

## 국제표준 ISO/IEC 15288 기반의 경량전철 전력시스템 검증 프로세스에 관한 연구

최원찬<sup>1)</sup> 배준호<sup>1)</sup> 허재훈<sup>1)</sup> 이상근<sup>1)</sup> 한석윤<sup>2)</sup>

1) 동산엔지니어링(주), 2) 한국철도기술연구원

### A study on Verification Process for LRT's Power Supply System Based on the ISO/IEC 15288

Won Chan Choi,<sup>1)\*</sup> Joon Ho Bae<sup>1)</sup>, Jae Hun Heo<sup>1)</sup>, Sang Geun Lee<sup>1)</sup>, Seok Youn Han<sup>2)</sup>

1) DONGSAN ENGINEERING CO.,LTD, 2) Korea Railroad Research Institute

**Abstract** : The object of this study is to define systematically for outputs of Verification Process among the system life cycle process based on ISO/IEC 15288 for power supply system, which is one of the importance sub-systems to configure the LRT system. Furthermore, to prevent various problem in advance that can occur in the Transition LRT's power supply to be completed Integration.

For this purpose, traceability of verification requirement and outputs. should be managed to use verification for system requirement and data processing tool. by system engineering techniques of system life cycle process based on ISO / IEC 15288 to LRT system.

**Key Words** : LRT(Light Rail Transit), System Life Cycle Process, SE(Systems Engineering), SELRT(Systems Engineering Model for LRT Project), Technical Process, Core technology Management Processes for LRT, Project Support Processes

---

\* corresponding author : Won Chan Choi, DONGSAN ENGINEERING CO.,LTD, cwc1023@empas.com

\* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

본 연구의 목적은 경량전철 시스템을 구성하는 중요 하위시스템 구성요소 중 하나인 전력시스템에 대해 국제표준규격 ISO/IEC 15288과 INCOSE HDBK V.3.2를 기반으로 시스템 생명주기 프로세스 중 검증 프로세스(Verification Process)의 산출물(Outputs)들을 체계적으로 정의하고, 통합(Integration)이 완료된 경량전철 전력시스템을 배치(Transition)함에 있어 발생할 수 있는 각종 문제점을 사전에 방지할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

이를 위해 경량전철 시스템에 ISO/IEC 15288 시스템 생명주기 프로세스를 활용한 시스템 엔지니어링 기법을 적용함으로써 시스템 요구사항의 검증 및 전산지원 도구의 활용에 의한 검증 요구사항의 추적성 및 산출물을 체계적으로 관리하기 위함이다.

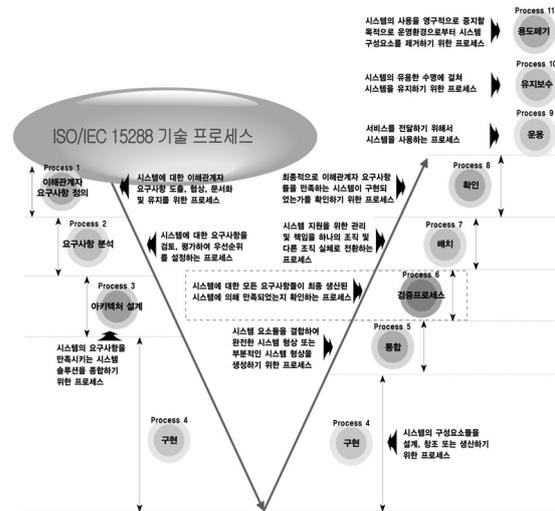
따라서, 본 연구에서는 검증프로세스를 체계적으로 분석하고 이를 경량전철 전력시스템에 적용하는 방안을 연구하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 국제표준규격 ISO/IEC 15288의 검증프로세스

#### 2.1.1 ISO/IEC 15288 기술프로세스

ISO/IEC 15288 기술프로세스들은 아래 Fig. 1에 표시된 바와 같이 시스템엔지니어링 전문가들이 각 서브시스템엔지니어, 기타 이해관계자 및 운용자 그리고 제조사 간 상호작용을 조정하는 역할뿐만 아니라 경량전철시스템의 성능, 환경, 외부인터페이스 및 설계 제약사항들을 고려한 모든 요구사항을 수집하고 생성하는 역할을 하게 된다. 본 논문에서는 통합 프로세스 활동을 통해 경량전철 전력시스템 구성요소에 대한 통합이 완료되고 요구사항이 만족되는지 최종 확인하기 위한 검증프로세스 단계의 내용을 제시하였다.

