

# 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB 구축에 관한 연구

심상현\* · 이재천\* · 박찬우\*\*

\*아주대학교 시스템공학과 · \*\*한국철도기술연구원

## On the Construction of Requirements DB to Improve the Work Environment of Locomotive Cabs

Sang-Hyun Sim\* · Jae-Chon Lee\* · Chan-Woo Park\*\*

\*Dept. of Systems Engineering, Ajou University · \*\*Korea Railroad Research Institute

### Abstract

The work environment of locomotive cabs has long been an important issue in the design of railroad systems since it is quite critical in terms of system's operational safety. It is getting more attention as the running speed of the trains goes up these days. To this end, this paper describes how to systematically construct a DB for the requirements set in the course of the improvement process for the aforementioned cab work environment. As a solution approach, we have adopted the requirement architecture concept to cover the whole activities required to do such as in requirements generation, DB construction, change management, and traceability management. Specifically, based on the requirement architecture framework a requirement process to collect requirements for improvement is discussed, and the guide lines are suggested for verification and validation of the developed requirements. In addition, a base schema and requirements templates are developed, which will be used in generating requirements and constructing a DB. Finally, it is demonstrated how the requirements DB for locomotive cabs can be constructed using a computer-aided tool in an integrated fashion.

**Keywords** : Requirements, Requirements Process, Requirements Architecture, Systems Engineering, Locomotive Cabs, Requirement Generation Template

### 1. 서론

최근 고속철도의 등장은 철도산업의 비약적 발전과 더불어 지역생산 증대효과와 전국주요도시간의 밀접한 생활권확대와 국가경제 발전에 기여하고 있다[1]. 또한 이에 따라 여객 및 물류 수송의 대량화 및 고속화와 함께 고속철도가 편리한 대중교통수단으로 부각되고 있다. 하지만 최근에 발생한 'KTX-산천'의 잇따른 사고(2011) 소식과 중국 고속철도 인명피해 소식(2011)

등에 따라 철도안전에 대한 국민적 인식 및 관심이 지속적으로 증가하고 있다.

정부에서 'KTX 안전강화대책' (2011.04.13)의 일환으로 철도안전법 전부개정안을 마련함에 따라 시스템 개발 단계부터 안전을 고려하여 근본적인 철도안전관리 개선이 필요함을 인식하게 되었다고 볼 수 있을 것이다.

철도차량 운전실에 대하여 임제은(2008) 등은 철도차량 운전실의 제어대 설계 개선에 대한 연구의 필요성과 최은미(2008) 등에 의한 철도차량의 안전운행을 책임질

† 교신저자: 이재천, 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지 아주대학교 시스템공학과

Tel: 031-219-3941, E-mail: jaelee@ajou.ac.kr

2011년 10월 20일 접수; 2011년 12월 22일 수정본 접수; 2011년 12월 23일 게재확정

기관사의 작업공간인 운전실에서의 승차감 개선의 필요에 대해서 말하였다[2][3]. 그리고 철도차량 무인운전에 대하여 신뢰성이 확보되지 않았고, 2인 승무에서 1인 승무로 근무환경이 점차 변화함에 따라 아직까지는 철도차량 기관사에 역량이 의지해야한다.

철도 운전 사고는 사고의 진행이 급속하고 규모와 피해가 상대적으로 매우 크기 때문에 철도 안전운행의 일차적 책임을 가진 기관사들의 역할 및 책임이 중요하며, 그들의 인적 요소를 고려한 철도차량 운전실 작업환경의 개선이 필요하다[3]. 따라서 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 철도차량 운전실 작업환경의 문제점을 반영하는 요구사항을 생성하고 관리하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 방법으로 요구사항 아키텍처를 제시한다. 요구사항 아키텍처는 철도차량 운전실의 작업환경에 영향을 미치는 복잡한 관계들을 보다 쉽게 이해하고, 각 관계들의 이해를 통해 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항들의 관리를 효과적으로 하기 위하여 정의한다. 이를 위해 철도차량 운전실의 작업환경을 고려한 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 요소 식별을 통한 요소들 간의 스키마(schema)를 개발한다. 또한 철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 기반으로 시스템공학 전산 지원도구를 통한 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB 구축을 위한 접근을 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에서는 본 연구의 사회 및 연구 동향과 필요성을 제시하였고, 본문에서는 관련 자료 분석과 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처에 대해 기술하고 이를 전산지원 도구를 통한 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB를 구축한 내용을 기술, 결론에서는 본 논문의 결과를 정리 및 요약하였다.

## 2. 이론적 배경

철도 시스템을 포함한 현재의 시스템은 전기, 전자, 기계, 소프트웨어 등 다양한 분야의 정보와 지식을 망라하여 만들어진다. 이에 따라 관련 정보 역시 늘어나고 있으며, 이 모든 정보를 제어하여 시스템을 개발할 수 있는 엔지니어보다는 각 전문 분야에 정통한 엔지니어들을 중시함에 따라 각 전문 분야 간에 소통이 원활하지 않게 되었다. 이는 여러 전문 분야가 융합되어 발생하는 시너지 효과의 이점을 바탕으로 현재의 복잡한 시스템을 성공적으로 개발하는데 있어 방해가 되었다.

