시스템엔지니어링 수명주기를 고려한 도시철도 핵심장치 개발 전략

A Development Plan for Core System of Urban Transit based on System Engineering Process

한석윤* 김진호** 안태기** 이우동*** 신원식****

Han, Seok Youn Kim, Jin Ho, An, Tae Ki Lee, Woo Dong Shin, Won Sik

ABSTRACT

Urban transit is a large scaled complex system which combines rolling stocks, power supply, signal・communications, tracks & stations etc. KRRI develops nine key devices since July, 2007 as a part of the second phase of project on the standardization of urban rail transit system, which include information-communication system, station facilities, AC-DC current electric power system in urban transit. We promote the project under two directions, i.e. user-customer oriented standardization and strategic standardization for leading technologies in urban transit. In this paper, we present development plan of these key systems in view of system life cycle based on system engineering standards KSX ISO/IEC 15288 which supplies the common fundamental frame to describe the life cycle of artificial systems. System engineering process of KSX ISO/IEC 15288 are helpful to efficiently develop those key devices, although it is difficult to apply the standard identically to the key devices with the varieties and characteristics.

1. 서론

도시철도시스템은 차량, 급전, 신호통신, 선로, 역사설비, 운영시스템 등이 유기적으로 결합된 대형 복합시스템으로 많은 장치들로 구성되어 있다. 이러한 장치들은 기계, 전기, 전자, 토목, 정보통신, 재료 등의 요소기술을 필요로 하며, 이러한 복잡한 장치를 개발하기 위해서는 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하는 것이 효율적이다. 한국철도기술연구원에서는 2007년 7월부터 도시철도표준화2단계연구개발사업의 일환으로 도시철도 정보통신, 역사설비, 교・직전력시스템 분야에서 9개의 핵심장치를 개발하고 있다.〔1〕 본 연구에서는 이러한 핵심장치를 개발하는 프로세스로 시스템엔지니어링 규격인 KSX ISO/IEC 15288에서 정의하고 있는 시스템생명주기 프로세스 관점에서 검토한다.〔2,3〕 시스템엔지니어링은 “성공적인 시스템을 개발하기 위한 다분야의 종합적인 접근방법과 수단”으로 국제시스템엔지니어링협회에서 정의하고 있다. 본 연구에서 사용하는 규격 KSX ISO/IEC 15288은 인위적 시스템들의 생명주기를 설명하는 공통의 기본 프레임을 정립한 것으로서, 도시철도표준화연구에서 개발하고자 하는 다양한 핵심장치에 동일한 기준으로 적용하기에는 한계가 있으나, 시스템엔지니어링 프로세스 중 개발 장치특성에 맞게 조정하여 적용함으로서 효율적인 장치개발이 가능토록 할 것이다.

2. 도시철도 표준화와 핵심장치

도시철도 표준화2단계 연구개발사업에서는 도시철도법에 따른 표준규격, 성능시험기준 등 국가 기술기준을 연구하고 주요 핵심장치를 개발한다.〔1〕 개발하는 핵심장치는 정보통신분야에서 지능형종합감시시스템 등 2개, 전력분야에서 전력설비 온라인 수명예측시스템 등 3개, 역사설비분야에서 내진성능보강시

* 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단 수석연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단 선임연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단 책임연구원, 정회원

**** 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단 연구원

스템 등 4개의 핵심장치 기술이다. 개발한 기술은 도시철도운영기관에 적용하여 운영효율 향상과 비용 절감, 안전성 향상, 기업의 해외 수출 기반이 될 것이다. 또한 개발된 핵심장치의 연구결과는 표준규격 등에 반영하여 제품의 발주 및 성능확인 등에 활용할 수 있도록 할 예정이다.

2.1 핵심장치 개발 기본 방향

- 수용자・사용자 지향적인 기술개발
- 국가 기술을 선도하는 기술개발
- ISO, IEC 등 국제규격에 부합하도록 개발하여 해외 시장 진출 기반 확보

2.2 추진전략

- 국내외 규격 및 운영기관의 현장 여건 등을 충분히 분석
- 핵심장치 분야별로 운영기관 기술협의회를 구성하여 의견수렴 및 정보 공유 추진
- 기술의 최종 수요자인 운영기관을 협동기관 또는 위탁기관의 형태로 참여케 하여 연구의 활용을 촉진할 수 있도록 한다.
- 신기술인증을 추진하여 개발기술의 확산을 촉진토록 한다.
- 참여기관간의 역할을 적절히 분담하여 연구 성공의 확률을 높인다. 한국철도기술연구원에서는 선행연구, 개념설계, 목표사양 설정, 종합성능평가 등에 주도적인 역할을 수행하고, 협동기관은 상세설계와 제작 등에 전념한다.

