

무인운전경전철시스템의 효과적 운영을 위한 사업초기단계 SE적용방안

SE Application Methods of Pre-Business for Effective Operation of Driveless LRT System

정수영† 박수중* 민경세** 전서탁***
Su-Young Chung Soo-Choong Park Kyung-Se Min Seo-Tak Jeon

ABSTRACT

Recently, the demand regarding reliability and safety of the railroad are increased as built to Driverless LRT system. Therefore, PM and SE technique is applied for efficient management of a construction business. In case of SE(System Engineering) in domestic, most foreign companies are doing to lead but we are under effort for the environment that a domestic company can lead.

In this study, We emphasize to SE importance of pre-business for operation to be effective of Driveless LRT system, and propose about activities in the SE at requirements definitions and requirements analysis steps of a highest level. To achieve this, We propose SE Application Methods of Pre-Business regarding assistance process of project planning, evaluation and control, and risk management.

1.서론

최근 도시철도는 무인운전경량전철 시스템으로 건설됨에 따라 신뢰성 및 안전성에 대한 요구가 증가되고 있다. 이에 따라 건설사업의 효율적 관리를 위해 PM 및 SE기법이 적용되고 있다. 이중 국내에서 진행되고 있는 시스템엔지니어링 분야의 경우 대부분 해외기업이 주도적으로 수행하고 있는 현실이나 점차 벗어나 국내 기업이 주도적으로 수행할 수 있는 환경을 마련하고자 노력중이다.

본 고는 무인운전 경량전철시스템의 효과적 운영을 위하여 사업초기단계의 SE중요성을 강조하여 시스템엔지니어링 프로세스 최상위 수준의 개념단계 와 요구사항정의 및 요구사항분석단계에서의 SE활동방안에 대해 말하고자한다. 이를 위해 SE 기술프로세스 및 핵심기술관리프로세스 중심으로 프로젝트 계획, 평가 및 통제, 그리고 위험관리 등의 프로젝트 지원 프로세스에 대한 사업초기 활동에 대해 적용방안을 제시하였다.

† 서울메트로 신사업 본부장
* 서울메트로 철도사업처 SE팀
** 서울메트로 철도사업처 SE팀
*** 서울메트로 철도사업처 SE팀

2. 무인운전 경량전철의 초기단계 SE적용 필요성

무인자동운전 경량전철은 차량, 신호, 통신, 전기, 토목, 궤도, 운영 등이 유기적인 통합 및 인터페이스를 통해 효율적인 관리가 매우 중요하다. 유럽을 비롯한 철도 선진국들은 엔지니어링 기술력을 바탕으로 시스템엔지니어링(SE : Systems Engineering) 기반의 프로젝트 수주 등 세계시장을 선점하고 있다.

[표 1. 국내 경량전철 SE 적용사례]

구 분	부산-김해 경전철	인천 2호선	용인 경전철	의정부 경전철	부산 4호선
차 종	AGT (철제차륜)	AGT (철제차륜)	LIM	VAL (고무차륜)	K-AGT (고무차륜)
성능관리	○	○	○		○
설계관리	○	○	○	○	○
인터페이스 관리	○	○	○	○	○
RAM관리	○	○	○	○	
안전성관리	○	○	○	○	
EMI/EMC관리	○	○	○		
소음/진동관리		○	○		
형상관리	○	○	○		○
소프트웨어관리	○	○	○		
시험 시운전관리	○	○	○	○	○
외국사	디아폴로니아	디아폴로니아	봄바르디어	지멘스	코벨코
국내사	현대로템	현대로템	-	-	우진산전

국내 경량전철 사업 경우 실질적인 기술기반과 실무경험이 미흡하여 외국사의 하도급 수준이다. 이에 따라 SE 기술기반 자립 및 해외 턴키베이스 진출 등을 위해 기술력 확보가 절실한 실정이다. 국내에서 수행한 경량전철 사업의 SE 활동은 사업 목표달성과 성능을 보증하기 위한기본/상세설계, 제작, 설치 및 시운전, 인도단계에서 성능관리, RAMS, 설계관리, 인터페이스 관리 등의 핵심관리영역을 적용하였다. 경량전철 사업은 막대한 예산이 투입되는 대규모 인프라 사업으로 건설 후에도 지속적인 유지보수가 요구되는 바, 건설 초기 단계에서부터 운영, 용도폐기에 이르기까지 생명주기 관점에서 추진하는 것이 세계적인 추세이다.

