

차세대 고속전철 시스템 시험검증 체계 구축 및 적용

°최 종민, 유 일상, 김 연태, 박 영원

아주대학교 시스템공학과

경기도 용인시 백암면 고안리 633-2 P.O. Box 25 시스템공학과

(Abstract) Systems engineering technology development program for Korea next-generation high-speed railway(KNHR) system in progress is a national large-scale system development program that is not only a large-size and complex but also multi-disciplinary in nature. Using the RDD-100, a systems engineering tool, the KNHR program can establish requirements traceability and development process management in the course of development. This paper presents the results from a computer-aided systems engineering application to KNHR system technology development project over the three years of activities. The traceability among the system design database in the vertical direction of SE process, as the results of the first year and the second year research was accomplished. The database in both the requirement management domain and the project management domain was developed and set up the traceability between them in the horizontal direction of the SE process in the V model as the results of the third year research. Therefore, KNHR design database was built to support the life-cycle management of the system as well as to reuse the knowledge in future programs. In the following development phase, this database will be utilized to accomplish the test and integration activities providing a baseline database. The outcome of the study contributes to the establishment of the model-based systems engineering approach as a best practice in the accumulation and advancement of systems engineering technology for railway system development.

1. 서 론

산업혁명 이후 기하급수적인 기술 발전으로 인해 최근에 와서는 기술적으로 복잡한 시스템이 사회적으로 요구되고 있다. 예를 들어 우주왕복선의 경우 수십만 개의 부품이 사용될 만큼 복잡하다. 또한 반도체 칩의 경우 작지만 요소간 상호 연결이 수십만 정도로 복잡하다. 기술적 복잡성과 더불어 규모 측면 때문에 몇 가지 학문 분야만으로는 이러한 시스템을 개발할 수 없게 되었다. 동시에 다양한 고객의 요구, 시스템 수명 단축 등의 시스템 개발 환경 변화에 직면하고 있다. 1950년대 말부터 고객의 요구를 반영한 대형 복합 시스템을 개발하기 위해 대두된 시스템공학은 최근 들어 점점 복잡해지는 모든 시스템을 개발하는 데 필요한 설계 및 관리의 방법론이 되었다. 시스템공학은 이해관계자의 요건(Requirements)을 전 수명주기를 통해 분석하여 개

발문제를 정의하고 최적화된 해결책을 찾는 포괄적이고 반복적인 문제해결 과정이다. 연구에 의하면 시스템공학적 접근을 통하여 재래식 접근방식보다 연구개발 기간을 60%, 설계변경 건수를 50%, 제조비용을 40%만큼 절감할 수가 있는 것으로 나타났다 [1, 2].

최근에 국내에서 고속전철 시스템에 대한 사회적인 관심과 요구가 증가하고 있다. 고속전철시스템은 차량, 기계부품, 전기, 전자, 제어, 정보통신, 토목기술 등이 종합적으로 적용되는 학제 복합형 대형 시스템의 하나로서, 시스템 개발이 체계적으로 관리되어야만 하는 전형적인 예라고 할 수 있다. 현재 진행 중인 차세대 고속전철 기술개발사업은 시스템 규모가 크고 복잡하며 여러 전문분야가 참여하여 개발, 운용, 정비지원 등의 인프라를 개발하는 국가적인 대형 시스템 개발 프로젝트이다. 따라서 본 사업에 관련된 모든 이해관계자들이 개발하고자 하는 시스템의 임무와 수명주기 전체에 걸쳐 수행할 기능과 성능 요건들에 관해서 정확하게 이해하고 이를 공유하는 것이 사업성공의 필수적 요소라 할 수 있다. 특히, 요건은 개발문제를 정의해줄 뿐만 아니라 과제의 수행근거가 되며 시스템 통합 검증의 근거로서 모든 개발단계의 기본사항을 도출하는 근거가 된다.