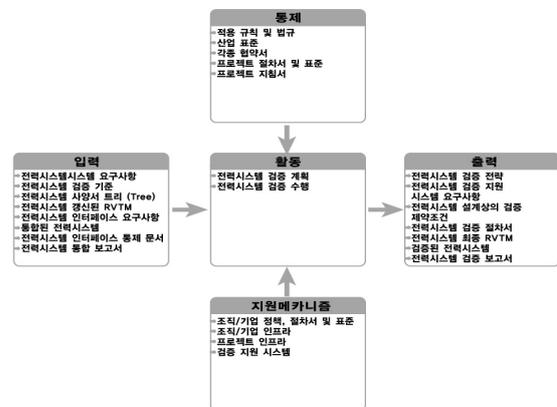


[Fig. 1] ISO/IEC 15288 기술프로세스 Vee 모델

#### 2.1.2 검증프로세스 콘텍스트도

검증 프로세스는 경량전철 시스템을 구성하는 전력시스템의 구성요소들이 수행해야 하는 기능 및 하위시스템별로 할당된 성능 요구조건에 부합하는지 여부에 대해 확인하는 것으로 실제 검증 프로세스는 다른 생명주기 프로세스와 밀접한 관계를 가지고 수행되며 프로젝트 절차서 및 특정한 시스템 평가 양식 등 주요 산출물이 된다.

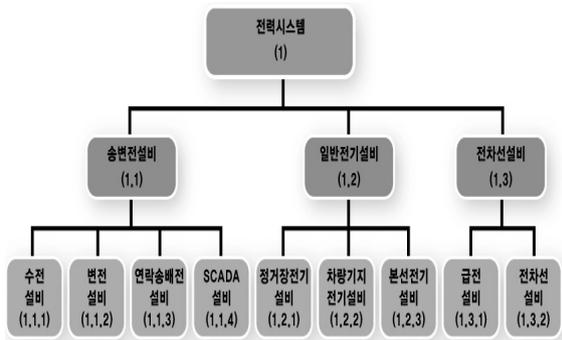
Fig. 2(2010 : INCOSE Systems Engineering Handbook v.3.2 p.124)<sup>4)</sup>는 검증프로세스 정황 다이어그램으로 입력물(Input)로 부터 프로세스 활동을 통해 출력물(Output)이 산출되는 과정을 나타내고 있다.



[Fig. 2] 검증프로세스 정황 다이어그램

## 2.2 경량전철 전력시스템

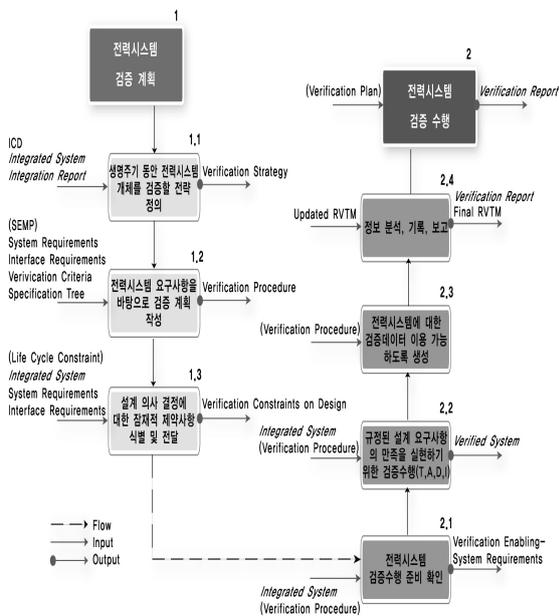
경량전철 전력시스템에 대한 본 연구에서의 분류 체계(SBS: System Breakdown Structure)는 Fig. 3에서와 같이 3단계로 분류되며, SBS구조를 기반으로 더욱 세분화된 제품분류체계(PBS: Product Breakdown Structure)로 구조화되어 진다.



