

궤도유지보수작업계획수립지원 시스템의 요구조건

Requirement of Track Maintenance Plan Support System

이지하*

Lee, Jee-Ha

황성호**

Hwang, Sung-Ho

박옥정***

Park, Ok-Jung

ABSTRACT

The process of determining whether, when, where and how to intervene, of deciding on optimum allocation of resources and minimizing the cost is a very complex problem; different track sections tend to behave differently under the effects of loading; decision-making processes for maintenance work are closely interrelated technically and economically; decision-making for maintenance plans is based on a large quantity of technical and economic information, extensive knowledge and above all experience. For that reason, it is considered very important to develop objective and computer-aided decision-making support system for track maintenance plan. On this paper, we made a survey of the state-of-art of decision-making support systems for track maintenance which were developed and used abroad and reviewed requirements of system and present the plan of develop decision-making support system for track maintenance appropriate to local condition.

1. 서론

궤도 유지보수 작업을 계획하기 위한 의사결정 과정은 기술적, 경제적으로 매우 복잡한 상호관계를 맺고 있으며, 이의 결정은 방대한 양의 기술적, 경제적 데이터와 폭넓은 지식, 그리고 많은 경험이 필요하다. 따라서 언제, 어디서, 어떻게 작업할 것인지를 결정하고, 최소의 비용으로 최적의 자원 배분을 결정하는 과정은 매우 복잡한 문제이며, 이러한 과정을 수행하기 위해서는 보다 객관적이고 선진화된 궤도 유지관리 시스템이 필요하다.

유럽과 일본 등 철도선진국에서 현재 이러한 의사결정지원시스템을 개발하고 있으며 활용되고 있다. 본 연구에서는 선진국의 관련 기술개발 현황을 분석하고 국내의 철도현황에 맞는 시스템을 개발하기 위하여 필요한 요구조건들을 조사하였다.

연구개발의 배경

우리의 철도산업이 고속궤도의 개통을 계기로 점차 선진화하는 추세에 있으며, 철도를 둘러싼 환경 또한 급격히 변화하고 있다. 이러한 변화는 세계적인 철도선진국에서도 유사하게 진행되었거나 진행 중이며, 그에 따른 철도기술의 발전 또한 눈부시게 진행되고 있다. 최근의 철도환경 변화의 예로는 민영화 추진 등의 철도구조 개혁과 사회구조 선진화에 따른 인건비의 상승 및 3D업무의 기피현상 등과 생활수준 향상에 따른 이용자의 Needs 향상 등을 들 수 있다. 이러한 변화에 적용하기 위해서는 적은 비용으로 높은 수준의 서비스를 제공하여야 하며, 이를 위해서는 철도의 유지비용 절감이 핵심적인 요소이며, 그 중에서 시설관리비가 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희환

** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희환

*** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희환

2. 본론

철도 시설유지보수분야의 최근 기술개발 추세는 자동화 및 IT기술의 적용으로 볼 수 있으며, 특히 인력작업이 집중적으로 투입되었던 레도유지보수작업에 기계화작업의 고도화, 정보화기술의 확산 등이 이루어지고 있다.

국내의 유지보수 현황은 아직까지는 인력작업위주로 시설물 유지보수작업의 비중 레도보수비용의 비중이 가장 크며, 그 중에서도 노무비가 차지하는 비중이 가장 크다. 이러한 비용의 집결은 레도 구성품의 수명주기를 최적화함으로써 가능한데 이것은 레도구성품의 현재 상태 확인과 향후의 열화 예측이 가능한 상세정보가 필요하다.

기계작업은 점차 확대되고 있으나 그 효율성에 있어서는 개선의 여지가 있다고 판단된다. 또한 작업계획의 수립에 있어서도 현장 작업자의 경험에 의존하는 경향이 많았다. 따라서 유지보수의 Know-how를 개인이 보유하게 되어 업무의 연속성이 부족하고, 구역별 유지관리 수준의 차이도 존재하고 있다. 작업계획의 수립단위가 지역사무소여서 각 지역별 보유자원의 원활한 공유와 배분에도 어려움이 있었다.

레도유지보수작업 패러다임의 세계적인 변화로는 우선 장비작업이 확대 및 고도화되어 인력작업의 패턴이 현장작업에서 관리 및 점검 위주로 바뀌고 있다. 또한 Database와 무선통신기술 전문가 시스템 등 IT기술의 도입으로 유지보수작업 Know-how의 객관화 및 보편화가 이루어지고 이러한 일련의 과정이 시스템적으로 연계하여 전체 유지보수 비용의 선감이 가능해 지고 있다.

