

국방획득사업에서 SE 기반 설계 산출물 생성에 관한 연구

준회원 김재철*, 종신회원 이재천*, 정회원 조준용**, 이재철**

On the Generation of Design Products for Defence Systems Acquisition Programs based on the Systems Engineering Methodology

Jae-Chul Kim* *Associate Member*, Jae-Chon Lee* *Lifelong Member*,
Joon-Yong Cho**, Jae-Cheul Lee** *Regular Members*

요약

현대의 첨단 무기체계는 다양한 성능과 기능의 필요에 의해 사용자 (무기운용자 포함) 요구사항이 복잡해지고 있다. 이로 인해 방위사업청 훈령 제 65호에서는 무기체계 개발 시 시스템공학의 적용을 강제 사항으로 규정하고 있다. 하지만 시스템공학에서 수행해야 하는 업무가 다양하고, 각 단계별 산출물이 많다. 국내의 많은 방위산업관련조직 (국방부, 방위산업체, 각 연구소) 등에서 시스템공학에 대한 성숙도와 관점의 차이가 있다. 시스템공학 산출물이 사업 성공의 핵심적인 역할을 해야 함에도, 사업과 다른 하나의 일로 생각하는 경우가 많다. 본 연구에서는 국방획득사업에서 시스템공학의 적용에 대한 핵심 요소에 대한 내용을 분석 정리하고 또한 각 단계 산출물 사이의 추적성을 도출하였다. 본 연구 결과를 통해서 방위산업 관련 조직의 공통적인 시각을 제시하고 통합함으로써 국방획득사업에서 예산 초과 및 개발기간 지연 등의 요소를 제어함으로써 사업에서의 위험 요소를 감축시키는데 도움이 되도록 하였다.

Key Words : Defence Acquisition Program, Systems Engineering, Systems Engineering Process, Products, Traceability, Technical Review

ABSTRACT

The budget for the acquisition and R&D for the national defence systems has come out of tax payers' pockets. On the other hand, the weapon systems become more complex and thus the underlying costs tend to increase continuously. As such, the need for efficiently managing the budget has drastically increased. In accordance with this necessity, the Defence Acquisition Program Administration (DAPA) of Korea has issued the instruction No.65 dictating that systems engineering (SE) must be applied when weapon systems are acquired or developed in Korea. Specifically, a list of the products that should be generated from the acquisition programs is provided. The problem is that the unexperienced companies in the defence systems industry cannot easily know how to approach the new regulation. The purpose of this study is to devise a possible remedy to solve the problem. To do so, we first review the list of the products that are required by DAPA. Then, an appropriate systems engineering processes is studied for each product. Then, a necessary link between each product and SE process activity is identified and summarized. The result obtained may be useful as a stepping stone to develop more efficient method for the list of the products.

* 이주대학교 시스템공학과 모델기반시스템공학 연구실 (jaelee@ajou.ac.kr)

** (주)한화 종합연구소 (optician@hanwha.co.kr)

논문번호 : KICS2010-08-376, 접수일자 : 2010년 8월 4일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 8일

I. 서론

최근 국내의 첨단무기 개발에서 방위사업청 훈령을 통하여 시스템공학 적용이 현실화 되어 가는 추세이다. 시스템공학은 개발하려고 하는 시스템의 전수명주기에 걸친 활동을 개발 초기에 정의하고, 이를 평가하기 위해 시스템공학 프로세스에서는 각 활동과 관련한 많은 산출물을 정의하고 있다.

국내 시스템공학 도입에 있어서 기존 개발 방법에서 존재하는 업무 산출물과 시스템공학에서 요구하는 산출물의 혼재로 인해 혼란이 있을 우려가 있다. 이는 올바른 시스템을 개발하기 위해 필요한 산출물이 아니라, 시스템공학 적용을 위해 필요한 자격 또는 업무로 존재 할 우려가 있다. 이러한 우려는 업무 효율의 저하와 사업에 관련한 이해 당사자들의 의사소통을 방해할 수 있다.

예상되는 문제점들을 해결하기 위해서는 시스템공학 각 단계에 발생하는 산출물에 대한 필요성과 활용도에 대한 이해가 중요하다. 이와 더불어 각 산출물에 대해 시스템공학 프로세스와의 추적성을 연결하면, 시스템 수명 주기와 관련된 산출물의 관련 조직들의 공통적인 관점을 제시할 수 있다.

