

# 해양시스템에서의 시스템엔지니어링 기법 적용

이종갑\*

\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

## Applying Systems Engineering Processes to Development of Marine Systems

JONG-KAP LEE\*

\*Maritime and Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Daejeon, Korea

**KEY WORDS:** System 시스템, Systems Engineering 시스템엔지니어링, Systems Engineering Management 시스템엔지니어링관리, Marine Systems 해양시스템

**ABSTRACT:** Systems engineering is an interdisciplinary approach encompassing the entire technical effort to evolve and verify an integrated and total Life cycle balanced set of system, people, and process solutions that satisfy customer needs. Systems engineering is the integrating mechanism across the technical efforts related to the development, manufacturing, verification, deployment, operations, support, disposal of, and user training for systems and their life cycle processes (EIA/IS 632). This paper introduces the principles and processes of systems engineering, based on EIA/IS 632, as a methodology for the development of large-complex marine systems.

### 1. 서 론

지속적인 기술개발과 생산성 향상의 결과 우리나라 조선해양산업은 가격경쟁력 측면에서 경쟁력을 확보하였으며, 그 결과 2002년 이후 수주 및 건조량 측면에서 세계 1위의 위치를 유지하고 있다. 그러나 유럽, 일본 등 기술선진국의 견제와 중국 등 후발조선국의 추격으로 가격 경쟁력에는 한계가 있으며, 따라서, 고부가가치선박 및 관련 핵심기술의 개발을 통한 차별화된 경쟁력 확보와 지속가능한 성장을 위한 노력을 경주하고 있다. 특히, 석유자원의 고갈과 함께 새로운 에너지의 개발 및 수송을 위한 선박 및 해양구조물의 수요가 증대하면서 관련 설계엔지니어링 기술 및 원천기술의 확보가 시급한 상황이다.

본 논문에서는 새로운 개념의 대형/복합시스템의 개발을 위한 수단으로 항공우주산업, 방위산업 등 첨단 산업에서 새로이 확산되고 있는 시스템엔지니어링(Systems Engineering) 기술을 소개하고, 새로운 개념의 선박 및 해양구조물의 설계 및 개발을 위한 수단으로서 적용가능성에 대하여 검토하였다.

### 2. 시스템엔지니어링 개요

#### 2.1 시스템엔지니어링이란

시스템 엔지니어링(System Engineering)이란 고객의 요구를 만족시키기 위한 통합된(integrated), 수명주기전체를 고려한(Life-cycle balanced) 제반 시스템 요소 기능들을 구체화하고

검증하는 공학적 관리절차(inter-disciplinary engineering management process)로 정의된다 [EIA/IS-632, ISO 15288].

시스템엔지니어링은 1960년대 항공우주시스템의 개발을 위하여 개발된 기법으로 그 후 미국 국방성을 중심으로 1969년 MIL-STD-490으로 표준화되어 약 25년간 유지해 오다가 1994년 민국겸용의 표준으로 발전하였으며 오늘날 ISO15288 및 ISO 19760 지침서로 발전되어 방위산업 분야 뿐만아니라 전 산업분야에 널리 사용되고 있다. 1998년에는 시스템엔지니어링 능력을 객관적으로 측정할 수 있는 척도로 엔지니어링 수행능력 성숙도모델, 즉 CMM(Capability Maturity Model)이 개발되었으며, 최근에는 소프트웨어분야와 통합하여 CMMI로 발전하여 특히 대형복합시스템개발 프로젝트의 수행능력을 평가하는 수단으로 사용하고 있다.

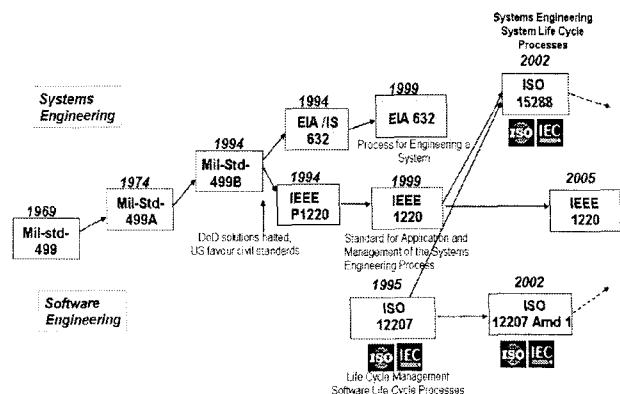


Fig. 1 Heritage of Systems Engineering Standards

일반적으로 전통적인 시스템의 개발은 소요기획 및 타당성 조사, 기술개발, 설계 및 생산, 운용유지 등으로 순차적으로 진행된다. 그러나 시스템엔지니어링 개념은 제품의 전 수명주기를 고려한 "초기에 함께"라는 소위 동시공학 개념을 기반으로 한다.