시스템 엔지니어링에 대한 이해가 부족한 상황에서 모델기반 시스템 설계를 시도할 때 처음부터 완전한 체계를 세울 수 없고 지속적인 노력과 시행착오를 겪게 된다. 1차 년도와 2차 년도의 연구를 통해 "V" 모델의 왼쪽편인 설계 프로세스를 지원하는 요건관리 체계, PBS(Product Breakdown Structure) 관리 체계와 과제 관리 체계를 수립하여 적용하였고 본 논문에서는 그림 2에 있는 "V" 모델의 오른쪽편인 통합 프로세스를 지원하기 위해 시험검증 체계를 수립하고 적용하였다. 시스템 아키텍처를 개발하는 것뿐만 아니라 시스템공학은 시스템 개발 및 시험검증 과정을 적절히 관리하여 최종적으로 개발된 시스템을 고객에게 논증 과정을 통해 승인 받는 것을 포함한다. 시험검증 체계는 복합적인 의미에서 더욱 중요하다. 첫째는 시험검증 체계는 설계 프로세스와 통합 프로세스를 연계하는 역할을 한다. 고속전철 시스템을 개발하는 사업본부와 이해당사자들의 요건을 정확히 분석하고, 이를 개발할 대안의 시스템 PBS에 정확히 반영하는 설계 프로세스의 결과를 최종적으로 실제 시스템을 구현하는 통합 프로세스로 이어갈 때 수행된다. 둘째로 철도기술연구원에서 수행하는 상위 수준에서의 시스템 엔지니어링 역할과 개발업체에서 수행하는 하부 수준에서의 설계 엔지니어링 역할이 시험검증 체계를 통해 통합된다. 이를 통해 개발업체의 엔지니어링 결과물들을 평가하고 향후 유사 시스템 사업에 대한 위험관리를 수행

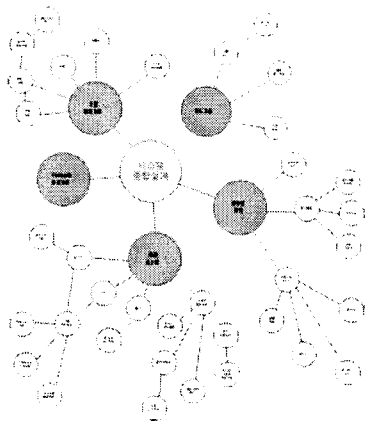


그림 1 고속전철시스템의 주요기술분야

1차 년도에서는 요건 관리체제와 과제관리 체계를, 2차 년도에서는 PBS 관리체제를 중점적으로 구축하여 RDD-100(이하 RDD)상의 시스템 설계 데이터베이스로 구축하였다. 이어서 당해 연도에서는 시험검증 체계를 구축하였으며 본 논문에서는 그 결과를 보여주고자 한다.

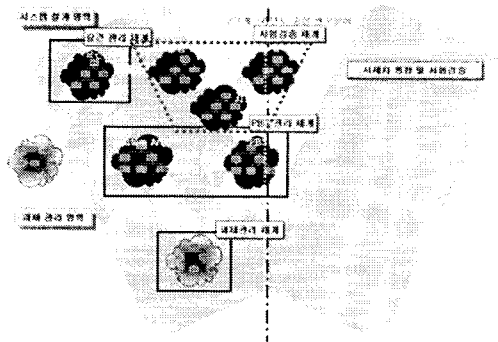


그림 2. 차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 전체 체계

2. 요건의 중요성 및 추적성

요건은 시스템개발 초기단계에서 무엇을 개발해야 할 것인지에 대한 사안을 정의하기 때문에 매우 중요하다. 즉, 옷을 입을 때의 첫 단추에 해당한다. 이 첫 단추를 잘못 끼우면 나중에 큰 시행착오를 유발한다. 따라서 올바른 요건을 정의한다는 것은 그 프로젝트의 개발문제를 올바르게 정하는 것과 같다. 프로젝트 수행과정에서 많은 문제점들이 구현단계에서 발견되고 있다. TRW사의 프로젝트의 경우 54%의 문제점들이 코딩 및 시험단계에서 발견되었고, 이들 문제의 대부분이 요건 및 설계단계와 관련되어 있고 코딩단계와 관련된 문제는 9%밖에 안 된다.

고 한다. 이렇게 구현단계에서 발견된 문제점을 해결하기 위해서는 막대한 비용이 소요된다. 소프트웨어개발 프로젝트의 단계별 개선 비용의 상대적 비율을 비교한 자료를 참고하면 다음 표 1과 같다. 즉, 프로젝트의 단계가 진행될수록 문제해결에 소요되는 비용은 더욱 큰 비율로 증가됨을 볼 수 있다. 요건 정의 단계에서 문제해결비용이 1 이라면 시스템 시험단계에서는 50의 비용이 소요된다는 것이다[3].

요건 자체의 결함 또한 많이 발생하고 있다. 56%의 버그가 요건 정의 단계에서 비롯된 문제라는 것이다. 잘못된 요건에 의한 프로젝트의 결과물은 사용자의 실제적인 요구를 만족시키지 못한다. 요건의 다양한 해석에 따라 고객과 개발자 사이의 합의가 도출되지 못하고, 많은 시간과 비용을 소모하며 심지어 법정 분쟁의 결과를 초래할 수 있다. 개발 요건을 철저히 시험하지 못할 뿐만 아니라 결국 시간과 비용을 낭비하는 결과를 낳는다. 또한 시스템 개발에 관여하는 여러 사람들, 예를 들면 고객과 사용자, 프로젝트 관리자 시스템 엔지니어, 시험담당자, 생산담당자, 형상관리자 및 기타 많은 사람들에게 영향을 미친다. 따라서 요건의 올바른 도출, 정의 및 관리는 프로젝트 수행에 매우 중요하다.

