

한국형 무기체계 상태기반정비(CBM+) 적용을 위한 절차 연구

이선우¹, 이승욱², 박갑조², 허장욱^{1*}

¹금오공과대학교 기계공학과(항공기계전자융합공학전공), ²(주)한화시스템

A Study on the Procedures for the Application of Korean Weapon System Condition Based Maintenance(CBM+)

Seon-Woo Lee¹, Seung-Uk Lee², Gap-Jo Park², Jang-Wook Hur^{1*}

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

²Hanwha Systems Co., Ltd

요약 4차 산업혁명과 정보통신기술의 급격한 발전으로 국방군수분야에서는 AI 기반 군수혁신을 위해 다양한 기술을 적용하려는 시도를 하고 있다. 이를 위한 기술로 센서 데이터를 통해 장비의 고장상태를 진단하고 예측하여 의사결정을 지원하는 정비 및 보급 개념인 상태기반정비(CBM+)를 적용토록 각종 훈령에 명시되어 있으나, 수행 절차 등의 세부 지침이 명시되어있지 않아 개발 시 적용에 어려움이 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 CBM+ 적용을 위한 관련 기관들의 업무분장과 함께, CBM+ 개발실무자가 소요제기로부터 운용유지단계까지 한국형 CBM+ 적용을 위한 업무절차를 제시하였다. 해당 업무절차를 기반으로 신규 연구개발될 무기체계에 CBM+를 적용하는데 있어서 구체적인 업무정립을 기대한다.

Abstract With the Fourth Industrial Revolution and the rapid development of information and communication technology, the defense field is attempting to apply various technologies for AI-based military innovation. As a technology for this, various instructions request the application of condition-based maintenance (CBM+), a maintenance and distribution concept that supports decision-making by diagnosing and predicting equipment failure through sensor data. Despite this, it is difficult to apply it when developing because detailed guidelines, such as implementation procedures, are not specified. Therefore, in this paper, CBM+ development practitioners present a work procedure for applying Korean CBM+ from the required filing to the operational maintenance stage, along with the division of work of related organizations for CBM+ application. Based on the work procedure, it is expected to establish specific work in applying CBM+ to weapon systems to be newly researched and developed.

Keywords : CBM+, Condition Based Maintenance, Condition Monitoring System, RCM, Weapon System Maintenance

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업(IITP-2024-2020-0-01612, 50%)과 2023년도 한화시스템(주)의 재원을 지원 받아 수행된 연구임(50%).

*Corresponding Author : Jang-Wook Hur(Kumoh National Institute of Technology)

email: hhjw88@kumoh.ac.kr

Received March 11, 2024

Revised April 11, 2024

Accepted May 3, 2024

Published May 31, 2024

1. 서론

4차 산업혁명의 핵심기술은 대표적으로 빅데이터 분석, 인공지능, 사물인터넷, VR/AR 혹은 이를 융합한 디지털 트윈과 같은 정보통신기술(ICT)의 융합으로 구성되어 있고, 통신망으로 연계된 고성능 컴퓨팅 능력과 방대한 데이터들을 활용하여 효율성을 높이는 기술들이 활용되고 있다. 가속화되는 4차 산업혁명에서 국방군수분야 또한 '국방혁신 4.0'을 통한 AI 기반 군수혁신을 목표로 하고 있으며[1], 이를 위한 기술 중 하나로 상태기반정비(CBM+, Condition Based Maintenance Plus)를 채택하여 '국방전력발전업무훈련'과 '총수명주기관리업무훈련'에서 수행 내용과 필요성을 언급하고 있다. 또한, 2023년 12월 말에 방위사업청 예규 제893호로 '무기체계 디지털 트윈 활용 지침'이 제정되었으며, 지침에서는 디지털 트윈의 적용 목적을 운용유지비를 낮추고 CBM+와 연계하여 가동률을 높이는데 두고 있다.

CBM+는 센서 등을 통해 획득한 데이터를 분석하여 예측 정비를 수행하는 기술로 예측 정비를 통해 불필요한 예방정비를 줄여 가용도를 높이고 운용유지비를 최소화하는 것이 목표이며[2], 기술의 발전으로 정보화, 지능화된 인프라가 확보됨에 따라 기존 처리하기 힘들었던 대용량의 정보를 고장 진단 및 예측에 활용할 수 있어 중요성이 커지고 있다[3]. 하지만 각종 훈련에 CBM+ 수행 업무에 대한 업무분장과 구체적인 절차 등이 명시되지 않아 국내 무기체계 개발 시 적용에 어려움이 있다[4]. 따라서 본 연구에서는 CBM+ 개념과 특징을 조사하였으며, 국내·외 CBM+ 관련 규정 및 지침을 설명하고, 이를 바탕으로 한국형 CBM+ 적용을 위해 소요군, 방위사업청, 연구개발주관기관 등의 업무분장을 제시하였으며, 규정과 지침을 바탕으로 소요제기로부터 운용유지단계까지 한국형 CBM+ 적용을 위한 획득단계별 업무절차를 제시하였다.

