

철도시스템 공급자용 Systems Engineering(SE) 업무 개선방안 연구
 - 부산김해경전철/김포도시철도 SE 수행사례 중심으로
The SE Improvement Method Study for the Suppliers of Railway Systems
- In the Cases of BGLRT and GIMPO GOLDLINE projects

박건영*[†], 양희갑*, 백현*, 조항*, 박진우*

Keon-Yeong Pak*[†], Hee-Kap Yang*, Hyun Baek*, Hang Cho*, Jin-Woo Park*

초 록 국내 민자 철도사업 도입 초기, 철도시스템 분야에 본격 적용되기 시작한 시스템엔지니어링(Systems Engineering, 이하 SE) 업무는 현재 국내 철도사업에서 다양한 형태로 활용 중에 있다. 하지만 현재 적용 중인 철도분야 SE 업무 방식은 각 현장별 특성(계약범위, 공급자 or 수요자 등)을 고려하지 않은 획일적인 업무 형태 및 절차로 인해, 철도현장에서 효과적인 SE 업무 수행에 오히려 걸림돌로 작용하는 경우가 종종 발생하고 있다. 이에 본 논문에서는 실제 수행된 철도 SE 실무 사례들을 검토하여 기존 SE 업무 방식의 문제점 및 철도시스템 공급자 측면에서 도움이 될 수 있는 개선방안을 고찰하고자 한다.

주요어 : 시스템엔지니어링(SE), 부산김해경전철, 김포도시철도, 요구사항, 형상관리, 인터페이스

1. 서론

현재 다양한 형태로 국내 철도사업에 반영된 SE 업무에 대해, 현장 실무자들에게는 꼭 필요한 존재보다는 귀찮고 불편한 존재로 인식되는 경우가 여전히 많다.[1]

이런 현상이 나타난 주요 요인은 크게 "국내 철도환경에 적합한 융통성(tailoring) 있는 국제규격(ISO/IEC 15288)의 적용 부재" 및 "철도사업 각 현장 별 특성을 고려하지 않은 획일적인 SE 업무 형태 및 절차"로 요약할 수 있다.

이에 본 논문에서는 실제 SE 수행 사례를 통해 기존 SE 업무 방식의 문제점을 살펴보고 철도시스템 공급자 측면에서 도움이 될 수 있는 개선방안을 고찰하고자 한다.

2. 본론

2.1 SE 개요

SE는 구현하고 싶은 대상(요구사항)에 대해 하향식 통합/개발/운영의 반복적 프로세스 진행을 통해 가장 적절한 체계(System)를 제시하는 공학(Engineering)을 의미하며, 이는 크게 "통일된 개념(Concept) 수립"과 "공통된 규칙(Rule) 준수"의 두 가지 핵심어로 요약할 수 있다.

"통일된 개념 수립"은 각 사업별로 조건 및 환경에 적합한 하나의 체계를 구현하는 것을 의미하며, "공통된 규칙 준수"는 구현된 체계를 기준선(baseline)으로 하여 상호 합의된 규칙(절차, 방법 등)에 따라 전체 사업기간 동안 이를 준수하는 것을 의미한다.

이외에 SE 업무는 [Fig. 1]처럼 SE 표준 프로세스(ISO/IEC 15288)에 따라 전체 사업주기 동안 각 단계별 SE 기술 프로세스 업무의 수행도 포함하고 있다.

[†] 교신저자: 현대로템 철도시스템사업실
 (kypark@hyundai-rotem.co.kr)

* 현대로템 철도시스템사업실

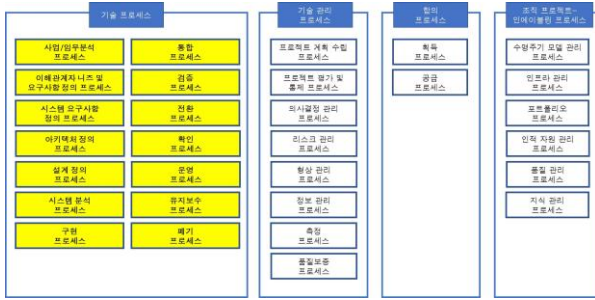


Fig. 1 SE 표준 프로세스(ISO/IEC/IEEC 15288-2015)

참고로 SE/ 감리/ ISA(Independent Safety Assessment, 독립안전성평가) 업무는 다음과 같이 구분된다.

