

레이다체계의 냉각장치에 CBM+ 적용을 위한 센서추론 연구

이준혁¹, 정선우¹, 박수연¹, 박희범², 김민규³, 신동길², 유한서⁴, 김민섭⁴, 허장욱^{1*}

¹금오공과대학교 기계공학과(항공기계전자융합전공), ²금오공과대학교 기계시스템공학과,

³금오공과대학교 제어로봇전공, ⁴한화시스템 IPS팀

A Study on Sensor Reasoning for the Application of CBM+ in the Cooling System of Radar Systems

Joon-Hyuk Lee¹, Sun-Woo Jeong¹, Su-Yeon Park¹, Hee-Beom Park², Min-Gyu Kim³,
Dong-Gil Shin², Han-Seo Ryu⁴, Min-Seop Kim⁴, Jang-Wook Hur^{1*}

¹Department of Mechanical Engineering (Department of Aeronautics, Mechanical and Electronic Convergence Engineering), Kumoh National Institute of Technology

²Department of Mechanical System Engineering, Kumoh National Institute of Technology

³Department of Control and Robotics Major, Kumoh National Institute of Technology

⁴IPS Team, Hanwha Systems, Korea

요약 현대 무기체계에 상태기반정비(CBM+, Condition Based Maintenance)를 설계 초기 단계에 적용하기 위해서는 상태를 진단해야 할 대상과 파라미터를 명확하게 선정하지만, 명확한 선정 기준의 부재는 CBM+ 적용시 유효한 데이터를 획득하는데 있어 어려움을 초래한다. 이에 따라 시스템의 감시대상과 파라미터를 선정하는게 중요하며, 본 연구에서는 레이다의 냉각장치를 대상으로 CBM+를 적용하기 위해 대상 품목과 센서 추론 방법론을 제시하였다. 레이다 냉각 장치의 CBM+ 적용을 위한 대상 품목은 유사장비의 운용자료와 신뢰도를 이용한 방법의 활용이 가능하며, 센서추론은 D-FMEA기반 기능흐름 분석으로 도출이 용이하다. 유사장비의 운용자료를 이용한 방법에서는 감시대상으로 판형열 OOO조립체와 압축기 OOO조립체가 도출되었으며, 신뢰도를 이용한 방법에서는 감시대상으로 전력 OOO모듈과 냉각 OOO모듈이 분석되었다. D-FMEA기반 기능흐름 분석을 통한 센서추론으로는 판형열 OOO조립체와 압축기 OOO조립 체에서 온도센서와 압력센서가 추천되며, 전력 OOO모듈과 냉각 OOO모듈은 BIT에 의한 데이터 감시를 통해 상태기반 정비로 확장할 수 있을 것으로 기대된다. 제시된 방법론은 시스템의 기능에 기반한 분석을 통해 상태를 모니터링하고, 진단해야 할 대상 품목의 선정과 D-FMEA(Design-Failure Mode Effect Analysis) 분석을 통해 고장에 영향을 미치는 파라미터를 측정하기 위한 센서를 대상 품목별로 추론하였으며, 다양한 무기체계에도 적용이 가능할 것으로 사료된다.

Abstract To apply Condition Based Maintenance (CBM+) to modern weapon systems, it is essential to conduct functionality-based analysis and identify the applicable parameters. However, in the early design phase, there are challenges in clearly selecting the targets and parameters for diagnosis, and the absence of clear selection criteria leads to difficulties in acquiring effective data for CBM+ application. Consequently, it is crucial to select the monitoring targets and parameters. This study presents a methodology for selecting target components and inferring sensors for applying CBM+ to the cooling system of radar systems. The target components for applying CBM+ to the radar cooling system can be selected by utilizing operational data and the reliability of similar equipment. Sensor inference is facilitated by conducting a D-FMEA (Design-Failure Mode Effect Analysis)-based functional flow analysis. Using operational data from similar equipment, plate heat exchanger OOO assemblies and compressor OOO assemblies were identified as monitoring targets. Through reliability analysis, power OOO modules and cooling OOO modules were identified as monitoring targets. Based on D-FMEA analysis, temperature sensors and pressure sensors are recommended for the plate heat exchanger OOO and compressor OOO assemblies, while power OOO and cooling OOO modules can be extended to condition-based maintenance through BIT(Built-In Test) data monitoring. The proposed methodology enables the monitoring of system conditions through functionality-based analysis, selecting target components for diagnostics, and inferring sensors to measure parameters affecting failures through D-FMEA analysis. It is anticipated that this methodology will be applicable to various weapon systems.