2. CBM+ 개념 및 특징

2.1 CBM+ 개념

빅데이터를 이용하여 머신러닝을 수행하는 인공지능 기술에 대한 관심이 높아지면서, 센서 데이터를 통해 장비의 고장상태를 진단하고 예측하여 의사결정을 지원하는 정비 및 보급 개념인 CBM+가 핵심기술 중 하나로 주목받고 있다. 미군의 고장유형 분석 연구에 따르면, Fig. 1에 나타난 바와 같이 시스템의 고장유형을 6가지의 형태로 분류하고 있다[5]. 운용 시간이 증가하면서 고장률이 증대하는 A, B, C의 3가지 고장유형은 전체 중 최대 23%까지 차지하고 있으며, 이러한 형태의 고장 발생은 사전에 계획된 일정에 따라 예방정비 수행이 효과적이다. 반면에, 최대 89%까지 차지하고 있는 D, E, F의 고장유형은 고장과 운용 시간이 무관하여 고장 발생에 대한 예측이 어려워 계획된 일정에 따른 예방정비의 효과가 떨어진다.

이와 같은 고장유형으로 인해 무기체계에 대한 정비 형태는 Table 1과 같이 과거 고장이 발생하면 복구하는 사후정비 개념에서 계획된 운용 시간 혹은 운용횟수에 따라 정비하는 예방정비를 거쳐, 시스템의 상태 모니터

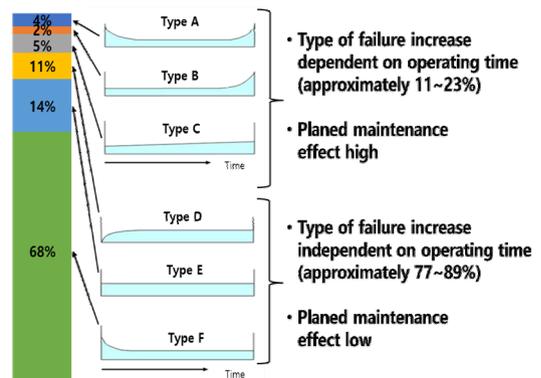


Fig. 1. Failure category of products[5]

Table 1. System failure types

Reactive	Proactive maintenance		
	Preventive	Predictive	
Run to fail	Scheduled	Diagnostic	Prognostics
Fix when it breaks	Regular maintenance inspection / repair	According to items state	According to remaining useful life
System failure	Prevent failures	Maintenance action minimize by diagnostics	Predicting failures for just in time maintenance

링을 통해 고장징후를 확인하여 고장 발생 이전에 정비를 수행하는 예측 정비의 개념으로 발전하고 있다[6]. 따라서, CBM+는 Fig. 2와 같이 CBM에 신뢰도 중심정비(RCM, Reliability Centered Maintenance)의 행정 요소를 포함하는 기술 정책이며, 정보기술과 센싱 기술의 발전에 따라 무기체계의 상태를 진단 및 예측하는 활동이다[7]. 이에 따라, CBM+는 건전성 예측 및 관리(PHM) 개념을 적용하여 데이터에 기반한 시스템의 이상 상황 감지 및 분석을 통해 고장 시점을 사전에 예측함으로써, 고장 발생 전 정비를 수행하는 등의 업무들이 요구된다.

2.2 CBM+ 특징

최근 고도화된 기술 적용으로 시스템의 수명주기 비용이 증가하고 있어 이를 최소화하려는 시도가 필요하다. 이러한 수명주기비용 중 운용유지 비용이 약 60% 이상을 차지하고 있으며[8], 이를 절감하고 가동률을 향상시키기 위해서는 높은 신뢰도를 확보해야 한다. 무기체계의 CBM+ 적용은 신뢰도 기반 분석 자료로부터 핵심부

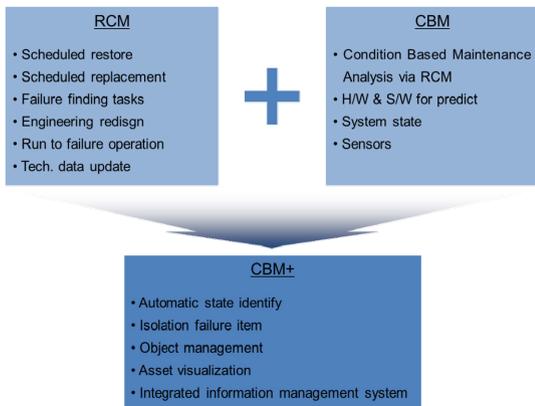


Fig. 2. CBM+ concept

Table 2. Effects of CBM+ application

	Details
Goal	<ul style="list-style-type: none"> - Automated fault diagnosis and fault separation - Determining the remaining life expectancy of the system - Predictability and productivity improvement - Improve accuracy of prediction of required repair parts
Benefit	<ul style="list-style-type: none"> - Improving the reliability and safety of the system - Increase the utilization rate by reducing the non-operable time - Reduce life cycle costs by reducing maintenance costs - Improving system efficiency

