

경량전철사업의 시스템엔지니어링 적용 실태분석 연구

김철환¹⁾ 한명덕²⁾ 이재홍³⁾

1) 호서대 교수 2) 아주대 겸임교수 3) ETRI 초빙연구원

A Study on the Analysis of SE Process Implementation for the Light Rail Transit Project

Kim Chul Whan¹⁾ Han Myeung-Duk²⁾ Lee Jae Hong³⁾

1) Professor of Hoseo Univ. 2) Visiting Professor of Aju Univ. 3) Reseacher of ETRI

Abstract : This paper aims to analyze the result of SE Process Implementation on Light Rail Transit(LRT) Project. Currently the Light Rail Transit Project of Korea applies SE to the intermediate phase, that is, E&M phase which is a manufacturing and designing procedure. More seriously, the application effect of SE is not remarkable because it applies to some specific engineering fields like RAMS and it depends on superficial consulting of foreign companies with low SE support capability and investment capital.

This study points out that the “Requirement Analysis” and “System Alternative Review” has not been conducted from the initial phase (basic plan and basic design) of the LRT projects. Several projects indicate that the amount of investments for SE activities through the Korea LRT project is relatively very small in comparison with the global capital which is about 10% of total project budget. Furthermore, Korea LRT projects have very few SE professionals and weak SE organization with no government directions and guide book for the efficient implementation of SE for the LRT projects.

Key Words : Light Rail Transit Project(경량전철사업), SE Process(시스템엔지니어링 절차), Requirement Analysis(요구사항 분석), E&M(Electric and Mechanics: 기전), System Alternative Review(시스템대안검토)

* 교신저자 : cwkim3478@hanmail.net

1. 서론

최근에 우리나라의 경량전철시스템은 교통 문제의 해결을 위하여 대도시 내 주요 거점을 연결하는 간선교통으로 그리고 지하철노선이 닿지 못하는 지역의 교통수단을 기존 지하철 노선에 연결시키는 개념의 지선 및 순환 교통 등의 역할을 할 수 있도록 건설되고 있다. 또한 사업비 대비 수송력이 우수하여 경량전철 시스템은 대중교통 수단의 중요한 한 축을 담당하게 될 것이다. 이러한 사업의 필요성을 인식하여 현재 각 지자체 등에서는 경량전철사업이 20여건 이상 추진 또는 계획되고 있는 실정이다. 이러한 대형/복합 사업의 성공률 제고 및 비용 절감, 기간 단축 그리고 위험률 감소 등을 위해 최신 프로젝트 관리 기법인 시스템엔지니어링 방법론이 선진국에서는 군/민에 도입 적용되고 있다. 우리나라에서는 본 사업들 중에서 2000년대 후반부터 추진되고 있는 사업 중의 일부사업에 시스템엔지니어링 방법론을 적용하여 사업이 추진되고 있으나, 국내 시스템엔지니어링 방법론 적용을 위한 인프라 및 제도/절차의 미흡으로 본 사업에 적용한 시스템엔지니어링 수행을 90% 이상 해외 기업에 의존하고 있다. 적용 내용도 시스템엔지니어링 프로세스 활동 중에서 일부 활동만 제한적으로 추진하고 있으며, 추진과정에 적용하고 있는 프로세스 또한 표준화되어 있지 않은 상태이다. 그리고 시스템엔지니어링 활동에 필요한 예산도 매우 미흡한 상태에서 사업을 추진하였다. 최근 지역별 가장 경제적으로 사업을 추진할 수 있도록 하기 위하여 시스템엔지니어링 활동비용도 적정 수준 편성 및 지원으로 사업의 경제적 수행이 추진될 수 있도록 개선/발전되어야 하므로 국가 산업발전 및 기술발전의 패러다임 변화에 부합하는 경량전철 선진화 사업 수행의 효율성 제고가 요구되어 본 연구를 수행하였다. 그동안 철도공학 전문가, 시스템엔지니어링 전문가 그리고 정책 부서 전문가들 간에 다소 견해 차이가 있었던 것으로 알려지고 있다. 이에 경량전철사업에 대한 정책 결정권자 및 건설 집행권자들의 근거 마련이 요구되어 왔다.

따라서 본 논문은 국내에서 수행하였거나 진행 중인 사업들의 실태를 조사·분석하여 향후 국내에서 추진하는 경량전철사업 등 철도 시스템 건설 사업에 적용할 시스템엔지니어링 프로세스 개선을 위해 경량전철사업의 전 생명주기 과정 시스템엔지니어링 적용 실태를 분석 한 것이다.

2. 경량전철사업의 SE 적용 실태

현재 지자체 및 정부에서 건설하고 있는 경량전철사업은 도시 내 주요 거점을 연결하는 간선 교통 역할과 지하철 노선이 연결되지 못하는 지역의 교통수요를 기존의 지하철에 연결하고자 하는 개념의 지선 및 순환교통 그리고 공항이나, 위락지역 등의 대단위 교통 밀집지역의 접근교통 등의 역할을 한다.