Keywords : Design Failure Mode and Effect Analysis, Early Design Stage, Condition Based Maintenance, System Functional Analysis, Sensor List Reasoning

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업(IITP-2024-2020-0-01612, 10%)과 2023년도 한화시스템(주)의 재원(202302080001, 40%)과 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(KRIT-CT-22-081, 무기체계 CBM+ 특화연구센터, 50%).

*Corresponding Author : Jang-Wook Hur(KIT)

email: hhjw88@kumoh.ac.kr

Received April 16, 2024

Revised May 21, 2024

Accepted July 5, 2024

Published July 31, 2024

1. 서론

현대 무기체계에서 상태기반정비(CBM, Condition Based Maintenance) 및 CBM+의 중요성은 센서와 정보기술의 발전으로 크게 강조되고 있다. CBM은 장비의 상태를 진단하여 무기체계의 가동률 향상에 기여하는 정비 및 보급의 개념을 포함하고 있으며, CBM+는 CBM에 추가하여 광범위한 기술과 행정요소를 통합시킨 포괄적인 기술정책으로, 건전성관리의 관점에서 데이터에 기반한 장비 상태의 고장진단 및 예지 활동을 수행한다[1,2]. 이와 같이 무기체계에 CBM+를 적용함으로써 데이터 기반의 장비 상태 판단과 고장 예측이 가능해지며, 이를 통해 CBM+의 목적인 무기체계의 가동률 향상과 수명주기 비용 절감 등을 기대할 수 있다[1].

설계 초기 단계에서 CBM+를 효과적으로 적용하기 위해서는 체계의 기능에 기반한 분석이 필요하며, 이를 통해 적용대상 파라미터를 식별해야 한다. 이 과정에서 상태를 모니터링하고 진단해야 할 대상을 명확하게 선정하는 것이 중요한데, 이를 위한 명확한 선정기준이 부족하면 불필요한 데이터를 획득하는 문제가 발생할 수 있다. 특히, 체계 분석 과정의 중요성을 간과하고 감시대상과 파라미터를 적합한 절차 없이 선정한다면, 이로 인해 큰 비용이 소요되면서도 상관성이 낮아 사용이 제한되는 데이터를 획득하는 결과를 초래할 수 있다.

D-FMEA(Design-Failure Mode Effect Analysis)는 시스템, 서브 시스템 또는 구성 요소 수준에서 제품을 분석하는 데 사용되며, 설계 초기 단계에서 발생할 수 있는 잠재적인 결함을 식별하고 이에 대한 영향을 분석하는 기법이다. 이는 건전성관리 파라미터를 고장과 연관 있는 요인으로 검토하며, 고장을 유발하는 물리적 요인들을 각각 감시 가능한 대상으로 식별하고, 해당 파라미터별 적합도 분석을 통해 센서를 선정할 수 있다.

레이다는 높은 전력을 사용하고 장시간 지속적으로 운용되는 특징이 있는 무기체계이므로 CBM+ 적용이 필수적이며, 이에 따라 발생하는 열은 레이더의 안정성과 성능에 부정적인 영향을 미치기 때문에 효과적인 열 제어를 위해 냉각장치가 필요하며, 냉각장치는 레이더의 온도를 안정적으로 유지하여 신뢰성을 향상시킨다. 그리고, 유사장비의 운용자료에 따르면 냉각장치가 고장다빈도품목으로 분류되고 있으므로 냉각장치는 우선적으로 CBM+ 적용이 요구되는 장치로 판단된다[3].

따라서, 본 연구에서는 레이더의 냉각장치를 대상으로 설계 초기 단계에 CBM+를 적용하기 위한 센서 추론 절

차 및 방법론을 검토하였으며, 바운더리다이아그램과 D-FMEA를 수행하여 기능흐름에 기반한 분석을 수행하여 감시대상과 감시방법을 도출하였다.