[Fig. 3] 전력시스템 SBS구조

### 2.2.1 검증프로세스 흐름도

Fig. 4에서 보는 바와 같이 검증 프로세스 단계별 활동은 크게 계획단계와 수행단계로 나뉘며, 적용 가능한 조직의 정책 및 절차에 따라 각 단계별 활동을 이행하여야 한다.



[Fig. 4] 검증프로세스 흐름도

### 2.2.1.1 전력시스템 검증계획 활동

- 생명주기 동안 전력시스템 개체를 검증할 전략 정의
- 전력 시스템 요구사항을 바탕으로 검증 계획 작성
- 전력시스템 검증 절차 개발
- 전력 시스템 설계 의사결정에 대한 잠재적 제약 사항 식별 및 전달

### 2.2.1.2 전력시스템 검증수행 활동

- 절차에 따른 전력시스템 검증활동 수행
- 검증활동 수행에 따른 검증된 전력시스템 식별
- 전력시스템에 대한 검증데이터 수행
- 전력시스템 검증결과 문서화 및 데이터 입력 (RVTM\*)

## 2.3 경량전철 전력시스템에 검증프로세스 적용 방안

검증프로세스의 착수 기준은 프로젝트 계획단계에서 검증 기준 수립, 이해관계자 요구사항 정의, 요구사항 분석 프로세스 수행완료, 인터페이스 요구사항 식별 및 통제 문서가 식별되어 통합프로세스(Integration Process)의 수행에 따른 통합 보고서 작성이 완료되는 시점에 본 검증 프로세스를 착수 하도록 한다.

또한, 경량전철 전력시스템의 구성요소가 시스템 요구사항을 만족하는지에 대한 검증이 완료되고 배치(Transition) 준비가 완료된 시점에 본 검증프로세스를 완료하도록 한다.

## 2.4 검증프로세스 주요 산출물

본 논문에서는 국제 시스템 엔지니어링 핸드북의 검증프로세스 활동결과 산출물 자료(2010 : INCOSE Systems Engineering Handbook v.3.2 p.125)<sup>4)</sup>를 적용한 전력시스템 검증프로세스의 적용방안에 관한 연구결과 산출물은 Table. 1과 같이 제시하였다.

\* RVTM(Requirement Verification Traceability Matrix)

<Table. 1> 전력시스템 검증프로세스 단계별 활동 산출물

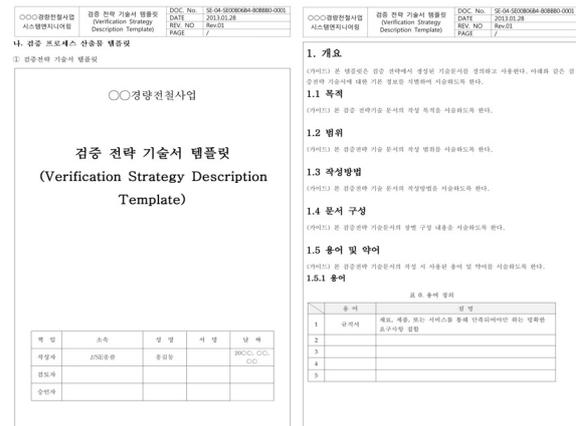
Verification Process		
Process Activities	Output	Description
검증 계획 (Plan Verification)	검증 전략 (Verification Strategy)	생명주기 동안 전력시스템 개체에 대한 검증 전략을 정의
	검증 절차서 (Verification Procedure)	경량전철 전력시스템의 검증에 필요한 절차를 포함
	설계상 검증 제약사항 (Verification Constraints on Design)	전력시스템의 설계 의사 결정을 위한 잠재적 제약사항들을 식별하고 정의
검증 수행 (Perform Verification)	검증지원 시스템 요구사항 (Verification Enabling System Requirements)	경량전철 전력시스템의 개발에 필요한 검증을 지원하기 위해 특정 시스템의 요구사항을 정의
	검증된 시스템 (Verified System)	검증 준비가 완료된 경량전철 전력시스템 및 하위 시스템을 포함
	최종 RVTM (Final RVTM)	경량전철 전력시스템 요구사항에 적합한 검증 활동, 요구사항과의 불일치, 교정 활동에 관한 정보를 분석, 기록 및 보고
	검증 보고서 (Verification Report)	경량전철 전력시스템의 요구사항을 만족하는 시스템 또는 시스템 구성요소에 대한 권장되는 시정활동, 설계 피드백/수행된 시정활동 및 근거에 대한 기록과 검증 결과에 대한 문서화를 포함

