

# SysML설계기법을 통한 전투체계 임무신뢰도 분석연구

이정완 · 장중순<sup>†</sup>

## A Study on the Analysis of Mission Reliability in the Combat System through SysML

Jeong-Wan Lee · Joong Soon Jang<sup>†</sup>

### ABSTRACT

Mission reliability is defined by the probability of accomplishing the requirements task that were targeted in product development, and in the case of combat systems, mission reliability is an important factor that will determine victory or defeat, unlike commercial equipment. The mission reliability of the existing domestic combat system was calculated by considering only the physical connections of the equipment involved in the mission performance, but as the equipment becomes increasingly sophisticated and complex, it is impossible to determine the mission relevance solely by physical connection. Thus, in this paper, improved mission reliability was calculated using SysML, the system design modeling language, by taking into account the functional connection as well as physical connection. Based on this research, we look forward that the mission reliability of the combat system that will be developed in the future will be used as a verification material.

**Key words** : SysML, Reliability Block Diagram, RBD

### 요 약

임무신뢰도란 제품개발 시 목표가 되었던 요구조건하에서 임무를 완수할 확률을 나타내며, 전투체계의 경우 상용 장비와 달리 임무신뢰도가 승패를 좌우할 중요한 요소이다. 기존의 국내 전투체계의 임무신뢰도는 임무수행에 연관된 장비의 물리적 연결만을 고려해 산출되었으나, 장비들이 점차 고도화되어지고 복잡해져 물리적 연결만으로 임무연관성 판단이 불가하다. 이에 따라 본 논문에서는 물리적 연결뿐만 아니라 기능적 연결을 고려한 방법으로 시스템 설계모델링 언어인 SysML을 활용하여 정확도가 향상된 임무신뢰도를 산출하였다. 본 연구결과를 바탕으로 향후 개발되는 전투체계 임무신뢰도 검증자료로 활용되기를 기대한다.

**주요어** : 시스템모델링언어, 임무신뢰도, 신뢰도 블록선도

## 1. 서론

장비는 어느 시점이든 고장이 발생할 수 있다. 따라서 군사장비와 같이 고장 발생 시 고 위험이 따르는 경우 신뢰성에 대한 관리가 필수적이다. 신뢰성 관리를 위한 대

표적인 방법은 신뢰도 산출이다. 이를 위해서는 단위장비의 신뢰도를 산출하고, 이에 따라 단위장비들의 구성으로 이루어진 전체시스템에 대한 신뢰도 산출을 해야 한다. 시스템이 크고 복잡한 경우 특정한 임무에 대한 신뢰도인 임무신뢰도 산출이 추가적으로 필요하다. 그 이유는 전투와 같이 생존과 밀접한 특정 임무에 관련된 장비의 경우 신뢰도에 따라 승패가 좌우될 수 있기 때문이다. 임무신뢰도란 신뢰도 산출시 시스템전체가 아닌 특정임무에 대한 수행여부에 대한 신뢰도를 나타낸다(Chul, 1989). 예를 들어 해군 전투체계의 경우 표적을 탐지, 추적 및

**Received:** 7 June 2019, **Revised:** 25 September 2019,  
**Accepted:** 25 September 2019

<sup>†</sup> **Corresponding Author:** Joong Soon Jang

E-mail: jsjang@ajou.ac.kr

Industrial Engineering Dept., Ajou University, Korea

교전 등의 임무에 따라 필요한 장비와 기능이 달라져 임무별 신뢰도 결과가 달라진다. 임무신뢰도 산출시 임무구분을 위해서는 우선 임무에 대해 정의하며, 또한 이에 따라 임무수행 과정의 분석을 통해 신뢰도 블록선도(RBD: Reliability Block Diagram)를 작성한 후 이를 바탕으로 신뢰도를 산출하게 된다. 그러나 임무를 수행하는 시스템이 방대해지고 복잡해지면서 임무정의에 따른 장비간의 기능 구분이 모호하게 되어 임무신뢰도 산출이 어렵게 된다(Kim, 2009; Xiang, 2014). 예를 들어 Figure 1과 같이 전투체계의 한 부분인 함포발사 시스템의 경우 기능연동부분이 복잡하게 이루어져 있어, 일반적인 임무신뢰도 산출시 물리적 연동만을 고려하여 함포발사에 필수요소인 자함 환경정보(OSD-ICU 정보)가 누락 되어 임무신뢰도 산출 결과가 달라진다.