2. 센서 추론 절차 및 방법론

2.1 적용 프로세스

CBM+를 적용하기 위해서는 대상 품목과 센서선정, 대상 품목의 센서 데이터에 대한 분석, 의사결정 체계 구축 등이 요구된다. 이때, 대상 품목과 센서의 선정은 매우 중요하며, 체계에 필요한 센서를 추론하기 위해서는 Fig. 1과 같이 D-FMEA를 이용한 체계의 정확한 기능분석이 수행되어야 한다[4]. 체계 기능분석 방법은 주로 흐름 기반 방법을 사용하며, Fig. 2에 나타난 바와 같이 에너지, 물질 및 신호에 대해 입력과 출력 사이의 관계를 이용하여 표시한다[5-7].

또한, 체계 아키텍처에 따른 기능은 Fig. 3의 추론 절차를 통해 구현할 수 있다. 먼저, 센서 및 부착 위치 추론을 위해 목표 설정이 필요하며, 고객의 요구사항을 할당하고, BOM(Bill of Materials)을 통해 하드웨어 또는 소프트웨어로 기능 요소를 분할한다. 그리고 적용대상 식별을 위해 운용형태와 운용이 요구되는 임무 상황에 따

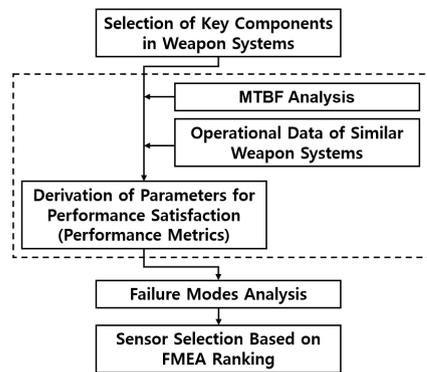


Fig. 1. Key sub-component selection and sensor reasoning process

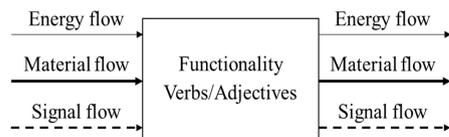


Fig. 2. Flow based functional model

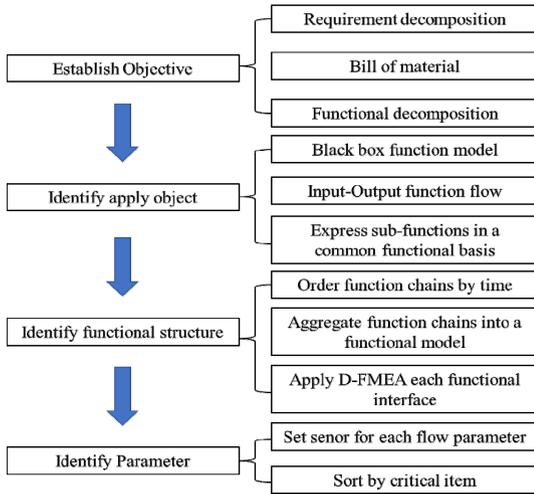


Fig. 3. Sensor reasoning process

라 기능의 중요도 순으로 기능모델을 작성하고, 입력과 출력의 기능흐름을 연결하며, 기능에 기초하여 하부기능을 파악한다. 또한, 기능구조 파악을 위해 시간순서로 기능을 연결 및 통합하며, 각각의 기능 인터페이스에 대해 D-FMEA를 적용한다. 마지막으로 파라미터 식별을 위해 FMEA의 고장모드에 대한 MIL-STD-1629A 정의로부터 파라미터에 적합한 센서와 부착 위치를 선정한다 [4,8]. 이러한 센서를 추론하기 위해서는 유사장비의 운용자료를 이용한 방법과 신뢰도를 이용하는 방법 등이 있다.

2.2 유사장비의 운용자료를 이용한 방법

유사장비의 운용자료를 이용한 방법은 야전에서 운용 중인 무기체계에 대해 장비 유사성을 활용하여 체계 및 구성품 수준의 고장 및 정비 이력을 통해 고장다빈도품목과 센서를 추론하는 방법이다[9]. 레이다를 대상으로 유사장비의 3년간 야전운용제원을 검토한 결과, 각 호기당 연평균 약 2,000시간을 운용하였으며, 연도별 레이다 구성품의 고장 현황은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 안테나 조립체(Antenna assembly), 냉각장치 및 냉각장치 및 압축기(Cooling equipment & compressor), 레이다 통제기(Radar controller), 신호발생장비(Signal generator), 수신기조립체(Receiver assembly), 출력송신장치(Power transmitter) 순으로 고장이 많이 발생하였다. 이 중 냉각장치 및 압축기는 현 레이다의 냉각장치 구성품과 기능 및 구조가 유사한 것으로 식별되었으며, 이는 액체를 냉각하는 Level 3의 판형열OOO조립체(Plate heat