올바른 SE 활동을 하기 위해서는 프로세스 정립이 매우 중요하다. 이는 국내 경전철 건설사업에 적용되었던 핵심기술관리 위주에서 벗어나 해외 진출기반 구축을 위하여 국제적으로 규격화된 ISO/IEC-15288 생명주기 프로세스를 표준으로 활용하여 기본 틀을 형성하고, 국내외 경량전철 및 철도분야에 적용된 사례를 면밀히 검토하여 INCOSE Handbook 3.2에서 제시하는 기술프로세스의 내용 및 특징을 근간으로 하여 체계적으로 정리하여 무인운전 경량전철 시스템 초기단계부터 생명주기에 적용할 수 있는 템플릿을 정의하고 개발하여야 한다.

또한 전체 생명주기비용(LCC : Life Cycle Cost)이 절감 효과와 일정지연감소, 품질향상을 위해서는 ISO/IEC 15288생명주기 프로세스 기반으로 경량전철사업이 추진되어야 하며, 무인경량전철을 기반으로 하는 핵심기술관리 (설계관리, 성능통합관리, 인터페이스관리, RAM관리, 안전성관리, EMI/EMC 관리, 소음/진동관리, 시험/시운전관리)등을 ISO/IEC 15288생명주기 프로세스 각 단계에 맞게 수행할 수 있는 모델 또한 개발되어야 한다.

3. 생명주기 프로세스

ISO/IEC 15288 "System Life Cycle Process"는 시스템 전체 생명주기 동안 수행되어야 할 업무들을 기술하고 있는데, 하드웨어와 소프트웨어 분야에 공통적으로 적용 할 수 이쁜 새로운 프로세스 표준에 대한 요구에서 비롯되었다. 1990년대 접어들면서 가 산업분야는 고유의 용어로 시스템엔지니어링 프로세스를 발전시켰으나, 시스템 규모가 대형화되고 복잡화 됨에 따라 통합 표준의 부재는 많은 문제를 야기하게 되었다. 이를 해결하기 위해 18개국의 전문요원들이 1994년부터 국제표준프로세스 개발에 착수하였으며, 2002년 8월 완성하여 ISO/IEC15288를 발표하였다.

기존의 ANSI/EIA632 규격은 시스템 개발을 위한 엔지니어링 프로세스를 중심내용으로 하고 있는 반면, ISO/IEC 15288는 하드웨어, 소프트웨어, 인간, 프로세스, 절차(procedure), 설비, 자연 자원 등으로 구성되는 모든 인공(man-made) 시스템에 대해 개념, 개발(설계), 생산(제작), 운용, 운용지원(유지보수), 용도폐기로 구성되는 6단계 생명주기모델을 제시하고 있다. 이러한 생명주기 모델에 상응하는 프로세스는 시스템을 단일 시스템이 아닌 복합시스템 관점으로 제시하며, 전체적인 관점에서 개발위험완화, 시스템엔지니어링 및 시스템 관리, 그리고 모든 조직과 모든 수준의 시스템 수명주기를 관리할 수 있는 포괄적이고 통합적인 틀을 제공하고 있다.⁴⁾ ISO/IEC-15288의 시스템 생명주기 프로세스는 [그림4]와 같이 합의프로세스, 엔터프라이즈 프로세스, 프로젝트프로세스, 기술프로세스의 4개 분야에 각각 고유의 목표(Goal)를 갖는 25개의 하위 프로세스로 구성되어 있다.⁵⁾



[그림 2. ISO/IEC-15288 프로세스]

ISO/IEC-15288의 시스템 생명주기 프로세스에서 기술프로세스는 이해관계자 요구사항을 정의하고, 요구사항 분석, 아키텍처 설계, 구현, 통합, 검증, 배치, 확인, 운용, 유지보수, 용도폐기 등 11개 세부 프로세스로 구성되어 있으며, 각 프로세스에 대한 정의와 관련 요소들(입력물, 통제, 출력물, 지원매커니즘)에 대한 서술을 통해 각 프로세스를 구체화하고 있다. 통제에는 지시 및 제약사항 그리고 정부의 규제 및 법률에 의해 통제될 수 있는 적용규칙(법규), 산업표준, 계약서, 프로젝트 절차서(표준), 프로젝트 지침서 내용으로 구성된다. 지원 매커니즘은 프로세스와 관련된 수행조직, 프로세스에서 요구되는 설비, 장비, 자원, 프로세스 활동을 수행하기 위해 필요한 도구 및 절차 등이 지원된다.