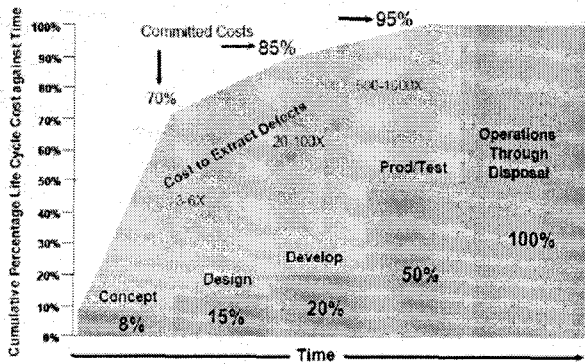


Fig. 2 Committed Life Cycle Cost against Time: INCOSE

Fig.2에서 보는 바와같이 제품의 전 수명주기에서 공정의 15%가 진행되는 설계단계에서 제품의 성능 및 가격요소의 85% 이상이 결정되며, 단계가 진행될수록 요구사항 및 설계의 변경을 위한 비용은 기하급수적으로 증가하게 된다.

결국 시스템엔지니어링은 시스템의 전수명주기에 걸친 요구사항을 초기단계에서 식별/정의하여 상세화하는 과정으로, 설계, 생산 및 운용 단계에서 발생가능한 위험요소들을 가능한 초기에 식별하여 제거함으로써, 그 결과 고객이 요구하는 최적 성능의 제품을 가장 빠른 시간 안에, 가장 경제적으로 제공하는 과정이다.

Fig.3은 전통적인 방법과 시스템엔지니어링 접근방법에 따른 차이와 그 효과를 보이고 있다.

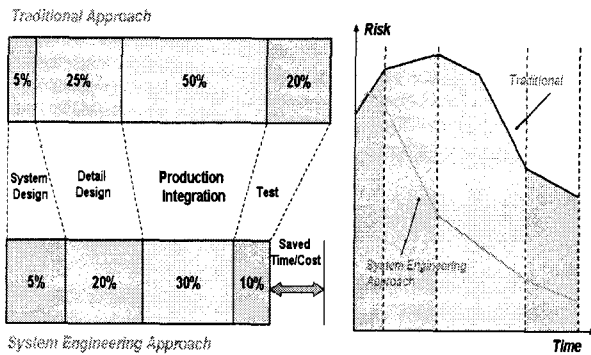


Fig. 3 Effects of Systems Engineering

## 2.2 시스템 엔지니어링 프로세스

시스템 엔지니어링은 시스템의 요구분석에서부터 요구사항을 만족시키기 위한 기능요소 및 사양을 정의하고 이를 구현하여 목표시스템을 성공적으로 획득하기 위한 공학적 활동으로 Fig. 4에서 보는 바와 같이 크게 제품의 설계/개발작업 공정 및 결과물의 생성(Development Phasing), 개발과정에서의 문제들

을 식별하고 해결하기 위한 시스템 엔지니어링 프로세스(System Engineering Process), 그리고 제품의 수명주기 통합(Life-cycle Integration)으로 구성되며, 그 결과물로서의 시스템 사양 및 목적문건, 수명주기 계획, 통합조직의 구성과 관리를 포함한다.

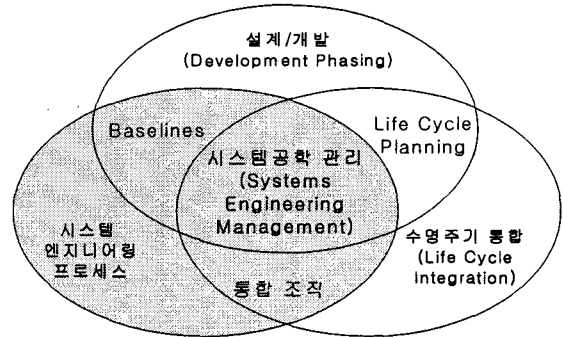


Fig.4 Activities of Systems Engineering Management

시스템 엔지니어링 프로세스는 사용자의 요구사항(system requirement) 및 관련 기술들을 입력으로 하며, 요구분석(Requirement Analysis), 기능 및 사양 정의(Functional Definition and allocation), 그리고 이들을 종합(synthesis)하는 과정으로 구분되며, 시스템의 구조(System Architecture), 사양 및 목적문건 등을 결과물로 제공한다.