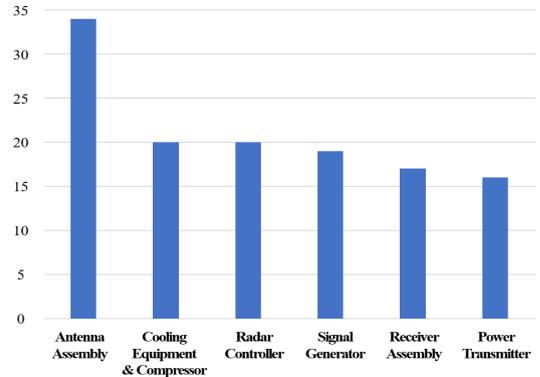


Fig. 4. Subcomponent failure status of RADAR

Table 1. MTBF data for sub-components of the cooling unit

level	Item	MTBF(H)
2	Cooling unit	5,000
3	Power OOO module	30,000
3	Cooling OOO module	35,000
3	Cover OOO assembly	72,000
3	Sensor OOO assembly	110,000
3	Coolant OOO assembly	123,000
3	Compressor OOO assembly	175,000
3	Liquid OOO assembly	206,000
3	Refrigerant OOO assembly	255,000
3	Oil OOO assembly	573,000
3	Plate heat OOO assembly	990,000
3	Flow OOO assembly	1,070,000
3	Fluid OOO assembly	1,200,000
3	Condenser OOO assembly	1,280,000
3	Piping OOO assembly	1,900,000
3	Coolant OOO pump assembly	5,050,000

OOO assembly)와 압축공기를 발생하는 Level 3의 압축기OOO조립체(Compressor OOO assembly)로 판단된다.

2.3 신뢰도를 이용한 방법

신뢰도를 이용한 방법은 탐색개발 혹은 체계개발 초기에 개념설계를 바탕으로 최초 신뢰도를 분석하게 되는데, 신뢰도 척도인 MTBF를 이용하여 센서를 추론하는 것이다[10]. 레이다의 냉각장치를 대상으로 CBM+ 관련

