

신규고속철도차량(KTX-II)의 시스템엔지니어링 적용

차재환^{1)†}, 정인수^{2)*}, 조광우^{1)**},
코레일 차량기술단¹⁾, 코레일 연구원, ²⁾

KTX-II development using systems engineering

Jae-hwan Cha¹⁾, In-soo Chung²⁾, Kwang-Woo Jo¹⁾

1)Engineering Headquarters Rolling Stock, 2-1504 Daejeon Government Cpmplex 139 Seonsa-ro Seo-gu Daejeon 302-701, Korea

2)KORAIL Research Institute, 2-1504 Daejeon Government Cpmplex 139 Seonsa-ro Seo-gu Daejeon 302-701, Korea

(Received / Accepted)

Abstract : As a supply contract for 100 new high-speed rolling stocks (KTX-II) was made 8th June 2006, System Engineering process has been applied to introduce the high-speed rolling stocks successfully and to manage the total life cycle systematically from Pre-concept Phase, Contract Phase, Preliminary and Critical Design Review, Production, Test and Verification, Acceptance and Operation to assurance for a flaw.

1. 서 론

1.1 시스템엔지니어링 도입배경

2006년6월8일 신규고속차량(KTX-II) 100량 도입계약이 체결됨에 따라 신규고속차량의 성공적인 도입사업을 위하여 개념단계이전부터, 계약, 기본설계 및 상세설계, 제작, 시험 및 검증, 인수 및 운용, 하자보증까지 전 수명주기를 체계적으로 관리하기 위하여 시스템엔지니어링 프로세스가 적용되었다.

2004년4월1일 세계 다섯 번째로 KTX가 개통되어 현재 성공적으로 상업운행이 진행되고 있으나 도입단계의 시스템엔지니어링 프로세스 관리를 살펴보면 성공적인 사업관리라고 보기 힘들다. 1994년6월 프랑스 ALSTOM(국내 EUKORAIL)과 한국고속철도건설공단(백텔사 컨설팅)에 의해 고속차량 KTX 도입사업이 진행되었으나, 고속철도 선로건설 및 기타 공정 지연으로

1991~2010년까지 사업비 당초 약 5조8,400억 원에서 여러 번의 사업계획 수정 후 약 18조4,358억 원으로 당초 계획보다 사업비는 3.2배, 사업기간은 6년에서 최종 18년으로 연장되어 전체 프로젝트가 종료되는 것으로 보고되었다. 이는 선진국의 연구사례와도 같이 시스템엔지니어링과 같은 매니지먼트 계획 없이 프로젝트를 수행한 경우 성공률이 불과 15%에 머물고 나머지 85%는 사업이 실패하거나 비효과적인 성공을 할 수 밖에 없다고 분석되었다.

이에 코레일은 KTX-II 도입사업을 위하여 차량시스템 각 분야의 전문가 그룹을 구성하여 진행하였는데 2005년 신규고속차량 전

* 교신저자 : chungis@hanmail.net

** 교신저자 : jo3681@paran.com

담 팀(Task Force Team)인 “고속철도차량개발팀(T/F)”을 조직하였고 2007년 “KTX-II 운영준비팀”을 추가로 조직하여 고속차량 기술 사양 결정부터 운용 및 하자보증까지 전반적인 엔지니어링 및 제작기술을 체계적으로 관리토록 하였다.

고속차량 개발 업무실행 결과자료를 사업 초기부터 완료 시까지 이력관리토록 하였으며 모든 사업관리 프로세스를 공사내부 절차화 또는 계약자와 업무 프로세스를 표준화하여 사업을 진행토록 하였다.