2.5 검증프로세스 산출물 작성 템플릿 및 적용사례

2.5.1 산출물 작성 템플릿

검증프로세스 산출물은 국제표준에 부합하고 현

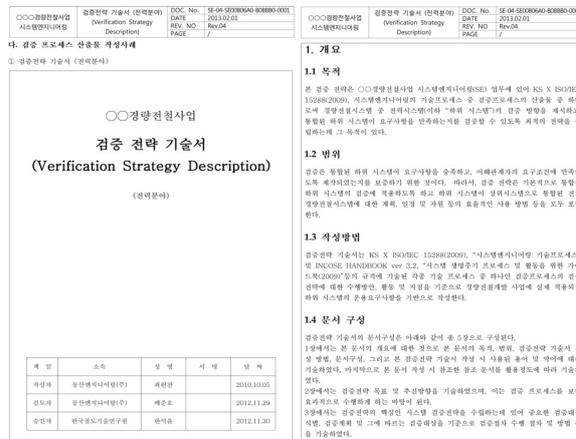
장적용성이 높은 자료를 만들기 위하여 국제표준<sup>1)</sup>,<sup>2)</sup>,<sup>3)</sup>, 국내외 시스템엔지니어링 가이드북<sup>4)</sup>, 실제 경전철 사례 등을 참고하여 검증프로세스 출력물 중 “검증전략기술서(Verification Strategy Description)” 템플릿을 개발하였다. 그리고 실제 사업에 적용성을 높이기 위하여 해당 템플릿의 사례를 작성하여 Fig. 5에 제시하였다.



[Fig. 5] 검증프로세스 산출물 작성 템플릿

2.5.2 산출물 적용사례

아래의 Fig. 6은 “검증전략기술서(Verification Strategy Description)” 템플릿을 기반으로 작성된 전력시스템에 대한 적용사례로서, 본 문서는 실제 프로세스 스키마 설계 및 스크립트 구동환경 구축으로 시스템엔지니어링 전산도구로 자동출력이 가능하도록 스크립트를 개발하였다.



[Fig. 6] 검증프로세스 산출물 적용사례

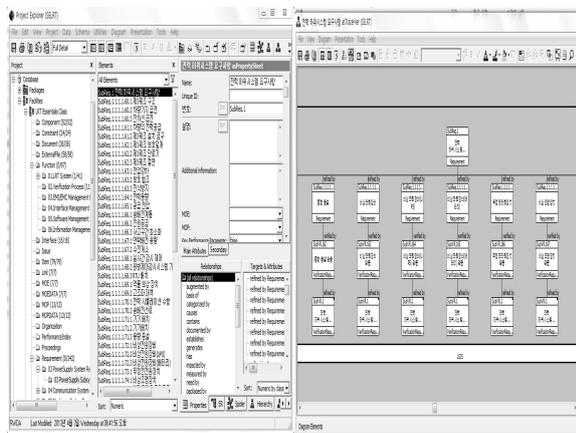
2.6 검증프로세스 산출물의 전산구현사례

Fig. 7은 시스템엔지니어링 도구(Tool)인 CORE 을 사용하여 전력시스템으로부터 식별된 요구사항에 대한 검증결과를 트리(Tree)형태로 구현한 예로서, 검증결과에 대한 요구사항과의 추적성을 확보하고 미 검증되지 않은 요구사항은 재 검증을 통해 검증결과 이력 및 프로세스 단계별 출력되는 산출물을 체계적으로 관리하는 방안을 나타내고 있다.

