

철도안전성능시험설비 구축 체계 개선에 관한 연구

A Study on Improving the Constructing System of Railway Safety Test Facilities

김윤미*
Kim, Yun-Mi

최경진*
Choi, Kyoung-Jin

조연옥*
Cho, Youn-Ok

ABSTRACT

As a mass transportation system, a railway contains potential risks that may result in a high death rate and property losses. Accordingly, Railroad Safety Technology R&D Corps. is adopting the plan of the construction of Railway Safety Test Facilities as a part of the Railway Total Safety Project to enhance the railway safety, and carrying out researches on effective project management methods with Systems Engineering techniques. When a system or a service is realized, such as the Railway Total Safety Project, it needs to be verified by requirements and the process of verification is to check whether customers/stakeholders requirements have been properly transformed into a system or a service. Recently, building the standardized verification system up could be the solution to reduce possible system-failed risks. To support that, we propose the more effectual verification method of constructing the Railway Safety Test Facilities applying the systems engineering tool to the research.

1. 서론

철도는 다른 교통수단에 비해 규모가 크고 복잡하며 최첨단 기술력이 집약된 복합 시스템으로써, 이 같은 특성으로 인해 충돌·탈선 및 화재와 같은 중대사고 발생이 곧 대규모 인명과 재산의 손실로 이어질 가능성이 높다. 이에 따라 철도의 안전성을 높이기 위해, 중대 사고에 대한 안전도를 시험·평가할 수 있는 철도안전 시험설비의 구축과 관련된 연구의 보완이 필수적이다. 일반적으로 이와 같이 특정 시스템의 개발 및 구축 업무를 수행하거나 프로젝트를 수행할 때 중간 시점 혹은 종료 시점에서 초기에 기획되었던 요구사항 및 기본 사양에 적합하게 사업이 진행되고 있는지를 검토하는 것은 품질의 완전성 및 개발 과정의 명확성 등의 측면에서 매우 중요하다. 국제 시스템엔지니어링 표준에서는 객관적 증거 체계를 통하여 규정된 요구사항이 만족되었음을 입증하는 활동을 검증(verification)이라 정의하고 있다.

현대 시스템이 점차 복잡화 및 대형화됨으로써 시스템 개발 시 많은 위험 요인이 발생하고 요구사항도 방대한 분량으로 늘어나고 있으므로, 발생 가능한 개발 실패 요인을 관리하고 사업 수행의 성공률을 높이기 위한 방법으로 검증 체계를 강화하고 있는 실정이다. 또한 주어진 기간 내에 주어진 비용으로 내부적인 마찰을 균형 있게 조정하여 최적의 결과물을 만들 수 있도록 사업에 맞는 체계 구축 운영이 요구된다. 그러나 국내의 경우 제도적인 검증 체계가 미비하고, 구체적인 검증 활동 또한 명확성이 낮은 상황이므로 이에 대해 보완이 필요하다. 이에 본 연구는 현재 수행하고 있는 철도안전 시험설비 구축 과정에 시스템엔지니어링지원도구를 활용한 검증 방법론을 제시함으로써 보다 효과적인 시험설비 구축 체계를 제안하고자 한다.

* 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 정희원
E-mail : yun1771@krti.re.kr

TEL : (031)460-5571 FAX : (031)460-5509

* 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 정희원
E-mail : kjchoi@krti.re.kr

TEL : (031)460-5242 FAX : (031)460-5509

2. 검증 및 평가 체계 구축의 개념

2.1 검증의 개념

검증은 적용 가능한 요구사항들이 만족되었는지를 확인하기 위하여 완성 시스템을 평가하는 것을 의미하며, 시스템 요구사항을 만족시키는데 있어서 진척도를 평가하고 변화하는 시스템 제품들 및 프로세스들의 효과성을 측정하기 위하여 요구되어지는 시스템 구성요소들이 수행하는 모든 과업, 행위, 그리고 활동들의 복합체이다.

