

방위사업에 적용 가능한 시스템 엔지니어링 표준에 대한 고찰

김보현¹⁾ 허장욱^{2)*}

1) 금오공과대학교 기계시스템공학과 대학원생, 2) 금오공과대학교 기계시스템공학과

A Study on the System Engineering Standard Applicable to Defense Program

Bo Hyeon Kim¹⁾, Jang Wook Hur^{2)*}

1) Graduate Student, Department of Mechanical Systems Engineering Kumoh National Institute of Technology

2) Department of Mechanical Systems Engineering Kumoh National Institute of Technology

Abstract : The system engineering should be actively applied to successfully develop a complex and advanced weapon system, because the system engineering uses a multidisciplinary approach. Therefore, this study proposed a system engineering process for a successful weapon system development. According to the national standard policy, an IPT aspect system engineering standard must adapt the ISO/IEC/IEEE 15288. It also asks for tailoring with considering the IPT characteristics as a weapon system acquisition institution. The IPT aspect system engineering process to acquire a weapon system can be expressed with 3 process groups (Agreement, Technical Management, Technical) and 20 processes. There was a need for an institutional framework to hire retired experts from related organizations as consultants to apply the low-cost and high efficiency system engineering in the weapon system acquisition field.

Key Words : Agreement Process(계약 프로세스), Technical Process(기술 프로세스), Integrated Project Team(통합사업관리팀), Technical Management Process(기술관리 프로세스), Standard(표준), Tailoring(조정), Mapping Chart(매핑차트)

Received: July 10, 2016 / **Revised:** July 12, 2016 / **Accepted:** December 8, 2016

* 교신저자 : Jang Wook Hur, hjw88@kumoh.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

현대의 항공기, 인공위성, 대형선박, 원자력발전소 등은 갈수록 첨단화, 복잡화, 대형화로 인해 다양한 전문가들이 프로젝트에 참여하고 있으며, 다수의 협력업체와 분산된 작업장을 운영하고 있다. 이러한 시스템의 개발은 사용자의 요구사항에 대한 명확한 이해와 함께 이해관계자간 의사소통의 중요성이 강조되고 있으며, 이는 무기체계 개발에도 동일하게 해당되는 요소이다.

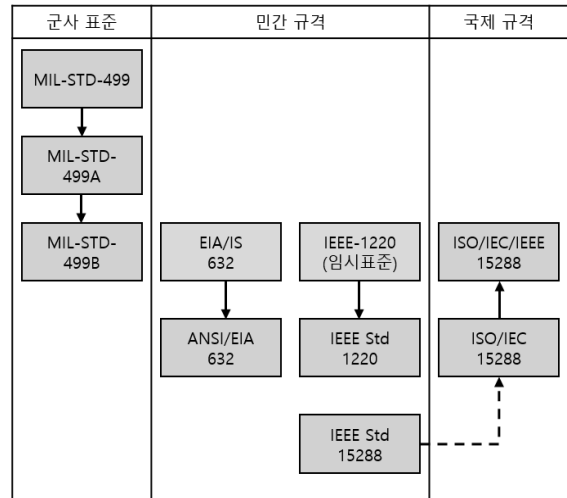
그 동안 수행된 무기체계 개발로부터 얻어진 일반적인 교훈에 따르면, 사업의 초기 활동 중의 하나인 요구사항 정의가 매우 중요하며, 요구사항 정의가 미흡한 경우에는 개발비용 추가, 개발기간 지연 등이 발생하였다. 그러므로 무기체계 연구개발에는 사용자의 요구사항 정의와 요구사항 분석을 통한 기능할당, 설계, 제작, 그리고 이를 검증 및 확인하는 시스템 엔지니어링 프로세스의 적용이 강조되고 있다[1-4].