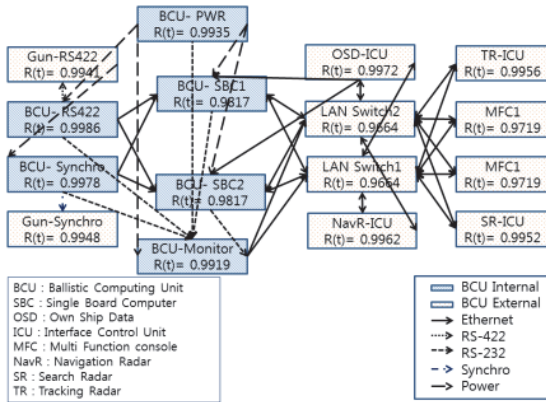


Fig. 1. Ballistic Computing System Interface Diagram

기존연구사례를 살펴보면 임무신뢰도에 집합적 개념(Collectivity)을 추가하여 임무에 가중치를 설정, 신뢰도 산출방법을 개선하는 방법(Wei, 2009)이 제시 되었으나 임무의 설정 자체가 어려움이 있었으며 또한 물리적 연동과 기능적 연동 구분이 되지 않았다. 개발 위험을 줄이기 위한 MRM(Mission Reliability Method)방법(Li, 2010)이 제시되었으나 위험성에 따른 효과를 예측해야 해서 실제적용에 어려움이 있었으며, 또한 Bayesian 네트워크를 바탕으로 임무신뢰도 산출하는 방식(Liu, 2011)의 단점으로는 적용하는 시나리오에 따라 결과가 달라졌다. 다중처리모드 (multiple working mode)를 사용한 임무신뢰도 산출방법(Zhou, 2011)은 계산이 어려워 복잡한 시스템에는 적용이 어려웠으며, 복합 시스템에서의 모델링을 통한 임무신뢰도 산출방법(Cao, 2012)은 시뮬레이션을 위한 장비의 기본 데이터가 필요하다는 단점이 있

었다. 또한 기존의 연구사례의 공통점은 물리적 연동구성 확인은 가능하나 기능적 연동정보 확인이 어려웠으며, 기능적 연결정보가 부족하여 장비 간 기능구분이 명확하지 않았다. 따라서 기능에 따른 장비간의 임무구분 방법이 없어 물리적 연결과 기능적 연결이 복잡한 시스템에서의 임무신뢰도 산출이 정확하지 않았다. 또한 연결정보 부족은 임무흐름 파악이 불가능해 고장 시 현상예측이 불가능하며, 산출된 임무신뢰도에 대한 검증도 명확하게 할 수 없다.

이에 본 논문에서는 물리적 및 기능적 내용이 포함된 시스템 전체의 요구, 분석, 설계, 검증을 지원하는 모델링 언어인 SysML(System Modeling Language)를 이용하여 고도화 되고 복잡해지는 전투체계의 임무정의에 따라 장비를 구분하는 임무신뢰도 산출 방법을 제안한다. 따라서 임무신뢰도 분석 절차들을 기술하며, SysML을 이용한 결과를 제시한다.

## 2. 본론

### 2.1 임무신뢰도

체계신뢰도(System Reliability)란 시스템 전체 즉 모든 구성품에 대해 특정한 시간동안 기능을 수행할 확률을 나타낸다. 임무신뢰도(Mission Reliability)는 특정한 시간은 동일하나, 특정한 임무에 관련된 장비만을 고려하여 신뢰도를 산출하는 점이 다르다. 따라서 임무신뢰도를 산출하기 위해서는 임무(Mission)가 정의되어야 하며, 임무정의 이후 임무에 따른 장비간의 기능흐름을 도식화하는 신뢰도 블록선도(RBD)가 작성되며, 신뢰도 블록선도를 기준으로 임무신뢰도를 산출한다.

### 2.2 임무정의

시스템의 많은 기능들 중 특정 임무를 선정하고 임무에 따른 신뢰도를 산출하는 것이 임무신뢰도이다. 해상 전투체계 기능에는 표적 탐지 및 추적, 추적된 표적에 대한 교전 이라는 시스템 기능이 있으나, 본 논문에서는 전체기능 중 자함의 생존을 위한 교전기능 중 하나인 함포발사 기능에 대해 임무를 정의한다.

### 2.3 신뢰도 블록선도 작성

신뢰도 블록선도란 제품 구성에 대한 개념을 도식화하고 논리적으로 연결한 그림이다. 연결된 각 블록은 구성품을 나타내는 단위이며, 각 블록은 하위 블록으로도 상세히 표현이 가능하다. 블록 작성 시 중요한 점은 블

로간의 구분이 명확해야 한다. 또한 블록 간 고장에 대해 독립이라고 판단한다. Figure 2은 국방 RAM 가이드 (DAPA, 2014) 에 따라 작성된 신뢰도 블록선도 예시이다. 임무에 따른 신뢰도 블록선도 작성 완료시 블록간의 직렬 또는 병렬연결에 따라 신뢰도 값을 산출하게 된다. 신뢰도 블록선도의 역할은 개념을 순서화 하고 도식화하여 구성품 간의 물리적 연결을 나타내는 네트워크 그림이다. 블록선도의 각 블록은 기능을 수행하는 각 구성품을 의미하며, 블록간의 연결은 통신 및 연관을 나타낸다.