검증 프로세스는 설계 솔루션이 시스템 요구사항들을 만족시키고 시스템이 운영 환경 내에서 그것이 의도한 대로 사용될 준비가 되어 있다는 것을 보증한다. 이는 검증된 시스템이 임무 필요·성능·인터페이스·이해관계자 필요를 달성하는 설계에 따르는지를 시연할 수 있다는 것을 의미한다. 검증 프로세스는 진보적 연구 및 예비적인 분석들을 위한 개념으로부터 설계 및 개발·생산의 완결·제품 수락·운영 및 폐기 단계에 이르기까지 시스템의 생명주기의 모든 수준에 대해 시스템 발달을 지원한다. 그림 1은 요구사항으로부터 솔루션을 얻는데 있어서 거쳐야할 시스템 엔지니어링 프로세스를 나타내며, 검증 프로세스는 요구분석에서부터 시스템 요소 규격 작성에 이르기까지 전 부분에 걸쳐서 수행될 수 있다

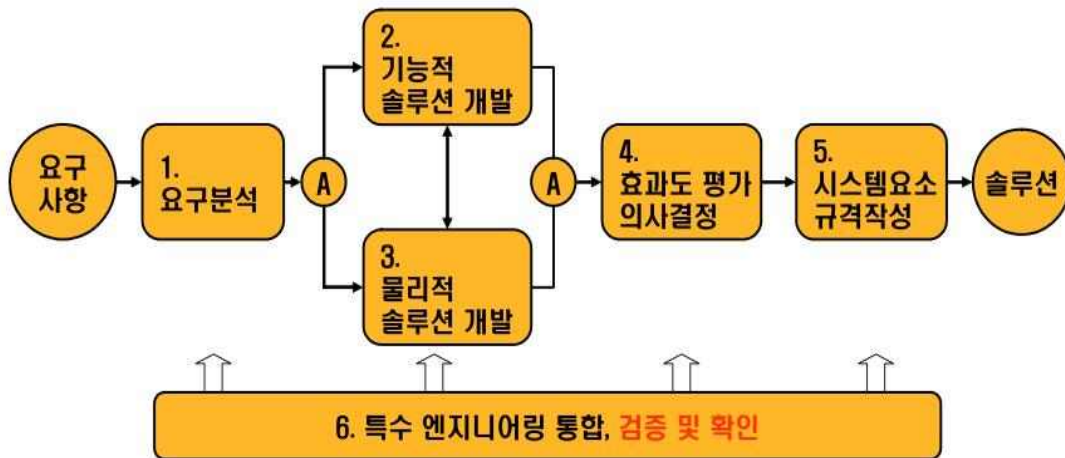


그림 2 시스템 엔지니어링 기본요소

2.2 검증 방법

검증 방법으로는 시험 및 평가 그리고 시스템엔지니어링 판단의 크게 두 가지 방법을 사용하였다. 그림 2는 이와 같은 내용을 보여주고 있다. 시험 및 평가 검증 프로그램은 다음사항을 위해서 구성된다.

- 의사결정을 지원하기 위해 필수적인 정보를 제공한다.
- 기술 및 획득 위험을 평가하기 위해 필수적인 정보를 제공한다.
- 시스템이 시스템의 의도된 목적에 맞도록 운영상 효과적이고 적합한지를 검증한다.

각 획득 관리 시스템 수명주기 단계에 따라 시험 및 평가 검증의 목적은 잠재적인 운영 위험을 경감시키고 그 단계에 적절한 시스템 성능을 시연할 수 있도록 하기 위함이다. 정량적인 기준은 획득 관리 시스템을 통해 진행되도록 하기 위해 하드웨어, 소프트웨어, 그리고 시스템 성숙을 위한 실제의 증거를 제공한다. 각 시험 및 평가 검증 단계는 다음 단계에 들어가기 전에 만족되어진 특정 마일스톤(입력 및 출력 기준)을 가지고 있어야 한다.



그림 3 검증 방법

시스템 성능은 실제적인 운용 조건하에서 시험을 통해서 검증되는 것이 매우 바람직하다. 그러나 이러한 조건들은 시스템이 배치되고 난 후에야 가능하다. 배치에서 드러난 문제점들은 많은 비용을 들여 수정된다. 그러므로 조사·분석 및 시험의 조합은 초기에 문제점을 발견하기 위해서 프로그램 배치 기간에 종종 사용된다. 그것에 의하여 위험이 감소되고 성공적이며 비용-효과적인 프로그램을 보증하는데 도움을 준다.

규격서에서 각 요구사항의 준수는 하나 이상의 방법을 검증 요구사항 추적 매트릭스(Verification Requirement Traceability Matrix; VRTM)에 나타낸 것과 같이 검증되어야만 하며, 시험 및 평가 검증 방법들은 다음사항을 포함한다.

