

국방연구개발 프로젝트의 기술적 성과 측정·분석 프로세스 구현방안과 도구 개발

Technical Performance Measurement & Analysis Process Implementation Method
and Tool Development of The Defense R&D Project

유이주*

You, Yi-Ju

박영원*

Park, Young-Won

ABSTRACT

The purpose of the research is to propose an earned-value indicator for technical performance measurements of an ongoing defense R&D project and the associated measurement, analysis and the implementation process for data collection and usages. Furthermore, the study demonstrates the evidences of benefits and validity of the proposed approach through the enabling tool development and its application examples.

주요기술용어(주제어) : Technical Performance(기술적 성과), Measurement & Analysis(측정·분석), Systems Engineering(시스템엔지니어링)

1. 머리말

최근 국방 연구개발 프로젝트의 경우 과거에 비해 프로젝트 복잡도 증가와 더불어 개발비용 규모가 크고 개발기간이 장기간 소요되고 있다. 특히 개발기간 중 여러 가지 위험요인과 불확실성 등으로 기술적 활동의 목표달성 정도와 추세를 파악하는 것이 매우 중요하다. 연구개발 프로젝트가 계획대로 기술적 성과 목표를 달성하고 있는지, 기술적 위험요인, 비용초과 등 미래의 상황을 조기에 예측할 수 있는 다양한 추세 정보(Trend information)를 보여줄 수 있는 지표

(Indicator)를 선정·활용하는 것이 필요하다.

국방연구개발 프로젝트에서도 계획수립과 수행 과정에서 이러한 지표를 활용하기 위한 측정·분석프로세스의 마련과 실제 적용 노력은 비용, 일정 등 관리적 측면에 주로 활용되고 있다. 특히 TPM(Technical Performance Measures)에 대한 실행 방안 연구와 시범사업을 통한 적용 사례가 일부 제시되고 있다. 그리고, 효과적이고 효율적인 연구개발 수행을 위해 시스템엔지니어링(SE : Systems Engineering) 적용, 개발비용의 투명성 확보와 체계적인 관리를 위한 사업 성과관리(Earned Value Management) 방법 등을 통하여 개발 성과를 정량적으로 관리토록 규정화^[1]하고 있으나 이를 구현하기 위한 구체적이고 실행 가능한 방안이 아직 제시되지 못해 이에 대한 심층 연구가 필수적이다.

† 2008년 4월 30일 접수~2008년 6월 5일 게재승인

* 아주대학교(Ajou University)

주저자 이메일 : youij@paran.com

본 연구에서는 국방연구개발 프로젝트 수행과정에서 기술적 활동의 성과를 측정할 수 있는 지표의 선정과 이들 지표와 관련한 자료 수집, 분석 및 활용할 수 있는 측정·분석 프로세스 정립과 구현방안을 제시하고, 아울러 이를 지원할 수 있는 도구(Tool) 개발과 응용 사례를 통하여 연구결과의 유용성을 제시하고자 한다.

2. 시스템엔지니어링과 기술적 성과 측정

시스템엔지니어링은 시스템적인 사고를 바탕으로 프로젝트 개발·관리의 기술적 활동과 관련된 영역을 주로 다루고 있다^[2~5]. 이러한 기술적 활동에 대한 성과를 파악하기 위해서는 시스템엔지니어링 프로세스의 주요 활동을 기반으로 한 성과 측정이 이루어져야 한다. James N. Martin^[6]은 시스템/제품 개발 프로세스 즉 시스템엔지니어링 프로세스를 제시하면서 시스템엔지니어링의 주요 7개 요소를 SE관리계획서(SEMP : Systems Engineering Management Plan), SE 마스터 일정표(SEMS : SE Master Schedule), 업무분할구조(WBS), 요구사항, TPM 그리고 기술검토 및 확인 등을 제안하고 있으며, 특히 시스템엔지니어링 통제와 통합 활동이 이루어지는 과정에서의 프로젝트 진척(Progress) 평가는 업무분할구조 관점에서 이루어져야 함을 주장하고 있다

국제시스템엔지니어링 협회(International Council on Systems Engineering, 이하 INCOSE)의 Systems Engineering Measurement Primer^[7], 미 Dayton Aerospace사의 통합 프로젝트관리 핸드북^[8]과 현재 국방 분야에서 널리 인용되고 있는 미 국방획득대학(DAU : Defense Acquisition University)의 Systems Engineering Fundamentals^[9]에서는 프로젝트가 진행됨에 따라 프로젝트 진척이나 전반적인 상황을 결정하기 위해 제품 메트릭(Product Metrics), 진척 메트릭(Progress Metrics), 그리고 프로세스 메트릭(Process Metrics)의 3가지 기본 메트릭을 활용하여 기술적 활동에 대해 측정·관리할 것을 제안하고 있다.

1) 제품 메트릭(Product Metrics)은 제품의 개발을

추적하기 위한 메트릭으로 TPM이 대표적인 예이다. TPM에 대한 기본 개념과 선진국에서의 적용 사례는 시스템엔지니어링 관련 여러 문헌이나 자료에서 제시되고 있으며^[10~12], 앞서 제시한 바와 같이 선진국 사례를 기반으로 국내 여건에 부합되는 실행방안 또는 시범 적용사례에 대한 연구^[13,14]도 발표되고 있지만 아직 프로젝트 차원의 구체화된 실 적용사례는 발표되지 아니하고 있다.

2) 진척 메트릭(Progress Metrics)은 프로젝트 진행에 따른 요구사항 추세, 계획된 일정과 비용의 적합성을 추적하기 위한 사업성과(Earned Value) 등의 다양한 메트릭이 제시되고 있다. 사업성과를 기반으로 한 사업성과 관리기법은 현재 미국을 비롯하여 호주, 영국 등 주요 선진국을 중심으로 정부 및 민간분야에서 활용되고 있으며^[15~17], 우리나라의 경우 최근 국방연구개발 분야에 비용과 일정의 통합관리 측면을 강조한 적용방안 연구들이 최근 제시되고 있다^[18,19]. 특히 제품 메트릭인 TPM과 진척도 메트릭인 사업성과가 연계될 경우 개발 과정의 문제점들을 식별하고 이해하는데 있어서 더욱 도움을 줄 수 있는 관리 도구임을 여러 문헌에서 주장하고 있다^[12,20].

3) 프로세스 메트릭(Process Metrics)은 관리 활동을 추적하기 위한 메트릭으로 재작업 수, 엔지니어링 변경 제안 수 등이며, 특히 프로세스 개선 또는 능력성숙도 평가를 위해 현재 널리 활용되고 있는 CMMI^[21](Capability Maturity Model Integration, 이하 CMMI)에서는 계층화된 활동에 의해 생성되는 작업 산출물(Work Products) 등을 활용하여 프로세스 능력성숙 정도를 식별하고 있다.