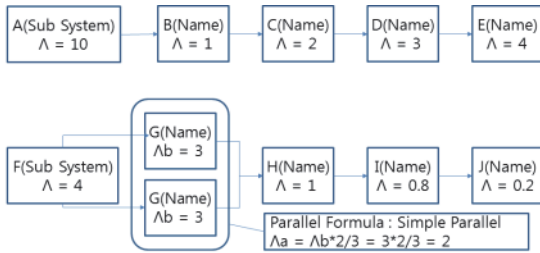


Fig. 2. Guideline for Reliability Block Diagram

신뢰도 블록선도 작성을 위해서는 첫째, 블록의 식별이다. 구성품들 간의 역할 및 기능 구분이 명확하도록 블록을 식별하며, 블록간의 고장은 독립으로 간주된다. 둘째, 신뢰도 계산을 위한 단위의 통일이다. 앞서 구분한 블록별로 신뢰도를 산출한 후 연관된 임무전체의 신뢰도를 산출하기 위해 계산단위(시간, 확률, 사건 등)가 일치되어야 하기 때문이다. 셋째는 블록간의 연결이다. 블록간의 연결은 논리 또는 물리적 연결을 나타낸다.

그러나 Figure 2의 국방 RAM 가이드에 따른 신뢰도 블록선도는 연결선이 하나로만 표현되기 때문에 기능간의 연결인지 물리적 연결인지 모호하며 임무의 흐름파악이 불가하여 고장 발생 시 현상 예측이 불가하다. 또한 작성된 신뢰도 블록선도의 블록간의 물리적 또는 기능적 연결 정보가 부족하여 연결에 대한 검증이 불가하다.

### 2.4 SysML

SysML이란 System Modeling Language로 물리적 및 기능적 내용이 포함된 시스템 전체의 요구, 분석, 설계, 검증을 지원하는 모델링언어이다. SysML을 적용한 모델기반 프로세스(MBSE : Model Based System Engineering)는 시스템공학 설계프로세스인 MIL-STD-499C(David, 2011)를 근간으로 Figure 2의 내용과 같은 다이어그램이 사용된다.

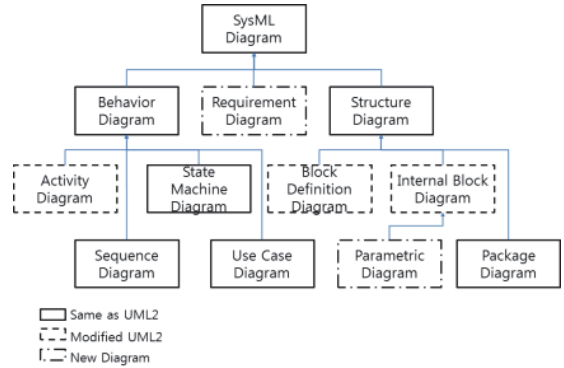


Fig. 3. SysML Diagram

SysML은 UML 2.0을 확장한 메타모델과 다이어그램에 대한 설명 그리고 각 다이어그램에 사용할 구성요소들과 이들의 표기법, 의미 및 제약사항들을 포함하고 있다. SysML은 UML을 확장한 언어이므로 UML과의 호환이 되며, 대부분 UML을 그대로 사용한다. 그러나 Figure 3과 같이 UML과 차이점은 SysML에서 요구사항 관련 Requirements diagram과 검증관련 내용이 추가된 Parametric Diagram이다.

SysML의 특징으로는 첫째, 표준 언어(Standard Language)이다(Hause, 2006). 이는 이해 당사자 간의 정보공유를 수월하게 할 수 있어 호환성 및 시스템에 대한 명확한 표현이 가능하다. 둘째, 그래픽 모델언어(Graphical Modeling Language)라는 점이다. 그래픽의 특징상 목표 시스템의 정보를 보다 효과적으로 전달 가능하다. 또한 구조 및 거동 등 다양한 관계로 계층화, 세분화 가능하다. 따라서 시스템에 대한 물리적 및 기능적 표현이 가능하여 정확한 연동파악이 가능하다. 셋째, 간결한 언어(Compacted Language Specification)이다. UML 언어에 비해 간결하여 시스템에 대한 이해가 용이하다. 넷째, 추적성(Traceability) 즉, 설계변경 및 문제점 파악이 용이하다(Sanford, 2011). 시스템 설계 시 사용하는 SysML 다이어그램의 특징은 하드웨어나 소프트웨어에 구분 없이 목적을 위한 제품 간 상호 관계를 표현하는 추상적 개념으로부터의 출발이다. 따라서 연결정보가 표현되며 이는 일의 흐름파악을 용이하게 하여 신뢰도 블록선도 작성 시 흐름파악에 대한 검증이 가능하게 하여 고장발생시 현상 예측도 가능하게 한다.