- 시연을 통한 검증(Verification by Demonstration): 이 방법은 특정한 시나리오 하에서 설계되어 기능을 수행하는 운영, 조정, 재형상을 통해 달성되는 검증을 포함한다. 이 방법은 실제적인 시연으로부터 요구사항의 준수를 검증하기 위해 사용된다. 엔지니어들에 의해서 이루어지는 관찰은 요구사항에 기반을 두고 사전에 결정된 응답과 비교된다. 이 검증 방법의 예로서는 정해진 상당한 시간 내에서 열차 비상시 비상대응 체계 시연이다. 시연은 서비스, 신뢰성, 유지보수성, 수송성, 그리고 인간 공학 엔지니어링에 관한 요구사항들과의 준수를 검증하기 위해서 종종 사용된다.
- 시험을 통한 검증(Verification by Test): 이 방법은 기구가 있든지 없든지 적절한 조건 하에서 적용 요소의 수집, 분석, 그리고 정량적인 데이터의 평가를 통해서 달성된다.
- 분석을 통한 검증(Verification by Anaysis): 이 방법은 실험실의 장비 또는 절차를 사용하지 않고 요구사항과의 일치 여부를 확인하기 위해서 아이템의 시각적인 검사, 서술적인 문서의 검토, 그리고 사전에 결정된 표준과의 적절한 특성들을 비교함으로써 달성된다. 간단한 물리적 조정이나 기계적 및 전기적 측정 및 측정, 그리고 다른 조사 방법들을 포함한다. 조사는 구조 특징, 기량, 면적, 품질, 그리고 청결, 설치, 그리고 마무리 손질과 같은 물리적 조건뿐만 아니라 시스템의 물리적 설계 특징들을 종종 검증한다. 조사는 문서의 검토, 시스템 서술서, 그리고 사전에 결정된 표준과 실제적인 시스템을 비교하기 위한 다른 자료들을 포함하기도 한다.

시스템 엔지니어링 판단을 통한 검증은 시스템 최종제품이 시스템 요구사항을 만족시키는지 검증하기 위해 필요한 제품 및 서비스, 그리고 프로세스의 개발을 지원하기 위해서 수행된다. 검증 판단은 검증 요구사항 및 솔루션 대안을 위한 기준, 개념의 증거를 시연하기 위한 검증의 정의, 그리고 개발, 자격, 수락, 적절한 운영, 그리고 다른 시험에 대해 다루게 된다. 판단은 중대한 검증 방법 및 프로세스(분석을 통한 검증에서 사용된 주요 방법 및 가정 그리고 데이터의 검증 등)를 검증하기 위해 필요한 요구사항들과 절차들을 또한 고려한다.

검증 판단은 종합검증계획서(MVP)와 검증 활동의 결과로부터 얻어진다. 통합 기술 계획 프로세스에 따르면, MVP의 목적은 시스템 규격서의 요구사항을 만족시키는 시스템의 능력을 시연하는 모든 검증활동을 정의하는 것이다. 이러한 활동들은 충분한 데이터가 할당된 시간의 틀 내에서 최소한의 비용으로

제공되는가를 보증하기 위해서 완전히 통합되어야만 한다. 제품 개발, 시험, 그리고 평가를 거쳐 검증데이터의 지속적인 피드백은 위험을 줄이고 초기에 문제를 발견하기 위해서 필요하여, 최종목적은 생산 및 운영상 사용 전에 모든 요구사항들을 만족시키는 시스템 능력을 완벽하게 검증하는 것으로 시스템 엔지니어링 판단 방법은 다음사항을 포함한다.

- 공학적 해석(Verification by Engineering Analysis): 이 프로세스는 시스템 엔지니어링 분석, 특수 엔지니어링, 통계적 및 정량적 분석, 시뮬레이션, 그리고 모델링 등의 기술을 포함한다. 엔지니어링 분석은 시험이 타당하지 않을 때, 비교분석이 적용 불가능할 때, 그리고 조사가 부적절할 때에 사용된다.
- 비교분석(Verification by Similarity): 이 프로세스는 유사한 시스템의 시험 데이터, 형상, 그리고 적용례를 검토하여 요구사항에 준수하는지를 판단한다. 이 방법은 시스템의 설계 및 제조가 유사하고, 이전의 시스템이 동등하거나 그 이상의 규격서를 가지고 있을 때 사용된다.
- 기록 확인(Validation by Records): 이 프로세스는 시스템의 특징 및 요구사항들을 검증하기 위해 최종제품의 수락단계에서 제조 기록들을 검토한다.
- 개발 시뮬레이션(Simulation): 이 프로세스는 시스템의 모의실험용 모델을 사용하여 설계 특징, 시스템 거동, 그리고 성능을 검증한다.
- 설계서 검토(Review of Design Documentation): 이 프로세스는 획득 검토, 설계 검토, 그리고 다른 평가로부터 나온 보고서 및 설계도면과 같은 설계 문서의 검토를 사용한다.
- 물리적 실험(Physical Examination): 이 프로세스는 미리 제정된 기준에 따라 물리적 아이템 또는 형상을 시각적으로 면밀하게 살핌으로써 요구사항에 준수하는지를 판단한다.

