

철도시스템안전 기술트리 체계화 방안에 관한 연구

A Study of Plans for systemizing Railway System Safety Technology Tree

홍선호*

조연옥*

Seon-Ho, Hong

Yeon-Ok, Cho

Abstract

A technical road map is one of critical research methods which include mid/long term strategies and objectives. There are many of projects conducted using this road map. A technical tree is used at the step of planning of the projects. This research was aimed at reviewing previous systems for conducting researches for and a basis required for improving railway safety in the future by finding out inconsistency arising from physical WBS, which is methodology of defining in existing railway technical trees. In the process of this research, we considered differences between systems safety and prevention as well as natures of them using the established technical tree, and set up plans for improving technical tree to secure railway safety as an integrated system.

1. 서론

기술로드맵은 장기적인 측면에서 중장기 전략과 목표를 공유하는 핵심적 연구 방법이다. 이를 통해 도출되는 과제의 계획 단계에서 기술 Tree가 사용되고 있다. 본 논문은 기존 철도 기술트리에서 정의하던 분류체계로부터 발생하는 논리적 모순점을 확인함으로써, 향후 철도 안전성 향상을 위한 연구 수행체계와 요구되는 기반확보를 위한 방안도출을 위해 기존의 기술트리를 고찰하며, 시스템 안전과 방재에 관한 정의를 통해 각기 영역에 대한 특징과 차이점을 확인 하며, 통합된 체계로서의 철도안전을 확보할 수 있는 기술트리 도출 및 로드맵 도출방안을 검토하고자 한다.

2. 기술로드맵의 개념 고찰

2.1 기술로드맵과 기술트리 정의

기술로드맵이란 미래의 시장에 대한 예측을 바탕으로 미래수요를 충족시키기 위해 기업 또는 산업 차원에서 향후 개발하여야 할 필요기술과 제품을 예측하여 최선의 기술 대안을

* 한국철도기술연구원, 정회원

선정하는 기술기획방법이다. 기술 로드맵은 특정 분야에서 기업 또는 산업에게 그들의 미래 필요기술과 제품을 예측할 방법을 알려주며 그것을 달성하는 가장 좋은 방법을 상세하게 알려주는 실질적인 사업예측수단으로 격화되는 경쟁 환경 속에서 유용한 중장기 기술기획수단이다. 즉 기술로드맵은 특정 수행목표치를 완수하기 위해 계획 실행되어야 하는 정책적 기술적 지향로를 마치 도시의 로드맵처럼 그리는 것을 말한다. 불확실성과 리스크가 낮다면 특정 지향로가 선택되어 추구되어질 수 있을 것이며, 반면에 이들이 높다면 여러 지향로가 동시에 선택되어 추구되어질 것이다. 이를 위해 기술과 필요를 예측하여 그것을 마치 지도와 같이 만들어 정책적 기술적 의사결정을 용이하게 하는 것이다. 따라서 기술로드맵은 흔히들 알고 있는 기술계통도(Technology Tree)와는 다르며 주어진 시점에서 기술의 계층적 연관구조라고 정의할 수 있는 기술트리가 정적(static)이라면 기술로드맵은 동적(dynamic)인 것을 뜻한다. 목표에 이르기까지 여러 가지 기술 대안이 로드맵에 담길 수밖에 없고 선택에 따른 기회 위협 강점 약점요인들을 시간에 따라 검토해야 하기 때문에 기술로드맵은 보다 좁은 범위의 목적지향적인 해당분야의 세부적인 기술개발 이정표라고 할 수 있다. 따라서 기술로드맵 작성과정은 일반적인 중장기 기술개발계획 수립과 유사하나 그 기본철학과 진행방식에 있어 다소 차이가 있다. 각 방식별로 비교하여 그 개념을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 기술수요조사 : 기술혁신주체들이 개발을 원하는 기술분야 도출
- 2) 기술예측 : 기술개발 필요성 보다는 단지 미래에 기술개발이 가능한 기술분야 조사
- 3) 기술분야 분류 및 계통도 작성 (기존기술의 Technology Tree) : 상호관계를 보여주는 작업
- 4) 기술로드맵 : 미래의 목표기술을 정한 뒤 이를 달성하기 위한 단계별 기술개발 이정표 제시

2.2 기술 로드맵의 구분

2.2.1 사업별 분류

사업의 형태별로 단일사업차원의 로드맵과 개별기업차원의 로드맵으로 구분된다. 단일사업차원의 로드맵은 대상특정기술이 한 산업에만 필요한 경우에 작성되는 로드맵을 말한다. 그 예로 미국 에너지부 의 개 산업 농업 알루미늄 화학 임업 유리, 주조 광업 석유 철강 기술로드맵과 미국 반도체 협회 의 반도체기술로드맵(NTRS, National Technology Roadmap for Semiconductors), 미국전력연구소 의 전력로드맵 (EPRI) (NETR, National Electricity Technology Roadmap) 등을 들 수 있다.