4. 생명주기프로세서와 핵심프로세서의 조합 방안

ISO/IEC 15288생명주기 기술프로세스는 경량전철시스템으로 전체적인 관점에서 개발위험 완화, SE 및 시스템관리, 그리고 모든 조직과 모든 수준의 시스템 생명주기를 관리할 수 있는 포괄적이고 통합적인 프로세스이며, 이해관계자정의 프로세스부터 요구사항분석 프로세스 등 11단계로 구성되어 각 단계마다 입/출력물 및 통제, 지원매커니즘 등 활동 및 업무를 정의하고 있다. 핵심기술프로세스는

4.1 RAM과 생명주기프로세스

IEC 62278은 경량전철시스템의 개념설계부터 제작, 시운전, 유지보수 폐기에 이르기까지 14단계로 분류하고 RAM관리를 위한 절차와 검증방법을 규정하고 있다. 따라서 ISO/IEC 15288생명주기 프로세스와 IEC 62278의 RAM 규격은 생명주기 관점에서 프로세스를 정의하고 있는 것은 동일하다.

구 분		개념	개발			제작				운영	운영 지원	폐기
		요구 사항 정의	요구 사항 분석	아키텍처 설계	구현	통합	검증	배치	확인	운용	유지 보수	용도 폐기
R A M 관 리	개념	개념설정	o									
		시스템정의 적용조건	o									
	기본설계	시스템요구사항		o								
		시스템요구사항의 배분		o								
	상세설계	설계와 구현			o							
	제작시공	제조				o		o				
		설치					o	o	o			
	시험시운전	시스템 검증						o				
		시스템인수								o		
	운용유지보수	운영과 유지보수								o	o	
		성능감시									o	
		수정과 개조									o	
	용도폐기	해체와 폐기										o

[표2]는 ISO/IEC 15288생명주기 기술프로세스 단계와 IEC 62278 RAM절차를 맵핑하였다.

개념 단계

개념단계는 이전에 달성된 RAM 성능 검토 및 프로젝트의 RAM 관계를 고려하여 경량전철시스템의 관리 개념을 계획하고, RAM과거 경험 데이터 평가 및 예비 RAM 분석 수행하여 RAM 정책의 설정하여 장기 운용 및 유지보수 조건 및 기존 설비의 제약 조건을 식별한다. 또한 개념 단계를 통해 생성된 정보 및 문서를 요약하여 경량전철시스템의 RAM 관리 개념서를 작성한다.

개발(설계) 단계

시스템요구사항으로부터 경량전철시스템의 RAM 요구사항을 식별하여 RAM 수용 기준 및 시스템의 기능적 구조의 정의하고, RAM 프로그램 및 관리계획을 수립하며, 시스템 요구사항을 하위 시스템 및 부

품에 할당하고 RAM 수용 목표치를 정의한다. 신뢰성, 가용성, 유지보수성 요구사항과 최적 유지보수 정책 및 예비품 지원을 포괄하여 검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 RAM 프로그램을 구현하고 RAM 프로그램 및 공급자관리에 착수 하여, 하위 시스템 개발 조직의 RAM 정의 활동 업무를 지시하고 관련 문서에 대한 검토 등의 관리 업무를 수행한다. 또한 주요 의사결정과 관련된 RAM 예측 데이터 및 분석 보고서를 승인하고 관리한다.

제작(생산) 단계

총괄적 RAM 환경적 스트레스 검사 및 RAM 개선시험을 수행하고 고장 보고 및 사후 조치 시스템 (FRACAS)을 개시 한다. 또한 유지보수 직원교육을 실시하고 예비부품 및 작업공구를 확보한다. 시스템 검증은 시운전을 포함하여 RAM입증 수행하며, 시스템 인수단계에서 RAM입증 평가를 수행한다.

운영 및 운용지원 단계

예비품과 작업공구의 상시 조달계획을 수립하고 상시 신뢰성 중심의 유지보수 세부 계획지원 실행하며, RAM통계량 수집, 분석, 평가, 사용한다. 또한 변경과 개선을 위한 RAM 관련 사항 고려하여야 한다.