시스템공학의 발생 토대는 이와 같은 시스템 복잡성의 해결을 하기 위해 방법으로서 생성되었다. 국제시스

템공학회(INCOSE)에서는 시스템공학의 정의를 “시스템의 성공적인 구현을 위한 다 학제간의 접근법이자 방법”이며, 시스템에 관련된 복잡한 문제들을 해결하기 위해 관련된 모든 이해관계자의 요건을 만족시키기 위한 다양한 분야 사이의 종합적인 접근법이라고 말하고 있다.

철도 시스템은 복잡성을 가진 시스템이며, 이러한 복잡성을 가진 시스템을 개발하는데 있어 시스템공학 기술의 적용은 필수불가결이다. 시스템공학 기술은 시스템의 수명주기를 고려한 총체적 접근으로서 시스템의 복잡성과 불확실성을 효과적으로 관리하여 시스템 개발을 성공시키는 기술을 말한다. 이러한 기술은 철도 시스템에서 철도차량 운전실의 작업환경을 개선하는데 있어 비용, 일정, 성능 및 기능 등의 논리성을 확인하고, 시행오류를 줄일 수 있도록 목적을 두고 있다.

요구사항은 시스템의 설계에서부터 검증 및 평가에 이르기까지 시스템 개발의 전 수명주기 상에서 영향을 미친다. 또한 사용자, 운영자 및 제작자 등 수많은 이해당사자의 요구와 시스템 개발 및 운영에 영향을 미치는 법령 등은 요구사항에 영향을 미치며, 이러한 요구사항은 설계에 있어 설계 사양 및 검증 기준에 영향을 미친다. 이렇듯 다양한 이해당사자들과 다양한 요소들 간의 상관관계를 고려한 요구사항의 관리를 통해 요소의 영향을 정확히 평가하고 파악함으로써 일관성 있는 관리를 적용함에 따라 신뢰성 및 안전성을 향상시킬 수 있다.

철도차량 운전실의 작업환경에서 인적 오류를 발생시킬 수 있는 요인을 파악하고 이를 개선할 수 있는 요구사항을 도출하여 설계에 반영해야 한다. Chambers 및 Manos(1992)는 요구사항을 최종설계의 속성이라고 말하고 있으며[4], 시스템공학 관련 표준 및 가이드에서는 요구사항의 중요성과, 요구사항 프로세스를 언급하고 있다[5][6]. 그러나 일반적인 요구사항 프로세스는 인간공학 요소를 상세 활동 요소 중에서 일부 활동으로만 고려한다. 다양한 경우를 고려해야 하는 표준의 특성상 인간공학과 같은 특수 영역에 적용하기에는 상세 활동에 대한 내용보다는 개념적인 표현이 많다.

## 3. 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 정의

### 3.1 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처의 정의

철도차량 운전실 요구사항 아키텍처를 정의하기에 앞서 요구사항과 아키텍처에 관하여 규정한다. 요구사항은 시스템이 어떻게 동작해야 하는지 또는 시스템의 특징이나 속성에 대한 설명으로, 시스템 개발에 대한

결정사항을 의미한다. 요구사항은 타당한 이해관계자들로부터 정확하게 파악되고 어떤 시스템을 개발하고자 하는지에 대해 분석되고 정의되어야 한다. 아키텍처는 시스템을 구성하는 하부 시스템들이 어떠한 관계를 맺어서 어떠한 거동을 수행함으로써 설계의도에 맞도록 일관된 구조를 형성하고 있는 것을 말한다. 즉, 목표하는 제약사항/원리/수행개념/임무거동에 대한 달성을 위해 하나의 유기체처럼 구성하고 있는 것을 뜻한다.

철도차량 운전실 요구사항 아키텍처는 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항이 어떠한 요소들과 관련이 있고, 어떠한 관계로 상호작용 하는지 그리고 어떠한 프로세스로 관리 및 변경되는지를 구조화하는 표현이라고 정의한다. 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 요소들은 아키텍처의 관심 범위인 철도차량 운전실의 작업환경으로 범위가 한정되어 있어야 하며, 일정한 법칙에 의거하여 일관되게 구조화되어야 한다.

### 3.2 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처의 효용성

철도차량 운전실 요구사항 아키텍처를 통해 설계 데이터의 일관성을 유지할 수 있음은 물론, 설계변동사항의 해석, 일관성 검사 그리고 효과성 분석 등에 사용함으로써 효과적이고 일관되게 시스템구현을 지원 및 관리할 수 있다.

또한 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처를 통하여 철도차량 운전실 설계에 참여하는 여러 이해당사자들의 의견이나 요구사항들의 반영과 새로운 철도차량 운전실에 대한 요구사항이나 변경 및 영향에 대한 분석 및 평가가 빠르게 진행되어 철도 안전 및 경제적 손실을 막을 수 있는 바탕이 될 것이다.