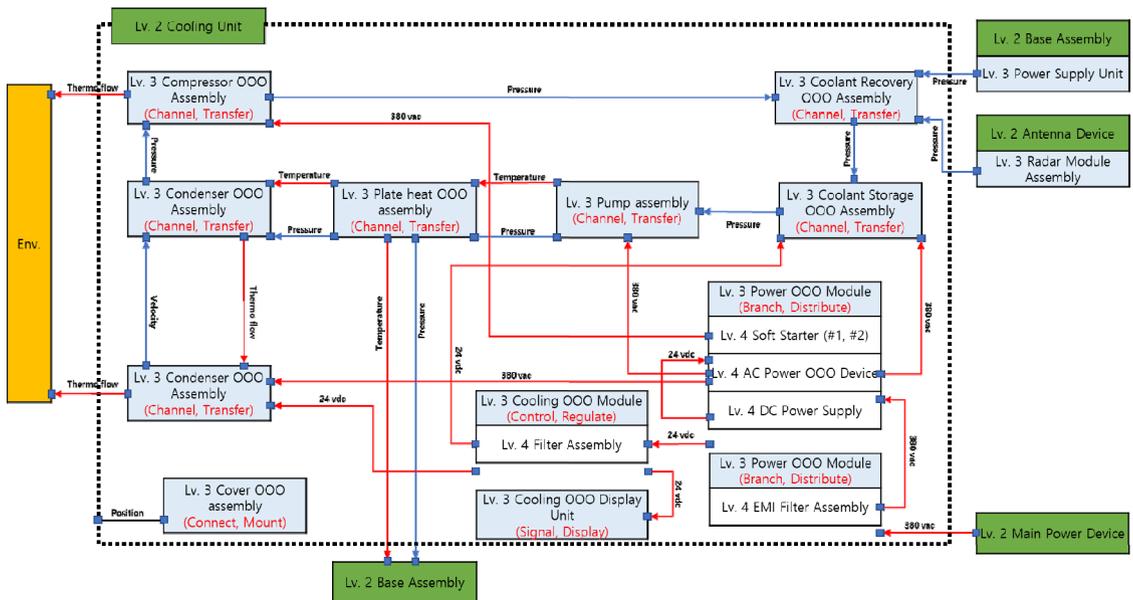


Fig. 5. Sensor reasoning task

센서와 부착 위치 추론을 위해 Table 1과 같이 MTBF가 낮은 순서로 Level 2의 냉각유닛(Cooling unit)을 분류하였다. MTBF 1년(8,760 h)을 기준으로 고장다빈도품목을 선정하였으며, 전력OOO모듈(Power OOO module), 냉각OOO모듈(Cooling OOO module) 및 덮개OOO조립체(Cover OOO assembly)가 식별되었다. 그러나, 덮개OOO조립체는 고장발생빈도는 높으나 핵심기능을 수행하지 않는 품목이므로 제외하였으며, MTBF를 고려하였을 때 핵심품목을 Level 3의 전력OOO모듈과 냉각OOO모듈로 선정하였다.

3. D-FMEA 기반 기능흐름 분석

기능흐름에 기반한 D-FMEA 수행은 기능적 고장을 고려한 감시대상과 감시방법의 도출을 의미하며, 적합한 센서를 추론하여 고장 전과정에 따라 진단규칙을 결정한다[4]. 그리고, 감시방법 도출과정은 기능과 관련된 입력과 출력 흐름을 분석하여 도출된 인터페이스 관계로부터 D-FMEA 방법론을 따라 분석할 수 있다[5,6]. 이와 같이 D-FMEA 분석을 활용하면 고장에 영향을 미치는 요소를 판단할 수 있는 센서와 부착위치 추론이 가능해진다.

기능과 관련된 입출력 흐름을 Fig. 5와 같이 바운더리 다이어그램으로 나타내었으며, 주요 관심 범위는 점선으로 경계를 표현하였고, 점선 내·외부의 상호작용을 표시하

였다. 냉각유닛은 주전원장치로부터 전력을 공급받아 냉각수를 순환시키는 예열시스템으로 물질의 질량 유량을 압력으로 변환하는 기능을 수행한다. 이러한 기능은 그림에서 표시된 질량 유량의 순환과 물질의 상태변화에 대해 실선으로 나타낸 에너지 변환 및 손실로 정의할 수 있다. 에너지 손실은 열의 형태로 나타나기 때문에 판형열OOO조립체, 응축기 OOO조립체, 압축기OOO조립체, 펌프 OOO조립체에서의 압력 유동을 펌프OOO조립체 및 판형열OOO조립체를 통해 외부로 배출하도록 표현된다.

냉각유닛을 대상으로 분석한 결과 판형열OOO조립체의 D-FMEA 결과를 Table 2에 나타내었으며, 판형열OOO조립체의 반복적인 압력으로 인한 피로, 높은 압력으로 인한 과부하, 외부 충격 및 동파 등의 원인으로 고장이 발생하고, 전열판과 접합부 균열 및 파손으로 이어질 수 있다[11]. 큰 압력강하 발생 시 1차측 흐름이 불충분하게 되며, 열원이 충분하지 않아 유로 형성이 불가능하고, 2차측 출구 온도가 기준을 충족할 수 없게 되어 열교환 성능이 떨어진다.

압축기OOO조립체의 D-FMEA 결과를 Table 3에 나타내었으며, 압축기로 기준 이상의 액냉매가 흘러들어오는 액백(Liquid back) 현상과 윤활유 부족 및 점도변화로 고장이 발생하게 된다. 고장모드로는 다량의 액냉매가 압축기로 흘러 들어올 시 흡입변 및 토출변의 파손과 함께, 밸브변판의 개스킷 파손 혹은 크랭크축 파손을 일으킬 수 있다[12,13].