기존에는 임무신뢰도 산출을 위해 임무정의 이후 물리적 구성인 BOM(Bill of Material)을 기준으로 신뢰도 블록선도를 작성하였으나, SysML을 이용하여 임무흐름을

정의하고 이를 바탕으로 신뢰도 블록선도 작성 시 물리적, 기능적 정보 흐름이 파악되어 추적 가능한 임무신뢰도가 산출 된다. 또한 SysML Diagram을 이용 시 신뢰도 블록선도 작성 없이도 임무신뢰도 계산이 가능하다.

### 2.5 분석절차

기존의 분석절차는 Figure 4의 AS-IS와 같이 임무를 정의 하고 정의된 임무를 바탕으로 임무의 흐름을 파악을 하게 되는데 이때 장비들의 구성인 BOM을 기준으로 하여 신뢰도 블록선도를 작성한 후 이를 근거로 임무신뢰도를 산출하였다. 기존의 문제점은 임무구분에 따른 기능흐름의 기준을 물리적 기준인 BOM을 기준으로 삼았기 때문에 기능적 흐름을 파악이 불가하였다. 따라서 기능흐름 파악이 가능하도록 SysML을 사용한 Figure 4의 TO-BE 절차를 제안한다. TO-BE 절차 내용은 다음과 같다.

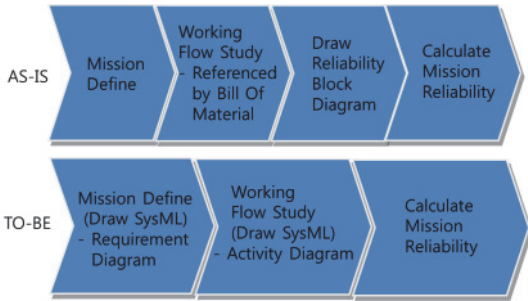


Fig. 4. Comparison with Mission Reliability Calculation Method

첫째, Figure 4의 TO-BE와 같이 임무정의 이후 SysML의 Requirement Diagram을 통해 임무를 정의한다. 정의된 임무를 기준으로 기능분석수행을 거쳐 기능흐름을 표현하는 Activity Diagram으로 나타낸다.

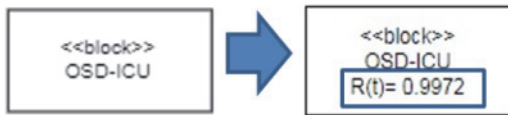


Fig. 5. Add reliability value

둘째, 정의된 임무를 기준으로 Activity Diagram 작성한다. 작성한 다이어그램에 Figure 5와 같이 요소 (Elements)들의 신뢰도 값  $R(t) = 0.xxxx$ 를 추가한다. 장비의 신뢰도 값은 장비고유의 신뢰도이며 장비 제작 시

산출된다. 또한 장비 고유의 신뢰도 값은 임무신뢰도 계산을 위한 근거자료가 된다.

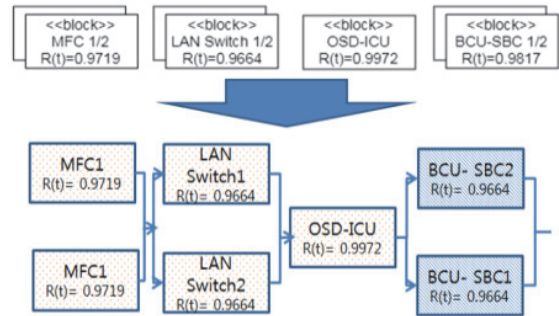


Fig. 6. From SysML Block to RBD

셋째, Figure 6과 같이 물리적 연결을 고려한 Activity Diagram 작성이 되어야 한다. 일반적으로 SysML의 블록 요소(Element)는 물리적 단위이므로 임무신뢰도에서 작성되는 신뢰도 블록선도와 동일한 개념이다. 이는 Activity Diagram 작성 시 물리적인 직렬 또는 병렬연결 개념이 고려되어 신뢰도 블록선도 작업이 필요 없다. 넷째, 임무신뢰도 계산이다. 임무신뢰도 계산 시 신뢰도 블록선도가 작성되어야 하나 Figure 6과 같이 Activity Diagram에 관련정보가 포함되어 있어 추가적인 신뢰도 블록선도 작업 없이 임무신뢰도 산출이 가능하다.

## 3. 적용사례

### 3.1 대상체계 및 임무정의

함정 전투체계란 함정의 센서로 부터 수신된 정보를 바탕으로 적군과 아군을 식별하고 위협이 된다고 판단 시 탑재된 무장을 사용하여 교전 임무를 수행한다. 그 중에서 Figure 1의 함포발사 시스템은 BCS(Ballistic Computing System)로 명명되며, 탐지된 표적에 대해 함포 조준 및 사격하는 시스템이다. 이는 교전임무를 수행하기 위한 필수요소이며 임무신뢰도가 중요하다. 본 연구에서 제안하는 SysML을 활용한 임무신뢰도 분석 방법을 해군전투체계(NCS: Naval Combat System) 중 함포를 통제하는 시스템에 적용하였다.

