

제조업의 위기와 시스템엔지니어링

최성규¹⁾

한국철도기술연구원

Crisis of Manufacturing Industry and System Engineering

Sung Kyou Choi

¹⁾Korea Railroad Research Institute 360-1 Woulam-dong, Uiwang-City, Kyonggi-do 437-757, Korea

Abstract : Manufacturing having formed spinal structure of the nation's industry is on the verge of collapse due to various kinds of reasons. We should seek and realize another sustainable engines of growth but can hardly find them except manufacturing as for now. It can be said, accordingly, that we are well advised to find the path leading to our ultimate goal just in the systems engineering approach, which can differentiate us from the neighbouring hunted and hunting countries with their inherent competitiveness. In this paper, the desirable way needed is reviewed with the direction for us to take being suggested.

Key Words : Manufacturing(제조업), Growth Engine(성장동력), Systems Engineering(시스템엔지니어링)

1. 서론

흔히 한강의 기적이라고들 한다. 전쟁으로 인한 폐허를 딛고 가난에 찌들고 명든 한국을 세계 10대 경제 대국으로 이끌어 올린 찬란한 신화의 뒤에는 패배를 두려워하지 않고 불굴의 의지로 추진돼 왔던 제조업이 있었다. 그러나 어느새 지난 50년 동안 우리를 먹여 살려 왔던 이러한 제조업이 힘없이 무너지고 있다.

제조업의 붕괴를 걱정하는 목소리가 높아지고 있고, 이런 저런 모양으로 이에 대비하자는 의견들이 매우 분분하다. 세계적인 석학 앨빈 토플러는 에너지 등 자원고갈과 오염의 주범인 기존 제조업의 생산방식을 정보화 수단으로 대체해야 한다는 난해한 해법 찾기를 그의 저서 제3의 위기에서 제안했다. 제조업 자체의 붕괴를 우려한 것은 아니지만 그 만큼 제조업의 심각성을 지적하고 있으며,

아날로그 시대에서 디지털 시대로 넘어 가는 과정에서 필수적인 제조업 비중의 감소 때문에, 서비스나 금융 분야와 같은 타 분야에서 미래성장 동력을 찾아야 한다는 우려와도 결코 무관하지는 않을 것이다. 분명한 것은 아직 우리 사회가 금융 및 서비스에서 경쟁력을 가지고 국가를 지탱해 갈 수 있는 상황이 아니기 때문에 제조업의 화려한 부활이 반드시 다시 이루어져야 한다. 선진기술로 첨단을 달리는 일본과 저렴한 노동력은 물론 최근 상당한 수준의 기술로 우리를 추격하는 중국 사이에서 나름대로 우리의 특성을 살린 고부가 가치화 전략이 필요하다. 이를 위해서는 우리만의 강점을 가진 분야의 선택, 이에 따르는 사업구조조정과 인원 합리화, 끊임없는 연구개발과 혁신, 상생을 위한 협력적 노사관계의 구축 그리고 어느 것 못지않게 중요한 것으로서 정부의 친기업 환경 조성 등을 포함 한 여러 가지를 들 수 있겠지만 무엇보다도 가장 근본적이고, 의지만 있으면 가장 쉽게 활용할 수 있고, 또 가장 큰 효과를 거둘 수 있는 분야가 바로 시스

* 교신저자 : skchoi@krrri.re.kr

템엔지니어링이다.

본고에서는 현재 국내에서 가장 필요로 하면서도 가장 낙후된 학문 분야인 시스템학과 시스템엔지니어링의 개념과 그 중요성에 대해서 설명하고 국내의 활용 현황 및 우리의 나아갈 방향을 찾아보기로 한다.

2. 시스템엔지니어링의 정의와 중요성

식자층에 드는 사람치고 시스템 또는 시스템공학에 대해서 정도의 차이는 있을지언정 이 말뜻을 모르는 사람은 거의 없을 것이다. 문제 해결 시, 주어진 여러 가지 여건과 형편을 충분히 고려하여 가장 최적화된 대안을 선택하려는 본능 자체가 바로 시스템적 사고의 시작일 것이다.

