

철도 위험도평가 전산시스템(RAIMS)의 설계 및 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Railway Risk Assessment Information Management System

박찬우* 곽상록* 박주남* 왕중배**
Park, Chan-Woo Kwak, Sang-Log Park, Joo-nam Wang, Jong-Bae

Abstract

Risk assessment of a railway system should be periodically conducted managing a large amount of accumulating accident/incident data and scenarios, which generally requires enormous time and efforts. Therefore, special information management system is essential for railway risk assessment, where data needed for decisions on managing the railway safety could be promptly supported. In this study, we develop the framework of a railway risk assessment information management system (RAIMS). The RAIMS is composed of two main modules: 1) hazard data processing module; 2) and risk assessment module. Hazard data could be turned into risk information using these two modules. The RAIMS will be useful in finding hazard conditions, quantitatively assessing the risk, and providing pertinent risk measures, eventually serving to prevent railway accidents and reduce severities of railway accidents.

1. 서론

철도는 수송단위가 큰 공공 교통수단으로서 안전성과 정시성을 자랑하지만, 충돌, 탈선, 화재나 탈선 등에 의한 사고가 발생하는 경우 대형재난으로 확대될 수 있는 위험성을 갖고 있다. 이에 따라 선진 철도 운영국에서는 위험의 발견, 평가, 대책 수립 및 실행, 문제점 개선을 통해 지속적으로 안전수준을 유지 또는 향상시키는 일련의 순서를 가진 프로그램 활동을 기반으로 시스템 안전관리(System Safety Plan)를 수행하고 있다. 특히, 체계적인 시스템 안전관리를 위하여 철도시스템 위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가기술을 핵심 기반으로 하여 국가적인 철도안전관리정보시스템을 구축하여, 취약요인과 안전 위협요소를 체계적으로 관리하고 있다.

최근 국내 철도도 철도안전법의 시행에 따라 철도안전관리체계 개선에 많은 노력을 수행하고 있으며, 이의 일환으로 철도시스템 위험도 분석 및 평가에 관한 연구를 수행 중이다.

철도 위험도 평가는 방대한 사고/장애 자료의 처리와 사고 시나리오 모델 개발에 많은 인력과 시간이 소요될 뿐만 아니라, 향후 철도안전법의 시행에 따른 주기적 철도 위험도 분석의 효율성을 고려할 때 철도 사고/장애 자료와 사고 시나리오 모델의 유기적인 유지 및 연계 관리, 신속한 철도 위험도 정량 분석을 통한 의사결정 지원 등이 요구되므로 철도 위험도 평가에 특성화된 전문 소프트웨어의 개발 이용이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 철도 위험도 평가 정보관리시스템(RAIMS, Railway Risk Assessment Information Management System)에 관한 연구를 수행하였으며, 철도 위험도 평가 정보관리시스템의 프레임워크(architecture)를 소개하고자 한다.

2. 국내의 위험도 평가 시스템의 현황

현재 국내 철도분야에서는 일부 철도운영기관에서 운영 중인 철도사고 기록관리 시스템을 제외하고는 국가적인 철도안전정보시스템을 보유하고 있지 않은 상태이다. 최근 철도안전법의 시행에 따라 철도안전정보시스템 구축을 위한 노력이 수행 중이며, 이의 핵심기술로서 철도시스템 위험분석 및 위험도

* 한국철도기술연구원 안전기술연구팀 선임연구원, 정희원
E-mail : cwpark@krri.re.kr
TEL : (031)460-5545 FAX : (031)460-5509

** 한국철도기술연구원 안전기술연구팀 책임연구원, 정희원

평가기술을 연구 중이다.

선진 철도 운영국에서는 이미 철도사고에 대한 국가적인 철도사고정보시스템이 각종 안전과 관련된 연구에 요구되는 정보를 지원해주고 있는 상황이다. 특히 영국 철도에서는 위험도를 기반으로 안전 위험도 모델(SRM, Safety Risk Model)을 구축하여 영국의 Railway Regulation 2000에 의무사항으로 규정된 위험도평가를 국가적으로 시행하여 철도안전정책에 반영하고 있다.

(1) 영국 안전 위험도 모델(SRM)

철도 산업계의 SRM은 영국의 시설관리자인 Railtrack에서 개발된 위험도관리 모델을 기반으로 RSSB(Rail Safety and Standards Board)의 위험도 평가팀에서 수정을 거쳐 안정화되었으며, ET(Event Tree)와 FT(Fault Tree)로 표현된 전산 모델이다. SRM은 영국의 철도 네트워크의 운영 및 유지관리의 결과로부터 잠재적인 사고의 정량적인 표현이고, 각각의 위험한 사건의 형태를 나타내는 120개의 개별 전산 기반 모델들의 총계를 포함한다. SRM은 기본 자료를 영국 안전경영정보시스템(SMIS, Safety Management Information System)에서 추출하고 있다. SRM은 산업계의 이해당사자를 위한 위험도 관리도구이며, 120개의 식별된 위험한 사건에 대한 각각 관련된 중요한 원인과 결과의 정량화에 사용되어 지고 있다. 이는 사용자가 정당한 위험도 기반 접근을 통해 그들의 운영과 관련된 위험도의 중요영역을 식별하고 안전에 대해 그들의 투자의 우선순위를 정하고 있다.

