

철도종합안전프로젝트를 위한 SE 적용사례

A Study on the Case of SE Application for the Railway Integrated-Safety Project

최요철* (한국철도기술연구원), 조연옥 (한국철도기술연구원)

1. 서론

철도시스템은 안전성, 쾌적성, 정시성을 최대한 만족시키는 공공교통 수단으로서 철도의 안전 확보 및 관리하는 사람, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 시스템 전반에 대한 위험분석 및 안전성 평가를 기본으로 하고 있다. 그러므로 대상 위험도를 사전에 제거하거나 적정수준으로 관리할 수 있는 시스템 차원의 안전성 평가 및 안전 확보 기술이 필요하다. 위에서 언급한 위험분석 및 안전성 평가 기반의 철도시스템을 개발하기 위한 철도종합안전프로젝트는 시스템 차원의 안전성 평가 및 안전 확보 기술을 확보하기 위한 접근으로 선진국을 중심으로 입증된 시스템엔지니어링을 도입하고자 한다. 시스템엔지니어링은 프로젝트 관리, 요구사항, 기능, 거동 및 물리적 아키텍처를 정의, 통합 및 검증활동을 바탕으로 철도종합안전프로젝트를 보다 효과적이고 효율적으로 정의하고 추적, 관리할 수 있게 해준다. 특히 시스템엔지니어링 접근을 활용하여 다분야로 이루어진 철도종합안전프로젝트를 위해 SE 기반의 프로젝트 관리체계를 정착시키고, 프로젝트 내 모든 요소들의 기술적 통합 관리와 이해관계자 간의 참여와 의사소통을 원활하게 하는 방법을 제시 할 것이다.

2. SE를 활용한 프로젝트 관리

2.1 SE 적용 방안 연구

철도종합안전프로젝트는 사업초기부터 시스템엔지니어링(Systems Engineering)을 적용하기 위한 선행연구를 수행하였다. 철도안전을 종합적으로 분석하고 그 결과를 실행에 옮기는 활동은 매우 어려우며, 많은 조직과 인력, 프로세스, 연구수행 방법론, 도구, 그리고 자원을 필요로 한다. 수많은 프로젝트의 수행을 통해 나타난 비용의 증가, 일정의 지연, 성능 저하 등의 문제를 프로젝트의 초반기에 점차적으로 해결해 나가고자 국내외 SE 적용사례를 중심으로 핵심 활동을 정의하였

다. 그림 1은 SE 적용 시 기대되는 프로젝트의 성과를 수명주기 단계 위에 도식화 하였다. SE 적용으로 프로젝트 설계변경을 초기 단계에 수행하여 최소화시키고 전체적인 비용의 감소를 달성하고자 한다.

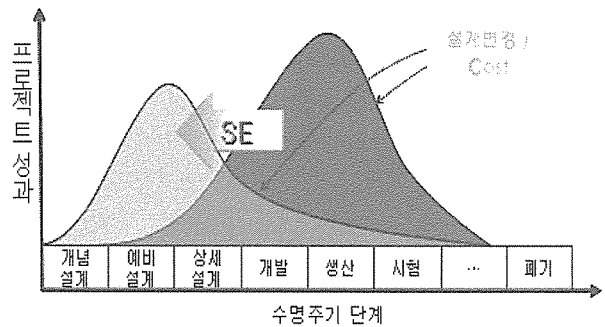


그림 1 수명주기 단계별 프로젝트 성과 예측

2.2 SE 기반 프로젝트 구성 체계

현재 철도산업 환경이 안고 있는 문제점을 분석해 본 결과 다음과 같은 몇 가지 문제점이 분석되었다. 1) 급변하는 철도산업 환경과 기술발전에 대응한 능동적 대처 결여. 2) 시스템적 접근을 통한 체계적 안전관리 미흡. 3) 중대사고 안전도 평가를 위한 대형시험설비 부족. 위와 같은 문제들이 철도산업 전반에 걸쳐 발생하고 있고 이를 해결하고자 하는 노력이 정부를 비롯하여 철도운영기관, 그리고 철도시설관리자 등등 여러 기관에서 이루어지고 있다. 이에 철도종합안전프로젝트는 이러한 문제를 총체적으로 정의하고 해결하기 위한 노력으로 그림 2와 같이 SE기반의 철도종합안전프로젝트 구성 체계를 수립하였다. 중장기적으로 안전관리체계, 안전기술개발, 안전평가체계구축의 프로젝트 목표를 동시에 달성하기 위해 SE기반으로 프로젝트 관리, 요구사항 분석, 인터페이스 조정, SR정의의 활동을 세부적으로 계획하였다.

