적인 용역계약을 지원한다. 첫째는, 반복되는 시간 지향형 보수활동을 최소화할 수 있기 때문이고, 둘째는, 고장원인 및 결과 분석에 바탕을 두고 긴급보수 지침을 작성하여 시행함으로써 가장 경제적으로 관리할 수 있기 때문이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Darling, S., 'A Preventive Maintenance Improvement Project at Texas Utilities Comanche Peak' Nuclear Plant Journal (1991)
- [2] RAMS Evaluation (Training Material), Electric Power Research Institute (1995)