

대형 복합 시스템 개발을 위한 효과적인 시스템공학 관리계획 개발 프로세스

유일상 · 박영원

아주대학교 대학원 시스템공학과

Development Process of Systems Engineering Management Plan(SEMP) for Large-Scale Complex System Programs

Il-Sang Yoo · Young-Won Park

Dept. of Systems Engineering, Ajou University

The Systems Engineering, as a methodology for engineering and management of today's ever-growing complex system, is a comprehensive and iterative problem-solving process. The process centers on the analysis and management of the stakeholders' needs throughout the entire life-cycle of a system and searches for an optimized system architecture. There are many essential needs and requirements to be met when a system development task is carried out. Systems Engineering Management Plan(SEMP), as a specification for system development process, must be established to satisfy constraints and requirements of stakeholders successfully and to prevent cost overrun and schedule delay. SEMP defines technical management functions and comprehensive plans for managing and controlling the entire system development process, specialty engineering processes, etc. Especially, in the case of a large-scale complex system development program where various disciplinary engineering such as mechanical; electrical; electronics; control; telecommunication; material; civil engineering etc. must be synthesized, it is essential to develop SEMP to ensure systematic and continuous process improvements for quality and to prevent cost/schedule overruns. This study will enable the process knowledge management on the subject of SEMP as a core systems engineering management effort, that is, definitely defining and continuously managing specification of development process about requirements, functions, and process realization of it using a computer-aided systems engineering software. The paper suggests a systematic SEMP development process and demonstrates a data model and schema for computer-aided systems engineering software, RDD-100, for use in the development and management of SEMP. These are being applied to the systems engineering technology development task for the next-generation high-speed railway systems in progress.

Keywords : Systems Engineering, Systems Engineering Management Plan(SEMP)

1. 서 론

1760년의 산업혁명 이후 기하급수적인 기술 발전으로 인해 최근에 와서는 기술적으로 복잡한 학제복합형 시스템이 사회적으로 요구되고 있다. 예를 들어, 보잉 777

의 경우 13만 여 개의 부품으로 구성되고 반도체 칩의 경우 부피는 작지만 요소간 상호 연결이 수십만 개일 정도로 복잡하다. 기술적 복잡성과 규모 측면 때문에 단순히 일부 전문 분야만으로는 이러한 복잡한 시스템을 개발할 수 없어졌다. 동시에 다양한 고객의 요구, 시스

템 수명의 단축, 시장 경쟁의 심화 등으로 연구 개발 환경이 급속히 변화하고 있다. 1950년대 말부터 다양한 고객의 요구를 반영한 대형 복합 시스템을 개발하기 위해 시스템공학이 대두되었다. 최근 들어 시스템공학은 점점 복잡해지는 시스템 개발을 위한 시스템 설계 및 관리의 필수 방법론이 되었다[9].

개인이나 조직의 학문배경이나 경험에 따라 시스템공학은 다양하게 정의된다[1]. 하지만 국제시스템공학회(INCOSE)에서는 시스템공학이란 시스템의 성공적인 구현을 위한 학제복합형 접근 방법으로 정의한다. 다시 말하면 시스템공학은 시스템에 관련된 복잡한 문제들을 해결하기 위해 이 문제에 관련된 모든 이해관계자(Stakeholder)의 요건(Requirement)을 만족시키기 위한 다분야간의 종합적 접근법이다. 이러한 시스템공학은 고객의 요구 기능과 성능 등을 개발 초기에 정의하고 문서화한 후, 비용과 일정, 생산, 시험, 운영, 훈련, 정비지원, 폐기 등을 고려하여 시스템 합성(Synthesis)과 유효성 검증(Validation)을 수행하는 데에 초점을 두고 있다. 시스템공학은 고객의 요구를 만족하는 고품질의 제품을 제공하기 위해 관리적인 부분과 기술적인 부분을 모두 고려한다[2,3].

성숙된 시스템공학적 접근법을 적용할 경우, 전통적인 시스템 개발 방식에 비해 제품 개발 기간의 60% 단축, 설계변경 요청 건수의 50% 감축, 재설계와 재작업 업무량의 75% 절감, 제조비용의 40% 절감 등의 구체적인 효과가 사례로 보고되고 있으며 이러한 사례를 통해 시스템공학은 보다 경쟁력 있는 제품 개발, 소비자의 기대와 요건에 부응할 수 있는 프로세스의 정립 등의 일반적 효과가 얻어진다는 견해가 있다[2]. 미국의 경우 국방과 항공 분야와 더불어 수송 시스템, 통신 시스템, 에너지 시스템, 정보 기술 시스템 등의 상용 시스템의 개발 사업에 그 적용이 확대되고 있지만 국내에서는 국방 사업과 고속/경전철 사업, 전자교환기 등의 정부 사업과 항공 분야에서만 제한적으로 응용의 중요성이 인식되고 있다[8].

고객의 요구를 만족하는 시스템을 성공적으로 개발하기 위해서는 기술적인 프로세스뿐만 아니라 관리적인 프로세스가 중요하다. 시스템공학 관리는 시스템공학 프로세스와 개발팀의 활동을 적절히 계획 및 통제하여 시스템 개발 역무(Task)가 효과적이고 효율적으로 달성되는 것을 확인하는 데 있다. 또한 시스템공학 관리는 품질 목표, 비용 목표, 위험도 목표, 성능 목표의 적절한 균형을 유지해야 한다. 이를 위해 사업 초기에 모든 시스템공학 활동들을 계획 및 관리하는 핵심 관리로서 시스템공학 관리계획(이하; SEMP)을 개발한다. 하지만 시스템공학의 기술적인 프로세스는 명확한 절차가 확립

되어 있지만 관리적인 프로세스는 정형적이지 못하다.