3. KSX ISO/IEC 15288 규격의 시스템엔지니어링 생명주기관리 프로세스 〔2,3〕

3.1 적용목적 및 적용범위

1) 적용목적

이 규격은 인위적 시스템의 생명 주기를 설명하는 공통의 기본 프레임 워크를 정립한 것이다. 이 규격에서 정의된 생명주기 내에서 시스템을 개발, 사용 및 관리를 수행할 때 시스템 획득자 및 공급자 간의 합의를 구축하고 실시하는 공동의 틀을 제공함으로 거래 행위를 촉진한다. 선정된 프로세스는 시스템의 전 생명 주기를 통해 생명주기 단계들을 수행하거나 관리하는데 적용할 수 있다.

2) 적용 범위

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.

3.2 시스템엔지니어링 생명주기 프로세스

시스템생명주기는 시스템 생명주기 프로세스의 프레임워크를 구성하는 데 사용되며, 개념단계, 개발단계, 생산단계, 사용단계, 운용지원단계, 용도 폐기단계 와 같은 6단계로 구성한다. 생명 주기는 시스템의 특성, 목적, 사용, 지배환경에 따라 변한다. 따라서 시스템 생명주기는 무한히 다양한 단계를 가질 수 있다. 그러나 모든 시스템의 완전한 생명주기 내에는 근본적이고 본질적인 특유의 생명주기 단계 집합이 있다. 각 단계는 전체 생명주기에 대한 독특한 목적과 기여도를 갖고 있으며 시스템 생명주기를 기획하고 실행할 때 고려된다.

1) 개념설계 단계

새로운 사업기회를 평가하고 예비 시스템요구 사항과 가능한 솔루션을 개발하기 위해 수행하며 주요 산출물은 다음과 같다.

- 새로운 개념의 식별
- 시스템개념과 솔루션 평가
- 이해관계자 요구사항과 예비 시스템 요구사항의 준비 및 기준 설정
- 시스템 수명주기 모델 단계들의 산출물 정련

- 시스템 수명주기 모델 단계 동안의 리스크 식별, 평가 및 경감계획
- 시스템 수명주기 동안 필요한 생명주기 지원시스템으로부터 요구되는 서비스의 식별 및 최초 규격서
- 계속되는 단계의 수행 개념
- 개발단계의 완료 기준 및 계획
- 본 단계 및 시스템 생명주기 모델 상의 후속 단계 동안의 리스크 식별, 평가 및 경감계획
- 단계의 완료 기준 만족
- 개발 단계로의 이행 승인

2) 개발 단계

획득자 요구사항을 만족하고 생산, 시험, 평가, 운용, 운용 지원 및 폐기될 수 있는 대상 시스템을 개발하기 위해 수행되며 산출물은 다음과 같다.

- 평가 및 정련된 시스템 요구사항, 프로젝트 예산과 일정 베이스라인, 생명주기 총 소유비용 추정
- 하드웨어, 소프트웨어, 인간, 인터페이스(내부, 외부)로 구성된 대상 시스템 아키텍쳐
- 검증 및 확인문서
- 대상 시스템이 모든 이해관계자 요구 사항과 시스템 요구 사항을 만족하고, 생산, 운용, 운용지원, 폐기 가능하며, 이해 관계자를 위해 비용 효과적임을 확인
- 생명 주기 지원 시스템을 위한 요구 사항의 정련 및 기준설정
- 다음과 같은 것들을 포함하는 기술정보; 하드웨어 다이어그램, 도면 및 모델, 소프트웨어 설계문서, 인터페이스 규격서, 생산계획, 조작교범, 조작자용 교육 훈련 매뉴얼, 정비절차, 폐기 고려사항, 구축된 프로토타입이나 대상 시스템, 생산, 사용, 운용 지원 및 폐기 단계를 위한 정련된 산출물 및 비용 추정, 후속 생명 주기 단계에서 요구되는 생명주기 지원 시스템의 서비스정의, 생산 단계의 완료 기준 및 계획, 식별된 현 단계의 리스크와 결정된 경감 활동, 단계의 완료 기준 만족, 생산 단계로의 이행 승인

3) 생산 단계

제품을 생산 또는 제조하고, 제품을 시험하며, 필요에 따라 관련 운용 지원 시스템 및 생명주기 지원 시스템을 생산하기 위해 수행되며 산출물은 다음과 같다.

