

전산도구 기반의 경량전철사업 시스템엔지니어링 적용모델 SELRT 개발

한석윤¹⁾, 김주욱¹⁾, 최요철²⁾

1) 한국철도기술연구원, 2) LS산전

A study on the Development of Systems Engineering Application Model for LRT based on MBSE

Seok Youn Han, Joo Uk Kim, Yo Cheol Choi

1) Korea Railroad Research Institute, 2) LSIC Co.Ltd

Abstract : The Light Rail Transit Project is a large scaled project which takes several years in building a system. After construction, LRT system is operating for several tens of years. For these characteristics, the right application of systems engineering to LRT project greatly effects the project success. In this paper, we present systems engineering application model to LRT project i.e. SELRT which include systems engineering technical process, core technology management process, project support process. SELRT also has a module for the exchange of outputs in SE tool and PM tool. Systems engineering processes in SELRT mainly base on ISO/IEC 15288. In future, we expand the range of SE processes and improve the usability in SELRT. We expect that this model will contribute to improve the efficiency in LRT project and to success the LRT project.

Key Words : SELRT(Systems engineering application model for LRT), LRT(Light rail transit system), PM(Project management), MBSE(Model based systems engineering), Technical process, Core technology management process, Project support process

* 교신저자 : syhan@krii.re.kr

1. 서론

경량전철시스템은 차량, 전력, 신호통신, 전로시스템 등이 유기적으로 결합된 대형 복합시스템으로 건설과정이 복잡하고, 건설된 후에는 장기간 운영되며, 유지보수비가 많이 소요되어 생명주기 관점에서 사업을 추진하는 것은 중요하다. 시스템엔지니어링은 고객의 요구사항을 가장 효율적으로 구현할 수 있도록 통합된 프로세스를 제공하고, 전체적(holistic), 생명 주기(life cycle) 관점에서 접근하며, 필요한 사항을 확인하고, 해야 할 일을 바르게 수행 하도록 안내한다.

본 연구에서는 시스템엔지니어링 관련 국내외 표준과 국내경량전철사업에서 적용하고 있는 현황을 분석하여 경량전철사업에 통합적으로 적용할 수 있는 경량전철사업 시스템엔지니어링 적용모델 “SELRT”를 제안한다.

본 모델은 국제표준 ISO/ IEC 15288의 기술프로세스 및 프로젝트 지원프로세스와 국내 경량전철사업현장에서 적용하고 있는 핵심기술관리프로세스를 통합하여 적용할 수 있도록 하였으며, 이를 전산도구로 구현하기 위해 Vitec사의 시스템엔지니어링 도구 Core와 공관프로텍크사의 프로젝트관리도구 엔프로젝트를 사용하였다. 본 연구결과는 경량전철사업의 특성에 따라 조정하여 사용한다면 효율적인 사업 추진에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 국내외 표준규격에서의 시스템엔지니어링 프로세스

2.1 국제 표준규격의 시스템엔지니어링 프로세스 특징

시스템엔지니어링관련 국제규격은 1969년 미국 방성 표준 MIL-STD를 시작으로 하여 EIA, IEEE, ISO/IEC 규격 등 다양하게 제정되었으며 Table.1 과 같은 특징을 갖고 있다.[1,6]

<표 1> 국제표준규격의 주요 특징

규격	설명
ISO/IEC 15288	시스템수준의 생명주기 프로세스를 정의
EIA/IS 632	시스템개발을 위한 전체적 시스템접근법을 정의
IEEE 1220	개발을 위한 상세업무(task)를 서술
EIA 632	개념, 개발, 생산단계에 대한 상세 수행활동 (activity level detail)을 서술
MIL-STD-499B	국방시스템 개발을 위한 전체적 시스템 접근법을 정의

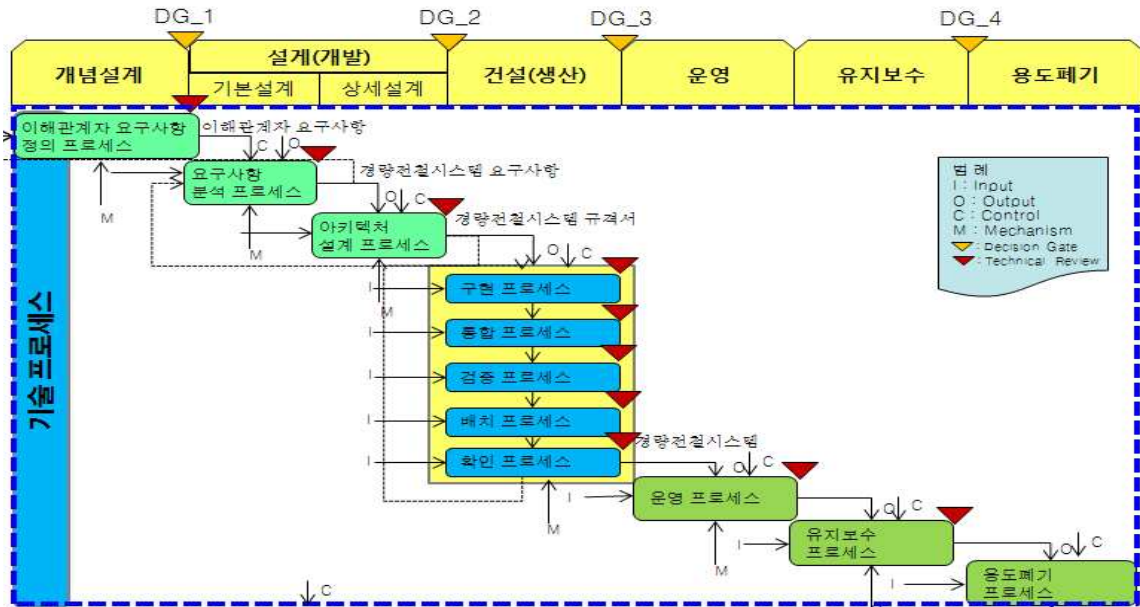
2.2 국제 표준 ISO/IEC 15288의 시스템엔지니어링 기술프로세스