항목	SE (System Engineering)	감리 (Construction Supervision)	ISA (Independent Safety Assessment)
국내 기준	없음(계약적 요구시 적용)	건설기술관리법/전력기술관리법 /정보통신공사사업법/소방시설공사업법	없음(계약적 요구시 적용)
해외 기준	ISO/IEC/IEEE 15288	없음	ISO/IEC 17065
업무 범위	예당사업 내 전체 설비 (System Level)	감리분야와 연관된 특정 설비 (Sub-System Level)	예당사업 내 전체 설비 (System Level)
업무 내용	(1) 요구사항(계약)에 적합한 철도시스템 체계/기준 수립 및 사업단계별 시스템 통합/검수 (2) 특정분야에서 수행하기 어려운 통합적 전문 기술 적용관리(RAMS, EMC 등)	(1) 예당 설비의 공사가 설계도서 및 관련 법령대로 시공되는지 여부 확인(검측감리) (2) "검측관리" + 기술지도(품질/시공 등) (시공감리) (3) "시공감리" + 발주처 감독 대행(책임감리)	(1) 제품 공급자의 보증활동에 대해 제3자 입장에서 ISA 공인 기관이 안전성 측면의 검증활동을 수행하고 인증서를 발행하는 보증활동

Table 1 SE/감리/ISA 업무 비교

2.2 실제 SE 수행 사례 분석 통한 기존 SE 업무 방식의 문제점 검토

앞서 살펴본 SE의 두 가지 핵심어 중 "통일된 개념 수립" 부분은 사업별로 처한 상황에 따라 다양한 형태의 통일된 개념이 도출될 수 밖에 없지만, "공통된 규칙 준수" 부분은 "일정 조건이 충족" 된다면 특정 사업에 적용되었던 SE 규칙들을 그대로 타 사업에서도 동일하게 활용할 수 있다는 장점이 있다.

하지만 이 장점이 오히려 현재 국내 철도사업에서 SE 수행시 SE 담당자와 현장 실무자 간 문제를 야기하는 주요 원인이 되고 있다.

그 이유는 대부분의 경우, 대전제(일정 조건 충족)을 간과한 채 특정 사업의 성공한 SE 규칙들을 현재 진행중인 사업에 융통성 없이 그대로 적용하기 때문이다.

본 논문에서는 이런 문제점에 대해 실제 SE 수행 사례 분석을 통해 구체적으로 살펴보았다.

먼저, 부산김해경전철 및 김포도시철도 SE 수행에 대한 분석결과는 [Table 2]와 같다. 참고로 두 사업 모두 발주처에서 계약시 SE 업무 방식을 [Table 2]처럼 수행할 것을 요구하였다.

구분	부산김해경전철	김포 도시철도	
차량 형태	철제차륜 무인 경전철 차량 (2량 1편성/ DC 750V/ 제3궤도)	철제차륜 무인 경전철 차량 (2량 1편성/ DC 750V/ 제3궤도)	
노선 형태 / 거리	(1) 전 노선 고가구조 (2) 총 연장 23.9km(21개역, 기지 1개)	(1) 전 노선 지아구조 (2) 총 연장 23.67km(10개역, 기지 1개)	
사업형태 / 시행사	(1) 민자사업 (2) 부산-김해 경전철 주식회사	(1) 재정사업 (2) 김포시 - 위탁: 한국철도시설공단+서울교통공사 (구, 서울메트로)	
SE 업무 기간	2006. 11. ~ 2011. 09.(약58개월) - 실시실계 완료 후 SE 투입	2013. 06. ~ 2019. 09(약75개월) - 기본실계 단계부터 SE 투입	
SE 업무 수행	현대로템 - E&M Turnkey 설비	(1) 서울교통공사 - 차량/신호/검수 외 E&M설비 + 통합SE (2) 현대로템 - 차량/ 신호/ 검수	
SE 업무 기술지원	(1) 해외: 디아폴로니아(이탈리아) (2) 국내: 한국전파진흥협회	(1) 서울교통공사: 비즈피어+신우이엔지 (2) 현대로템: Tuv수드+GET+팰타+RMS	
SE 업무 범위	요구사항 관리	x*	o
	성능 관리	o	o
	설계 관리	o	x**
	인터페이스 관리	o	o
	RAM 관리	o	o
	안전성 관리	o	o
	EMC 관리	o	o
	소음/진동 관리	x***	o
ISA 발주 / 수행업체	현대산업개발 + 포스코건설(건설사업단)/라카르도(구, 로이드)	현대로템/ Tuv라인란드	
	SE 업무 특징	국내 최초 철제차륜 무인철도 시스템의 성공적 개통시 적용되었던 SE 수행 방법	국내 상업을 무인철도 시스템 사업 최초로 사업 전 단계에 걸쳐 국제 SE 프로세스 (ISO/IEC 15288) 적용
	* : 영상관리에서 통합 관리 ** : 영상관리에서 통합 관리(변경사항 위주) *** : 건설(토목/건축)분야에서 관리(환경영향평가)		

