

모델기반 시스템 엔지니어링(MBSE)을 적용한 요구사항개발 프로세스 연구

양환석* 장재덕 정 호 최상욱 이해진 이수용
LIG넥스원(주)

A Study on Requirements Development Process Using Model Based Systems Engineering Approach

Hwan Seok Yang*, Jae Deok Jang, Ho Jung, Sang Wook Choi,
Hye Jin Lee, Soo Yong Lee
LIGNex1 Co.,Ltd

Abstract : This paper presents a requirement development process using the model based systems engineering design process to the developments of the missile Seeker. SysML Model and requirement analysis templates were used as the specific execution method for applying the system engineering process. This paper will present a process for deriving the technical requirements and derived requirements using them.

Key Words : Requirement Development, MBSE, Model Based Systems Engineering, SysML

Received: April 28, 2017 / **Revised:** May 22, 2017 / **Accepted:** June 26, 2017

* 교신저자 : Hwan Seok Yang, hwanseok.yang@lignex1.com

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

시스템 엔지니어링 프로세스 적용의 필요성은 시스템 규모가 커지고 복잡화 되면서 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 시스템 엔지니어링 프로세스에서 요구사항개발 단계는 프로젝트의 성공과 실패를 가름하는 중요한 단계이다. Table 1, 2에서 보는 바와 같이 시스템 개발 프로젝트에서 요구사항과 관련된 항목(명확한 요구사항, 불완전한 요구사항, 요구사항의 변경)이 프로젝트의 성공 및 어려움을 겪게 하는 요인 중 많은 부분을 차지한다.[1]

<Table 1> Project Success Factors

Project Success Factors	Response
1. User Involvement	15.9 %
2 Executive Management Support	13.9 %
3. Clear Statement of Requirements	13.0 %
4. Proper Planning	9.6 %
5. Realistic Expectations	8.2 %
6. Smaller Project Milestones	7.7 %
7. Competent Staff	7.2 %
8. Ownership	5.3 %
9. Clear Vision & Objectives	2.9 %
10. Hard-Working, Focused Staff	2.4 %
11. Other	13.9 %

<Table 2> Project Challenged Factors

Project Challenged Factors	Response
1. Lack of User Input	12.8 %
2. Incomplete Requirements & Specifications	12.3 %
3. Changing Requirements & Specifications	11.8 %
4. Lack of Executive Support	7.5 %
5. Technology Incompetence	7.0 %
6. Lack of Resources	6.4 %
7. Unrealistic Expectations	5.9 %
8. Unclear Objectives	5.3 %
9. Unrealistic Time Frames	4.3 %
10. New Technology	3.7 %
11. Other	23.0 %

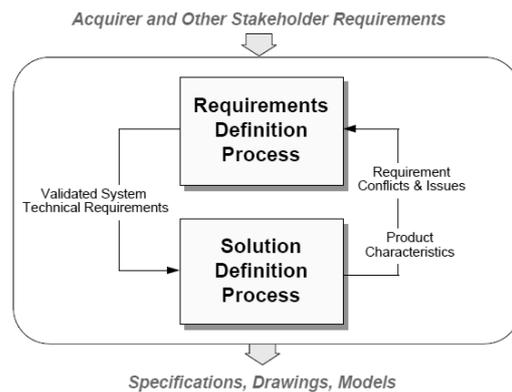
시스템 엔지니어링 관련 표준[2], [3]과 핸드북[4] 및 여러 논문에서 시스템 요구사항개발 과정에 대한 많은 설명들이 있지만 구체적인 실행 방법에 대한 설명은 부족하다.

본 논문에서는 유도무기체계 유도탄의 서브 시스템인 탐색기(Seeker)를 개발하기 위한 프로젝트에서 모델기반 시스템 엔지니어링을 적용한 요구사항 개발 프로세스 적용 사례를 통하여 실질적으로 요구사항 개발을 수행할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 시스템 요구사항개발 프로세스

2.1 EIA-632 시스템 요구사항개발 프로세스

EIA-632의 시스템 설계 프로세스는 Figure 1과 같이 요구사항 정의 프로세스와 해결방안 정의 프로세스로 구분되어 있다.[2] 시스템 설계 프로세스는 고객 요구사항을 규정된 시스템 요구사항으로 변환시키는 과정으로 이해할 수 있다. 시스템 기술 요구사항은 해결방안 정의 프로세스를 통해 기능적 아키텍처, 물리적 아키텍처로 개발되어 규정된 요구사항으로 도출된다.[5]