- 생산 능력의 품질 인증
- 생산 목표량 달성을 지원하기 위한 자원, 재료, 서비스 및 시스템 요소의 획득
- 승인 및 품질 인증된 생산 정보에 따라 생산된 제품
- 배포 채널이나 획득자에게 포장된 제품 전달
- 사용 및 운용 지원 단계의 완료 기준 및 계획
- 모든 후속 단계 수행을 위한 개선된 개념
- 식별된 현 단계의 리스크와 경감활동
- 획득자가 수락한 품질이 인증된 대상 시스템
- 단계의 완료 기준 만족
- 사용 단계로의 이행 승인

4) 사용 단계

제품을 운용하고, 의도된 환경에서 서비스를 공급하며, 운용효과를 지속적으로 보장하기 위해 수행되며 산출물은 다음과 같다.

- 대상 시스템 조작자가 되거나 운용 서비스를 공급할 유능하고 숙련된 인력
- 운용될 수 있고 지속적인 운용 서비스를 공급할 수 있도록 설치된 대상 시스템
- 서비스 목적에 부합하는지 확인하기 위한 성능과 비용 모니터링 및 평가
- 문제나 결함을 식별하고, 수정 조치의 필요성을 관련 조직(사용자, 개발, 생산, 운용 지원)에 통보

- 이해 관계자의 피드백을 통한 대상 시스템의 개선의 새로운 기회
- 용도 폐기단계의 완료 기준 및 계획
- 단계의 완료 기준 만족
- 용도 폐기 단계로의 이행 승인

5) 운용 지원 단계

대상 시스템의 지속적이 운용과 서비스를 가능하게 하는 물류, 정비, 운용 지원 서비스를 공급하기 위해 수행되며 산출물은 다음과 같다.

- 운용 지원 서비스를 공급하고 정비를 수행할 교육 훈련된 인력
- 문제 해결과 수정 활동을 책임질 운용 및 생산 조직과의 조직간 인터페이스
- 정비되고 잇는 제품과 서비스, 물류를 포함하는 관련 운용 지원 서비스를 운용처에 공급
- 제품과 서비스 정비, 수정된 설계 결함
- 운용 가용도 목표치를 만족시킬 수 있는 충분한 예비 부품 재고를 포함하는 모든 물류 지원
- 식별된 현 단계의 리스크와 경감 활동
- 운용지원 서비스의 종료 합의
- 단계의 완료 기준 만족

6) 용도 폐기 단계

대상 시스템, 관련된 운용 및 운요 지원 서비스를 폐기하고 용도 폐기 시스템 자체를 윤용 및 운용지원 하기 위해 수행되며 산출물은 다음과 같다.

- 용도폐기 서비스를 공급할 수 있는 숙련된 인력
- 건강, 안전, 보안, 사생활 보호 및 환경 법규에 따른 처분, 수리, 재활용을 포함하는 대상 시스템의 사용 중지
- 새로운 대상 시스템으로 서비스를 공급하기 위한 계획 및 절차
- 쓰레기 제거
- 최초의 상태나 합의된 상태로 복귀된 환경
- 보관된 요소들
- 운용진의 재할당, 재배치, 퇴직
- 단계의 완료 기준 만족