1.2. KTX-II 도입과정

KTX-II 도입사업은 2004년3월 국가물류체계 개선대책 정부합동발표의 “'06말 전라선 익산~순천간 전철완공 후 '07년부터 고속열차 운행예정”보고 이후 '04.6월~'05.03월까지 고속차량시스템선정 관련 공사 내·외부 전문가 의견을 수렴하여 '05년5월 신규고속차량 사양을 결정하였다. '05.10월 이후 신규고속차량 100량 입찰공고 1차, 2차 과정을 거쳐서 '05.11월~12월에 (주)로템과 유코레일이 입찰하여 기술평가를 시행하여 (주)로템을 우선협상대상자로 선정하였으며 '05.12~'06.1.26까지 기술협상을 통하여 기본 기술사양에 대하여 협의하였고 '06.2월~6월3일까지 고속차량제작 설명서를 제정하여 신규고속차량 도입사업 기술사양을 구체화하여 '06년6월8일 (주)로템과 KTX-II 100량 도입사업 계약을 체결하였다. '06.9월부터 '07.2월까지 계약수행계획, 기본설계가 진행되었으며 '07년2월부터 12월까지 상세설계 기술검토가 진행되었고 '08년1월부터 현재까지 형식시험, 완성차시험이 진행되고 있으며 향후, 2008.11월부터 출고검사, 인수시험, 인수검사를 완료하고 2010년6월말까지 100량을 납품완료 할 일정으로 사업이 진행되고 있다.

신규고속차량 추가도입 사업은 현재 KTX-II 100량 2006년6월 도입계약에 이어서

KTX-II 90량이 2007.12월, KTX-II 50량 도입 계약은 2008.12월에 계약체결 되었으며, 2009년 이후에도 KTX-II 도입은 360량 이상 지속적으로 진행될 예정이다.

2. 시스템엔지니어링 적용

2.1 시스템엔지니어링 수명주기

KTX-II 도입사업의 시스템엔지니어링 개발 수명주기 주요 적용단계를 살펴보면 2004년부터 2006년까지 2년에 거쳐 사전개념단계(Pre-concept phase)를 가지면서 신규고속차량 도입사업의 기술사양을 충분히 검토 및 반영하여 신규고속차량 기술사양을 결정하였으며, 개념탐색(CE; Concept Exploration)단계에는 기술협상 및 가격협상, 제작설명서 제정을 통해 고속차량 운영자의 충분한 요구사항을 반영토록 하였다. 프로그램정의 및 위험감소 단계(PD&RR; Program Definition & Risk Reduction)에서는 계약수행계획, 형상관리 및 도면관리계획, 설계도서 제출목록, 프로젝트 리스크관리계획, RAMS 계획 및 입증계획, 디자인 결정, 객실시설배치, 시스템개념설계 등 기본설계가 진행되었으며, 엔지니어링 및 제조개발(EMD; Engineering & Manufacturing Development) 단계에는 차량시스템 상세설계, 시뮬레이션, 형식시험, 완성차시험, 제작, 제작검정 등이 진행되어 제작 및 시험과정에서 사용자의 요구조건이 명확히 검증 및 확인 후 제작되도록 하였으며, 생산현장배치 및 운용지원(PFD,O&S; Production

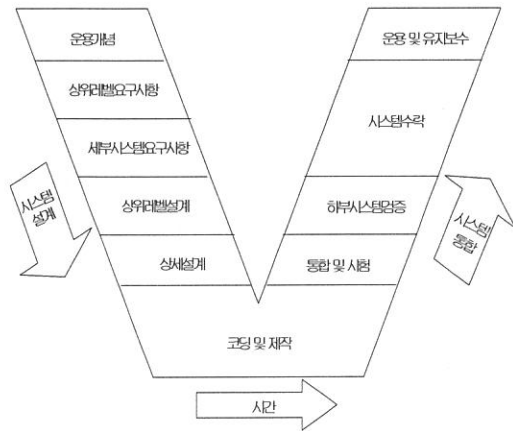
Fielding/Deploying, Operational & Support) 단계에서는 고속차량 출고검사 후 인수시험(정적,동적)을 시행하고 인수검사를 완료 후 고속차량을 인수하여 상업운행을 시행하며, 납품 후 3년 또는 상업운행 후 2년 중 긴 기간 동안 하자보증을 시행하며, 하자보증 중에 RAMS 목표치를 입증하여 설계검증도록 하며 운용요원에 대한 교육훈련은 출고 1년 전부터 상업운행 전까지 제작사 위탁교육 및 자체 실무교육을 통해 양성된다.

