Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 9 pp. 451-458, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.451
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

설계구조행렬(DSM) 및 인터페이스 매트릭스 설계를 통한 전투체계 임무신뢰도에 관한연구

이정완[1], 박찬현[2], 김소정[3], 김의환[1], 장중순[3*]
[1]아주대학교 시스템공학과, [2]에스앤에스이앤지(주), [3]아주대학교 산업공학과

A Study on the Mission Reliability of Combat System through the Design Structure Matrix and Interface Matrix

Jeong-Wan Lee[1], Chan-Hyeon Park[2], So-Jung Kim[3], Eui-Whan Kim[1], Joong Soon Jang[3*]
[1]Division of Systems Engineering, Ajou University
[2]Devision of Systems Engineering, SNS ENG Co., LTD.
[3]Division of Industrial Engineering, Ajou University

요 약 무기체계 개발 및 운용과정에서의 신뢰도는 시스템이나 구성요소가 지정된 기간 동안 지정된 조건에서 필요한 기능을 수행하는 능력의 핵심 척도이며 임무달성의 평가를 위한 임무신뢰도는 전투의 승패를 좌우하는 중요한 지표이다. 임무신뢰도는 특정 기간 동안 주어진 임무가 이벤트나 환경상황에서 성공과 실패할 확률을 나타내며, 신뢰도 산출시 장비의 동작여부만을 고려하는 것이 아니라 시스템의 임무를 물리적 및 기능적으로 구분하여 임무의 수행 신뢰도를 산출하게 된다. 기존의 임무신뢰도는 임무에 따른 물리적인 연결만을 가지고 신뢰도 블록선도를 작성한 후 신뢰도를 산출하였다. 하지만, 현대 무기체계들은 발전하여 고도화되면서 장비 구조가 복잡해져 기능적 또는 물리적 연결에 따른 임무 구분이 필요한 경우 임무 연관성 표현이 불가하다. 이에 본 연구에서는 설계구조행렬과 인터페이스 매트릭스 기법을 사용하여 물리적 구조와 기능적 구조의 연관성을 표현하여 함정 전투체계 시스템 중 한 부분인 함포통제 시스템에 대하여 임무신뢰도를 산출하였다. 본 연구결과를 바탕으로 임무신뢰도 검증자료로 활용되기를 기대한다.

Abstract Reliability in the course of weapons system development and operation is a key measure of the ability of a system to perform the required functions under specified conditions over a specified period of time, and the mission confidence for the assessment of mission fulfillment is an important indicator of victory or defeat in a battle. Mission reliability indicates the probability that a given task will succeed or fail in an event or environmental situation over a given period of time. The existing mission reliability was calculated after creating a confidence blow map with only physical connections based on the mission. However, as modern weapons systems evolve and advance, the related equipment structure becomes increasingly complex, making it impossible to express mission relevance when mission classification is required based on functional or physical connections. In this study, the mission reliability was calculated for a gun control system, which is part of a ship's combat system, by expressing the association between the physical and functional structures using the design structure matrix technique and the interface matrix technique. We expect the study results to be used as verification data for mission reliability.

Keywords : Mission Reliability, Design Structure Matrix, Interface Matrix, Combat System, Ballistic Computing System

본 논문은 국방과학연구소의 지원 RAM 연구과제(UD180018AD)로 수행되었음.
*Corresponding Author : Joong Soon Jang(Ajou Univ)
email: jeong3670@ajou.ac.kr
Received June 27, 2019 Revised July 19, 2019
Accepted September 6, 2019 Published September 30, 2019

1. 서론

임무신뢰도(Mission Reliability)란 시스템이 특정한 임무를 수행할 확률이다[1]. 즉, 일정 기간 동안 주어진 임무가 이벤트나 환경상황에서 성공과 실패할 확률을 나타낸다. 임무신뢰도 산출시 장비의 동작여부만을 고려하는 것이 아니라 시스템의 임무를 기능별로 구분하여 임무의 수행 신뢰도를 산출하게 된다. 예를 들어, 해군전투체계의 주요 임무로는 표적탐지, 표적추적, 교전 및 사격 등으로 구분하여 신뢰도를 산출한다. 따라서 실제 임무신뢰도 산출을 위한 임무 구분 시 임무수행 과정에 대한 분석이 필요하며, 분석이후 신뢰도 블록선도(RBD: Reliability Block diagram, 이하 RBD)로 표현하게 되는데, 시스템이 크고 복잡할수록 임무별 구분이 용이하지 않다. 또한 장비의 첨단기능은 처리부하가 증가되어 복잡도가 증가된다[2]. 예를 들어 Fig. 1의 전투체계 함포발사시스템의 경우 복잡한 연동으로 이루어 졌으나, 임무신뢰도 산출시 발사관련 장비를 단순 나열하여 RBD를 작성하게 되어 발사 시 반드시 필요한 자함의 환경정보(OSD 정보)가 빠지게 되어 임무신뢰도 계산이 맞지 않는 결과가 도출된다.

