

고속철도시스템 요구사항 검증 모델 개발 사례

A Case study of the requirement verification model development for High Speed Railway Systems

장재덕 *, 이재천, 김찬목, 윤제한(아주대학교), 왕중배, 최요철(한국철도기술연구원)

Abstract Systems engineering requirement verification model development for High Speed Railway systems in progress is a national large system development program that is not only large-size and complex but also multi-disciplinary in nature. For the High Speed Railway TEP development, verification requirements that could verify system function, performance, and constraint, should be derived from SSS(system Segment

specification). Hereafter, this could be referred to as verification requirements. System engineering process establishes traceability between verification requirements and system requirements. These tasks could be accomplished by the schema. Using computer-aided Systems Engineering tool(CORE), High Speed Railway program can become a database and other system related to High Speed Railway program will be developed effectively and efficiently.

I. 서 론

고속전철 시스템 성능 기준 및 안전체계 개발 사업은 시스템 규모가 크고 복잡하며 여러 전문분야가 참여하는 차세대 고속전철 시스템 안전체계의 개발, 운용, 정비지원 등의 운용체제를 개발하는 프로젝트이다. 따라서 여러 시스템 계층단계에서 안전성을 추구하는 체계적 기술 관리와 시스템운영에 관한 선진국 수준의 기술을 축적하는 것이 개발된 고속전철의 안전한 운행과 시행착오 예방을 위해 매우 중요하다. 고속전철 시스템이 기술적 복잡성과 더불어 큰 규모를 가지고 있고 몇 가지 분야의 학문만으로는 개발이 어렵기 때문이다. 더불어 안정적인 고속전철 운영을 위해서는 성능은 물론 안정성 및 신뢰성을 확보하고 검증해야 한다. 요구사항 검증 시스템은 시스템엔지니어링 기법을 통해 데이터베이스를 구축함으로써 고객의 요구사항으로부터 도출된 시스템 요구사항이 검증 요구사항과 추적성을 가지고 연결되며, 개발된 시스템의 요구사항에 대한 만족 여부를 데이터베이스를 통해 쉽게 판단할 수 있게 한다.

지금까지는 시험/평가를 수행하더라도 그러한 시험/평가의 근원이 되는 요구사항과의 추적성이 확보되지 않아 시험/평가의 효용성이 많이 떨어져 있었다. 이와 같이 고객의 요구사항과 추적성이 확보된 시험 및 평가 체계를 시스템엔지니어링 기법과 도구를 가지고 구축하여 안정적이고 신뢰성 있는 고속전철 시스템의 안전체계 구축이 본 연구의 목적이다.

II. 본 론

1. 요구사항 검증 시스템 개발 프로세스

요구사항 검증 시스템은 도출된 시스템 요구사항과 추적성을 갖는 검증 요구사항을 템플릿(Template) 및 도구(CORE)를 통해 데이터베이스화하고 이를 기반으로

시험 및 평가 계획(Test and Evaluation Plan)을 작성하는 것이다. 이러한 과정은 (1)시스템 요구사항과 추적성을 갖는 검증 요구사항을 모델화하고 DB화 할 수 있는 스키마(Schema)를 구축하고, (2)검증 요구사항을 쉽게 도출해내고, 관리를 용이하게 하기 위한 템플릿(Template)을 개발하며, (3)스키마에 따라 검증 요구사항 모델을 구축하고, (4)구축된 모델로부터 시험 및 평가 계획(Test and Evaluation Plan)을 도구를 통해 자동 출력한다.

이와 같이 추적성이 확보된 시스템 요구사항은 향후 통합과정에서 각 단계별 검증 계획에 따라 검증되고, 성공적으로 통합되었음을 확신하게 될 것이다.