### 3.2 SysML 임무정의

해상 전투체계에는 표적 탐지 및 추적 그리고 추적된 표적에 대한 교전이라는 기능이 있으나, 본 논문에서는

2.2절에서 전체기능 중 자함의 생존을 위한 기능 중 하나인 함포발사(fire)에 대해 임무를 정의하였다. 요구사항 다이어그램은 해군전투체계에 관한 이해당사자 및 관련 문서(Source Documents)로부터 수집한 요구사항을 정의하고 작도된다. 이는 요구사항 다이어그램으로부터 요구사항 요소(Elements)를 정의하고 요구사항과의 관계를 명시하게 된다. 이해당사자의 요구사항을 기술적용어로 변환하여 기능과 비 기능 및 성능과 제약사항을 요구사항으로 정의하며, 이는 요구사항 변경 및 이력관리를 통해 추적성(Traceability)이 확보된다.

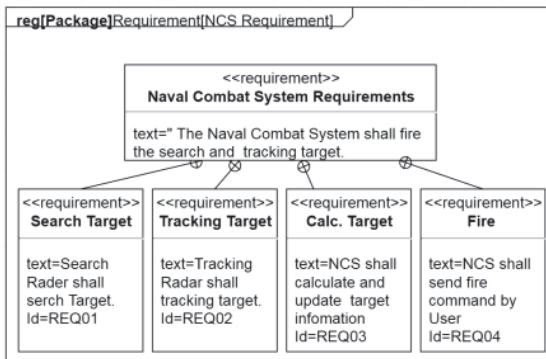


Fig. 7. NCS Requirement Diagram

따라서 Figure 4의 절차에서와 같이 요구사항 다이어그램(Requirements Diagram)을 Figure 7과 같이 작성하였다. Figure 7의 내용을 살펴보면, 해상전투체계 최상위 요구사항인 ‘표적 탐지 및 추적하여 교전이 가능해야 한다.’ 아래 각 기능(임무)별 요구사항인 표적탐지, 표적추적, 표적계산 및 함포발사(fire)로 분할된다.

요구사항 다이어그램에서 Activity Diagram을 작성하는 방법으로는 Figure 7의 요구사항 다이어그램에서 요구사항에 대한 식별항목 id=REQ04의 내용인 <<Requirement>> Fire의 경우 함정에서의 Fire에 필요한 모든 물리적 항목과 기능적 항목을 순차적인 기능흐름 즉 메시지에 흐름을 작성하게 된다. 작성된 Fire 기능의 Activity Diagram은 Figure 8의 Fire Activity Diagram이다.

### 3.3 SysML 기능흐름 작성

임무가 정의된 후 정의된 임무에 대해 보다 상세히 분해하여 기능분석을 수행하게 되며 그 결과 기능흐름을 정의하는 Activity Diagram으로 나타낸다. Figure 8은 해군전투체계의 함포통제 시스템의 Activity Diagram이다. Activity Diagram의 특징은 해군전투체계 함포통제 임무

를 달성하기 위한 기능 및 상호간의 통신제어 메시지 흐름을 표현한다. Activity Diagram은 시스템 기능간의 상호작용에 의해 진행되는 시나리오를 표현한다. 장비들 간의 관계(Relationship)를 정의 하고 개발 시스템에 대한 범위(Scope)와 경계(Boundary)를 정의한다. 이는 시스템 상황(Context) 분석이 가능하여 운용시나리오 및 기능 식별이 가능하며, 임무 운용시나리오, 시스템요구사항 및 구성을 정의한다. 이는 각 요소(Element) 사이의 동작을 보여주어 각 장비들 간 교환되는 메시지 순서 측면에서의 동작을 나타내기 위한 순서도이다. 따라서 임무신뢰도 산출시 문제가 되었던 장비간의 임무에 따른 경계(Boundary)가 명확하게 구분된다. 또한 Figure 6에서 표현되는 물리적 구분과 물리적 장비간의 임무흐름 활동은 장비간의 연동정의를 위한 인터페이스 통제문서(Interface Control Document)작성을 위한 설계로도 활용된다.