시스템엔지니어링 국제표준규격인 ISO/IEC 15288은 인위적 시스템의 생명 주기를 설명하는 공통의 기본 프레임 워크를 정립한 것으로 시스템의 개념형성, 개발, 생산, 이용, 운용 지원 그리고 용도 폐기를 포함한 시스템의 전 생명 주기에 적용되고, 조직 내부 또는 외부에서 이루어지는 시스템의 획득 및 공급에 적용한다.

이 규격이 규정하는 생명 주기 프로세스는 시스템과 그 구성요소에 대하여 동시에 적용할 수 있고 반복, 순환적으로 적용할 수도 있다. 이 규격의 생명주기 프로세스는 4개 그룹 25개 프로세스로 구성되어 있으며 그 중 기술프로세스는 그림 1과 같이 이해관계자 요구사항 프로세스 등 11개로 구성되어 있다.[1,2]



[그림1] 시스템엔지니어링 기술프로세스



[그림 2] 생명주기와 시스템엔지니어링 기술프로세스

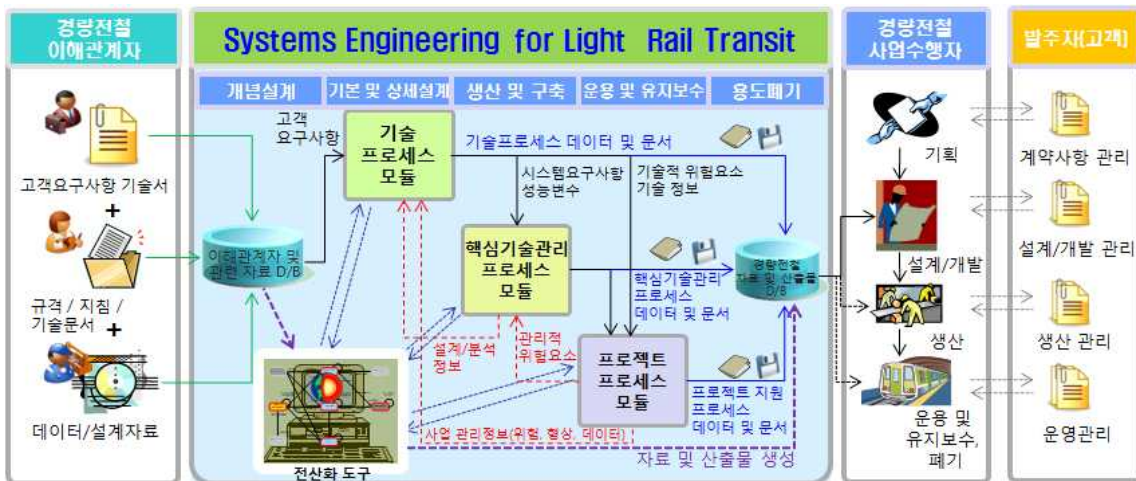
2.3 국제시스템엔지니어링협회의 기술프로세스

국제시스템엔지니어링협회(INCOSE)에서 발행한 핸드북은 인위적인 시스템과 제품뿐만 아니라 사업 및 서비스 분야에 이르기 까지 폭 넓게 적용될 수 있도록 시스템엔지니어링 국제 표준규격 ISO/IEC 15288-2008과 부합하게 설명되어 있다. 따라서 이 핸드북에서는 국제 표준규격보다 상세하게 기술프로세스를 설명하고 있으며, 특히

각 프로세스의 입력 및 출력물에 포함해야 할 사항을 명기하고 있다.[3,4]

3. 국내 경량전철사업의 시스템엔지니어링 프로세스

3.1 국내 경량전철사업의 시스템엔지니어링 적용범위 및 특징



[그림 3] SELRT의 운영 개념

국내 경량전철은 부산지하철4호선 등 3곳에서 영업운행 중이며, 인천2호선 등에서 건설 중이거나 건설을 추진 중에 있다. 이들 경량전철사업과 비교적 최근에 건설한 중량전철인 신분당선 등 도시철도사업의 시스템엔지니어링 적용은 국제 표준에서 정한 시스템엔지니어링 프로세스보다는 사업의 성능 및 안전과 관련된 사항, 기술관리와 관련된 사항을 핵심기술이라 정의하고 그에 대한 활동을 주로 수행하고 있다. 핵심기술프로세스는 각 프로세스 별로 각각 수행되고 관리되고 있어서, 프로세스 활동별 연계성과 추적성이 부족한 실정이다. 또한 시스템엔지니어링 기술은 시스템 생명주기의 전반부 개념 및 기본 설계단계에 집중 적용하여 후 공정에서의 문제점을 사전에 예방하고 효율을 향상하는 것이나, 국내 사업에서는 주로 상세설계단계에서부터 수행하고 있어 시스템엔지니어링의 효과를 크게 보지 못하고 있다.[1,6]