Table 2 김해/김포사업 SE업무 비교 요약표



(a) 부산김해경전철



(b) 김포도시철도

Fig. 2 김해/김포사업 SE 현장업무 예시

[Table 2]에서 살펴본 바와 같이 부산김해경전철의 SE 업무 방식은 현재 국내 철도시스템 SE 업무 방식의 시발점이자 기준이 되었다. 김포도시철도 SE 업무 방식 또한 이를 차용하여 적용하고 있다.

이 SE 업무 방식을 도식화 형태로 표현하면 [Fig. 3]과 같다.

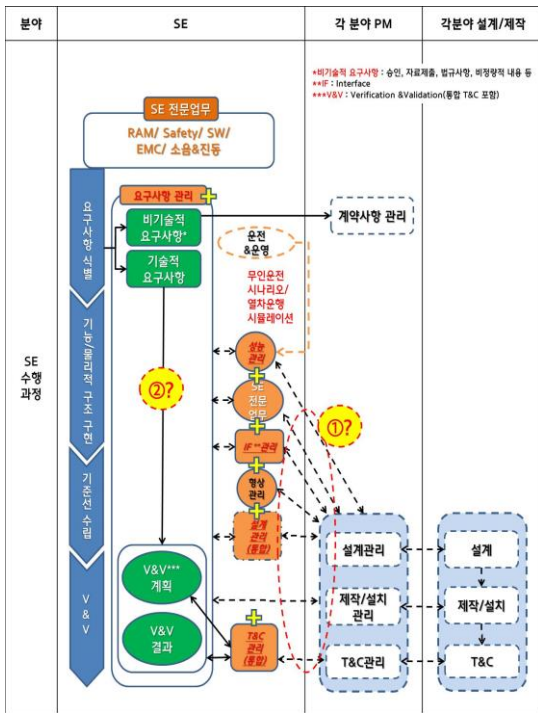


Fig. 3 현행 SE 업무 모델

[Fig. 3]의 SE 업무 모델이 적용된 두 실무 사례를 분석해 본 결과, 크게 다음 2가지 측면에서 문제점을 발견할 수 있었다.

- (1) SE 업무 관련 동일한 내용에 대해 SE 분야 각 담당자별 개별 관리로 인한 실무자(각 분야 PM, 설계자 등)들의 불필요한 업무부하(중복 자료 요청 등) 증가 및 이로 인한 실무자들의 협조, SE 업무진행에 차질 발생
- (2) 사업초기 기술적 요구사항에 대한 전분야의 통일된 기준선 수립 미흡에 따른 각 실무자별 개별 기준선(기존 방식 또는 유사 사업 적용 기준 등) 활용 및 관련 업무(설계 등) 진행으로 인해 불필요한 변경사항(해당사업과 무관한 기능 반영 또는 요구 기능 누락 등) 발생 증가

이런 문제점들이 발생한 근본적 원인은 타 사업에 적용했던 SE 업무 모델을 현재 수행 중인 사업의 특수한 환경(SE 적용시점, 계약 조건, 업무범위 등)을 고려하지 않고 그대로 가져와 적용하였기 때문이다. 이로 인해 기존 SE 업무 방식 내 문제점들이 똑같이 반복되어 결국 SE 담당자와 실무자간 문제가 지속적으로 발생하게 되었다.

또한 SE 업무 관련 사업시행자와 시스템 공급자는 사업 수행 목적이나 계약적 상황으로서도 다름에도 불구하고, 이런 차이점을 무시한 채 양자 모두 SE 업무시 동일한 SE 업무 모델을 적용하는 점도 문제점으로 검토되었다.