4. 시스템엔지니어링 생명주기 단계별 적용 계획

4.1 개요

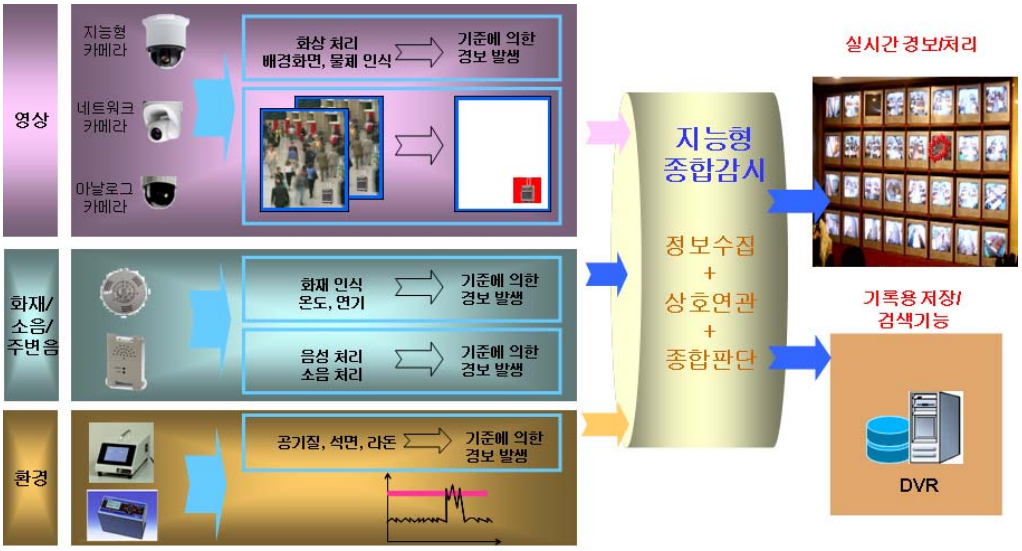
도시철도표준화2단계연구개발사업에서 개발하는 핵심장치는 장치의 규모 와 성격 등이 상이하여 3장에서 기술한 규격을 일률적으로 적용하기는 어렵다. 그러나 장치개발의 기본 프로세스를 시스템엔지니어링 규격을 기반으로 하여 개발 효율을 높이고자 한다. 본 장에서는 9개 핵심장치 중 시스템 요구사항이 복잡하고 어려운 지능형 종합감시시스템을 예로 검토한다.

지능형 종합감시 시스템은 한국철도기술연구원에서 선행연구를 1년간 수행하여 목표사양과 과제제안요구서(RFP)를 작성하였고, 이를 사용하여 한국건설교통평가원에서 '08.6월에 협동기관을 선정하였으며, '08.7.23 주관연구기관인 한국철도기술연구원과 협약을 체결하고 현재 기본 및 상세설계 중에 있다.

4.2 지능형 종합감시 시스템 [4]

(1) 개발 목표

지능형 종합감시 시스템은 도시철도 역사에 설치되며, 도시철도 서비스 구간 내 각종 사고를 예방하고, 사고 및 재난 발생 시 긴급 및 위험 상태를 지능적으로 감지하여 신속한 상황파악 및 대처를 통하여 피해를 최소화할 수 있도록 능동적인 지능형으로 개발한다. <Fig. 1>은 개발시스템의 개념 구성도이다.