3.2 경량전철사업의 생명주기와 시스템엔지니어링 기술프로세스 맵핑

경량전철사업의 생명주기 프로세스와 시스템엔지니어링의 기술프로세스를 맵핑하면 그림 2와 같다. 즉 경량전철사업의 생명주기는 개념단계, 설계단계, 건설단계, 운영단계, 유지보수단계, 용도폐기 단계로 구분하였으며, 이들 단계에 11개 기술프로세스를 맵핑하였다.

또한 각 생명주기 단계가 완료되면 다음 단계로의 진행 여부를 결정하기 위한 의사결정게이트(DG,

Decision gate)를 두며, 각 기술프로세스가 완료되면 다음 단계 진행여부를 확인하기 위한 검토(Review)프로세스를 진행한다.[1,5,6]

4. SE 적용모델 SELRT(Systems engineering application model for light rail transit project)

경량전철시스템엔지니어링 적용 모델 SELRT를 개발하기 위해서는 먼저 모델을 구성할 시스템엔지니어링 프로세스를 정의하고 이들 프로세스 및 프로세스 산출물간의 연결하기 위한 스키마(schema)를 설계한다. 스키마를 기반으로 전산도구의 속성과 관계를 정의하고, 관련된 문서 및 자료를 입력하게 된다. 입력된 자료는 사용자가 정의하는 서식에 따라 출력이 가능하도록 출력스키마를 적용하여 산출물을 출력하게 된다.

4.1 SELRT 정의 및 프로세스 구성

SELRT는 사업의 생명주기 관점에서 시스템엔지니어링의 기술프로세스, 프로젝트지원프로세스, 핵심기술관리 프로세스를 통합하여 적용할 수 있는 전산 기반의 통합 모델이다. SELRT의 운영구조는 그림 3과 같이 경량전철사업의 이해관계자로부터 수집한 요구(need) 및 각종 관련 자료를 활용하여 시스템엔지니어링 기술프로세스와 이들 주기에서의 핵심기술관리 프로세스, 프로젝트지원프로세스를 통합하여 수행하며, 필요에 따라 산출물의 형태를



[그림 4] 국내경량전철사업의 SE프로세스와 SELRT SE프로세스

변경하여 출력할 수 있다.

SELRT의 구성은 그림 4와 같다. 즉 기술프로세스는 이해관계자 요구사항정의프로세스 등 11개 프로세스로 구성되며, 그림 2에서 표현한 것처럼 선행프로세스의 출력물은 후행 프로세스의 입력물이 된다. 핵심기술관리프로세스는 성능통합관리 등 9개 프로세스로 구성되어 있으며, 사업의 특성에 따라 추가 또는 변경하여 구성할 수 있다. 프로젝트지원프로세스는 형상관리, 위험관리, 정보관리 프로세스로 구성되어있다.[4,6]

4.2 개발 방향

국내 경량전철사업의 시스템엔지니어링 현황과 향후 방향을 고려하여 SELRT개발 방향을 아래와 같이 설정하였다.

- 가. 경량전철사업 수행자관점에서 개발하며, 시스템엔지니어링 기술을 적용하는 공통 프로임 워크를 제공한다.
- 나. SELRT의 시스템엔지니어링 프로세스에 적용하는 표준 또는 자료의 기준은 다음과 같

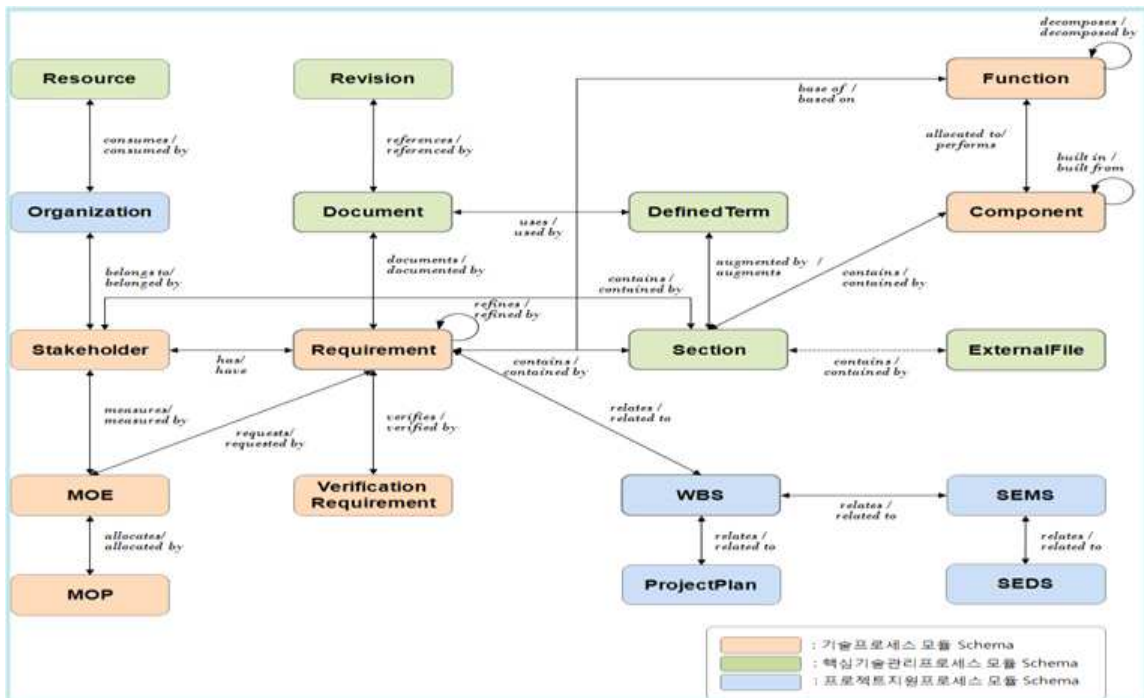
은 순으로 적용한다.

