

도시철도 차량 유지보수 정보화시스템 개발

Development of Maintenance Information System for Electric Multiple Unit

안태기† · 박기준* · 김문현**

Tae-Ki Ahn · Kee-Jun Park · Moon-Hyun Kim

Abstract

Urban transit operation corporations perform repetitive work to investigate the EMU, electric multiple unit, by some fixed maintenance cycle. The quality of maintenance work usually depends on workers' know-how. Though some information to support the maintenance work is digitalized and provided to workers, it is not great help to them because of its non systematic structure. The information includes drawings, manuals, work results, work history, fault history, etc. The maintenance workers want to access the information anytime anywhere, and make an effort to promote the efficiency of maintenance for EMU. But it is difficult to achieve that without some structured information system which is able to use in work area. So we develop maintenance information system for EMU for about 4 years from 2002 to 2005. In this paper we present the configuration and characteristics of this system, and the results of the evaluation test. We install the system in two depots, Changdong and Jichuk, belonged to SeoulMetro to evaluate its efficiency and estimate its economic benefits.

Keywords : EMU(Electric multiple unit), Maintenance(유지보수), Information system(정보화시스템)

1. 서론

국내 도시철도 운영기관에서 운영하고 있는 도시철도 차량은 2006년 현재 약 6000량이 넘는다. 각 운영기관은 승객의 안전한 수송을 위하여 보유하고 있는 차량에 대하여 매일 정기정비를 실시하고 있으며, 주기적으로 대규모의 중정비 작업을 실시하고 있다. 도시철도 차량의 안전한 운행을 보장하기 위해서는 이러한 유지보수 작업이 체계적이고 효과적으로 이루어져야 한다. 그러나 기존의 도시철도차량 유지보수 작업 방법에는 많은 문제점을 가지고 있으며, 주요한 문제점으로는 정보의 공유 부족에 의한 유사 고장의 반복, 작업자를 위한 정보제공 시스템 부족, 유지보수 자료 손실, 표준화 부재 및 운영기관별 시스템의 중복개발 등이 있다. 운영기관들은 이러한 문제를 해결하기 위해 일부 전산시스템을 개발하여 사용하거나, 경영정보시스템 내의 하부시스템으로 개발하여 사용하고 있다. 하지만 도시철도 차량 유지보수관련

시스템이 경영정보시스템의 하부시스템으로 개발됨으로써 경영에 필요한 일부 정보만을 저장하고 있으며, 통계 및 회계를 위한 이중 작업이 되고 있는 실정이다. 그러므로 차량을 정비하고 검수하는 작업자가 이러한 시스템을 이용하여 작업에 도움을 받기가 어려운 실정이다. 또한 운영기관에서 보유하고 있는 중요한 데이터들의 주기적인 폐기로 인하여 차량과 관련된 중요한 자료들의 손실이 발생하고 있다. 체계적인 유지보수 작업을 통한 도시철도 차량의 안전성을 확보하기 위한 도시철도 차량 유지보수 정보화 시스템의 개발이 지속적으로 요구되었으나, 유지보수 정보화를 위한 표준화 및 운영기관 간 중복 개발 문제 등이 대두되어 개발이 지연되고 있었다. 건설교통부와 한국철도기술연구원은 이러한 문제점을 해결하고, 체계적인 유지보수를 통한 도시철도 차량 차량의 안전성을 확보하기 위하여 도시철도 차량 유지보수 정보화 시스템을 개발하였다[1,2].