한편 경량전철 시스템의 노선형태에 따라 궤도 형태, 차량규모/운행방식, 주행성능, 서비스 기능, 환경 영향 조건 그리고 시스템의 역할 등과 관련 시스템의 요구 및 특성을 갖고 있으며, 이러한 복합, 첨단, 대형화 경량전철 시스템 건설 사업의 전 생명주기 과정에 시스템엔지니어링 방법론 적용은 필수적이다.

2000년대에는 국내 경량전철사업에서의 SE 활동 대부분이 프로젝트관리 업무에 포함되어 수행되었다. 프로젝트 관리 업무에 시스템엔지니어링 활동 등을 정의하여 관리하였고, 주요 기술 업무인 기전(E&M)분야 업무에 대한 각각의 관리를 수행하였으므로 SE 방법론 전체에 대한 프로세스 적용 활동이 미비하였다.

경량전철 및 철도분야를 비롯한 다양한 분야에서 SE 방법론 적용을 위하여 프로세스 정립을 위한 노력과 가시적이고, 효과적인 방법 및 결과를 위한 많은 활동을 수행하였다.

그러나 2006년도부터 경량전철을 비롯하여 철도 건설사업에 적용되고 있는 시스템엔지니어링 업무를 위해 다수의 시스템엔지니어링 전문가들의 참여와 함께 첨단 기법을 적용하여 많은 수의 기업들과 분산된 작업장임에도 불구하고 고객의 요구 성능 수준 충족, 비용의 절감, 일정 초과 억제

등의 효과를 얻으려고 노력하였다.

현재 국내에서는 경량전철사업 전 수명주기 SE 활동비는 기전(E&M)분야(전체사업비의 40% 수준) 사업비의 약 5% 정도를 투자하여 지역별/사업 특수성에 따라 표 1과 같은 SE 적용 사례들 중 표 2와 같은 SE 활동 내용에서 표 3과 같은 선별적인 시스템엔지니어링 특수 활동을 국내외 전문 국내 기업 및 전문가들이 상당 수준의 노하우 습득, 기술정보 수집/분석/생성/결과 활용 등에

관한 기술력을 다수 확보하고 있다. 그리고 현재 국제표준규격 ISO/IEC 15288을 바탕으로 경량전철사업에 대한 시스템엔지니어링 기술 프로세스의 표준 정착과 비롯하여 시스템엔지니어링 확산을 위한 노력을 하고 있다. 또한 이러한 활동을 통하여 다양한 시스템엔지니어링 구축 및 활동과 표준화 연구 등을 통하여 경량전철사업에 대한 정책 결정권자들도 시스템엔지니어링 방법론 적용 효과에 대한 이해가 높아졌다.

<표 1> 국내 경량전철 (철도 포함) 사업의 시스템엔지니어링 적용 사례¹⁾

구분	주관	총사업비	SE 비용	SE 수행	비고
경부고속	국토해양부	72,000	-	미 백텔	재정
인천공항	포스코	32,956	-	미 백텔	민자
부산4호	부산교통공사	10,492	125.6	우진산전/코벨코	재정
부산-김해	포스코/현대산업	7,742	120.0	현대로템/디아폴로니아	민자
용인	봄바르디아	7,278	158.3	봄바르디아	민자
의정부	GS건설	4,750	153.0	지멘스	민자
신분당	두산건설	11,690	120.0	유타코리아/DMJM	민자
서울9호	포스코	34,768	120.0	현대로템/디아폴로니아	민자
자기부상	국토해양부	4,500	150.0	현대로템/KIMM	재정
김포	김포시	11,800	92.4	서울메트로	재정
합계(억원)		93,020	1,039.3		

<표 2> 경량전철 시스템 사업에 관련한 시스템엔지니어링 활동

구 분		SE 내용
계획 단계	요구사항 관리&분석	<ul style="list-style-type: none"> 운영개념 시스템 요구사항 기능/성능 규격개발요구 이해관계자 요구사항 가치공학 기반 비용관리
		<ul style="list-style-type: none"> 운용 요구사항분석 하부시스템 간 요구사항 Life-cycle 단계별 요구 형상관리 품목 개발 시스템 대안 검토
설계, 제작 및 시운전단계	설계관리	<ul style="list-style-type: none"> 기본/실시/시공/제작/시운전/운영시나리오/운영유지
	성능통합	<ul style="list-style-type: none"> 성능관리계획/정의/검증 운전/전력/신호 시뮬레이션 운전 시나리오
	인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 관리계획/정의/매트릭스 개발/항목설정/조정/통합
	RAM	<ul style="list-style-type: none"> 관리계획/목표설정/할당/성과관리/고장분석/주요 아이템 목록 개발 및 시스템 RAM 검증