- 1) 해외진출을 고려하여 SE 표준규격 KS X ISO /IEC 15288과 INCOSE HDBK Ver.3.2을 조정하여 적용한다.
- 2) 상기 표준[2] 또는 핸드북[3]에 세부 사항이 정의되어 있지 않을 경우, 해당 핵심기술관리 프로세스와 관련된 국내외 규격을 조정하여 적용한다.
- 3) 해당 프로세스 관련 국내외 규격이 없을 경우 국내외 시스템엔지니어링 가이드 및 국내 경량전철 사업현장에서 수행하는 프로세스를 참고하여 적용한다.

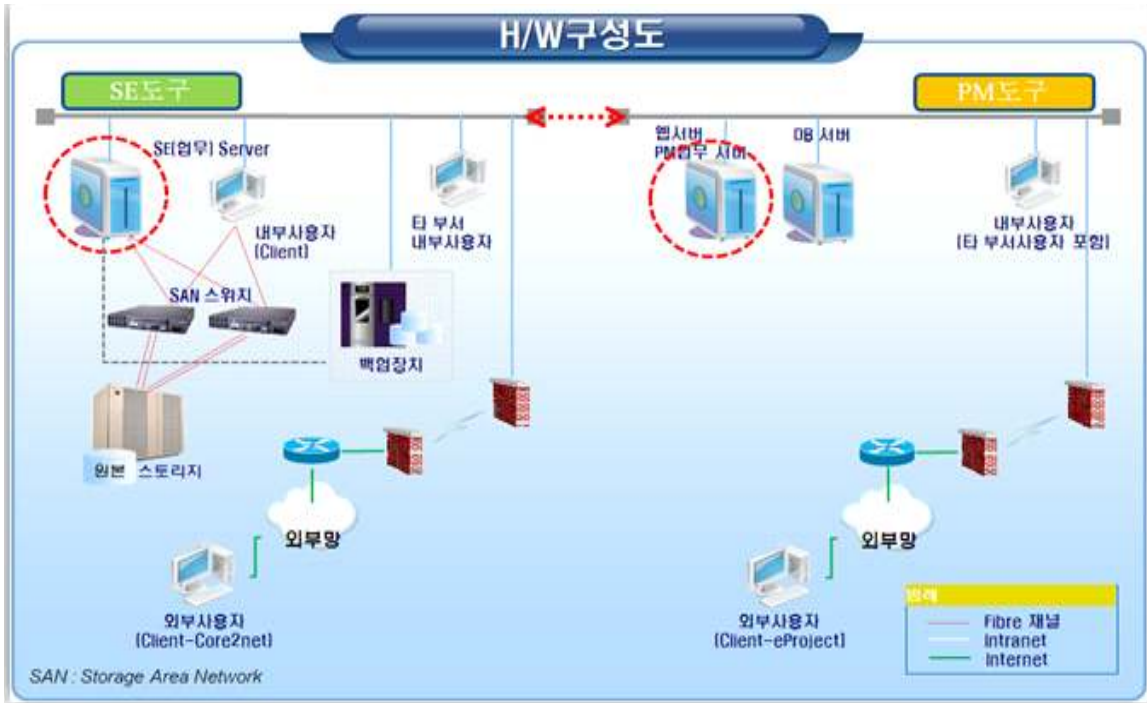
4.3 SELRT 설계

4.3.1 SELRT 통합 스키마

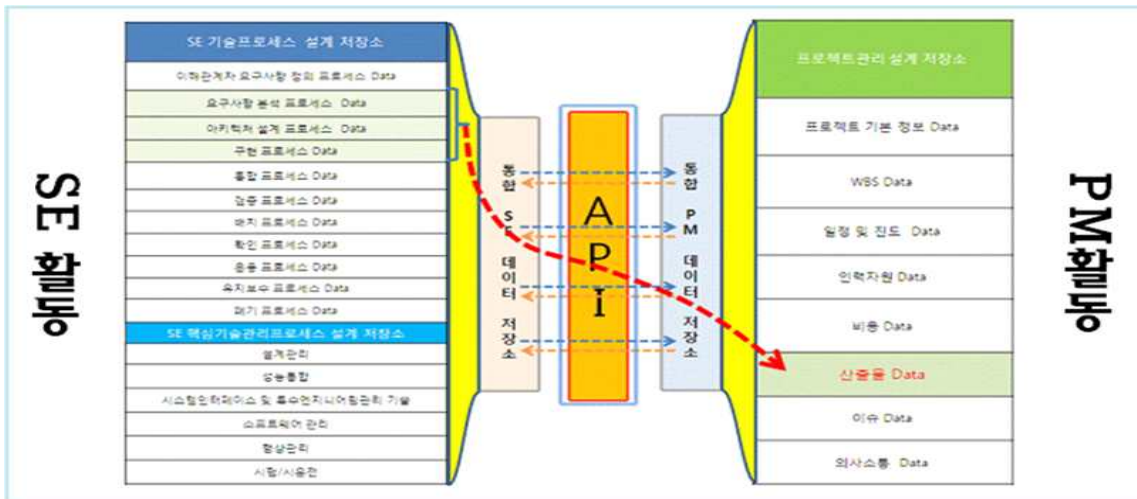
시스템엔지니어링 통합모듈 스키마는 경량전철사업의 시스템엔지니어링활동을 체계적이고 효율적으로 지원하기 위해 사용되는 시스템엔지니어링 전산모델의 데이터 구조이다. 통합스키마는 기술프로세



[그림 5] SELRT 통합 스키마[4]



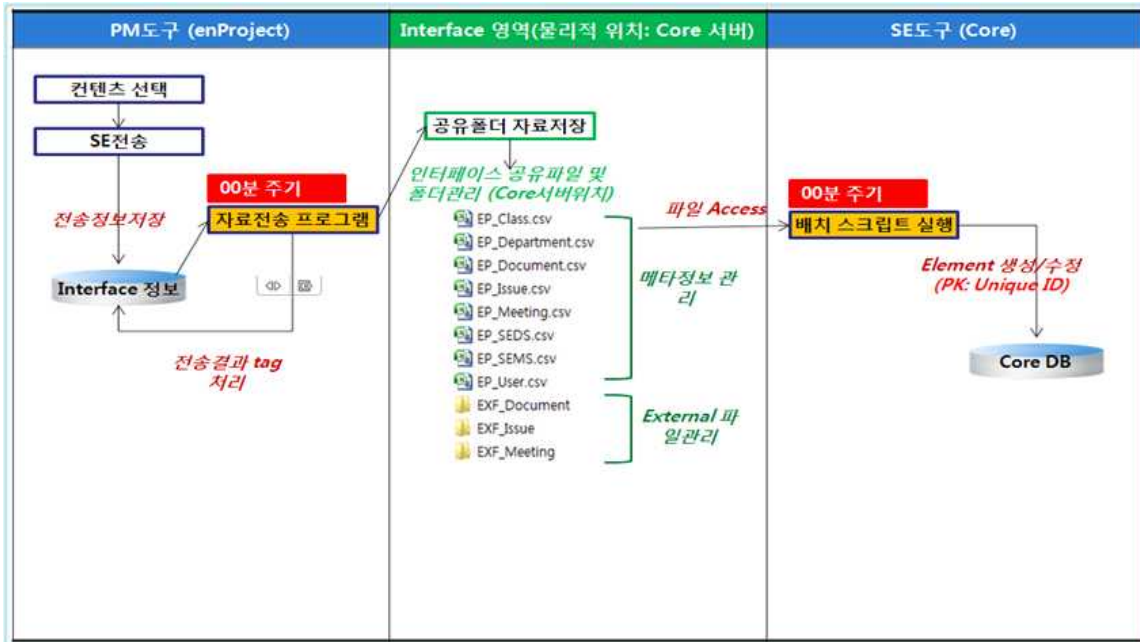
[그림 6] SE-PM 연계를 위한 하드웨어 구성도[1]



[그림 7] SE-PM 연계 운영개념[1]