본 논문에서는 기본적으로 시스템공학 프로세스의 상세 활동들을 방위사업청에서 정의하고 있는 산출물과의 추적성을 확인하여 산출물 중심의 시스템공학 활동들을 정의한다.

2장에서는 국내 방위사업청에서 제시하고 있는 산출물을 설명한다. 3장에서는 현재 실무에서 각기 다르게 사용하고 있는 문서체계의 공통부분을 제시하고 이를 시스템 수명주기에서 각 기술검토 단계별로 구분하였다. 또한 4장에서는 각 문서 항목과 시스템공학 활동과의 추적성의 필요성을 언급한다. 5장에서는 결론과 향후 추가연구 방향을 기술한다.

II. 국내 무기체계획득 사업에서의 산출물

국내 무기체계의 획득관리기관인 방위사업청에서는 그림 1과 같이 사업 산출물들을 정의하고, 이를 관련 기관에 요구한다. 본 프로세스에서는 시스템공학 산출물들을 개념 탐색, 계획, 설계, 계약 활동별로 구분한다. 본 장에서는 일반적으로 요구하고 있는 영역별 문서들의 일반적인 내용을 설명한다.

2.1 개념 탐색 활동 산출물

- 운용개념서 (OCD: Operational Concept Document)

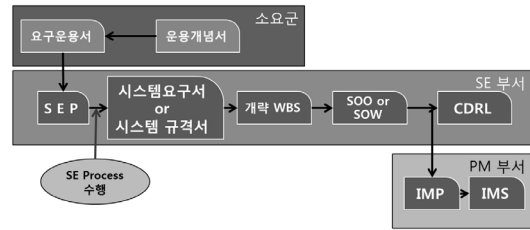


그림 1. SE 문서작성 프로세스^[1]

운용개념서는 일반적으로 대상시스템의 사용자는 누구인지, 시스템의 사용목적은 무엇인지, 시스템을 어떻게 어디에서 사용할 것인지 그리고 전형적인 운용 시나리오는 어떤 것인지 설명하는 문서이다. 이 문서에서 식별된 대상시스템의 운용 개념은 이를 충족시키기 위한 시스템의 능력 요구사항을 정의하는 운용요구서의 기본이 된다.

- 운용요구서 (ORD: Operational Requirements Document)

운용요구서는 제안된 개념 또는 시스템에 대한 작성 성능 요구사항을 기록한 정형화된 문서이다. 임무필요를 충족시키기 위한 시스템 능력 요구사항을 정의하며, 이것은 후반 획득 단계에 있는 평가에 사용된다.

2.2 계획 활동 산출물

- 시스템공학계획서 (SEP: Systems Engineering Plan)

시스템공학 계획서는 전체 수명주기 동안 시스템 또는 솔루션을 개발하고 유지하기 위해 요구되는 기술적 노력의 범위, 기술적 수행 및 관리에 대한 전반적인 계획을 규정하는 정부문서이다. 이는 각 계약자가 작성해야 하는 시스템공학 관리계획서 (SEMP: Systems Engineering Master Plan)등과 같은 계획 문서들의 출발점이라 할 수 있다.

2.3 설계 활동

- 시스템요구서 (SRD: System Requirements Document)

시스템요구서는 획득대상시스템의 기능, 성능 및 검증 요구사항을 기술한다. 또한 운용요구서를 분석하여 기술적 요구사항으로 전환시킨 것이며, 운용요구서에 명시된 사용자 요구사항을 충족하기위해서 시스템이 해야 할 일을 정의한 문서이다.

그밖에도 시스템이 충족해야 할 요구사항과 각각

의 요구사항의 충족여부를 검증하는 사항을 기술한 시스템규격서(System Specification)와 업무 분해 구조(WBS: Work Breakdown Structure)등의 산출물이 있다.

2.4 계약 활동

계약 활동에서는 제안자가 공급해야하는 최상위 수준의 목적을 정부가 기술하는 문서인 목적기술서(SOO: Statement of Objectives)가 있다. 이는 “무엇을 해야 하는가?”를 포함하는 상세한 업무 요구사항을 통해 사업의 업무 요구사항을 구체화한 업무기술서(SOW: Statement of Work)로 발전된다. 그밖에 특정 조달에 대한 승인된 자료 요구사항 목록인 계약자료 요구목록(CDRL: Contract Data Requirements List)등이 있다.