1) 김철환 외, 경량전철사업에 시스템엔지니어링 적용 효과 추정 연구, 한국철도기술연구원, 2011. 11

구 분		SE 내용
	Safety	◆ 관리계획/목표설정/성과관리/해저드 분석/로그
	EMI/EMC	◆ 관리계획/해석/인체노출 해석/주파수/전자파 적합성 분석/품질시험 ◆ 공항/군부대/한전/한국통신 등 EMI/EMC 분석
	소음/진동	◆ 관리계획/예측시험 종합분석/저감방안 설계반영 검토/환경 분석
	형상/SW	◆ 관리계획/형상식별·정의·변경관리·현황평가·감사 ◆ 업무/작업분해구조/SW 변경통제·시험·품질감사
	시험/시운전	◆ 관리계획/공사시험 결과분석/기술·영업 시운전 검증·종합시험
운영 및 유지	운영/유지	◆ 운영체계/조직 ◆ 역무운영계획/설비시스템 ◆ 경영계획 ◆ 차량 운영 및 검수.관리

<표 3> 국내 경량전철사업의 SE 주요 활동 현황

구 분		부산-김해	부산4	용인	의정부	서울9	공항	비고
SE 활동	성능관리	√	√	√				SE 특이 활동 중심
	설계관리	√	√	√	√			
	인터페이스관리	√	√	√	√	√	√	
	RAM 관리	√		√	√	√	√	
	안전성관리	√		√	√	√	√	
	EMI/EMC	√		√		√		
	소음/진동관리			√		√		
	요구조건 관리		√	√				
	형상관리		√	√				
	소프트웨어 관리			√				
	시험/시운전관리	√	√	√	√			
수행	해외기업	디아폴로니아	코벨코	붐바다아	지멘스	DBI	Bechtel	
	국내기업	현대로템	우진산전		GS건설	벽산	대우	
수행비용		120억 원	126	159	153	240	1,150	
특이사항			RAM 중 심	PM+SE 통합관리	O&M 포함	하위시스템 엔지니어 투입	인터 페이스 중심	

그러나 아직도 시스템엔지니어링 방법론 적용의 효과 입증, 수명주기 관리 프로세스 표준화, 시스템엔지니어링 활동 등이 구체적으로 표준화가 정립되지 않은 상태에서 지역 사업별 특성에 맞추어 선별적/특수한 활동 중심으로 추진하여 경량전철사업의 총체적 차원에서 시스템엔지니어링 방법론 적용에 대한 기대효과는 정확하게 추정하기엔 어

려움이 많다.

표 3에서 보는 바와 같이 국내 경량전철 건설사업에서는 SE 적용 제안요구(RFP)와 SE를 적용하기 위한 핵심 첫 단계인 요구사항 분석 및 정의(Requirement Analysis & Define) 그리고 시스템 대안검토(System Alternative Review)등을 생략 또는 간과한 상태로 시작하고 있다.

<표 4> 국내 경량전철 주요 건설 계획

지역	노선	구 간	연장(Km)	차량시스템
서울 (10)	우이-신설선	우이-삼양-신설	11.40	AGT, 철제
	우이-방화선	우이-방화	3.53	
	신림선	서울대-신림-대방-여의도	9.32	
	난곡지선	보라매공원-신대방-난향	4.30	
	동북선	왕십리-상계	12.70	
	면목선	청량리-신내	9.60	AGT, 철제
	서부선	새절-장승배기	12.05	K-AGT
	상암-모노레일	DMC 순환	5.80	
	목동선	신월-당산	10.87	
	위례 신도시	마천-북정	5.50	TRAM
인천 (4)	서틀트레인	인천공항 내	0.90	경전철
	영종지구	공항신도시-영종하늘도시	4.90	TRAM
	송도주안	송도-주안	11.40	TRAM
	청라지구	청라-가정오거리	16.70	바이모달 트랩
경기 (3)	광명	철산-광명-관악	10.30	AGT, 고무
	수원	세류-광교지구-성균관대	19.40	AGT, 고무
	성남	모란-사기막골	6.20	TRAM
충남	천안	아산-단대-신부-용곡	22.20	AGT, 고무
경남	울산BRT	KTX 울산역-굴화	7.00	BRT
	마창진	마산-창원-진해	41.90	TRAM
제주	1100도로	제주고-1100휴게소-중문	36.00	TRAM

더구나 경량전철사업을 위해 KDI의 도로,철도의 예비타당성 조사 표준지침을 제외하면, 정부차원이나 공공발주기관의 SE적용지침이나 절차 또는 안내서의 제정 없이 적용하고 있는 실정이며, 외국의 SE 전문업체로부터 컨설팅을 받아가며, 선별적인 SE 활동을 추진하고 있는 실정이다. 그러므로 국내기업들은 SE프로세스에 대한 단편적이고 부분적인 소화 및 적용능력을 확보하여 가고 있는 수준이다.