다음 Fig. 8, 9는 CORE 데이터 베이스 구조 예시로서, 검증프로세스 및 전력시스템의 강화기능흐름블록다이어그램(eFFBD)\*을 나타내고 있으며, Fig. 10에서 최종 결과 값으로 Simulator 하여 이를 검증하고 있다.

2.6.1 요구사항 간 추적 예시

검증프로세스를 적용한 전력시스템에 대한 시스템 요구사항 및 시스템 요구사항을 검증할 검증 요구사항 간의 연결에 대한 추적 결과를 계층구조 다이어그램을 활용하여 제시하였다.

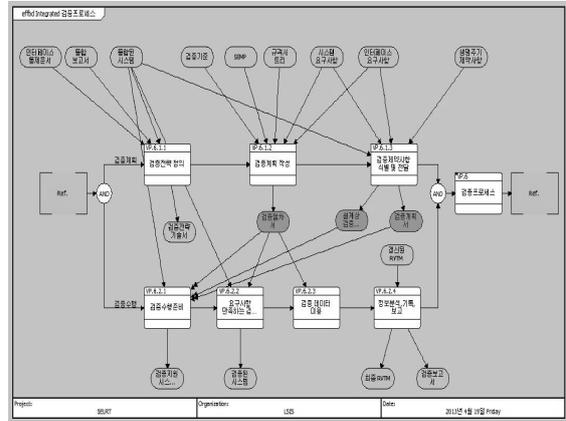


[Fig. 7] 요구사항 간 추적 예시

2.6.2 검증프로세스 eFFBD 구조 예시

검증프로세스 수준의 기능 뷰를 Fig. 8의 eFFBD를 통해 제시하였다. Fig. 4에서 제시된 검증프로세스 흐름도에 대한 활동 단계별 입출력 산출물 및 프로세스 거동에 대한 전체 설명(specification)을 나

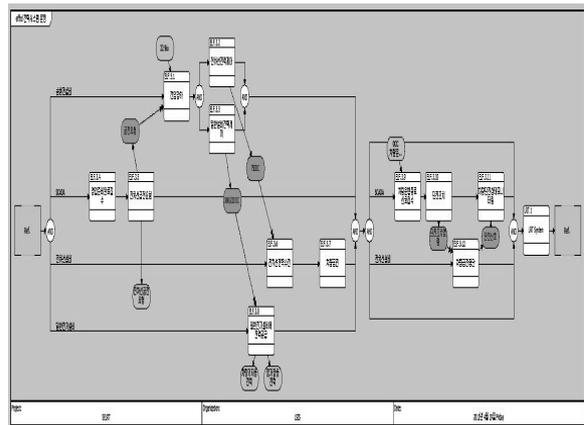
타내는 다이어그램으로, 다이어그램을 통해 제어 흐름, 데이터 흐름, 자원, 그리고 할당관계를 등을 식별할 수 있다.