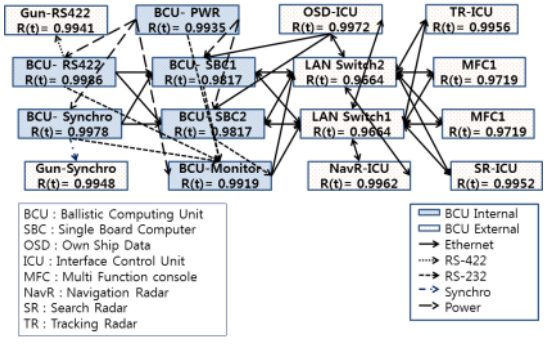

Fig. 1. Ballistic Computing System Interface Diagram

또한 현재까지 기존 임무신뢰도 관련 연구는 임무신뢰도에 직접성(collectivity)을 추가하여 임무신뢰도를 개선하는 방법 [3] 그리고 임무신뢰도 (MRM: Mission Reliability Method) 방법을 제시하여 개발 위험 관리 방법 [4], 베이지안 네트워크를 바탕으로 미션 신뢰성 산출 [5], 다중 작업 모드 시스템의 임무 신뢰성 산출방법 [6] 그리고 복합적인 시스템 미션 신뢰성 산출 [7] 이 있었으나 Table 1의 내용과 같이 기능구분을 위한 방법이 없어 복잡한 구조에서의 신뢰도 블록선도 작성에 어려움이 있었다. 따라서 물리적 부분의 임무구분과 기능적 임무구분이 용이하도록 물리적 장비에서의 기능의 흐름을 인터페이스 매트릭스 방법으로의 표현이 필요하다. 그러나 인터페이스 매트릭스만으로는 기능의 흐름 표현에는 문제가 없으나 기능흐름의 중복이나 오류에 대한 검증을 위해 설계구조행렬(DSM: Design Structure Matrix, 이하 DSM) 분석기법을 사용하여 임무신뢰도를 파악하게 된다. 이에 본 논문에서는 전투체계의 특성상 고도화 되고 복잡해져가는 장비간의 임무구분이 용이하도록 설계구조행렬 분석기법의 함축된 표시방법과 인터페이스 매트릭스 기법의 기능적 정보 흐름의 분석 기법을 활용하여 전투체계의 임무신뢰도 분석방법을 제안한다. 이에 따라 임무신뢰도 분석에 필요한 사항들을 정의하고 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스 기법으로 수행한 결과를 제시하였다.

2. 본론

2.1 임무신뢰도

2.1.1 정의

전투체계의 경우에 다양한 장비와 부품의 조합을 통해 기능을 수행하게 된다.

Table 1. Current Mission Reliability Method

Method	Advantage & Disadvantages
Collectivity mission reliability	○ Setting Weight on Mission ○ Partition principal is expatiated ○ Difficult to distinguish physical and software
Mission Reliability Method	○ Define the effect of risk events strictly ○ It is difficult to apply in practice.
Bayesian Networks	○ Analyze mission reliability quantitatively ○ Qualitative description for systems DODAF models ○ A scenario is needed ○ Difficult to distinguish physical and software.
Multiple Working Mode	○ Improved optimization working mode strategies ○ Changes of working modes adopted during phases of different missions ○ It's complicated to calculate. ○ Difficult to distinguish physical and software.
Complex System Simulation	○ Perform simulation of complex systems ○ Evaluation of complex system ○ Data is needed for simulation. ○ Difficult to distinguish physical and software.