표 4는 국내경량전철 주요 건설계획인데, 이러한 사업들에 대한 SE 적용의 컨설팅 및 감리, 또는 감독하는 기관이나 부서(조직)가 부재하고 나아가 SE 전문가들도 매우 부족한 실정이다.

3. 경량전철사업의 SE적용 분석

일반적으로 국제 시스템엔지니어링 핸드북에 의

하면 적용 기대효과의 정량적 수학적 모델을 시스템엔지니어링 품질과 총사업비 중 시스템엔지니어링 활동비의 함수관계($E = f(SE\text{ 품질} \times SE\text{ 비용}) / \text{프로젝트 비용}$)로 정의하고 있다.

이는 실제 측정에는 상당한 어려움이 있겠으나 객관적 측정이 바람직한 것으로 제시하고 있다. 일반적으로 많은 첨단/복합/대형 프로젝트의 개발 업무를 수행하면서 얻어진 교훈에 따르면 사업의 초기 활동 중의 하나인 시스템의 정의가 명확하게 이루어지기 전에 연구개발을 시작할 경우, 프로젝트의 개발 후반에 설계요구사항과의 차이 발생 등으로 인하여 추가 비용이 발생하고, 사업기간도 지연되는 등의 문제점이 발생하는 사례를 많이 발견할 수 있었다. 즉 프로젝트 수행 초기에 불명확한 시스템 정의는 설계의 기본이 되는 시스템 요구사항의 부실을 초래하고, 이것은 시스템의 개발 및 프로젝트 실패의 핵심적인 원인이 된다.

첫째로 시스템의 비용 개념은 총 생명주기 비용이 결정되는 시기가 그림 1에서와 같이 시스템 개념의 정의 및 개발 단계이며, 비용이 실제적으로 크게 지출되는 시기는 생산 및 운영유지 단계이므로 시스템엔지니어링 활동이 프로세스에 의거 체계적으로 수행되어야 한다는 것을 보여주고 있다.

이 이론에 따르면 총 생명주기 비용 결정은 실시설계 이전에 80%이상 추정 비용을 확정하여 개발에 착수하고, 개발 과정을 통하여 95% 확정하고, 생산단계에 100% 확정해가는 방식으로 결정되어야 한다. 그러므로 경량전철에서 시스템엔지니어링 기법의 적용 시기가 기본계획 이전에 수행되어야 하는 중요성을 고려하여 사업초기에 수행되어야 한다.

그러나 현재까지 국내에서 수행한 경량전철사업은 실시설계 이후에 SE를 적용하였으며, 총 수명주기 비용 산정은 재정 사업이든 민자 사업이든 고객, 즉 지자체(시행정)의 요구사항에 대하여 시스템엔지니어링 차원의 분석 프로세스를 적용하기보다는 해외 시스템엔지니어링 회사의 제안을 수용하여 총 수명주기 비용을 추정하여 기본계획 또는 계약사양서에 반영된 것으로 파악 되었다. 또한 일부 경량전철시스템은 완료 후, 철거 또는 운행지연 그리고 운영 과정에 막대한 적자보전을 지

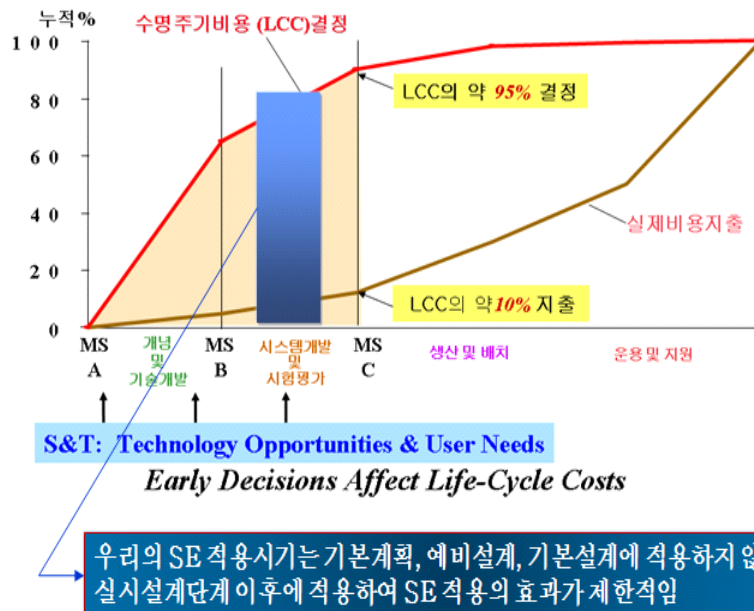
자체에서 해주어야 하는 등의 문제가 발생하는 것으로 논란이 되고 있다.