III. 시스템 수명주기 관점의 산출물정의

2장에서 기술된 방위사업청에서 제시하고 있는 산출물들은 정부기관 및 소요군 등의 획득자가 요구하는 사항이다. 따라서 각 방위사업체라는 공급자의 입장에서 산출해야 하는 산출물을 정의해야할 필요가 있다.

본 장에서는 이를 위해 각 시제별로 시스템 수명주기를 구분하고 각 시제별 공통적으로 필요한 산출물들을 정의해 보았다.

3.1 기술검토 (Technical Review)

대형 시스템 개발 시 시스템을 수명주기 관점으로 보고 각 단계 알맞은 기술관리를 통해 설계한다. 수명주기 관점에서의 기술관리 기법으로 알려진 기

술검토기법은 개발 스케줄에 안의 어느 한 중요 시점에서 그 개발을 평가함으로써 설계 진행상황 및 성숙도를 측정하는 것이다.

이러한 기술검토 기법을 통해 시스템은 계층별로 상세화가 진행이 되고 또한 개발 시스템의 시제가 구분이 된다. 그림 2는 미국의 국방획득대학(DAG)에서 제공한 Systems Engineering Fundamentals에서 제시한 수명주기별 기술검토에 관한 그림이다. 국내 방위사업청에서도 일련의 검토 단계를 권장하고 있지만, 구체적인 활동이나 산출물을 명시하지 않고 있다. 이러한 이유로 각 산업체에서는 각기 다른 활동과 산출물을 정의하고 있어 표준화된 문서 체계가 필요하다.

3.2 기술검토별 산출물 정의

방위사업청 주관 SE사례 발표회의 발표 내용에 따르면 일부 방위산업관련 업체에서는 일련의 문서 체계를 제시하고 있었다. 그러나 그 기술검토와 그에 따른 산출물이 상이한 점이 있었다.

그림 3은 실제 사례별 산출물 정의 사례를 비교하여본 결과이다.^{[3][4]}

Systems Engineering Fundamentals 에 따르면 기술검토의 활동과 산출물을 정의하고 있다. 주장하는 바는 각 단계별 수행할 수 있는 업무의 결과물을 최대한 나열하고 있어서 이 부분을 최소화하도록 필수적인 산출물을 정의하였다.

정의의 기준은 2장에서 언급한 획득자가 요구하는 문서와 각 업체에서 공통으로 정의 내린 산출물을 기준으로 하였다. 그 결과를 그림 4와 같이 표로 정리하였다.

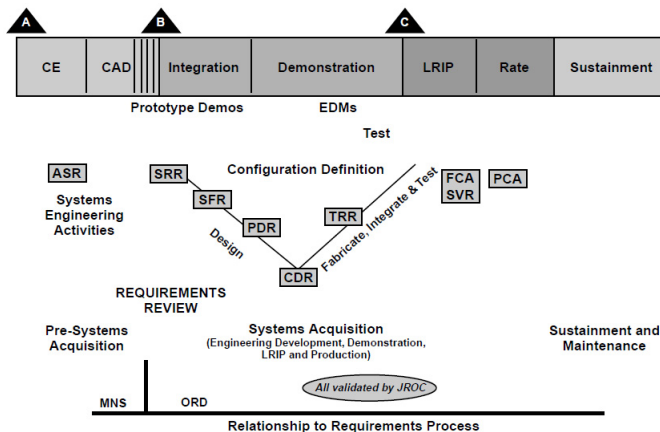


그림 2. 시스템 수명주기와 기술검토의 관계^[2]

	SRR	SFR	PDR	CDR	FAT	DT	OT
A 단계	PMP SEMP RMP QAP CMP	DSP	SDD LSA-P RAM 분석 보고서	SITD HDD HMD IDO STP HTP	SPS STD HTD SITD SIP FSM	체계 설치 지침 서	규격 설치 지침 서
	SRR/SFR	SDR	PDR	CDR	TRR	DT/OT	
	OCD ORD SRD SSS SEMP SDP	SSDD PTEMP SRS ICD	HDD	HDD SDD IDD STP	SPS STD HTD SITD SIP FSM	개발시험 평가결과 보고서	
						개발시험 평가결과 보고서	
						개발시험 평가결과 보고서	