2.2.2 주도권 원천별 구분

로드맵 작업을 주도하는 집단을 기준으로 보면 정부주도 로드맵, 산업주도 로드맵, 기업주도 로드맵으로 구분할 수 있다.

2.2.3 대상내용별 구분

기술로드맵이 대상으로 하는 내용이 무엇인가에 따라 제품기술 로드맵, 유망기술 로드맵, 이슈관련 로드맵으로 분류될 수 있다. 철도안전은 이슈 관련 로드맵(Issue-Oriented Roadmap)으로서 특정 이슈와 관련된 프로젝트의 계획 수립 및 예산배정을 위하여 그 결과를 예측할 목적으로 작성되는 로드맵을 의미한다. 이슈관련 로드맵의 좋은 예로는 1993년 발간된 미국 에너지부의 환경복원 및 쓰레기 관리관련 로드맵 방법론 개정판(Environment Restoration and Waste Management in Roadmap Methodology Document)을 들 수 있다.

3. 국내외 교통분야 기술로드맵 작성 사례

3.1 국내 사례

1) 국가 안전관리종합서비스 로드맵

국가 안전관리업무 일원화 및 재난/재해업무 통합관리 체계구축과 국가안전관리시스템 서비스 고도화를 목적으로 5년간의 로드맵이 아래 그림 1과 같이 작성되었다.



그림 1. 국가 안전관리종합서비스 로드맵

2) 철도 분야 기술 로드맵

동북아 철도물류 중심 주도권을 확보하기 위한 레간가변 시스템 기술의 연구개발에 착수 하였으며 그림 2와 같은 기술개발 로드맵을 수립하였다. 기술의 특징적인 주안점들로서 동북아의 극한 환경 하에서 일정한 작동성을 유지하는 레간가변 메커니즘 기술의 고려와, 고속안정성의 확보, 재래선의 급곡선 통과 성능 확보, 비용저감방안을 대상으로 하고 있다.

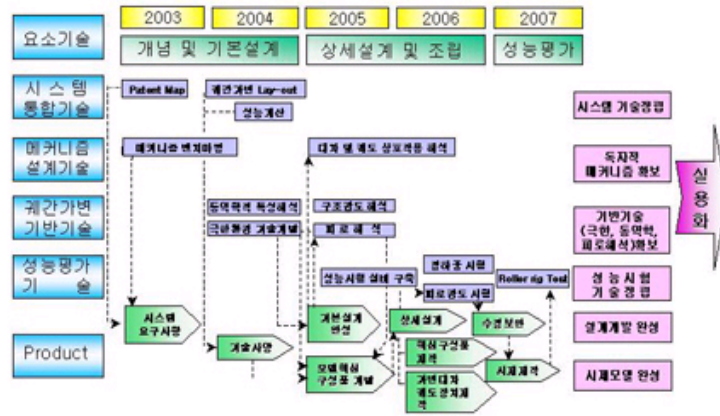


그림 2. 철도 궤도가변 시스템 기술 로드맵

3.2 국외 사례

미국 등 선진국에서 작성되는 로드맵은 대상 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 전략적인 기술개발 로드맵을 작성하고 있다. 독립적인 안전성 향상을 목표로 하는 분야인 경우 사고는 사건과 운영데이터를 기반으로 사고가 발생하는 가능성에 대한 규명을 기술개발 목표로 설정하고 있다.

1) 미국 volpe센터 항공분야 기술개발 로드맵

미국의 volpe센터에서 작성된 사고 전조의 역할 모델과 항공분야 기술개발 로드맵은 다음 그림과 같다.