이러한 메트릭의 선정은 시스템이나 조직의 복잡도, 프로그램 크기 등 여러 가지 고려사항에 좌우될 수 있으며, 프로젝트 수명주기상의 초기 단계인 계획수립 과정에 반영되어 측정·분석이 이루어져야 함을 강조하고 있다. INCOSE^[22]는 PSM(Practical Software and Systems Measurement) 등과 공동연구를 통하여 미 국방 획득관리체계의 단계별 기술적 활동에 대한 예측과 통찰력을 제공하는 주요 13개 Leading Indicators(요구사항 추세, 요구사항 확인 및 검증 추

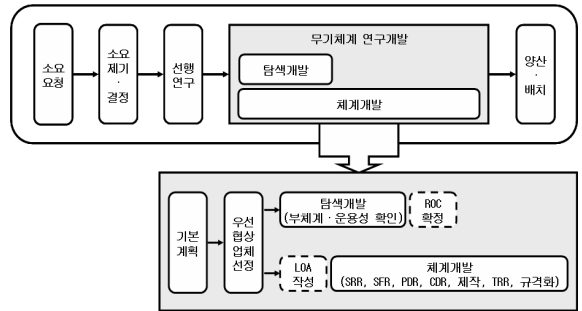
세, 작업 산출물 승인 추세, 기술검토 활동 종결 추세, 기술적 성능측정 추세, 시스템엔지니어링 프로세스 부합 추세 등)를 제안하고 있다. 이러한 지표는 단순히 현 진행 상태나 과거 정보를 제공하는 것 뿐만 아니라 미래의 상태를 알기 위한 추세 정보, 즉 기술적 활동에 대해 신뢰성 있는 정보를 기반으로 한 의사결정 지원으로 프로젝트 수행 중의 문제점을 적극적으로 예방하거나 시정조치를 할 수 있게 한다.

국과연은 CMMI Level2 획득과 함께 측정지표 정의, 자료수집, 분석 등의 활동으로 구성된 측정·분석 프로세스를 정립하여 현재 국방연구개발 프로젝트에 적용 중에 있다. 이를 기반으로 보다 정량적인 프로젝트 관리의 기반을 확보하고자 연구소 차원의 다양한 지표 선정 범위 확대와 측정 자료관리 시스템 구축 등을 통하여 연구개발 프로젝트 수행과정의 측정 자료 수집, 분석 및 활용이 더욱 확산되고 있으나 아직 개선/보완의 여지는 많이 남아 있다. 특히, 기술적 활동에 대한 성과 측정을 지원할 수 있는 지표의 선정 확대와 이를 지원할 수 있는 구체화된 측정·분석 프로세스의 정립, 현재 초기 적용 단계에 있는 사업 성과 관리 등과의 연계 강화를 통하여 보다 효과적이며, 효율적인 프로젝트 개발성과 관리가 될 수 있도록 발전 할 필요가 있다.

본 연구에서는 국방연구개발 프로젝트 수행 과정에서 시스템엔지니어링을 기반으로 다양한 메트릭(제품, 진척 및 프로세스 메트릭)을 고려한 기술적 활동에 대한 성과 측정·분석과정을 보다 객관적으로 제시할 수 있는 측정·분석프로세스를 정립하고자 하며, 이를 위해 현재 적용 중이거나 국제표준에서 제시하고 있는 측정·분석 프로세스를 다음 절에서 고찰한다.

3. 측정·분석 프로세스

현재 시행되고 있는 방위사업관리규정^[1]은 사업성과관리체계(Earned Value Management System) 실무지침 수립과 시스템공학에 관한 국내·외 표준 적용을 권장하고 있다. 무기체계 연구개발과 관련한 사항 위주로 개략적인 업무 프로세스를 재정리하면 그림 1과 같다.

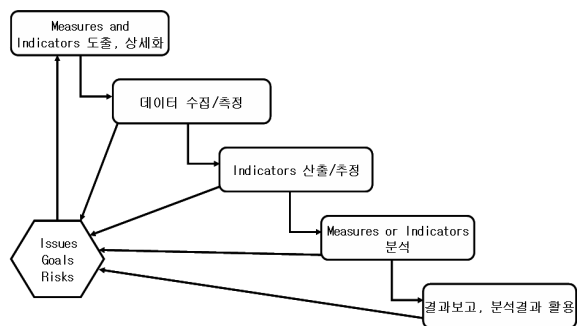


[그림 1] 무기체계 연구개발 프로세스

그림 1에서와 같이 상기 규정은 기술적 활동과 관련하여 주요 기술검토(Technical Reviews) 등에 대해 수행 필요성을 언급하고 있으나, 이를 구현할 프로세스는 제시되지 아니하고 있다. 따라서 방위사업관리규정에서 추진하고자 하는 연구개발사업의 정량적인 개발성과 관리를 수행하기 위해서는 기술적 활동에 대하여 국제표준 등에서 제시하고 있는 측정·분석 프로세스를 우리의 환경에 맞게 재정립해야 할 필요가 있다.

가. INCOSE Systems Engineering Measurement Primer

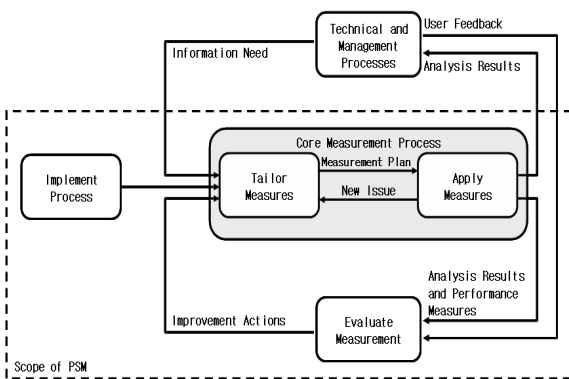
1998년에 국제시스템엔지니어링협회에서 발간된 시스템엔지니어링 측정 입문서로 시스템엔지니어링 활동의 측정과 관련하여 기본적인 용어-지표(메트릭) [Indicator(Metric)], 측정치(Measure), 측정(Measurement) 등을 소개하고 있으며, 그림 2와 같이 측정치/지표의 도출과 상세화, 데이터 수집/측정 등으로 구성된 측정 프로세스를 제시하고 있다.



[그림 2] INCOSE 측정 프로세스

나. ISO/IEC 15939⁽²³⁾ & PSM Guidebook⁽²⁴⁾

ISO/IEC 15939와 PSM Guidebook은 프로젝트 수명주기에서의 각종 의사결정은 적기에 객관적이며, 신뢰성 있는 각종 정보에 근거하여 이루어지는 것이 중요함을 제시하고 있고, 특히 프로젝트의 기술 프로세스나 관리 프로세스에서 발생한 정보를 측정·분석하는 것이 매우 효과적임을 주장하고 있다. PSM은 그림 3과 같이 기본적인 측정 프로세스를 제안하고 있다.



[그림 3] PSM 측정 프로세스

또한 PSM Guidebook은 이러한 측정 프로세스를 실제 조정(Tailoring)·적용함에 있어서 초기에는 프로젝트 차원에 중점을 두고 점차 조직 차원으로 확대할 것을 포함한 9개의 기본원칙을 제안하고 있다.