그림 3. 각 시제별 산출물 사례

구분	검토 대상 작업 산출물
체계요구사항검토 (SRR)	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 운용 개념서 (OCD) 시스템 운용 요구서 (ORD) 시스템 공학 관리계획서 (SEMP)
체계기능검토(SFR)	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 규격서(SSS)
기본설계검토 (PDR)	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 개발 기술서(SDD)
상세설계검토 (CDR)	<ul style="list-style-type: none"> 하드웨어 설계 기술서(HDD) 소프트웨어 설계기술서(SDD) 인터페이스 설계규격서(IDD)

그림 4. 각 기술 검토별 필수 산출물

IV. 산출물과 시스템공학 활동과의 추적성식별

4.1 시스템공학 활동

많은 시스템공학 표준들과 가이드북에서는 시스템공학을 위한 업무의 순서인 시스템공학 프로세스를 제시하고 있다. 본 연구에서는 실무의 경험을 바

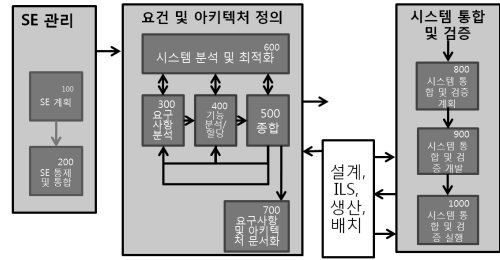


그림 5. 시스템공학 가이드북의 프로세스

탕으로 세부적인 프로세스를 제공하고 있는 Martin의 시스템공학 가이드북의 프로세스를 연구 대상으로 삼는다.^[5]

시스템공학 가이드북에서는 크게 SE 관리, 요건 및 아키텍처 정의, 설계 ILS, 생산 및 투입, 시스템 통합 및 검증의 4가지 영역으로 분류하고 있다. 주요한 3가지 영역에 대해서 그림 5와 같은 세부 프로세스를 정의하고 있다.

또한 각 세부 프로세스 마다 상세한 업무들을 고유의 번호를 부여하고 식별하고 있다. 이 프로세스의 효용성은 이러한 상세한 업무의 설명에 있다. 본 연구를 위해 산출물의 항목과 추적성을 파악할 수 있는 상세한 활동들이 필요하다.

4.2 시스템공학 활동과 산출물과의 연계성

본 논문에서는 시스템공학 프로세스 중 SE 관리 영역으로 범위를 설정하도록 하겠다. 이는 시스템공학 가이드북에서 제시하는 업무별 식별 번호의 100과 200단위 업무이다.

그림 6은 앞서 언급한 계획 활동의 주요 산출물

Tasks	SEP(Systems Engineering Plan)
Task 101 : 자원 확보	개요
프로젝트 초기 계획서 시스템공학관리자용 선임, 개발에 필요한 설비 및 장비들을 도출	사업 설명 및 관련문서
Task 102 : 시스템공학 프로세스 적용조정	사업의 기술현황
업무의 범위 조정 및 반영할 시스템공학 프로세스의 선정	SEP 업데이트
Task 103 : 시스템 분석, 최적화 및 개발 방법론의 정의	수명주기 단계에 SE 적용
위험도 관리, 효과도 적도(MOE:Measures of Effectiveness)의 범위와 절차 결정,modeling 계획수립	시스템 능력, 요구사항 및 설계 고려
Task 104 : 기술삽입 방식 개발	구비해야 할 능력
초기 기술평가를 실시하여 요건/아키텍처 정의 하부 과정의 기술적 제약을 도출해낸다.	핵심 성능 지표
Task 105 : 기업 내 절차 및 계획 기준 파악	법/규정 상의 요구사항
프로젝트에 적용할 기업 내 정책들과 절차들을 결정한다.	인증서 요구사항
Task 106 : 기술 프로그램 위험도 및 문제점 평가	설계 고려사항
시스템공학 관리에서 역할을 두어야 할 기술적 위험 분야를 파악하고, 완화 대책을 마련한다.	SE 조직 통합 및 기술 위원회
Task 107 : 기술성능측정 변수 및 절차 정의	IPT 구성
주요해야 할 변수들을 기술적 위험도와 기술적 우선순위에 입각하여 결정한다.	조직의 책임
Task 108 : 기술 검토 및 검사 계획	사업 IPT에 SE 통합
내부,외부 기술 검토 및 감사의 목적, 범위, 횟수, 시기 및 방식을 정의한다.	기술요원 구성 및 고용 계획
Task 109 : 현장지원, 생산, 투입 방식 개발	SE 프로세스
시스템 및 관련 결과물들의 인도 계획을 수립하고, 각 인도 과정에서의 주안점들을 파악한다.	프로세스 선택
Task 110 : 설계목표비용 정립	프로세스 개선
운용능력, 성능,수명주기 비용, 일정간의 현실을 감안한 절충을 통해서 시스템 비용을 비용목표를 설정	절충의 승인
Task 111 : SEMS, SEOS, and WBS 개발	기술관리 및 통제
기술 업무 관련 공정의 일정과 업무 분해 구조를 설정	기술 베이스라인 관리 및 통제 (전략 및 접근)
Task 112 : 동원(인원/부서) 분야 정의	기술 검토 계획 (전략 및 접근)