2.2. 시스템엔지니어링 관리계획서

시스템엔지니어링 관리계획서(SEMP)는 시스템엔지니어링 활동의 관리를 위한 최상위 수준의 계획서로서, 신규도입사업의 조직 구성, 진행 방법 및 고객 요구사항을 만족하는 제품을 공급하기 위한 엔지니어링 프로세스 통제에 관해 정의하는 문서이다.

시스템엔지니어링프로세스(SEP)적용에 대한 기본원칙은 KTX-II 도입사업 이해관계자를 식별하고, 요구와 필요성을 결정하며, 이해관계자 요구 충족여부를 검토하고 검증할 수 있는 시스템 아키텍처와 기능설계에 대한 논리적 프로세스를 적용함에 있다. 이러한 접근방법의 주요 개념은 시스템 요구사항을 식별하고, 이해관계자 필요성과 연계성을 확인하기 위하여 요구사항을 추적하며, 대상시스템이 이러한 요구사항을 충족하고 있는지를 검증함에 있다. <그림 1>*은 미국 프로리다주의 이러한 접근방법을 간략하게 보여주고 있다.

그림 1. 간략한 시스템엔지니어링 접근방법 -"V" 다이어그램



시스템엔지니어링프로세스(SEP)가 분명하게 적용될 때, 고객은 개념단계로부터 수락 및 시스템 운영단계까지 전반적인 개발 프로세스에 참여한다. 시스템 엔지니어의 일차적인 활동은 고객 또는 사용자가 획득하고자 하는 제품의 요구사항을 보다 정확하고 적합하게 정의하여 시스템 기능설계에 고객 또는

사용자의 필요성을 효율적으로 할당함에 있다. 시스템이 제작되고 통합되어감에 따라 시스템 엔지니어는 모든 시스템 요구사항이 개발시스템에 충족되고 있는지를 검증하기 위해 필요한 시험계획과 절차를 개발한다. 시스템 엔지니어는 가끔 개발시스템의 이해관계자 요구충족 여부를 확인하기 위하여 독립적인 검증 및 확인(IV&V: Independent Verification & Validation)을 수행하게 된다. 개발 사이클에 따라 시스템 엔지니어는 시스템이 효율적이고 비용 효과적으로 개발되고 있는지를 확인하기 위하여 해당 요구사항을 역으로 추적한다. 수명주기 시스템엔지니어링을 적용하는 세부 프로세스는 <그림 1>에 나타나 있지 않다. 시스템 수명주기는 초기 개념단계에서 폐기단계까지 포함하며, 유지보수, 확장성, 신기술 적용, 외부시스템 인터페이스(예, 상호 운용성) 및 운용의 편리성을 목표로 설계한다.

2.3 KTX-II 시스템엔지니어링 관리계획서 (SEMP)

신규고속차량 KTX-II 도입사업의 시스템엔지니어링관리계획은 한국시스템엔지니어링협회(KCOSE)의 시스템엔지니어링 핸드북을 기준으로하여 KTX-II 도입사업 시스템 엔지니어로 하여금 이해관계자의 요구사항을 충족시키기 위해 무엇을 해야 하는지, 그리고 무슨 문서를 작성해야 하는지 그 프로세스에 대한 기준을 제시해 주고 있다. 이 문서는 KTX-II 90량 도입사업 계약서(제작설명서)에서는 사업초기 단계에 계약자가 사용자에게 제출하도록 하는 승인 문서로서 계약체결 후 90일 이내 제출토록 요구하고 있으며 추가 KTX-II 50량 계약서에서는 계약체결 후 60일 이전에 제출토록 요구하고 있다. KTX-II 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 기본구성은 다음과 같으며 실제 프로세스 진행은 SEMP

* United States Department of Transportation, Freeway Management and Operations Handbook Final Report(September 2003)

관리기준을 준수하는 수준이다.

