

## 경량전철사업 시스템엔지니어링 전산모델 검증에 관한 연구

한석윤\*, 김주욱, 최명성  
한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

### A Study on the Systems Engineering based Verification of a Systems Engineering Application Model for a LRT Project

Seok-Youn Han\*, Joo-Uk Kim, Myung-Sung Choi

Metropolitan Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute

**요약** 경량전철시스템의 건설은 노선당 수천억 원에서 조 단위의 건설비가 소요되는 대형 복합인프라 사업으로, 건설된 시스템은 장기간 운영되기 때문에 생명주기관점에서 사업을 추진하는 것이 매우 중요하다. 시스템엔지니어링은 고객의 요구를 성공적으로 구현하는 수단 및 방법론으로 경량전철사업과 같은 대형 사업에 매우 유용하다. 이러한 시스템엔지니어링 접근법을 경량전철사업에 적용하기 위해 개발된 전산모델 SELRT(Systems Engineering application model for Light Rail Transit project)가 현장에서 활용되기 위해서는 모델에 대한 검증이 필요하다. 시스템엔지니어링에서의 검증은 시스템요구사항을 만족하였음을 확인하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 시스템엔지니어링 방법론에 따라 검증 절차와 검증 아키텍처를 제시하고, 이에 따라 시스템요구사항을 식별하였다. 또한 시스템요구사항을 검증하기 위해 국제 표준규격 등 참조규격을 참고하여 검증요구사항 및 검증항목과 검증기준을 도출하였으며, 검증절차에 따라 SELRT를 시연하고 결과를 검증요구사항과 비교하였다. 그 결과 시스템요구사항과 검증요구사항의 추적성, 검증요구사항별 검증방법, 전산도구의 시연결과가 상호 연결되고, 최종요구사항이 SELRT에 명확히 구현되었음을 확인할 수 있어, 제안된 방법이 SELRT 검증에 유효하며, SELRT도 경량전철사업현장에서 활용될 수 있음이 확인되었다.

**Abstract** The construction of a light rail transit (LRT) system is a large and complex infrastructure project involving hundreds of billions of won in construction costs for a single route, and it is very important to carry out such a project from a life-cycle perspective because of its long-term operation. Systems engineering is a means and methodology to successfully implement customers' needs, and it is useful in large projects such as light rail transit. An application model called Systems Engineering for Light Rail Transit (SELRT) was developed to support systems engineering activities in light rail transit projects. In order to utilize SELRT, it is necessary to ensure that system requirements are met. As such, in this paper, we present a verification procedure and architecture based on a systems engineering-based methodology, thereby identifying the system requirements and deriving the verification requirements to confirm the SELRT model for the proposed method. The results show that the traceability of the system requirements and verification requirements, the verification method for each requirement, and the demonstration results for computerized tools are mutually connected, and that the initial requirements are clearly implemented in the SELRT. The proposed method is valid for verifying the SELRT, which can also be utilized in a LRT project.

**Keywords** : Computational model verification architecture, Computational model verification procedure, SELRT (Systems Engineering application model for Light Rail Transit project), Technical processes in systems engineering, Verification requirement

---

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

\*Corresponding Author : Seok-Youn Han(KRRI)

Tel: +82-31-460-5701 email: syhan@krii.re.kr

Received April 7, 2016

Accepted July 7, 2016

Revised (1st May 26, 2016, 2nd June 23, 2016)

Published July 31, 2016

## 1. 서론

경량전철 시스템은 차량, 신호, 전력 및 선로 시스템의 유기적 상호작용을 통해서 임무를 수행하는 대형 복합시스템(complex system)으로 다음의 특징을 가진다. 먼저, 이 시스템은 수천억 원에서 조 단위에 이르는 건설 비용은 물론 운용, 유지보수 및 폐기에 이르기 까지 막대한 생명주기 비용을 필요로 한다. 또한 이 시스템이 배치되는 지역사회경제 시스템에 큰 영향을 주기 때문에 많은 직간접적인 이해관계자들을 가지는 것을 특징으로 한다. 따라서 시스템 공급자는 개발 시 생명주기적 관점에서 접근해야 함은 물론, 각 이해관계자의 핵심적 요구사항을 식별 및 적용하여야 한다[1,2].

시스템 엔지니어링 방법론은 사용 용어, 프로세스, 활동과 과업, 그리고 산출물의 명확한 정의를 제공함으로써 시스템 생명주기에 관련된 이해관계자들 간의 원활한 의사소통 수단과 수행방법으로 적합하여, 경량전철사업과 같은 대형 사업에 효과적이라 판단된다.

이런 시스템엔지니어링 접근법을 경량전철 사업에 효율적으로 적용할 수 있도록 Han et al.은 경량전철사업 시스템엔지니어링 전산모델(SELRT, Systems Engineering application model for Light Rail Transit project)을 제안하였다[1]. 전산모델은 시스템엔지니어링관련 표준 KS X ISO/IEC 15288[3]의 기술프로세스를 구현할 수 있도록 ERA 구조 ‘① Element - ② Attribute - ③ Relationship’로 되어 있고, 프로세스 산출물은 문서 양식에 맞게 전산도구 상에서 출력할 수 있다.