하나의 제품 또는 시스템이 초기 계획이 부실하여 제작 도중에 발생한 설계변경이나 납품 후 운영유지 기간에 추가로 발생한 비용이 만만치 않은 경우를 종종 보아 왔다. 이런 현상은 60년대 개발 초기에 특히 많았던 것으로서 先納品 後補完이라는 안일한 사고방식에 젖어왔기 때문이다. 초기 시스템 요구에서부터, 설계, 개발, 생산, 건설, 운영, 유지, 폐기에 이르기까지 즉 '요람에서 무덤까지' 제품의 일생기간 동안 발생할 수 있는 제반 요소를 철저히 계획 초기에 고려하고 이를 반영함으로써 後工程에서 발생할 수 있는 비용을 최소화해야 하는데, 상당한 기술수준에 도달했다고 하는 지금도 이런 합리적이고 체계적인 사고방식이 여전히 많이 미흡한 것이 사실이다.

특히 대형 공공투자사업의 경우 이러한 예를 많이 볼 수 있다. 고속철도 건설을 예로 들면, 프랑스나 일본과 같은 철도선진국의 경우 고속철도 계획수립 기간이 20년 정도인데 우리의 경우 11년이었으며, 공사기간은 우리의 18년(대구-부산 신선 포함한 2010년 기준)에 비해 두 나라 모두 5년5개월이었다. 계획변경이나 정책수정으로 인하여 건설비용이 급증했고 공사기간이 연장되었을 뿐만 아니라 공사자체도 부실화되어 많은 곤욕을 치렀던 것이다. 즉 초기에 예측한 사업비 5조 8400억 원과 사업기간 6년이, 93년과 97년 2차례 수정을 거치면서 사업비가 18조 6000억 원으로 증가했고 사업기간

도 13년(2004년 우선개통 기준)으로 늘어난 것이다.

지난 반세기 동안 우리 공학기술인들이 국가 산업발전에 끼쳐 온 역할과 성과는 그 이전 어느 시대 어느 상황에 비해 진정 큰 것이었으나, 국가 정책적으로 WTO 시장개방이나 IMF 위기 등에 대한 부적절한 대응, 빌려온 자본과 구걸하다시피 얻어온 기술, 방만한 기업경영, 기업경영사회봉사 이념이 결여된 부실한 공교육, 무모한 국가사업 추진과 기업의 무리한 사업투자 등으로 인해, 그 노력과 열성에 비해 아직까지 독창적 기술, 상품 및 서비스로 세계시장이나 세계경제를 선도할 만한 공학기술이나 경영자를 거의 보기 힘든 상황이다. 이에 비해 건국 220여년의 미국이 창업 100년이 넘는 세계적 기업을 무수히 보유하고 있는데, 실용주의에 입각하여 철저한 공학기술을 가르쳐 왔으며, 폐쇄된 한 분야에서보다는 개방된 전 분야 공학에 걸쳐 다원화·다양화·다각화된 시스템엔지니어를 양성해 왔고, 정부 및 기업이 같이 공공·공익 사업개발을 주도하고 참여해 오는 등 시스템적인 접근 방법을 사용하여 사업추진 자체에 대해서도 '신성한 責務'를 기울여 온 덕택이라 할 수 있을 것이다.