둘째로 복합/대형 시스템 개발은 개발 과정의 직간접적으로 연관된 이해

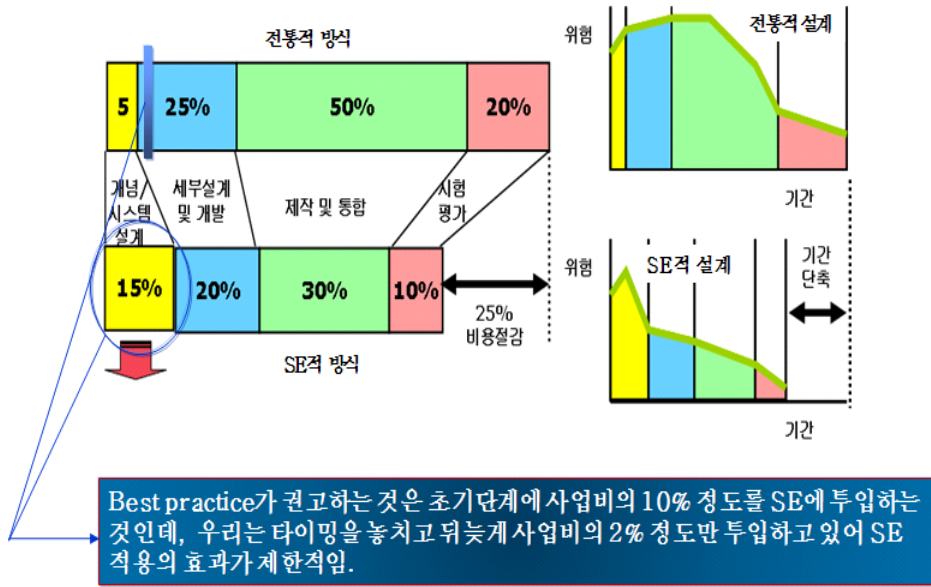
관계자들의 대표성을 갖는 조직(사업관리책임자-PM)이 시스템 전체적인 관점에서 프로젝트가 추진되어야 한다. 그러나 국내 경량전철 건설사업은 실시설계 및 건설(생산) 중심 사업이 추진되고, 대부분 토목/건축/궤도 및 E&M(차량, 신호, 전력, 통신, 시험/시운전)으로 분리 추진되어 사업관리(PM)과 시스템엔지니어링(SE) 간의 엔지니어링 측면의 활동에 인터페이스 부재로 정성적 가치 판단에 어려움이 있을 것으로 추정된다.

셋째로 고객의 요구 시스템의 총 생명주기가 장기간 소요되는 시스템, 즉 소요를 확정하고 개발하기까지 10년정도 소요되고, 운영기간이 20~30년 소요되는 시스템은 프로젝트 초기단계에서부터 폐기까지의 전체적 생명주기 관점에서 추진되지 않고, 개발, 생산(건설) 자체로 한정할 경우, 운영유지 단계에 비용이 상승하는 결과를 초래한다. 즉 장기간 운영하는 시스템의 운영유지 비용이 통상 60% 정도로 추정됨으로 이를 포함한 생명주기적인 관점에서의 접근이 매우 중요하다.

넷째로 경량전철과 같이 복잡하고 다분야적인



<그림 1> 시스템의 생명주기



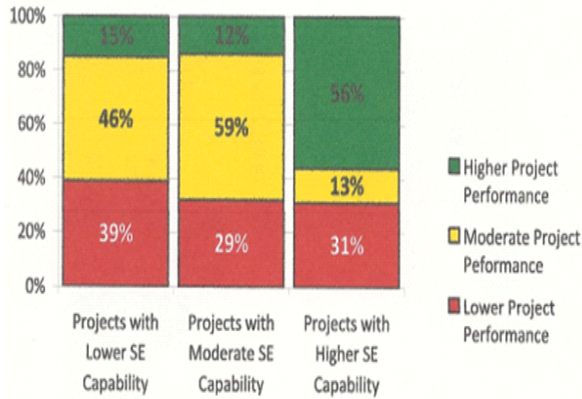
<그림 2> SE 적용 시 비용, 기간, 리스크 감소효과

대형 사업은 시스템엔지니어링기법을 적용하여 각 분야의 전문가 이외에 시스템엔지니어링 전문가를 두고, 고객의 요구사항 분석, 시스템의 올바른 정의, 요구사항에 기능을 할당, 물리적 아키텍처(형상) 및 설계 수행 그리고 이를 검증하는 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하여 전 분야 및 생명주기에 대한 균형 및 동시공학적 접근으로 시스템을 최적화하고, 위험을 감소시키며, 비용 절감 및 일정을 그림 2와 같이 단축시킬 수 있다. 그림 2에서는 시스템 개발 초기단계에 전통방식의 5%에서 시스템 엔지니어링 방식의 15%로 확대할 경우, 전체 개발 비용은 25%가 절감되고, 사업기간 및 리스크를 감소됨을 보여 주는 것으로 경량전철의 경우 계획초기 단계, 즉 기본설계 또는 RFP 공고 단계에서부터 적용하여야 전체 건설기간 및 건설비용의 절감이 가능함을 입증하고 있다. 그러나 국내 경량전철 프로젝트는 SE 활동 투자비로 사업비의 10% 이상을 투자해야 하나, 현재 1.8% 수준을 투자함으로써, 그 기대효과가 미흡할뿐더러, 그것도 외국기업들로부터 형식적이고 제작설계 또는 기전(E&M)사업단계 부터 컨설팅을 받고 있어 SE 적용 효과가 매우 제한적일 것으로 사료된다.