SELRT가 현장에서 활용되기 위해서는 모델이 당초 의도한 바에 따라 올바르게 개발되었는지 검증하여야 한다. 표준규격 KS X ISO/IEC 15288[3]에서 검증(verification)은 ‘명시된 요구사항(specified requirements)을 만족하는지 확인하는 활동’으로 정의하고 있으며, Martin[4]은 ‘검증이란 구체화된 기술 요구사항을 만족하는지에 대한 확인과 제품 간에 인터페이스들을 적절하게 통합하였는가에 대한 보증’이라고 언급하고 있다. 본 논문에서 검증은 "SELRT에 대한 시스템 요구사항이 만족하는지를 확인하는 것"으로 정의한다.

검증에 있어서 시스템엔지니어링 적용 방법은 고객의 요구와 시스템요구사항을 확인하고 이를 기반으로 검증요구사항을 도출하며, 검증요구사항에 따라 개발된 모델을 확인하는 체계적인 활동이다.

따라서, 본 논문은 시스템엔지니어링 방법에 따라 SELRT를 검증하기 위한 방안을 제안하고, 제안된 방법에 따라 검증을 수행하며, 요구사항 만족여부를 증거(evidence)와 함께 제시한다. 시스템 요구사항과 상기 요구사항에 대한 검증요구사항을 도출하기 위하여 시스템 엔지니어링 표준 KS X ISO/IEC 15288[3], 정보기술-소프트웨어 제품 품질 관련 표준 KS X ISO/IEC 9126-1[5]과 공급자의 시스템 개발 프로세스 능력 성숙도를 평가하기 위한 모델 CMMI for dev.[6]을 참고하였다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에서는 연구의 필요성과 검증의 정의를 서술하고, 2장에서는 선행연구 및 연구목표를 기술하여 문제정의를 서술하였다. 3장에서는 시스템엔지니어링 전산모델 SELRT의 구조를 설명하고, 전산모델을 검증하기 위한 방안 및 절차를 제시하며, 그에 따라 시스템요구사항 식별 후 검증요구사항을 도출하였고, 도출한 검증요구사항을 검증하기 위한 전산모델 구현절차를 제시하였다. 4장에서는 제시된 절차에 따라 검증을 수행하고 그 결과를 고찰하였으며, 마지막으로 5장에서는 본 연구 결과를 정리하고 요약하였다.

## 2. 문제의 정의

### 2.1 선행연구의 고찰

전산모델 검증은 소프트웨어 자체를 개발한 경우와 상용 전산도구를 활용하여 모델을 구축한 경우에 따라 접근 방법이 다르다. 선행연구 조사결과, 개발한 소프트웨어에 대한 검증 관련 연구는 다음과 같은 사례가 있다. Park and Choi[7]는 소프트웨어 모델 검증을 정형명세 기반, 코드기반으로 구분하여, 소프트웨어를 검증하는 도구로 Spin, NuSMV를 이용하는 방안을 제시하였다. Kum et al[8]은 AUTOSAR와 모델기반 기법을 적용한 차량 임베디드 시스템의 소프트웨어 검증을 위해 테스트 케이스 생성, 테스트 실행, 결과분석의 3단계로 나누고 MILS, SILS, ECU등의 기법을 활용한 Simulation을 통하여 검증하였다.

그러나 상기 선행연구는 개발한 소프트웨어 모델을 검증하기 위한 방법으로 검증된 상용전산도구를 사용하여 구현한 시스템엔지니어링 전산모델 검증에는 적합하지 않다.

Park and Yang[9]은 오픈소스(open source software)의 품질수준 평가방법으로 ISO/IEC 9126의 주특성에

맞추어 부특성 26가지를 구축하고, 구축된 모델을 통해 오픈소스 2종을 선정하여 평가한 사례를 제시하였다. 그러나 본 연구는 이미 만들어진 오픈소스에 대한 품질을 평가하는 모델로서 구축한 전산모델이 당초 요구사항과 일치하는 것인가를 판단하는 검증과는 차이가 있다.

J. W. Seo et al[12]은 소프트웨어의 제품의 질을 향상시키기 위해 UML 표현의 문제점인 의미 일관성 표현의 한계를 극복하기 위한 모델을 제안하고 검증방법으로 일관성 검사 방법을 제안하였다.

C. J. Lim[13]은 소프트웨어 요구사항의 품질을 향상하기 위한 검증프로세스로 외적뷰(external view)와 내적뷰(internal view)의 서로 다른 관점에서 설계하고 이를 비교 검증하였다.

그러나 상기 선행연구는 소프트웨어 자체의 일관성을 다루거나[12], 요구사항 품질향상을 위한 검증관련 사항만 다루고 있어서[13], 요구사항에 따라 전산모델이 구현이 가능한가를 검증하는 것과는 차이가 있다.