Figure 8의 기능흐름을 추적해 보면 최초 MFC에서 함포에 대한 확인(check) 명령을 내리게 되면 LAN Switch를 통해 OSD-ICU(자함 정보)와 BCU-SBC로 전달되고 BCU-SBC에서는 자함 정보와 최근 표적 정보를 종합하여 최근 표적 기준으로 탄도를 계산한 결과와 함포의 RS-422 모듈과의 통신의 통해 수신된 함포의 상태를 MFC를 통해 운용자에게 전시하게 된다. 함포의 상태가 비가용인 경우 Activity는 중지되며, 가용인 경우 운용자는 MFC를 통해 함포발사준비(Ready to Fire)를 명령하게 된다. 이에 따라 BCU는 함포발사준비 명령을 함포에 전달하며, 함포 내부 장비인 Synchro 및 RS-422이 준비상태를 전달하면, Gun is ready to fire 상태를 취합하여 BCU에 전달하게 되고, BCU는 LAN Switch를 통해 MFC로 함포발사준비가 완료되었다는 Ready to fire 상태를 운용자에게 전시하며 운용자는 이를 보고 판단하여 Fire를 명령한다. Fire 명령은 LAN Switch를 통해 BCU에게 전달되며, BCU는 BCU-RS422 장비를 통해 Command Fire를 GUN-RS422 장비에 전달하게 되며, 이와 동시에 BCU의 BCU-Synchro 장비를 통해 Gun-Synchro 장비에게 Command Fire 명령을 전달하게 된다. Gun 장비에서는 RS422장비로 들어오는 명령신호와 Synchro 신호로부터 들어오는 명령신호를 수신하여 발사가 이루어지게 되며, 발사가 완료된 경우 발사가 완료되었다는 신호를 MFC를 통해 운용자에게 전달하게 된다.

Figure 9는 Figure 6의 업무흐름을 신뢰도블록선도로 작성한 내용이다. Figure 6과 같이 Activity Diagram의 내용이 이중화를 위해 동일한 기능을 하는 두 개의 장비가 존재하는 경우 병렬로 연결되며, 하나의 장비만 있는