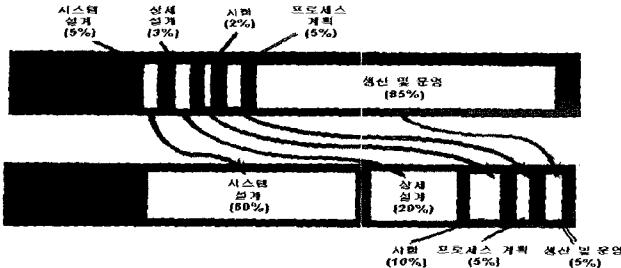
시스템공학 프로세스를 통해 최종 산출물로써 고객의 요구를 시스템의 성능 및 구현에 대한 사양서로 개발한다. 이 사양서는 시스템 성능에 대한 기술적 요건, 설계에 대한 구체적인 사항, 요건에 대한 검증 방법 등을 기술한다. 따라서 잘못된 사양서는 결국 잘못된 설계가 초래되어 많은 비용과 시간을 낭비하게 된다. 이에 못지않게 시스템공학 관리를 위한 SEMP가 잘못 개발되면 시스템 개발을 위한 모든 노력이 헛되게 된다. 현재 SEMP 개발을 위한 체계적인 절차가 제시되어 있지 않으며 게다가 구체적인 전산지원 시스템공학(CASE) 도구는 이러한 SEMP 개발 및 관리 기능을 갖지 못하고 있다. 본 논문에서는 시스템공학 프로세스를 응용하여 체계적인 SEMP 개발 프로세스를 제시하고 이를 대표적인 CASE 도구인 RDD-100에서 구현하기 위한 데이터 모형과 스키마를 개발하고자 한다.

2. 시스템공학 및 시스템공학 관리에 대한 고찰

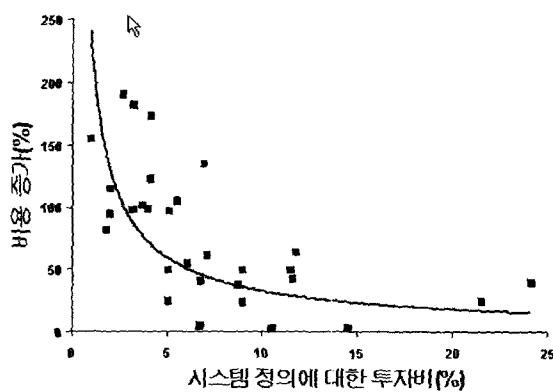
2.1 시스템공학의 필요성

최근 대부분의 선진국 교역량들은 복잡한 프로세스를 거쳐 생산되는 부가가치 높은 복잡한 제품 또는 시스템들이다. 기업들은 시장 선점을 위해 가격, 일정, 품질 측면에서 치열한 경쟁을 하고 있다. 세계적인 품질 경쟁력 있는 제품의 개발을 위해서는 실용적인 프로세스, 방법론, 그리고 도구가 필요하다. 또한 근래의 시스템들은 복잡성, 동시성, 많은 하부계약업체, 기술적 위험, 높은 신뢰성, 부품의 재사용성 등으로 특성화된다[4]. 하지만 대부분의 국내 개발 사업에서는 시스템 기획, 분석 및 설계를 소홀히 진행함으로써 일반적으로 다음의 문제점이 발생한다[5].

- ① 명확히 시스템의 임무가 정의되고 시스템 설계가 완성되기 전에 하부 구성품 설계를 시작함으로써 개발 후반에 초래되는 설계 충돌로 인해 많은 비용, 긴 구현 기간과 많은 재작업량이 초래되었다. 또한 설계가 정확하지 못하거나 시장의 수요를 만족시키지 못한다.
- ② 전체 시스템에 대한 분명한 기능적 또는 성능적 목표를 가지지 않고 부분적으로 개발하고 있다.
- ③ 시장 공략의 목적이 조직 전반에 걸쳐서 정확히 확립되어서 이해되지 않음으로써 개발 후반에 중요한 기술적이나 업무적인 역무가 발견된다. 그래서 그것들을 구체화하고 해결하는 데 더 많은 비용과 시간을 필요하게 된다.