따라서, 결합의 방법에 따라 신뢰도에 영향을 미치게 된다. 체계 신뢰도(System Reliability)는 시스템(제품)이 명시된 조건하에서 지정된 시간 동안 의도된 기능을 수행할 확률을 나타낸다. 이는 체계의 모든 구성품을 대상으로 하게 된다. 그러나 임무신뢰도(Mission Reliability)의 경우, 명시된 조건과 지정된 시간은 동일하나 주어진 임무에 관련된 필수 장비(구성품)만을 고려하는 점이 다르다. 임무신뢰도 산출을 위해서는 첫째, 임무정의가 이루어 져야 하며, 둘째, 임무와 관련된 구성품에 대해 신뢰도 블록선도 작성을 수행하게 된다.

2. 본론

2.1 임무신뢰도

2.1.1 정의

전투체계의 경우에 다양한 장비와 부품의 조합을 통해 기능을 수행하게 된다. 따라서 결합의 방법에 따라 신뢰도에 영향을 미치게 된다. 체계 신뢰도(System Reliability)는 시스템(제품)이 명시된 조건하에서 지정된 시간 동안 의도된 기능을 수행할 확률이며 체계의 모든 구성품을 대상으로 한다. 그러나 임무신뢰도(Mission Reliability)의 경우, 명시된 조건과 지정된 시간은 동일하나 주어진 임무에 관련된 필수 장비(구성품)만을 고려하는 점이 다르다. 임무신뢰도 산출을 위해서는 첫째, 임무정의가 이루어 져야 하며, 둘째, 임무와 관련된 구성품에 대해 신뢰도 블록선도 작성을 수행하게 된다.

2.1.2 임무정의

전투체계가 보유한 많은 기능 중 특정 임무를 선정하고 신뢰도 산출하는 것이 임무신뢰도이다. 본 논문에서는 해상전투체계 특성을 고려하여 함포발사 임무를 정의한다. 임무정의에 따른 고장 유무에 대한 확률은 표적 탐지/추적 여부, 교전 및 발사 횟수에 따라 정의가 가능하나, 정의된 함포발사 임무는 교전 신뢰도로 한정한다.

2.1.3 신뢰도 블록선도 작성

신뢰도 블록선도는 체계의 개념을 간단히 도식화 하고 기능을 수행하는 구성품을 논리적으로 연결한 도해식 네트워크 그림이다. 신뢰도 블록선도의 각 블록(Block)은 체계기능 수행 시 필요한 각 하부기능들을 나타내며 블록간의 연결은 서로 연관된 기능 또는 통신을 하는 것을 의미한다. 기존에 연구된 신뢰도블록선도 작성방법으로는 임무신뢰도에 직접성(collectivity)을 추가하여 임무신뢰도를 개선하는 방법으로 단위임무별 가중치(Weight)를 설정하여 임무신뢰도를 산출하는 방법[3] 그리고 MRM (Mission Reliability Method) 방법으로 각 임무에 따른 비용, 일정 및 기술적 위험에 대해 지표를 만들어 관리하는 방법[4], 베이지안 네트워크를 바탕으로 미션 신뢰성을 분석하는 방법 [5], 다중 작업 모드 시스템의 임무신뢰성 산출방법으로 동시 간에 복수의 임무에 대한 신뢰성 산출방법[6] 마지막으로 복합적인 시스템 미션 신뢰성 산출방법으로 임무환경과 작업조건에 변화를 고려한 모델링 방법을 제시[7]하고 있으나 모두 기능과 물리적 구조에 대한 구분 방법이 없으며 또한 Table 2와 같은 문제점이 있어 본 논문에서는 장비간의 임무구분이 용이하도록 설계구조행렬(DSM: Design Structure Matrix, 이하 DSM) 분석기법의 함축된 표시방법과 인터페이스 매트릭스 기법의 기능적 정보 흐름의 분석 기법을 활용하여 전투체계의 임무신뢰도 분석방법을 제안한다.

Table 2. Current RBD Issues

Current RBD Issues
○ Physical interlocking configuration can be verified, but it is difficult to verify the software function.
○ Sequence breakdown of mission flow is difficult.
○ It is difficult to verify the preparation of RBDs on the mission.