스 중 이해관계자 요구사항 정의 프로세스와 요구사항 분석프로세스, 이들 주기에서의 핵심기술관리 프로세스, 프로젝트지원프로세스를 통합한 것으로 그림 5와 같다. 즉 기술프로세스에서 정의된 기능은 핵심기술기술관리 프로세스의 성능적인 요소와 관련되며, 성능구현과 관련된 리스크가 발생할 경우

프로젝트 지원프로세스와 연관성이 발생하게 된다. 이러한 복합적이고 통합적인 활동을 적절히 지원하기 위해 엘리먼트 클래스간 관계를 설정하고 각 엘리먼트 클래스의 속성을 정의한다. 통합스키마에 따른 구현사례는 4.4.1장에서 제시한다.



[그림 8] PM도구에서 SE도구로 정보 전송을 위한 설계[4]

4.3.2 SE-PM 연계 설계

경량전철사업에서 SE전산도구와 PM전산도구에서 생성되는 각종 기술 자료들이 별도로 관리되어 이들 자료들 간의 연계와 상호 활용에 상당한 문제점이 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 SE도구와 PM도구에서 생성되는 자료를 상호 연계가 가능하도록 하였으며, 생성된 정보는 생명주기에 따라 갱신된다. 이를 위해 그림 6과 같이 하드웨어를 구성하였다.

서로 상이한 구조를 가진 SE전산도구와 PM전산도구간 자료를 공유하기 위해 먼저 정보공유를 위한 자료목록을 정의하고 이들이 상호 연계 될 수 있도록 API(Application Programming Interface) 프로그램을 설계하여 적용하였다. 연계 운영개념도는 그림 7과 같다.