무기체계 개발간 시스템 엔지니어링의 적용 필요성에 대해서는 군내·외에서 어느 정도 공감대가 형성되어 있지만, 적용범위와 깊이 그리고 어떤 절차를 어떻게 적용할 것인가에 대해서는 IPT별로 상이한 실정이다. 따라서 개발 위험을 감소시키며, 획득기간을 단축하고, 수명주기비용을 절감하는데 기여하기 위해 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 표준을 제시하고자 한다.

2. 시스템 엔지니어링 표준 프로세스

2.1 시스템 엔지니어링 표준 프로세스의 변천

시스템 엔지니어링 표준의 변화를 Figure 1에 나타내었다. 1994년까지 MIL-STD-499A가 미 국방부의 시스템 엔지니어링 관련 군사표준으로 사용되어 왔으나, 1990년대 중반 미·소 냉전시대의 해체에 따른 미 국방부의 획득개혁 일환으로 군사표준이 폐지되었다. 그 후, 미국의 민간부분에서 표준의 제정 필요성이 요구되어 전자산업협회(EIA)와



[Figure 1] History of system engineering standard

전기전자공학협회(IEEE)가 MIL-STD-499B를 이용하여 EIA-632와 IEEE 1220의 민간 표준을 제정하였으며, 미 국방부는 국방획득지침서(DAG)에 관련 내용을 일부 포함하여 적용하고 있다[4].

국제 시스템 엔지니어링 표준은 2002년 IEEE를 준용하여 ISO/IEC 15288이 제정되었으며, 2008년에는 소프트웨어 개발의 편의성을 고려하여 ISO/IEC 15288의 일부 내용을 수정한 “System and Software Engineering - System Life Cycle Processes”를 제정하였다. 따라서 ISO/IEC 15288은 ANSI/EIA-632와 달리, 수명주기에 걸친 프로세스의 적용에 관심을 두고 있으며, 2015. 5월에는 IEEE가 ISO규격에 통합되어 ISO/IEC/IEEE 15288이 제정되었다.

2.2 ISO/IEC/IEEE 15288 시스템 엔지니어링 프로세스

ISO/IEC/IEEE 15288의 시스템 엔지니어링 프로세스는 Table 1에 나타낸 바와 같이 시스템의 수명주기 동안 수행되는 활동을 Agreements, Organizational Project-Enabling, Technical Management, Technical의 4개 프로세스 그룹으로 구성한 표준이다. 각각의 수명주기 프로세스는 개별 그룹의 성과를 달성하기 위해 수행이 요구되는 내용의 목적, 성

<Table 1> Process groups and processes of ISO/IEC/IEEE 15288 system engineering standard

Agreement	Technical Management	Technical
Acquisition	Project Planning	Business or Mission Analysis
Supply	Project Assessment and Control	Stakeholder Needs & Requirements Definition
Organizational Project-Enabling	Decision Management	Architecture Definition
Life cycle model Management	Risk Management	Design Definition
Infrastructure Management	Configuration Management	System Analysis
Portfolio Management	Information Management	Implementation
Human Resource Management	Measurement	Integration
Quality Management	Quality Assurance	Verification
Knowledge Management		Transition
		Validation
		Operation
		Maintenance
		Disposal

과, 활동 등의 항목으로 설명된다[5-7].

2.3 EIA-632 시스템 엔지니어링 프로세스

EIA-632 시스템 엔지니어링 프로세스는 Table 2에 나타난 바와 같이 시스템의 활동을 Acquisition & Supply, System Design, Product Realization, Technical Management 및 Technical Evaluation의 총 5개 프로세스 그룹으로 표현한 상용 표준이며, 프로세스는 총 13개로 구성되어 있다[8].