<그림 1> 비용 결정과 비용 발생의 비교



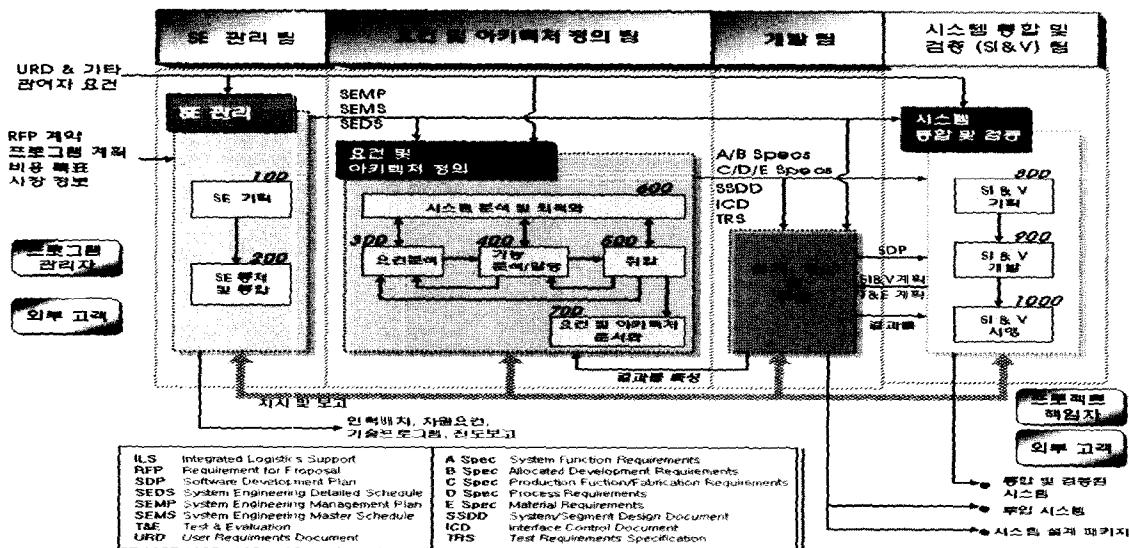
<그림 2> 초기 시스템공학 투자 효과

이러한 일반적인 설계 문제점을 해결함으로써 비용 절감과 일정 단축으로 효율성을 배가시키고, 동시에 제품 품질과 무결성(Integrity)을 증대하기 위해서는 반드시 시스템공학이 필요하다. 이러한 필요성은 그림 1과 그림 2에서 나타난다. 그림 1에서는 시스템 설계에 투입되는

비용은 전체 개발비용의 5%에 해당되지만 이 단계에서 결정되는 비용은 전체 개발비용의 60%에 해당된다. 이를 증명하는 다른 예가 그림 2에 나타난다. 이 그림은 NASA가 수행한 1980년대 초의 개발 사업들에서, 전체 비용 대비 시스템 정의에 투자되는 비용이 많을수록 실제 사업 수행 시 비용이 기하급수적으로 감소됨을 보여준다[5].

2.2 시스템공학 프로세스

시스템공학 프로세스도 시스템공학의 정의와 마찬가지로 공인된 것은 없다. Martin[10]이 제시하는 시스템공학 프로세스는 그림 3과 같으며 이는 유효성이 검증된 고객의 요구와 요건을 시스템 수명주기 상에서 균형 잡힌 시스템과 프로세스 설계로 변환하기 위해 사용되는 포괄적이고 반복적인 문제 해결 프로세스를 나타낸다. 이 그림은 시스템공학의 세 가지 주요 기능으로 기술사업 관리, 요건 및 아키텍처의 정의 그리고 시스템 통합 및 검증을 보여준다. 또 시스템 아키텍처 정의 프로세스는 요건 분석, 기능 분석, 합성, 시스템 분석과 통제의 하부프로세스로 구성된다. 일반적으로 이 4가지 요소를 시스템공학의 핵심 프로세스라고 한다. 요건 분석과 기능 분석에 의해 문제영역을 정의하고 합성을 통해 해결영역을 정의한다. 기능 분석에서 새로운 기능이 도출되면 요건 루프를 통해 과정 요건을 생성하고 합성에서 요건으로의 제한된 해법이 합성에서 요건 분석까지의 검증 루프를 통해서 해결영역이 문제영역에 정확히 대응하는지를 확인한다[10,11].



<그림 3> Martin의 시스템공학 프로세스

2.3. 시스템공학 관리

현실 세계의 많은 제약들 속에서 아주 다양한 부서, 기능, 특기, 프로세스를 상대로 치밀한 계획, 정성스러운 관리 그리고 협조 속의 통합을 거쳐야만 사용자와 고객의 수요를 성공적으로 만족시킬 수가 있는 가능성이 높아지는 것이다. 따라서 시스템공학 관리의 목적은 시스템공학 프로세스와 개발팀 활동을 적절히 계획 및 통제하여 개발 역무가 효과적이고 효율적으로 달성되게 하는 것이다. 이를 위해 시스템공학 관리는 품질, 비용, 위험도, 성능 측면에서 적절한 균형을 유지해야 한다.

시스템공학 관리를 위한 활동은 크게 계획 업무와 통제 및 통합 업무로 구성된다. 먼저 시스템공학 계획 업무는 모든 기술 업무간의 조정과 통합을 통하여 시스템공학 활동을 선도한다. SEMP는 사업 관리계획서(PMP; Program Management Plan)에 정의된 사업의 성공적 달성을 위해 모든 기술 업무를 통합하는 학축된 관리계획이다. 시스템공학 관리자는 사업의 전 프로세스를 통해 SEMP 및 전문분야 기술 계획의 집행 상황을 감독, 관리와 감사를 수행한다. 시스템공학 통제 및 통합 업무는 설계목표비용(DTC; Design-To-Cost) 감시, 위험도 관리, 기술성능측정(TPM; Technical Performance Measurement), 형상관리, 자료 관리, 기술 검토 및 감사, 절충 연구 및 효과 분석, 수명주기비용 분석, 기술 분야 통합 등과 같은 중요 역무들을 포함하며 이 역무들은 초기 계획 입안 시 시스템공학 프로세스에 반영된다.

계획의 재정립이 필요할 때마다 계획 업무와 통제 및 통합 업무가 반복적으로 발생하게 된다. 이러한 두 가지 업무들은 Plan the work, then work the plan이라는 구호와 일맥상통한 것이다. 또한 소위 PDCA 접근 방식 즉, 계획(Plan), 집행(Do), 점검(Check), 조치(Act) 방식과 일치한다[2].

2.4 시스템공학 관리계획(SEMP)

SEMP는 사업 계획대로 또는 사업 계획의 확대 선상에서 모든 기술 활동을 통합하기 위해 사용되는 일차적이고 최상위 수준의 기술관리 기획 활동이며 반드시 문서화되어야 한다. 즉, 시스템 설계 결과물이나 프로세스의 수명 주기에서 필요한 기술 활동들을 어떻게 관리하고 집행하는 지에 대한 지침을 제공하는 문서이다. 따라서 SEMP는 시스템 설계와 개발을 위해 필요한 여러 가지 공학 관련 활동들의 통합을 촉진하기 위한 조직, 정책과 절차를 제공하므로 반드시 각 사업마다 작성해야 한다. 또한 SEMP는 많은 각각의 설계 관련 사업 계획들을 통합하고 최상위 계획서들과의 의사소통을 증진

하기 위해 개념설계 단계에서 개발되어야 하고 사업 진행에 따라 정기적으로 보완해야 한다.