본 논문에서는 국내 도시철도 차량의 유지보수 현황 및 문제점을 분석하고 개발된 시스템에 대한 특징을 기술함으로써 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 서울메트로 창동 및 지축 차량기지에서 실시한 시범운영 결과를 분석함으로써 개발된 정보화시스템의 실용성과 경제성을 입증한 결과를 제시하였다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 선임연구원
E-mail : tkahn@krti.re.kr
TEL : (031)460-5714 FAX : (031)460-5749

* 한국철도기술연구원, 선임연구원

** 성균관대학교 정보통신공학부 교수

2. 국내 도시철도 차량 유지보수 현황

현재 국내 운영기관은 도시철도차량의 유지보수분야에 많은 관심을 가지고 있으며, 특히 사용 기간이 10년 이상 된 차량을 운영하고 있는 운영기관과 많은 수의 차량을 보유하고 있는 운영기관은 더욱 체계적인 유지보수에 대한 관심이 높다. 차량에 대한 효율적인 유지보수를 위해서는 유지보수 작업에 필요한 정보를 적시 적소에 제공해 주어야 한다. 그러나 현재 운영기관은 이러한 정보를 체계적으로 관리하고, 필요한 사람에게 제공해 줄 수 있는 시스템이 갖추어져 있지 않아 유지보수 업무의 효율성에 한계를 가지고 있었다. 도시철도 차량 유지보수 작업에 필요한 정보는 차량 운행 중에 발생한 각종 데이터, 기술문서, 고장 이력 및 작업이력을 포함한 각종 이력, 유지보수 인력 현황, 자재 현황 등이 될 수 있다. 현재 이러한 정보는 대부분 종이 문서에 의하여 관리되거나, 전산화 되더라도 종이문서를 그대로 컴퓨터에 저장된 형태가 되므로 실제적으로 유지보수 작업자에게 큰 도움이 되지 못하고 있는 실정이다. 차량의 체계적인 유지보수와 정보화를 위해서는 아래와 같은 문제를 해결하여야 한다.

- 정보 수집 문제

각종 정보 수집에 드는 시간 및 인력을 최소화하고, 특히 차량 데이터 수집을 자동화 할 필요가 있다.

- 정보 관리 문제

각종 정보를 데이터베이스화하고, 정보 간 인터페이스를 통하여 통합될 수 있도록 하여야 한다.

- 정보 접근 및 공유 문제

사용자들이 언제 어디서나 필요한 정보를 얻을 수 있고, 등록할 수 있는 체계가 구축되어야 한다.

- 지식 관리 문제

사용자의 노하우를 관리할 수 있는 시스템 및 고장예방정비를 위한 기반을 마련하여야 한다.

제시된 문제 외에도 정보화를 위한 보안 문제, 정보화 교육 문제 등 다양한 문제가 존재하지만 현재 운영기관의 차량의 체계적인 유지보수를 위해서는 위와 같은 문제를 해결할 수 있는 시스템이 있어야 한다. 그러나, 현재 국내 도시철도 운영기관에서 사용하고 있는 도시철도 차량 유지보수 관련 전산 시스템은 통합경영정보시스템 내의 일부 시스템으로 존재하거나, 필요에 따라 기능의 일부만을 전산화시켜 사용하고 있다.

본 연구에서 개발된 도시철도 차량 유지보수 정보화시스템은 도시철도 차량의 유지보수작업은 계획에서 결과 등록까지 체계적인 업무 수행이 가능하도록 구성하였다. 유지보수 작업시 필요한 자재현황, 고장이력, 도면, 정비매뉴얼 등 다양한 정보 지원을 받을 수 있도록 함으로써 보다 효율적인 유지보수 업무가 가능하도록 하였다. 또한 체계적으로 구축된 데이터를 통하여 노하우에 의존한 유지보수 작업을 지식기반의 유지보수 작업으로 변화 시켜 보다 신뢰성 있는 도시철도 차량 운영이 될 수 있는 기반을 마련하였다.

3. 도시철도 차량 유지보수 정보화시스템

3.1 전체 시스템 구성

도시철도 차량 유지보수 정보화시스템은 크게 차량운행정보자동수집시스템, 유지보수 공통시스템, 유지보수 작업시스템, 유지보수 지원시스템, 유지보수 자재시스템, 유지보수 응용시스템, 기술자료지원 시스템의 7가지 하부 시스템으로 구성되어 있으며, 그림 1은 시스템 구성도를 나타낸 것이다.