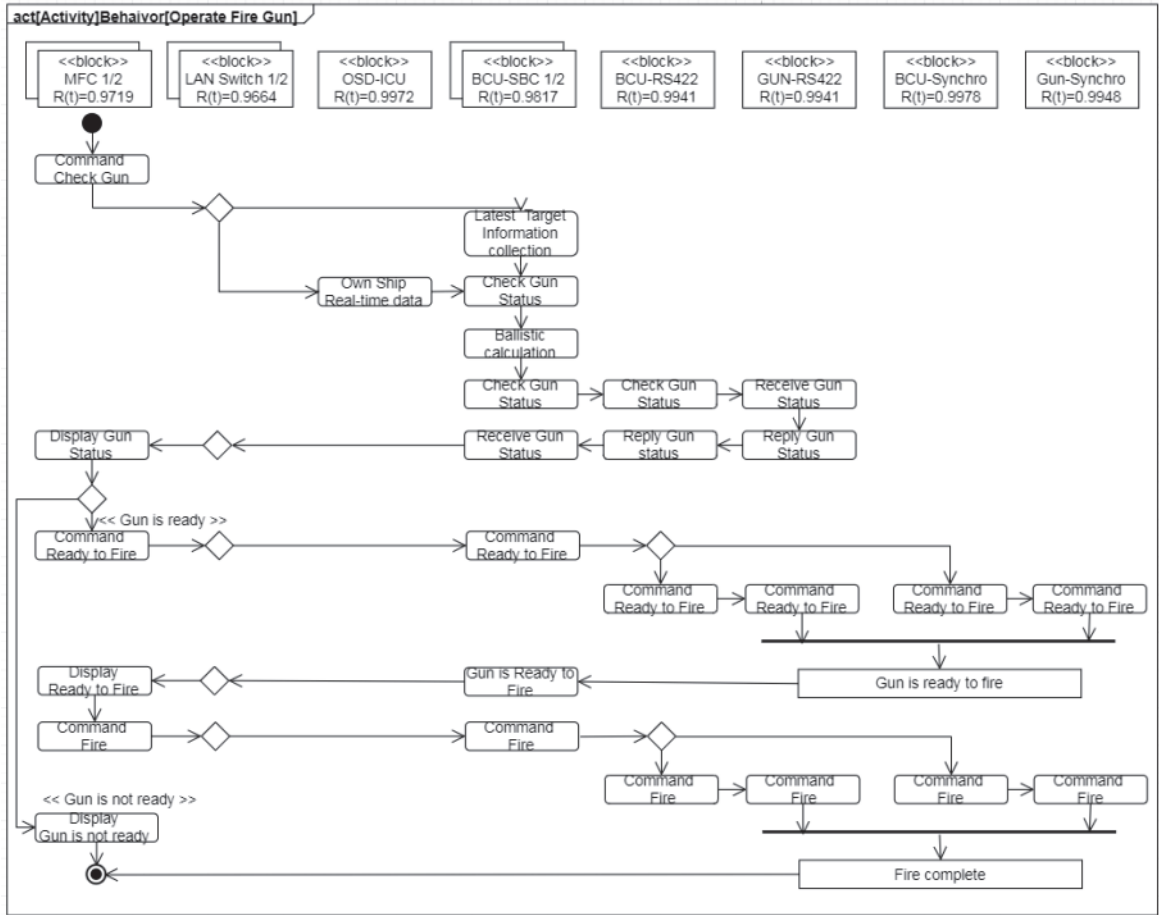


Fig. 8. Fire Activity Diagram

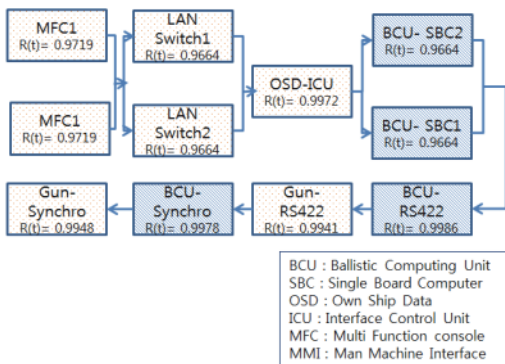


Fig. 9. Fire Mission Reliability Block Diagram

경우 좌측에서 우측으로 직렬연결로 고려되어져 Activity Diagram 만으로도 신뢰도 블록선도 내용과 동일하게 표현되어 신뢰도 블록선도 재작성이 필요 없다.

$$R_s = R_1 R_2 \dots R_n = \prod_{i=1}^n R_i \quad (1)$$

$$R_s = \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (2)$$

$$R_s = R_x (1 - (1 - R_y)(1 - R_z)) \quad (3)$$

신뢰도 산출을 위한 계산방법으로는 다음과 같다. 식 (1)은 신뢰도 블록선도상의 직렬로 연결된 경우 사용하며, 식(2)는 병렬로 연결된 경우, 식(3)은 직렬x와 병렬 y, z의 조합으로 연결인 경우 사용한다.

기존의 분석절차를 통한 함포발사(Fire) 임무신뢰도 산출의 경우 BOM을 기준으로 신뢰도 블록선도를 작성하게 되어 Figure 1의 내용 중 물리적인 함포발사장비만을 고려하게 된다. 이 경우 함포발사를 위해 반드시 필요로 하는 함 자세정보를 OSD(Own ship Data) - ICU

(Interface control Unit)로부터 수신하게 되는데 이 내용이 제외되어 (4)와 같이 임무신뢰도를 산출하게 된다.

$$\begin{aligned}
 R_{기준} &= BCURSA22 \cdot Gun\ RS422 \cdot BCU\ Synchrono \quad (4) \\
 &\cdot Gun\ Synchrono \cdot (1 - (1 - MFC1)(1 - MFC2)) \\
 &\cdot (1 - (1 - BCUSBC1)(1 - BCUSBC2)) \\
 &= 0.9986 \cdot 0.9941 \cdot 0.9978 \cdot 0.9945 \\
 &\cdot (1 - (1 - 0.9719)(1 - 0.9719)) \\
 &\cdot (1 - (1 - 0.9817)(1 - 0.9817)) \\
 &= 0.983155
 \end{aligned}$$

본 논문에서 제안된 SysML을 통한 임무신뢰도 계산 시 Figure 8의 내용과 같이 SysML의 Activity Diagram을 통해 신뢰도 블록선도를 작성하게 되면 기능흐름이 파악되어 Figure 9와 같이 OSD-ICU가 포함되어 (5)와 같이 계산되어진다.

$$\begin{aligned}
 R_{제안} &= BCURSA22 \cdot Gun\ RS422 \cdot BCU\ Synchrono \cdot OSDICU \quad (5) \\
 &\cdot Gun\ Synchrono \cdot (1 - (1 - MFC1)(1 - MFC2)) \\
 &\cdot (1 - (1 - BCUSBC1)(1 - BCUSBC2)) \\
 &= 0.9986 \cdot 0.9941 \cdot 0.9978 \cdot 0.9945 \cdot 0.9972 \\
 &\cdot (1 - (1 - 0.9719)(1 - 0.9719)) \\
 &\cdot (1 - (1 - 0.9817)(1 - 0.9817)) \\
 &= 0.980402
 \end{aligned}$$

임무신뢰도 산출결과인 (4)와 (5)를 비교한 결과 Table 1 예서와 같이 함포발사 임무신뢰도가 0.002753 만큼 차이가 발생함을 알 수 있으며, 이는 약 0.28% 오차가 개선되었다. 또한 기능흐름이 더 복잡한 장비의 경우 차이가 더 많이 발생함을 알 수 있다.

Table 1. Calculated Reliability result

Current Fire Mission Reliability (without OSD-ICU)	Proposed SysML for Fire Mission Reliability
0.983155	0.980402

기존의 BOM을 기준으로 신뢰도 블록선도를 작성하여 임무신뢰도 계산 시 물리적 연동 구성확인인 가능하나 기능흐름 확인이 어려워 장비간의 기능구분이 명확하지 않았으며, 임무흐름에 대한 순서파악 또한 어려워 임무신뢰도 산출에 대한 검증에 어려움이 있었다. 그러나 제안된 SysML을 통한 임무신뢰도 산출방법 적용 시 시스템정보에 대한 계층화 및 세분화가 가능하여 물리적 및 기능적 연동파악이 가능하여 장비간의 기능 구분 및 임무에 대한 흐름 파악이 가능하여 고장 시 현상예측이 가능하다. 또한 기능 흐름의 파악으로 임무신뢰도 검증도 가능하게 되었으며, SysML 에 사용 시 신뢰도 블록선도

없이도 임무신뢰도 산출이 가능하게 되었다.