<Fig. 1 지능형종합감시시스템 개념 구성도>

(2) 시스템 개발 범위

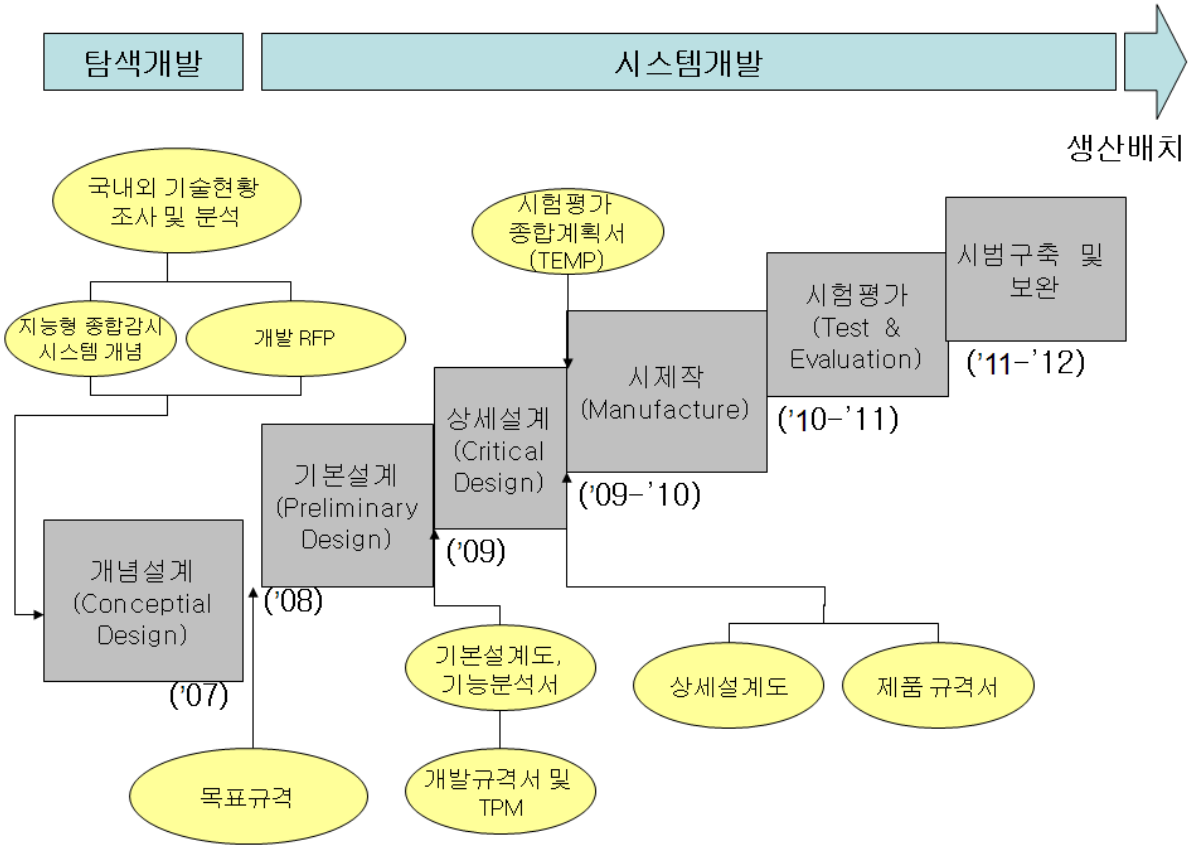
- 지능형 종합감시 시스템 표준설계
- 영상 및 센서 연동 지능형 종합 감시 시스템 개발
  - · 지능형 종합 감시 소프트웨어 개발 (역무실, 관리분소, 종합사령실 등)
  - · 지능형 카메라 및 비디오 제어기 개발
  - · 디지털 영상 저장 장치 소프트웨어 개발
- 현장 시범 구축 (역사 2개)

4.3 시스템엔지니어링 활동별 주요 업무

일반적으로 수행되는 시스템엔지니어링 활동별 주요 업무는 <Table 1>과 같으나 [6] , 지능형종합감시 시스템개발에 적용하기 위한 활동은 밑줄을 그어서 표시하였다. 도시철도표준화2단계연구개발사업을 착수하기 전 기획연구에서 시스템레벨의 장치개발을 확정하였고, 시제품으로 개발한 제품은 운영기관의 현장에 설치하여 종합시험평가 및 신뢰성 시험을 수행할 예정임으로 본 연구에서는 이를 고려하여 규격에서 정의한 단계별 업무를 조정하여 적용한다. 생명주기 단계별 주요 산출물은 <Fig. 2>에, 그리고 세부 활동별 일정은 <Fig.3>에 나타내었다. 각 단계에서 수행되는 시스템엔지니어링 생명주기내 기술프로세스는 이해관계자의 요구사항 정의 프로세스, 요구사항 분석 프로세스, 아키텍처 설계 프로세스, 구현 프로세스, 통합 프로세스, 검증 프로세스, 배치 프로세스, 확인 프로세스, 운용 프로세스, 정비 유지 프로세스, 폐기프로세스로서 필요에 따라 수행된다. [2,3] 프로세스의 입력은 바람직한 출력으로 변환되거나 변환을 지원 또는 통제할 수 있다. 이러한 입출력의 예는 <Fig. 4>와 같으며, [5] 지능형종합감시 시스템개발에서는 이를 참고하여 각 단계에서 조정하여 수행한다.