- 1) 목적
- 2) 적용범위
- 3) 용어정의 및 약어
- 4) 적용문서
- 5) 수행조직
 - 5.1) 조직
 - 5.2) 책임과 권한
 - 5.3) 업무절차
- 6) 시스템엔지니어링 프로세스
 - 6.1) 프로세스 계획
 - 가. 시스템 수명주기관리
 - 나. WBS
 - 다. 프로그램 주요일정
 - 라. 마일스톤 관리
 - 6.2) 요구분석
 - 6.3) 기능분석 및 할당
 - 6.4) 설계조합
 - 6.5) 시스템분석 및 통제
 - 가. 기술성능측정관리(TPM)
 - 나. 기술인터페이스 관리
 - 다. 형상관리
 - 라. 위험관리
 - 마. 데이터관리
 - 6.6) 시스템 시험평가
 - 6.7) 특수 엔지니어링 통합
 - 가. RAMS
 - 나. 품질보증 및 품질관리
 - 다. 소프트웨어품질관리
 - 라. EMI/EMC
 - 마. 화재관리
 - 바. 충돌관리
 - 사. 소음관리
 - 아. 하중관리
 - 자. 교육훈련
 - 차. 운영 유지보수매뉴얼
 - 카. 로지스틱스(예비품, 특수공구)
- 7) 수행목표
- 8) 참고문서

3. 결 론

신규고속차량 도입사업의 시스템엔지니어링 프로세스 적용은 KTX-II 90량 도입계약에 포

함되어 KTX-II 도입사업에 전반적으로 시스템 엔지니어링 관리기법을 활용하고 있다. 그러나 철도차량 도입계약관련 공사와 제작사간에 처음 적용하는 프로세스로 초보수준의 활동이 진행되고 있음은 사실이다. 초기단계에 체계적인 시스템엔지니어링프로세스 관리수준 미흡으로 기본설계 및 상세설계 동안 고속차량 도입시스템을 명확하게 정의하기 전에 설계를 진행함으로 인하여 다소 어렵게 차량제작이 진행되고 있다. 이로 인하여 시스템엔지니어링 프로세스의 중요성은 더욱더 부각되고 있으며 특히 기본설계단계에서의 시스템엔지니어링 활동 확대와 설계 및 제작단계 동안에 시스템통합 관리 확대가 중요한 것으로 분석되고 있다.

향후, 신규고속차량 도입에는 이번 경험을 토대로 개념설계단계 기간 내에 철도차량 시스템을 Top-Down 방식으로 LRU단위의 구성품, 부품까지 시스템아키텍처 구성을 완료토록하고, SEMP 조직구성에서 시스템통합 관리 조직을 구성토록 하여 실제 시스템통합 업무를 수행토록 요구사항을 작성 할 예정이다.

2009년 6월에 검증 및 확인 프로세스의 시스템통합 과정을 거쳐 상업운영에 투입되는, 국내기술로 세계 네 번째로 개발/제작한 신규고속차량 KTX-II가 태어난다. 부산에서 출발하여 서울, 평양, 모스크바를 거쳐 유럽까지 대륙횡단철도를 달리는 미래화, 세계화의 주역이 되기를 기대한다.

참고문헌

1. 민성기, 권용수, 김의환 "시스템엔지니어링 핸드북", 2008.1.1
2. IEC 15288 Systems engineering-System life cycle process, 2002.
3. MIL-STD-499C[DRAFT] Systems Engineering, 2005.4.15
4. KII 07-1-M1000-D-001 Rev.A System Engineering Management Plan, 2008.11.12