## 4. 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 개발

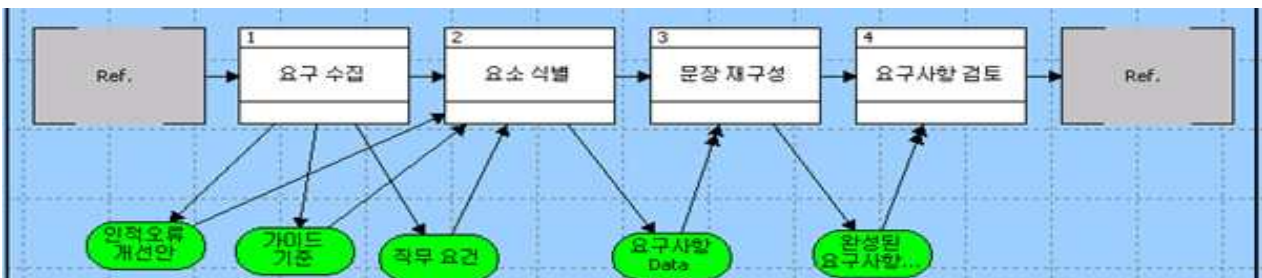
### 4.1 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 프로세스 개발

철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 개발에 앞서 철도차량 운전실에 관한 국내외 가이드 및 설문조사를 통한 자료 분석을 실시하였다. 자료 분석에 사용된 가이드는 영국 GM/RT 2161, UIC 651, 미국 CFR 49, 철도안전법이다. 이를 바탕으로 다음과 같은 단계로 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처를 개발한다.

- (1) 철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 설정
- (2) 철도차량 운전실 요구사항 프로세스 단계별로 목표로 하는 프로세스 산출물을 정의
- (3) 개발된 철도차량 운전실 요구사항 프로세스 수행 시 효율성과 효과성을 지원하는 시스템공학 전산지원도구를 통하여 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마를 개발
- (4) 스키마에 따라 철도차량 운전실 요구사항 DB를 구축

철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 프로세스 개발을 위해 시스템공학 표준 및 가이드에서 제시하는 요구사항 프로세스의 조정이 필요하다. 시스템공학 표준 및 가이드에서 제시하는 요구사항 프로세스는 인간공학 요소를 상세 활동 요소 중에서 일부 활동으로만 고려하기 때문에 불필요한 활동 요소에 대한 축소와 철도차량 운전실 인간공학 요건/기준에 대하여 특화된 인간공학 요소의 상세한 활동을 나타내기 위하여 요구사항 프로세스의 조정이 필요하다. 조정된 요구사항 프로세스는 EIA-632를 준수한다[6].

<그림 1>은 본 논문에서 제시하는 프로세스의 상위 수준의 표현으로 정의하였다. 철도차량 운전실 요구사항 프로세스는 각 단계마다 입력물, 산출물을 정의하였으며, 이는 기존 연구에서 상위 수준의 요구사항과 하위 수준의 요구사항 간의 추적성 확보가 부족하여 체계적으로 정리되지 않아 어려움을 겪었던 요구사항 분석 과정에 참여하는 사용자의 관점을 구조적으로 구분하는데 도움을 줄 것이다. 총 4단계의 활동으로 수행이 되고 각 활동의 설명은 다음과 같다.



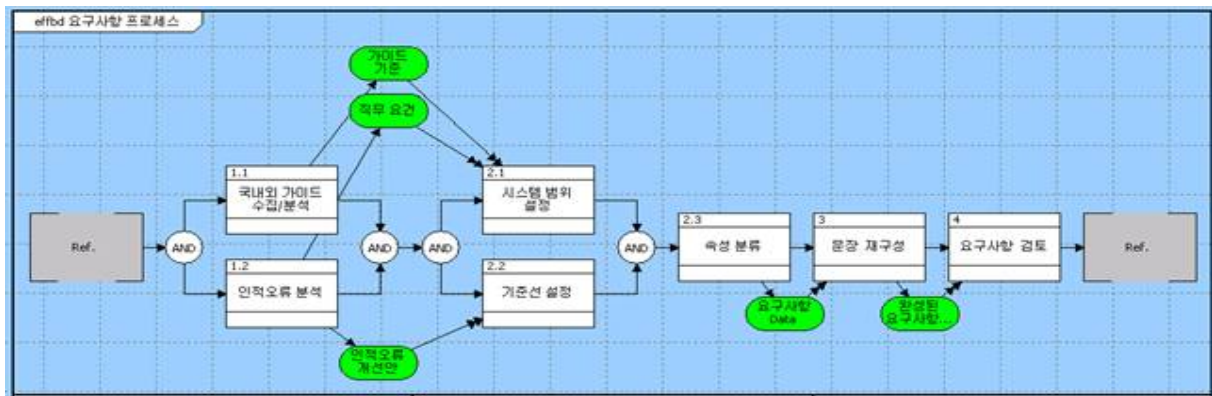
<그림 1> 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 상위 수준의 요구사항 프로세스

1) 요구 수집: 인간공학 및 안전과 관련된 요구사항은 가이드나 지침으로 규정되어 있는 요소가 많다. 따라서 본 철도차량 운전실 요구사항 프로세스의 출발점은 이러한 존재하는 철도차량 운전실 요구사항 요소들의 수집으로 시작한다. 또한 이와 병행하여 현재 발생하는 문제점들을 인적 오류 분석을 통하여 도출한다.