반면에 두 번째 경우인 상용 전산도구를 활용하여 모델을 구축한 경우에 대한 검증 관련 Han et al[10]이 제안한 방법은 모델을 검증하기 위해서는 검증기준 및 검증항목을 사전에 정한 후, 전산모델을 프로세스에 따라 시연하고 그 결과를 당초에 정한 기준과 비교할 경우 검증이 가능하다는 방향을 제시한 바가 있다. 그러나 상기 연구는 모델검증을 위한 시스템요구사항 식별 및 검증요구사항 도출과정 없이 직관적인 판단에 의해 검증 항목으로 활용성과 프로세스 구현성을 제시하여, 국내사업에 전산모델을 적용하기 위한 검증으로서 그 일부만 제시한 한계를 가진다.

## 2.2 시스템엔지니어링 방법론에 기반한 전산모델의 검증 필요성

선행연구에서 분석한 한계점을 극복하기 위해서는 전산모델이 최초의 요구사항에 따라 올바르게 개발되었는지 검증하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 먼저 최초요구사항이 식별되어야 하고, 이에 따라 체계적인 검증활동을 진행하여야 한다. 본 연구에서는 이러한 방법으로 시스템엔지니어링 기법을 적용하고자 한다.

시스템엔지니어링은 고객의 요구를 분해 및 정의하고, 이를 기반으로 해법을 도출 및 통합하는 엔지니어링 활동으로 각 세부 프로세스 단계를 거치면서 전단계(previous stage)와 부합성을 지속적으로 확인하는 과정을 가진다. 또한 구현된 시스템은 요구사항과의 부합여

부를 검증하는 프로세스를 통해 목표달성여부를 확인하게 된다. Fig. 1은 이러한 시스템엔지니어링 기술프로세스의 전형적인 브이모델로서 구현된 전산모델이 당초 요구사항 만족여부를 체계적으로 확인함을 알 수 있다. 따라서 SELRT가 요구사항을 만족하여 구현되는지를 확인하기 위해서는 선행연구[9]에서 제시된 기준을 시스템엔지니어링 방법론 기반으로 더욱 구체화하고 이를 기반으로 모델을 실제로 시연하여 확인하는 것이 필요하다.

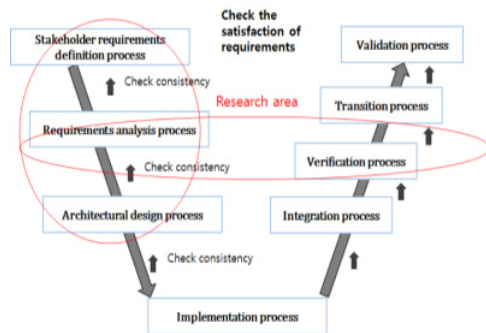


Fig. 1. The study area from the perspective of design Vee model

## 2.3 연구목표 및 범위

본 연구의 목적은 경량전철사업에 시스템엔지니어링을 적용하기 위해 개발한 전산모델(SELRT)을 검증하는 방법을 제안하고, 제안한 방법이 SELRT검증에 적용가능하다는 것을 입증하는 것이다. 검증을 위한 방법론으로 시스템엔지니어링을 기반으로 한다. 이에 따라 검증을 위한 아키텍처 구조를 생성하여, 검증과 관련된 요소들 간의 관계를 명확히 하고, 검증절차를 제안하여, 검증과정의 명료성을 확보한다. 제안한 절차에 따라 전산모델을 시연한 결과를 제시하고 검증요구사항과 비교함으로써 당초 목표를 달성하였음을 보여, 제안한 방법이 SELRT 검증에 적합하며, SELRT도 경량전철사업 현장에서 활용이 가능함을 제시한다.

## 3. 시스템엔지니어링 프로세스에 따른 검증 방안

### 3.1 경량전철사업에 시스템엔지니어링을 적용하기 위한 전산모델 SELRT 구조

SELRT는 시스템엔지니어링을 적용하기 위하여 시스

템엔지니어링 표준 KS X ISO/IEC15288의 기술프로세스(technical process)를 적용 하였으며, 전산도구는 미국 Vitech사의 CORE를 통해 구현하였다. 세부프로세스는 시스템 생명주기에 따른 11개의 기술프로세스와 각 프로세스의 활동 및 태스크들로 구성되어 있다. 그리고 각 프로세스의 결과로써 발생하는 산출물(outputs)들은 동일 저장소(data repository)에 저장되어, 자료 간 추적성 및 재활용성이 높게 설계되어 있다. 또한 SELRT는 프로세스 입·출력물에 대한 작성 템플릿과 작성사례들을 포함하고 있어 경량전철사업의 특성에 맞게 조정하여 적용할 수 있으며, 생성한 출력물은 각 문서의 서식에 맞게 자동 출력이 가능하다[1].