2.4 미 국방획득지침서의 시스템 엔지니어링 프로세스

미 국방획득지침서(DAG)의 시스템 엔지니어링 프로세스는 Table 3에 나타난 바와 같이 Technical

<Table 2> Process groups and process of EIA-632 system engineering standard

Acquisition & Supply	System Design	Technical Evaluation
Supply	Requirements Definition	System Analysis
Acquisition	Solution Definition	Requirements Validation
Technical Management	Product Realization	System Verification
Planning	Implementation	End Products Validation
Assessment	Transition to Use	
Control		

<Table 3> Process groups and processes of DAG system engineering standard

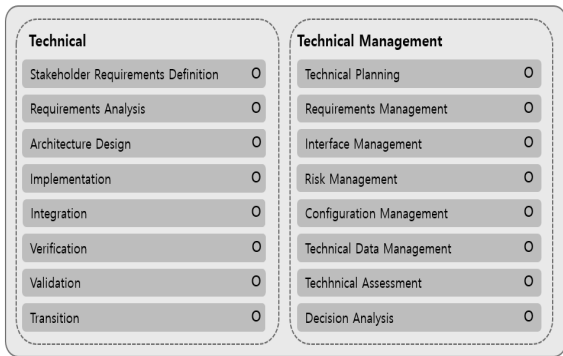
Technical Management	Technical
Technical Planning	Stakeholder Requirements Definition
Requirements Management	Requirements Analysis
Interface Management	Architecture Design
Risk Management	Implementation
Configuration Management	Integration
Technical Data Management	Verification
Technical Assessment	Transition
Decision Analysis	Validation

Management와 Technical의 2개 프로세스 그룹으로 표현한 표준이다. 프로세스는 총 16개로 구성되어 있으며, 무기체계 수명주기 간 획득자 관점에서 적용토록 미 국방획득지침서에 명시되어 있다[9].

3. IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스 정립

3.1 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스 Tailoring

한국 정부의 표준정책은 WTO 가입 이후 국제표준(ISO)이 존재할 경우 국내 표준을 별도로 개발하



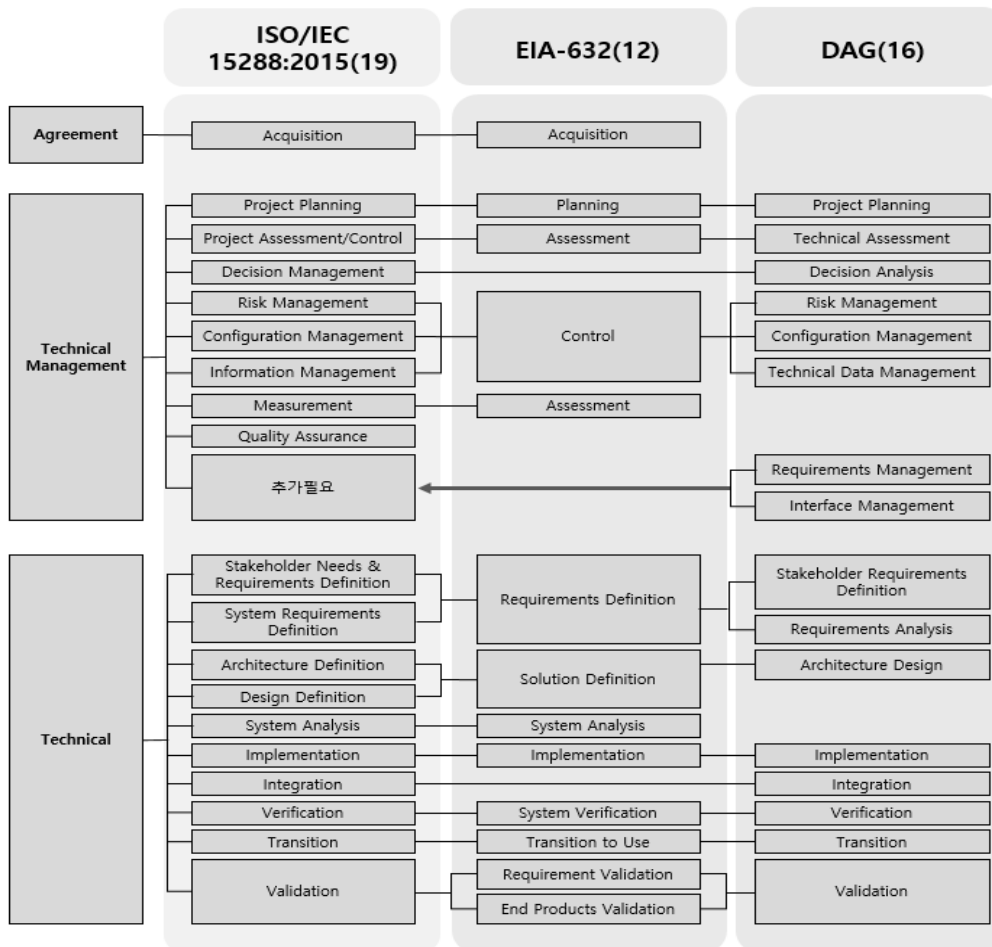
[Figure 4] A chart expressing the IPT aspect application propriety targeting the DAG system engineering processes