[Fig. 8] 검증프로세스 eFFBD 예시

2.6.3 전력시스템 eFFBD 구조 예시

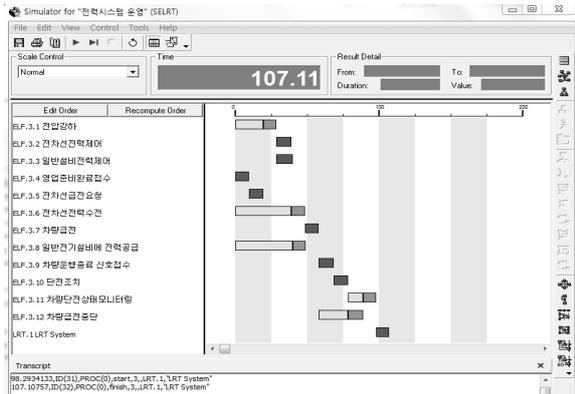
전력시스템 수준의 기능 뷰를 Fig. 9의 eFFBD를 통해 제시하였다. eFFBD는 시스템의 거동에 대한 전체 설명(specification)을 나타내는 다이어그램으로, Fig. 3의 전력시스템 SBS구조를 기반으로 다이어그램을 통해 기능에 대한 제어 흐름, 데이터 흐름, 자원, 그리고 할당관계를 등을 식별하고, 이를 최종 Simulator 통해 검증할 수 있다.



[Fig. 9] 전력시스템 eFFBD 예시

Fig. 10은 전력시스템 기능에 대한 Simulator 결과 값이다.

\* eFFBD(enhanced Function Flow Diagram)



[Fig. 10] 전력시스템 Simulator 결과 값 예시

### 3. 결론 및 향후 방향

검증 프로세스를 통해 생성, 갱신 및 확정되는 각종 문서에 대한 관리의 시스템엔지니어링 조직 내 별도의 문서관리 조직과 전산화된 관리체계를 활용하여 체계적으로 관리하도록 하였다. 이에 대한 수행성과는 다음과 같다.

- 검증전략이 설정되고 이를 기반으로 검증계획 수립
- 시스템 요구사항 및 검증 제약사항이 검증 요구사항에 대한 입력으로 제공
- 불일치 요구사항에 대한 교정활동을 통해 정보 제공용 데이터 보고
- 구현된 제품이 시스템 요구사항과 아키텍처 설계를 만족한다는 객관적 증거 제시

향후 개발이 진행함에 따라 도출되는 하위시스템 요구사항과 부품요구사항 수준까지 검증 프로세스를 통한 관리와 추적성 부여 업무를 통해 경량전철 전력시스템에서 요구하는 최적화된 시스템을 최종 개발하는 한편 생명주기 동안 수행해야 하는 시스템엔지니어링 업무를 일관되게 수행할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부에서 실시한 엔지니어

링원천기술개발사업 “경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용기술 개발” 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### References

1. KS X ISO/IEC 15288 정보기술-시스템 및 소프트웨어 공학-시스템 생명주기 프로세스 2009년 3월 31일 개정판.
2. KS X ISO/IEC TR 19760 정보기술-시스템 엔지니어링-KS X ISO/IEC 15288 시스템 생명주기 프로세스의 적용을 위한 안내서. 2008
3. KS X ISO/IEC 26702 정보기술-시스템공학-시스템 공학 프로세스의 적용 및 관리 2009년 5월 22일 개정판.
4. INCOSE-TP-2003-002-03.2 (INCOSE Systems Engineering Handbook v.3.2a), A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, 2010
5. ANSI/EIA-632. 7, “Process for Engineering System”, 1998
6. ISO/IEC TR 24774, “System and Software engineering-Life cycle management-Guidelines for process description”, 2010
7. ISO/IEC TR 24748, “System and Software engineering-Life cycle management-Part1 : Guidelines for Life cycle management”, 2010
8. MIL-STD-499B, MILITARY STANDARD : SYSTEM ENGINEERING MANAGEMENT (24 AUG 1993)
9. 최원찬, 배준호, 허재훈, 주지영, “시스템엔지니어링 기법 적용에 따른 경량전철시스템 요구사항체계 구축에 관한 연구”, 한국철도학회 논문집, 2012
10. 산업통상자원부, “경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용기술 개

발 3차년도 연구보고서”, 한국철도기술연구  
원, 2013  
11. 한석윤 외, “전산도구 기반의 경량전철사업 시

스템엔지니어링 적용모델 SELRT 개발”, 한  
국시스템엔지니어링학회지 제8권 제1호(통  
권 제15호), 2012. 6