2) 요구사항 요소 식별: 본 활동에서는 수집된 철도차량 운전실 요구를 분석하는 활동이다. 본 활동에서 식별해야 하는 것들은 철도차량 운전실의 범위 및 철도차량 운전실의 요구사항 기준선 및 각 철도차량 운전실의 요구사항의 범주 등 INCOSE(1997)의 요구사항 프로젝트 팀에서 제안한 요구사항의 속성 중 가능한 것들이대[7].

3) 문장 재구성: 식별된 철도차량 운전실의 요소들을 사용하여 요구사항의 문장 형태를 구성한다. 설계에 반영하기 위한 요구사항은 기술적 문장으로 구성되어야 한다. 이러한 요구사항의 구조에 관한 연구는 Elizabeth hull(2004) 등에 의해 많이 이루어 졌대[8]. 본 연구에서는 이러한 선행연구를 바탕으로 <표 3>과 같은 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 생성 템플릿을 개발하였다. 초기 요구사항과 상세 요구사항이라는 2단계에 걸쳐 활용할 템플릿을 통해 정리된 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 문장을 쉽게 작성할 수 있도록 하였다.

4) 요구사항 검토: 작성된 요구사항의 타당성 및 유효성을 검토하는 활동이다. 검토 결과를 피드백하며 본 프로세스는 루프구조를 형성하게 된다.



<그림 2> 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 하위 수준의 요구사항 프로세스

하위 수준의 내용을 표현한 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 프로세스의 세부 모델은 <그림 2>와 같다. 기능모델 표현 방법 중 EFFBD(Enhanced Function Flow Diagram)을 통해 모델링 하였다. 이는 각 활동의 입출력 정보를 표현 할 수 있어 프로세스 확인에 용이하다.

앞선 상위 수준의 내용에서 구체적으로 국내외의 가이드 수집 및 분석과 인적오류 분석을 통한 요구 수집을 통하여 나온 가이드 기준, 직무요건, 인적오류 개선안을 도출하였다. 이러한 요구 수집 활동을 거친 출력물은 철도차량 운전실의 범위 및 기준선을 설정하는데 있어 요소 식별을 가능하게 해준다. 그리고 식별된 요소들의 속성을 명확하게 분류함으로써 정제된 요구사항을 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 생성 템플릿으로 작성한다. 이러한 활동을 거쳐 완성된 요구사항문장이 도출되며 최종적으로 요구사항 검토를 통하여 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 프로세스의 활동을 마치게 된다.

## 4.2 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항의 Verification & Validation

본 연구에서는 앞서 정의한 철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 통해 나온 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항을 검토하기 위하여 IEEE에서 제안하고 있는 소프트웨어 요구사항의 구조를 받아들여 가이드라인을 작성하고자 하였다. 먼저 IEEE(1998)에서는 소프트웨어 요구사항에 대한 평가 영역은 기존의 소프트웨어 요구사항의 기능적 요소와 비기능적 요소로 평가하던 것에서, 더욱 범용적인 요구사항의 평가를 위하여 좋은 요구사항이 가져야 하는 성질로 분류하였대[9]. 이러한 요소들에 대하여 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항의 Verification & Validation 단계의 가이드라인을 <표 1>과 같이 도출하였다.