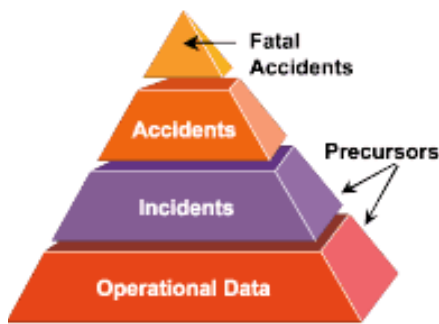


그림 3. 사고 전조의 역할

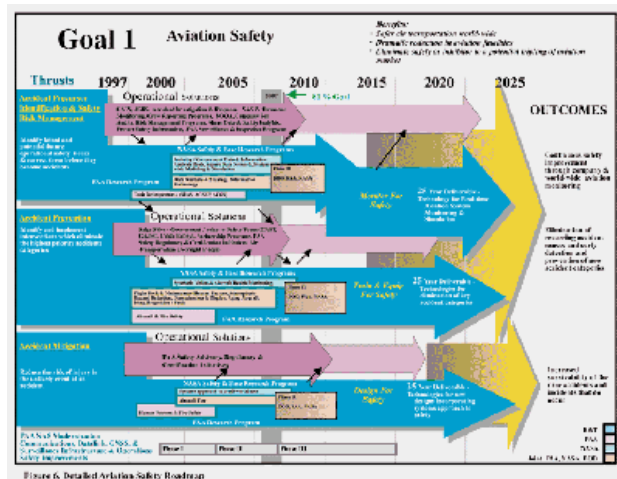


그림 4. 미국 volpe센터 항공분야 기술개발 로드맵

2) 캐나다 화물운송서비스 로드맵

캐나다의 경우 운송 서비스 전반에 대한 로드맵을 운송서비스 향상을 목표로 하여 기술함으로써 각기 개발 대상 영역에서의 안전확보에 대한 연구를 수행하고 있다.

Technology Category	Technology Sub-Category	Examples	Impact/Opportunity
Marine			
Propulsion Systems	Advanced Engines	• Diesel engines • Ceramic engines • Electronic engine control	• Improved fuel efficiency • Longer lasting engines
Information Technology & Communications	Navigation	• GPS • On-board navigation • Vessel control systems	• Reduced labour costs • Improved safety • Reduced transit times
Rail			
Propulsion Systems	Advanced Engines	• Next generation diesel/electric locomotives (alternating current traction)	• More haulage capacity; • Lower operating and capital costs (higher powered, more efficient)
Vehicle Design & Manufacture	Advanced Vehicle Design/Advanced Materials	• Light weight alloys in freight cars and rails.	• More load capacity • More cars per train
Trucking			
Propulsion Systems	Advanced Engines	• Ceramic engines • Electronic engine control • Lean-burn motors	• Improved fuel efficiency • Lower emissions
Vehicle Design & Manufacture	Advanced Vehicle Design/Advanced Materials	• Streamlined design • Active suspensions • Longer, lighter trailers	• Improved vehicle dynamics(fuel efficiency) • More load capacity • Less road damage • Safer
Intermodal			
Vehicle Design & Manufacture	Advanced Vehicle Design/Advanced Materials	• Carless vehicles: <i>Road Railer, EcoRail, Iron Highway</i> • Containers • Double-stack containers	• Improved capacity • Rail/Road competition • Value-added freight