특히 유지보수와 관련된 IT기술로 유지보수 의사결정지원시스템(Decision Support System)이 철도 선전국에서 십 수 년 전부터 연구개발을 시작되어, 최근에는 실제로 적용하는 사례가 늘어나고 있다.

국외의 연구개발 동향(State-of-Art)

IT기술의 발달이 레도유지보수 업무에 도입되어 다양한 연구개발성과가 나오고 있으며 이를 기능별로 분석하여 다음과 같이 3세대로 구분하였다.

- 1세대 ; 현장 데이터와 작업현황 등의 정보를 DB로 구축하여 추적관리하고 관련자들이 공유할 수 있도록 하였다. 텍스트, 오디오, 비디오 등 멀티미디어를 이용하고 있으며 최근에는 웹기반으로 작성되어 인터넷에 접속하면 어디서나 정보를 열람할 수 있도록 하고 있다. 추적된 데이터를 분석하여 유지보수계획의 수립 시 참고할 수 있도록 하고 있다.

- 2세대 ; 추적된 데이터를 분석하고, 유지보수기준을 적용하여 유지보수 계획을 수립한다. 계획 수립시 예방보수의 개념과 상태별 유지보수 개념을 도입하여 레도의 현재상태를 지속적으로 모니터링하면서 유지보수시기를 예측한다. 레도 검측자료 등을 이용하여 작업량을 산출하는 것 등도 이 범주에 포함될 수 있을 것이다.

- 3세대 ; 총 소요비용의 관점에서 유지보수 작업의 최적화한다. 예방보수 차원에서 수립된 작업계획을 LCC관점에서 분석하고, 가용예산과 요구되는 유지관리 수준의 균형을 유지하면서, 경제성 평가를 통한 최적의 계획수립을 지원하는 지능적인 전문가 시스템이다.

1세대로 구분할 수 있는 시스템은 기존의 종이서류와 도면은 디지털화하여 활용도를 높이기 위한 Database 작업이 주축이 되었다. 초기에는 이러한 기능을 가진 s/w의 개발의 주류를 이루었으며, 향후의 개발과정에 있어서도 이러한 Database의 역할은 필수적이다.

2세대의 특징은 예방보수개념의 도입을 들 수 있다. 예방보수를 수행하기 위해서는 Database의 축적과 함께 레도의 상태과역과 레도재료의 수명예측이 필수적이다. 이 단계에서 레도의 열화추이예측을 위한 다양한 기법들이 개발되었으며, 선진 유지보수기법의 근간이 되었다.

Neural Network등의 방법도 레도의 열화추이예측을 위한 것으로 인간의 뇌 구조를 이용하여 모델링된 알고리즘으로 레도의 열화 패턴을 인식하여 조건의 변화에 따른 그 추이를 파악하고 반복적인 학습알고리즘을 통하여 그 정확도를 높게 된다.

3세대의 특징은 경제적 관점에서의 최적화 기능이 키워드가 될 수 있다.

최적화 (Optimization) 문제는 일반적으로 목적함수(Objective Function)와 제약식(Constraint), 그리고 결정변수(Decision Variable)에 대한 제약조건 등으로 구성된다. 이 문제에 대한 이론과 그 해법은 수학의 한 분야로서 일찍이 유럽과 미국에서 여러 분야의 학자들에 의해 많이 연구되어 왔으며 제2차 세계대전 이후에는 산업 군사 행정 등의 여러 조직에 적극적으로 활용되기 시작하여 현재까지 생활에 많은 변화를 가져오고 있다.

이러한 문제들에 대한 접근방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 먼저 정수계획법등의 형태로 정형화(formulation)한 후, 가능한 한 빨리 최적해를 구하는 수리계획(Mathematical Programming)적인 접근방법과 방대한 계산시간을 피하기 위해 최적해를 포기하는 대신, 빠른 시간 안에 만족할만한 해를 얻기 위한 발간지 기법(heuristic approach)을 들 수 있다. 휴리스타기법으로 알려진 이 접근법에는 시뮬레이티드 어닐링(Simulated Annealing, SA), 유전알고리즘(Genetic Algorithm, GA), 타부 탐색(Tabu Search, TS) 등과 같은 메타휴리스틱을 대표적인 예로 꼽을 수 있다.