Table 2. D-FMEA for plate heat OOO assembly

Potential failure mode	Potential effect of failure	Potential cause of failure	Sensor
Thermal plate cracking and failure	Deterioration in heat exchange performance	Fatigue due to repetitive pressure	Thermistor
	Inability to form flow path	Overload due to high pressure	Thermistor
	Impaired pressure maintenance performance	External impact and freezing	Pressure sensor
Joint detachment	Inability to form flow path	Fatigue due to repetitive pressure	Thermistor
Joint cracking and failure	Impaired pressure maintenance performance	Overload due to high pressure	Thermistor
	Inability to sustain thermal plate bonding	External impact	Pressure sensor

Table 3. D-FMEA for compressor OOO assembly

Potential failure mode	Potential effect of failure	Potential cause of failure	Sensor
Intake, exhaust valve damage	Impaired pressure maintenance performance	Lubricant Insufficiency, Viscosity Variation	Pressure sensor
Gasket failure			
Crankshaft damage	Inability to maintain optimal temperature	Liquid back	Thermistor

Table 4. D-FMEA based sensor list for cooling unit

Item	Sensor	Location
Plate heat OOO assembly	Thermistor	Inlet & outlet plate
	Pressure sensor	Housing
Compressor OOO assembly	Thermistor	Intake manifold
	Pressure sensor	Crankcase
Power OOO module	BIT	PCB
Cooling OOO module	BIT	PCB

4. 고찰

유사장비의 운용자료와 신뢰도를 통해 감시대상이 결정하고, D-FMEA 결과와 기능 모델을 통한 고장관련 파라미터로부터 센서와 부착위치를 추론할 수 있다. 감시대상은 유사장비의 운용자료를 통해 판형열OOO조립체와 압축기OOO조립체를 도출하였으며, 신뢰도를 이용하여 전력OOO모듈과 냉각OOO모듈을 선정하였다. D-FMEA 결과와 기능 모델을 통해 추론된 센서와 부착위치는 Table 4와 같이 표시할 수 있다.

판형열OOO조립체는 입출구에 온도센서로 온도를 측정하여 압력강하가 발생하는지 감시할 수 있으며, 외부 충격으로 인한 파손은 케이스에 압력센서를 부착하여 압력변동의 감시를 통해 상태를 평가할 수 있다. 또한, 압축기OOO조립체는 액백현상의 경우 흡입측 배관의 온도센서에 의한 과열을 측정하여 액냉매의 압축기로 유입을 감시할 수 있으며, 윤활유의 부족과 점도 변화의 경우 크랭크케이스에 압력센서를 부착하여 압력변동의 감시를 통해 상태를 평가할 수 있다. 그리고 전력OOO모듈과 냉각OOO모듈은 신호처리 및 제어를 수행하는 품목으로 인쇄회로기판(회로카드조립체)으로 구성되어 있으며, 이는 BIT(Built-In-Test)에 의한 데이터 감시를 통해 상태 기반정비로 확장하는 것이 합리적이라고 판단된다.

5. 결론

무기체계에 CBM+를 적용하기 위해서는 설계 초기 단계에서 감시대상과 감시방법을 선정하는게 중요하다. 이러한 방법론의 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 이에 따라 레이다의 냉각장치를 대상으로 CBM+를 적용하기 위해 대상 품목과 센서 추론 방법론을 제시하였다. 얻어진 결과는 첫째, 레이다 냉각장치의 CBM+ 적용을 위한 대상 품목은 유사장비의 운용자료와 신뢰도를 이용한 방법의 활용이 가능하며, 센서추론은 D-FMEA기반 기능 흐름 분석으로 도출이 용이하다. 둘째, 유사장비의 운용자료를 이용한 방법에서는 감시대상으로 판형열OOO조립체와 압축기OOO조립체가 도출되었으며, 이들 조립체 모두 온도센서와 압력센서가 추천된다. 셋째, 신뢰도를 이용한 방법에서는 감시대상으로 전력OOO모듈과 냉각OOO모듈이 도출되었으며, 이들 조립체 모두 BIT에 의한 데이터 감시를 통해 CBM+로 확장할 수 있다.

제시된 방법론은 시스템의 기능에 기반한 분석을 통해

상태를 모니터링하고 진단해야 할 대상 품목의 선정과 D-FMEA 분석을 통해 고장에 영향을 미치는 파라미터를 측정하기 위한 센서를 추론하였으며, 다양한 무기체계에 도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

References

[1] USDoD, "Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook", pp. 6-10 2018.

[2] MIMOSA, "Open Systems Architecture for Condition-based Maintenance primer", pp. 2-12, 2006.