2.3 철도시스템 공급자용 SE 업무 모델 제안 및 예상효과

SE 담당자와 철도 실무자간 원활하고 효과적인 SE 업무 진행을 위해 상기 분석된 문제점들의 개선방향을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 철도 실무자의 불필요한 업무부하 증가 관련 SE 담당자와 실무자간 업무 채널 일원화
- (2) 통일된 기준선 수립 미흡에 따른 불필요한 변경사항 발생 증가 관련 실무자들의 설계 착수전, SE 분야에서 최소한의 통일된 기준선(제품분류체계[PBS] 등) 조기 수립/공유
- (3) 사업시행자/철도시스템 공급자의 동일 SE 업무 모델 적용 관련 공급자 환경에 적합한 별도의 SE 업무 모델 수립[2]

상기 개선안을 바탕으로 기존 SE 업무 모델을 개선한 철도시스템 공급자용 SE 업무 모델은 [Fig. 4]와 같다.

[Fig. 4]의 SE 업무 모델 적용시, 시스템 공급자들의 SE 업무 관련 다음과 같은 효과가 예상된다.

- (1) 기존 SE 업무 방식을 기본업무(요구사항/인터페이스/형상)에 기반한 V&V와 전문업무(RAMS, EMC 등) 형태로 재편하여 시스템적인 "공통 규칙 준수" 환경 제공

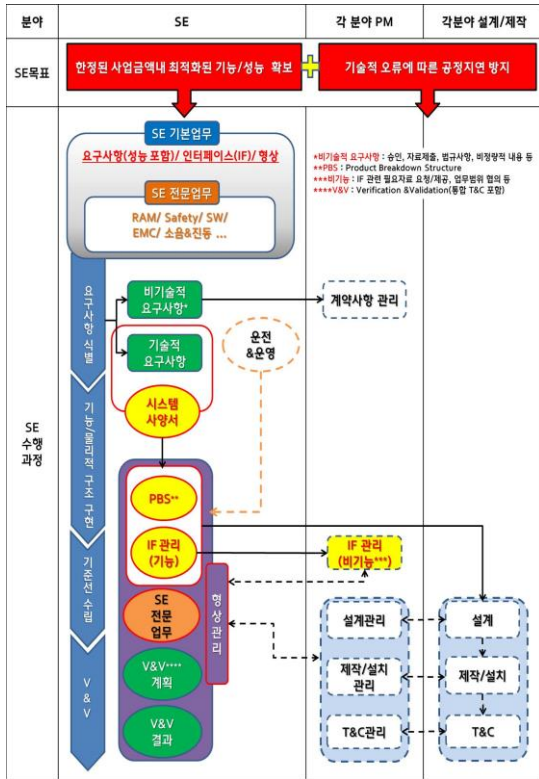


Fig. 4 제안 SE 업무 모델(철도시스템 공급자용)

- (2) 기준선(시스템사양서, PBS 등) 수립 후 SE 담당자와 실무자간 업무 채널을 형상 관리로 일원화하여 현업 실무자의 SE 업무 부하 최소화 및 협업기능 증대
- (3) 실무자의 설계 착수전 SE 분야에서 최소한의 통일된 기준선 수립/공유 통해 분야별 공통된 규칙 준수 가능 및 이로 인한 불필요한 변경사항 발생 최소화

3. 결론

본 논문에서는 현재 국내 철도현장에서 사용 중인 SE 업무 모델에 대해 실무사례를 바탕으로 문제점을 검토하였으며, 그에 대한 개선안도 같이 검토하였다. 또한, 검토된 개선안을 바탕으로 기존 SE 업무 모델을 개선한 철도시스템 공급자용 SE 업무 모델을 제시하였다.

제시된 철도시스템 공급자용 SE 업무 모델을 향후 국내 철도사업 SE 업무에 적용할 경우, 기존 모델에 비해 철도시스템

공급자 및 실무자들의 SE 업무 이해도 및 참여도를 높여 효과적인 SE 업무 수행이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

[1] Keon-Yeong Pak, Hee-Kap Yang, Jin-Woo. Park (2014) The ISO/IEC15288 Technical Processes Study Applied to Korean Urban Railway - In the Case of the GSTOS Architecture Design, 2014 Autumn Conference of the Korean Society for Railway, pp. 55-60.

[2] Keon-Yeong Pak (2018) The Systems Engineering Practice Workbook for Railway System Supplier, Keymaker