그림 8은 PM도구에서 SE도구로 자료 전송을 위한 인터페이스 설계이다. 즉 PM도구에서는 주기적으로 정보를 공유폴더에 전송하고, SE전산도구에서는 주기적으로 배치스크립트를 수행하여 통합저장소에 있는 정보를 SE도구에 저장하게 된다.

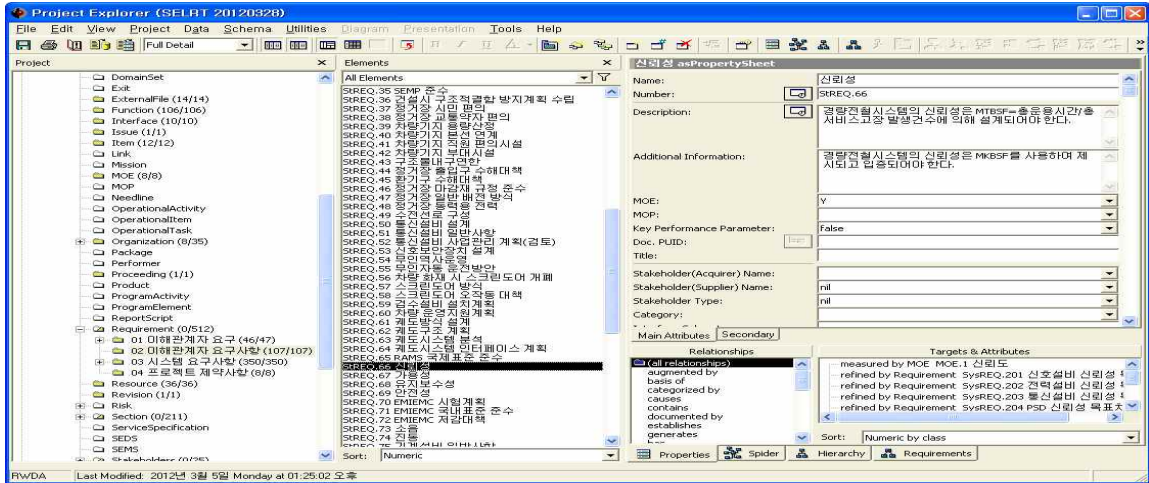
4.4 경량전철사업 개념단계에서 SELRT 적용

4.4.1 SELRT 통합 구현 사례

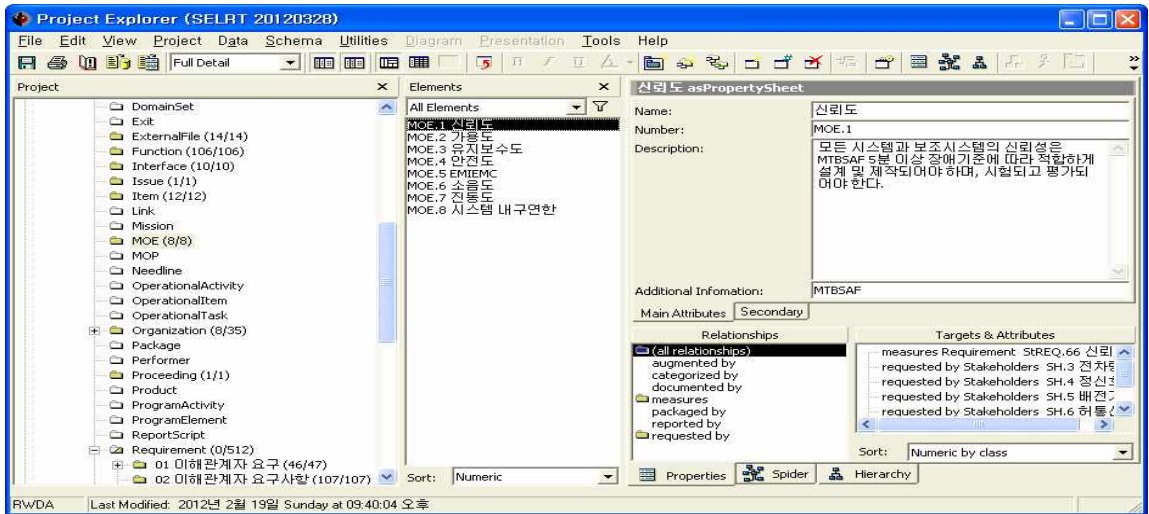
4.3장의 설계에 따라 국내에서 추진 중인 경량전철사업 ‘S’ 프로젝트의 원천문서를 사용하여 SE도구로 구현하였다. 그림 9.1에서 보는 것처럼 107개의 이해관계자 요구사항을 정의하였으며, 그 중 신뢰성에 대한 속성 정보가 표시되고 있다. 그림 9.2에서는 8개의 효과도 척도(MOE) 중 신뢰도가 정의된 것을 볼 수 있다.

신뢰도를 달성하기 위해서는 장치의 고장율이 확보되어야 하나 현재 미확보 된 것이므로 이를 Fig. 9.3의 엘리먼트(element)에 서술한다.