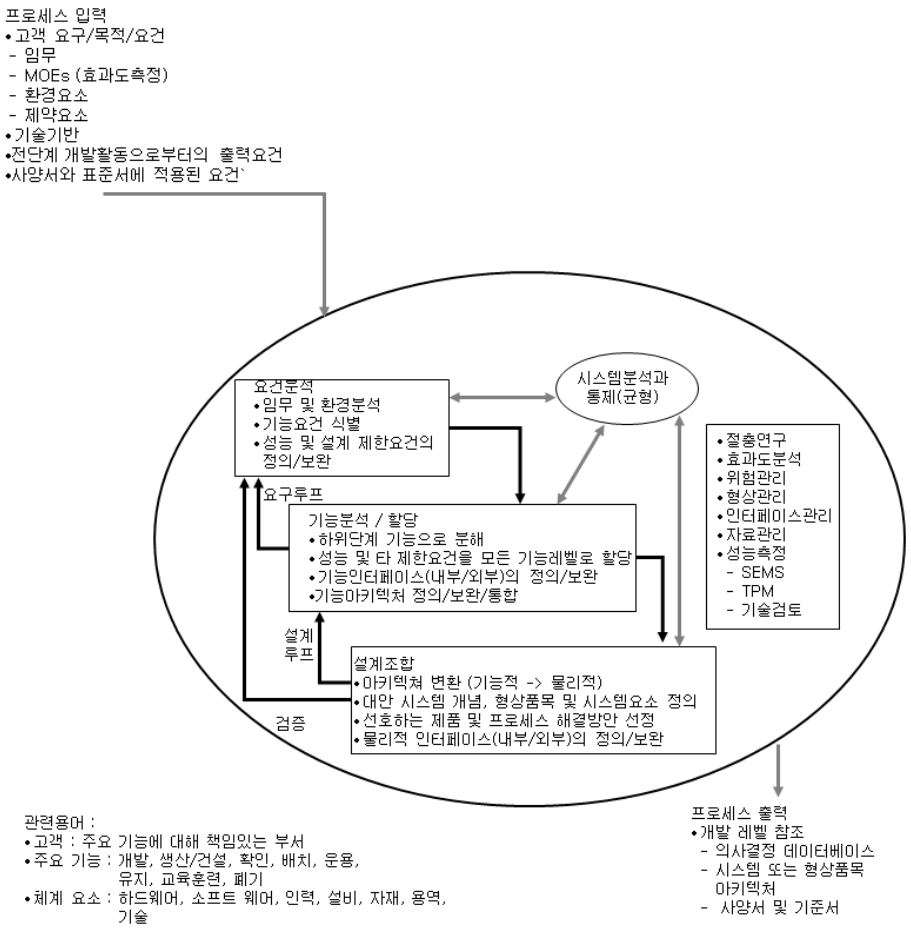
SE활동	입력사항	출력사항
1. 소요분석 및 타당성 분석 수행	고객요구사항문서, 적용기술정보보고서, 관련연구보고서, 설계지원 절충연구보고서	타당성분석결과서, 시스템레벨의사결정을 위한 절충분석보고서
2. 운용요구사항 및 정비지원개념정의	고객요구사항문서, 고객 규격 및 표준서, 타당성보고서, 설계지원절충연구보고서	시스템요구사항문서(운용요구사항 및 정비지원개념),시스템레벨의사결정 절충분석보고서, TPM 우선순위목록서, 시스템레벨 기능분석, 리스크 식별 및 평가 및 경감계획
3. 시스템 규격서 준비	적용기술정보보고서, 타당성분석보고서, 시스템요구사항문서(운용요구사항 및 정비지원개념), 시스템레벨의사결정 절충분석보고서, TPM 우선순위목록서, 시스템레벨 기능분석	시스템 규격서
4. 시험평가종합계획(TEMP)작성	시스템, 고객시험규격 및 표준, 시험요구사항목록서(개별분야시험요구사항)	시험평가종합계획서(TEMP)
5. SE관리계획서(SEMP)준비	고객요구사항문서, 고객프로그램규격 및 표준, 시스템요구사항문서(운용요구사항 및 정비지원개념), 시스템 규격서, TEMP, 시스템개발계획, 사업계획서(PMP)	시스템엔지니어링관리계획서(SEMP)
6. 기능분석 및 요구사항 할당 수행	시스템요구사항문서(운용요구사항 및 정비지원개념), 시스템규격서, 시스템레벨의사결정 절충분석보고서	기능분석보고서-FFBD(운용 및 정비기능), 시계열분석표, 요구사항할당표(RAS), 절충분석보고서, 시험요구사항도표, 설계기준서
7. 시스템분석, 조합 및 통합 수행	시스템요구사항문서, 고객규격 및 표준, 기능분석결과서, 시스템 규격서,SEMP, TEMP, 개별설계요구사항 프로그램기획	설계데이터, 시스템통합보고서, 공급자데이터, 절충분석보고서, 개별설계보고서(예측/분석)
8. 공식설계검토회의 계획 및 수행	PMP, SEMP, 관련설계데이터(도면,부품/재료목록, 데이터베이스), 절충분석보고서, 개별설계보고서(예층,분석 등)	설계검토회의보고서, 조치사항목록 및 책임자, 설계데이터 및 지원문서 승인
9. 시험평가 수행검토	TEMP, SEMP, 개별시험데이터 및 보고서	시스템시험평가보고서(종합성능시험 및 신뢰성 시험)
10. 설계 변경 수행 및 통제	형상관리데이터 및 보고서(설계기준기술), 엔지니어링 변경제안, 요구사항 및 활동변경통제	시행계획변경, 검증자료변경/보고
11. 생산/공급요원/고객서비스관리	시스템설계자료, 생산요구사항, 설계변경승인,시스템운용지원절차, 고객운용/시스템활용요구사항, 운용데이터/결함보고	운용데이터/결함보고서, 운용 중 고객서비스 보고서