Evaluation 프로세스 그룹은 연구개발주관기관(국과연, 업체)에서 주관하여 수행하지만, 업체주관연

구개발의 경우 각종 기술검토회의를 IPT가 주관하여 수행하므로 IPT 업무와 직접적으로 연관이 있다고 볼 수 있다.

마지막으로 미국 국방획득지침서 상의 시스템 엔지니어링 표준 프로세스를 대상으로 IPT 관점의 적용 타당성을 Figure 4에 나타내었다. IPT 업무와 직접적으로 연관이 있는 프로세스는 ISO/IEC/IEEE 15288과 EIA-632 시스템 엔지니어링 프로세스의 경우와 같은 이유로 Technical 프로세스 그룹 8개와 Technical Management 프로세스 그룹 8개 모두 해당한다.

IPT 관점 업무와의 연관성을 고려하여 나타낸 Figure 2~4로부터 ISO/IEC/IEEE 15288을 기준으로 EIA-632와 DAG 시스템 엔지니어링 프로세스의 매핑차트를 Figure 5와 같이 나타내었다. 그



[Figure 5] Mapping chart of ISO/IEC/IEEE 15288, EIA-632 and DAG system engineering standard

림으로부터 EIA-632 프로세스와 대부분의 DAG 프로세스가 ISO/IEC/IEEE 15288 프로세스에 포함되어 있음을 알 수 있으며, 단지 DAG의 Requirements Management와 Interface Management 프로세스는 ISO/IEC/IEEE 15288에 포함되지 않았다. 그러나 최신 무기체계는 첨단화, 복합화를 추구하면서 요구사항과 인터페이스 관리의 중요성이 강조되고 있는 추세이므로, ISO/IEC/IEEE 15288의 Technical Management 프로세스에 Requirement Management와 Interface Management 프로세스의 추가가 요구된다.

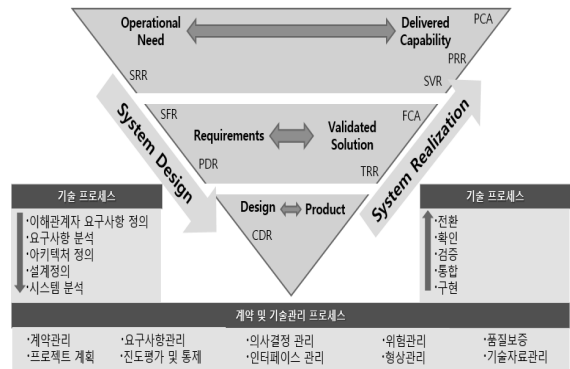
그리고 ISO/IEC/IEEE 15288의 Technical Management 프로세스 중 사업의 MOE, MOP, TPM, EVM 등을 수행하는 Measurement와 사업의 전체적인 성과평가를 수행하는 Project Assessment & Control 프로세스는 서로 유사한 특징을 가지고 있으며, IPT가 업무를 수행하는데 있어 연계된 업무로 진행되기 때문에 Measurement Process를 Project Assessment & Control Process에 통합이 요구된다.