2. 시스템 요구사항에 대한 검증 스키마(Schema)구축

검증 스키마(Schema)란 시스템을 검증하기 위한 요소들을 각각의 클래스로 정의하고 이들 간의 관계를 나타내는 데이터 모델을 의미한다. 검증 스키마는 시스템 검증 활동 프로세스를 반영하여 데이터 구축을 용이하게 해야 하며, 구축된 데이터는 정의된 시험 및 평가 계획서로 출력되도록 구성되어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 도구(CORE)에서 기본적으로 제공하고 있는 스키마 중, 시험 및 평가 DB구축과 관련된 TEP(Test & Evaluation Plan) 스키마를 연구하여 고속전철 시스템에 적용할 수 있는 스키마를 체계화하였다.

시스템 검증이란 시스템 요구사항이 올바르게 구현되어 있는지를 확인하는 것으로 시스템 검증의 출발점은 시스템 요구사항이 된다. 본 연구에서는 고속전철 시스템에 대한 SSS(System Segment Specification)가 시스템 요구사항으로 DB화 된다. 시스템 요구사항을 검증할

수 있는 클래스를 검증 요구사항(Verification Requirement)으로 설정하였으며 이 검증 요구사항이 검증하는 시스템 요구사항을 추적하도록 설정하였다. 각 검증 요구사항은 검증 이벤트(Verification Event)를 통하여 시스템 요구사항의 만족 여부를 실제로 확인한

다. 검증 이벤트 수행을 위해 검증 책임조직 (Responsible Organization), 시험 형상(Test Configuration), 시험절차(Test Procedure)를 클래스로 설정하여 검증 이벤트와 추적성을 설정하였다. 이러한 내용으로 구축된 스키마는 그림 1과 같다.

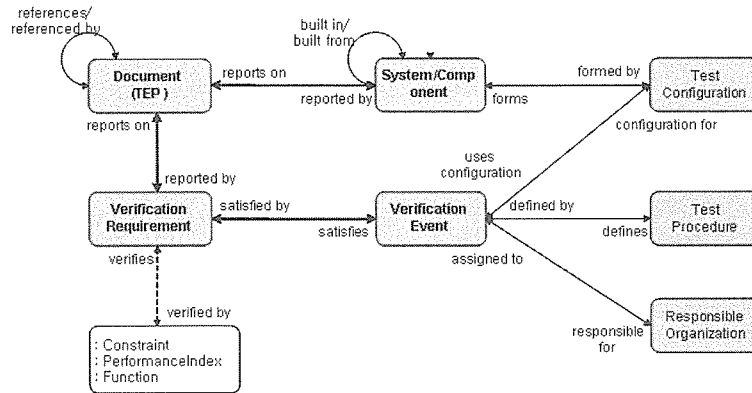


그림 1. 검증 요구사항 스키마

문서(Document)가 reports on의 관계로 검증 요구사항(Verification Requirement) 및 System/Component와 연결(relation)을 갖는다. 이와 같은 연결의 의미는, 구성품은 시험 및 평가 계획서의 대상 시스템이 된다는 것이며, 검증 요구사항은 이때 검증되어야 할 사항을 의미한다. 검증 요구사항 요소는 검증활동이 되는 검증이벤트(Verification Event)와 satisfies연결을 갖는다. 검증이벤트는 검증요구사항을 만족할 수 있는 이벤트를 생성하며 검증이 이루어질 기간과 일정을 규정한다. 검증요구사항은 시스템요구사항과 추적성을 가져야 하며, 시험 및 평가 계획은 시험절차, 시험 장치 및 설비, 그리고 시험조직을 구성할 수 있는 데이터베이스여야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해 스키마에서는 시스템 요구사항인 Constraint, PerformanceIndex, 그리고 Function과 verified의 관계로 연결되고, 시험절차를 정의하는 test procedure 요소와 defined by의 관계로 연결되며, 시험장치 및 설비를 정의하는 test configuration 요소와 uses configuration의 관계로 연결, 그리고 시험조직을 정의하는 responsible organization과 assigned to 관계로 연결된다.