[Figure 1] System Design Process

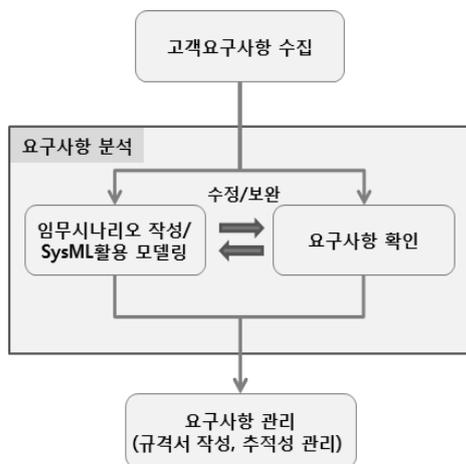
본 논문에서는 EIA-632의 시스템 설계 프로세스를 기준으로 MBSE를 적용한 시스템 요구사항개발 프로세스를 구체화하여 적용하였다.

2.2 탐색기 시스템 적용 요구사항개발 프로세스

고객의 요구사항문서 검토를 시작으로 탐색기의 요구사항을 분석하였다. 고객이 제공한 요구사항 문서를 검토하여 요구사항을 수집하였으며 필요시 고객과 협의를 통해 원 요구사항을 명확히 하였다. 수집된 요구사항을 계층화하고 식별자를 부여하여 탐색기 및 구성품 수준의 요구사항을 확인 하였다. 또한, 요구사항 확인과 동시에 요구사항에 따른 시스템의 임무 시나리오를 작성하고, SysML (System Modeling Language)을 활용하여 탐색기 및 구성품을 모델링 하였다. SysML 전산 도구는 IBM Rational Rhapsody 8.1을 사용하였다.

이렇게 작성된 요구사항 확인 결과와 모델링 결과를 비교/검토하여 기술적 표현으로 변환한 요구사항을 개발 하였다. 개발된 요구사항은 요구사항 문장확인, 요구사항 집합확인을 통해 무결성을 갖는지 확인하였고 검증방법 및 우선순위를 추가하여규정된 요구사항 세트를 개발하였다. 개발 과정 중 조치가 필요한 경우는 고객 및 관련자와 협의하여 조치하였다. 끝으로 개발된 요구사항의 결과물로 체계/부체계 규격서를 작성하였으며 요구사항의 체계적 관리를 위해 요구사항 관리 전산 도구(IBM Rational DOORS 9.5)에 요구사항을 입력 하였다.

Figure 2는 위에서 언급한 요구사항개발 프로세스를 나타낸 것이다.



[Figure 2] Requirement analysis procedure

3. 시스템 요구사항개발 프로세스 적용사례

3.1 탐색기(Seeker) 시스템 개요

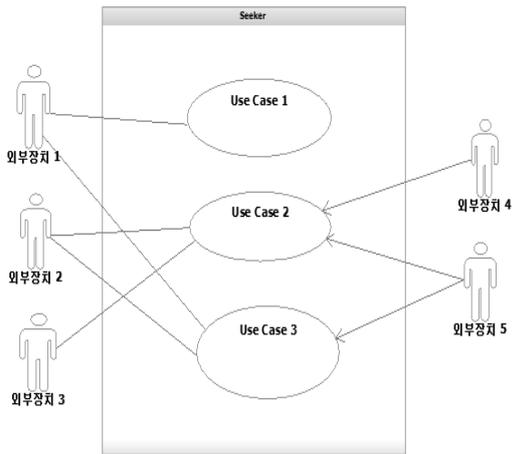
본 논문에서 제시한 요구사항 개발 프로세스 적용사례를 설명하기에 앞서 적용하고자 하는 시스템에 대한 이해를 위해 탐색기 시스템에 대해 간단히 설명한다. 탐색기는 유도무기체계의 유도탄 전방부에 탑재되어 비행 외란 환경하에서 유도탄과 표적간의 상대운동을 감지하여 종말호밍에 필요한 유도 신호(시선각 변화율, 시선각)를 측정후 유도 조종 컴퓨터에 전달하는 역할을 수행하는 서브 시스템으로, 표적을 감지하기 위해 마이크로파, 적외선 영상, 가시광 영상 또는 레이저 센서 등을 사용한다. 본 논문에서는 영상 센서를 탑재한 탐색기에 대한 요구사항개발 사례를 설명하였다. 영상 탐색기는 통상 영상을 생성하는 부분, 영상신호를 처리하는 부분, 영상의 축을 구동하는 부분 등으로 구성 된다.