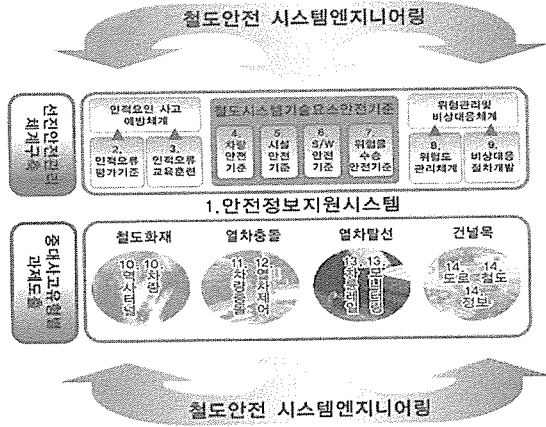


그림 2 SE 기반의 프로젝트 구성 체계

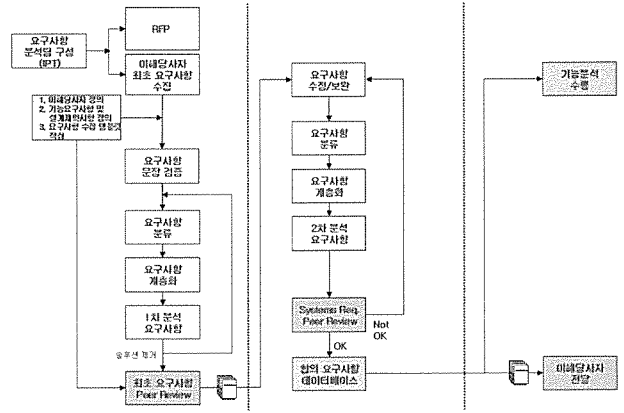


그림 4 프로젝트 요구사항 Peer Review 체계

2.3 SE Activities Definition

SE를 적용하기 위해 먼저 프로젝트의 입력 및 출력 물을 정의하였다. 그리고 프로젝트에 영향을 주는 요소들을 식별하여 프로젝트 통합 및 조정의 역할을 담당하도록 하였다. 또한 프로젝트의 수행 과정에서 발생하는 수명주기지원시스템을 정의하여 프로젝트를 지원하도록 정의하였다. 그림 3은 프로젝트를 위한 개괄적인 SE Activities Definition이다.

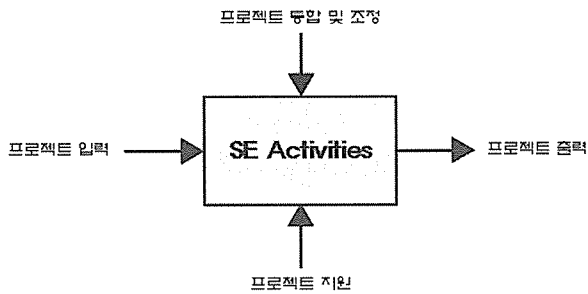


그림 3 SE Activities Definition

3. SE 기반의 프로젝트 기술적 관리

3.1 요구사항 검토를 위한 Peer Review 체계

일반적으로 제시되는 Peer Review의 프로세스는 역무, 검토 형식, 검토 승인 절차, 동료 검토의 평가동료 검토 등급의 제출 등의 순서로 진행된다. 본 사업에서는 이를 조정(Tailoring)하여 요구사항의 수집에서 확장단계까지 적용함으로써 보다 명확하면서도 합의된 요구사항이 도출되도록 노력하였다. 그림 5는 본 프로젝트에 맞게 조정된 Peer Review 체계이다.