이와 같이 정의된 스키마의 각 클래스는 속성(Attribute)을 갖고 있다. 검증 요구사항의 속성에는 시험방법(Analysis, Demonstration, Inspection, Test, Simulation, Similarity, Sampling, Not

Applicable, others)을 정의하며, 검증수준(System, Segment, Subsystem, HWCI, HW Element, Part, CSCI, CSC, CSU, Facility, Task, Others), 검증 상태를 정의해야 한다. 검증 이벤트 속성에는 검증활동 시기 및 기간 등을 규정하게 된다. Test Configuration(시험형상)은 검증 이벤트에 필요한 Hardware, Software, 그리고 장비를 정함으로써 향후 통합시험 활동에서 필요한 시험 설비를 식별하게 된다. 시험절차는 시험이 어떻게 진행되는지에 대한 단계별 절차가 식별된다. 그리고 책임 조직에는 검증 이벤트를 수행하는 책임조직을 규정하게 된다.

3. 검증 요구사항 템플릿(Template) 개발

템플릿은 요구사항의 누락 없이 정확하게 수집할 수 있도록 도와주며, 스키마에서 요구되는 추적성과 속성 정보를 수집을 편하게 할 수 있도록 한다. 그림 2와 같이 검증 요구사항 템플릿에 의한 데이터 수집 활동은 검증 요구사항, 검증 이벤트가 검증 프로세스 등이 모두 잘 설정되어 있는 경우에는 효과적으로 데이터를 입수할 수 있다.

검증요구사항	검증 대상 시스템 요구사항	검증이벤트	검증절차	시험장비	책임부서
검증요구사항 · 분석 · 시연 · 검사 · 시험 · 평가	시스템 요구사항	검증이벤트 · 검증이벤트내용 · 예상기간 · 시작일자 · 종료일자 · 시험절차 · 시험장비 · 시험장비내용	검증절차	시험장비 · 책임조직	책임조직 · 시험조직 · 책임부서

그림 2. 검증 요구사항 템플릿

앞에서 제시된 검증 요구사항과 시스템 요구사항의 추적성을 확보할 수 있도록 검증 대상 시스템 요구사항 항목이 있으며, 스키마에서 제시된 각 클래스의 속성들을 기입할 수 있도록 템플릿을 정의 하였다. 검증 요구사항은 시스템 요구사항의 말단(Leap-node)의 요구사항과 추적 관계를 가져야 한다.

4. 요구사항 검증 모델 구축

템플릿을 활용하여 작성된 검증 요구사항은 도구에 DB화 된다. 도구에 입력된 검증 요구사항은 그림 3과 같이 시스템 요구사항과 추적성이 확보된다.

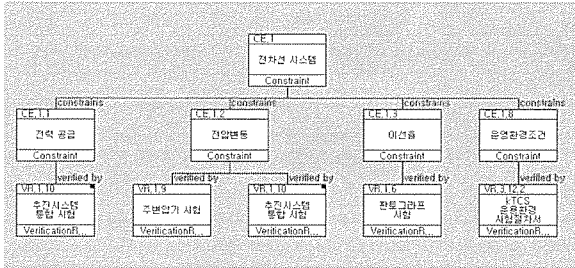


그림 3. 시스템 요구사항 대 검증 요구사항의 관계

또한 그림 4와 같이 검증 요구사항은 검증 이벤트와 추적성을 가지고 DB화 되고, 검증 이벤트는 검증 책임조직, 시험 형상, 시험절차와 추적성을 가지고 DB화 된다.