차량운행정보 자동수집시스템은 차량이 기지 검수고에 입고 될 때 차상에 있는 컴퓨터로부터 각종 운행기록 및 고장 정보, 고장징후 정보 등을 무선 인터페이스를 통하여 정보화 시스템에 데이터를 전송할 수 있는 시스템이다. 유지보수 작업시스템은 정비 및 검수 계획 수립, 작업지시, 작업결과 등록, 이력관리 등을 수행할 수 있도록 함으로써 유지보수 작업이 정보화시스템을 통하여 이루어질 수 있도록 하는 하부 시스템이다. 유지보수 지원시스템은 유지보수 작업시 필요한 장비 및 공구관리, 인력관리, 외주관리 등을 포함하고 있는 시스템이다. 기술자료지원시스템은 유지보수와 관련된 도면, 정비 매뉴얼을 포함하는 각종 기술문서에 대한 관리 및 지원 시스템이다. 유지보수 공통시스템은 도시철도 차량 유지보수

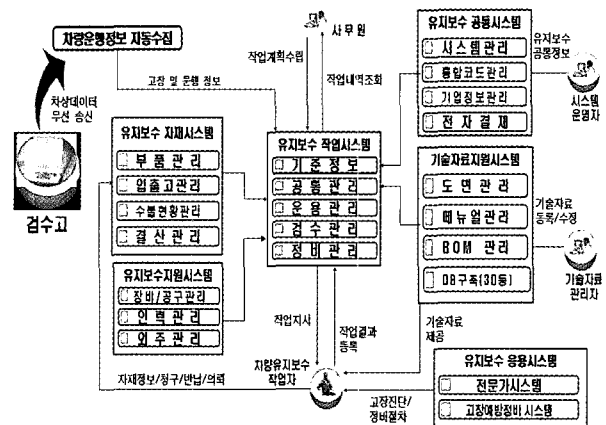


그림 1. 도시철도차량 유지보수 정보화시스템 구성도

정보화시스템의 전반적인 사항을 관리하는 시스템으로 전자결재, 공통코드, 기업정보관리, 권한관리 등을 수행하는 시스템이다. 유지보수 응용시스템은 검수정비 이력을 포함한 누적 데이터로부터 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성 분석을 가능하게 하여 예방정비를 구현할 수 있도록 해주며, 각종 사례 및 규칙을 이용한 지능화된 정보를 제공할 수 있는 전문가 시스템 등을 포함하고 있다. 유지보수 자재 시스템은 유지보수에 필요한 각종 물품을 청구하고 반납할 수 있는 관리 및 조회에 대한 기능을 수행할 수 있다.

이러한 기능적인 시스템에 축적된 정보는 적절한 인터페이스 모듈을 통하여 시설물 분야, 운영분야, 경영분야 등을 포함하는 타 분야 정보화시스템에 공급됨으로써 각 분야에서 추구하는 목표를 달성하는데 많은 도움을 줄 수 있다. 개발된 시스템을 서울메트로에 시범적용하기 위하여 유지보수지원 시스템, 유지보수 자재시스템, 유지보수 공통시스템 등은 서울메트로 내의 경영정보시스템과 인터페이스 모듈을 통하여 서로의 정보를 공유할 수 있도록 구성하였다.

3.2 차량운행정보 자동수집시스템

도시철도 차량은 운행 중 다양한 정보를 차량에 설치된 컴퓨터장치에 저장한다. 저장된 정보는 전동차에 관련된 각종 계획수립 및 유지보수를 할 때 중요한 정보로 활용될 수 있다. 그러나 차상에 저장된 정보를 지상으로 이동하기 위하여 현재 사용되고 있는 IC(Integrated Circuit)메모리카드 방식은 상당히 번거로운 과정을 거쳐야만 필요한 정보를 수집할 수 있다[3].