시스템엔지니어링 프로세스는 개발 대상시스템의 특성에 따라 다른 모델을 사용하거나 표준모델을 보완하여 사용한다. Fig.5는 EIA/IS 632에서 제공하는 모델이다.

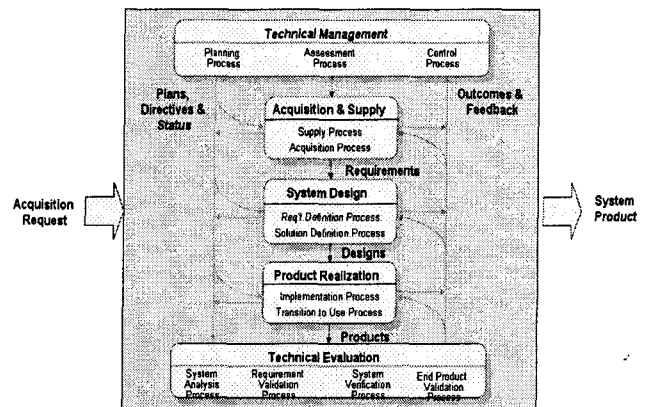


Fig. 5 Systems Engineering Process Model: EIA/IS-632

## 2.3 시스템엔지니어링 요소

Fig.5에서 보는 바와같이 시스템엔지니어링 프로세스는 크게 기술관리요소(technical management process)와 기술요소(technical process)로 구분할 수 있다.

기술관리요소에는 프로젝트의 계획(planning), 평가(assessment), 통제(control), 의사결정(decision-making), 위험관리(risk management), 형상관리(configuration management), 정보관리(information management) 등이 있으며, 기술프로세스는 요구정의(requirement definition), 분석(analysis), 아키텍처설계

(design), 적용(implementation), 통합(integration), 검증(verification), 전환(transition), 확인(validation), 운용(operation), 정비(maintenance), 폐기(disposal) 등이 포함된다.

이들 활동들은 상호 밀접하게 연계되어 있으며, 참고로 Fig.6은 프로젝트관리요소와 시스템엔지니어링 요소 간의 관계를 보여주고 있다.

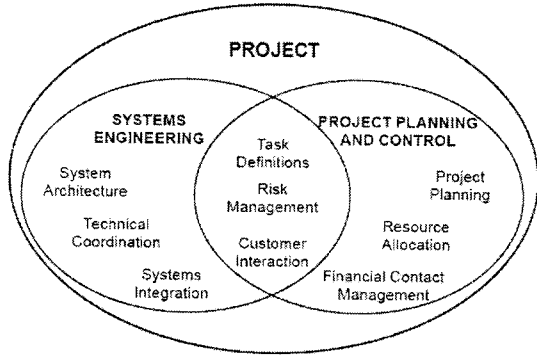


Fig. 9 Project Management and Systems Engineering

### 2.4 지원도구

컴퓨터기술의 발전과 함께 시스템엔지니어링을 지원하는 도구들이 개발되어 널리 사용되고 있으며, 이를 기반으로한 소위 모델기반 시스템엔지니어링(Model Based Systems Engineering: MBSE)이 구현되고 있다. 대표적인 시스템엔지니어링 지원도구로는 RDD, CORE, CRADLE, DOORS, SEER 등이 있으며, 이들은 모델링 및 시뮬레이션 도구, 제품정보관리(PDM/PLM), 그리고 CAIV, EVMS 등 원가 및 공정관리도구와 연계하여 사용되고 있다.

### 3. SE 기반 해양시스템 엔지니어링

앞서 언급한 대로 본 논문에서는 새로운 개념의 선박 및 해양구조물의 설계 및 개발을 위한 수단으로서, 나아가 설계엔지니어링 능력의 확보를 통한 차별화된 경쟁력 확보를 위한 수단으로서 항공우주 등 첨단산업에서 널리 사용되고 있는 시스템엔지니어링(Systems Engineering) 프로세스의 적용가능성에 대하여 검토하였다.