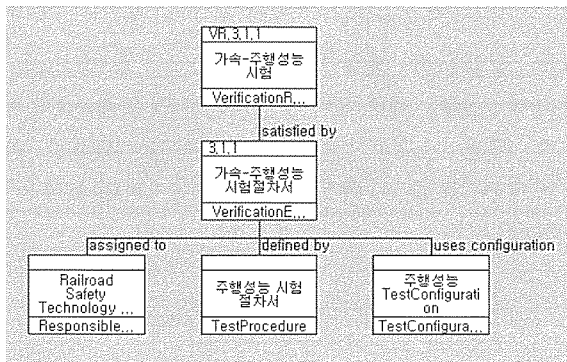


그림 4. 검증 이벤트, 책임조직, 시험형상, 시험절차 관계

이와 같이 고속전철 시스템의 시스템 요구사항, 검증 요구사항, 검증 이벤트, 검증 책임조직, 시험 형상, 시험절차의 추적성이 확보되면 요구사항 검증을 위한 모델이 구축되고, TEP를 자동으로 출력할 수 있다.

5. TEP(Test and Evaluation Plan) 자동 출력

요구사항 검증에 대한 최종 결과물은 TEP로 출력될 수 있다. 도구를 사용하지 않고서도 시스템 엔지니어링을 적용하여 시스템을 개발할 수 있다. 비록 도구를 한다 해도 사용자의 시스템 엔지니어링 성숙도에 의해 그 결과는 분명한 차이를 보인다. 단지 도구는 보조적인

역할을 수행하는 것은 분명하다. 하지만 방대해져 가는 시스템의 규모를 가만 한다면 보다 효과적인 방법을 선택해야 할 것이다. 시스템 엔지니어링 프로세스를 적용하여 시스템을 개발하면서 시스템의 대부분의 프로세스를 표현 할 수 있는 전산 지원 도구를 사용한다면 효율적일 수 있다. 시스템 엔지니어링 전산지원도구는 비용과 시간적인 측면뿐만 아니라 각 운영 시나리오(Operational Scenario)와 기능 흐름도(Functional Flows Block Diagram)를 구현하고 검증할 수 있는 장점이 있다. 더불어 각종 문서를 자동으로 생성해 줌으로서 문서를 작성해야 하는 시간을 단축할 수 있고, 많은 문서들과 각 데이터들을 데이터베이스화함으로써 시간과 장소의 제약을 극복할 수 있다. 고속전철 시스템의 검증 요구사항 도출 및 자동 문서화를 위해서 시스템 엔지니어링 도구(CORE)를 사용하였다. 원 요구사항(Originating Requirements)에서 시스템 요구사항 및 검증 요구사항을 도출하고, 하부 시스템 요구사항과 형상아이템 요구사항들의 추적성을 원활하게 확보한 후, 이런 데이터들을 통해 만들어지는 시스템 규격서인 SSS와 TEP를 시스템 엔지니어링 도구를 통해 도출하였다. 시험 및 검증 계획서(TEP)는 시스템 규격서에 대한 검증을 위해 매우 중요한 계획서이다. 따라서 본 연구에서는 시험검증을 하기 위해 필요한 시험날짜, 시험장치, 시험항목 등을 본 연구에서 연구한 TEP의 구조에 맞게 출력하기 위해 도구(CORE)의 보고서출력 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 이용하여 TEP를 자동으로 출력할 수 있었다.

도구(CORE)에서 제시되는 TEP는 시스템 범위 및 적용문서를 포함하여 계획된 시험항목에 대해 기술하는 형식으로 꾸며져 있다. 다음에 시험 평가 계획서 목차를 나타내었다.

- 1 Scope
 - 1.1 Identification
 - 1.2 System Overview
 - 1.3 Document Overview
 - 1.4 Relationship to Other Plans
- 2 Applicable Documents
 - 2.1 Government Documents
 - 2.2 Non-Government Documents
- 3 Planned Tests
- 4 Notes
 - 4.1 Acronyms and Abbreviations
 - 4.2 Glossary

“계획된 시험(Planned Tests)”의 내용이 템플릿을 이용해 작성했던 정보의 속성들을 대부분 담고 있다. 다음 그림 5는 계획된 시험 항목에 대한 작성 내용을 예제로 보여준다.