SEMP에 기술되어야 하는 내용은 개발 시스템의 사용분야, 복잡도와 사업 규모에 따라 다르다. 하지만 일반적인 접근법으로 크게 기술 사업 계획, 구현 및 관리 부분, 시스템공학 프로세스 부분, 특수공학 통합 부분으로 구성된다. 여기서 기술 사업 계획, 구현 및 관리 부분은 사업 요건의 설명, SOW, WBS, 시스템공학 작업의 설명, 필요한 일정과 비용, 조직 구성과 더불어 시스템공학 목적에 따라 성공적으로 사업을 수행하기 위해 필요한 모든 관리 기능들을 포함한다. 시스템공학 프로세스 부분은 기술 사업 계획, 구현 및 관리 부분에서 정의된 활동들을 통해 효과적으로 계획과 관리할 필요가 있는 단계들을 설명한다. 특수공학 통합 부분은 시스템공학 프로세스 부분에 설명된 단계들을 실행하기 위해 요구되는 적절한 주요 공학 분야들의 통합을 포함한다. 또한 사업 관리 요건의 설명과 관리 활동, 사업 수행을 위한 자원 등도 포함한다[1].

3. 대형 복합 시스템을 위한 SEMP 개발 프로세스

시스템공학은 시스템 개발 사업 초기에 고객의 요구를 시스템의 성능과 물리적인 구현에 대한 설명으로 변환하는 공학적 활동이다. 사회에 순실을 최소화할 수 있는 최적의 시스템 정의와 설계가 바람직하다. 그래서 시스템공학은 비용, 일정, 기술적 성능 목표에 맞게 전체 공학 활동을 통합한다[12]. 시스템공학 프로세스의 적절한 준수와 조정은 제품의 품질 향상, 경제성 향상과 개발기간 단축에 공헌한다. 그러나 시스템공학을 성공적으로 적용하기 위해서는 반드시 고려하고 확인해야 하는 것이 기술 공정 활동의 사양서인 SEMP의 개발이다[10]. 무엇보다 사업 초기에 비용 목표, 일정 목표, 성능 목표를 고려하여 필요한 기술적 활동과 일정을 확립하는 핵심 관리기획서인 SEMP의 개발은 시스템공학 성공을 좌우할 만큼 중요하다.

SEMP는 사업 관리계획을 참조하면서 이와 동시에 작성하여야 한다. SEMP는 사업 내의 모든 기술적 활동들을 다루어야 한다. SEMP는 사업의 비용 목표, 일정 목표와 성능 목표를 달성하기 위한 기술조직, 명령과 통제 체계를 규정한다. SEMP는 시스템공학 관리, 시스템공학 절차의 조정, 사업 수명주기에서의 기술 분야들의 통합 등에 관한 정의 및 방법을 기술한다. SEMP는 일차적인 기술계획서이기 때문에 사업 규모에 상관없이 모든 기술 개발 사업은 SEMP를 작성해야 한다. SEMP는 사업

의 규모와 복잡도에 맞추어 조정해야 하며, 개발의 전 프로세스를 다루어야 한다. 사업이 진척됨에 따라 SEMP는 새로운 사업 요건 및 활동의 변경을 반영하도록 정기적으로 갱신해야 한다[10].

이와 같이 SEMP의 중요성에 대한 일반적인 내용을 가진 문헌은 많으나 이를 작성하기 위한 구체적인 프로세스에 대한 문헌은 없다[1, 10-16]. 따라서 완전히 통합된 기술 활동들을 어떻게 수행하고, 관리해야 하는지를 기술한 포괄적인 문서인 SEMP 개발은 반드시 체계적인 프로세스가 있어야 한다. 본 논문은 시스템 사양서를 개발하는 시스템공학 프로세스를 응용하여 체계적인 SEMP개발 프로세스를 제안하고자 한다. 이는 시스템공학의 프로세스 역시 하나의 개념적 시스템으로서 목표하는 임무달성을 위해 인력, 장비, 시설, 소프트웨어, 자료 등의 자원을 활용하는 기능 또는 활동의 집합이며 물리적 시스템들과 마찬가지로 기능적 아키텍처로 나타낼 수 있음에 착안하는 것이다. 본 논문이 제안하는 SEMP 개발 프로세스는 크게 요건 분석, 기능 분석 및 배분, 공정 아키텍처 합성의 하부프로세스 단계로 구성하며 각 단계는 정성적 또는 정량적 해석을 통해 지원된다. 이러한 단계별 프로세스들을 체계적이고 반복적으로 분석함으로써 최적의 SEMP를 개발할 수 있다. 표 1과 같이 공정 시스템이 물리적 시스템과 다른 특성을 지니고 있으므로 단계별 하부프로세스 수행 시 내용과 결과물이 물리적 시스템의 개발 경우와 다르게 마련이다. 특히 개발공정은 제조공정과 달리 대부분의 기능수행이 인력에 의한 해석활동, 의사소통, 그리고 의사결정 등에 의해 달성되고 있어 정량화와 정형화가 어려운 특성을 갖고 있다.