다. CMMI-DEV⁽²¹⁾

조직의 프로세스 개선을 위한 프로세스 능력 평가 모델과 실행방법들을 제공하는 CMMI는 현재 CMMI-DEV 1.2가 2006년 8월에 발표되었으며, 측정·분석 프로세스 등 22개의 프로세스 영역으로 구성되어 있다.

프로젝트 관리를 지원하기 위해 사용되는 측정·분석능력을 개발하고 유지하는 것이 목적인 측정·분석 프로세스 영역은 측정 목표 설정과 측정 지표 정의, 측정 자료 수집 및 저장, 측정 자료 분석, 결과보고 및 활용을 수행하는 주요 활동들의 평가로 구성되어 있으며, 이들의 주요 활동은 다시 전형적인 산출물과 함께 세부적인 활동으로 설명되고 있다.

라. DFSS⁽²⁵⁾

DFSS(Design For Six Sigma)는 사용자/고객의 기대를 만족시킬 수 있는 제품/서비스를 6시igma 수준으로 설계하는 시스템적 방법론으로 설계단계가 제품 품질에 영향을 미치는 가장 큰 영역이라는 인식하에 I²DOV(Invent, Innovate, Develop, Optimize, Verify) 또는 CDOV(Concept design, Design development, Optimization, Verification) 등 여러 모델들이 제시되고 있다.

특히, 핵심 요구사항(CTQ : Critical To Quality)을 정의/확인, CTQ를 평가하기 위한 핵심지표 도출 및 프로세스 성과 측정, 분석 등의 확률공간에서 정의된 품질목표 달성활동을 제시하고 있다.

마. ISO/IEC 15288⁽²⁶⁾

가장 최근 제정된(2002년 11월) 시스템엔지니어링 국제표준으로 프로젝트 계획수립 등 25개 프로세스로 구성되어 있으며, 각 프로세스에 대한 내용은 목적, 산출물, 세부 활동을 명시하고 있다.

별도의 독립적인 측정·분석프로세스는 두지 아니하고 있으며, 프로젝트 계획수립 프로세스에 프로젝트 수행평가 척도 정의 등의 산출물(이행 결과)을 제시하는 등의 방식으로 관련 프로세스에 포괄적으로 개념을 제시하고 있다.

이와 같이 방위사업관리규정이나 국제표준 등에서의 측정·분석 프로세스를 종합적으로 비교하여 정리하면 표 1과 같으며, 공통적으로 측정·분석에서 수행되어야 하는 활동(What) 위주로 정의하고 있다. PSM Guidebook은 측정·분석 방법(How)과 다양한 지표 템플릿도 제시하고 있으나 연구개발 프로젝트에서의 기술적 활동에 대한 성과 측정·분석 프로세스를 구체적으로 제시하지 아니하고 있다. 다만 CMMI는 국방연구개발 프로젝트에서의 측정·분석 실제 수행업무와 유사한 활동(Practices)과 산출물(Work Product)을 제시하고 있다.

국방연구개발 프로젝트의 경우 제도적으로 방위사업관리규정을 근거로 수행해야 하는 특성이 있다. 측정·분석과 관련하여 이 규정에서는 개발성과를 업무 분할구조를 기준으로 정량적으로 관리토록 명문화하

고 있으나 구체적인 프로세스를 제시하지 못하고 있다. 따라서 국제표준에서 제시하고 있는 프로세스를 기반으로 국방연구개발 프로젝트 수행 과정에서 기술적 활동의 성과를 측정·분석할 수 있는 프로세스 정립과 구현방안 마련이 필요한 것으로 평가된다.

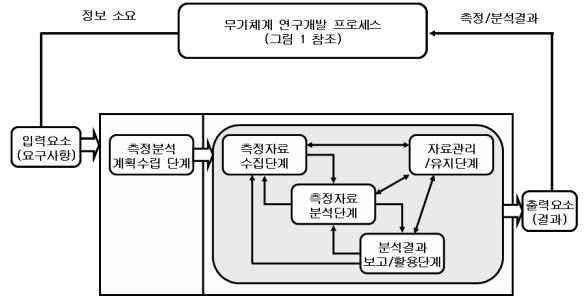
[표 1] 측정·분석 프로세스 비교

구분	프로세스 특성
방위사업 관리규정	개발성과를 WBS기준으로 정량적인 관리토록 명문화하고 있으나 측정·분석프로세스를 미 제시
INCOSE SEM Primer	기본적인 측정·분석프로세스를 제시하는 수준임
ISO/IEC 15939 & PSM Guidebook	기술/관리프로세스와 연계된 측정·분석프로세스와 측정분석 방법과 다양한 지표 템플릿 제시
CMMI-DEV	계층화된 활동과 작업 산출물을 고려한 측정·분석 프로세스 평가 모델을 제시
DFSS	핵심 요구사항(CTQ)을 정의하고 측정분석을 통하여 프로세스 품질 수준을 결합제거능력 척도인 표준 편차 점수로 제시
ISO/IEC 15288	별도의 측정·분석 프로세스는 미 제시. 단, 측정관련 활동을 다른 프로세스에 포괄적으로 제시

4. 기술적 성과 측정·분석 프로세스 정립 및 구현 방안과 도구 개발

가. 기술적 성과 측정·분석 프로세스 정립과 구현 방안

기술적 활동의 성과를 측정·분석할 수 있는 프로세스 정립과 구현방안 마련을 위해 무기체계 연구개발(체계개발 단계)의 주요 활동과 CMMI 기반의 측정·분석 프로세스를 동시에 고려한 측정·분석 프로세스를 그림 4와 같이 정립하였다.



[그림 4] 무기체계 연구개발 프로세스와 측정·분석 프로세스

그림 4에서 제안된 프로세스는 무기체계 연구개발에서 측정·분석이 요구되는 요구사항을 추출하는 입력요소, 본 연구의 핵심인 측정·분석 프로세스, 측정·분석결과를 무기체계 연구개발 프로세스와 연동하는 출력요소로 구성되어 있다. 이 중 측정·분석 프로세스는 측정·분석 계획수립 단계, 측정자료 수집단계, 측정자료 분석단계, 분석결과 보고/활용단계 및 자료관리/유지단계로 구성된다. 이들 각 구성단계에 대한 구현 방안(주요 내용, 구현 방법/도구, 주요 산출물)은 다음과 같다.

1) 측정·분석 계획수립 단계

계획수립 단계에서는 무기체계 연구개발(체계개발 단계)의 기술적 성과 목표달성을 위해 측정·분석 대상 정보 소요에 대한 요구사항을 식별하여 측정 목표를 설정하고, 이 설정된 목표에 따라 측정목표 설명서를 작성하며, 이를 기초로 측정 지표를 정의하게 된다. 또한 선정된 측정 지표/척도에 대한 측정 자료 수집 주기/일자, 자료 수집 방법, 자료 분석 방법 및 분석 결과보고/활용 계획에 대한 내용을 구체화하여 포함하며, 주요 산출물로는 측정목표기술서, 측정 지표/척도 정의 목록서, 측정 지표/척도 정의서, 확정된 측정분석 계획서 등이다.