3.2 요구사항 수집

고객으로부터 받은 요구사항문서는 간략한 시스템 운용 개념과 시스템 요구사항, 구성품 요구사항, 설계 제약사항 및 기타 개발시 고려할 사항 등 여러 가지가 혼재되어 있어 시스템 개발을 위해서는 좀더 명확하게 확인하고 이해할 필요가 있다. 이를 위해 요구사항을 수집하기 위한 템플릿을 활용하여 식별자를 부여하고 요구사항 문장으로 변환하여 정리 하였다. 이때 몇몇 요구사항은 시스템과 구성품 요구사항을 구별하여 표현하였다. Figure 3은 요구사항 수집을 위해 사용한 템플릿이다.

식별자	요구사항명	요구사항 내용	요구사항 문장확인	요구사항 집합확인	확인결과	검증방법	우선순위
요구사항 식별자들 표기	요구사항 명칭 표기	요구사항 내용 작성	요구사항명 명확성, 타당성, 유일성, 시험가능성 확인	요구사항간 중복성, 상충 여부 확인	추가 검토 필요시 확인한 결과 작성	요구사항명 대문 시험 검사, 분석, 특수문자 검증 방법 분류	중요성과 가중치에 따라 우선 순위 작성

[Figure 3] Requirements Gathering Template



[Figure 4] Use Case Diagram

수집한 요구사항을 기반으로 개발 시스템의 범위 정의를 위해 Use Case Diagram을 작성 하였다. Use Case Diagram을 통해 탐색기의 주요한 임무가 무엇인지 Use Case로 표현하고 외부 시스템 (External System)과의 관계를 표현하였다.[6]

Figure 4는 탐색기 시스템의 Use Case Diagram이다. 탐색기의 주요 임무를 3가지 Use Case로 표현(전원공급/자체점검, 임무준비, 탐색/추적)하였으며 Use Case별 외부장치와의 관계를 표시하여 탐색기의 개발 범위를 이해할 수 있도록 하였다.

3.3 임무 시나리오 작성

고객의 요구사항문서에 포함된 시스템 운용 개념, 요구사항 및 기 수행한 경험을 활용하여 임무 시나리오를 작성하였다. 임무 시나리오는 Use Case Diagram에서 정의한 Use Case인 1)전원공급/자체점검, 2)임무준비, 3)탐색/추적 3개의 주요 임무로 나누어 작성 하였다. 우선 탐색기 시스템 레벨의 임무 시나리오를 작성 후 구성품 레벨로 확장하였다. 이 때 임무 수행 순서와 시간을 고려하여 작성하였고 동일 시점에 수행하는 임무는 동일 시간으로 표현 하였다. 시간(언제)을 표현하는 것은 추후 기능 모델링시 반드시 필요한 부분이다.

Figure 5는 탐색기 시스템에 대한 임무 시나리오 작성을 위해 사용한 템플릿이다.

임무구분	임무 수행절차						
	임무 수행단계	언제	주어	From/To	무엇을	어떻게	동사
Use Case 표시	어떤 임무 단계인지 표현	각 Use Case에서 임무가 수행되는 시간 표시 (1부터 순차적으로)	임무수행 주체 표현 (시스템 또는 구성품)	'무엇을'에 해당하는 목적물의 발생지 또는 도착지 표현	임무의 목적물 표현	수행하는 방법 표현	수행임무 표현
(예) 임무준비	운용모드 제어신호 수신	1	탐색기는	외부장치 1로부터	운용모드 제어신호를	제거통신을 통해	수신한다.

[Figure 5] Template for Mission Scenario

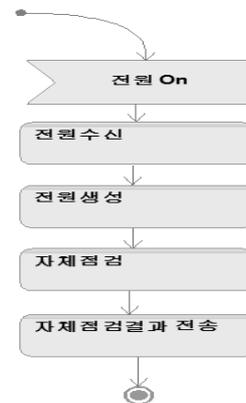
템플릿에는 임무구분, 임무 수행절차로 표현되었고 임무 수행 절차에는 임무 수행단계, 언제(시간), 주어, From/To, 무엇을, 어떻게, 동사로 나누어 작성할 수 있도록 하여 임무가 명확히 표현될 수 있도록 하였다.