신뢰도 블록선도 작성 시 첫 번째 해야 할 일은 블록의 식별이다. 체계를 구성하고 있는 모든 요소 중 블록간 기능 구분이 명확하도록 식별하며 식별된 블록의 고장은 다른 블록과의 독립적인 고장으로 간주한다. 두 번째는 신뢰도 단위의 일치이다. 앞에서 구분된 블록의 각 블록별로 신뢰도를 산출하되 체계 전체의 신뢰도를 계산하기 위해 신뢰도 단위를 통일하여야 한다. 세 번째는 블록의 연결이다. 블록의 연결은 논리적 또는 물리적 연결이나 연결선에 관련된 신뢰도는 고려되지 않는다. 하지만, 각 연결 중 물리적 연결에서 케이블과 커넥터의 신뢰성 관련 내용은 연결된 블록의 일부로 포함시킨다. Fig. 2는 국방 RAM 가이드에 명시된 신뢰도 블록선도 작성방법에 따라 작성된 예시이다.

각 장비의 신뢰도에 대한 확률과 연결 구성은 나와 있으나, 각 블록의 물리적 또는 기능적 연결 정보가 상세히 나타나지 않는다. 따라서 고장 발생 시 또는 기능추적이 필요한 경우 원인 파악이 어렵다.

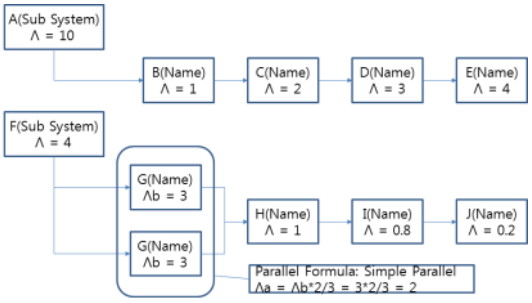

Fig. 2. Guideline for Reliability Block Diagram

2.2 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스

2.2.1 개요

설계구조행렬 기법의 사용은 1990년대에 크게 증가하였다. 건축, 부동산 개발, 반도체, 자동차, 사진기 등에 사용되었으며 정부 기관뿐만 아니라 항공 우주, 통신, 소규모 제조, 공장 장비 및 전자 산업에 활용되고 있다[8]. 설계구조행렬 기법 사용 시 장점으로는 많은 수의 시스템 요소와 그 관계를 데이터의 중요한 패턴(예: 피드백 루프 및 모듈)을 강조 표시하는 조밀한 방식으로 나타낼 수 있고 시스템 구조를 개선하는 데 사용할 수 있는 매트릭스 기반 분석 기법으로 쉽게 사용가능하다. 서로 다른 상호 의존적 활동 간에 최적의 정보 흐름을 기반으로 프로세스를 간소화할 수 있다. 따라서 설계구조행렬 분석을 사용하면 기능변경 시 영향성 예측이 가능하다. 예를 들어, 구성 요소의 규격을 변경해야 하는 경우, 해당 규격에 의존했던 모든 프로세스 또는 활동을 신속하게 식별할 수 있으므로 일의 효율이 증대된다[9]. 설계구조행렬 방법은 모든 구성 요소 하위 시스템/활동 및 해당 정보교환, 상호작용 및 의존성 패턴을 표현한다. 또한, 행렬 요소가 활동을 나타내는 경우, 행렬은 특정 활동을 시작하기 위해 필요한 정보를 자세히 설명하고 이를 통해 생성된 정보의 위치를 보여 준다. 이는 각 활동에 의해 생성된 정보 출력에 의존하는 다른 활동을 빠르게 확인할 수 있다. 그러나 설계구조행렬 방법으로 작성하여 본 결과 방향성 표현은 가능하나 실제 신뢰도를 분석 이후에 신뢰도에 따른 기능 확인이나 연동흐름이 표현되지 않는다. 기능이나 연동에 문제가 발생할 경우, 설계구조행렬 매트릭스만으로는 추적이 불가능하였다. 이를 해결하기 위한 방법으로 인터페이스 매트릭스 기법을 사용하였다. 이 방법은 고장 발생 시 현상 예측을 위한 구성 장비간의 기능적 정보 흐름 파악을 위한 방법이다. Ford 사의 FMEA 핸드북 [6] 내용 중 인터페이스 매트릭스 기법은 인접한 시스템 및 환경과 함께 시스템간의 상호작용 내용의 입·출력을 매트릭스 방식으로 표현한다. 따라서 다음과 같은 분석 절차를 제안하였다.