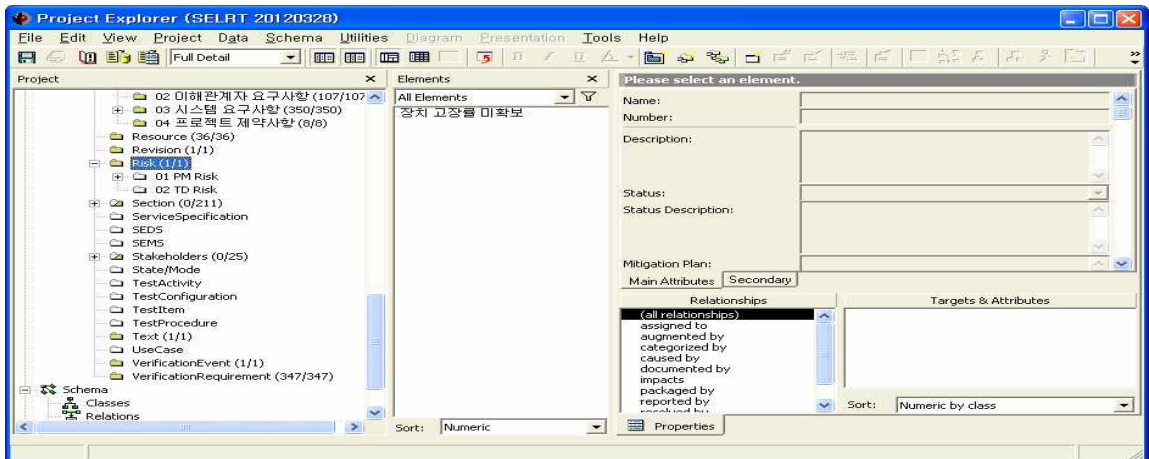
이러한 상황을 종합적으로 파악하기 위해 다이어그램(hierarchy diagram)을 생성하게 되면 리스크가 존재함을 볼 수 있으며, 동일 화면에서 리스크의 내용이 엘리먼트에서 볼 수 있는 구조가 된다.[그림 9.4]



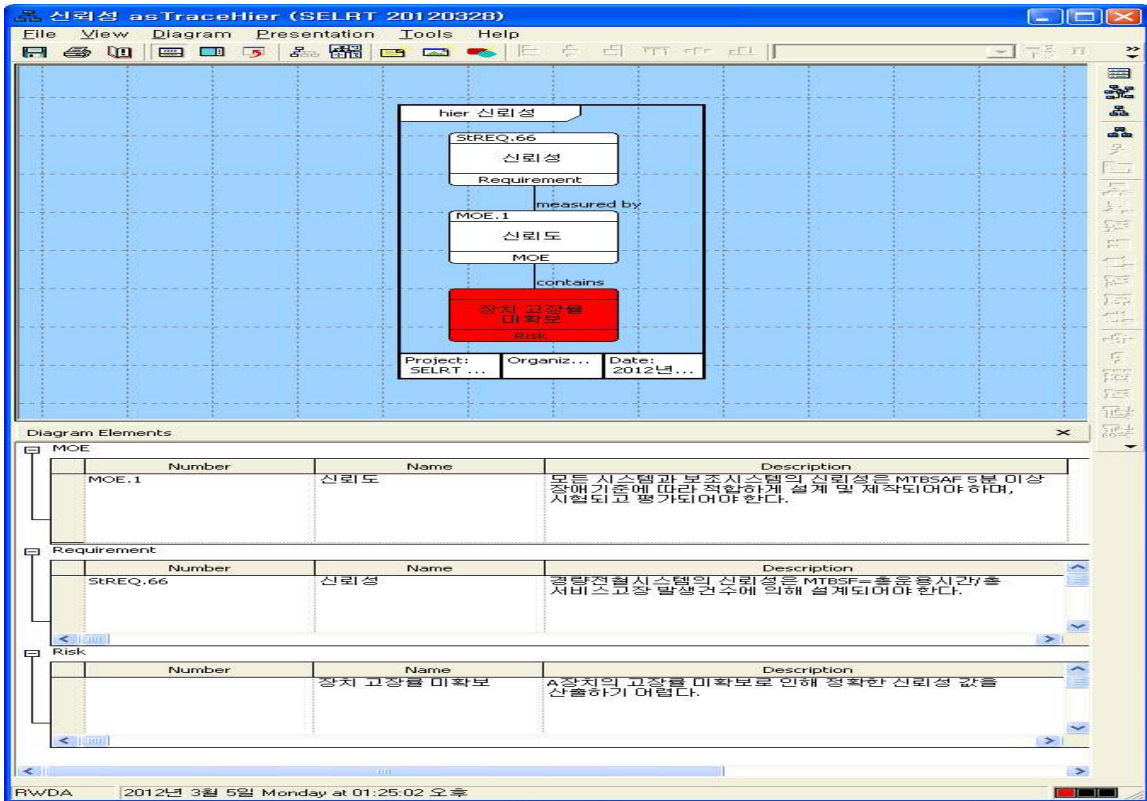
[그림 9.1] 이해관계자 신뢰성요구사항



[그림 9.2] 신뢰도 성능 정의



[그림 9.3] 리스크 서술



[그림 9.4] SELRT 구현 화면[4]

4.4.2 PM도구에서 SE도구로 이슈(Issue) 전송 하는 사례

PM 전산도구에서 SE 전산 도구로 자료 전송하기 위해서 PM도구에서 “SE” 전송버튼을 누르면 해당 이슈가 테이블에 저장되고 그림 10.1, 데이