[3] DTaQ, "KM-SAM RAM Analysis Report", Defense Agency for Technology and Quality.

[4] B. C. Shin and J. W. Hur, "A Study of Sensor Reasoning for the CBM+ Application in the Early Design Stage," Journal of the Korean Society of Systems Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 84~89, June, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14248/JKOSSE.2022.18.1.084>

[5] Y. umeda, S. kondoh, Y. shimomura, and T. tomiyama, "Development of design methodology for upgradable products based on function-behavior-state modeling," Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 19, No. 3. Cambridge University Press, pp. 161-182, August, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890060405050122>

[6] Stone, R. B., Tumer, I. Y., Van Wie, M., "The Function Failure Design Method" ASME Journal of Mechanical Design, pp. 127-397, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.1862678>

[7] Kirschman, C. F., Fadel, G. M., Jara Almonte, C. C., "Classifying Functions for Mechanical Design", Journal of Mechanical Design, ASME, Vol. 120, No. 3, pp. 475-482, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.2829176>

[8] MIL-STD-1629A, "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis," U.S. Department of Defense, pp.18-28, 1998.

[9] K. D. Shin, L. S. Jin, "A Validity on the Selection Criteria of Weapon System Core Parts", Military Operations Research Society Of Korea, Vol.41, No.1 pp.1-14, 2015.

[10] I. H. Chung, H. Y. Lee, Y. I. Park, "Reliability Evaluation of Weapon System using Field Data: Focusing on Case Study of K-series Weapon System," Journal of Korean Society for Quality Management, Vol. 40, No. 3, pp. 278-285, September, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2012.40.3.278>

[11] B. J. Sung, T. K. Park, C. K. Yang, J. W. Seo, "Reliability evaluation of brazed plate heat exchanger", Journal of The Korean Reliability Society, pp. 255-259, May, 2014.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:100989647>

[12] Purnama, H. C., Herdiman, L., Susmartini, S., "Maintenance Improvement Through Implementation of RCM and FMECA on Cooling Unit Radar System", Avdancesin Engineering Reaserch, pp. 214-224, 2023. DOI: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-284-2_26

[13] Suharjo, Bambang, Okol Sri Suharyo and Adi Bandono. "Failure mode effect and criticality analysis (fmeca) for determination time interval replacement of critical components in warships radar", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 97, No. 10, 2019. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:204749090>

이 준 혁(Joon-Hyuk Lee)

[준회원]



- 2017년 3월 ~ 2023년 2월 : 금오공과대학교 기계시스템공학과 (학사)
- 2023년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계공학과 (석사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

정 선 우(Sun-Woo Jeong)

[준회원]



- 2017년 3월 ~ 2023년 2월 : 금오공과대학교 기계시스템공학과 (학사)
- 2023년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계공학과 (석사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

박 수 연(Su-Yeon Park)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 2024년 2월 : 금오공과대학교 기계공학과 (학사)
- 2024년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계공학과 (석사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

신 동 길(Dong-Gil Shin)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계시스템공학부 (학사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

박 희 범(Hee-Beom Park)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계시스템공학부 (학사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

유 한 서(Han-Seo Ryu)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 2003년 2월 : 동양대학교 정보통신공학과 (학사)
- 2002년 11월 ~ 현재 : 한화시스템 IPS팀

<관심분야>

시스템엔지니어링, IPS공학, RAM-C, CBM+

김 민 규(Min-Gyu Kim)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 재학중 : 금오공과대학교 제어로봇전공 (학사 재학)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

김 민 섭(Min-Seop Kim)

[정회원]



- 2013년 3월 ~ 2020년 2월 : 금오공과대학교 기계시스템공학과 (학사)
- 2020년 9월 ~ 2022년 8월 : 금오공과대학교 기계공학과 (석사)
- 2022년 5월 ~ 현재 : 한화시스템 IPS팀

<관심분야>

IPS공학, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

허 장 욱(Jang-Wook Hur)

[정회원]



- 1992년 10월 ~ 1995년 9월 :
일본 동경공대 기계물리공학과
(박사)
- 2009년 1월 ~ 2011년 12월 :
방사청 KHP사업단 체계종합/사업
총괄담당 (중령)
- 2012년 3월 ~ 2012년 8월 : 탄약
사 기술관리처장(대령)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계시스템공학과
교수

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+