인구 12.5억, 남한의 100배의 면적을 가진 중국이 90년대 이래 줄곧 10%대 경제성장률을 유지하면서 무섭게 부각하고 있다. 대부분의 아시아 국가들이 IMF위기로 경제적 어려움에 직면했던 당시에도 중국은 별로 영향 받지 않았다. 자본주의 경제체제로 급격 이행하면서 사회적으로 부정부패가 만연하고 젊은이들 사이에 서구의 퇴폐문화가 급속히 번지고 있는 것이 사실이다. 그러나 1990년 소련 붕괴 이후, 오직 하나인 초강대국 미국에 대항할 수 있는 유일한 국가로 부상하고 있는데 현재의 경제발전 속도가 지속될 경우 그 경제력은 2020년 일본 능가하고 2050년 미국마저 추월할 것으로 예상하고 있다. 엄청난 인구라든지 지속적인 높은 경제성장률 등 가시적인 현상 외에도 중국의 발전 잠재력은 정작 다른 곳에 감추어져 있다고 한다. 한마디로 요약하면 그들은 일찍이 시스템적 사고구조로 무장하고 국가의 백년대계를 구상해 온 것이다. 중국에 시스템학이 처음 소개된 것은 70년대 중반이었다. 그 후 80년대에 이르기까지 시스템학을 연구하는 수많은 연구소와 대학 연구실을 설립했는데, 특히 개혁과 개방의 물결이 밀어닥쳤던 80년대에는

시스템 과학이 전성기를 누렸다. 이 시기에 시스템 과학이 환영받았던 가장 큰 이유는, 그것이 중국사회가 개혁과 개방을 달성하기 위한 과학적인 이론과 방법을 제공해줄 수 있었기 때문이었다. 당시 중국의 최고층 지도자들은 중국 사회의 개혁·개방과 발전을 거대한 시스템 공정으로 이해했다고 한다.

3. 시스템엔지니어링의 적용 원리

새로운 프로젝트 수행 초기에는 높은 열정과 낙관 그리고 성공에 대한 도취로 들떠 있게 마련인데 이처럼 개발에 대한 욕구가 지나치면 지나칠수록 편향된 사고로 판단하기 쉽다. 바로 이때 필요한 것이 균형 잡힌 사고이고 이런 사고의 틀을 제공하는 것이 바로 시스템엔지니어링이다. 프로젝트 개념형성 초기에 시스템엔지니어링팀을 조직하여 균형잡힌 사고로 개발에서 생산, 운용 및 폐기까지 제품 일생 전반에 관련된 요소들을 통합적으로 검증할 수 있는 체제를 갖추어 운영하는 것이 매우 중요한 시스템엔지니어링의 기본원칙이다.

이러한 원칙을 쉽게 적용할 수 있도록 만들어진 방법이 곧 시스템엔지니어링 프로세스인데 보다 효율적이고 효과적인 시스템엔지니어링 프로세스를 위해서는 주어진 일정과 비용 그리고 위험 범위 내에서 고객 요건(요구사항)에 합당한 제품을 개발하고 생산할 수 있도록 모든 관련요소를 포함한 통합적인 것이라야 한다. 이런 프로세스는 먼저 분명한 시스템 개념을 정립한 다음, 지속적인 변경 및 변화가능성을 미리 사전에 예측하고 熟議하여 해결방안을 모색할 수 있도록 관리되어야 한다.

시스템엔지니어링 발전과정을 보면, 2차대전이 끝나고 미국과 소련을 비롯한 열강은 우주선 사업에 주력하게 되었는데, 미 NASA와 국방성은 우주항공 산업에 시스템엔지니어링 개념을 적용하기 시작해서 마침내 1969년 Neil Armstrong이 달에 착륙하게 되자 미국은 본격적으로 시스템엔지니어링기법을 우주개발 프로젝트의 비용효과적인 프로세스로 발전시켜 나가도록 방침을 세웠다. 바로 이 무렵에 우리는 오랜 가난의 역사를 물리치기 위해 중화학공업과 방위 산업을 육성하기 위한 기반을 조성하기 시작하여 산업기반확충과 제품국산화가 이루어지는 초기 단계를 맞고 있었다. 한편 80년대 초 미국은 우주항공사업