INCOSE에서는 PSM 등과 공동연구를 통하여 미국방 획득관리체계의 시스템 개발 및 시범단계에서의 기술적 활동에 대한 예측과 통찰력을 제공하는 주요 13개 Leading Indicators와 James N. Martin이 제시한 주요 7개 요소간의 공통 항목인 기술검토, TPM과 요구사항 그리고 CMMI 평가 모델 등에서 강조하

고 있는 기술적 활동과 관련된 주요 작업 산출물(Work Product)을 우선적으로 고려할 필요가 있다. 또한 본 저자^[27]는 최근 국방연구개발 프로젝트에 도입·적용되고 있는 사업성과관리(EVM) 프로세스에서 비용과 일정의 통합관리 뿐만 아니라 주요 기술적 성능 파라미터, 요구사항 추적성, 작업 산출물 등을 포함한 기술적 성과 측면도 함께 고려한 프로젝트 관리가 필요하며 이를 위해 주요 이벤트(기술검토) 시점에서 기술적 성과를 측정할 수 있는 방안을 초기 계획 수립단계부터 고려할 필요성이 있음을 제안한 바 있다.

본 연구에서는 제품, 진척 및 프로세스 메트릭 각각 한개 항목으로 연구범위를 한정하고자 한다. 즉 측정되어야 할 지표 선정을 위해 시스템엔지니어링 측정 입문서에서 제시된 GQM(Goal/Question/Metric)

기법에 의해 요구사항 진척 추세, TPM 추세 그리고 주요 작업 산출물 작성 추세 3개 지표로 선정된 경우를 가정하고자 하며 이를 위해 무기체계 연구개발(체계개발 단계) 프로세스상의 주요 기술검토, 요구사항, TPM 및 작업 산출물에 대해 고찰하고자 한다.

가) 기술검토와 검토대상 작업 산출물

기술검토는 시스템의 설계 성숙도, 기술적/관리적 리스크 등을 지속적으로 평가하는 것이 목적이며, 시스템엔지니어링 관련 각 표준/지침서마다 조금씩 다르게 제시되고 있으나 대체로 유사하다고 볼 수 있다. 방위사업관리규정에서는 기술검토를 명시하고 있으나 구체적으로 각 기술검토의 구체적인 프로세스와 검토 대상 작업산출물을 포함한 수행내용에 대해서는 언급하지 아니하고 있으므로, 현재 널리 활용

[표 2] 기술검토별 주요 수행내용과 검토 대상 작업 산출물

구 분	주요 수행 내용	검토 대상 작업 산출물
체계요구사항 검토(SRR : System Requirement Review)	시스템 수준에서의 사용자 요구 사항들이 시스템 요구사항으로 전환되었는지 확인	- 시스템 운용 요구사항 - 시스템 규격서(초안) - 시스템 수준 TPM(안) - 기능분석(시스템수준 Block Diagram) 등
체계기능검토(SFR : System Functional Review)	시스템 수준에서의 기능적 기준을 확정 즉, 기능 베이스라인(Functional Baseline) 설정	- 시스템 규격서(A Specification) - 개발 규격서(초안) - 구조적 블록도(Schematic Block Diagram) - TPM 데이터와 분석내용 등
기본설계검토(PDR : Preliminary Design Review)	서브시스템 수준과 형상항목에서의 기능 할당을 확정 즉, 할당 베이스라인(Allocated Baseline) 설정	- 개발 규격서(B Specification) - 제품, 프로세스 및 재료규격서(초안) - 인터페이스 통제문서 및 요구사항 - TPM 데이터와 분석내용 등 * 15% 정도 도면(Drawings) 완료
상세설계검토(CDR : Critical Design Review)	서브시스템 수준과 형상항목에서의 설계 완료 및 제품 제작 준비 완료를 확정 즉, 제품 베이스라인(Product Baseline) 설정	- 제품, 프로세스(공정) 및 재료규격서(C/D/E Specification) - 형상항목(HWCI, CSCI) 상세설계문서, 인터페이스 통제문서 및 요구사항 - TPM 데이터와 분석내용 등 * 적어도 85% 정도 도면(Darwings) 완료
시험준비상태검토(TRR : Test Readiness Review)	시험 방법, 절차 등 시험단계로 진행될 수 있는지 검토	- 형상항목 시험계획서 및 시험절차 - DT & OT에 필요한 시험장비, 시설 등

되고 있는 시스템엔지니어링 관련 표준^[28,29]/지침서 (ANSI/EIA-632, IEEE-2005, Systems Engineering Fundamentals 등)를 참조하여 개발 단계에서 주로 이루어지고 있는 기술검토의 주요 수행내용과 검토대상 작업 산출물에 대해 정리하면 표 2와 같다.

이러한 기술검토는 검토 대상 작업 산출물이 모두 완료되기 전까지는 회의 일정을 잡거나 수행해서는 아니 되며, 기술검토를 실시할 경우 반드시 관련 이해 당사자 모두 참여하여 이루어져야 하며 문제해결을 위한 자리가 아니라 문제가 해결되었음을 점검(확인)하는 자리가 되도록 추진되어야 한다. 또한 기술검토 후 발생한 주요 이슈(Issue)나 액션아이템(Action Item)은 제기된 문제점이 완전히 해소될 때 까지 추적관리가 이루어져야 한다.

나) 요구사항(Requirement) 추세

앞서 설명된 바와 같이 시스템(제품) 개발에서의 요구사항 관리는 매우 중요하며, 모든 요구사항의 진척 상태를 보여줄 수 있는 측정치를 통하여 프로젝트의 기술적 활동에 대한 성과를 점검하고 요구사항들이 계획대로 진척되어 가는지 여부를 관리하는 것이 프로젝트 책임자의 기본적인 책무이다. 특히, 초기 사용자와 이해당사자 요구사항은 프로젝트가 진행됨에 따라 추적 대상 요구사항 규모나 복잡도가 증가하게 됨에 따라 이를 관리하는 것은 쉬운 일은 아니나 프로젝트의 성공적인 개발을 위해서는 시스템 개발 초기에 사용자와 이해당사자 요구사항, 그리고 시스템 요구사항을 정의하고 시스템 개발 수명주기를 통하여 모든 요구사항에 대해 추적 또는 변경관리가 이루어져야 한다.

Peter Baxter^[30]는 프로젝트 책임자 또는 의사결정자에 필요한 정보 소요식별의 중요성을 강조하면서 요구사항에 대한 측정·분석을 통하여 개발하고자 하는 시스템이 요구하고 있는 기능을 모두 포함하고 있는지 여부를 보증(확인)해야 함을 주장하고 있다. 그리고 계획된 요구사항의 수, 계획된 요구사항의 진척 상태와 이들 간의 차이를 추적하기 위해 시스템 수명주기를 통한 각 요구사항의 진척 상태를 측정하는 것이 필요함을 역설하면서 요구사항의 진척 상태를 요구사항 정의, 승인, 할당, 설계, 제작(구현), 시험 및

검증 단계로 구분할 것을 제안하고 있다.