터가 15분마다 자동 전송 실행된다.[그림 10.2] 전송된 데이터가 인터페이스 폴더에 .csv파일로 저장되고 그림 10.3, 15분마다 SE도구 스크립트가 자동 실행되어, 전송데이터를 확인할 수 있다.[그림 10.4]

[그림 10.1] PM도구 이슈 전송 화면(1)

ID	스케줄명	클래스 경로	실행 주기	실행 시간	예약조건 (분)	이벤트	최종 상태	삭제
1	PMS Notify	com.kip.web.common.schedules.SystemSchedule	주간	04:00		✓		☐
2	일간 일정 분석	com.kip.web.common.schedules.TimeAnalysisJob	일간	09:00		✓	✓	☐
3	주별 진행 분석	com.kip.web.common.schedules.ProjectAnalysis	일간	09:30		✓	✓	☐
4	사용자 기간별 통지 자동삭제	com.kip.web.common.schedules.NotifyClearSchedule	일간	00:00		✓		☐
5	EnProject(EPI) -> Core(SE) 데이터 전송	com.kip.web.common.schedules.EPISentSchedule	일간	00:00	15	✓		☐
6	Core(SE) -> EnProject(EPI) 데이터 전송	com.kip.web.common.schedules.EPReceiveSchedule	일간	00:00	15	✓		☐

[그림 10.2] PM도구 이슈 전송 화면(2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	인터페이스 단위 테스트	--)=/K#88@.;SFGV)%87)M	PM-SE데이터 전송 테스트 학습	Issue	P		Urgent	Closed	한석운	한국철도기술연구원
2	Issue_007	*#G1WGAD[V(X,F[박락 오바마 미국 대통령이 연설중에 국산 스마트폰	Issue	P		Urgent	Closed	한석운	한국철도기술연구원
3	Issue_008	P)6@LZZ]=5%\$NETU@3+W+\$	인력 증원을 요청합니다.	Issue	P		Urgent	Closed	김주욱	한국철도기술연구원
4	Risk_006	B[BPK=119MHKS4KR_KV#1	비용 초과 리스크, 비용 초과 리스크, 비용 초과 리스	Issue	P		Urgent	Closed	한석운	한국철도기술연구원

[그림 10.3] 전송된 화면이 .csv로 저장된 화면

Name:	인터페이스 단위 테스트
Issue ID:	--)=/K#88@.;SFGV)%87)M
Number:	
Description:	PM-SE데이터 전송 테스트 학습 프로세스에 입력하여 진행필요
Importance:	nil
Type:	Issue
Status:	Closed
Category:	Nil
Flag:	P
Assumptions:	
Alternatives:	
Decision:	[한석운]단위 테스트가 잘 진행되었음.
Rationale:	
Priority:	Urgent
Owner:	한석운
Owner Department:	한국철도기술연구원
Ender:	한석운
Ender Department:	한국철도기술연구원

[그림 10.4] SE도구에서 수신된 데이터 화면

5. 결론 및 향후 연구 방향

국내 경량전철사업에서 시스템엔지니어링의 적용은 국제표준 규격기반의 종합적인 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하기 보다는 시스템의 통합 및 인터페이스관리 관점에서 발주기관과 사업 수행 기관간의 협상에 의해 일부 수행하고 있다. 이러한 수행방식은 거대복잡 시스템인 경량전철을 효율적으

로 건설하는데 한계로 작용하고 있다. 본 연구에서는 시스템엔지니어링 전산도구와 프로젝트관리 전산도구를 활용하여 기술프로세스와 핵심기술관리프로세스, 프로젝트지원프로세스가 통합된 시스템엔지니어링 적용모델 SELRT를 제안하였다. 이는 국내 시스템엔지니어링 수행방식을 근본적으로 변화시키는 것으로 전산도구기반으로 체계적인 수행을 기본으로 하므로 문제예방과 문제발생시의 신속한

조치를 하는데 크게 기여할 것으로 판단된다. 본 모델은 사업의 종류 및 수행환경에 따라 조정하여 적용할 수 있다. 또한 국제 표준규격 기반으로 개발하였으므로 국내 실적을 활용하여 해외사업 진출시에도 사용할 수 있다. 향후 본 연구를 더욱 심화하여 SELRT의 스키마를 확장하고 사용성과 편이성을 더욱 향상하는 연구를 지속적으로 수행할 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 플랜트엔지니어링기술개발사업(경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용기술 개발)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 한석운 외, 경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용기술개발 1차년도 보고서, 한국철도기술연구원, 2011.5
- [2] KSX ISO/IEC 15288, Information Technology-Systems and software engineering-Systems life cycle process, 2009
- [3] INCOSE Systems Engineering Handbook Ver.3.2 INCOSE-TP-2003-002-03.2, 2010
- [4] 한석운 외, 경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용기술개발 2차년도 보고서, 한국철도기술연구원, 2012.5
- [5] 한석운, 김주욱, 최요철 등, 경량전철사업의 시스템엔지니어링 기술프로세스 연구, 2012년도 한국철도학회 춘계학술대회, 2012.5.18.
- [6] S.Y Han et al, Directions for the Application of SE to LRT Project, APCOSE 2011, 2011
- [7] S.Y Han et al, Issues on SE Application to Korean LRT Project, APCOSE 2011, 2011