표 1. 프로젝트 단계별 수정 비용 비율

Stage	Relative Repair Cost
Requirements	1-2
Design	5
Coding	10
Unit Test	20
System Test	50
Maintenance	200

2.1 우수한 요건의 품성

품질과 요건의 관계를 볼 때 요건이란 반드시 필요한 것, 검증 가능한 것, 달성 가능한 것을 기술해야 한다. 이중 하나라도 누락되어서는 아니된다. 예를 들어 검증과 취득이 가능하나 불필요하다면 이는 무용지물인 요건이 된다. 요건은 검사, 분석, 시험, 시범을 통하여 검증이 가능한 무엇인가를 기술해야 한다. "쉽게"등의 주관적인 표현은 검증이 불가능하다. 그리고 요건은 명료하게 기술해야 한다. 따라서 우수한 요건의 품성은 필요성, 검증, 가능성, 명료성으로 정의할 수 있다. 어떤 요건의 필요성에 대해서 의문이 생길 경우, 그 요건을 빼면 최악의 경우 무슨일이 생기는 지를 알아본다. 별로 심각한 결말을 발견할 수가 없다면 그 요건은 불필요한 것이다. 요건을 만들면서 어떻게 검증할 것인지를 생각하고 허용 기준을 설정한다. 그러면 요건 검증의 가능성을 확인할 수가 있다. 요건은 기술적으로 타당해야 하고 예산, 일정 기타 제약 요건에 맞아야 한다. 기술적 타당성에 확신이 없으면 타당성을 판정하기 위한 검토를 해야 한다. 그래도 확신이 서지 않으면 그때는 원하는 것을 요건이 아니라 목표로 기술한다. 그런데 기술적으로는 타당해도 예산, 일정, 중량 기타 제약으로 인하여 달성이 불가능할 수도 있다. 감당할 수 없는 것을 요건으로 설정하면 아니된다. 각 요건

한국과학기술원(KAIST) 2002년 5월 3일~4일

은 하나의 생각만을 간단 명료하게 표현해야 한다. 요건을 오해하지 않도록 하는 것이 중요하다. 훌륭한 요건은 간단한 문장으로 충분히 기술할 수가 있다.

2.2 요건의 추적성

추적성이란 요건간, 요건과 시스템 설계, 구성품 및 문서화 사이의 의존성을 나타내 주는 정보를 말한다. 만일 누가 그 요건을 제의했는지, 왜 그 요건이 필요한지, 어떤 요건이 관련되어 있는지, 어떻게 그 요건이 시스템 설계, 실행 및 사용자 문서화와 같은 다른 정보들과 관계를 맺고 있는지를 파악 할 수 있다면 요건은 추적 가능하다고 말할 수 있다. 요건은 시스템 전 수명주기 동안에 걸쳐 도출되므로 요건간의 적절한 추적성이 제공되지 않는다면 설계, 개발, 생산, 운영 등 수명주기 동안의 활동들의 연계성이 단절된다. 그러면 타당성을 상실하거나 시스템 수준의 요건과의 일관성을 잃어버리게 되므로 결국 시스템이 초기 요건을 만족하는지 검증할 방법이 없게 된다. 따라서 어떤 사업의 성공성을 확보하고 입증하기 위해서는 반드시 고객의 초기 요건이 사업 전 수명주기에 걸쳐 추적성이 확보되고 유지, 관리되어야 한다.

요건관리 정책의 일부로서 추적성 정책이 수립되어야 하며 어떤 추적성 정보가 관리되어야 하는지, 어떻게 표현되어야 하는지를 정의하며 정의할 항목은 다음과 같다. 유지되어야 할 추적성 정보, 추적성을 유지하기 위해 사용되는 기술 및 도구, 추적성 정보가 수집되어야 할 시점, 각 사람의 역할, 정책의 예외사항을 어떻게 취급하며 문서화 할 것인가, 변경 사항의 최신판 유지 절차 정의이다. 추적성 정책을 수립할 때 시스템엔지니어링 조직의 성숙도에 맞추어, 실행 불가능한 무리한 정책을 수립하기보다는 현실적인 정책을 수립하여 제한된 자원을 효과적으로 이용할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 시스템엔지니어링 조직이 성숙해감에 따라 좀 더 복잡한 요건 추적성 정책을 수립하여 운영하도록 하는 것이 바람직하다.