<표 1> 물리적 시스템과 개념적 시스템의 차이

특성 구분	물리적 시스템	개념적 시스템
고객/사용자/개발	통상 다름	통상 같음
요건/제약사항	비교적 고정	유일 무이
기능수행 요소	기계적/전기적	인력 등 다양
성능규격	정량적/확정적	정성적/비확정적
환경	제한적	유동적
인터페이스	확정적	비정형적
TPM 해석	모형화/모사용이	모형화/모사난이

요건 분석 프로세스는 사업의 목적과 범위를 명확히 파악하여 SEMP에 기술되어야 할 사항들을 정의한다. 기능 분석 및 배분 프로세스는 사업 목표를 달성하기 위해 요건 분석에서 정의된 기능적 또는 성능적 요건을

달성하기 위해 수행해야 할 업무를 정의하고 비용, 일정과 자원 등에 대해 분석한다. 공정과 방법들의 합성 프로세스는 요건과 기능을 수행하는 기술 활동 프로세스를 정의한다.

3.1 요건 분석 프로세스

전형적으로 사업은 각 개발 단계에 따른 기술 계획을 개발하고 이를 사용하여 시스템공학 활동을 지시하고 추적한다. 사업 형태, 사업 수명주기 단계, 기술 개발 위험 등에 따라 시스템 개발 사업은 동일한 것이 없으므로 사업마다 상황에 맞는 필요한 요건을 분석하여 SEMP에 기술하여야 한다. 따라서 SEMP의 구체적인 내용은 사업에 따라 반드시 적용 조정되어야 한다.

시스템공학 활동은 전체 사업 활동 범위 내에서 수행되어야 하므로 SEMP 개발을 위한 요건 분석 하부프로세스의 입력 정보인 SOW, 일정, 사업 관리계획, 상부 수준 WBS 등을 사용하여 요건을 개발해야 한다. 또한 많은 문헌에서 제시된 SEMP에 기술되어야 할 내용들을 적절히 활용하는 것이 효율적이다. 예를 들어서 기술성능측정이 사업에서 실행되지 않으면 SEMP에서 이 종류의 계획에 관련된 요건들을 삭제한다. 만약에 기술 삽입을 고려하지 않으면 관련 요건들을 삭제한다. 또한 SEMP는 사업을 기술적으로 어떻게 관리할 지에 대한 계획서이므로 표 2와 같은 일반적인 관리와 관리계획서의 요소가 요건 개발 시에 고려되어야 한다. SEMP 개발팀원은 여기에 부가하여 파생 요건의 근거를 제공해야 한다.

<표 2> 계획과 관리계획의 일반적인 요소

계획의 요소	관리계획의 요소
① 수행할 작업 ② 시기 ③ 자원 ④ 인력	① 목적 ② Deliverables ③ 일정/마일드스톤 ④ 접근법 ⑤ 자원 ⑥ 조직/책임 ⑦ 상호 관계 ⑧ 인원 ⑨ 절차 ⑩ 계획과 통제 ⑪ 진척 보고서 ⑫ 종료 기준 ⑬ 훈련 ⑭ 위험 관리

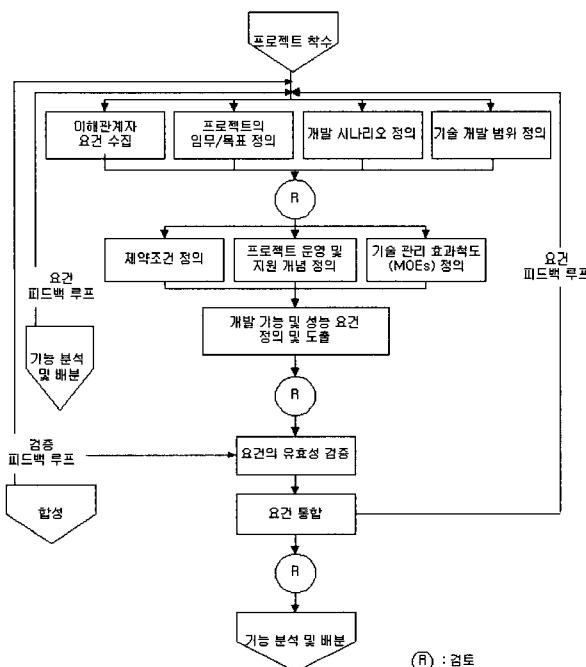
사업의 임무는 고객이 제시하거나 사업 중에 개발된다. 요건은 사업 수명주기의 모든 기능과 하부 기능에

대해서 동시에 개발된다. 요건 분석을 통해서 각 요건의 중요성과 민감도를 파악한다. 그림 5는 개발 공정 시스템 설계를 위한 요건 분석 하부프로세스를 나타낸다.

3.2 기능 분석 및 배분 프로세스

SEMP의 요건은 기능 분석을 통하여 필요성을 정당화하지 않고서는 정의될 수가 없다. 그림 6은 기능 분석 프로세스를 나타낸다. 요건 분석에서 정의된 사업 목표를 분석하여 개발 사업에서 요구되는 활동에 대한 거동을 정의한다. 이러한 분석은 다음과 같은 기법들을 이용하여 수행한다.