용도폐기 단계

용도폐기 단계에서 특별한 활동은 정의되기 어려우나, 경량전철 차량시스템의 서비스가 정지되고, 용도 폐기 과정에서 RAM 활동과 관련된 문서 및 RAM 운용데이터를 기록하고 보관한다. 이러한 활동이 종료되면 RAM 관리 프로세스 또한 종료된다.

4.2 SOFTWARE와 생명주기프로세스

소프트웨어 관리는 통상 서브시스템 소프트웨어 기반을 구성하는 차량, 신호, 전력, 통신, PSD, 검수 분야에 대하여 KS X 2206-1989 소프트웨어 문서화 관리지침에 의하여 업무가 적용된다.

구 분		개념	개발			제작				운영	운영 지원	폐기	
			요구 사항 정의	요구 사항 분석	아키텍처 설계	구현	통합	검증	배치	확인	운용	유지 보수	용도 폐기
소프트웨어 관리	개념	소프트웨어 요구사항 정의	o										
		소프트웨어 관리계획 수립	o										
		소프트웨어 요구사항 분석		o									
		소프트웨어 요구조건 사양서		o									
	설계	소프트웨어 설계 및 구매 사양서			o								
	제작	소프트웨어 제작 및 구매				o	o						
	시험 시운전	공장시험					o	o					
		설치 및 연동시험						o	o				
		시스템 통합시험							o	o			
	운용 유지보수	운용 유지보수								o	o		
	용도폐기	해체와 폐기											o

소프트웨어 관리계획은 적절한 관리활동 및 감사활동을 통해 본 사업에서 납품되는 각 시스템들의 운용 소프트웨어의 개발 및 구매 과정을 통제하여 필요한 요구기능들이 누락되지 않고 각 요구기능들이 적합하게 구현이 되어 시스템 운영상 문제가 없도록 하기 위해 수립되는 계획이다.

이러한 주요 수행 관리 방향은 소프트웨어 관리 적용규격, 소프트웨어 관리 조직 및 업무절차 정의, 소프트웨어 관리대상 및 문서 파악, 소프트웨어 보증 및 입증, 통합 및 시험, 소프트웨어 검토 및 품질감사, 소프트웨어 형상관리 등의 업무를 각 단계별로 시행하여 관리하게 된다.

또한, 모든 소프트웨어 제품에 대해 소프트웨어 개발현황을 파악하며, 서브시스템 소프트웨어에 대한 전반적인 관리 및 안전성 중요”소프트웨어에 대하여 조정 및 관리하여야 하며, 소프트웨어 안전성과 관련된 전반적인 책임과 시스템 부문의 안전성과 관련되지 않은 소프트웨어 안전성에 대하여도 각 부문을 관리한다.

5. 결론

전체 생명주기비용(LCC : Life Cycle Cost)이 절감 효과와 일정지연감소, 품질향상을 위해서는 ISO/IEC 15288생명주기 프로세스 기반으로 경량전철사업이 추진되어야 하며, 무인경량전철을 기반으로 하는 핵심기술관리 (설계관리, 성능통합관리, 인터페이스관리, RAM관리, 안전성관리, EMI/EMC 관리, 소음/진동관리, 시험/시운전관리)등을 ISO/IEC 15288생명주기 프로세스 각 단계에 맞게 수행할 수 있는 매트릭스 및 방안을 사업초기에 정의 적용하여야한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 실시한 플랜트 엔지니어링 원천기술개발사업 “경량전철 시스템 및 운영 고도화를 위한 시스템 엔지니어링 적용기술개발” 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

* 참고문헌

1. KS X IEC 62278(2004년) 철도용 전기 설비의 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성(RAMS)관련 시방서 및 설명서
2. 무인경량전철 시스템의 효과적인 운영을 위한 RAMS적용 연구(2010년) 박사논문 한석인 14~29P
3. 플랜트엔지니어링 원천기술개발사업 "경량전철시스템 및 운영고도화를 위한 시스템엔지니어링 적용 기술개발"사업 1차년도 보고서 216~217P
4. KS X ISO/ IEC 15288(2009년), 정보- 기술-시스템 및 소프트웨어 공학-시스템 생명주기 프로세스
5. KS X 2206-1989 : 소프트웨어 문서화 관리지침