#### 4. 결론

군사 장비의 경우 신뢰도는 승패를 좌우할 중요한 요소이며, 정확한 신뢰도 산출은 반드시 필요한 요소이다. 그러나 점차 장비는 통합되어 복잡해지고 있으며, 각 장비들은 기술발달에 의해 고도화 되어져, 임무에 따른 장비간의 기능구분이 어려워지고 있다. 이를 극복하기 위해서는 정확한 임무 정의, 임무수행 분석 및 장비간의 기능구분이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 SysML 설계 기법을 이용하여 임무정의는 Requirement diagram을 활용하였으며, 임무수행 분석 및 장비 간 임무구분은 Activity Diagram을 통해 표현하였다. 이를 통해 임무신뢰도 산출을 용이하게 하였다.

본 연구의 기여 점은 기존에는 물리적 연결만을 가지고 임무신뢰도를 산출하였으나, 기능흐름을 포함한 산출방법인 SysML을 이용하여 임무신뢰도 산출방법을 제시하였으며, 나아가 신뢰도 블록선도 없이도 임무신뢰도를 산출하는 방법을 제시하였다. 또한 시스템 설계 시 임무구분에 따른 신뢰도산출을 고려하여 SysML로 설계가 이루어진다면 임무신뢰도 계산과 검증자료로 활용가능하다. 따라서 향후 연구로는 시스템 개발 및 설계 시 SysML의 기능을 활용하여 임무신뢰도 선정 및 예측에 대한 연구가 필요하다.

#### References

Chul, Kim. (1989). "Analysis for Mission Reliability of a Combat Tank", *IEEE Journals & Magazines*, Vol.38, No.2, 242-245.

Cao, J., Wang, Q., & Shen, Y. (2012). "Research on modeling method of complex system mission reliability simulation." In 2012 International Conference on *Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 307-311.

DAPA, P227, (2014) "Weapon System RAM Manual", *Defense Acquisition Program Administration*, 113-114.

(방위사업청, p227, (2014) "무기체계 RAM 업무편람", 방위사업청, 113-114.)

David, Long. (2011) "A Roadmap for Model-Based Systems Engineering," in Proc. *2011 APCOSE*,

- Seoul, Korea, 1-144.
- Hause, M. (2006). The SysML modelling language. In *Fifteenth European Systems Engineering Conference*, Vol. 9, 1-12.
- Kim Sung-il. Jang Woo-jin. Joo Cheol-won. Lee Kyung-woon and Kim Hae-cheon. (2009) "Technical Trends in National Defense Electronics," *Korea Electronics and Telecommunications Research Institute's Analysis of trends in telecommunications*, Vol.24, No.6, 77-85.  
(김성일, 장우진, 주철원, 이경운, 김해천 "국방전자 분야 기술 동향", *한국전자통신연구원 전자통신 동향분석*, 제24권, 6호, pp77-85, 2009년)
- Li, Y. P., Wang, W., & Leng, X. M. (2010) "A mission reliability method (MRM) for risk management in the development of materiel system", In *2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1000-1004.
- Liu, B., & Wu, X. (2011) Mission reliability analysis of missile defense system based on DODAF and Bayesian networks. In *2011 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 777-780
- Sanford, Friedenthal. (2011). "A Practical Guide to SysML", *Oxford : Elsevier*, 4-560.
- Wei, J., Dai, G., & Li, F. (2009) "Research of warship total mission reliability modeling based on unit mission", In *2009 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety*, 260-263.
- Xiang, Li. Lin, Ma. Haoran, Deng. Longfei, Yue. (2014). "Mission reliability modeling and assessment of support systems based on network structure", *IEEE Conferences*, 612-616.
- Zhou, W., Guo, B., & Yang, K. (2011) Optimization model for mission reliability of multiple working mode systems. In *The Proceedings of 2011 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety*, 168-174.



**이 정 완** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-8811-8585> / [jw08.lee@hanwha.com](mailto:jw08.lee@hanwha.com))

2002 동국대학교 학사  
2014 한양사이버 대학원 석사  
2018~ 현재 아주대학교 박사과정  
2003~ 현재 한화시스템 시스템엔지니어 수석연구원

관심분야 : 시스템공학, 신뢰성



**장 중 순** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-0323-9848> / [jsjang@ajou.ac.kr](mailto:jsjang@ajou.ac.kr))

1979 서울대학교 학사  
1981 한국과학기술원 석사  
1986 한국과학기술원 박사  
2010 교과부장관 정책자문위원  
2005~ 현재 아주대학교 산업공학과 교수

관심분야 : 신뢰성공학, 품질공학, 도요타 생산방식