### 3.2 시스템엔지니어링 프로세스에 따른 검증 절차

3.1절에서 기술한 경량전철사업 시스템엔지니어링 전산모델(SELRT)을 검증하기 위해 본 연구에서 제안하는 절차는 Fig. 2와 같다. 먼저 SELRT 개발 목적에 따른 시스템요구사항을 식별하고, 시스템요구사항을 SELRT가 만족하였는지 검증하기 위해, 각 시스템 요구사항 별로 검증요구사항을 도출한다. 마지막으로 SELRT가 검증요구사항을 만족하였는지 판단하기 위해 SELRT를 구현 절차에 따라 구현하고 결과를 확인한다. 이러한 검증 절차는 KS X ISO/IEC 15288[3] 뿐만 아니라 전반적인 시스템 엔지니어링 방법론을 기반으로 전산모델 검증에 적합하게 구체화하였으며, 전산모델의 특성을 반영하기 위하여 검증 기준 및 검증 요구사항을 CMMI for dev.(Team, C. P.)(6)와 KS X ISO/IEC 9126-1[5]를 활용하였다. 검증방법으로는 국제시스템엔지니어링협회 INCOSE)의 Systems Engineering Handbook ver.3.2(2010)에서 제시하는 검사(inspection) 및 시연(demonstration)으로 검증한다[11].

또한 이러한 검증 절차를 수행하기 위한 검증 아키텍처는 Fig. 3과 같다. 즉 이해관계자의 요구(needs)를 만족하기 위해 SELRT의 목표를 정하고, 이러한 목표를 달성하기 위한 시스템요구사항이 정의되며, 시스템 요구사항에 따라 SELRT가 구체화된다. 시스템요구사항은 검증요구사항에 따라 검증되며, 검증요구사항은 검증 이벤트(event)와 검증절차에 따라 검증된다. 이때 검증요구사항은 시스템요구사항을 기반으로 하여, 참조 규격들을 참고하여 도출한다.

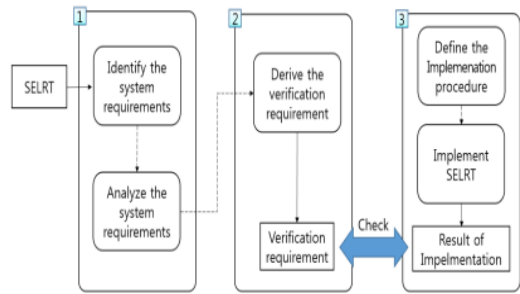


Fig. 2. Verification Procedure

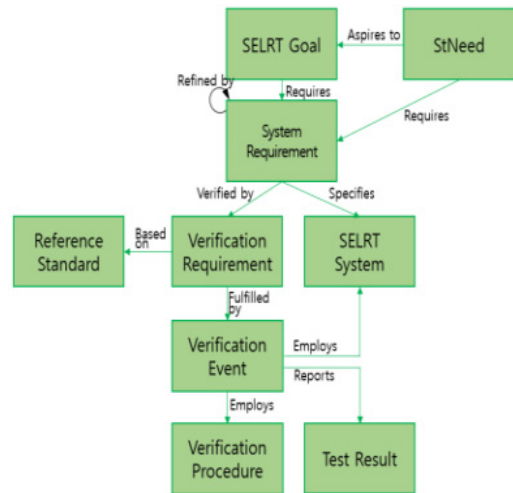


Fig. 3. Verification architecture

### 3.3 시스템엔지니어링 프로세스에 따른 검증 모델 생성

#### 3.3.1 경량전철사업에 SELRT를 활용하기 위한 시스템 요구사항 식별

SELRT의 운영목표는 크게 3가지로 시스템엔지니어링 표준 등에 따른 기술프로세스 수행이 가능해야 하며, SELRT모델을 활용할 경우 기존의 경량전철사업에 비해 효율적이고 효과적이어야 한다. 이러한 목표에 부합하도록 선행연구의 결과[1]를 참고하여 운영목표로부터 15건의 시스템 요구사항을 식별하였다. Table 1에서 이해관계자요구사항 StR. 1 ‘시스템엔지니어링 프로세스는 표준규격의 기술프로세스에 따라 수행된다’에 따라 시스템요구사항 SR 1은 ‘SELRT의 스키마는 KS X ISO/IEC 15288 기술프로세스 출력물의 속성을 포함해야 한다.’로 식별된다.