도표 1. 레도유지관리 정보화 시스템의 분류

구분	프로그램명	개발국가	주요기능			
			데이터베이스/분석	작업계획/지원	최적화	스케줄링
1세대	VIGIE	프랑스	○	×	×	×
	RAMS	영국	○	×	×	×
1.5세대	통합시설관리시스템	한국	○	△	×	×
2세대	TIMON	프랑스	○	○	×	×
	SIGMA	이탈리아	○	○	×	×
	TRAM21	일본	○	○	×	×
	TrackMaster®	영국	○	○	×	×
	MicroLABOCS	일본	○	○	×	×
	REIHPANplus	독일	○	○	×	○
3세대	IRISsys	독일	○	○	×	×
	EcoTrack	UIC	○	○	○	×
	MOWIS®	미국	○	○	○	○
	RTRI 레도관리시스템	일본	○	○	○	×
	RAMSYS	이탈리아	○	○	○	○

- VIGIE : 프랑스에서 소프트웨어를 제작한 주 목적은 TGV 북부선의 건설시 확보한 자료를 유지보수시 활용하기 위하여 일련의 과정에 따라 수집, 정리, 문서화하고자 하는 것이었다. 데이터베이스의 내용은 도목공사 및 상부구조물 공사의 사진측량자료, 지도, 그래프 등이 포함되었으며, 향후 전기시설 등의 분야로 확대되었다. VIGIE에 저장된 정보는 언제든지 참고할 수 있고 노선을 따라 촬영된 비디오에 연동되어 위치를 지정하면 관련 데이터를 열람할 수 있다.
- RAMS(Rail Asset Management System) : 영국의 Balfour Beatty에서 철도의 자산관리를 위한 정보시스템이다. 50여가지의 레도결함관련 데이터를 저장하고 분석/관리하여 유지관리계획수립 및 의사결정시 참고가 될 수 있는 분석자료를 제공한다.
- 철도청의 "통합시설관리시스템"은 1998년 9월부터 착수하여 3년 5개월 간 약67억 원의 예산을 투입하여 전산시스템으로 구축되었으며 2002년부터 본격 운영되고 있다. 이 시스템은 시설물의 공사과 유지보수관리를 일원화하기 위한 것으로 시설유지보수 및 건설공사 업무의 통합된 정보DB를 관련

사용자들에게 제공된다. 이 시스템은 시설, 전기, 건설본부의 시설물에 대한 광범위한 DB를 제공하고 있으며, 전로서설유지관리에 관한 내용으로는 시설물등록관리, 사업관리, 공사관리, 작업관리, 현황통계관리, 청원시설관리, 불품재고관리 등이며, 그러나 이 시스템은 DB로서의 역할을 주로 수행하기 위하여 개발되었으며, 유지보수 이력의 축적이 가능하여 유지보수 계획 수립시 유용한 자료로 활용할 수 있다. 향후 개발될 레도유지관리회사 결정 지원시스템과 연계하여 기초자료로 활용가능할 것으로 판단된다. 이 시스템의 구분은 1.5세대로 1세대의 특징인 DB로서의 기능이 주를 이루고 일부 분석기능과 계획기능이 포함되어 있다.