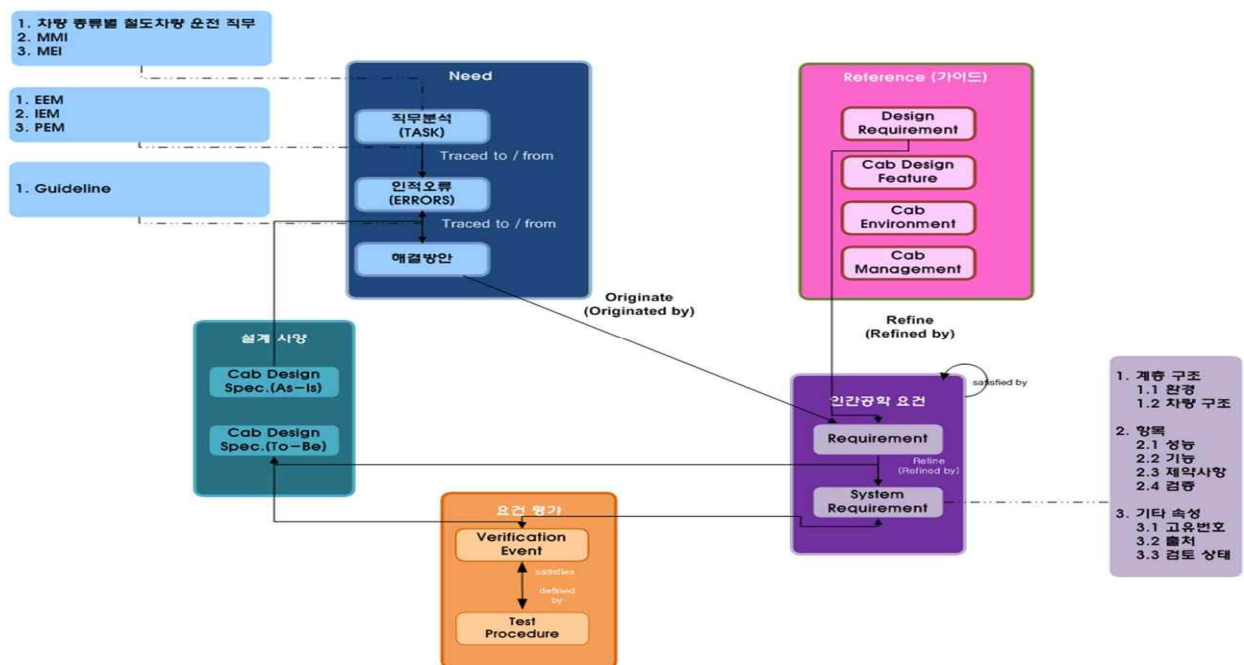
<표 1> 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 Verification & Validation 단계의 가이드라인

특성	가이드라인
정확함	-사용자의 실제 필요성을 요구사항이 정확하게 반영하고 있는지에 대한 정보 -기존 요구사항의 비교, 시스템 요구사항과의 비교, 또는 기존 프로젝트와의 비교로 작성
모호하지 않음	-요구사항의 모호성에 대한 확인 정보 -요구사항에 사용된 용어가 용어사전에 등록되어 있는지, 같은 용어인데 다른 사용자가 다른 의미로 쓰인 것은 없는지에 대해 평가 -용어에 대한 정정 횟수를 척도로 이용
완전성	-요구사항이 요구사항으로서 완전한지에 대한 정보 -요구사항에 대하여 모든 참여자의 요구사항이 포함되어 있는지 확인한다.
일관성	-요구사항의 내부적인 일관성에 대한 정보 -같은 프로젝트 내부의 연결된 요구사항들의 우선순위에 대한 중복, 실수 횟수
안정성	-요구사항의 안정성을 나타내는 것으로 프로젝트 진행 중에 요구사항의 변경횟수를 확인한다.
필요성	-요구사항의 필요성에 대한 정보로 우선순위에 대한 검증절차로 요구사항을 세가지 필요성으로 분류 <Essential/Conditional/Optional>
검증	-요구사항의 검증이 가능한 지에 대한 정보 -요구사항의 비용효과 분석에 대한 정보로 실제로 측정가능한 정량적 정보와 측정 source를 언급
수정 가능성	-요구사항이 수정되었을 경우 구조와 종류에 대한 정보 -연결된 요구사항의 구조가 계층적인 경우 하위 요구사항과 상위의 구조에 대한 정보

IEEE 가이드라인을 통하여 철도차량 운전실 작업환경 개선에 대한 총 311개의 요구사항에 대하여 검토를 행하였으며, 가이드라인에서 제시하는 사항을 바탕으로 철도차량 운전실 요구사항 생성 템플릿을 통하여 수정하였다.

IEEE 가이드라인은 비기능적 요구사항에 대한 검증을 포함하고 있으므로 실제 세부 요소 중에 정량적 요소로 포함되지 못하는 요소는 사용자가 평가할 수 있

도록 가이드라인을 제공하며, 이렇게 제공되는 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항의 Verification & Validation 단계의 가이드라인은 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처를 통해 적용되면서 프로젝트가 진행 중이거나 향후 프로젝트의 종료 이후 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항의 관리에 활용되면 효율이 더 높아질 수 있다.



<그림 3> 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마(Schema)



<표 2> 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마 구성 요소의 설명

Class	Description
Task	철도차량 운전실에서의 운전사의 직무
Errors	철도차량 운전실에서 발생 가능한 인적 오류
Solution	상위의 인적 오류의 해결방안
Cab Design Spec.(As-Is)	기존 철도차량 운전실의 설계 사양
Cab Design Spec.(To-Be)	개선된 철도 차량 운전실의 설계 사양
Design Requirement	해외 가이드의 내용 중 언급된 설계요구사항
Cab Design Feature	해외 가이드에서 추천하는 철도차량 운전실의 설계 형상
Cab Environment	해외 가이드에서 고려대상으로 분류한 운전실 환경
Cab Management	해외 가이드에서 언급한 철도차량 운전실 관리 요구사항
Requirement	철도차량 개선을 위한 초기 요구사항
System Requirement	실제 설계를 위한 상세 요구사항
Verification event	향후 평가를 위한 검증 활동
Test Procedure	시험 평가 절차

### 4.3 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 스키마(Schema) 개발

4.1절에서 제시한 철도차량 운전실 요구사항 프로세스는 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 스키마 개발 및 설정을 위한 선행단계이다. 연구한 철도차량 운전실 요구사항 프로세스에 따라 실제 적용될 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 정의 방법은 구조논증, 문장 논증의 논증 과정을 거치도록 정의되었으며, 이러한 논증 과정을 통해 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항을 도출하였다.