3.4 SysML을 활용한 기능 모델링

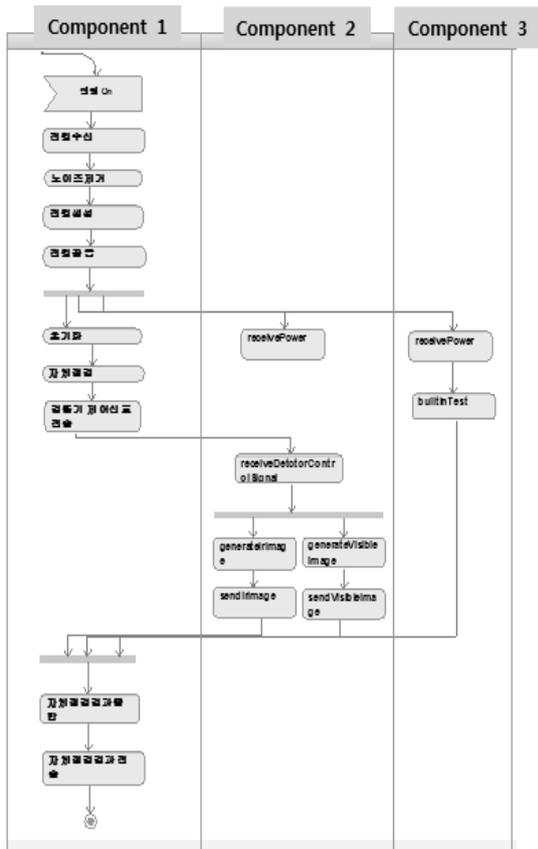
탐색기 시스템 및 구성품에 대한 기능 모델링을 SysML도구인 IBM Rhapsody 8.1을 사용하여 수행 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

3.4.1 활동 다이어그램(Activity Diagram)

임무 시나리오를 기준으로 시스템이 수행하는 임무를 활동 다이어그램으로 표현하였다. 3개의 Use Case에 대한 시스템 레벨의 활동 다이어그램을 작성 후 각각 구성품 수준으로 확장하여 작성하였다. Figure 6은 전원공급/자체점검 Use Case에 대한 활동 다이어그램 사례로 시스템 수준의 활동 다



[Figure 6] Activity Diagram of System



[Figure 7] Activity Diagram of component

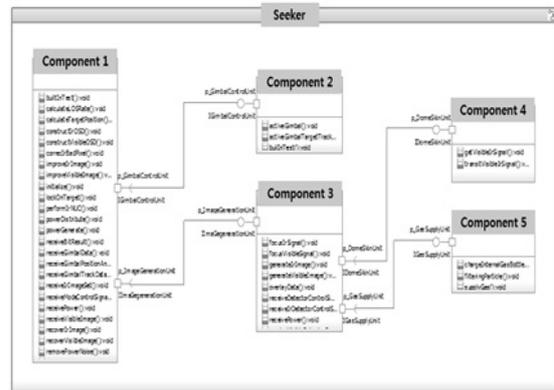
이아그램이며 Figure 7은 구성품 수준으로 확장한 활동 다이어그램이다. Figure 6과 비교해 보면 탐색기가 수행해야 할 임무가 구성품으로 상세화 되어 확장되었음을 알 수 있다. 이를 통해 탐색기 및 구성품의 기능 요구사항을 확인할 수 있었다.

3.4.2 상태 다이어그램(State Chart Diagram)

상태 다이어그램은 탐색기 시스템에서 일어나는 변화를 표현한 다이어그램으로 탐색기의 동적인 변화를 모델링하고 상태 전이와 함께 상태 전이 시퀀스의 시작점과 종료점을 표시한다. 상태 다이어그램을 통해 탐색기 운용시 기대되는 환경과 사용 의도를 분석하여 시스템의 상태(State)와 모드(Mode)를 정의할 수 있다.[6] Figure 8은 탐색기 시스템의 상태 다이어그램이다. 5개의 상태로 표현하였으며 상태1에서 상태5까지의 상태와 각 상태간 전이되는 조건과 활동을 표현하였다.



[Figure 8] State Chart Diagram of Seeker



[Figure 9] Structure Diagram of Seeker

3.4.3 구성 다이어그램 (Structure Diagram)

탐색기와 구성품간 인터페이스 관련 요구사항을 확인하여 구성 다이어그램을 작성하였다. 이를 통해 구성품간 인터페이스를 다시 한번 명확하게 확인할 수 있었다. Figure 9는 탐색기의 구성품과 인터페이스가 표현된 구성 다이어그램이다.