그림 5. 캐나다 화물운송서비스 로드맵

4. 기존 철도안전과 방재의 기술영역 분석

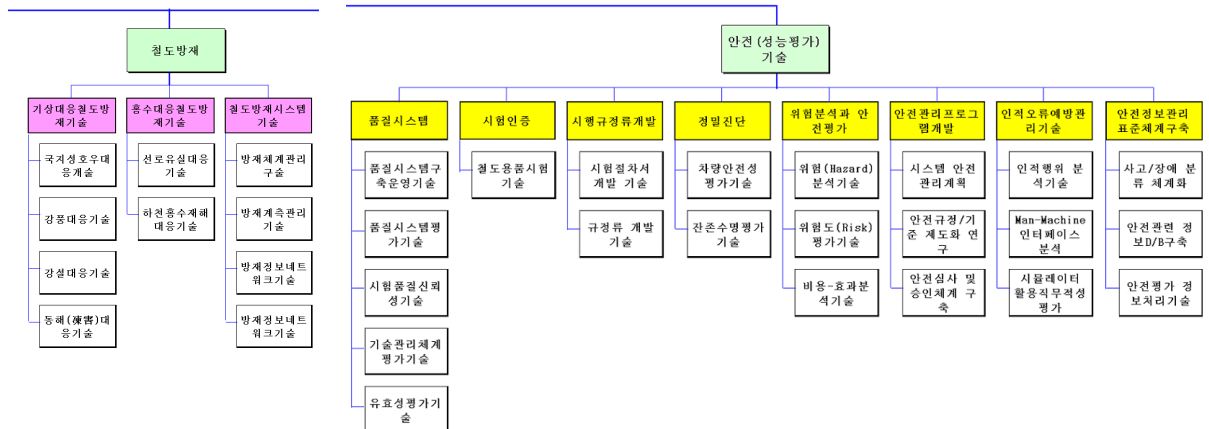


그림 6. 철도안전 및 방재 기술트리 현황

과거에는 철도의 안전과 방재에 대한 인식이 서로 다르게 여겨져 왔다. 이러한 인식은 아래의 그림 6의 철도안전 및 방재 기술트리를 분석해 봄으로서 파악할 수 있다. 철도안전기술과 방재기술의 체계적인 관리를 위한 효율적인 기술트리의 필요성이 제기되고 있다.

안전은 위험하지 않음, 위험이 없음, 또는 그러한 상태를 뜻한다.¹⁾ 즉 시스템이 안전하다는 용어의 정의는 그 자체 속에 고장등의 결함이 있어도 또한 인간 측에 잘못이 있어도 사람에게 상해를 주지 않으며 이것이 입증되고 있을 것을 정의하는 것이다. 시스템의 위험성을 평가하려면, 사고재해가 갖는 양면성인 피해와 심각도를 종합적으로 고려하여, 일반적

으로는 피해규모의 기대값, 다시 말해 재해빈도와 재해강도를 곱한 피해액을 리스크의 지표로 이용한다. 시스템 안전의 과제는 바로 이러한 유형의 사고재해를 구별해서 재해예방노력을 집중시켜 그 효과를 극대화하고자 하는 것이다. 그림 7은 시스템의 위험성 평가 시 개별적 원인분석에 사용되는 특성요인도이다.

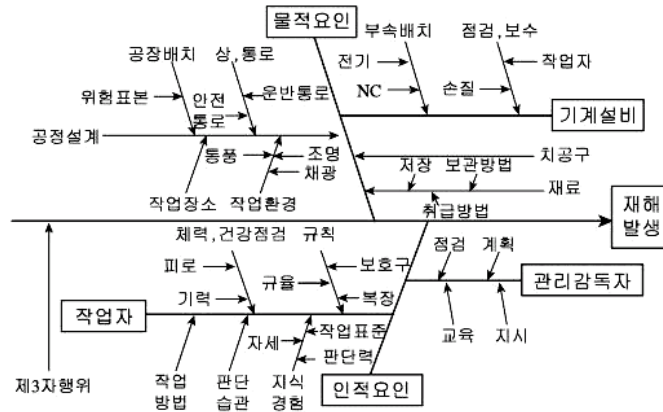


그림 7. 개별적 원인분석에 사용되는 특성요인도 사례

방재는 화재·수재 따위의 재해를 막음을 뜻한다.²⁾ 즉 재해를 예방하는 안전의 사고방지 기술의 영역으로서 피해심각도가 막대한 특정 재해를 위험원으로 대상으로 대형 사고방지를 위한 기술을 뜻한다. 즉, 재난의 영역을 인위재난과 자연재난으로 구분하였을 때 자연재난에 대한 재해의 영역을 뜻하며, 학문적으로 안전의 영역과 독립된 영역이 아님을 알 수 있다.

시스템의 안전은 최소위험성을 위한 설계 이후, 구조나 기능상 위험이 잔존하는 경우 작업자나 사용자에게 직업 위해가 가하지 않도록 안전장치의 적용방안을 채택하는 것이다. 다음으로 최소위험성을 위한 설계를 하고 안전장치를 설치하고도 위험이 잔존한다면 필요한 경우 신속한 대응조치나 대피가 가능하도록 경보장치의 채용을 고려한다. 이상의 수단이 강구되었음에도 불구하고 위험성이 여전히 잔존한다면 마지막 특수한 절차, 즉 사용자로 하여금 유사시의 대응조치능력을 육성하여야 한다.