신속한 정보 수집을 위하여 본 연구에서는 차량이 기지에 입고될 때 차상 컴퓨터에 저장된 데이터를 지상컴퓨터의 데이터베이스로 자동으로 전송할 수 있도록 무선전송시스템을 구축하였다. 전송된 데이터는 유지보수 시스템을 위해 필요한 데이터만 분류하여 정보화시스템 데이터베이스에 저장되어 유지보수 작업 등에 활용할 수 있도록 하였다. 그림 2는 차량운행정보 자동수집시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

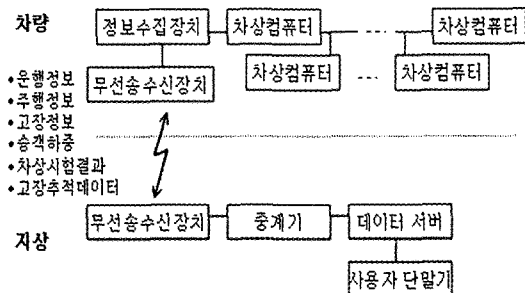


그림 2. 차량운행정보 자동수집시스템 구성도

차량운행정보 자동수집시스템을 도입하게 됨으로써 주요 데이터의 신속한 수집이 가능하게 되었으며, 차량의 유지보수 작업에 필요한 기초 데이터를 확보할 수 있게 되었다. 또한 별도로 데이터를 다운로드 받거나 저장해야 할 불편함이 없이 데이터를 보존할 수 있어 고장 및 운행관련 정보 자료의 보관 및 공유가 용이해졌다.

3.3 유지보수 공통 시스템

유지보수 공통시스템은 사용자별 독립적인 메뉴를 구성할 수 있도록 하여 사용자가 신속하고 정확하게 업무처리를 할 수 있도록 지원한다. 유지보수에 필요한 문서는 미리 결재선을 할당하여 자동으로 결재선 구축이 가능하도록 함으로써 사용자들이 시스템을 사용할 때 발생할 수 있는 중복적인 작업들을 제거하였다. 또한 유지보수에 사용되는 물품의 품질 개선을 도모하기 위하여 사용자들로 하여금 해당 물품에 대한 평가를 실시하게 함으로써 해당 기업에 대한 품질 향상에 도움이 되도록 하였다. 유지보수 공통시스템은 개인별 필요한 업무 메뉴만을 구성하도록 하여 쉽게 업무를 처리할 수 있도록 해 준다. 또한 시스템관리를 총괄적으로 실시함으로써 일관된 코드관리 및 다양한 변화에 대응한 코드체계로 시스템 유지보수가 용이하며, 타 시스템 구축시 재사용성을 향상시킬 수 있도록 하였다. 시스템 전체에 걸쳐 전자결재 시스템을 도입함으로써 업무효율이 증가 되며 기존에 문서를 작성, 결재, 보관하는 데 소요되는 비용을 절감할 수 있다. 결재문서는 사전에 정의된 결재선에 따라 각 프로세스에서 해당 결재자에게 전달되어 자신의 결재화면에서 다양한 업무의 결재처리가 가능하도록 함으로써 시간과 공간의 제약 없이 보다 신속한 업무처리가 가능하도록 하였다.

3.4 유지보수 자재 시스템

유지보수 자재 시스템은 물품분류체계를 기존의 군급체계에서 조달청의 G2B코드 체계로 변경하여 품목별 세부분류가 가능하도록 함으로써 사용자의 물품 검색기능을 강화하였다. 또한 물품들은 BOM(Bill of Material)을 기반으로 도면 및 정비매뉴얼 등 관련 기술문서와 연동되도록 함으로써 사용자의 물품에 대한 이해도를 한 단계 증가시켰다[4]. 그림 3은 유지보수 자재 시스템에 대한 구성도를 나타낸 것이다.