3. 고속전철 시스템의 시험검증 체계

고속전철 시스템의 시험검증은 99년 고속전철기술개발사업 시운전시험계획(안)을 토대로 이루어졌다. 시운전 시험계획(안)은 국가에서 전략적으로 추진하고 있는 선도 기술개발(G7)사업 중의 하나인 고속전철기술개발사업에 따라 개발되는 최고운행속도 350km/h의 한국형 고속전철 시스템에 대한 것이다. 본선에서 최고속도까지 주행하면서 차량시스템의 동적 특성을 파악하고 차량시스템과 전기/신호시스템 및 선로구축물 사이의 인터페이스를 점검하기 위한 시험평가 계획에 대하여 정의하고 있다. 시운전시험은 한국형 고속전철의 기본편성 열차에 대한 기능과 성능을 확인하기 위하여 실제로 제작되는 7량의 시제차를 이용하여 수행된다. 시운전시험계획은 본선에서 시운전시험 수행 및 평가가 원활히 수행될 수 있도록 사전에 준비하여야 할 사항, 시험 수행 과정에서의 역할분담 및 일정계획, 시험결과 분석 등 시운전시험평가 관련 제반사항에 대하여 규정하고 있다.

3.1 요건 도출

시운전을 통한 시험검증을 수행하기 위해 먼저 시험검증 요건(VR)으로 도출해야한다. 요건 관리체계는 『고속전철 시스템 기본사양』, 『시제차 기본사양(안)』, 『한국형 고속전철 차량시스템 열차편성 및 기본 설계기준』에 대해 각각 시스템 요건(SR) 체계, 시제차요건

(PR) 체계와 설계요건(DR) 체계로 구성되어 있다. 시운전시험 결과에 대한 분석을 통하여 고속전철시스템의 성능 만족 여부를 판단하기 위해 명확한 평가기준이 필요하다. 평가기준으로 사용될 수 있는 자료는 UIC, IEC, JIS, KS 등의 시험 표준 규격과 각종 기준 등이 있으나, 고속전철시스템의 전반적인 요구성능을 정의한 요건 관리체계를 최우선적인 평가기준으로 고려할 필요가 있다.

각 도출된 시험검증 요건에 대해 해당되는 시험검증 기능(Verification Function)을 재도출하고 이를 이용하여 시험검증 거동 모델을 개발하였다. 시험검증 거동 모델은 RDD의 거동 다이어그램으로 표현되며 시뮬레이션을 통해 최종적으로 시운전 시험 시나리오를 개발하였다. 거동 모델링 시에 각 시험검증 요건의 시험 조건과 특성에 대한 이해가 전제되어야만 한다. 본 연구에서는 각 시험검증 요건을 도출한 엔지니어들과 회의를 하였지만 지속적인 보완이 필요하다. 확정된 시운전시험 시나리오를 토대로 시험의 목적, 적용범위, 관련 규격/절차서/도면 등의 관련자료를 검토하여야 한다. 용어정의 및 약어설명, 시험항목, 측정장비, 시험수행조직, 시험조건/시험방법/수행횟수/소요시간/결과 기록 관리 등의 시험절차, 평가 기준 등에 대한 시험절차서에 연계되어야 한다. 하지만 현재 본 연구는 Reverse Engineering적인 측면에서 진행되고 있으므로 시험절차서 부분은 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술 개발 보고서(2단계 1차년도)를 기준으로 고려하였다.

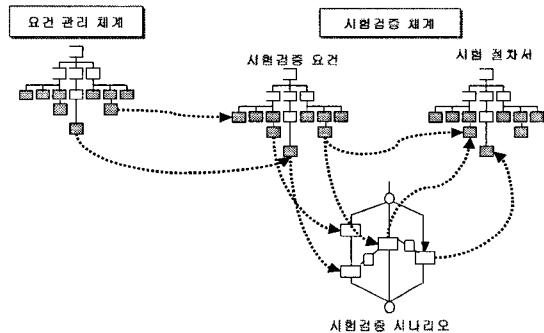


그림 3. 고속전철 시험검증 체계

RDD는 일반적인 시스템 개발에 필요한 데이터 모형양식(schema)을 제공하고 있지만 본 과제의 성격에 맞게 이를 수정할 필요가 있다. 시험검증 체계를 RDD상에서 구현하기 위해 그림 7과 같은 데이터 스키마를 구성하였다.