본 연구에서는 Peter Baxter가 제안한 요구사항의 진척상태를 기반으로 주요 기술검토 단계별 요구사항 진척도 및 진척상태를 다음 표 3과 같이 정의하였다. 아울러 이러한 요구사항의 진척 상태를 파악하기 위해서는 이를 지원할 수 있는 도구가 필요함에 따라 상용 요구사항 관리 도구 등을 참조하여 기술검토 단계별 모든 요구사항 진척상태 정보를 제공할 수 있는 도구를 개발·시연하고자 한다.

[표 3] 기술검토별 요구사항 진척 상태

구분	요구사항 진척도	진척 상태
SRR	정의 (Defined)	사용자/이해당사자 요구사항이 시스템 요구사항으로 기술된 상태
	확인 (Validated)	기술된 시스템 요구사항이 검토기준에 적합하고 이해당사자들과 합의 된 상태
SFR	승인 (Approved)	정의·입증된 시스템 요구사항이 시스템규격서에 반영
	할당 (Allocated)	시스템규격서에 반영된 요구사항이 서브시스템 또는 형상항목 수준에 할당된 상태
PDR	설계 I (Design)	도출된 기능, 성능, 인터페이스 요구사항이 개발규격서에 반영
CDR	설계 II (Design)	개발규격서에 반영된 요구사항이 형상항목 수준에서 설계가 완료되거나 제품규격서에 반영
TRR	시험 (Tested)	기능, 성능, 인터페이스 요구사항이 반영된 시제품이 제작완료 된 상태

다) TPM 추세

TPM은 개발하고자 하는 시스템이 얼마나 잘 요구사항이나 목표를 만족하는 가를 보여주는 도구이다. 이러한 TPM은 제품의 기술적 목표가 구현되었는지 여부를 확인시켜 줄 수 있는 주요 기술적 파라미터로서 중요한 비용 초과나 일정지연이 발생되기 전에 가

능한 성능 문제를 식별하는데 도움을 제공한다. 일반적으로 TPM은 계획 목표치 대비 실제 성과치의 가시성을 제공하며, 관리를 요하는 문제점들에 대한 조기 탐지와 예측을 가능하게 하며, 제안된 변경사항의 영향 평가를 지원한다.

Jim Oakes & et al.^[10]가 제시한 TPM의 측정 프로세스는 다음과 같다.

- ① 요구분석 단계에서 주요 성능 요구사항을 식별하고 여러 TPM 후보군 중 우선순위에 근거하여 주요 기술적 성능 파라미터(Critical Performance Parameter)를 식별 한다
- ② 식별된 주요 기술적 성능 파라미터에 대한 위험 분석을 실시하여 관리되어야 할 TPM을 선정한다. 일반적으로 TPM은 시스템의 요구 성능을 나타내는 MOP(Measure of Performance)로부터 직접 선정될 수 있으며, MOP는 시스템의 운용 효과성을 나타내는 MOE(Measure of Effectiveness)로부터 도출될 수 있다^[31]. 또한 관리되어야 할 TPM은 우선적으로 비용 효과성을 고려하여 정립된 기준에 따라 선정하되, 통상적으로 전체 요구사항의 1% 수준이하로 선정되는 것이 바람직한 것으로 제시되고 있다^[11].
- ③ 선정된 TPM의 세부 항목 작성과 관리할 담당자를 선정한다. 작성하여야 할 TPM의 주요 세부 항목으로는 연관된 요구사항, 분석된 위험 수준, 측정되어야 할 단위와 측정 방법, 측정 주기 또는 측정 시점, 측정결과의 표현 방법, 설정된 기준선(Threshold) 범위와 범위를 벗어날 경우 수행되어야 할 조치방안 등이며, 이들을 반영한 TPM 관리계획은 반드시 프로젝트 일정이나 시스템엔지니어링 관리계획(SEMP)에 반영되어 추진되어야 한다. TPM의 데이터를 측정하는 방법은 수명주기에 따라 다르며, 초기에는 기존 시스템이나 개략적인 추정데이터를 사용하게 되며, 나중에 M&S(Modelling & Simulation) 그리고 프로토타입(Prototypes) 들로부터 데이터를 도출하며, 마지막으로 실제 시스템으로부터 직접 데이터를 측정하게 된다.
- ④ 마지막으로 프로젝트가 진행과정에서의 측정 데이터 수립과 분석, 결과 보고가 이루어지게 되

며, 만약 기준선을 벗어 난 경우 위험을 완화할 시정조치를 취한다.

이러한 TPM 프로세스를 통하여 프로젝트 수명주기에 걸쳐 선정된 파라미터의 진척상태가 프로젝트 수행기간 중의 주요 마일스톤 시점에서 점검되어야 하며, 획득된 정보를 활용하여 주요한 의사결정이 이루어져야 한다.

[표 4] 기술검토별 TPM 진척 상태

구 분	TPM 진행 상태	측정/예측 방법
SRR	각 단계별 TPM 실행 기준 정의 및 주요 기술적 성능 파라미터 식별, 목표 설정 및 예측	유사장비 비교, 경험/판단 자료,
SFR	시스템 수준의 TPM 선정과 세부 항목 정의, 담당자 지정	수학적 모형, 공학적 분석
PDR	서브시스템/형상항목 수준의 주요 기술적 성능 파라미터 생성, 목표 설정 및 예측, 인터페이스 식별 설계	상기 방법 + Prototypes, M&S
CDR	형상항목 수준에서의 주요 기술적 성능 파라미터 구체화, 상세 인터페이스 식별 및 설계	
TRR	형상항목/서브시스템기능, 성능, 인터페이스 테스트	상기 방법 + Test

2) 측정자료 수집단계

측정자료 수집단계는 수립된 계획에 따라 측정 자료를 수집하고, 측정 자료의 유효성 및 무결성 확인, 수집 자료의 오류 또는 누락사항 식별, 수집 자료의 형식, 착수 및 완료 시기에 대한 적절성 검토와 수집된 자료 저장 등을 수행하는 단계이다.

특히 최근 정보화 발달로 많은 개발 또는 관리업무가 정보체계를 기반으로 이루어짐에 따라 수집 대상 자료는 여러 형태의 정보체계를 통하여 수집·저장이 이루어지고 있다. 따라서 필요하다면 정보체계 구축 시 이러한 요구사항을 반영하거나 개선토록 요구할

필요가 있다. 측정 자료를 공통적으로 활용하거나 재사용을 위해 측정자료 관리시스템 구축이 반드시 이루어져야 하며, 주요 산출물로는 수집 자료, 검토서 등이다.

3) 측정자료 분석단계

해당 지표의 분포나 추세 정보 파악 등을 위한 분석단계에서는 측정자료 분석방법과 도구 선정, 의미 있는 내용을 종합한 분석결과를 제시하는 단계이다.

대체적으로 분석결과는 시각적 표현기법(차트, 그래프, 표 등)을 통하여 분석결과를 제시하며, 주요 산출물로는 분석결과 등이다.