3. 본 연구에서 제안하는 검증 방법론

3.1 검증 계획서


	검증계획서 (Verification Plan)	ID No : SE - SR04 - SSR01 - 2006 작성일 : 2009. 05. 01 수정일 :
4. 프로젝트는 철도안전 시험평가시설 구축의 총괄 조정을 한다.		
4.1 프로젝트는 안전 시험평가시설 <u>구축 계획을 운영한다</u>		
입력물 : <input type="checkbox"/> 요구사항 (Requirement) - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) <input type="checkbox"/> 기술 개발 계획(Technical Plan) - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) <input type="checkbox"/> 설계정보 및 평가자료 - 성과물 : 구축계획 <u>운영 및 검증/논증</u> - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) <input type="checkbox"/> 검증 방법 - 3.3 관련 전문가(해당과제) <u>검토 및 의견</u>	업무 : - SE 검증	출력물 : - 수정 VRTM - 검증결과표
Verification Specification (검증기준) : - 현실적으로 실현 가능한가 - 구축 절차서는 일반적인 절차를 따르고 있는가 - 관련 전문가(해당 과제)와는 충분한 의견 조율을 하였는가		

그림 3 검증 계획서

본 사업에서는 중간 혹은 최종 솔루션이 시스템 엔지니어링 프로세스를 따라서 수행되었고, 그 결과 요구사항을 잘 만족시키는지 여부를 판단하는데 주안점을 두고 체계가 구축되었다. 그림 3은 본 사업에서 구축된 검증 계획서를 보여준다.

성과물의 검증을 위한 입력 자료로서는 검증기술, 기술개발계획, 요구사항, 설계정보 및 평가자료를 요구한다. 통합 기술 계획 프로세스를 통해서 개발되는 기술 개발 계획들은 검증의 시간적 조절과 절차를 포함하여 프로그램을 실행하기 위해 전체 비전을 상세하게 서술한다. 검증을 적절하게 수행하기 위해서 필요한 기술 개발 계획서들은 연구계획서·종합검증계획서·PM·과제 아키텍처를 포함한다. 요구사항 문서들은 요구사항 관리 프로세스의 출력물로서 규제 기관 및 법에 의한 요구사항들 뿐만 아니라 고객 운영 요구사항들을 포함한다. 설계정보 및 평가자료는 제품 형상을 이해하는데 필수적이며 기능 아키텍처·물리 아키텍처·검증기준·설계분석보고서·시험 및 입증 자료를 포함한다. 이와 같은 입력물들을 바탕으로 검증 팀이 SE 검증 업무를 담당하게 되며, 검증 결과로는 업데이트된 검증 요구사항 추적 매트릭스(VRTM)와 요구사항과의 검증 적합성 문서(RVCD)가 생성된다.

3.2 검증 요구사항 추적 매트릭스(VRTM) 개발

각각의 요구사항을 검증하기 위하여 사용된 전략 또는 방법을 요구사항과 추적성을 갖도록 하기 위해서 검증 요구사항 추적 매트릭스(VRTM)를 작성하였다. VRTM은 각각의 요구사항(기능 요건, 성능 요건, 설계 요건 등)이 검증되는 방법, 검증과정이 수행되어야 하는 단계 및 적용 가능한 검증의 수준을 정의한다. 그림 4는 본 사업을 위해 작성된 VRTM의 예이다.

과제명		철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술개발					
SR6		프로젝트는 건널목 시인성 평가용 검지장치를 개발해야 한다.					
	SSR	성과물	성과지표	검증 방법	활용방안	관련위험원	비고
2차년도 (2005)	건널목 시인성 평가기법 개발	시인성 평가기법	건널목의 시인성 평가기법의 적정성	공학적해석	SSR2를 위한 기본자료로 활용 건교부, 건설기관, 운영기관, 안전심사기관, 철도사고조사위원 직접 사용	건널목-04,07	
	건널목 시인성 평가용 검지장치 개발	시인성 평가 장치 철도건널목 시인성 평가 장치의 사용자 매뉴얼	건널목의 시인성 평가용 검지장치의 적정성	설계서검토 Test & Evaluation(Operational Test)	건교부, 건설기관, 운영기관, 안전심사기관, 철도사고조사위원 직접 사용	건널목-04,07	

그림 5 검증 요구사항 추적 매트릭스(VRTM)

SR(System Requirements)에 따라서 성과물과 성과지표, 검증방법, 활용방안을 표시하도록 되어 있으며, 작성된 VRTM은 검증종료 후에도 내용이 업데이트 되어 요구사항과 검증결과가 항상 추적성을 유지하도록 구성되어 있다.