(2) 영국 안전경영정보시스템(SMIS)

영국의 SMIS는 웹기반의 응용프로그램으로 시설관리자인 Network Rail의 관리영역에서 발생한 모든 안전관련 사건을 기록하기 위해 모든 철도 그룹 멤버들에 의해 사용되는 국가적인 정보기술(IT) 시스템이다. 이는 현재 인터넷을 통해 보안 시스템으로 접근 가능한 모든 철도 그룹 멤버들에 의해 사용되는 최초의 □□공유된□□정보기술 시스템들 중에 하나이다. 60개 이상의 개별 조직에서 현재 웹을 통해 SMIS에 접근할 수 있다.

(3) 미국 NTSB 철도 안전분석 웹사이트

미국 NTSB(National Transportation Safety Board)에서는 전체 사고에 대한 빠른 통계정보를 철도 사고와 사건과 희생자와 사고조사를 기반으로 한 철도 안전 통계를 제공하며, 사고/사건의 요약, 원인정보와 철도와 유형과 위치, 사고/사건 그래프와 차트, 추세 등의 정보를 확인 할 수 있다.

3. 철도 위험도평가 정보시스템 개요

철도 위험도 평가는 방대한 사고/장애 자료의 처리와 사고 시나리오 모델 개발에 많은 인력과 시간이 소요될 뿐만 아니라, 향후 철도안전법의 시행에 따른 주기적 철도 위험도 분석의 효율성을 고려할 때 철도 사고/장애 자료와 사고 시나리오 모델의 유기적인 유지 및 연계 관리, 신속한 철도 위험도 정량 분석을 통한 의사결정 지원 등이 필요하다. 따라서 이와 같은 다양한 기능요구사항과 자료관리를 통합적으로 수행할 수 있는 정보시스템 개발이 요구된다. 본 연구에서는 이와 같은 요구사항을 시스템으로 구현하기 위하여 철도 위험도 평가 정보관리시스템(RAIMS)를 [그림1]과 [그림2]와 같이 “철도 위험도 평가용 자료처리 모듈”과 “철도 사고 위험도 평가 모듈”로 구성하였으며, 각 모듈의 주요 기능은 [표1]과 같다.

위해 위험도 평가용 자료처리 모듈은 철도사고/장애자료 DB, 위험분석자료 DB, Hazard List DB 및 PHA DB의 4개 영역의 DB 구조가 상호 연계되도록 구성하였다.

또한 기존 사고자료 및 운영관련 자료의 입력 및 관리를 위하여 사고/장애 자료의 입력은 각 철도 운영기관이 보유하고 있는 엑셀형식 자료의 변환 입력과 사용자에게 의한 직접 입력이 가능하도록 하였으며, 사고분류 코드를 포함한 각 코드는 분류항목의 선택에 의한 자동 생성과 필요시 수동 입력 기능을 구비하도록 하였다.

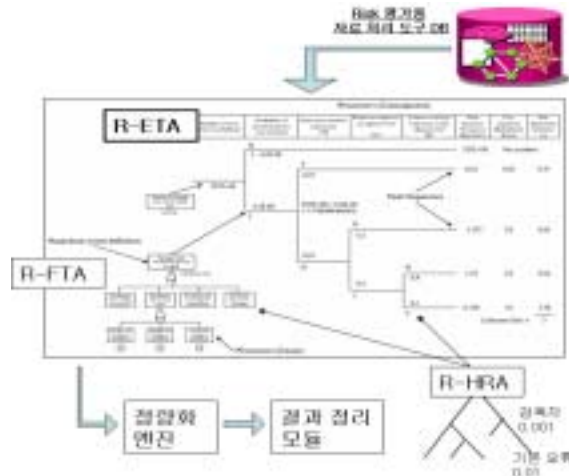
위험도 평가용 자료처리 모듈의 위험도 평가자료의 변환처리 과정은 아래와 같은 절차에 의해 수행된다.

- 1단계 : 철도 사고/장애 자료 입력 및 위험도 평가용 DB 변환
 - 사고/장애 기존 자료의 변환 입력 및 신규자료 직접 입력, 입력자료의 수정, 편집
- 2단계 : 위험목록(Hazard list) 작성 및 관리
 - 사고/장애 DB에서 위험목록 생성 및 수정, 편집
 - 사고유형별, 위험요인별 위험목록 분류 및 검색
- 3단계 : PHA(Preliminary Hazard Analysis) 작성 및 관리
 - Hazard List 및 사고/장애 DB에서 PHA 생성 및 수정, 편집
 - 사고유형별, 위험요인별 PHA 결과 분류 및 검색
 - 사고/장애 DB와 연계한 빈도/심각도 계산
- 4단계 : 사고/장애 자료의 통계분석 및 결과처리
 - 사고/장애 자료의 통계처리 및 검색 : 사고유형별, 원인별, 결과별 집계, 연도별 및 기간별 사고집계
 - 자료처리 결과와 산출된 결과물은 Web 상에서 표 형태, Text 형태 및 그래프형태의 조합으로 표현
 - 변환, 분석 처리된 결과 자료는 엑셀로 변환하여 저장해야 하고, 보고서 등은 MS-Word 및 한글워드로 출력