2.2.2 분석절차

기존의 분석절차로는 Fig. 3 의 AS-IS 같이 임무를 정의하고 바로 신뢰도 블록선도를 작성하게 되는데 이때 참고가 되는 자료는 BOM(Build of Material)이다. BOM 의 경우 기능이 아닌 물리적인 단위를 기준으로 한 장비의 나열이다. 그러나 임무신뢰도를 작성하기 위해서는 임무를 수행하는 하드웨어와 소프트웨어 두 가지 모두 고려가 되어야 한다. 따라서 제안하는 분석절차는 Fig. 3 의 TO-BE 같이 임무정의 이후 기능의 흐름에 대해 설계구조 행렬 및 인터페이스 매트릭스를 작성한 이후에 신뢰도 블록선도를 작성하게 되면 물리적 기준뿐만 아니라 임무의 기능적 흐름까지 고려된다.

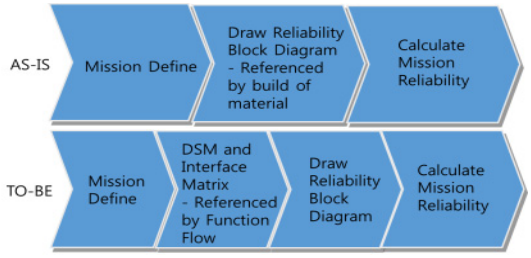

Fig. 3. Comparison with Mission Reliability Calculation Method

설계구조 행렬 및 인터페이스 매트릭스를 작성을 위한 방법으로 우선 Fig. 4 상부와 같이 물리적 연동(Hardware Interface)방식(Ethernet, RS-422 등)을 약어로 표현하고 방향성을 고려하여 Fig. 5와 같이 각 매트릭스 첫줄에 표시한다. 두 개 이상의 물리적 연동이 있는 경우에는 두 개 이상의 약어를 작성한다. 이것은 신뢰도 블록선도 작성 시 시스템의 물리적 연결흐름의 단일 또는 복수의 연결 표현이 가능하다.

Hardware Interface
Function Interface

RS-422	4
RS-232	2
Ethernet	E
Power	P
Synchro	S
PMC	M
OSD data	OD
Ship Data	SD
Gun Info	GI
Gun Control	GC
Self test Result	SR

Fig. 4. Abbreviation Index

또한 기능적 연동(Function Interface)을 약어로 표시하여 각 매트릭스 두 번째 줄에 Fig. 5와 같이 표시한다. 이것은 입력과 출력 방향에 따라 구성 장비간의 기능적 정보의 흐름이 표현되고, 고장 발생 시 블록단위의 기능흐름 추적이 가능하다. 설계구조행렬을 이용한 인터페이스 매트릭스는 Fig. 5와 같이 작성되었으며 제안 방법에 대한 장점은 다음과 같다. 첫째, 물리적 연결과 함께 기능적 연결 표현이 가능하다. 이는 기능 흐름을 하나의 표로 작성하여 관리하게 되면 물리적 또는 기능적 고장 시 현상 예측이 용이하게 된다.

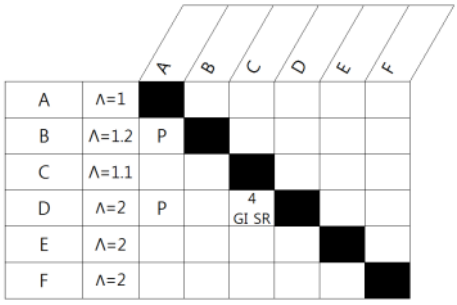

Fig. 5. DSM with Interface Matrix

둘째, 신뢰도 블록선도 작성 시 설계구조행렬을 이용한 인터페이스 매트릭스를 활용하여 원하는 물리적 또는 기능적으로 선택하여 조합이 가능하며, 이는 물리적 및 기능적 신뢰도 산출을 가능하도록 해 효율적인 업무가 가능하다. 셋째, 관리가 용이하다. 이는 체계 전체의 물리적 연동 및 기능적 연동을 하나의 매트릭스로 표현이 가능하므로 초기 설계 시 고객에게 설명하기 위한 자료 및 작업자 간 이해를 돕기 위한 설계 공유 자료가 된다.

2.3 적용 사례

2.3.1 시스템 개요

함포통제 시스템은 함정 전투체계에서 승패를 좌우하는 공격형 장비이기 때문에 임무신뢰도 계산이 반드시 필요하여 본 연구에서 제안한 설계구조행렬과 인터페이스 매트릭스 방법을 시스템 일부에 적용하였다. Fig. 1의 구성 내용은 함포 통제를 위한 시스템으로 함포발사시스템 (BCS: Ballistic Computing System, 이하 BCS)으로 명명되며, 탐지된 표적에 대해 함포를 조준 및 사격 명령하는 시스템이다.