철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 기반으로 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 및 요구사항 정의 방법을 연구하고 효과적이고 효율적인 관리를 위해 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 정의 방법과 시스템공학 전산 지원 도구(CORE)와의 통합을 위한 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마를 개발한다. 스키마는 ERA구조로 이루어져 있다. ERA구조란 Entity, Relation, Attribute사이의 관계를 표현한 것이다.

<그림 3>는 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항을 시스템공학 전산 지원 도구에서 제공하는 스키마의 구조로 개발된 모습이고, 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처의 요구사항 아키텍처와 시스템 아키텍처 간의 추적성을 확보할 수 있다. <그림 3>의 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마 구조에서 요구사항은 철도차량 기관사의 직무분석과 가이드에 대한 데이터들과 인간공학 요구사항, 설계 사양 등의 관계를 설정하고 최종적으로 요구사항 평가로 이어진다. 이러한 스키마의 구성 요소의 설명은 <표 2>와 같다.

### 4.4 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 템플릿생성

철도차량 운전실의 작업환경의 개선을 위한 설계를 할 때 시스템 수준에서 시스템과 관련된 모든 이해당사자들의 요구사항과 외부 인터페이스 시스템들과의 관계를 고려해야 한다. 이러한 사항을 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마에 표현하기 위해서는 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 개발을 위한 템플릿을 생성하여 이해당사자와 외부 시스템을 고려한 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 수집이 가능하도록 할 수 있다. 철도차량 운전실의 일반적인 특징과 시스템/프로젝트 특성을 고려하여 요구사항이 도출되는 범주를 조정하는데 있어 요구사항 아키텍처 템플릿은 요구사항 수집뿐만 아니라 이해당사자들과 의사소통으로서 역할을 한다.

템플릿을 통하여 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항이 수집된 후 앞선 요구사항 프로세스에서 범주분류, 문장형성 등 일련의 과정을 거쳐 하나의 정형화된 템플릿을 형성하며 <표 4>에 나타내었다. 템플릿은 일반적인 형태의 단순 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 집합에서 범주에 알맞은 문장 요소를 선정하여 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항 수집에 대한 기본 항목을 문장형식별 요구사항 구조로 나타내었으며, 필요한 요구사항들이 빠짐없이 등재될 수 있도록 범주 틀을 만드는 것이 목적이다.

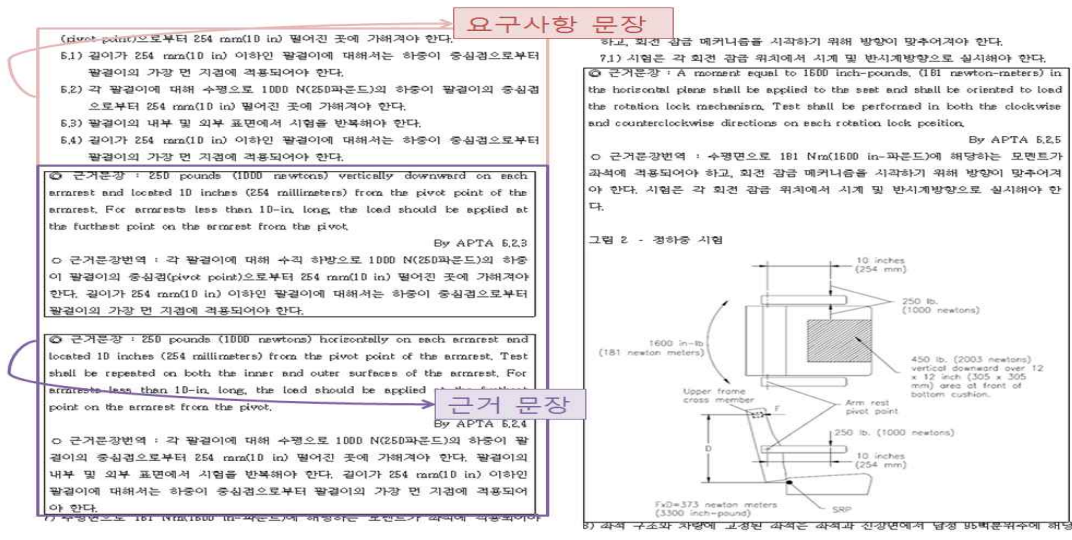
철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 템플릿은 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마를 기반으로 개발되었으며, 시스템공학 전산 지원 도구를 통하여 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항이 수집되어 DB를 구축할 수 있다. 이는 빠른 시간 내에 추적성을 확보하여 관리할 수 있음을 뜻한다.