Table 1. System requirements for SELRT

ID	Operational Objectives (Stakeholder Requirement)	ID	System Requirement
StR..1	The SE process according to the technical process of the international standard shall be carried out.	SR.1	Schema of SELRT shall include the output's attributes of technical process of KS X ISO/IEC 15288.
		SR.2	SELRT shall include visual model(views) and UI that need to technical process' activities of KS X ISO/IEC 15288.
		⋮	⋮
StR..3	When project take advantage of the developed model, its methods shall be more effective than conventional methods.	SR.1	SELRT shall include the issue classes and properties.
		5	

3.3.2 시스템요구사항을 검증하기 위한 검증요구 사항 도출

검증요구사항은 시스템요구사항을 확인하기 위한 요구사항이므로, 시스템요구사항과 추적성을 가진다. 세부 검증요구사항을 도출하기 위한 참조표준으로 생명주기관점의 시스템엔지니어링 표준 KS X ISO/IEC 15288[3]과 소프트웨어 제품의 품질 특성과 부특성을 정의한 표준 KS X ISO/IEC 9126-1[5], 시스템 개발조직의 능력성숙도 평가모델 CMMI for dev.(Team, C.

P.)[6]을 활용하여 기능성, 보안성, 효율성, 사용성, 이식성, 추적성, 부합성, 변경관리, 위험 및 이슈관리 범주로 구분하며, 시스템요구사항으로부터 15건의 검증요구사항을 생성하였다. 생성한 결과는 Table 2에서 시스템요구사항과 검증요구사항과의 추적성 및 검증 방법과 검증요구사항 도출 시 참조하였던 규격과의 연관성을 함께 표시하였다. 예를 들면, 시스템요구사항 SR.1은 검증요구사항 VR.1에 연결되고, 검증방법은 시연에 의한 방법으로 확인하며, 검증요구사항 도출시의 참조 규격은 KS X ISO/IEC 15288 인 것을 나타낸다.

3.3.3 검증요구사항에 따라 SELRT를 검증하기 위한 전산모델 구현절차

SELRT가 검증요구사항을 만족하는지 확인하기 위한 전산모델의 구현 순서는 Fig. 4와 같다. 즉 기술프로세스의 이해관계자 요구사항 정의프로세스를 구현하기 위해 원천문서 및 이해관계자 요구(needs)를 식별하고, 이를 시스템요구사항으로 변환하며, 기능 및 물리적 아키텍처로 구현한다. 프로세스를 구현한 출력물인 문서는 정해진 서식에 따라 자동출력 한다.

본 논문에서는 모델 구현을 위해 고무차륜형식 경량전철시스템을 채택한 국내 ○○경량전철사업의 공고사양자료 일부를 입력하였다.

Fig. 4는 공고사양으로부터 경량전철시스템에 대한 시스템 요구사항을 도출하고 UseCase를 작성하여 요구사항을 정의 및 분석하는 과정을 보여준다.

Table 2. Verification method and some example of verification requirements

System Requirements		Verification Requirements			Reference Standard		
Req'ts Categories	ID	ID	Verification Method	Description	CMMI For Dev	KS X ISO/IEC 15288	KS X ISO/IEC 9126-1
Functionality	SR.1	VR.1	Visual inspection	Check whether missing process activities, entity, attribute, relationship within model schema.		Technical process & activities	
	SR.2	VR.2	Visual inspection	It shall meet all of the criteria below. 1) Check whether providing diagram that is needed for process activity. 2) Check whether providing graphic UI function.	GP2.2 Establish and maintain the plan for performing the process	Technical process & outputs	
⋮							
Risk & Issue Management	SR.15	VR.15	Visual inspection	Check whether including Issue class and attribute.		Project process (risk management process)	S/W quality characteristics-Maintainability