3.3 검증 프로세스 데이터의 전산화 및 관리

시스템 정의 단계에서 작성되는 검증 요구사항을 기반으로 검증의 대상을 선정하게 되면 이에 대한 검증 계획이 수립되고 이를 기반으로 검증 활동이 시작된다. 이 과정에 생성되는 모든 데이터의 관리 및 추적성 확보에 대한 상황을 그림 5에 나타내었다. 본 연구에서 데이터 전산화 및 관리방안은 시스템엔지니어링 전산도구인 Cradle®을 활용하여 제시하였다. 전산도구를 활용함으로써 검증의 체계적 수행과 관련 데이터의 효율적 관리, 그리고 자동 문서출력 등의 이점이 있다.

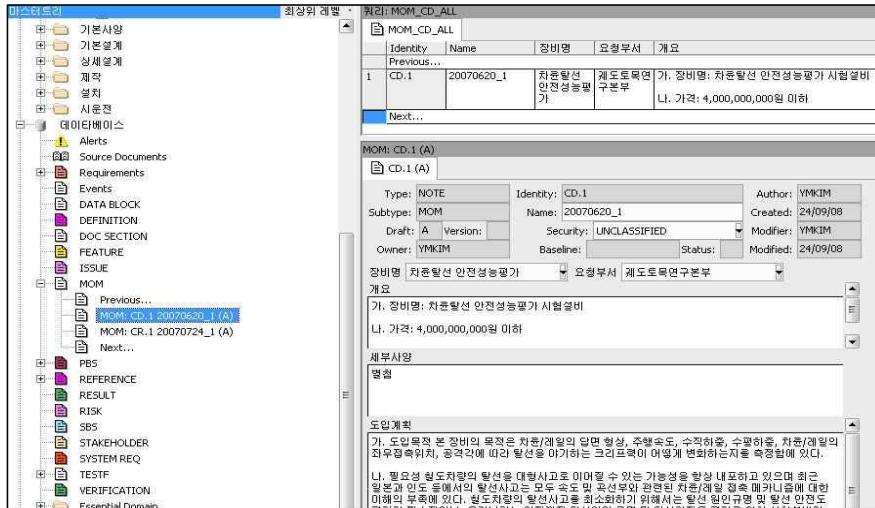


그림 6 도구를 활용한 검증 프로세스 결과물

4. 결론

대규모 국가연구개발사업을 수행하거나 작은 규모의 물리적인 시스템을 개발하게 되는 경우, 그 규모에 상관없이 성공적인 수행을 위해서는 사업 성과물이 요구사항을 잘 만족시키고 있는지 검증하는 체계를 구축하는 일이 매우 중요하다. 본 논문에서는 사업의 진척도를 올바르게 평가하고 검증하기 위해 시스템 엔지니어링 검증 프로세스 및 방법론을 제안하고 있다. 이는 프로젝트를 수행하고 난 이후에 발생하는 성과물에 대한 검증을 통해 확정된 시스템 요구사항을 만족하고 있는지를 확인할 수 있게 해준다. 본 연구를 통해서 개발된 검증 프로세스를 활용하여 기술적으로 타당한 검증을 위한 성과물 검증 계획서를 작성하였으며, 검증 계획서의 입력물인 검증방법과 검증 요구사항 추적 매트릭스에 대해서 서술하였다. 구축된 검증 프로세스는 사업 성과물의 수준을 향상시키고, 효과적인 철도중합안전시스템을 구축하는데 일조할 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

1. 한국철도기술연구원(2007), “철도안전 시스템엔지니어링 및 사업 총괄”, 철도중합안전기술개발사업단
2. INCOSE SEH Working Group(2006), "시스템엔지니어링 핸드북“, 시스템체계공학원
3. 윤혁진 외(2006), “철도중합안전기술개발사업의 성과물 검증 프로세스 구축”, 한국철도학회논문집
4. 최요철 외(2009), “국가연구개발프로젝트의 성과물 검증 프로세스 개발에 관한 연구”, 한국철도학회 논문집 제12권 제3호 Vol.12 No.3, pp. 382~387