<표 3> 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 생성 템플릿

항목	주어		목적어		서술어	
	명사<시스템>	조사	명사<기능>	조사	동사	조동사
능력	<이해관계자 유형>	은	<능력>	을	수행	할 수 있어야 한다
	<시스템 유형>	은	<능력>	을	수행	하지 말아야 한다
	<이해관계자 유형>	은	<능력>	을	수행	해야한다
기능 및 성능	<이해관계자 유형>	은	<객체>	를	<기능>	해야한다
	<시스템 유형>					
	<이해관계자 유형>	은	<객체>	를	<기능>	하지 않아야 한다
	<시스템 유형>					
	<이해관계자 유형>	은			<기능>	해야한다
	<시스템 유형>					
	<시스템 유형>	는				~이어야만 한다
제약 조건	<시스템 유형>	은	<객체>	를	<기능>	해야한다
	<시스템 유형>	은	<객체>	를	<기능>	하지 않아야 한다
	<시스템 유형>	은				~이어야만 한다
검증	<시스템 유형>	은	<객체>	를	검증	해야한다
	<시스템 유형>	은	<객체>	를	확인	해야한다

<표 4> 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 상세 요구사항 생성 템플릿

항목	주어		부사구	목적어		부사구	서술어	
	명사 <시스템>	조사	부사	명사 <기능>	조사	부사	동사	조동사
능력	<이해관계자 유형>	은	<특정 목적> 을 위해	<능력>	을		수행	할 수 있어야 한다
	<시스템 유형>	은	<사건>이후	<능력>	을		수행	하지 말아야 한다
	<이해관계자 유형>	은	<성과 단위> 마다	<능력>	을		수행	해야한다
기능 및 성능	<이해관계자 유형>	은	<성과 단위> (이상/이하)	<객체>	를		<기능>	해야한다
	<시스템 유형>		<성과 단위> (이상/이하)로	<객체>	를	<특정 목적> 을 위한		
	<이해관계자 유형>	은	<사건> 에	<객체>	를	<성과 단위> 마다	<기능>	하지 않아야 한다
	<시스템 유형>		<특정 목적> 을 위한			<사건> 으로부터		
	<이해관계자 유형>	은	<방법론> 을 통해				<기능>	해야한다
	<시스템 유형>		<성과 단위> 이후에					
	<시스템 유형>	는				<상태> 에서		~이어야만 한다
	<성능지표>					<사건> 이후		
제약 조건	<시스템 유형>	은	<사건> 으로부터	<객체>	를		<기능>	해야한다
	<시스템 유형>	은	<운영 조건> 에서	<객체>	를		<기능>	하지 않아야 한다
	<시스템 유형>	은	<성과 단위> 이후에					~이어야만 한다
검증	<시스템 유형>	은	<특정 목적> 을 위한	<객체>	를		검증	해야한다
	<시스템 유형>	은	<사건> 이 발생했을 때	<객체>	를		확인	해야한다



<그림 4> 정리된 철도차량 운전실 안전요구사항 문서

### 4.5 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB 구축

철도차량 운전실 요구사항 아키텍처를 통해 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위해 가져야 하는 요구사항이 누락된 것을 확인할 수 있다. 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 개발 대상 영역을 살펴보면 기관사의 직무, 작업환경, 인간공학 요구사항, 설계사양 등이 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처의 개발영역이다.

앞선 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마와 철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 통해 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 전체 거동을 표현하여 철도차량 운전실과 이해 당사자 간의 입출력 요소를 확인하고, 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요소들을 식별하였다.

철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 통해 작성된 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 요구사항을 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 템플릿에 적용하여 시스템 공학 전산 지원 도구(cradle®)를 통해 DB화를 수행하였다. 이는 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 개발을 하긴 위한 기초 작업으로 어느 요구사항이 어떤 일을 반영하고 결과물을 어디에 전달하는지가 잘 나타나야 한다.

<그림 4>처럼 설문과 자료조사를 통한 직무 분석 및 인적오류의 결과를 현존하는 권장사항 및 가이드와의 추적성을 식별하여 236여개의 철도차량 운전실 작업환경 개선을 위한 초기 요구사항을 개발 할 수 있었다.

상위 수준에서는 운전실의 구조와 작업환경으로 항목화하였고 이들을 각각 세분화 및 구조화하여 <표 5>에 나타내었다. 각 요구사항 문장은 해당 요구사항 문장별 가이드 및 법령의 근거 문장이 기술되도록 구성되어 있다.

<표 5> 철도차량 운전실 요구사항 분류체계

대분류	중분류	소분류
운전실 구조 및 장치	제어대	제어장치
		디스플레이
		안전 및 경보장치
		입력장치
		대화식 설계
		자동화
	운전실 배치	음성 커뮤니케이션
		접근 및 진입
		운전실 전방시야
		좌석
운전실 작업환경	조명과 밝기	창문, 바닥, 문
		난방
		환기
		냉방
		소음
		진동
색상과 표면 코팅		

### 5. 결론

본 연구와 관련하여 철도차량의 운전실 개선의 필요성에 관한 연구는 많았다. 그러나 본 연구의 주안점은 시스템 개발의 출발점인 요구사항 생성과 관리를 중요하게 바라보는 시스템공학 관점에 있다. 효과적인 요구사항 생성 및 관리를 통해 인적 오류의 개선을 반영하고 궁극적으로 철도시스템의 안전을 도모하는 것이 본 연구의 목표이다.