4) 분석결과 보고단계

사업의 특성과 측정 지표의 정의를 고려하여 분석결과 보고와 활용이 이루어지는 단계이며, 결과보고 주기는 월간/분기 등 정기적 또는 수시로 이루어질 수 있으며, 또한 필요한 경우 측정 지표 및 척도 갱신(추가, 삭제, 수정)을 위한 건의 조치가 이루어질 수 있다. 주요 산출물로는 분석결과 보고서 등이다.

5) 자료관리/유지단계

일반적으로 완벽한 계획수립은 거의 불가능하다. 왜냐하면 계획수립의 대다수 자료는 불확실성에 기반을 두고 추정된 자료로 구성되어 있기 때문이다. 최초 확정된 측정·분석 계획 수립 후 프로젝트 수행 중에 여러 가지 환경변화에 따라 계획이 수정되며, 이때 변경요인에 따라 재계획 수립 하는 정도가 달라질 수 있다.

한편 분석 보고가 완료된 자료는 측정자료 관리시스템에 저장되며, 대체로 측정 지표/척도에 따라 다양하게 활용되어질 수 있으며, 객관적인 사업계획 수립을 위한 추정, 프로젝트 관리와 프로세스 관련 주요 문제점의 조기 식별, 의사결정자에게 적절한 의사결정을 지원하는 기초 자료 제공 등이며, 주요 산출물로는 수정된 측정·분석계획서 등이다.

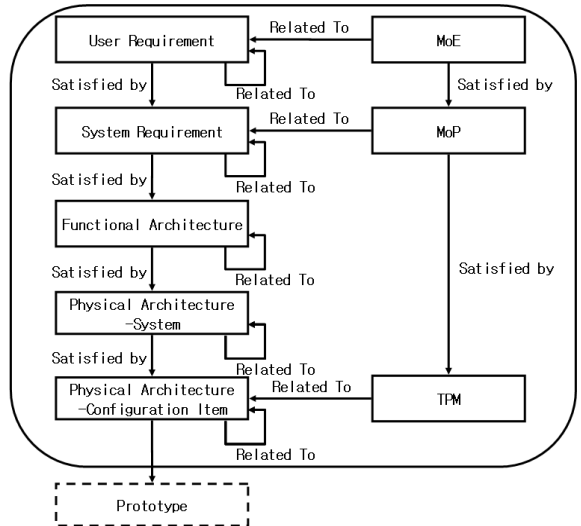
나. 전산 도구 개발

앞서 정립된 측정·분석 프로세스를 지원할 수 있는 전산 도구를 개발하여 본 연구의 측정·분석 대상

항목인 TPM, 요구사항 그리고 주요 작업 산출물 진척상태를 자료수집 단계에서부터 활용단계에 이르기까지 과정을 구현하고, 국과연 연구개발 프로세스 개선업무에서 수집·측정된 데이터를 참조, 일부 조정(Tailoring)한 데이터를 기반으로 한 응용사례를 통하여 실 적용가능성을 시연하고자 한다.

1) 논리 데이터 모델(Logical Data Model)

개발된 도구는 시스템엔지니어링 아키텍팅 활동을 지원하고 있는 상용 시스템엔지니어링 지원도구(Cradle^[35])의 데이터 모델을 기반으로 그림 5와 같이 논리 데이터 모델을 정립하였다. 상용 데이터 모델과 비교하여 추가(변경)한 내용은 기술검토 시점별 측정·분석을 수행하기 위해 물리적 아카텍처(Physical Architecture)를 시스템수준과 형상항목(Configuration Item)수준으로 구분한 사항이다. 이러한 구분을 통하여 각종 측정·분석 대상항목에 대한 성과가 PDR과 CDR의 기술검토 시점에서 계획된 목표대로 달성되고 있는지 여부를 판단할 수 있다.

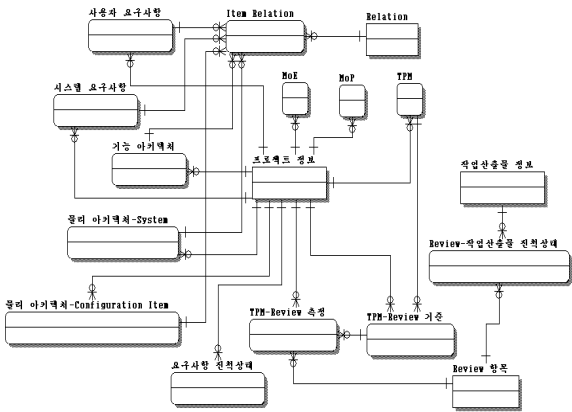


[그림 5] 논리 데이터 모델

2) 객체-관계 다이어그램(Entity-Relationship Diagram)

측정·분석 프로세스에서 수집된 자료의 저장과 유지관리를 위한 객체(Entity)는 크게 기본 정보, 시스

템 아키텍팅 정보, 기술적 성능지표 정보, 측정·분석 정보로 구성되며 그림 6에 나타나 있다.



[그림 6] 객체-관계 다이어그램

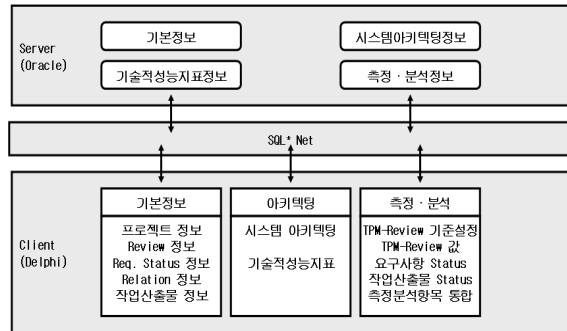
기본정보는 프로젝트명, 시작/종료기간 등과 같은 프로젝트 기본 데이터, 주요 측정시점을 제공하는 SRR, SFR 등의 기술검토 종류, 요구사항의 진척도 상태, 논리 데이터 항목간의 관계(Relation), 프로젝트 수행과정에서 발생하는 주요 작업 산출물로 구성되어 있다. 시스템 아키텍팅 정보는 시스템 개발에서 요구되는 사용자 요구사항, 시스템 요구사항, 기능적 아키텍처, 물리적 아키텍처(시스템 수준) 및 물리적 아키텍처(형상항목 수준)로 구성되어 있으며, 기술적 성능지표 정보는 MoE, MoP 및 TPM으로 구성되어 있다. 또한 측정·분석정보는 기술적 성능지표와 물리적 아키텍처(형상항목 수준)의 연계(아키텍팅), TPM 관련 기준선(상한치, 하한치, 기준 목표치) 설정, 측정된 TPM 정보 관리, 요구사항 진척상태, 작업 산출물 진척상태로 구성된다.

3) 기능 구성도

Client/Server Architecture로 구현된 개발 도구의 기능 구성은 그림 7과 같다.

Client의 기능은 기본 정보, 아키텍팅, 측정·분석으로 구성이 되며, 기본정보는 도구에서 사용하는 기본적인 데이터를 관리하고, 아키텍팅은 시스템 아키텍팅과 기술적 성능지표에 대한 아키텍팅을 수행하며 측정·분석에서는 기본정보와 아키텍팅 정보를 기반으로

하여 기술검토별 TPM 정보, 요구사항 진척상태와 작업 산출물 진척상태에 대한 각각의 정보를 수집하고 추세정보를 조회할 수 있으며, 아울러 이들 항목들을 통합한 정보 추세를 조회할 수 있도록 하였다.