5. 철도사고 위험도 평가 모듈

철도사고 위험도 평가 모듈은 Risk 평가용 자료처리 모듈의 PHA 분석에서 ET(Event Tree)/FT(Fault Tree) 분석 도구와 결합하여 보다 효과적이고 심도 있는 위험도 분석 및 정량 평가에 의한 안전 목표 관리가 가능하도록 철도사고 위험도 평가 모듈을 개발하는데 목적이 있다. 철도 사고 위험도 분석도구는 다음의 중요 모듈로 구성된다.

- R-ETA (Railway Event Tree Analysis) 모듈
- R-FTA (Railway Event Tree Analysis) 모듈
- R-HRA (Railway Human Reliability Analysis) 모듈



[그림 3] 철도사고 위험도 평가 모듈

철도 위험도 분석 도구로서 ET와 FT는 기본적으로 현재 원자력발전소에 사용되고 있는 CONPAS 전산 프로그램을 바탕으로 변환/개발하는 방법으로 수행되며, 이를 위해 먼저 철도 사고 위험도 분석의 특성 및 요건 분석을 수행하여 그 결과를 반영하도록 하였다. ET와 FT은 기본적으로 다음과 같은 기능을 가지도록 개발설계 하였다.

- Event Tree 구성 및 분석 모듈 : Event Tree를 구성하고, Fault Tree 및 DB와 연결하여 필요한 신뢰도 자료를 가져오고, 시나리오의 발생 빈도를 계산하는 모듈
- Fault Tree 모듈과의 연계 : 시나리오에서 나타나는 브랜치 실패에 대해 추가적인 논리 모델이 필요할 경우 Fault Tree 로 구성하여 분석하며, 이 결과를 Event Tree와 연결
- 인간 신뢰도 분석 모듈 연계: ET와 FT의 모듈에서 인간-기계 상의 오류를 일관성있게 발생확률을 평가하기 위한 분석 모듈
- 위험도 모델 및 자료 DB 모듈 : 시나리오 분석에 필요한 자료를 DB화하는 모듈
- 위험도 모델 및 자료 DB 연계 : 시나리오에서 나타나는 브랜치에 필요한 신뢰도 자료 연계

6. 결론

현재 국내 철도분야에서는 일부 철도운영기관에서 운영 중인 철도사고 기록관리 시스템을 제외하고는 국가적인 철도안전정보시스템을 보유하고 있지 않은 상태이다. 본 연구에서는 사고/장애 자료의 처리, 사고 시나리오 모델 개발 및 주기적 철도 위험도 분석을 효율적으로 처리하고, 철도 사고/장애 자료와 사고 시나리오 모델의 유기적인 유지 및 연계 관리, 신속한 철도 위험도 정량분석을 통한 의사결정 지원 등이 지원할 수 있는 철도 위험도 평가에 특성화된 철도 위험도 평가 정보관리시스템의 프렉임웍 개발에 관한 연구를 수행하였다. 철도 위험도 평가 정보관리시스템은 “자료처리 모듈”과 “위험도 평가 모듈”로 구성되었으며, 각각의 모듈은 요구되는 기능을 보유하고 있다. 본 연구의 내용은 국내 철도 분야에서 처음으로 시도되는 위험도 평가 정보관리시스템으로, 향후 철도사고의 직·간접 원인과 중요 기여요소를 분석하고, 사고 발생확률과 사고 위험도를 정량적으로 평가하는데 많은 활용도가 있을 것으로 기대된다.

7. 참고문헌

1. 광상록, 왕종배, 홍선호 , “철도안전관리 개선을 위한 확률론적 위험도평가 방안 연구”, 한국철도학회 지 특별기고, 2003
2. 한국철도기술연구원, “철도사고 위험요인(PHA) 분석기술 개발”, 2005
3. USNRC, “An approach for using probabilistic risk assessment in risk-Informed Designs on plant specific changes to the licensing basis”, reg. guide 1.174, 1998
4. Health & Safety Executive, “Railway Regulations 2000”, 2000

5. Network Rail, "Network Rail's Railway Safety Case, version 6", 2004
6. Kalay, S, "An international cooperative research approach to rail defect risk management", proc. of WCCR 2003, U.K. pp. 699-707, 2003
7. 법제처, "철도안전법", 2004
8. 동화출판사, "최신 안전공학개론", 2002
9. Railtrack, Profile of Safety Risk on Railtrack PLC-Controlled Infrastructure", Railway Safety Issue, SP-RSK-3.1.3.11, 2001
10. European Union, "Directive of the European Parliament and of the council", 2002