이 축소되면서 이 분야에 종사하던 시스템엔지니어들이 중소기업 분야로 흩어지면서 SE 기법이 민수산업에 확산되기 시작했다. 이때 우리는 국산장비의 개량과 품질향상을 도모하면서 설계기술에 눈 뜨기 시작한 것이다. 그러나 안타깝게도 우리는 제품의 운용 및 사용환경을 고려한 합리적인 제품개발 프로세스보다는 비용절감 및 품질향상에만 집중하고 있었는데, 국내에 겨우 소개되기 시작한 시스템엔지니어링기법은 앞서가는 배부른 사람들의 관리방법 정도로 치부되고 있었던 것이다. 만일 우리가 바로 이런 시기에 시스템엔지니어링 기술을 올바르게 이해하고 적용하기 시작했더라면 지금 우리 국가산업경쟁력이 어떠한 상태에 있을까하는 생각이 든다. 좋은 기회를 놓치고 만 것이다.

더욱 안타까운 것은 1980년대 중반 자체개발을 할 것인가 아니면 해외구매를 할 것인가를 놓고 선택을 해야만 했을 때, 근시안적인 경제비교 우위정책에 따라 항공, 전자, 미사일 등 기술선도적인 주요장비를 해외에서 도입하는 것으로 결정을 하면서 그나마 겨우 명맥을 유지해 오던 국내 연구개발 환경이 침체되기 시작했다. 반면 미국은 30% 이상 이미 일본이 잠식한 자동차 및 전자산업을 따라잡기 위해 소프트웨어 엔지니어링기술을 시스템엔지니어링에 접목시켜 결국 일본을 따라 잡는 목표를 달성했을 뿐만 아니라 세계시장을 석권하는 단계로까지 진입하게 된 것이다.

그런데 우리의 경우 아직 독창적 기술, 상품 및 서비스로 세계시장과 세계경제를 선도할 만한 시스템(제품)을 내놓지 못하고 있으며 전문적인 시스템엔지니어도 거의 없고 시스템적인 사고 부재로 비합리적 비즈니스 환경을 극복하지 못한 채 시스템(제품, 이하생략) 개발환경은 더욱 정체되어 가는 분위기인 것이 사실이다.

지난 10월 매킨지의 한국경제전망을 보면 정부·정치시스템의 획기적인 변화와 비즈니스 환경에 대한 신뢰성 회복, 현실과 동 떨어진 교과과정의 개혁, 서비스 시장의 정부규제 완화 및 자본시장의 유연성 확보를 위한 획기적 개선이 없을 경우 우리의 경제성장엔진은 2010년에 멈추게 될 것이라고 경고를 했다.

그러다면 우리에게 정말 기회가 없는 것일까? Standish Group에서 조사한 미국의 90년대 시스템 또는 제품 개발 성공여부를 살펴보면, 성공 16%, 실패

패 31%, 어렵지만 그런대로 사용하는 경우가 53%나 되었는데 이런 프로젝트의 실패요인을 분석해 본 결과 고객요건 도출 실패와 경영관리 실패가 무려 80%나 차지하는 것을 알 수 있었다. 그리고 미흡한 개발계획에 따른 비용 및 일정 차질이 각각 89%, 122%로 비용초과 손실이 무려 590억불이나 되는데, 실패한 프로젝트 손실 810억불까지 합하면 모두 무려 1,400억불에 이르렀고, 사용 중인 시스템이라 할지라도 불필요한 기능이 무려 45%나 되었다. 이를 2002년에 다시 조사해 본 결과 시스템개발 성공률은 무려 12%나 향상되어 28%에 이르렀는데 이는 곧 시스템엔지니어링의 요체인 체계적인 관리능력이 향상된 결과라고 분석하고 있다. 결과적으로 시스템 개발 실패는 기술의 문제라기보다는 초기 고객요건을 도출하고 이를 체계적으로 잘 관리하지 못한 데에 즉 시스템관리 실패에 기인하고 있는 것이다.