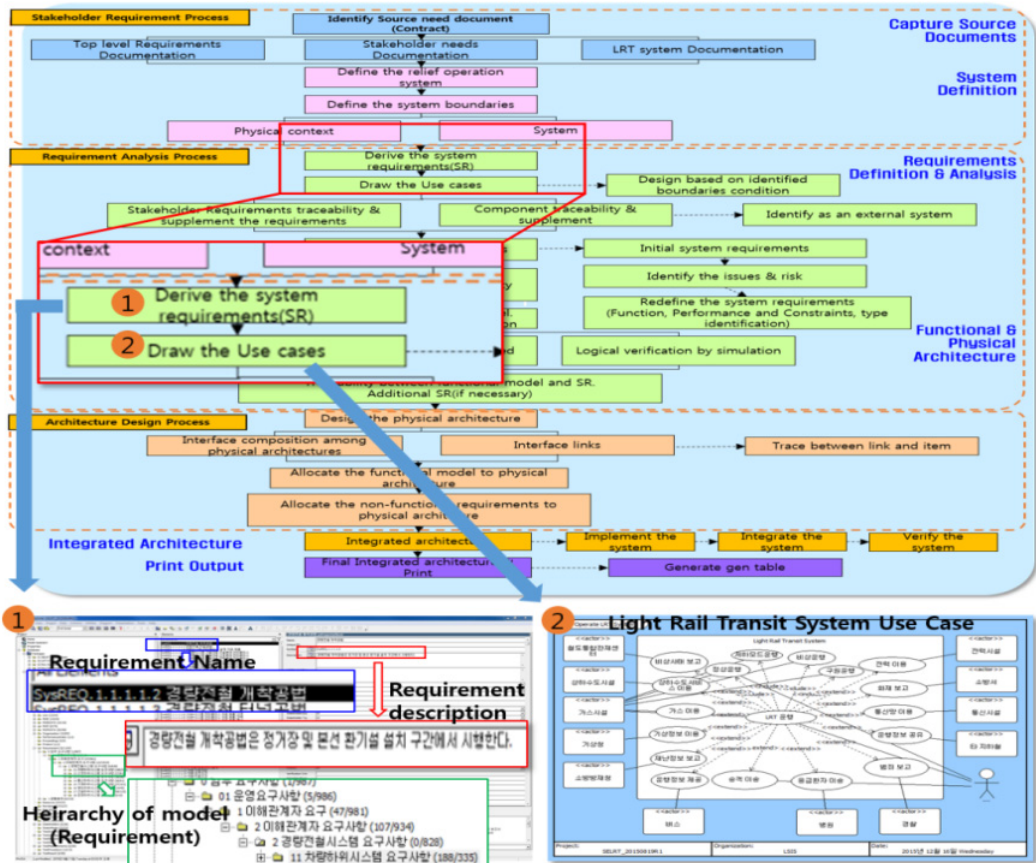


Fig. 4. Implementation procedure for SELRT

#### 4. 검증절차에 따른 SELRT 검증 결과 및 고찰

3장에서 정의한 검증 방안 및 절차와 SELRT 모델 구현절차에 따라 시연한 결과를 비교하여 Table 3에 기술하고, 검증결과의 증거(evidence)로 컴퓨터 화면을 캡처하여 제시하였다. Table 3에서 첫 번째의 요구사항의 범주인 기능성(functionality)에는 2개의 검증 요구사항 VR.1과 VR.2가 있으며, VR.1에 대하여 해당 검증 요구사항의 검증 방법인 Visual inspection으로 확인한 결과 Table 3의 Fig. 5에서 제시한 바와 같이 ERA 구조 ‘① Element - ② Attribute - ③ Relationship’로 되어 있고, 스키마 구조의 Function부분이 ③ Relationship에서 하부Function에 대하여 Decompose 관계를 가지는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 검증 결과는 모델은 ERA구조를 가지며, 스키마에 따라 구현되므로, 검증요구사항

VR.1을 만족한다. 또한 Table 2에서 표시한 것처럼 VR.1은 SR.1을 검증하기 위한 검증요구사항이므로 모델은 SR.1 요구사항을 만족한다.

Table 3. Verification Results and Evidence

Req's Categories	Verification Requirements & Verification Results	Captured screen for evidence
Functionality	VR.1 SELRT has ERA structure within schema and process is implemented as schema.	Fig. 5
	VR.2 SELRT represents diagrams on activity, structure, requirement and offers UI such as Fig. 6.	Fig. 6
⋮		
Risk & Issue Management	VR.1 5 SELRT includes issue class, attribute such as Fig. 7.	Fig. 7