[그림 7] 기능 구성도

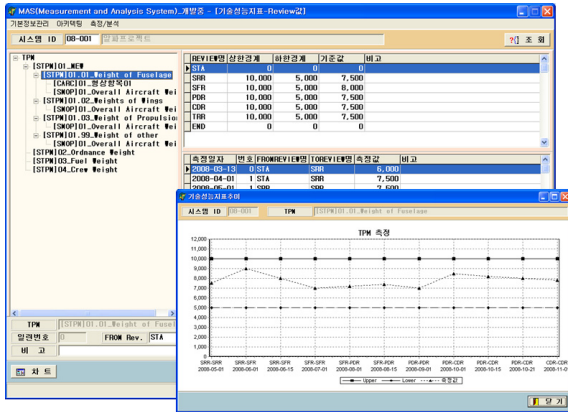
TPM은 기술검토가 진행됨에 따라 각종 기준선(Baseline)에서의 상한 값과 하한 값, 기준 목표 값 대비 측정된 TPM과 비교하여 측정시점별 추세정보가 제공되며, 요구사항 추세정보는 시스템 아키텍팅 정보를 기반으로 요구사항 진척도와 시스템 아키텍팅 정보간의 관계(표 5 참조)에 의해 제공된다. 그리고 작업산출물 진척상태는 크게 6단계(초안 작성 중, 초안 작성 완료, 초안 관련자/동료 검토 중, 초안 검토 완료, 작성 승인 및 배포)로 구분하여 진척상태를 보여줄 수 있도록 하였다.

[표 5] 요구사항 진척도와 시스템 아키텍팅 정보간의 관계

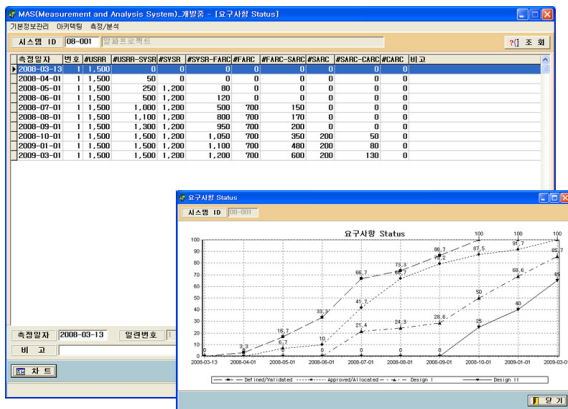
요구사항 진척도	시스템 아키텍팅 정보
정의(Defined)/ 확인(Validated)	사용자 요구사항이 시스템 요구사항과 Relation을 가짐
승인(Approved)/ 할당(Allocated)	시스템 요구사항과 기능아키텍처가 Relation을 가짐
설계I(Design I)	기능아키텍처가 물리아키텍처(시스템 수준)과 Relation을 가짐
설계II(Design II)	물리아키텍처(시스템 수준)과 물리아키텍처(형상항목)이 Relation을 가짐

3) 응용 사례를 통한 성과/추세 정보 제공

연구개발 프로젝트 수행 과정에서 기술적 활동에 대한 성과 목표달성여부를 제시할 수 있는 3종의 지표(TPM 정보, 요구사항 진척도 및 주요 작업 산출물 진척도)에 대한 정보를 다음과 같이 제공할 수 있다.

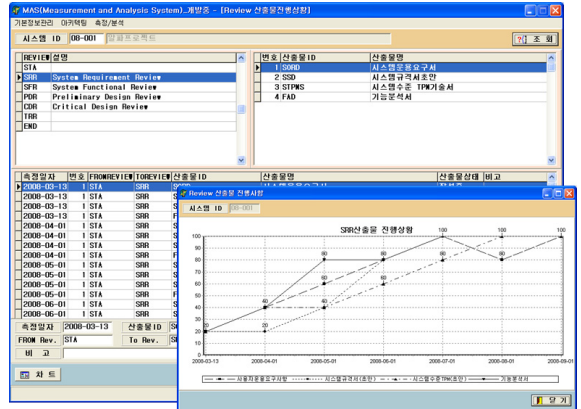


[그림 8] TPM 정보

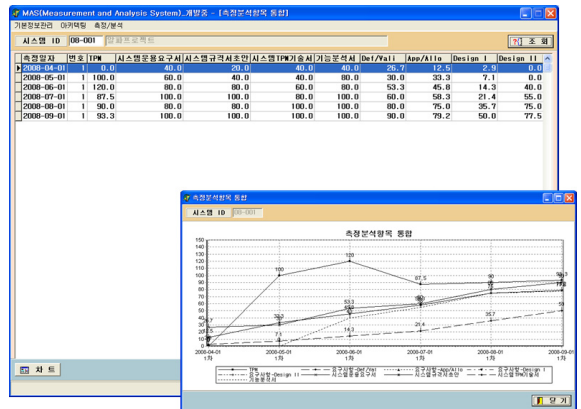


[그림 9] 요구사항 진척상태

우선 TPM 정보[그림 8 참조]는 그림 5의 논리데이터 모델을 기반으로 하여 MoE, MoP 및 TPM의 연관성을 가지고 설정된 기술검토 시점별 기준치(상한치, 하한치, 기준 목표치) 대비 실제 측정치에 대한 정보를 보여주고 있으며, 요구사항 진척상태[그림 9 참조]는 표 5에서 제안된 요구사항 진척도와 시스템 아키텍팅 정보간의 설정된 관계에 의해 프로젝트 진행과정에서의 정보를 보여주고 있다.



[그림 10] 작업산출물 진척상태



[그림 11] 측정·분석 통합 정보

작업 산출물 진척상태[그림 10 참조]는 중점관리되어야 할 주요 산출물에 대해 측정 시점(예, 기술검토)별로 진척되어 가고 있는 정보를 보여 주고 있으며, 마지막으로 이들 간의 통합된 정보[그림 11 참조]는 이들 각각 정보들의 진척상태를 측정 시점을 기준으로 한 통합된 추세정보를 조회할 수 있도록 구현하여 프로젝트 책임자가 각종 기술적 활동의 성과를 보다 더 식별이 용이하도록 제시하였다.

5. 기대효과 및 개선사항

본 연구에서 정립한 기술적 성과 측정·분석 프로세스는 시스템엔지니어링 프로세스를 기반으로 한

기술적 활동으로부터 TPM 이외의 요구사항이나 주요 작업 산출물 등 다양한 지표(메트릭)를 활용하여 기술적 성과를 파악할 수 있는 측정·분석 프로세스를 구체화하여 제시하였다. 또한 이를 기반으로 상용 시스템엔지니어링 지원도구에서 제공하지 아니하고 있는 추세정보를 지원 가능토록 전산도구를 보완(개발)하고, 응용 사례를 통하여 본 연구내용이 실제 적용 가능함과 동시에 유용성이 있음을 제시하였다. 아울러 지표(메트릭) 확대를 통하여 사업 진척과정의 가시성 제공을 통한 조기 위험 식별과 예측이 가능하고, 프로젝트 책임자 등을 위해 보다 신뢰성 있는 정보에 기반을 둔 의사결정 지원이 가능하리라 판단된다.