바로 여기에 우리의 살 길이 찾아볼 수 있는 것이다. 갈수록 대부분의 프로젝트가 대형화되고 개발기간이 장기화되고 있어 시스템개발에 대한 SE 적용기회는 보다 더 증가하고 있다는 사실에 주목해야 한다. 즉 조선 산업은 물론 우주항공, 군수국방, 의료기기, 환경, 화공, 전자, 정보통신, 자동차, 에너지, 정밀기계 등 수 많은 분야에서 시스템엔지니어링을 적용하여 비용, 시간, 품질 면에서 월등히 우수한 시스템을 만들 수 있는 기회가 자꾸 많아지고 있는 것이다.

우리가 실천해 가야 할 선진화된 시스템엔지니어링 프로세스를 소개하겠다. 첫째, 그림 1에 표시한대로 필요로 하는 시스템의 각종 제약 요건 즉 기술, 경제, 사회, 정책, 환경적인 요인과 이에 필요한 각종 자원의 제약특성을 고려하여야 한다. 시스템프로세스에 이러한 요건항목들을 잘 識別하여 입력하면 고객필요성을 효과적이고 효율적으로 충족시킬 수 있는 시스템을 출력할 수 있다.

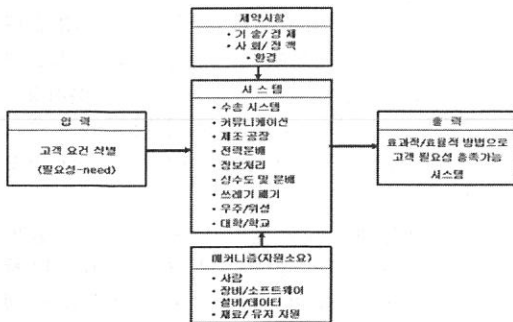


그림1. 시스템 특성면을 고려한 개발

그러면 이같은 시스템엔지니어링 프로세스를 프로젝트에 적용해야 할 시기는 언제일까? 일반적으로 사업개념을 형성하는 초기에 적용되어야 하는데, NASA 통계에 의하면 개념형성비용을 5%를 초기에 투자하면 비용초과가 50% 정도인데 비해, 2%를 투자하면 거의 200% 이상의 비용초과를 가져온다는 것을 알 수 있다.

둘째, 그림 2에서 처럼, 보다 효율적인 시스템을 개발하기 위해서 모델을 기초로 한 시스템엔지니어링 기법(Model Based Systems Engineering)을 적용해 가야 한다. 컴퓨터기술의 발전에 힘입어 실제 형상에 가까운 컴퓨터지원 모델링(Computer Aided Modelling)이 가능하게 되었다.

시스템분석 초기에 모델링과 시뮬레이션 분석 및 경험을 바탕으로 모델링 영역을 선정하는 것이 시스템엔지니어의 매우 중요한 업무 중의 하나이다. 관심대상 시스템에 대한 시스템 環境領域을 잘 정의하지 못하면 시스템개발 성공을 기대하기가 매우 어렵다.

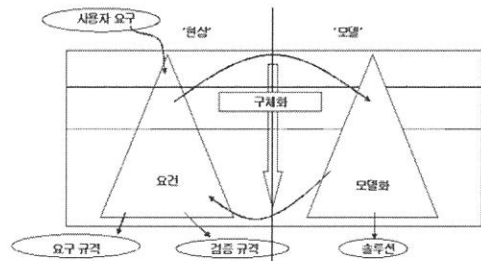
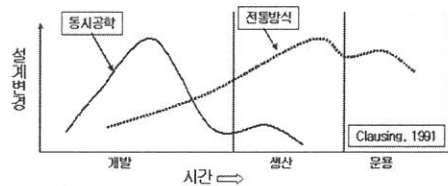