- ① 기능 흐름 블록 다이어그램 (FFBD)
- ② 시간표 (timelines)
- ③ 자료 흐름 다이어그램
- ④ 상태/형태 (State/Mode) 다이어그램
- ⑤ 거동 다이어그램
- ⑥ 기타 다이어그램 기법



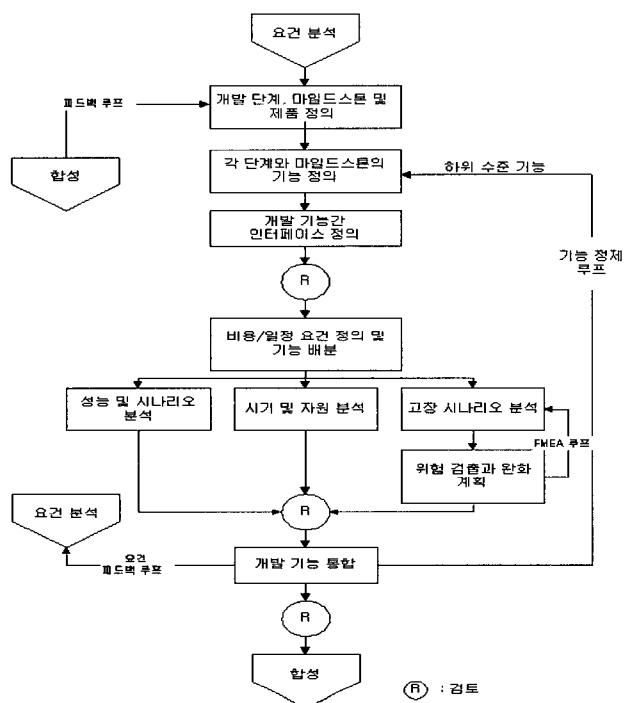
<그림 5> 요건 분석 프로세스

기능 배분 역무는 요건, 기능, 프로세스 요소간의 추적성을 확립한다. 요건은 기능에 배분되며 거기에 예산이 배분된다. 기능 배분 상황은 요건배분서(RAS)에 문서화된다.

기능 흐름도를 활용하려면 사업 수명주기의 모든 업무들을 고려해야 하며, 표현 방법에 있어서는 업무순서

와 인터페이스가 적절히 반영해야 한다. 기능 블록에 정보를 수록할 때는 기능을 어떻게 달성할 것인지를 모색하기에 앞서서 무엇이 필요한가에 관심을 두어야 한다.

추가되는 정의들로 인해서 한번에 표현하기에는 너무 자세한 경우에 대비하여 다이어그램 기법은 충분히 확장 가능해야 한다. 역무나 기능을 어떻게 수행할 것인지와 더불어 필요 자원을 도출해 낼 수 있는 하부 수준까지 점진적이고 체계적으로 작업해 나가는 것이 목표이다. 외부 및 내부 기능 인터페이스를 포함한 기능간의 관계 및 상호의존성을 정의하기 위해서 기능은 동시적이고 반복적으로 도출한다. 다른 시스템공학 프로세스 역무의 결과를 기능의 추가적인 분해와 상부 수준 기능을 만족하는 하부 기능들을 정의하는데 사용한다.



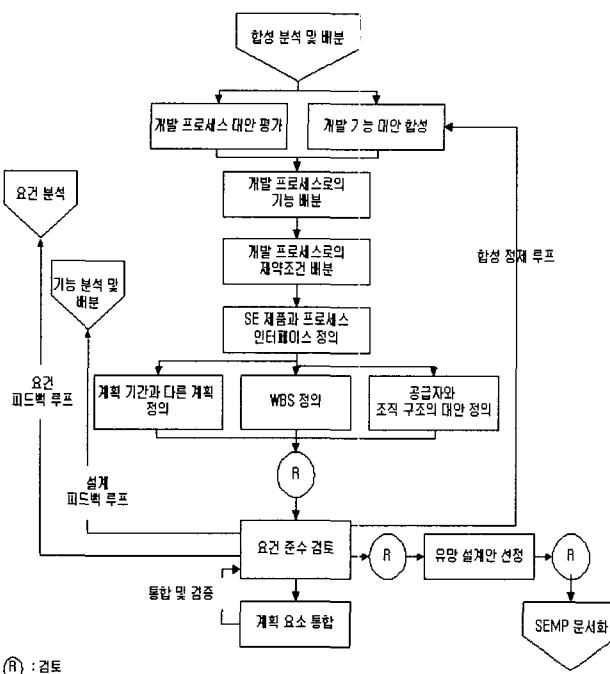
<그림 6> 기능 분석 및 배분 프로세스

기능 분석 및 배분을 달성하기 위해서는 가능한 한 자동모사(Simulation) 도구들을 사용하여야 한다. 이 업무 전반에 걸쳐서 현장지원분석(LSA : Logistics Support Analysis)을 실시해야 한다. 제조, 검증과 지원을 위한 프로세스 요건들은 공정 모사와 지원 모사를 통해서 얻어낼 수도 있다. 모사를 통하여 도출된 요건들을 포함한 모든 요건들은 그 근거를 함께 문서화해야 한다.

3.3 합성 프로세스

합성 업무 그림 7은 기능 요건과 성능 요건을 만족시

키는 공정 계획의 합성 프로세스를 정의한다. 개발 공정의 구현 대안들을 합성한다. 이후, 비용, 일정과 효과성 지표들을 평가하여 공정 최적화 해석과 대안간의 비교 절충 분석 결과에 따라 가장 최적의 공정을 선정한다. 기술 활동의 공정 설계 기준에 포함되어야 하는 PBS, WBS 그리고 개발 조직과 외부공급자 사슬 등을 정의하고 합성되어야 하는 작업들을 수정한다.