- IRISsys(International Railway Information and Services System) : 독일의 Erdmannsoftware사에서 개발되어 현재 네덜란드, 영국, 슬로베니아에서 사용 중에 있다. 레도상태의 열화 과정에측에 Neural Network 알고리즘을 이용하였으며, 10개의 s/w 모듈로 구성되어 있다. 이 시스템은 다양한 현황데이터와 검측데이터를 종합적으로 분석하고 예측 tool을 이용하여 수행할 유지보수작업의 유형, 물량, 시기를 결정하는 과정에 대한 심층적인 지원이 가능하다. 그러나, 경제성관점에서의 유지보수계획 최적화 기능은 지원하고 있지 않다. 따라서 2세대 시스템으로 분류할 수 있다.
- ECOTRACK ; 유럽의 ERII에서 개발한 EcoTrack은 1991년 개발을 착수한 후 5년의 연구개발 끝에 1995년 시제품(Prototype)을 발표하였다. 이 시제품은 2년간의 실무투입과 보완을 거쳐 1998년부터 상용화되어 사용되기 시작하였다. EcoTrack은 철도 경영자의 레도유지관리 정책의 수립에 있어서 유지보수비 지출에 따른 재정적 손익을 판단하고 계획할 수 있게 한다. EcoTrack의 개발목적은 레도 유지관리의 가장 복잡한 부분인 레도보수 및 재료교환작업 계획의 결정을 수월하게 하자는 것이었다. 이를 위해서는 연간 통과편수, 축중, 운행속도와 같은 레도의 현상 상태, 레도의 튕림과 레도재료의 상태, 그리고 다른 유지보수작업 사이의 복잡한 상호 관계를 체계화하고 이해하는 것이 필요했다. 이런 상호관계들을 "유지관리기준"으로 하고, 레도튕림의 진행과정, 유지보수작업의 결과로 나타나는 레도 튕림과정 등과 관련된 정보는 유럽의 철도에서 수행한 수십 년간의 유지보수 작업의 적용 결과를 반영하고 있다. 이 시스템은 경제성관점에서 유지보수 작업의 수행방법과 수행시기를 조정하여 소요비용을 최소화 하고 있다. 따라서 3세대 시스템으로 분류할 수 있다.
- MOWIS(Maintenance of Way Information System) : 미국의 Zeta-Tech사에서 개발한 프로그램으로 유지보수계획수립 및 스케줄링 기능까지 포함하고 있다. 스케줄링 기능은 장비의 가용성 및 선로의 차단조건 까지 고려한 단기간 작업계획을 수립하는 것이다. 이외에도 "Rail Manage, Rail Life, Rail Graph" 등의 s/w로 개발하여 레일의 유지관리정보화 시스템 및 건설법을 수행하고 있다.
- RAMSYS(Railway Asset Management SYstem) : 이탈리아의 Mermac사에서 개발한 프로그램으로 기존에 이탈리아 철도(RFI)에서 사용되었던 계획 및 의사결정 지원시스템인 InfraManager, SIGMA, EVAL 등을 기초로 개발된 s/w이다. 시설물의 상태를 분석하고, 계획을 수립하며, 차단시간계획을 결정하는데 필요한 광범위한 데이터를 수집하고 처리한다. 교통량과 예산의 범위를 고려한 최적의 유지보수/재료교환계획을 수립한다. 이 시스템은 최적계획수립과 더불어 자원의 배치 및 작업 스케줄링 기능도 포함하고 있다.

이외에도 철도건설평회사 철도연구기관에서 정보화기술을 이용한 레도유지관리시스템을 개발하고 있다. 이상의 분류에서 2세대 이상의 시스템을 레도유지관리회사결정 지원시스템이라고 할 수 있을 것이다. 스케줄링은 단기간(1주일 또는 1일계획)계획을 의미하며, 3세대에서 지원가능한 기능이다.

시스템의 요구조건

레도 유지관리 의사결정 지원시스템의 요구조건을 정의하기 위해서는 사용목적을 명확히 해야한다. 사용목적은 다음과 같이 요약할 수 있다.

먼저 레도의 상태를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 광범위한 데이터베이스가 존재되어 있어야하는데 기존에 구축되어 있는 통합시설관리시스템 등의 DB를 공유할 수 있을 것으로 판단된다. 그 이외에 추가적으로 필요한 데이터는 검측이나 계속, 탐상 등을 통하여 확보한다. 이렇게 수집된 데이터를 분석하여 레도의 취약개소와 그 원인과 레도의 현형 및 재료적 상태를 명확히 파악

하고 제도의 수명을 예측할 수 있는 열화모델의 수립과 통계적 해석도 수행하여야 한다.

도표 2. 제도 유지관리 의사결정 지원시스템의 사용목적

구분	사 용 목 적
제도상태관리 (DataBase)	제도의 취약개소 파악
	취약개소의 원인 파악
	열차의 운행조건과 제도의 상태와의 상관관계 파악
	제도재료의 수명예측(열화모델의 사용)
작업계획수립	작업소요량 파악
	유지보수작업의 통합방안 수립
	작업수행 시기 결정
예산관리(최적화)	소요예산의 예측
	예산배분의 최적화 방안 수립
작업결과와 점검	제도작업결과 제도복원상태 확인

이러한 분석 결과를 근거로 하여 작업계획을 수립하고, 최적화작업을 수행한다. 최적화 과정에서 예산상의 제한조건을 고려하여야 하며 그 결과는 다시 피드백되어 작업계획을 수정할 수 있어야 한다. 또한, 이러한 시스템은 제도유지관리 업무를 외주화로 시행하였을 때 작업결과와 점검/확인에도 이용할 수 있다.