그림2. 모델융용기술로 도전



- 제품개발기간 60% 단축
- 설계변경 건수 50% 감소
- 재설계 및 재보수 75% 감소
- 제조비용 40% 감소
- 제품개발비용 절감
- 총수명 주기비용 감소
- 제품경쟁력 향상
- 고객요건 만족

그림3. 제품 및 프로세스 통합개발 체제

셋째, 필요로 하는 시스템과 프로세스를 통합한 개발프로세스를 적용하는, Integrated Product

Process Development(IPPD) 프로세스로서 성공적인 요구 시스템을 개발하기 위해서는 대상제품뿐만 아니라 각종 개발조직과 수행해야 할 업무 그리고 일정계획과 비용 등에 영향을 주는 프로세스를 통합하여 개발프로세스를 선정해야 한다. 그림 3에 이에 대한 개념이 잘 나타나 있다.

이러한 통합 프로세스의 고려사항은 제품을 정의하는데 큰 영향을 주게 되며 제품의 각종 특성은 곧 프로세스 선정에 영향을 주게 된다. 선정된 IPPD프로세스를 효율적으로 수행하기 위해서 Integrated Product Team, 즉 통합제품팀을 운영하게 된다. 지금까지 소형 프로젝트에서 대형 프로젝트에 이르기까지 수 십개에서 수 백개의 IPT 팀을 운용하고 있다.

넷째, 개발기간을 단축하고 비용을 절감하기 위해 그림 4와 같이 동시공학(Concurrent Engineering)기법을 적용해야 한다. 과거 순차적으로 수행되어 온 전통적인 방식은 개발기간이 연장될 뿐만 아니라 개발비용초과도 많았고 생산 및 운용단계에서 잦은 설계변경으로 운용유지비용이 과도하게 지출되어 왔다.

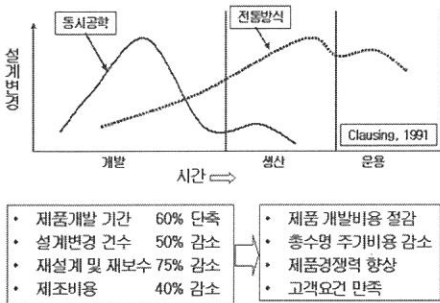


그림4. 동시공학기법 적용

설계 및 재보수 75%, 제조비용 40%까지 감소한 결과를 가져 왔다. 날이 갈수록 IPPD프로세스와 동시공학이 함께 적용됨으로써 더욱 더 개발기간은 단축되고 개발비용이 절감되어 가고 있다.

SE-CMM 능력 레벨

- 레벨 0-초기
- 레벨 1-수행시도
- 레벨 2-개척&추격
- 레벨 3-분명한 정의
- 레벨 4-계량적 통제
- 레벨 5-지속적 향상

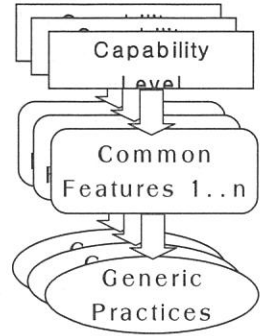


그림5. SE 수행능력 제고

다섯째, 그림 5와 같이 시스템엔지니어링을 적용하기 위해서는 첫째, 꼭 수행되어야 할 일(the right job)을 구별할 수 있어야 하고, 둘째, 이러한 일을 바르게 수행(do the job rightly)할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이를 수행하는 정도에 따라 0에서 5까지 등급을 매긴 것이 1998년부터 시스템엔지니어링 수행능력, SE-CMM이라고 부르고 있는데, 대부분의 경우 3등급 이상이 되어야 시스템엔지니어링을 적용하여 그 효과를 볼 수 있는 단계라고 보고 있다.

이러한 기준을 적용하여 기본정보를 수집한 다음 그 회사의 변화요소를 발견하고 이를 인식한 다음 해결대책을 개발하고 적용하여 제도화해 가는 것이 바로 BPR 활동이라고 할 수 있다. 무엇을 변화시키고 개혁해야 하는 지를 시스템엔지니어링 프로세스에서 찾고 해결하는 것이 가장 바른 길이라는 것이다.