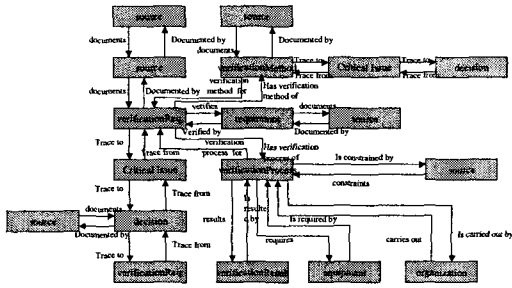


그림 4. 시험검증 데이터 schema(RDD)

3.2 시험검증과 요건관리의 추적성

본 논문에서 수립한 시험검증 요건 체계와 이전 연구에서 수립한 요건 관리체계간의 추적성을 확보하였다. 이는 이해관계자의 요건들이 어떻게 달성되는지를 보여주기 위한 핵심적인 활동이다. 현재 이러한 추적성을 확보하기 위해 시운전시험계획(안) 시험항목별 평가 기준표에 부분적으로 문서화되어 있다. 시운전 시험항목별 측정항목에 대한 상세 평가기준은 고속전철 시스템 기본사양, 시제차 기본사양(안) 및 한국형 고속전철 차량시스템 열차편성 및 기본설계 기준에서 제시된 기준을 정리한 시험절차서상에 제시되어 있다. 추적성을 설정하기 위한 기준을 다음과 같이 확립하였다. 고속전철 시스템 기본사양, 시제차 기본사양 및 한국형 고속전철 차량시스템 열차편성 및 기본 설계기준 사이에 일치하지 않는 내용이 있으면 이에 대한 기준은 상위 수준에 있는 고속전철 시스템 기본사양을 우선적으로 고려하였다. 평가기준이 없는 항목에 대하여는 하부시스템 및 구성품에 대한 설계기준 등을 고려하여 보완하였다. RDD상에서 이러한 추적성을 설정하기 위해 위의 기준을 바탕으로 하였다. 즉, 각 사양들에 대한 요건 체계 즉, 시스템 요건(SR) 체계, 시제차 요건(PR) 체계, 설계 요건(DR) 체계를 해당하는 시험검증 요건(VR)에 "verifies" 관계를 이용하여 연결하였다. 기 개발된 요건 체계들 내부에 "corresponds with(agree with)" 관계로 추적성이 설정되어 있으므로 작성한 시험항목별 평가 기준표에서 파악하지 못한 추적 관계를 정확하게 파악하여 추가하였다. 하지만 요건의 정확한 의미에 대한 이해가 부족한 부분에 대해서는 향후 재검토하여 모든 시험검증 요건들을 연결하고자 한다. 시스템 요건 체계는 고속전철의 기본편성 20량에 대한 요구사항이므로 7량으로 편성되는 시제차로는 요구성능의 만족여부를 파악하기는 곤란하다. 따라서 시제차에 대한 시스템 요구사항이 별도로 정의되어야 하며, 이를 기준으로 성능확인이 이루어진다. 그림은 RDD상에서 R.2.7 Propulsion Power의 하위 요건에 대한 시험검증 요건으로의 추적성이 설정되어 있는 계층 구조를 보여준다.

3.3 시험검증체계 작성의 교훈

고속전철 개발사업의 경우 경부고속전철 기술을 이용한 Reverse Engineering 접근법에 따라 주로 추진되고 있다. 개발된 사양서들은 시스템공학 기법에 의거하지 않고 개별적으로 작성됨으로써 추적성 결여의 문제점이 내포되어 있었다. 특히, 요건관리체계의 최하위 요건은 시험검증 요건으로 추적성이 확보되어야만 시스템 승인시험의 기준을 명확히 정할 수 있다. 이러한 추적성을 설정하기 위해 철도관련 지식의 확보와 통합제품(IPT)팀의 구성이 선행될 필요가 있다.