유지보수 작업자는 자재시스템과 무선 단말기 등을 통하여 실시간으로 물품 청구/반납이 가능하여졌으며, 재고 실사도 현장에서 무선단말기를 이용하여 바로 실시할 수 있다. 자재담당자, 자산담당자, 작업자 등은 자재시스템을 통하여 모든 업무를 진행함으로써 보다 체계적이고 신속한 업무가 가능하

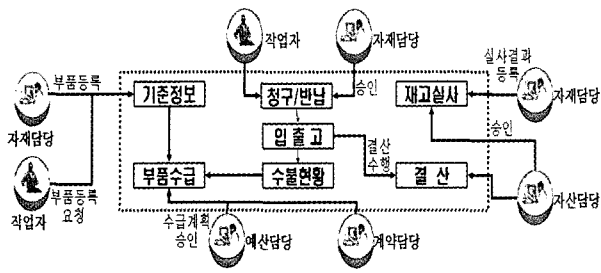


그림 3. 유지보수 자재시스템 구성도

게 되었으며, 유지보수에 필요한 물품을 신속하게 공급할 수 있게 되어 효율적인 유지보수가 가능하게 되었다.

3.5 유지보수 작업 시스템

유지보수 작업시스템은 작업계획, 작업지시, 작업등록, 작업결과 관리에 이르는 실제 유지보수 작업에 필요한 사항을 처리한다. 유지보수 작업 시스템은 차량의 제원 및 유지보수 작업에 필요한 각종 항목을 관리하는 기준정보관리, 검수 및 정비작업을 위한 계획관리, 계획된 일정에 따라 작업자에게 작업 요청을 하는 작업지시, 작업결과를 관리 하는 실적관리, 작업한 결과에 따른 소요경비를 정산하는 정산관리, 고장에 대한 사항을 관리하는 고장관리 등으로 구성되어 있으며, 그림 4는 유지보수 작업시스템에 대한 구성도를 나타낸 것이다.

유지보수 계획 담당자는 시스템을 통하여 차량 기준정보와 과거의 유지보수 작업 실적을 참조하여 차종별 검사종류별 검사계획을 수립한다. 작업지시 담당자는 수립된 계획과 전동차운용관리 및 고장관리, 전동차 이력정보를 참조하여 작업지시를 생성하게 되며, 작업자는 이 작업지시에 의하여 작업을 수행하고 작업결과를 시스템에 등록한다. 작업자는 작업 도중 기술자료지원시스템, 자재관리 시스템 등의 지원을 받아 작업을 수행한다. 입력된 작업실적, 고장실적, 부품실적, 자원실적 등은 향후 유지보수 계획에 반영될 수 있는 기초자료로 활용될 수 있다. 정산관리는 검사실적에서 등록된 부품 교환실적, 투입인력정보 등을 기준으로 자동으로 재료비 내역 및 인건비 산출을 할 수 있도록 함으로써 정산에 소요되는

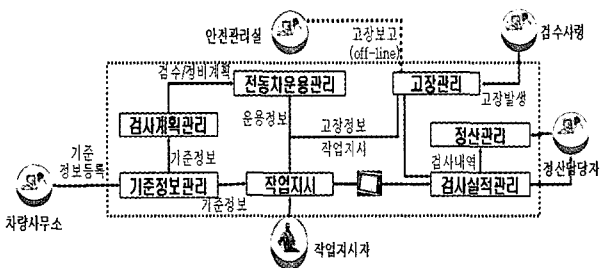


그림 4. 유지보수 작업시스템 구성도

비용을 최소화하도록 하였다.

유지보수 담당자들이 유지보수 작업시스템을 통하여 해당 작업을 수행함으로써 계획에서 결과 등록, 이력관리에 이르는 일련의 작업이 체계적으로 이루어 질 수 있게 되었다.

3.6 유지보수 지원 시스템

유지보수 지원시스템은 유지보수 작업에 필요한 장비/공구, 유지보수 인력, 교육 등 유지보수에 필요한 지원사항에 대한 정보를 제공함으로써 유지보수 업무의 효율을 증대할 수 있는 시스템이다.