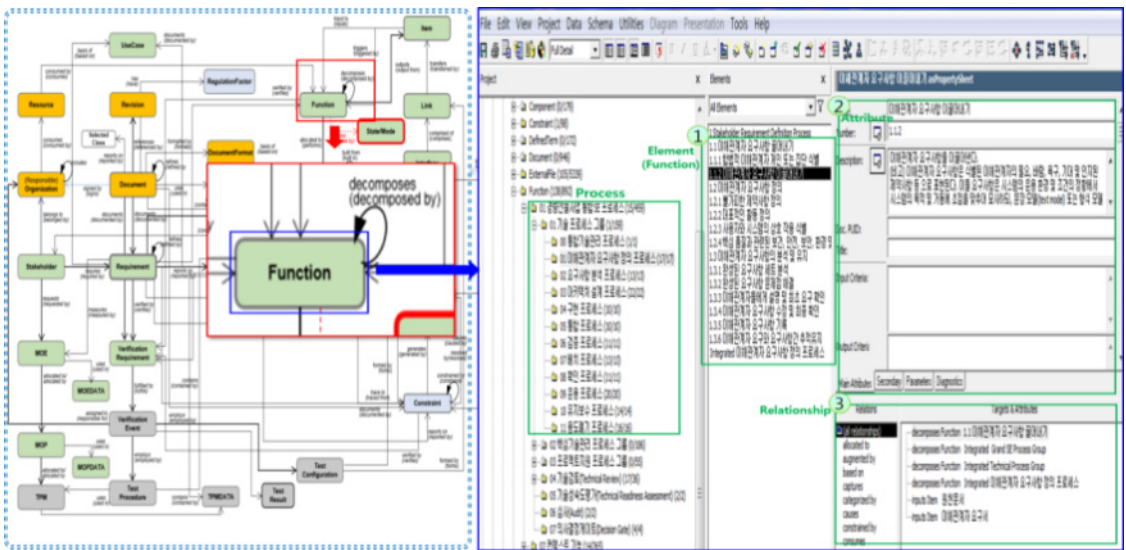


Fig. 5. ERA Structure & Process Activity

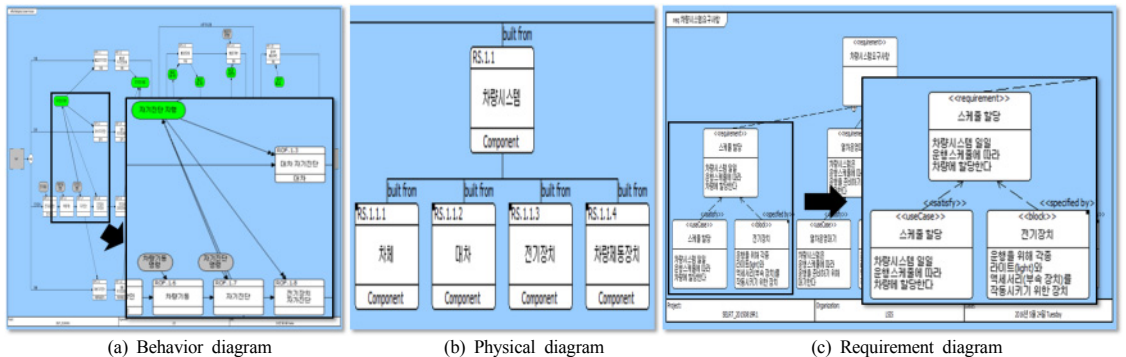


Fig. 6. Possible representation Diagram

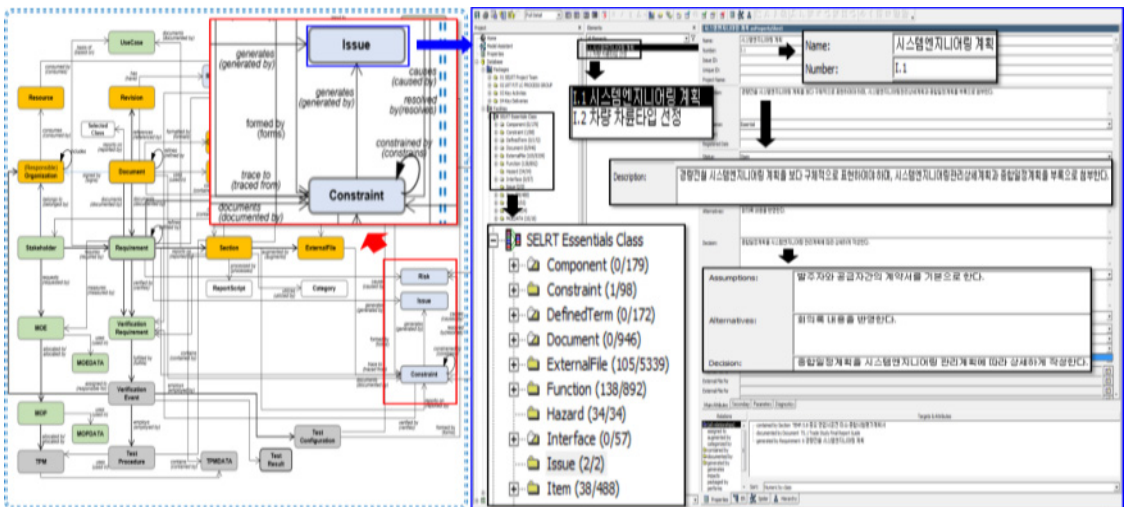


Fig. 7. Issue Class & Issue Attribute

VR.2는 VR.1과 마찬가지로 Visual inspection으로 검증하였고 Table 3의 Fig. 6에서 제시한 바와 같이 각 거동과 구조적 다이어그램뿐만 아니라 요구사항 다이어그램을 그릴 수 있도록 해당 기능을 제공하고 있으며, Diagram palette를 제공하여 GUI를 통한 다이어그램을 쉽게 그릴 수 있게 되어있다. 전산모델이 표현할 수 있는 거동 다이어그램으로는 FFBD (Function Flow Block Diagram), EFFBD (Enhanced Function Flow Block Diagram), Activity Diagram 등을 지원하고 구조적 다이어그램으로는 Structural Hierarchy Diagram, Block Definition Diagram, Internal Block Diagram 등을 지원하며, 요구사항 다이어그램은 Requirement Diagram을 지원하여 각각의 추적성을 계층 다이어그램으로 나타낼 수 있다.

VR.15는 위험과 이슈 관리(Risk & Issue Management)와 관련된 사항으로, Table 3의 Fig. 7과 같이 위험에 대한 이슈 사항들을 관리할 수 있도록 스키마에 따라 클래스 생성 및 엘리먼트 속성을 정의할 수 있는 구조로 되어 있어, 경량전철사업에서 발생하는 위험 및 이슈 사항들을 정리할 수 있다. 따라서 검증요구사항 VR.2를 만족한다.