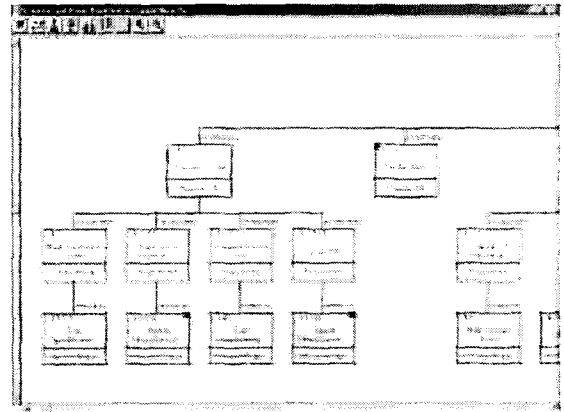


그림 5. 요건 체계와 시험검증 체계간의 추적성에

4. 시운전 시험 시나리오 개발

시험평가는 시스템 성능에 대한 확인과정이며 설계, 제작, 시험, 설계변경, 재시험의 반복적인 개발과정에 있어서의 복잡성 때문에 체계적인 시험평가 계획 및 관리를 필요로 한다. 고속전철기술개발사업의 시험평가에 있어서도 시스템 구조의 복잡성 및 개발체계의 복잡성을 극복할 수 있도록 체계적인 시험평가 계획 및 관리가 필요하다. 전체적인 시험평가는 시험평가종합계획을 근본으로 하여, 하부시스템의 시험평가는 차량, 선로구축물, 전기신호 분야의 시험계획에 따른다. 각 개발품은 시험평가 종합계획과 해당 분야의 시험계획에 맞추어 개발품의 시험계획을 작성하여, 계획에 따라 부품시험을 수행하도록 요구하고 있다. 고속전철기술개발사업의 시험평가 체계는 개발 시험평가와 본선시운전 시험평가로 구분되어 있다. 시스템엔지니어링 체계에서 개발 시험평가는 개발 검증의 범주에 속하고 본선 시운전 시험평가는 운영 논증에 속한다. 개발 검증의 경우, 완성차 시험은 개발업체나 과제에서, 편성시험은 차량시스템 주관기관에서 수행하고 운영논증의 경우, 시제차량 본선 시운전시험은 전체시스템 개발기관에서 주관하고 있다. 따라서 이들 간에 유기적으로 진행되어야 시험평가가 성공할 수 있다. 본 논문에서는 전체 시스템 개발기관에서 수행하는 시운전시험에 대하여 시운전 시나리오를 개발하였다.

4.1 시나리오 개발 프로세스

본 논문에서는 시스템설계 데이터베이스 내에 있는 요건 체계와 시험검증 체계와 추적성이 설정되어 향후 수행될 시운전시험 활동을 계획하고 일정을 보여주는 시나리오를 개발하였다. 시나리오를 개발하는 프로세스는 그림과 같다. 과제의 성격상 리버스 엔지니어링 측면에서 수행되었으며 고속전철 기술개발사업의 시스템 사양, 시제차 사양과 설계 사양을 데이터베이스화하고 또한 시험평가 계획을 데이터베이스화하여 시제차 개발을 효과적으로 지원하고 향후 순방향 엔지니어링시에 이를 활용하는데 목적이 있다. 시험항목을 시험검증 요건과 시험검증 기능으로 변환하고 요건 체계, 시험검증 요건, 시험검증 기능으로 연계함으로써 개발된 시나리오 상에서 각 기능

한국과학기술원(KAIST) 2002년 5월 3일~4일

들이 어느 시험검증 요건에 의한 것 인지와 더 나아가서 어느 요건을 달성하기 위해 시험하는 것이지를 쉽게 파악할 수 있다. 두 번째, 각 시험검증 기능을 속도별 실시 여부를 파악하여 분류하고 각 기능의 특성, 시험조건, 시험선로와 속도별 TPS(Train Performance Simulation) 곡선을 검토하여 가능한 여러 대안의 거동 다이어그램을 개발한다. 세 번째, 각 거동 모델에서 각 기능의 수행시간, 입출력 데이터, 자원등을 조사하고 확률적인 분포를 고려하여 시뮬레이션 한다. 그 중 가장 짧은 소요시간과 자원을 사용하는 최선의 대안을 선정한다. 이후에 이 거동 모델을 마이크로소프트 엑셀을 사용하여 쉽게 파악할 수 있는 형태로 변환한 시나리오를 작성하였다.

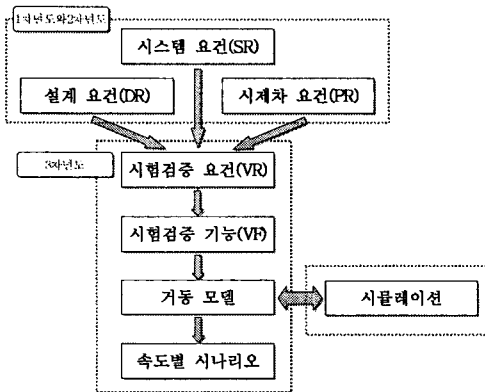


그림 6. 시운전시험 시나리오 개발 프로세스

4.2 시운전시험 시나리오

시운전시험을 위한 기준을 전제로 시운전시험항목에 대한 시험을 수행하기 위해 시험선로에서의 주행에 대한 시험수행 시나리오의 작성이 필요하다. 특히, 시운전 시험이 수행되는 6개월 동안에 10단계의 속도로 총 60번의 시험이 수행되며 더구나 경부고속전철의 조정시험과 인수시험이 병행됨으로 인해 정확히 계획된 시운전시험 시나리오 개발이 필요하다. 따라서 시운전시험 시나리오의 시험 구간, 속도, 턴넌 및 교량에 대한 자료를 바탕으로 각 시험항목의 요구조건을 검토하여 각 속도별 주행에 대하여 가속, 감속, 주행시간 등 운행에 대한 내용을 상세히 기술하였다. 시험선 구간에서의 운행 기본계획은 오송을 기점으로 하여 왕복 운행하는 것으로 하며, 왕복 운행하는 동안 필요한 가속, 주행, 제동, 정지 등의 시나리오를 작성하도록 한다. 그리고, 작성된 운행 시나리오에 대한 운행속도, 주행거리 등의 자료를 TPS의 수행을 통하여 계산하여 전체적인 시운전 시험일정을 수정할 필요가 있다.