최근 6개 지역의 철도시스템 사업부서/기관을 방문하여 인터뷰 및 설문을 통하여 데이터를 수집하였으나 신뢰할만한 정량적 자료가 없으므로, 선진국에서 또는 학자들의 이론에 준하는 가치 평가에 대한 입증은 불가능 하였다.

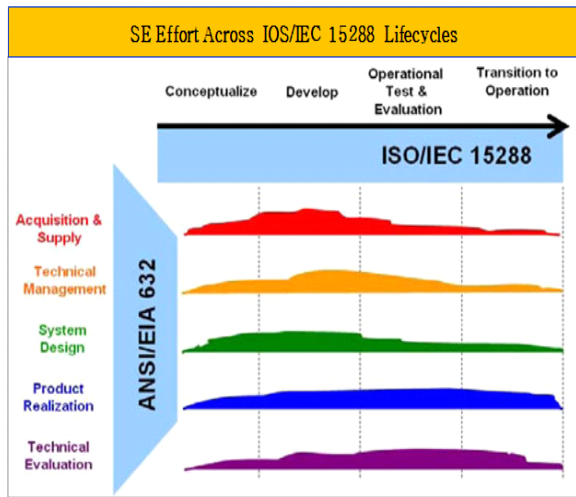
다섯째는 시스템엔지니어링 능력 수준에 따라 프로젝트의 요구성능 달성 수준이 비례한다고 한다. 그림 3은 시스템엔지니어링 능력 수준 대비 프로젝트의 성능 달성 효과를 보여주고 있다.

이때 시스템엔지니어링 능력은 프로젝트 계획/통제, 모니터링/위험관리/요구사항관리/제품설계/기술자료/체계통합/검증 및 입증/형상관리/사업관리 등에 의해 평가하고, 프로젝트의 요구수준이 높을 경우 시스템엔지니어링 능력도 높아야 효과가 큰 것을 알 수 있다. 그러나 한국의 경전철사업 현장에서는 PM 조직과 능력은 구비하고 있으나, 이 PM 조직과 별도로 또는 PM 조직 내에 SE 활동 관련 전문가와 조직을 거의 갖추고 있지 않고, 마찬가지로 적절한 예산 편성도 없는 실정이다. 즉, SE적용에 대한 구체적인 계획, 예산, 조직 등 SE 수행능력(Capability)가 매우 빈약한 실정이다.



<그림 3> 시스템 성능 수준 대비 SE 능력 수준 관계도

여섯째로 시스템엔지니어링 기법 적용의 효과를 프로젝트 접근단계에 따라 발생하는 효과를 그림 4에서와 같이 프로젝트 프로세스(ISO/IEC 15288) 별 활동과 프로젝트 접근단계에서 효과를 보여주고 있다.



<그림 4> SE 프로세스와 접근방법의 효과 관계도

이는 개념 정립 및 개발 과정에 SE 활동의 중요성을 입증하고 있다.

프로젝트 접근 방법의 대부분 활동이 SE 프로세스 과정에서 개발단계 이전의 활동에 효과가 크다는 것을 알 수 있으며, 국내 경량철도시스템 프로젝트는 실시설계 이후부터 추진됨으로 이 이론

에 따른 가치 평가는 곤란할 것으로 분석된다.

4. 경량전철사업의 SE적용 시사점

1) SE 기술관리 측면

국내에서 그동안 철도시스템 건설 과정에 시스템엔지니어링 적용은 표 1 및 표 3에서 보인바와 같이 상당히 많이 수행하였다. 그러나 이는 대부분 해외 컨설팅으로 이루어졌으며, 국내 기술력이 극히 미흡한 상태에서 시스템엔지니어링의 중요성이 급부상하는 것에 대응하고자 노력을 하였다고 보인다. 또 한편으로는 교육 및 기술이전을 통하여 국내에 조기에 기술기반(기틀) 마련이 절실하다고 인식하여 각 사업마다 특성을 고려하여 부분적인 SE 기술 활동을 적용한 것으로 분석된다.

그동안의 결과가 우리에게 주는 시사점을 정리한다면 아래와 같이 평가 할 수 있다.