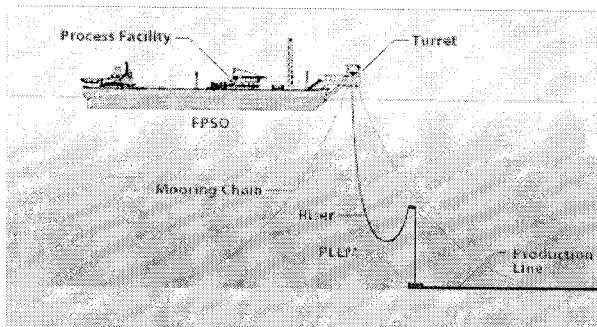


Fig. 6 Example of Large, Complex System: FPSO

지금까지의 전통적인 선박과는 달리, 최근 요구되는 새로운 개념의 선박 및 해양구조물은 여러 가지 복합적인 기능이 결합된 소위 "system of systems"으로서 시스템엔지니어링 프로세스를 기반으로 한 설계엔지니어링 절차 및 방법론의 정립이 가능하다.

Fig.7은 선박을 중심으로 한 해양시스템의 수명주기를 ISO15288 및 미국방성의 함정을 포함한 주요무기체계의 수명주기와 비교한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 선박 및 해양시스템에 표준 시스템엔지니어링 프로세스, 특히 ISO 15288 모델의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

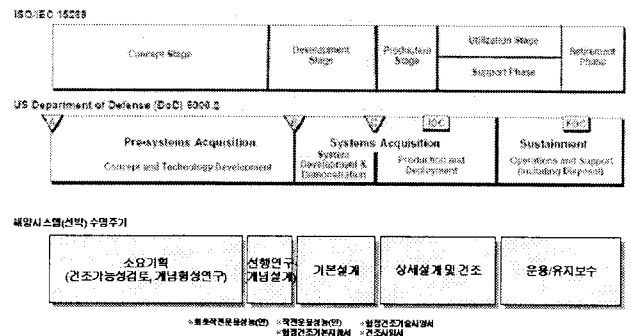


Fig. 7 Comparison of Life Cycle

Fig.8은 시스템 엔지니어링 기반 해양시스템 설계 및 건조의 context diagram을 보이고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 선주의 요구사항 및 보유기술을 입력으로 관련 조직의 구성, 인력, 장비 및 소프트웨어 도구 등 제반 자원을 이용하여 관련 제약조건들을 고려한 최적의 제품을 설계/건조하기 위한 활동 및 프로세스를 정의한다.

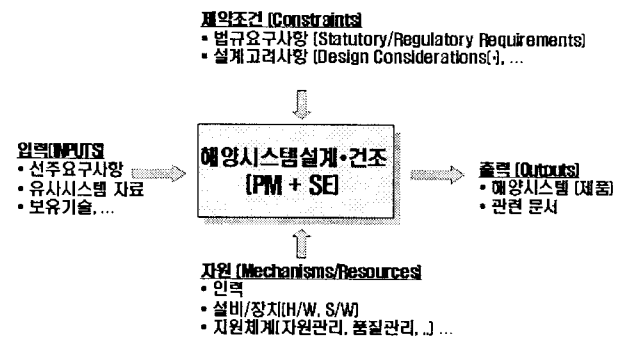


Fig. 8 Context Diagram of Marine Systems Development

앞서 언급한 바와 같이 해양시스템의 설계 및 건조활동은 Fig. 5의 시스템엔지니어링 프로세스 모델의 활용이 가능하다.

해양시스템 설계 및 건조과정에서 시스템엔지니어링 활동과 관련한 가장 핵심적인 요소는 WBS의 정의, 요구(requirement management), 기술성능 측정 및 관리 (Technical performance Measurement), 그리고 위험관리(Risk Management) 등이 필수적이다.

○ WBS(Work Breakdown Structure)

WBS는 세스스템엔지니어링 및 프로젝트 관리를 위한 필수 기본요소로서, 일정계획, 자원계획, 비용추정 및 관리, 제반 기술 정보관리를 위한 수단이다.

○ 요건관리 (Requirement Management)

Fig.9에서 보는 바와 같이 요구사항은 시간이 흐르면서 각종 이해당사자들에 의해 추가, 삭제, 변경된다. 고객의 요구사항은 계약조건이며, 만족여부는 프로젝트의 인도 및 성공적인 운용여부와 직결된다. 따라서 요구사항을 구체화하여 문서화하고 이들의 만족여부와 변경의 과정을 추적/관리하는 것은 시스템엔지니어링 활동의 핵심적인 요소이다.