3. 계획된 시험			
3.1 검증 요구사항			
• 검증 요구사항의 내용			
a) 검증 상태			
• Planned			
b) 검증 대상 시스템 요구사항			
• 시스템 요구사항 이름			
• 시스템 요구사항 내용			
c) 검증 유형			
검증방법		검증수준	
*Inspection		*System	
d) 이벤트 일정			
이벤트	예상기간	시작날짜	종료날짜
*이벤트이름	10D	05.00.00	05.XX.XX

그림 5. 계획된 시험 항목 예제

이벤트에 대한 내용은 검증 요구사항의 아래 항목에 더 세부적으로 기술 된다. 다음 그림 6은 이벤트에 대한 상세 내용을 담은 항목의 예제이다.

3.1.1 검증 이벤트			
• 검증 이벤트 내용			
a) 일정			
예상기간	시작날짜	종료날짜	
10D	05.00.00	05.XX.XX	
b) 시험 설비 및 장치			
시험 설비/장치		내용	
시험 설비/장치 이름		시험 설비/장치 내용	
c) 시험 조직			
책임 조직		설명	
책임 조직 이름		책임 조직 설명	
d) 이벤트 일정			
• 절차 내용			

그림 6. 검증 이벤트 항목 예제

III. 결론

본 논문에서는 수출용 고속전철 시스템의 요구사항 검증을 위해 시스템 엔지니어링 프로세스, 방법, 도구를 활용하여 요구사항 검증 시스템을 구축하는 방안에 대해 제시하였다. 수출 대상국의 요구사항에 따라서 검증을 위한 내용도 달라져야 한다. 따라서 시스템 요구사항과 검증 요구사항은 추적성을 갖고 있어야 하며, 검증 요구사항을 만족 하게끔 검증 이벤트, 검증 책임조직, 시험 형상, 시험절차 또한 추적성을 확보해야 한다. 결국 이러한 형태는 고속전철 시스템의 개발 규격서인 SSS와 시험 및 검증 계획서인 TEP 사이의 추적성 확보 라고 할 수 있다.

본 연구를 통하여 수출용 고속전철 시스템 개발에 기여하는 바는 다음과 같다.

- 국제 시스템 시험 및 평가 계획 표준들을 분석하여 고속전철 시스템의 시험 및 평가 계획서 체계 수립
- 시스템 시험 및 평가 프로세스의 활동을 체계화하는 시스템 시험 및 평가 계획 스키마 개발
- 통합제품팀(IPT)의 시스템엔지니어링 시험 및 평가

계획 활동에 필요한 시험 및 평가 계획 템플릿 개발
- 시스템엔지니어링 도구(CORE)를 활용한 시스템 시험 및 평가 계획 데이터 모델 체계화

시스템 요구사항 변화에 따른 검증 요구사항의 대응적 변화를 신속하고 용이하게 하기 위한 요구사항 검증 시스템 개발은 효과적인 시스템 검증 및 시스템 안정성과 신뢰성 확보라는 목표를 달성할 수 있도록 한다. 더불어 체계적인 요구사항 검증 시스템 개발은 시스템을 시험하고 검증하는데 사용될 비용과 시간을 절약할 수 있도록 한다. 시스템 엔지니어링을 적용한 요구사항 검증 체계 개발은 고속전철 개발 국가로써 보다 향상된 검증 요구사항 관리와 구축을 위한 기반이 될 것이다.

참고문헌

- [1] James N. Martin, "Overview of the EIA 632 Standard: Processes for Engineering a System", Proceedings of the Eighth Annual International Symposium, INCOSE, p157-166, 1998.
- [2] Richard Stevens. "Systems Engineering", Coping whit Complexity , Redwood Books, Trowbridge, Wiltshire., p. 113-118, 1998.
- [3] 장재덕. 시스템 엔지니어링 프로세스를 적용한 한국형 속도향상 킬링 열차 시스템의 시험 및 평가 기술 개발, " 한국철도학회 심포지엄, 2003.
- [4] Electronic Industries Alliance (EIA), Process for Engineering a System (EIA-632), EIA Press, Arlington, p34-39, 1999.