6. 맺음말

최근 연구개발 환경변화에 따라 과거에 비해 프로젝트 개발기간 중 여러 가지 위험요인과 불확실성 증가 등으로 인하여 프로젝트 책임자는 적기에 객관적이며, 신뢰성 있는 각종 정보에 근거하여 의사결정이 이루어지는 것이 필요하다. 이를 위해서는 프로젝트 개발 및 관리 프로세스와 연계된 각종 성과/추세 정보를 획득하는 것이 매우 중요하다. 특히, 고품질의 시스템에 대해 시행착오를 최소화하며, 프로세스 개선 활동을 성공적으로 수행하여 높은 성숙단계에 도달한 조직일수록 이러한 측정·분석 활동을 통하여 획득된 데이터를 기반으로 의사결정이 많이 이루어지고 있는 것으로 발표되고 있다.

본 연구는 연구개발 프로젝트 수행과정에서 기술적 활동에 대한 성과 목표달성여부를 보여줄 수 있는 지표(메트릭)를 활용하고자 현재 적용 중인 규정과 여러 국제 표준에서의 측정·분석 프로세스에 대해 고찰하였다. 이를 통해 연구개발 프로젝트 수행 과정에서 시스템엔지니어링을 기반으로 한 기술적 성과 측정·분석 프로세스와 그 구현 방안을 제시 하였다. 아울러 상용 시스템엔지니어링 아키텍팅 지원도구를 기반으로 하되 현재 상용 도구에서 지원하고 있지 아니한 기능을 지원할 수 있는 전산도구를 추가 개발하고, 그 응용사례를 제시함으로써 본 연구내용이 실제

적용 가능함과 동시에 유용성이 있음을 제시하였다.

향후 프로젝트 차원에서 제시한 상기 내용을 기반으로 지표(메트릭) 또는 측정항목 확대와 개발된 도구의 기능 보완, 실 적용상의 구체적인 내용과 효과 및 문제점 또는 개선사항 제시를 통하여 보다 더 실용적인 프로세스임을 시연하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 방위사업관리규정, 제65호, pp. 39~40, 2007. 10. 30.
- [2] 김진훈, 복잡한 개발프로젝트를 위한 제품, 프로세스 및 팀 통합설계 모델, 아주대학교 박사학위 논문, pp. 25~39, 2007.
- [3] Alexander Kossiakoff and William N. Sweet, Systems Engineering Principles and Practice, John Wiley and Sons, Inc. New Jersey, pp. 90~116, 2003.
- [4] 방위사업청 시스템엔지니어링 가이드북 Version 1.0, pp. 9~13, 2007.
- [5] H. Mooz, et. al., Integrating Systems Engineering with Program and Project Management, INCOSE 2007-17th Annual International Symposium Proceedings, 2007.
- [6] James N. Martin, Systems Engineering Guidebook : A process for Developing Systems and Products, CRC Press, New York, pp. 7~86, 1996.
- [7] Patrick Antony et. al., Systems Engineering Measurement Primer, Ver.1.0, INCOSE, 1998.
- [8] Robert J. Kayuha et. al., The Integrated Management Handbook, Dayton Aerospace Inc., pp. 99~102, 2002.
- [9] Defense Acquisition University Press, Systems Engineering Fundamentals, DAU Press, Virginia, pp. 125~132, 2001.
- [10] Jim Oakes, Rick Botta and Terry Bahill, "Technical Performance Measures", INCOSE-16th Annual International Symposium Pro-

- ceedings, pp. 1~9, 2006.
- [11] Terry Bahill, Technical Performance Measure, 2004.
- [12] Mike Ferraro., Technical Performance Measurement - A Program Manager's Barometer, PM, pp. 14~20, 2002.
- [13] 최석, 박중용, 기술성과측정 실행방안 연구, 2007 시스템엔지니어링 추계심포지엄, pp. 111~114, 2007. 11.
- [14] 김중명, SE기반 Project 기술성능관리 방안(K-55 탄운차 사업을 중심으로), 2007 시스템엔지니어링 추계심포지엄, pp. 115~121, 2007. 11.
- [15] National Defense Industrial Association(NDIA) Program Management Systems Committee (PMSC), ANSI/EIA-748-A, Standard for Earned Value Management Systems Application Guide, Working Release for User Comment, Arlington, VA, 2005.
- [16] Department of Defense(DoD), Earned value Management Implementation Guide, Defense Contract Management Agency, 2006.
- [17] Allan Shechet, "Earned Value Management : Are Expectations Too High?", CrossTalk : The Journal of Defense Software Engineering, p. 10, January 2007.
- [18] 최석철, 김종필, "국방연구개발 사업에 EVMS 적용방안 연구", 한국군사과학기술학회지, 제8권 제1호(통권 제20호), pp. 62~68, 2005. 3.
- [19] 최석철, 배운호, "PMB적용을 통한 국방연구개발 사업관리 개선방안 연구", 한국군사과학기술학회지, 제9권 제2호(통권 제25호), pp. 60~69, 2006. 6.
- [20] Paul J. Solomon, Using Earned value to track Requirement Progress, INCOSE 2006-16th Annual International Symposium Proceedings, 2006.
- [21] Software Engineering Institute(SEI), Capability Maturity Model Integration for Development, Version 1.2. Pittsburgh, PA : SEI, Carnegie Mellon University, August 2006.
- [22] Garry Roedler and Donna H. Rhodes, Systems Engineering Leading Indicators Guide Version 1.0, INCOSE-TP-2005-001-02, 2007.
- [23] ISO/IEC Final Draft International Standard 15939, Systems and Software engineering - Measurement process, 2007.
- [24] DoD and US army, Practical Software and Systems Measurement : A Foundation for Objective Project Management Version 4.0C, 2003.
- [25] C. M. Creveling, J. L. Slutsky, & D. Antis, J. R., Design for Six Sigma in Technology and Product development, Prentice hall.
- [26] ISO/IEC 15288, Systems engineering - System life cycle processes, 2002.
- [27] 유이주, 박영원, "비용, 일정 및 기술적 성과를 고려한 통합 계획수립프로세스 구현 방안", 한국군사과학기술학회지, 제10권 제3호(통권 제30호), pp. 104~106, 2007. 9.
- [28] Electronic Industries Alliance(EIA), ANSI/EIA 632, Processes for Engineering a System, Arlington, VA : EIA, 1998.
- [29] Institute of Electrical and Electronics(IEEE). IEEE Std 1220-2005, IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process. New York, 2005.
- [30] Peter Baxter, Focusing Measurement on Managers Informational Needs, Cross Talk The Journal of Defense Software Engineering, p. 23, 2002.
- [31] Garry J. Roedler & Cheryl Jones, Technical Measurement A Collaborative Project of PSM, INCOSE and Industry, INCOSE Measurement Working Group, December 2005.
- [32] Cradle Version 5.6, 3SL Inc.