이상 다섯 가지 중요한 사항을 실무현장에 적용하려면 먼저 이해해야 할 요소가 있다. 첫째, 시스템엔지니어링이란 주어진 목표를 달성하기 위한 길을 제공하는 하나의 road map이란 사실이다. 그리고 무엇보다 중요한 것은 이를 적용할 수 있는 환경을 제공해야한다는 사실이다. 따라서 모든 조직은 시스템엔지니어링을 사고방식(A way of thinking) 및 비즈니스를 수행하는 프로세스(A way of doing business)로 이해해야 한다. 따라서 회사 경영층으로부터 신입사원에 이르기까지 모두 함께 참여해야 가능하다는 것이다.

이와 같이 시스템엔지니어링의 적용목적은 사용자 및 고객의 요건을 충족시키기 위한 솔루션을

제공함에 있는 것이기 때문에 프로젝트의 유형에 따라 다르게 적용해야 한다. 기존 또는 신규 프로젝트, 타당성검토 또는 IPPD프로젝트에 따라 유연성 있게 적용해야 한다. 왜냐하면 시스템엔지니어링은 결코 기존의 문제점을 해결함에 있는 것이지 이를 더욱 악화시키는데 있는 것이 아니기 때문이다.

5. 맺음말

이상 국내 시스템엔지니어링의 현주소, 중요성, 적용원리 등에 대해 간단히 살펴보았다. 우리의 제조업이 처하게 된 위기에 대한 원인 분석이 관련 기관들에 의해서 잘 이루어지고 있고, 이에 대한 대응책 마련도 분주히 이루어지고 있다. 이들 이외에 본고에서는 시스템엔지니어링을 적용해야 함을 주장했다. 이러한 시스템엔지니어링에 대한 이론 및 실무에 관한 연구 및 세미나, 학회활동 등이 역시 활발하게 이루어지고 있어 적용하는데도 큰 문제는 없을 듯하다. 그런데, 다른 분야는 몰라도 적어도 필자가 몸담고 있는 철도 분야의 경우 적용에 많은 어려움을 겪고 있다.

국내 철도는 1세기 이상 긴 역사를 자랑하고 있지만, 본격적인 기술개발이 이루어지기 시작한지는 이제 겨우 10여년 ... 강산이 변한다고 하는 이런 시기에 몇 가지 철도시스템을 개발해어 왔지만, 시스템엔지니어링이 제대로 적용되는 사례는 거의 드물다고 할 수 있다. 이유는 간단하다. 이론도 이론이지만 실무에 능한 엔지니어가 없기 때문이다. 따라서 무엇보다도 시스템엔지니어링의 다양한 분야별 또는 이들을 총괄할 수 있는 전문가 양성이 시급하다. 누가 시킨다고 해서 될 일이 아니다. 해당분야에 종사하고 있는 각자가 사명감과 자발적인 의지로 무장되어 있을 때만 가능한 일이다.

다시 제조업 전체로 보면, 아니 그 이상의 시각에서 산업 전체를 보더라도 시스템엔지니어링의 시스템에 제품수명주기에 관련된 종사자들만을 포함시킬 것이 아니고 산업기획과 관련된 정책입안자까지도 적극적으로 포함시킬 수 있는 여유를 가지고 시스템엔지니어링을 수행할 때 그러지 않았을 경우에 비해 수십 배 아니 수백 배 크기의 과실을 이룰 수 있다는 사실을 명심해야 할 것이다.

참고문헌

1. 민성기, 권용수, 시스템엔지니어링 원론[1], 시스템체계공학원, pp.15-21, 2004.
2. 민성기, 놓쳐버린 SE 적용시기, 시스템엔지니어링웍샵, pp.1-11, 2003.
3. 구본길 외 한국경제, pp.22-39, 2006년 8월.