이 시스템의 사용자는 다음과 같이 예측할 수 있다.

- 제도유지보수 용역회사 ; 작업량의 최적화
- 철도운영회사 ; 유지보수계획 수립, 예산결정 및 유지보수 용역회사 감독
- 철도기관 ; 예산 배정 및 계획, 감독
- 검측용역회사 ; 제도의 품질관리

시스템의 구성은 몇 개의 하부시스템으로 모듈화하여 다양한 운영환경변화에 쉽게 적용할 수 있는 구조로 되어야 할 것이며 D/B분석 모듈, 검측데이터 분석모듈, 수명예측모듈, 계획수립모듈, 최적화모듈 등으로 구성된 것이다.

사용자 환경은 네트워크DB로 구축하여 장소에 구애받지 않고 PC등을 이용하여 인터넷으로 자료에 접근할 수 있도록 하되, 사용자별로 데이터에 접근할 수 있는 권한에 차등을 두어 데이터베이스를 보호한다. ERP등의 포터시스템과 연동이 가능하도록 하여 사용성을 높여야 할 것이다.

① Database

- 사용자 구성 및 사용권한 정의하여 보안성을 유지하여야 한다.
- 텍스트 및 검측/계측데이터, 화상데이터의 저장 및 검색이 가능하도록 하여야 한다.
- 기존의 데이터베이스와 호환하고, 제도검측차 등의 측정자료를 직접 입력하도록 하여야 한다.
- 시설개량 및 유지보수 작업결과 등의 데이터를 쉽게 갱신할 수 있도록 하여야 한다.

② Analysis

- 철도시스템 관점에서의 깊이 있고 종합적인 분석 필요하다.
- LCC 관점에서 비용의 최소화를 위한 분석을 수행할 수 있어야 한다.
- 제도선형의 열화추이를 예측할 수 있는 tool을 포함하고 있어야 한다.
- 제도재료의 수명예측을 수행할 수 있어야 한다.

③ Function

- 수행하려는 작업의 유형, 수량 및 작업시기 등의 계획(중장기 계획)을 출력하여야 한다.
- 유지보수계획 및 기준을 반영한 계획을 수립하고 예산조건을 고려하여 계획의 수정이 가능하여야 한다.
- 궤도의 기본정보와 교통조건, 작업이력, 현재 상태 등을 그래픽과 데이터로 출력할 수 있어야 한다.

이상의 요구조건을 수용한 궤도 유지관리 의사결정지원시스템의 개념도는 그림1과 같다.

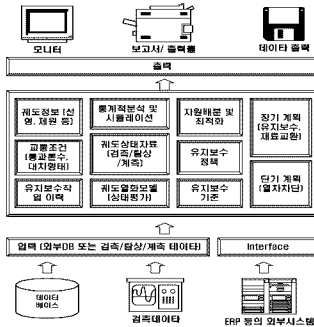


그림 1. 궤도 유지관리 의사결정지원시스템 개념도

3. 결 론

본 연구는 한국철도기술연구원 기본연구사업의 일부로 진행되고 있으며, 본 논문에서는 선진국의 관련 기술개발 현황을 분석하고 국내의 철도현황에 맞는 시스템을 개발하기 위하여 필요한 요구조건들을 기술하였다. 철도가 다른 교통수단과 경쟁하기 위해서는 효율화 및 저비용화가 필요하며, 근래에 들어서서는 그 필요성이 더욱 강조되고 있다. 철도 관리비용에서 가장 비중이 큰 유지관리비 중에서 궤도의 유지관리비를 최소화하는 것은 철도 운영비용 저감을 위한 핵심 기술이 될 것이다. 궤도 유지관리 의사결정지원 시스템의 개발은 궤도의 유지관리비용을 효과적으로 절감하기 위하여 유지보수계획 입안자에게 적합한 정보를 제공하므로, 궤도의 보수 및 재도교환을 보다 객관적이고 효율적으로 관리할 수 있게 할 것이다.

참고문헌

1. ERDMANN-Software, "IRISsys", Inno-Trans2004, 독일, 베를린
2. Mermec, "RAMSYS", Inno-Trans2004, 독일, 베를린
3. ERRI D 187, ECOTRACK User Manual(Ver 1.1), 1998
4. 양선우 외, "IT를 이용한 궤도 유지관리 시스템", 한국철도기술 1.2월호, 2003
5. 철도경동합시선관리시스템, "선로시설물유지관리시스템", 2003.4