<Table 1 생명주기 단계별 업무>



<Fig. 2 생명주기 단계별 주요 산출물>

<Fig. 3 지능형종합감시시스템 주요 개발 일정>



<Fig.4 시스템엔지니어링 프로세스> [5]

6. 결론

시스템엔지니어링의 원칙은 올바른 업무 정의와 정의된 업무를 올바르게 수행 하는 것이다[1].

시스템엔지니어링 시스템 생명주기 프로세스와 관련된 규격인 KSX ISO/IEC 15288(2005)는 이러한 관점에서 도움을 주는 규격이다. 이 규격의 준수여부는 2가지 관점에서 판단하도록 명시되어 있다. 첫 번째는 완전 준수이다. 이는 준수하려는 프로세스 세트가 어떤 것인지 선언하고 선언된 프로세스 세트의 모든 요구 사항이 만족되었음을 프로세스 이행결과물을 증거로 시연하였을 때이다. 두번째로는 조정준수이다. 이는 완전 준수에 미흡할 때는 조정프로세스에 따라 수정하여 하나의 프로세스를 구성하고 조정된 문안을 선언한 후 이렇게 작성된 프로세스의 요구 사항이 만족되었음을 프로세스 이행 결과물을 증거로 시연하였을 때 조정준수가 달성된다. [2]

따라서 본 연구에서는 도시철도표준화2단계연구개발사업에서 개발하는 핵심장치의 개발전략으로서 시스템엔지니어링 생명주기 규격의 개념을 적용하여 개발시스템의 완성도를 높이고자 하였다.

향후 본 검토에 따라 보다 세밀한 시스템엔지니어링 절차를 정립하고 적용하여 핵심장치를 성공적으로 개발할 것이다.

후기

본 연구는 건설교통부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.

1) Identify the right job and do the right job.

참고문헌

1) 한석윤외 3인, 도시철도표준화2단계연구개발사업 추진전략, 2007년도 한국철도학회 추계학술대회, 2007.11.8
2) KSX ISO/IEC 15288(2005), 시스템엔지니어링- 시스템 생명주기 프로세스
3) KSX ISO/IEC TR 19760(2005), 시스템엔지니어링 KSX ISO/IEC 15288(시스템 생명주기 프로세스)의 적용을 위한 지침
4) 한석윤, 안태기, 김진호, 이우동 외, 도시철도표준화2단계연구개발사업 1차년도 시설물표준화연구보고서, 한국철도기술연구원, 2008
5) 민성기,권용수 역, 시스템엔지니어링 입문, 문원출판사, 2002
6) 민성기, 시스템엔지니어링 매니지먼트, 시스템체계공학원, 2007