유지보수 지원시스템은 경영정보시스템에서 보유하고 있는 자산관리 및 인사관리시스템과 연계하여 구성되어 있다. 그러나 경영정보시스템과는 달리 장비/공구시스템은 자산에 대한 정보를 유지보수 작업과 연계할 수 있도록 작업공정별 장비할당 및 검사관리와 같이 유지보수에 필요한 정보를 제공하며, 유지보수 인력관리시스템은 작업에 필요한 작업반 편성이나, 전문분야, 담당역할, 교육정도 등을 포함하고 있어 작업반 편성시 균형있는 편성을 가능하게 한다. 또한 기지사 업소별로 산재되어 있는 유지보수 전문인력을 통합 관리하여 유지보수 전문인력 검색 필요시 즉각적인 검색이 가능하다. 유지보수 지원시스템을 통하여 차량의 유지보수 작업에 필요한 인력과 장비를 가장 효율적으로 지원할 수 있도록 하였다.

3.7 기술자료 지원 시스템

기술자료 지원시스템은 유지보수에 필요한 전반적인 기술 자료 관리 및 통합 검색 서비스를 제공하는 시스템이다. 기술 자료는 사규, 도면, 정비매뉴얼, 3차원 형상 정보 및 기타 기술문서들을 포함하고 있다. 특히 기술자료는 자재시스템과 연계되어 있어 도면을 통하여 자재현황을 검색할 수 있으며, 부품 신청도 가능하다. 또한 기술자료의 통합검색을 통하여 현재 산재되어 있고, 찾기 힘든 기술자료를 간단히 검색하고 자료간의 연계성을 한 눈에 확인함으로써 유지보수 작업에 필요한 정보를 신속하게 얻을 수 있다. 또한 기술자료 내에 게시판 및 메모 기능 등을 추가하여 작업자 간 의견교환이 가능하도록 구축하여 작업자 간 지식을 공유하고 중복된 고장에 대한 사항을 신속하게 파악할 수 있도록 하였다.

3.8 유지보수 응용 시스템

유지보수 응용시스템은 크게 고장예방정비 시스템과 전문가 시스템으로 구성되어 있다. 고장 예방 정비 시스템은 중요한 부품에 대해 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)분석 기법을 적용하여 신뢰도 및 수명 주기 등을 통계적으로 규명하고 안전에 직결되는 치명적 요인을 분석하여

제공할 수 있도록 하였다[5].

전문가 시스템은 고장의 진단절차와 정비절차를 규칙화하여 축적함으로써 각종 검색의 토대를 만들어 주며 고장 현상 및 원인에 대한 지식베이스를 제공한다. 전문가 시스템은 규칙베이스 시스템과 사례베이스 시스템을 모두 포함함으로써 전문가 지식의 수집 및 이용을 극대화할 수 있도록 구성되어 있다.

4. 시범운영 결과

구현된 시스템은 서울메트로의 창동차량기지(경정비 분야)와 지축차량기지(중정비 분야)에서 2005년 3월부터 9월까지 7개월간 시범운영을 실시하였다. 시범운영기간 동안 사용자들이 정보화시스템을 통하여 기존의 업무를 얼마나 잘 수행하고 있는지를 알아보기 위하여 다양한 실적을 측정하였으며, 그 중 전자결재 건수는 모든 업무가 정보화시스템의 전자결재를 통하여 이루어지기 때문에 전반적인 시스템 활용도를 측정하는데 중요하다. 표 1은 시범운영기간동안 측정한 분야별 전자결재 건수에 대한 내용을 표시한 것이다.

표에서 보는 바와 같이 전자결재 건수는 한 달 평균 4,000건 이상이 발생하였으며, 7개월 동안 약 30,000건 이상이 발생하였다. 이러한 건수는 순수하게 유지보수 작업에 관련된 업무에서 발생한 전자결재 건수로서 유지보수 업무가 시스템을 통하여 잘 이루어지고 있다는 것을 보여 주고 있다. 검수분야와 자재분야는 매일의 업무를 수행하고 업무를 마감하는 부분이 많아 전자결재 건수가 많으며, 정비분야는 작업기간이 길고 한꺼번에 일을 처리하기 때문에 검수나 자재분야에 비해 상대적으로 결재 건수가 적다. 유지보수 지원 분야는 인력 및 장비공기구 분야에 대한 업무를 처리하므로 인사이동기간 등 특정한 기간에 많이 발생하며 시스템의 시범운영 기간 초기 경영정보시스템과의 인터페이스 문제로 인력관리 등에 대한 시험을 하지 못하여 7월 인사이동부터 본격적인 시범운영이 실시되었다.