<그림 7> 합성 프로세스

4. 전산지원 시스템공학 도구 적용

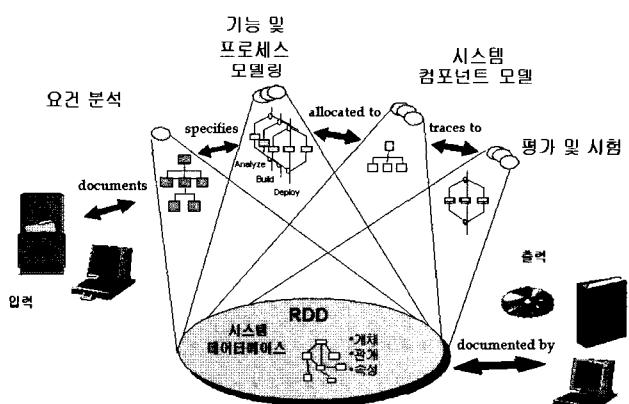
이 장에서는 그림 5~7의 프로세스에 따라 정의된 SEMP 개발 프로세스를 보다 효과적으로 사용할 수 있도록 기존의 물리적 시스템 개발에 이용되는 CASE 도구에 적용하고자 한다. 본 논문에서는 차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 과제에서 사용하고 있는 대표적인 CASE 도구인 RDD-100에 적용하여 개발 공정 시스템 설계를 위한 새로운 활용 방법을 개발하였다. 이 장에서는 RDD-100에 대한 개요와 SEMP 개발 프로세스를 위한 RDD-100의 스키마(Schema)를 기술한다.

4.1 RDD-100의 개요

RDD-100은 미국의 Ascent Logic사가 만든 시스템공학 도구이다. 이 도구가 지원하는 기능은 크게 세 가지인

데, 첫째, 고객으로부터 얻어진 요건을 받아 요건을 세분화하여 시스템 요건으로 바꾸는 요건 관리 기능, 둘째, 구현할 시스템의 거동, 구조, 자원에 대한 시스템 모델링 기능, 마지막으로, 모델링 된 시스템 검증 기능 즉, 시뮬레이션 기능으로 나눌 수 있다. 이 도구는 하향식 설계방식을 따라 모든 프로세스가 적용되며, 모든 자료 구조는 목적지향적 ERA(Element - Relation - Attribute)구조를 따른다는 특징이 있다. 그럼 8은 RDD-100의 방법론을 나타낸다.

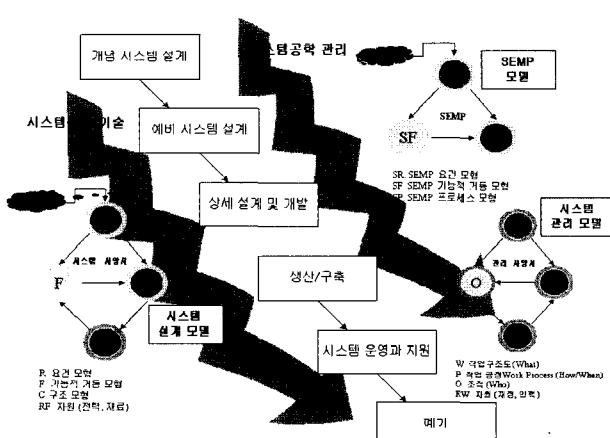
RDD-100은 시스템공학 프로세스의 모든 부분에 사용될 수 있지만, 주요한 쓰임새는 요건의 관리, 시스템 개념설계 및 검증, 보고서의 생성 등이다. 이중에 가장 비중이 높은 것은 시스템 설계 부분인데 이는 다시 기능 분석, 컴포넌트 분석, 인터페이스 및 자원 모델링으로 나누어진다. 이렇게 설계된 시스템을 검증하기 위해서 시뮬레이션 기능이 제공된다. 보고서 생성 기능은 데이터로부터 지정된 보고서의 양식대로 데이터를 추출, 조판하여 포스트스크립트 파일로 출력해 준다. 특히 RDD-100은 시스템을 개발하는 전형적인 개발 주기로서 Design Guide A 스키마와 Design Guide C 스키마를 제공한다. 여기서 스키마란 RDD-100의 핵심부분으로 시스템공학 프로세스를 적용하는 데 필요한 모든 개체, 이에 대한 속성, 요소간의 허용된 관계를 설정한 집합을 말한다. Design Guide A는 시스템공학에의 문서기반 접근법으로 고객이나 조직이 전에 만들었거나 유사한 시스템을 개발하는 데 맞게 되어 있다. Design Guide C는 시스템공학의 모델기반 접근법으로 요건들이 알려져 있지 않고 정의되지 않은 사업, 비교적 높은 수준의 기술과 비용과 일정의 위험이 큰 사업 및 비교적 대규모 사업에 맞도록 되어 있다. 따라서 일반적으로 전례가 없는 시스템 개발에 맞게 되어 있다[4].



<그림 8> RDD-100의 방법론.