3.5 요구사항 문장확인

3.2절에서 정의한 요구사항과 3.4절의 기능 모델링 과정 및 결과와 비교하여 기능 요구사항을 추가 도출하고 요구사항에 대한 이해도를 높일 수가 있었다. 이렇게 확정된 요구사항은 요구사항별로 요구사항 문장확인(명확성, 타당성, 유일성, 시험가능성), 요구사항 집합확인(중복성, 상충), 검증방법(데모, 시험, 검사, 분석, 특수) 및 우선순위(중요성, 가중치)를 확인하여 요구사항의 무결성을 확보하였다. 문장확인 결과는 3.2절에서 수집한 요구사항 결과에 추가/보완하여 작성하였다.



[Figure 10] Requirements and Tracking Matrix in DOORS

3.6 요구사항 관리

요구사항의 완성된 세트와 모델링 결과는 형상 기준 문서인 탐색기의 체계/부체계 규격서(SSS) 작성에 활용할 수 있었다. 그리고 요구사항 관리 도구인 DOORS에 시스템 및 구성품 요구사항 목록을 입력하고 시스템과 구성품간 추적성을 확인하였다. 이 과정에서 일부 요구사항은 추가되거나 레벨이 재 분류되었다. DOORS에 입력된 요구사항은 향후 설계 및 시험 단계에서 지속적인 추적성을 확인하는데 활용할 계획이다. Figure 10은 DOORS에 입력된 요구사항이며 시스템과 구성품간 추적성이 연결되어 있음을 알 수 있으며 향후 설계기술서, 시험절차서의 요구사항과의 추적성도 확인할 수 있도록 하였다.

4. 결론

본 논문은 SysML을 활용해 시스템 엔지니어링 설계 프로세스인 요구사항개발 과정을 유도무기체계 유도탄의 서브 시스템인 탐색기를 사례로 설명하였다. 사례를 통하여 개발업무에서 시스템 요구사항개발을 수행할 수 있는 프로세스와 방법을 구체적으로 제시 하였다.

고객이 제공한 요구사항문서를 통해 시스템의 운용 개념 및 요구사항을 확인하고 SysML 도구인

Rhapsody를 활용하여 모델링한 결과와 비교 검토하여 요구사항을 명확히 하였다. 기존 문서위주로 수행했던 요구사항 개발 방법에 비해 모델링을 활용함으로써 시스템 및 구성품에 대한 요구사항을 좀 더 명확히 하고 요구사항에 대한 이해도를 높일 수 있었다. 또한, 요구사항문서에서 누락된 기능 요구사항 및 제약사항 등을 추가로 도출할 수 있었으며 서로 상충되거나 중복되는 요구사항 여부도 확인 할 수 있었다. 그리고 시스템 및 구성품에 대한 모델링을 수행해 봄으로써 개발하고자 하는 시스템에 대한 이해를 한 층 높일 수가 있어 프로젝트 수행 동안에 기술 관리에 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 요구사항 관리를 위해 탐색기 시스템에 대한 체계/부체계 규격서(SSS)를 작성하고 요구사항 관리 지원도구인 DOORS에 요구사항 개발 결과를 입력하여 향후 요구사항 변경 및 추적성 관리를 할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 설명한 요구사항 개발 프로세스 및 방법이 향후 개발 프로젝트의 요구사항 개발 가이드로 활용될 수 있으며 SysML 모델링 파일은 유사 시스템 개발시 많은 부분 재활용 될 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. The Standish Group, The Standish Group Chaos Report, 8-9, 2014.
2. EIA, EIA-632: Processes for Engineering a System, Electronic Industries, pp. 4, 1999.
3. ISO/IEC/IEEE 15288:2015, Systems and software engineering – System life cycle processes, ISO/IEC/IEEE, 2015.
4. INCOSE, SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK, version 3, INCOSE, pp. 4.2-4.3, 2006.
5. 장재덕 외, 시스템 엔지니어링 적용 및 활성화를 위한 전산지원도구 인프라 구축 사례, 시스템 엔지니어링 학술지 제6권 2호, 2010.
6. 장재덕 외, SysML을 활용한 국방 유도무기체계에 대한 MBSE 적용 사례 연구, 5th Asia-Pacific Conference on Systems Engineering, 2011.