2.3.2 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스 작성

해군전투체계의 함포발사시스템에 대해 Fig. 1 내용을 기준으로 매트릭스를 작성하였다. 설계구조행렬의 기본 기능인 Partitioning 및 Tearing 내용은 적용되었으나, Banding 내용은 적용되지 않았다. 그 이유는 함포발사시스템의 경우 Ballistic Computing Unit 및 LAN Switch가 이중화(Redundancy) 설계가 되어 있으며, 또한 루프(Loop)를 방지하기 위한 Tearing 의 경우 랜 스위치 자체로 루프를 방지하기 위한 자체기능(Spanning Tree Protocol.등)을 가지고 있어 Tearing을 적용하지 않았다. 해군전투체계 함포발사시스템에 대해 설계구조행렬 작성이 완성된 후 인터페이스 매트릭스를 활용하여 Fig. 6과 같이 작성한다. 완성된 Fig. 6의 매트릭스를 활용하여 필요로 하는 물리적 또는 기능적 항목을 선택하여 신뢰도 블록선도 작성을 수행한다. Fig. 7은 BCU Fire data flow 기준으로 하여 작성된 신뢰도 블록선도이다.

2.3.3 임무신뢰도 산출

신뢰도 블록선도 작성 시 설계구조행렬과 인터페이스 매트릭스를 적용한 결과 Fig. 6과 같은 결과를 볼 수 있다. 이는 Table 3과 같은 장점이 있다.

Table 3. Proposed Method comparison

Current RBD Creation Issues	Proposed RBD Preparation Method
○ Physical interlocking configuration can be verified, but it is difficult to verify the software function. ○ Sequence breakdown of mission flow is difficult. ○ It is difficult to verify the preparation of RBDs on the mission.	○ Physical software interlocks are be able to be verified. ○ Sequential extracts are available for the flow of the mission. ○ Verification of RBD preparation is possible. ○ It is possible to check whether or not functions are redundant.

첫째, 중복설계 여부 확인이 가능하다. Fig. 6과 같이 설계구조행렬을 적용하게 된다면 Partitioning을 통해 데이터의 무한루프(Infinity Loop) 설계를 찾아낼 수 있으며, Tearing과 Banding을 통해 불필요한 피드백과 중복 설계 여부를 확인 할 수 있다.