3.2 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스

ISO/IEC/IEEE 15288을 기준으로 EIA-632와 DAG의 매핑차트를 나타낸 Figure 5를 이용하면, 무기체계 획득을 위한 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스는 3개(Agreement, Technical Management, Technical)의 프로세스 그룹과 총 20개의 프로세스로 표현할 수 있다.

프로세스 그룹 간 관계는 Figure 6과 같이 나타낼 수 있으며, V-모델(Technical 프로세스 그룹)의 System Design에서 정의된 요구사항과 설계는 Agreement와 Technical Management 프로세스 그룹에 의해 평가 및 관리되어 System Realization으로 전환된다.

Technical 프로세스 그룹의 System Design에는 이해관계자 요구사항 정의, 요구사항 분석, 아키텍처 정의, 설계정의 및 시스템 분석 프로세스가 있으며, System Realization에는 구현, 통합, 검증,



[Figure 6] Relationship of system engineering processes

확인 및 전환 프로세스가 있다. 그리고 Agreement 및 Technical Management 프로세스 그룹은 Technical 프로세스 그룹이 제대로 수행될 수 있도록 평가 및 관리하는 기능을 수행하며, 계약관리, 요구사항 관리, 의사결정 관리, 위험관리, 품질보증, 프로젝트 계획, 진도평가 및 통제, 인터페이스 관리, 형상관리 및 기술자료 관리 프로세스로 구성할 수 있다.

4. IPT 관점의 시스템 엔지니어링 적용 고찰

시스템 엔지니어링을 적용하여 균형 있는 시스템을 생산하기 위해서는 구조, 기계, 전기, 전자, 재료, 소프트웨어, 군수, 신뢰성, 안전성 및 인간공학 등 많은 분야의 엔지니어가 참여해야 한다. 따라서 무기체계 연구개발간 여러 분야 전문가의 참여에 의한 시스템 엔지니어링을 적용하기 위해 미국을 비롯한 영국, 프랑스 등 주요 선진국은 IPT라고 하는 통합사업관리팀 체도를 적용하고 있으며, 우리나라도 2006년 방위사업청이 개청된 이후 IPT 체도를 적용하고 있다.

그러나 Table 4에 나타낸 바와 같이 2006년에 비해 2014년에는 사업관리 대상 사업과 사업예산이 크게 증가하였으나, 사업관리 인력은 오히려 9% 정도 감소하였음을 알 수 있다[10]. 이는 사업관리 대상 사업의 증가(94%↑)를 고려한다면 현재 IPT 요원의 업무부담은 개청초기에 비해 약 2배 이상

<Table 4> Comparisons of 2006 and 2014 program management environments

구 분	2006년	2014년	비고
사업관리	227개	441개	94% 증가
사업예산	6조원	8.6조원	43% 증가
사업관리 인력	662명	602명	9% 감소

<Table 5> Comparisons of ground weapon system technical support environments

구 분	개정 이전	2006년	2014년
사업관리	약 70여개	84개	101개
기술지원 인력	40여명 (육본 전력단 기술관리처)	17명 (기동사업부, 지상기술팀)	7명 (방산기술 지원센터 지상기술팀)

가증되었음을 나타내고 있다.

또한 지상무기체계 사업의 기술지원 여건을 개정 이전과 개정초기 및 2014년을 비교한 결과를 Table 5에 나타내었다. 사업관리 대상 사업이 증가할수록 기술지원 인원이 증대되어야 하나, 기술지원 인원을 부족한 사업관리 인원 보충에 활용하다 보니 점차 감소하였음을 알 수 있으며, 이러한 기술지원 조직의 축소는 기술지원에 대한 책임과 권한 부여를 현실적으로 불가능하게 하고 있다. 그리고 IPT 요원들이 사업관리 간 시스템 엔지니어링을 적절하게 적용하기 위한 제도적인 뒷받침이 미흡한 실정이며, 이를 위해서는 시스템 엔지니어링 지침서 발간이 선행되어야 하고, 시스템 엔지니어링 관련 자격과 보직자격제도의 연계성이 요구된다.