5. 철도시스템안전 기술트리 제안

이상과 같이 철도시스템의 안전 기술은 다음 표1과 같은 체계로 시스템안전성내에 방재의 영역을 포함하여 구조화되는 것이 국가철도시스템에서 추구하여야 할 바람직한 방향이라고 사료되며, 이를 근거로 하는 기술로드맵이 작성되어야 할 것으로 판단된다.

표 1. 철도시스템 안전 기술트리의 대상 프레임워크

분야	설계단계 안전기술						관리단계 안전기술	
	위험 정의	정량적 구조성능 평가	(확률론적 위험 평가)	검증체계구축 기술	안전장치기술	경보장치기술	조치능력육성	위험 관리
안전공학	위험원 분석, 사고경로분석	위험발생빈도 평가기술	확률론적 평가기술	위험도 평가검증기술	사고 완화 안전정보관리 기술	사고 예방 경보장치 최적화 기술	조치능력 교육 훈련 평가기술	위험원관리 기술, 사고/사건 분석기술
재료공학	물성 시험 분석	재료열화 평가기술	수명평가기술	열화평가 검증기술	열화저감기술 열화회복기술	열화 경보기술	열화 영향 예측 기술	열화관리기술
시설 전기 차량	분기기 등 레도 손상분석	분기기 성능평가기술	분기시스템 고장 발생확률평가기술	분기시스템 안전성 검증기술	분기시스템 피해저감기술	분기시스템 최적화 기술	분기기 탈선 영향 예측 기술	고장/손상 검출 및 관리 기술
	교량/터널 등 시설물 손상분석	안전진단 상태평가기술	교량/터널 확률론적평가기술	교량/터널 안전성 검증기술	기능 상실 대책 기술	교량/터널 기능상실 대비 예측경보 기술	시설물 기능회복기술	시설물 안전관리기술
	열차 고장 및 오류분석	주행 안전성 평가기술	탑승객 보호체계 안전성평가	주행중 열차 안전성 검증기술	주행중 피해저감기술	주행중 피해예방기술	열차 비상대응 최적화 기술	주행중 안전 관리기술
	신호/제어설비 위험원 분석	설비 상태평가기술	신호제어시스템 확률론적평가기술	신호제어설비 안전성 검증기술	신호제어설비 이중화장치기술	신호제어설비 경보기술	경보 원인 추정 기술	제어설비 고장검지기술
외부 요인	자연재해 위험원 분석	사면/노반 상태평가기술	자연재해 확률론적평가기술	안전성 검증기술	피해저감기술	자연재해 경보기술	비상대응 체계관리기술	자연환경 분석 모니터링 기술
	건널목/고가차도 위험원 분석	건널목 상태평가기술	사고예측기술	안전성 검증기술	건널목 방호기술	건널목 위험 경보기술	건널목 사고복구 최적화기술	건널목 위험인지 기술
인적 요인	조직/체계/종사자 직무 분석	노동강도평가기술, 피로도 측정기술	인간신뢰도 평가기술	인위재해 안전성 검증기술	피로 저감기술	실시간 인적오류 측정기술	작업자 교육훈련기술 조직체계화 기술	인간성능평가지표관리, 자격제도 관리 기술
	MMI 기능분석	MMI 오류분석기술	MMI 오류예측기술	MMI 안전성검증기술	MMI 배치최적화기술	MMI 오류경보기술		시스템 요구사항 할당 및 통제 기술

6. 결론

본 논문은 향후 철도 안전성 향상을 위한 연구 수행체계와 요구되는 기반확보를 위한 방안도출을 위해 기술트리 체계화 방안을 제시하였다. 세부적인 내용으로 먼저 국내외의 기술 로드맵을 분석하였으며, 기존 기술트리의 문제점을 고찰하였다. 또한 시스템 안전과 방재에 관한 정의를 통해 각기 개별적으로 정의하고 있는 체계의 논리적 모순점을 확인하였다. 이를 바탕으로 기존 철도 기술트리 분류체계의 문제점을 개선하여 철도안전을 확보할 수 있는 통합된 안전기술트리 프레임워크를 제안하였다.

참고문헌

1. 정국삼, 기계저널 제 44권 9호, 안전의 의미, 2004.9
2. 정국삼 외, 최신안전공학개론, 2002.1
3. 장승호 외. 철도기술웹진 테마기획“대륙철도 연계를 위한 레간가변 시스템 개발” , 2003.7
4. 미국 Volpe센터 홈페이지, <http://www.volpe.dot.gov/>