4.3 거동 모델과 시나리오 개발

350km/h 시험 속도에서는 6회의 시험이 실시되며 처음 두 번은 차량시스템이 정상상태로 시험되고 이후 두 번은 완화된(degraded) 상태로 시험되며 마지막 두 번은 성능 검토를 위해 시험된다. 그리고 각 1회 시험은 서울 방향에서 오송 방향으로 하행 시험과 오송 방향에서 서울 방향으로 상행 시험으로 이루어지고 각 방향에서 시험은 다르게 수행될 수도 있다. 그림에서와 같이 RDD의 거동 모델에서 사각형은 시험검증 기능을 표현하고 있다. 여기서 흰색 사각형은 지속 시험 기능을 나타내고 회색 사각형은 지속 시험 기능을 표현하고 있다. 따라서 회색 시험

의 수행 순서에 따라 시운전 시험은 진행되고 이것들이 종료될 때 시험 수행 시간이 결정된다. 각 거동 모델은 시험조건, 시험특성, TPS 등을 고려하여 작성되었다. 보다 구체적인 일정은 각 기능에 대한 자료의 부족으로 파악하기 어려웠다. 작성된 거동 모델을 마이크로소프트 엑셀을 이용하여 시나리오로 변환하였다. 그림에서 상단의 그래프는 350km/h 속도로 시험구간을 운행할 경우 예상되는 속도 패턴을 TPS를 수행하여 얻은 결과이다. 삼각형은 각 시험검증 기능의 수행 시작을 표시하고 회색부분은 시험의 수행 지속시간을 표현한다. 하행의 경우 시나리오의 왼쪽에서 오른쪽으로 시험이 이루어지고 상행의 경우 그 반대이다. 가장 하단에 있는 검은 회색 부분은 지속 시험 기능을 표현하며 밝은 회색 부분은 순간 시험 기능을 표현한다.

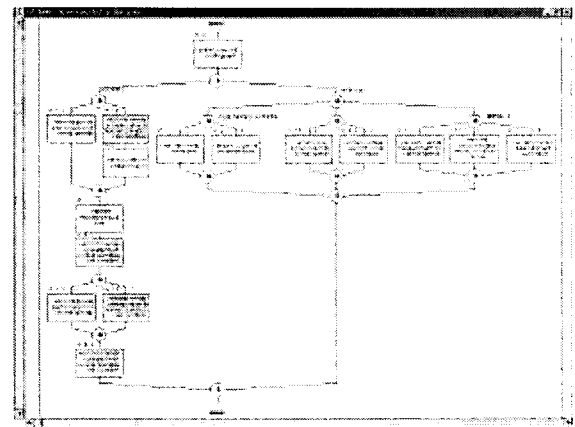


그림 7. 350km/h 1회차 하행시험의 거동 모델

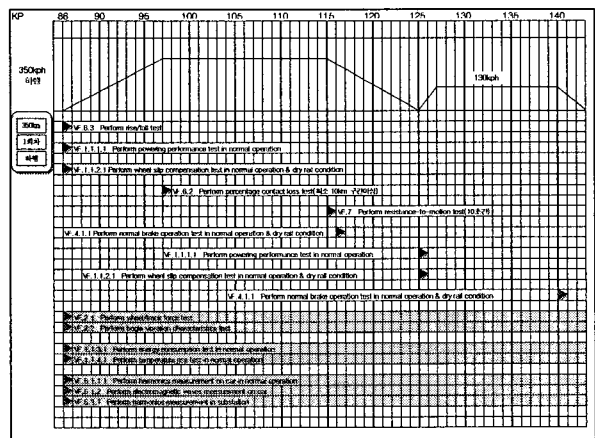


그림 8. 350km/h 1회차 하행시험의 시나리오

4.4 시험시나리오 개발 문제점과 교훈

고속전철 시제차의 시험시나리오 개발은 시스템 수준에서 접근해야 한다. 각 시험분야의 엔지니어로 구성된 통합제품팀(IPT)이 각 시험활동의 목적, 소요시간, 다른 시험활동과의 상관관계등을 명확히 정의해야 한다. 엔지

한국과학기술원(KAIST) 2002년 5월 3일~4일

니어는 담당 분야와 더불어 인터페이스하는 타 분야와의 관계를 이해해야 한다. 본 연구에서는 수 차례의 검토 회의의를 진행하였다. 60회의 시험시나리오의 초안을 개발하여 담당 엔지니어들과의 협의가 계속되고 있으나 성공적인 고속전철 개발사업의 추진을 위하여 관련된 분야의 활발한 교류가 필요하다.