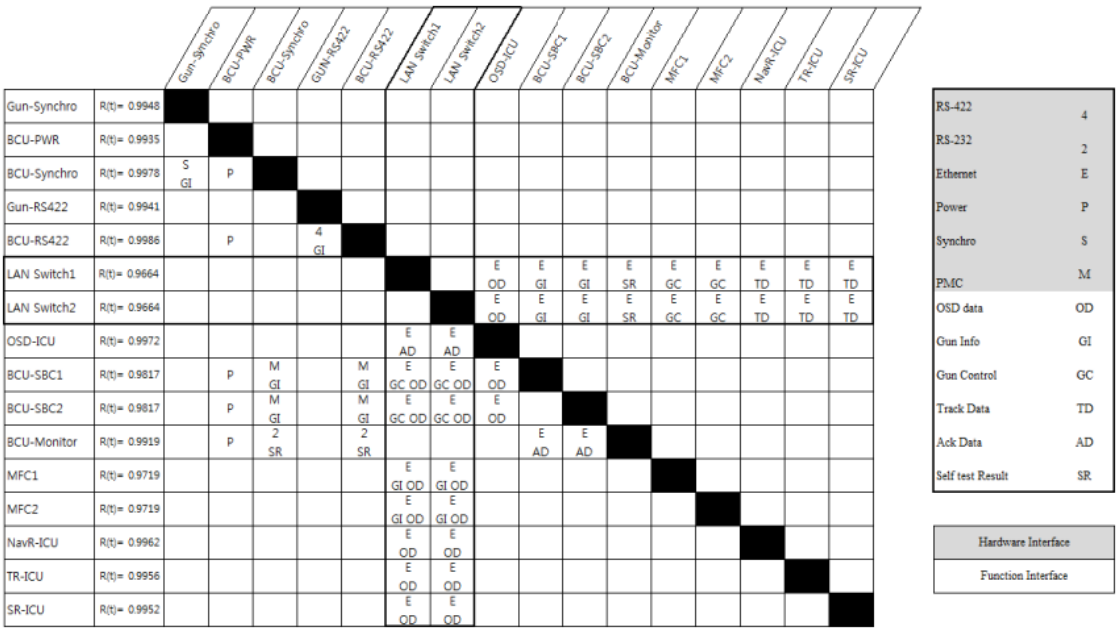

Fig. 6. DSM with Interface Matrix

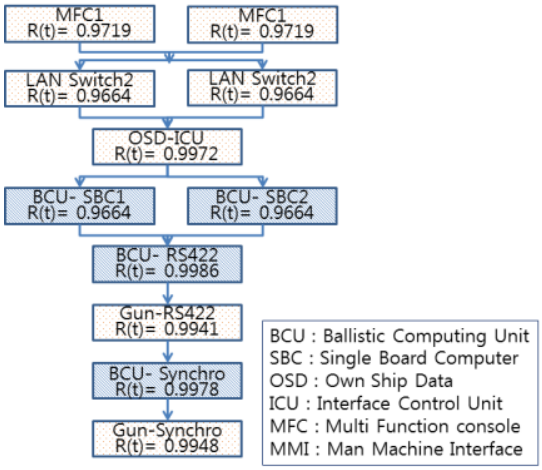

Fig. 7. BCU Fire data flow Reliability Block Diagram

둘째, 물리적 및 기능적 연동 확인이 가능하다. 일반적인 신뢰도 블록선도에서는 실제 장비간의 물리적 연동 및 기능적 연동 확인이 불가하나 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스 적용 시 각 장비 기준으로 어떠한 물리적 연동이 이루어지는지와 기능적 메시지의 입·출력 확인이 가능하다. 셋째, 연관성 정보가 보완된다. 기존의 선행 연구는 신뢰도 블록선도 작성 시 표현이 어려운 일의 분배(Load-sharing), 방해요소 (Interference), 상태변화(Standby) 및 여유도(Redundancy) 관련 보완 내용이 연구되었으나 연관성(Dependencies) 관련 내용이 부족하였다. Fig. 6과 같이 인터페이스 매트릭스 적용 시 연결성 확인과 더불어 어떤 종류의 물리적 연결인지 또한 어떠한 데이터가 어디서 생산되고 전달되는지에 대해 상세히 표현되어 있다.

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

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

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

이는 기존의 신뢰도 블록선도 작성 방안 중 시스템의 연관성(Dependencies) 표현이 어렵다는 단점이 보완되어 물리적 기능적 흐름이 표현된다. 따라서 연동기능(연관성) 내용 보완이 가능하다. 넷째, 물리적 또는 기능별 신뢰도 산출이 가능하다. 기존 신뢰도 블록선도 작성 시 불가하였던 물리적 연동 또는 기능적 구분에 따른 신뢰도 산출이 Fig. 7 BCU Fire data flow와 같이 기능과 데이터 흐름별 신뢰도 계산이 가능하게 되었다. 임무신뢰도 계산방법은 RBD상의 직렬연결인 경우 (1)과 같이 병렬연결은 (2)와 같이 직렬x와 병렬 y의 연결인 경우 (3)과 같이 계산이 된다.

Table 4. Calculated Reliability result

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

기존의 방식으로 임무정의 후 BOM을 기준으로 신뢰도 블록선도를 작성하여 임무신뢰도 산출시 Fig. 7의 그림에서 OSD-ICU 장비를 제외하고 계산을 수행하게 되어 0.983155 의 임무신뢰도가 산출되며 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스를 통한 임무신뢰도 계산 시 Fig. 7 의 신뢰도 블록선도가 작성되어 Table 4의 Fire Mission Reliability 값이 0.980402 의 임무신뢰도가 산출된다. 이는 전투체계 함포발사 시스템의 임무신뢰도 0.002753의 차이가 발생함을 알 수 있다.