3.2 요구사항 분석을 통한 프로젝트 목표 분석

일반적으로 프로젝트들은 초기 사업 기획보고서나 RFP를 기반으로 프로젝트 정의하고 이를 달성하기 위한 프로젝트 추진계획을 세워 진행한다. 그러나 이러한 과정 중에 초기 의도했던 목표가 변경되거나 전혀 다른 결과물이 생성되기도 한다. 이것은 프로젝트 업무의 추적활동이 없었기 때문이다. 본 철도종합안전프로젝트에서는 사업 기획보고서 및 RFP, 그리고 수차례의 포럼/세미나/공정회의를 통해 제기된 의견들을 종합하여 각 과제별 요구사항을 확정하였다. 요구사항 분석 활동은 요구사항 파악, 정의, 분석, 검토, 그리고 확정의 순으로 진행하였다. 프로젝트의 임무를 명확히 하고, 년차별 목표를 세부적으로 작성하였으며, 과제간 영향을 주는 인터페이스(I/F)를 세부적으로 정의 하였다. 그림 6은 철도종합안전프로젝트의 단위과제의 확정 요구사항을 정리한 것이다.

표 1 단위과제의 확정된 시스템요구사항

| 번호 | 요구사항 | 이해 | 이해사항 |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 철도안전 시스템 엔지니어링 | 철도안전 시스템 엔지니어링 | 철도안전 시스템 엔지니어링 |
| 2 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 3 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 4 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 5 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 6 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 7 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 8 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 9 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 10 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 11 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 12 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 13 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 14 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 15 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 16 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 17 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 18 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 19 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 20 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 21 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 22 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 23 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 24 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 25 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 26 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 27 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 28 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 29 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 30 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 31 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 32 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 33 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 34 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 35 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 36 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 37 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 38 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 39 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 40 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 41 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 42 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 43 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 44 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 45 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 46 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 47 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 48 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 49 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 50 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 51 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 52 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 53 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 54 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 55 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 56 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 57 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 58 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 59 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 60 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 61 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 62 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 63 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 64 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 65 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 66 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 67 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 68 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 69 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 70 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 71 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 72 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 73 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 74 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 75 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 76 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 77 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 78 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 79 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 80 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 81 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 82 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 83 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 84 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 85 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 86 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 87 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 88 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 89 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 90 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |
| 91 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 92 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 | 신진인력관리 체계구축 |
| 93 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 | 중대사고유형별 과제도출 |
| 94 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 | 안전정보지원시스템 |
| 95 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 | 위험관리 및 비상대응체계 |
| 96 | 철도화재 | 철도화재 | 철도화재 |
| 97 | 열차충돌 | 열차충돌 | 열차충돌 |
| 98 | 열차탈선 | 열차탈선 | 열차탈선 |
| 99 | 건널목 | 건널목 | 건널목 |
| 100 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 | 안전요인 사고 예방체계 |

3.3 업무분해구조(WBS)의 활용한 프로젝트 관리

중래의 프로젝트에서는 아래의 그림 6과 같은 간단한 일정표를 사용하여 프로젝트를 진행한다. 그러나 프로젝트의 업무를 세부적으로 분해하지 않은 상태에서 주어진 기간 동안 체계적으로 수행하지 못하므로써 비용 증가, 일정 지연, 불투명한 프로젝트 관리, 낮은 품질의 결과물 등의 실패를 가져오고 있다.

| 업무명 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 소요원구비 | |
|-----------|-----------------------------|---|---|---|---|---|-----------------------------|---|---|----|----|----|---------|---------|
| Task 1 | [Progress bar from 1 to 12] | | | | | | | | | | | | | |
| -Task 1.1 | [Progress bar from 1 to 6] | | | | | | | | | | | | | 100,000 |
| -Task 1.2 | | | | | | | [Progress bar from 7 to 12] | | | | | | 100,000 | |
| Task 2 | | | | | | | [Progress bar from 7 to 12] | | | | | | 50,000 | |
| Task 3 | [Progress bar from 1 to 12] | | | | | | | | | | | | 200,000 | |
| Task 4 | [Progress bar from 1 to 12] | | | | | | | | | | | | 60,000 | |
| Task 5 | [Progress bar from 1 to 12] | | | | | | | | | | | | 40,000 | |

그림 5 중래 프로젝트 관리 실태

본 철도종합안전프로젝트에서는 엔지니어링 노력, 자원 할당, 비용 예측, 비용지출, 그리고 비용 및 기술적인 성능 추적이 가능하도록 업무분해구조(WBS)의 방법을 도입하고 이를 상용소프트웨어를 활용하여 보다 체계적인 프로젝트 관리를 수행하였다. 작성된 WBS는 철저하게 요구사항 분석을 통해 나온 SR로부터 출발하여 작성되므로써 전체적인 요구사항의 추적성을 확보하였다. 그림 7은 WBS를 활용한 프로젝트 관리 방법을 보여주고 있다.