5. 결 론

본 연구는 1차년도와 2차년도에 구축한 한국형 고속전철 요건 관리체계, PBS 관리체계, 과제 관리체계를 토대로 시스템 개발이 진행되고 동시에 3차년도에 수행될 시험평가 단계에서 고려해야 할 사항을 분석하여 시험검증 체계를 수립하였다. 시운전을 통한 시험검증을 수행하기 위해 요건 관리체계에서 평가가 필요한 각 요건들을 시험검증 요건으로 도출하였다. 시운전시험 결과에 대한 분석을 통하여 고속전철시스템의 성능 만족 여부를 판단하기 위해 평가 기준이 필요하며 고속전철시스템의 전반적인 요구성능을 정의한 요건 관리체계를 평가 기준으로 고려하였다. 각 도출된 시험검증 요건에 대해 해당되는 시험검증 기능을 재 도출하고 이를 이용하여 시험검증 모델을 개발하였다. 시험검증 모델은 전산지원 시스템공학 도구인 RDD의 거동 다이어그램으로 표현되며 시뮬레이션을 통해 최종적으로 시운전 시나리오를 개발하였다.

연구에 사용된 모델기반 시스템공학을 시험검증 체계에 응용하는 것은 다음과 같은 효과가 있다. 즉, 산재된 시험검증 계획을 관련 시방서 항목과 추적성을 부여하여 데이터베이스화함으로써 의사결정 과정의 추적성을 확보할 수 있다. 본연도 하반기에 수행될 시제차 시스템의 통합 및 시험검증을 위한 기본 자료가 되며 향후 고속전철과 유사한 시스템의 시험검증체계에 쉽게 응용되어 재사용될 수 있다.

기존에 구축한 요건 관리체계, PBS 관리체계, 과제 관리체계에 시험검증 체계를 추가하고 관련된 데이터들 사이에 추적관계를 설정하여 단순한 데이터가 아닌 시스템 설계 데이터베이스를 구축할 수 있었다. 향후 시험선로에서 진행될 고속전철 시험평가에서 기본 데이터베이스로 활용될 예정이며 고속전철 전 수명 주기에 시스템 엔지니어링 적용의 사례가 될 것으로 예상된다.

지금까지의 연구는 시스템 설계 데이터베이스를 확립하는데 주력하였으며 이를 재사용하기 위해서는 지속적인 수정과 보완이 필요하며 시스템공학에 대한 연구가 심도있게 진행되기 위하여 지속적인 관심과 투자가 이루어져야 한다.

본 논문은 건설교통부, 과학기술부 및 산업자원부에서 시행한 G7 차세대 고속전철 기술개발사업(2단계 2차년도)의 지원으로 연구 수행한 결과임.

참 고 문 헌

[1] 유일상, 박영원; “건설한 시스템 아키텍처 개발

지침”, 한국군사과학기술학회지, 3(1): pp.127-137, 2000.

[2] Yoo, I., Kim, J. and Park, W., "A Development Guide of Robust System Architecture", Proceedings of INCOSE 10th Annual Symposium, pp.437-442, July 16-20, 2000.

[3] Dennis M. Beude, The Engineering Design of Systems, John Wiley & Sons, Inc., 2000.

[4] 고등기술원, 전산보조 시스템 설계 및 개발기술, 과학기술부 보고서, 1998, 1999.

[5] Ascent Logic Korea, Systems Engineering & Parametric Cost Estimating, 1999.

[6] Ascent Logic co., Introduction to RDD-100 Student Workbook, 1996.

[7] 고등기술원, 차세대 고속전철 시스템엔지니어링 체계 구축, 철도연구원 보고서, 1999, 2000, 2001.

[8] 한국전자통신연구원, TDX-10 개발지침서 I, II, III, 1993.

[9] Martin, J. M., Systems Engineering Guidebook: A Process for Developing Systems and Products, CRC Press, U.S.A., 1997.

[10] INCOSE, System Engineering Handbook, Jan. 1998.

[11] IEEE, IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process, USA, January 1999.

[12] European Space Agency, Space Engineering, Netherlands, 1996.