본 논문에서는 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 방법을 제시하고 이를 DB로 구축하는 연구를 수행하였다. 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 생성 및 관리를 위해 시스템공학 표준 및 가이드에서 제시하는 방법들을 연구하여 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위해 요구사항 프로세스를 조정하였다. 이를 통해 도출된 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항들을 IEEE V&V



가이드라인을 적용함에 따라 논리적으로 검토하였다.

앞서 선행된 철도차량 운전실 요구사항 프로세스를 기반으로 철도차량 운전실의 작업환경 관련 요소들을 식별하고 이들 간의 관계를 파악하여 추적성을 확보한 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마를 개발하였다. 결론적으로 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 스키마와 철도차량 운전실 요구사항 아키텍처 템플릿을 반영한 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처를 제시하여 시스템공학 진산 지원 도구를 통해 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB를 구축하였다.

구축된 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 DB를 통해 철도차량 운전실의 작업환경에 대한 요구사항과 이해당사자들의 철도차량 운전실의 작업환경 개선을 위한 요구사항 아키텍처 방법으로 구조화하여, 여러 철도차량의 다양한 요구사항에 시스템공학 기법을 활용함으로써 철도차량 기관사의 작업환경을 개선하고, 철도안전의식 확대 및 철도운행의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

## 6. 향후 연구 방향

철도차량 운전실의 요구사항 아키텍처를 통하여 DB 전문가와 팀을 구성하여 상세 철도차량 운전실 시스템을 개발하고, 시스템 관점을 모델링을 해야 한다. 이를 통해 본 연구에서 주장하는 요구사항 아키텍처 방법의 효용성과 타당성을 보이고, 더 나아가 엔터프라이즈 아키텍처를 구축하기 위해서는 표준 및 기술 동향을 고려한 단기, 장기간의 발전계획을 수립하여야 한다.

## 7. 참고 문헌

[1] 김신, 신태현, 방연근, “고속철도 역세권 개발과 그 영향에 관한 연구”, 한국유통과학회 학술대회, 한국유통과학회 (2006) : 43-50

[2] 임재은, 정도원, 김치태, “철도차량 운전실제어대 설계기준 마련 연구.”, 한국철도학회 2008년도 춘계학술대회논문집, 6 (2008) : 2119-2124

[3] 최은미, 김영국, 김종봉, “철도차량 운전실 승차감에 관한 연구.”, 한국철도학회 2008년도 추계학술대회 논문집, 11 (2008) : 1389-1396

[4] G. J. Chambers, K. L. Manos, “Requirements : Their origin, format and control.”, Systems engineering for the 21st century, (1992) : 83-90

[5] Department of Defense (DoD), Software Development and Documentation, USA, Mil-Std-498 (1994) : 67

[6] Electronic Industries Alliance (EIA), Process for Engineering a System (EIA-632), EIA Press,

Arlington, (1999) : 34-36

[7] Dennis M. Buede, “Developing Originating Requirements: Defining the Design Decisions.”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.33, NO.2 (1997) : 596-609

[8] Elizabeth Hull, Ken Jackson and Jeremy Dick, “Requirements Engineering.”, Second Edition (2004) : 73-86

[9] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), Recommended Practice for Software Requirements Specifications (IEEE Std 830), (1998)

## 저 자 소 개

### 심 상 현



현 아주대학교 시스템공학과 박사 과정. 관심분야는 요구사항 관리, 모델기반 시스템공학, Modeling & Simulation 등.

주소: 수원시 영통구 원천동 산5번지 아주대학교 성호관 243호

### 이 재 천



현 아주대학교 시스템공학과 정교수. 서울대학교 전자공학과에서 공학사, KAIST 전기 및 전자공학과에서 공학석사 및 박사 학위를 취득. 미국 MIT에서 Post-Doc을 수행하였으며, Univ. of California (Santa Barbara)에서 초빙연구원, 캐나다 Univ. of Victoria (BC)에서 방문교수, KIST에서 책임연구원 재직. 이후 미국 Stanford Univ. 방문교수 역임. 현재 연구 및 교육 관심분야는 시스템공학 및 Systems Safety에의 응용 등.

주소: 수원시 영통구 원천동 산5번지 아주대학교 서관 309호

### 박 찬 우



현 한국철도기술연구원 선임연구원. 시험인증센터의 시스템안전실 근무 중, 경희대학교 산공학과에서 공학사, 공학석사 및 박사 학위를 취득, 현재 관심분야는 철도 시스템 위험도 평가, 확률 모형, 시스템 모델링, 시뮬레이션, 경영 과학 등.

주소: 경기도 의왕시 철도박물관로 176 한국철도기술연구원