그동안 도시철도 차량 유지보수 분야는 자재, 검수, 정비 등 유지보수 업무가 각 세부업무별 절차에 의하여 독립적으로

로 오프라인 상에서 수행되었으나, 모든 업무를 정보화시스템을 통하여 이루어지도록 함으로써 서로 유기적인 관계를 가질 수 있게 되어 보다 체계적인 유지보수업무가 가능하게 되었다. 같은 운영기관 내에서도 차량기지마다 다른 형태로 업무를 수행하고 있던 부분을 개발된 정보화시스템을 통하여 표준화할 수 있는 기반을 마련하였다. 또한 서울메트로의 도시철도 차량 유지보수 정보화시스템 도입에 따른 경제성분석을 실시한 결과 연간 약 200억원의 상당한 경제성이 있는 것으로 추정되었다[6].

5. 결론

본 논문에서는 국내 도시철도 차량의 유지보수 현황 및 문제점을 분석하고 개발된 도시철도 차량 유지보수정보화 시스템에 대한 특징을 기술함으로써 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제시하였다. 개발된 정보화시스템은 서울메트로에서 7개월간 시범운영을 거쳐 성능을 입증 받았으며, 도입에 따른 경제적인 효과도 상당하다는 결과를 얻었다. 개발된 정보화시스템은 향후 국내 다른 운영기관에서도 사용할 수 있도록 지속적인 노력을 해야 할 것이며, 개발된 정보화시스템을 기반으로 기업, 정부, 연구원, 유관 기관들이 정보를 공유할 수 있는 통합화에 대한 노력도 계속해 나가야 할 것이다.

감사의 글

도시철도 차량 유지보수 정보화시스템의 공동연구개발을 위해 노력해 주신 서울메트로 정보화전담반에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 한국철도기술연구원 (2005), “도시철도 유지보수체계 표준화/정보화 연구개발 보고서”
2. 박기준 외 3명 (2002), “도시철도 유지보수체계 정보화시스템 구축에 관한 연구”, 한국철도학회 2002 추계학술대회논문집, 한국철도학회, pp.922-928.
3. 안태기 외 3명 (2004), “전동차운행정보수집을 위한 무선랜 활용 방안 연구”, 한국철도학회 2004 춘계 학술대회 논문집, 한국철도학회, pp.1459-1461.
4. 안태기 외 2명 (2005), “확장된 Generic BOM을 이용한 도시철도차량 BOM 구성”, 한국철도학회 논문집, 제 8권, 제 6호, pp.539-543.
5. 이호용 외 4명 (2003), “도시철도유지보수체계 시스템의 RAMS에 대한 연구”, 한국철도학회 2003 춘계 학술대회 논문집, 한국철도학회, pp.145-150.
6. 정충식 (2006), “서울메트로 차량 유지보수체계 정보시스템의 경제성 분석”, 한국철도학회 논문집, 제 9권, 제 4호, 한국철도학회, pp.473-481.

표 1. 시범운영 전자결재 실적

구분	05.03	05.04	05.05	05.06	05.07	05.08	05.09	합계
검수	2,250	2,236	2,250	2,251	2,294	2,310	2,216	15,807
고장	127	128	122	127	124	129	116	873
정비	144	405	357	340	355	378	405	2,384
정비검사표	111	303	295	235	238	277	314	1,773
자재	1,197	1,258	1,268	1,313	1,399	1,298	1,366	9,099
지원	0	0	0	0	58	137	245	440
소계	3,829	4,330	4,292	4,266	4,468	4,529	4,662	30,376