따라서 현재의 방위사업청 IPT 여건을 고려 시 우리 현실에 부합한 시스템 엔지니어링을 적용하기 위해서는 현실적 제한 요소가 많이 있으며, 이를 해소하기 위해서는 IPT를 기술지원할 수 있는 조직의 적절한 활용이 필수적으로 요구되고 있다. 현재 IPT의 기술지원 조직으로는 방산기술지원센터, 국과연 혹은 기품원을 고려할 수 있으나, 이들 조직은 고유의 기본 업무가 있기 때문에 시스템 엔지니어로서 IPT를 지원하기에는 한계가 있다. 그러므로 이들 조직이 IPT를 지원하여 IPT 관점의 시스템

엔지니어링을 적용하기 위해서는 각군, 방사청, 국과연, 기품원 등에서 퇴직한 고급 전문가를 전문계약직으로 활용할 수 있도록 제도적 뒷받침이 필요하다. 아울러, 기술지원 인력에 대해 SE, PM 등과 관련된 교육을 이수하고 관련 자격을 획득할 수 있도록 한다면 저비용 고효율의 시스템 엔지니어링 적용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결 론

첨단화 및 복잡화되고 있는 무기체계의 성공적인 개발을 위해서는 사용자의 요구사항에 대한 명확한 이해와 함께 요구사항 분석, 설계, 제작, 검증 등을 위해 다학문적인 접근법인 시스템 엔지니어링의 적극적인 적용이 필수적이며, IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스를 정립하기 위한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 국가표준 정책에 따라 방위사업청 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 표준은 ISO/IEC/IEEE 15288을 준용해야 하며, 무기체계 획득기관으로서 IPT의 특징을 고려한 Tailoring이 요구된다.

둘째, 무기체계 획득을 위한 IPT 관점의 시스템 엔지니어링 프로세스는 3개(Agreement, Technical Management, Technical)의 프로세스 그룹과 20개의 프로세스로 표현할 수 있으며, 이를 기반으로 실제 방위사업청에서 수행하는 업무를 참고하여 시스템 엔지니어링을 기반으로 한 IPT의 업무절차를 정립할 수 있다.

셋째, 무기체계 획득분야에 저비용 고효율의 시스템 엔지니어링을 적용하기 위해서는 관련기관으로부터 퇴직한 고급 전문가를 전문계약직으로 활용할 수 있도록 제도적 뒷받침이 필요하며, 기술지원 인력에 대해 SE, PM 등 관련 교육을 이수하고 관련 자격을 획득할 수 있도록 한다면 저비용 고효율의 시스템 엔지니어링 적용이 가능하게 될 것이다.

References

1. YoonSeok Yang, A study on the Application of System Engineering Processes for Defense Project, ICROS, Vol.1, No.1, pp. 399-409, 2011.
2. YongSoo Kwon, Analysis of the Defense R&D Programs Applied Systems Engineering Approach, Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol.9, No.1, pp. 41-49, 2006.
3. System Engineering Foundation Technical Management Guidebook of R&D projects, DAPA, 2012.
4. <https://learn.dau.mil/Course>
5. Systems and software engineering—System life cycle processes, International Standard ISO/IEC/IEEE 15288, 2015.
6. IEEE Standard for Application of Systems Engineering on Defense Program, IEEE Std 15288.1, 2014.
7. IEEE Standard for Technical Reviews and Audits on Defense Programs, IEEE Std 15288.2, 2014.
8. Processes for Engineering a System, EIA-632, 1999.
9. Defense Acquisition Guidebook, US DOD, 2013.
10. Study of Supervision Extended to Weapons R&D Development Projects, SMI, pp. 27-34, 2014.