- 대부분 사업이 건설/토목 분야를 제외한 특수 엔지니어링 분야를 대상으로 수행
- SE 적용 표준 프로세스 및 지침 부재, 사업간 프로세스 차이
- SE 업무간 인터페이스 활동 및 지원 미흡
- SE 수행 조직 개념이 미흡하며, 수행 조직의 인력 부족 (PM과의 혼재)
- SE 분야에 대한 해외 의존도 심대
- 국내외 분산 운용으로 자료의 공유, 적기 확보, 제공, 분석순환 등의 원활한 수행 의문(근거, 자료 등 미 확보)
- 시행기관/SPC(주관기관) 총체적 기술 확보 및 SE 활동 데이터 축적 부족
- SE 업무를 위한 기술 정보의 정형화 및 표준화 미흡

2) SE 제안요구(RFP) 및 프로세스 측면

경량전철사업 기본계획 또는 사업계약서에 시스템엔지니어링 제안요구 사항이 일부 포함되어 있으나, 사업마다 활동 내용, 프로세스, 적용 규정/지침 등이 차이가 많다. 즉, 우리나라 경량전철 건설

2) 미 방산협회(NDIA) Joseph P. Elm. A Survey of SE Effectiveness(2007)

3) 6th Annual CMMI technology Conference(2006), Valer & Wheaton

사업 추진과정에 대한 정부나 공공기관의 SE 관련 지침(RFP 등 : 최근에는 일부 포함), 관련 문서(Document) 등이 미흡한 실정이다. 이는 기본계획 수립 자체를 해외 컨설팅 업체의 제안내용을 참조하여 기본계획을 수립하고 있기 때문이다.

SE 제안요구 및 프로세스 측면에서 각 지역 경량전철사업마다 SE 적용 프로세스가 상이하고, RAMS 등 특수 엔지니어링 활동에 대한 프로세스를 그것도 대부분 해외에 의존하여 형식적으로 수행하고 있다. 해외기업들은 자체적으로 표준화 프로세스 및 분석 도구, 그리고 축적된 데이터들을 확보하고 있어서 요구부서의 입출력 자료 생성이 자동화 처리되고 적기에 제공이 가능한 것임을 인식해야 하며, 그동안 수집된 정보/면담 내용 등을 종합하면 아래와 같은 시사점이 있음을 알 수 있다.

- 기본계획 또는 사업계약서에 반영된 SE 요구수준을 고객의 요구 정의 및 분석 과정 없이 반영
- 초기단계에서부터 SE 활동 적용이 미흡(고객의 요구사항 정의 및 분석 등을 통한 기본계획 수립 활동)
- 수명 주기 중 실시설계 이후 기전(E&M)분야만 SE 프로세스 적용
- 통일/표준화 된 SE 프로세스 또는 수행 지침 부족
- 특수 엔지니어링 수행 프로세스 및 관련 규격/지침 미흡
- 경량전철사업의 사업 수행 단계(Phase) 설정 부실
- 대부분의 기본계획 및 사업계약서에 RAMS, 인터페이스 등 일부 특수 엔지니어링 활동만 포함
- 특수 엔지니어링 활동의 달성 목표치, 설정방법, 적절성 등 미흡
- 차량 등과 같은 형상이 결정된 상태에서 SE 개념 제기
- SE 활동의 가장 중요한 제안 요구의 요구사항 정의 및 분석의 초기단계 프로세스 활동이 매우 부족
- SE 적용의 극대화를 위한 경량전철사업에 특화된 SE 프로세스 정립이 미흡

3) SE 적용 및 수행활동 측면

경량전철 건설사업을 포함한 모든 프로젝트에서 SE 적용 시, 가장 기본적이며, 국제적 절차를 간과하고 있다. 즉 SE의 적용시작 단계, 즉 첫 단추는 해당 시스템의 임무(Mission)나 니즈(Needs)로부터 요구사항(Requirements) 도출과 요구사항 분석(RA) 및 요구사항 정의 다음으로 시스템 대안 검토(SAR)를 명확하게 하여야 하나, 요구사항 매트릭스(RM)와 함께 시스템 운영개념에 대한 검증(Verification)의 기본 요구수준 (Baseline)에 부응하는 검증 매트릭스(VM)가 부재 또는 매우 미흡한 상태에서 사업이 시작되고 있다.

아마도 용인 경전철 등의 수송인력 규모의 판단 오류 등은 이러한 선순환적인 SE 요구사항분석과 시스템 대안검토 과정을 간과한 결과라고 판단되며, 사업기획단계에서 SE 활동이 미흡한 측면은 다음과 같다.