그림 6. 시스템공학 프로세스와 산출물간의 추적성

인 시스템공학 계획서(SEP: Systems Engineering Plan)와 시스템공학 프로세스의 세부 업무와 추적성을 도식화 한 것이다. 이 결과를 통해서 시스템공학 계획서의 12개 세부 항목이 시스템공학 가이드북에 제시된 업무100 단위의 활동 10개와 관련된 것으로 식별되었다. 이러한 방향으로 시스템공학 산출물과 시스템공학 활동의 추적성을 연결 하면 시스템 수명주기 동안의 필요한 활동들을 산출물을 중심으로 식별할 수 있다.

V. 결 론

국내 방위산업에서 시스템공학의 적용을 위한 움직임이 활발해지고 있다. 그러나 현재는 과도기 상태로서 기존 방위산업에서도 요구하던 산출물은 존재하고 시스템공학 적용을 위해 필요한 산출물들이 추가되어 혼재되어 있는 상황이다. 이 때문에 성숙된 시스템공학의 적용을 위해서는 필수적인 산출물의 식별이 중요하다. 또한 산출물의 식별과 더불어 산출물의 필요성과 효용성에 대한 이해가 중요하다.

시스템공학의 적용을 위해 필요한 산출물을 갖추기만을 강조한다면, 효과적인 시스템 개발을 위한 산출물이 아닌 시스템공학 적용을 보여 주기 위한 산출물이 되어 버릴 우려가 생기게 된다. 이러한 우려를 방지하기 위해 본 연구에서는 설정한 범위 내에서의 필요한 산출물을 정의 하였고 이를 기술검토를 기준으로 하여 단계별로 구분하여 보았다. 또한 구체적인 활동들 사이의 추적성을 확인해 보았다.

앞서 언급한 바와 같이 일부 설정된 범위 내에서 수행한 것이므로 추후 전 수명주기의 산출물에 대한 파악활동을 통해서 국내 방위 산업에서 필요한 산출물을 정리하면, 시스템공학 활동을 공통적인 시각과 상세히 이해할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 시스템엔지니어링 가이드북, Ver. 1.0, 방위사업청, 2007, pp.74-86.
- [2] Defense Acquisition University, *Systems Engineering Fundamentals*. Fort Belvoir, VA: Defense Acquisition University (DAU) Press, 2000.
- [3] 예용남, “업체주관 연구개발 사업수행을 위한 SE 프로세스 적용”, 제4회 국방획득 SE 적용사례 발표회, 방위사업청, 두산 DST, 2010년 9월 29일.

- [4] 박영주, “전자전 체계 적용을 위한 체계공학 환경 구축 사례연구 (TAC-ELINT 체계 개발 중심으로)”, 제4회 국방획득 SE적용사례 발표회, 국방과학연구소 전자전 체계개발단, 2010년 9월 29일.
- [5] J. Martin, *Systems Engineering Guidebook : A Process for Developing Systems and Products*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000, pp.97-166.

김 재 철 (Jae-Chul Kim)

준회원



2009년 2월 아주대학교 기계공학과 학사

2009년 2월~현재 아주대학교 시스템공학과 석박사통합과정 <관심분야> 기계공학, 시스템공학

이 재 천 (Jae-Chon Lee)

종신회원



1977년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사

1979년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 (통신시스템) 공학석사

1983년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 (통신시스템) 공

학박사

1994년 9월~현재 아주대학교 시스템공학과 교수

<관심분야> 시스템공학, 모델기반시스템공학, 모델링 및 시뮬레이션, 안전시스템공학

조 준 용 (Joon-Yong Cho)

정회원

현재 (주)한화 종합연구소 기술4실 팀장

이 재 철 (Jae-Cheul Lee)

정회원

현재 (주)한화 종합연구소 상무