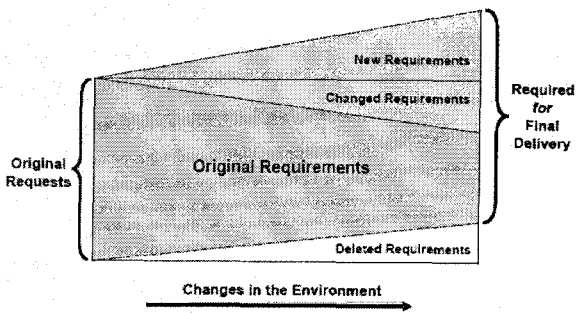


Fig. 9 Requirement Changes in System Development

○ TPM (Technical Performance Measurement)

TPM은 프로젝트의 성공여부와 직결되는 핵심적인 성능요소(Key Performance Parameter: KPP)를 식별하고, 만족 여부를 측정하고 실시간 관리하는 활동으로 위험관리 활동과 연계하여 수행되는 핵심 요소로서 대형복합시스템의 개발과정에서 필수적이다. Fig.10은 TPM의 개념을 보여주고 있다.

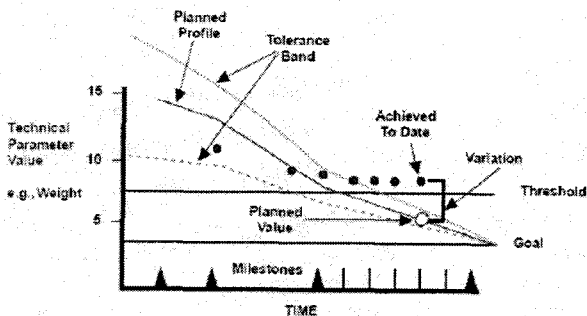


Fig. 10 Concept of Technical Performance Measurement

○ 위험관리(Risk Management)

위험관리란 시스템개발 프로젝트의 성능, 공기, 비용에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 요소들을 식별하고, 발생확률과 영향도를 분석하여 위험도를 해소 및 저감을 위한 조치를 취하며, 이들을 지속적으로 추적/관리하는 활동이다. 위험(risk)은 불확분한 요구정의, 요구사항의 변경, 검증되지 않은 기술의 사용, 설계자의 능력 부족 등등으로부터 기인하며, Fig.11은 이들 risk

가 성능, 비용, 공기에 미치는 상호작용에 대하여 보여주고 있다.

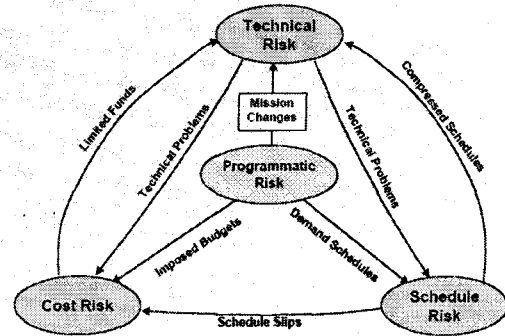


Fig. 11 Typical Relationship among the Risk Categories

## 5. 결 론

본 논문에서는 새로운 개념의 대형/복합시스템의 개발을 위한 수단으로서 항공우주산업 등 첨단 산업에서 확산되고 있는 시스템엔지니어링(Systems Engineering) 기술을 소개하였다. 그리고, 새로운 개념의 선박 및 해양구조물의 설계 및 개발과정에서의 적용가능성에 대하여 검토하였다.

그 결과, 새로운 개념의 선박 및 해양구조물의 설계 및 보다 과학적이고 체계적인 프로젝트 관리 수단으로, 표준화된 시스템엔지니어링 모델 및 관련 기법들의 적용이 가능할 것으로 판단되며, 이를 위한 보다 구체적인 검토가 요구된다.

## 참 고 문 헌

INCOSE(2004), *Systems Engineering Handbook, version 2a*  
 INCOSE(2006), *Systems Engineering Handbook, version 3*  
 ISO/IEC 15288 (2002), *Systems engineering - System life cycle processes*  
 ISO/IEC TR 19760 (2003), *Systems Engineering - A guide for the application of ISO/IEC 15288*  
 Defense Acquisition University Press(2001), *Systems Engineering Principles*  
 최성규 (2004), 시스템엔지니어링과 조선공학, 대한조선학회지 제41권 제3호, pp.7-14  
 이수호 외 (2004), "상선, 해양구조물 및 잠수함의 설계과정에 관한 비교", 대우조선기술  
 유일상, 박영원 (2005), "개발프로젝트의 기술관리계획 프로세스", 시스템엔지니어링학술지, 제1권 제2호, pp. 63-68  
 민성기 (2005), "시스템수명주기 프로세스에 의한 기업경영시스템 구축", 2005 시스템엔지니어링 추계심포지엄 논문집, pp. 60-65