- 경량전철 건설에 대한 요구사항 도출 /분석/정의 미흡
- 경량전철 시스템 운영개념 도출 및 검토 미흡
- 경량전철 시스템에 대한 대안 분석 부재
- 경량전철 시스템 검증 및 기준선(Baseline) 설정 미흡
- 경량전철 운영유지를 위한 개념/검토 활동 미흡
- 경량전철 건설의 요구사항 검증을 위한 검증 활동간 추적이 미흡
- 경량전철 건설 사업의 SE계획(SEP) 및 SE관리 계획서(SEMP)작성 부실
- 경량전철 SE 적용 시기 착오 및 부적합
- SE 활동시 활동 상황에 대한 진행 현황 파악이 어려움

4) SE 적용 분석 및 처리 도구 측면

국내에서 일부 연구소, 기업, 대학 등에 분산 확보된 SE 지원 프로그램 및 전산도구 등을 확보하고 있으나, 경량전철사업에 활용된 내용은 극히 일부에 불과하고, SE 주관 및 관리 부서에서도 미 확보된 것으로 파악되었다. SE 활동에 핵심인 SE 분석 및 처리 도구(SE Tool)은 대부분 해외 도구에 의존하여 수행해 오고 있으며, 우리에게 주는

시사점은 아래와 같이 정리된다.

- SE 적용 내용 분석 및 처리 업무는 해외 SE 전문기업에 대부분 의존
- 분석 및 처리 결과(산출물) 인수/활용 미흡
- 분석 도구(프로그램 아키텍처 및 SW) 및 데이터 부족
- 분석 및 처리 결과를 활용하는 경우 업무간 인터페이스 문제 발생 시 대처 곤란
- 분석 및 처리를 위한 SE 도구(Tool) 확보 및 활용을 위한 전담 인력 부족
- SE 업무 관련 데이터 관리(데이터 추적)를 위한 DB구축 미흡
- 국내 도구 활용은 매우 제한적이며, 프로젝트관리를 위한 도구외에 SE 프로세스 지원 및 활용 도구는 거의 없음
- SE 활동에 대한 업무 내용의 정량적 확인이 어려움

5. 결 론

대부분의 국내 경량전철 건설 사업은 SE 적용 또는 적용계획을 가지고 있으나, 현 SE 적용 실태는 국제적인 수준에 비해 매우 미흡한 수준이다. SE 적용 실태 분석은 결론적으로 다음과 같이 요약된다.

첫째, 사업간 적용시기가 초기/계획단계 부터가 아닌 E&M 및 제작설계 단계부터 적용하고 있으며, 그것도 RAMS, EMI/EMC, Interface 등 특수 기술 분야를 비롯한 일부 분야에만 적용하고 있다.

둘째, 사업계획 및 초기단계에 SE의 핵심 절차인 시스템 운영개념에 근거한 체계적 요구사항 도출, 요구사항 분석 및 요구사항 정의단계와 시스템 대안검토 단계를 간과하고 있다.

셋째, 사업수행과정에서 PM조직 내 또는 별도의 SE 전문인력 및 SE 조직이 매우 부실하며, SE 활동투자비(사업비의 10%)도 국제적인 투자비 수준에 못 미치는 2% 미만 수준으로 투자하고 있다.

넷째, SE프로세스 측면에서 통일/표준화된 수행 지침, 규정, 절차 등이 부재하고 전문컨설팅도 해

외 의존도가 높으며, 해외 컨설팅 내용도 매우 부실하다.

다섯째, 경량전철 건설사업에서 SE 적용하고 있는 SE범주와 절차 등의 차이가 매우 크다. 또한 사업수행 과정에서 SE 프로세스 및 이를 지원하기 위한 전문적인 SE 분석도구(DOORS, CORE, SA 등) 사용이 미흡하여 SE 기술 관련 정보 및 표준 산출물 관련 데이터 축적이 매우 부족하다.

참 고 문 헌

1. 김철환 외, “경량전철사업에 시스템엔지니어링 적용효과추정연구”, 한국철도기술연구원, 2011
2. 김철환 외, “경량전철사업의 SE 적용을 위한 비용 추정 모델 연구”, 한국시스템엔지니어링학회지 제8권 제1호(통권 제15호), 2012. 6
3. 한석운 외, “전산도구 기반의 경량전철사업 시스템엔지니어링 적용모델 SELRT개발”, 한국시스템엔지니어링학회지 제8권 제1호(통권 제15호), 2012. 6
4. 시스템엔지니어링 수행 사례, 용인경량전철사업단, 2011
5. 사업현황 및 SE 활동, 인천국제공항철도, 2011
6. 의정부 경전철 민간투자시설사업, 의정부전철사업본부, 2011
7. 도시형 자기부상열차, 한국기계연구원, 2011
8. 철도시스템 엔지니어링, 서울 9호선, 현대로템, 2011
9. 부산-김해간 경량전철 건설사업 시스템엔지니어링 업무 수행현황, 현대로템, 2011
10. INCOSE, “System Engineering Handbook”, V3.2.1, 2011.1
11. Eric Honour, “System Engineering Return on Investment”, Defence and System Institute, 2009
12. James Martin, “Introduction to System Engineering”, DAPA Lecture, 2012. 5
13. David Long, “MBSE와 국방SE적용 발전방향”, DAPA Lecture, 2012. 11