3. 결론

지금까지의 전투체계는 시스템 성능에 주안점을 두고 개발이 이루어졌으나, 현재는 체계가 임무(Mission)를 성공적으로 수행할 임무신뢰도에 대한 요구가 높아지고 있다. 이를 위해서는 신뢰도 블록선도를 작성을 통한 임무에 대한 정의, 임무수행 과정에 대한 분석, 장비간의 임무구분이 중요하다. 본 논문에서 제시한 적용사례에 따르면 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스를 통한 전투체계 함포발사 시스템의 임무신뢰도 계산 시 약 0.28%의 오차가 개선됨을 알 수 있었으며 기능이 더 복잡한 체계의 경우 차이가 더 커질 수 있다. 따라서 설계구조행렬 및 인터페이스 매트릭스 기법을 사용하여 인과 관계를 매트릭스로 표시하고 장비간의 신뢰도를 계산하는 방법이 임무신뢰도를 산출하는데 효율적이다. 본 연구의 기여점은 기존 임무신뢰도 산출은 물리적 구조만으로 산출하였으나, 임무기능을 포함한 산출 방법을 제시함으로서 임무신뢰도의 산출방법 및 검증방법을 제시하였으며, 나아가 설계상의 기능 중복여부를 검증하였다. 이에 따라 임무신뢰도 결과에 대한 검증자료로 활용가능하다. 향후 연구로는 전투 체계 개발 및 설계 시 설계모델링언어를 사용하여 주 임무를 선정하고 미션 신뢰도를 예측하는 연구가 필요하다.

References

[1] Chul. Kim, “Analysis for Mission Reliability of a Combat Tank”, *IEEE Journals & Magazines,* Vol. 38, No.2, pp.242 ~ 245, June. 1989.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/24.31115

[2] Xiang. Li, Lin. Ma, Haoran. Deng, Longfei. Yue, “Mission reliability modeling and assessment of support systems based on network structure”, *IEEE Conferences,* pp 612~616, 2014.
DOI: http://10.1109/PHM.2014.6988245

[3] Wei, Jun, Gaosheng Dai, and Fang Li. "Research of warship total mission reliability modeling based on unit mission." 2009 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety. IEEE, 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ICRMS.2009.5270194

[4] Li, Ya-ping, Wei Wang, and Xue-min Leng. "A mission reliability method (MRM) for risk management in the development of materiel system." 2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. IEEE, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ICIEEM.2010.5646458

[5] Liu, Bin, and Xiaoyue Wu. "Mission reliability analysis of missile defense system based on DODAF and Bayesian networks." 2011 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering. IEEE, 2011.
DOI:http://dx.doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2011.5976725

[6] Zhou, Wei, Bo Guo, and Kai Yang. "Optimization model for mission reliability of multiple working mode systems." The Proceedings of 2011 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety. IEEE, 2011.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ICRMS.2011.5979256

[7] Cao, Junhai, Qinqin Wang, and Ying Shen. "Research on modeling method of complex system mission reliability simulation." 2012 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering. IEEE, 2012.
DOI:http://dx.doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2012.6246217

[8] S.D. Eppinger and T.R. Browning, “Design Structure Matrix Methods and Applications”, MIT Press, Cambridge, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/8896.001.0001

[9] Browning TR, Fricke E, Negele H. “Key Concepts in Modeling Product Development Processes”, Systems Engineering, 9(2), pp104-128, 2006.
DOI: http://dx.doi.org/10.1002/sys.20047

이 정 완(Joeng-Wan Lee) [정회원]

- 2018년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 대학원 시스템공학과 (박사과정)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 한화시스템 수중시스템팀 전문연구원

〈관심분야〉
시스템공학, 신뢰도

김 의 환(Eui-Whan Kim) [정회원]

- 1989년 2월 : 미국MIT 공대 (석사, 박사)
- 2000년 2월 : 미육군 무기체계 분석연구소 (교환연구)
- 2012년 2월 : 국방과학연구소 (전차개발단장)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 교수

〈관심분야〉
시스템 설계/분석 및 평가

박 찬 현(Chan-Hyun Park) [정회원]

- 2019년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : SNSENG 시스템엔지니어링 연구본부 연구원

〈관심분야〉
시스템공학, 최적화

장 중 순(Joong-Woon Jang) [정회원]

- 1986년 8월 : 한국과학기술원 (석사,박사)
- 2010년 3월 : 교과부장관 정책자문위원
- 2011년 3월 : 대한 산업공학회 부회장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 산업공학과 교수

〈관심분야〉
신뢰성공학, 품질공학, 도요타 생산방식

김 소 정(So-Jung Kim) [정회원]

- 2018년 2월 : 아주대학교 산업공학과 (학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 대학원 산업공학과 (석사과정)

〈관심분야〉
신뢰성공학, 품질공학