## 5. 결론

경량전철사업의 시스템엔지니어링은 발주자의 요구사항을 주어진 비용, 일정 및 리스크 범위 내에서 성공적으로 구현 및 인도하기 위한 엔지니어링 활동이다. 시스템엔지니어링 전산모델 SELRT는 시스템 생명주기관점에서 시스템엔지니어링을 경량전철사업에 체계적으로 적용할 수 있도록 국제 표준기반의 프로세스 수행과 산출물을 생성할 수 있도록 지원한다. 이와 같은 목적으로 개발된 모델이 현장에서 활용되기 위해서는 개발목적에 부합하게 개발되었는지 검증 되어야 한다.

본 논문에서는 전산모델인 SELRT를 검증하기 위해서 먼저 선행연구를 분석하여 전산모델에 대한 검증을 정의하였다. 그리고 이를 수행하기 위하여 시스템엔지니어링 방법론에 따라 검증 절차와 아키텍처를 제시하고, 그에 따라 시스템요구사항을 식별하였으며, 시스템요구사항을 검증하기 위해 국제 표준규격 등 참조규격을 참고하여 검증요구사항 및 검증항목과 검증기준을 도출하였다.

제안한 검증 절차 및 아키텍처를 확인하기 위해 전산도구를 시연하여, 그 결과를 검증기준과 비교하였다.

전산도구 시연 결과 시스템요구사항과 검증요구사항이 상호 추적되고, 검증기준을 만족하여 SELRT 요구사항이 명확히 구현되었음을 확인할 수 있었다. 따라서 SELRT가 경량전철사업현장에서 활용성이 높을 것으로 판단된다. 또한 시스템엔지니어링 방법론에 기반한 검증 방법이 제품에 대한 최초 요구사항으로부터 검증결과에 이르기까지 일관성과 추적성을 확보하게 하여, 제품이 당초 의도한 바에 따라 올바르게 개발되었음을 명확하게 확인할 수 있게 함을 알 수 있다.

## References

- [1] S. Y. Han, J. U. Kim, Y. C. Choi, "A Study on the Development of Systems Engineering Application Model for LRT Based on MBSE," Journal of the Korea Society of Systems Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 9-19, 2012.
- [2] S. Y. Han, J. U. Kim, J. H. Baek, "A study on the Systems Engineering Process for effectively carrying out LRT project," Trans. of the KSME(C), Vol. 1, No. 1, pp. 139-145, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/ksme-c.2013.1.1.139>
- [3] KS X ISO/IEC 15288, "Systems and software engineering-System life cycle process," 2009.
- [4] Martin JS, Systems Engineering Guidebook: A Process for Developing Systems and Products, Crc press, 1996.
- [5] KS X ISO/IEC 9126-1 "Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model," 2011.
- [6] Team S. C. P., CMMI For Development v1.3, Lulu.com, 2010.
- [7] M. G. Park, Y. J. Choi, "Model Checking Tools for Software Safety Verification," Communications of The Korea Information Scientists and Engineer, Vol. 32 No. 4, pp. 51-58, 2014.
- [8] D. H. Kum, J. K. Son, J. W. Son, M. J. Kim, "Automotive Embedded System Software Development and Validation with AUTOSAR and Model-based Approach," Journal of Control, Automation, and Systems Engineering Vol. 13, No. 12, pp. 1179-1185, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2007.13.12.1179>
- [9] J. B. Park, H. S. Yang, "Quality Evaluation Method of Open Source Software," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 5, pp. 2353-2359, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.5.2353>
- [10] S. Y. Han, J. U. Kim, Y. C. Choi, "A Study on the Verification of Systems Engineering Application Model for LRT Project," Trans. Korean Soc. Mech. Eng, pp. 113, 2015.
- [11] INCOSE, "INCOSE Systems Engineering Handbook



Ver.3.2,” p.123-129, 2010.

- [12] J. W. Seo, Y. T. Kim, H. T. Kong, J. H. Lim and C. S. Kim, “A Method based on Ontology for detecting errors in the Software Design,” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation society, Vol. 10, No. 10, pp. 2676-2683, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.10.2676>
- [13] C. J. Kim, “An Automated Verification Technique for Enhancing Quality of Requirement,” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 9, pp. 4207-4213, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.4207>

**한 석 윤(Seok Youn-Han)**

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 기계공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 성균관대학교 산업공학과(공학박사)
- 1996년 7월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시철도시스템연구실 수석연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 신뢰성 분석, 도시철도 시스템 설계

**김 주 욱(Joo-Uk Kim)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 2011년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학석사)
- 2016년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 선임연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 안전 및 신뢰성, 아키텍처 프레임워크

**최 명 성(Myung-Sung Choi)**

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국철도대학교 철도경영정보학과 (전문학사)
- 2013년 8월 : 국가평생교육진흥원 경영학과 (학사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 석사과정
- 2013년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 학생연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 도시철도 시스템 설계