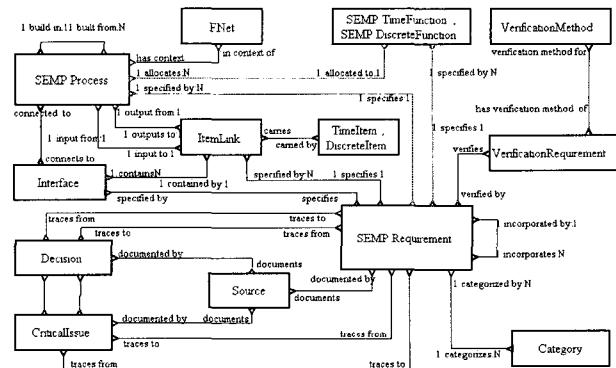
4.2 SEMP 개발을 위한 RDD-100 스키마

본 논문에서는 RDD-100을 SEMP 개발 프로세스에 응용하기 위해 새로운 스키마를 제안하고 이를 본 연구실에서 진행 중인 차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 과제에 적용하고 있다. 그림 9는 1999년부터 연구 수행한 차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 체계 구축[6-9]을 위한 데이터 모형[10]에 본 연구에서 개발한 데이터모형을 추가하여 나타낸 그림이다. 이 데이터 모형은 크게 시스템 설계 모델, 시스템 관리 모델, SEMP 모델로 구성된다. 시스템 설계 모델은 시스템 요건(R), 시스템 거동(F), 시스템의 구조(C), 부가적으로 시스템의 기능을 수행할 때 소모되거나 생산되는 자원(RF) 모형으로 나눌 수 있다. 시스템 관리 모델은 시스템 모델과 유사하게 작업(W), 작업을 수행하는 조직(O), 작업일정(P), 그리고 작업에 필요한 자원(RW) 모형으로 나누었으며, 부가적으로 작업 중의 일부를 하위과제로 뜯어 수행할 경우 하위 과제 관리를 위하여 과제 정보(PI) 모형으로 구분된다. 또한 SEMP 모델도 유사하게 SEMP 요건(SR), SEMP 기능(SF), SEMP 프로세스(SP)로 구성된다. 각 모델은 다른 모델들과 상호연관관계를 가지고 있으며, 시스템 설계 모형은 차후 이 시스템과 관련된 구체설계, 개발, 통합, 시험검증, 유지보수 등의 시스템 수명주기 동안 벌어지는 모든 작업의 기초가 된다. 이 데이터 모형에 의거하여 저장된 데이터는 고속전철 시스템에 대한 시스템 엔지니어링과 관련된 모든 데이터를 추적성을 가지고 있기 때문에 시스템엔지니어링에 관한 모든 지식의 축적이란 목적을 달성하며, 차후 이를 재사용한 기술의 전수 및 기술 수출을 위한 기본 자료로서 활용된다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 RDD-100의 자료저장구조에 대한 적합한 위와 같은 적절한 데이터 모형을 설정하고 이를 먼저 이해하는 것이 선행되어야 할 중요한 일이라 할 수 있다.



<그림 9> 차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 데이터 모형

야 할 중요한 일이라 할 수 있다. 위에서 다루어진 SEMP 모델을 RDD-100으로 나타내기 위한 관련된 스키마는 그림 10과 같다. 스키마는 개체와 개체간의 관계로 이루어져 있고 방향성을 가진 링크와 역링크로 이루어져 있다.



<그림 10> SEMP 개발 프로세스를 위한 스키마

5. 결 론

대형 복합 시스템 개발에 필수적인 시스템공학 관리계획 작성의 구체적인 프로세스와 이를 전산지원(CASE) 도구로 접근하는 방법을 제안하였다. 기존 연구 수행된 차세대 고속전철 시스템공학 체계에 적용하여 그 효과성을 확인하고자 한다. 시스템공학 관리 프로세스는 품질, 비용, 위험도, 성능의 적절한 균형을 유지할 수가 있어야 한다. 이를 위해 사업 초기에 모든 시스템공학 활동들을 계획 및 관리하는 핵심 관리 문서로서 시스템공학 관리계획(SEMP)를 반드시 개발해야 한다. 이는 SEMP는 1) 기술적 목적과 목표 설정, 2) 업무와 책임 소재 정의, 3) 사업 진척을 지도, 측정, 관리하는 기초 제공, 4) 제한된 자원, 능력과 변하는 조건들을 통해서 최적의 결과를 얻기 위한 계획으로서의 중요성이 있기 때문이다.

본 논문은 SEMP개발을 위한 체계적인 프로세스를 제안하고 대표적인 CASE 도구인 RDD-100 상에서 구현하기 위한 스키마를 개발하였고 이를 통해 차세대 고속전철 시스템엔지니어링 과제에 적용하였다. 이를 통해 향후 차세대 고속전철 시스템 개발 사업에 있어 효과적인 기술 관리가 이루어 질 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 건설교통부/과학기술부/산업자원부가 지원하는 “고속전철기술개발사업”의 일환으로 수행된 위탁연구결과의 일부이다.

참고문헌

- [1] Blanchard, B. S. and Fabrycky, W. J., Systems Engineering and Analysis, 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1997.
- [2] 박영원 외, “전산보조 시스템 설계 및 개발기술”, 과학기술부 보고서, 1998, 1999.
- [3] INCOSE Website, <http://www.incose.org/> whatis.html
- [4] Ascent Logic Korea, Systems Engineering & Parametric Cost Estimating, 1999.
- [5] Ascent Logic co., Introduction to RDD-100 Student Workbook, 1996.
- [6] 유일상 외, “차세대 고속전철 시스템엔지니어링 체계 구축”, 한국철도기술연구원 보고서, 1999-2002.
- [7] 유일상, 박영원, “차세대 고속전철시스템 개발을 위한 시스템 엔지니어링 체계 구축”, 산업경영시스템 학회지, 제25권, 제4호, pp. 22-31, 2002년 8월.
- [8] 유일상, 박영원, “차세대 고속전철 시스템 엔지니어링 체계 모델 개발”, 한국철도학회지, 제4권, 제4호, pp.147-154, 2001년 12월
- [9] Il Sang Yoo and Young Won Park, “Application of Computer Aided Systems Engineering Processes for Korean Next-Generation High Speed Railway Train”, Proceedings of the 12th Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Las vegas, USA, 28 July - 1 August, 2002.
- [10] Martin, J. M., Systems Engineering Guidebook : A Process for Developing Systems and Products, CRC Press, U.S.A., 1997.
- [11] INCOSE, System Engineering Handbook, Jan. 1998.
- [12] James A. Lacy, Systems Engineering Management, McGraw-Hill, USA, 1992.
- [13] IEEE, IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process, USA, January 1999.
- [14] European Space Agency, Space Engineering, Netherlands, 1996.
- [15] Shishko, R. and Chamberlain, R. G., NASA Systems Engineering Handbook, September 1992.
- [16] Eisner, H., Computer-Aided Systems Engineering, Prentice Hall, New Jersey, 1987.