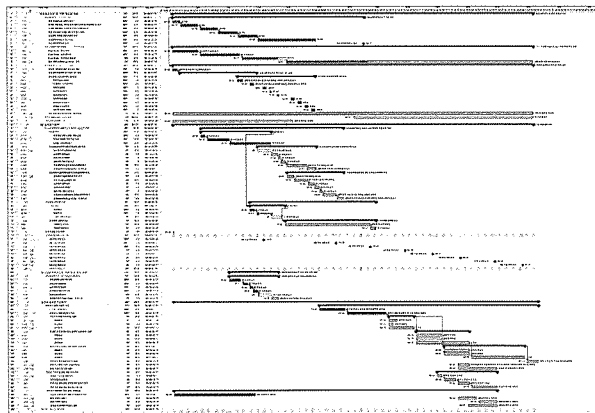


그림 6 업무분해구조(WBS)를 통한 프로젝트 관리

3.4 추적관리를 통한 프로젝트 진행 관리

각 프로젝트의 업무들은 전체 프로젝트의 목적과 목표를 항상 인식하고 모든 업무가 추적성을 가지고 진행상황이 관리되도록 하였다. 매주 단위 과제별 회의를 수행하고, 이의 결과를 매월 실시되는 전체 공정회의에 반영하여 프로젝트의 진행상황을 체계적으로 관리하고,

이슈발생 시 전체적으로 이를 공론화하여 문제를 해결하고 이를 문서화하였다. 모든 과제의 업무를 수행함에 있어서 그림 11과 같이 해당 기간에 할당된 시스템요구사항(SR)을 식별하고 이를 WBS에서 일정과 자원, 중간성과물들을 확인하고 이를 문서화함으로써 업무가 전체적으로 추적성을 잃지 않도록 하였다.

해당 SR

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|---|---|--|-------------------------------|
| F1 | 시스템엔지니어링 설계용 운영인 시... 입 운영조건 및 지원 | 본문책은 시스템엔지니어링 설... 계를 적용한 시공 운영조건과... 를 수행한다. | F | SE Handbook(V2.0) EIA-632 DoD Architecture 관련기 기법정리 | SE Process Docu 관련기 업무 ICD |
|----|--------------------------------------|---|---|--|-------------------------------|

해당 WBS

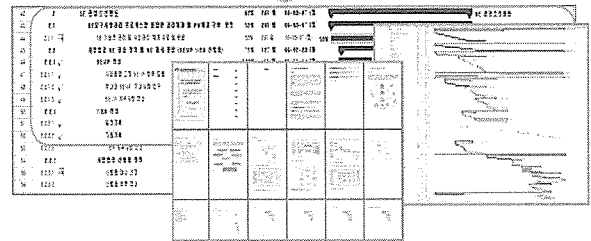


그림 7 추적관리를 통한 업무 진행 관리

4. 결론

본 논문은 철도종합안전프로젝트의 시작단계와 진행단계에서의 시스템엔지니어링(SE) 적용사례를 제시하였다. 이를 정리하면 1) SE 기반의 프로젝트 구성 체계 수립, 2) SE Activities 정의, 3) SE 기반의 프로젝트 기술적 관리 등이다. 이는 철도종합안전프로젝트를 효과적이고 효율적으로 수행하고 관리하는데 많은 도움을 주었다. 특히 프로젝트를 체계적이면서 기술적으로 수행하는데 시스템엔지니어링은 매우 타당한 접근 방법이라고 판단된다.

참고문헌

1. INCOSE, "Systems Engineering Handbook" ver 2.0, July 2000
2. EIA, " Process for Engineering a System", EIA-632, Jan 7 1999
3. ISO/IEC, " Systems engineering-System life cycle processes, ISO/IEC 15288, 2002
4. DoD, " Work Breakdown Structure", MIL-STD-881, 2 J an 1998
5. 건설교통부, 철도종합안전기술개발사업 기획보고서“, 2003
6. 건설교통부, “철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄 1차년도 보고서”, 2005