품 혹은 고장 다빈도 품목을 선정하고, 체계 운용에 치명적인 고장모드와 관련된 파라미터를 관찰하여 고장이 발생하기 이전에 여러 가지 고장징후를 발견할 수 있다. 즉, 센서로부터 실시간 데이터를 확보하고, 각종 상태 진단 및 예측 알고리즘을 통해 정량적으로 평가하기 때문에 Table 2에 나타난 바와 같이 무기체계의 신뢰도 개선이 가능하며, 예방정비의 효율적인 수행으로 최적화된 인력 운용이 용이하다. 또한, 수리부속의 수요량 예측 정확도를 향상시켜 비용 절감을 기대할 수 있다.

3. 국내·외 관련 지침

3.1 미국

미 국방성은 CBM+를 단일 프로세스가 아닌 다양한 프로세스를 통합하여 가장 효율적인 방법으로 전투준비태세를 갖출 수 있도록 하는 전략으로 고려하고 있다[9]. 특히, CBM+는 기존의 CBM에 대해 RCM 분석을 기반으로 정보 시스템 기술 등의 활용을 요구한다. 미 국방성 CBM+ 가이드북에서는 이러한 CBM+ 업무절차를 Fig. 3과 같이 CBM+ 계획수립 및 기술 선정 단계, CBM+ 구현단계, CBM+ 운용단계로 구분하며, 다음과 같은 세부 활동을 제시하고 있다. 먼저, 계획수립 및 기술 선정 단계에서는 CBM+ 적용 계획을 수립하며, RCM과 신뢰도 분석 활동 및 대상 품목을 선정한다. 그리고, 구현단계에서는 센서, 통신, 데이터 저장과 같은 기술을 적용하고, 상태관리 S/W를 개발하며, 사용자 교육이 이루어져야 한다. 마지막으로 운용단계에서는 야전 운용 데이터를 모니터링하고 분석을 수행하며, CBM+ 성과지표의 달성 여부를 점검하여 최적의 정비체계 구현을 추구하여야 한다.

3.2 한국

국방부의 '국방전력발전업무훈령' 제88조(전력화지원요소 확보지침) 11항에 따르면, 소요군은 소요제기 시 무기체계 센서 부착 및 데이터 자동수집장치 확보 등 센서 데이터를 활용한 CBM+에 대한 소요를 제기할 수 있도록 하고 있다[10]. 또한 방사청은 CBM+와 관련된 소요를 선행연구 및 탐색개발 단계에서 소요군과 협의하여 확정하고, 체계개발단계에서 반영할 수 있도록 하였다. 아울러, 동 훈령 제4조(수명주기관리 업무) 5항에는 CBM+의 세부 기준, 절차 등이 「총수명주기관리업무훈령」에 따르도록 명시되어 있다.

'총수명주기관리업무훈령' 제38조(체계지원관리) 2항

에는 주장비의 가동률(운용가용도) 향상 및 수명주기 비용 감소를 위해 신규 대상뿐만 아니라 기전력화 대상 장비를 포함하여 CBM+ 방안에 대한 전략을 수립하도록 기술하고 있다[11]. 또한, 동 훈령 제39조(연구 및 설계 반영) 2항에는 체계 운영유지비 절감 및 가용도 향상을 위한 정비성 설계 활동으로 CBM+ 를 적용하여 고장 진단 및 예지를 통한 조기 고장 식별을 명시하고 있고, 동 훈령 제36조 및 제52조와 관련하여 수명 주기 단계별 CBM+ 활동을 Table 3과 같이 제시하고 있다.

4. CBM+ 관련 인프라 및 업무절차 정립

4.1 관련기관 업무분장

CBM+ 적용을 위한 각 군, 합참, 방위사업청, 정부 출연기관 및 개발주관기관의 관련기관 업무분장(안)을 Table 4에 나타내었다. 먼저, 각 군은 무기체계 소요제기 시 CBM+ 적용 여부를 소요제기서에 포함하여 합참에 제출하여야 한다. 합참은 이를 근거로 소요를 결정하고, 시험평가기본계획서(TEMP) 및 개발시험평가계획서

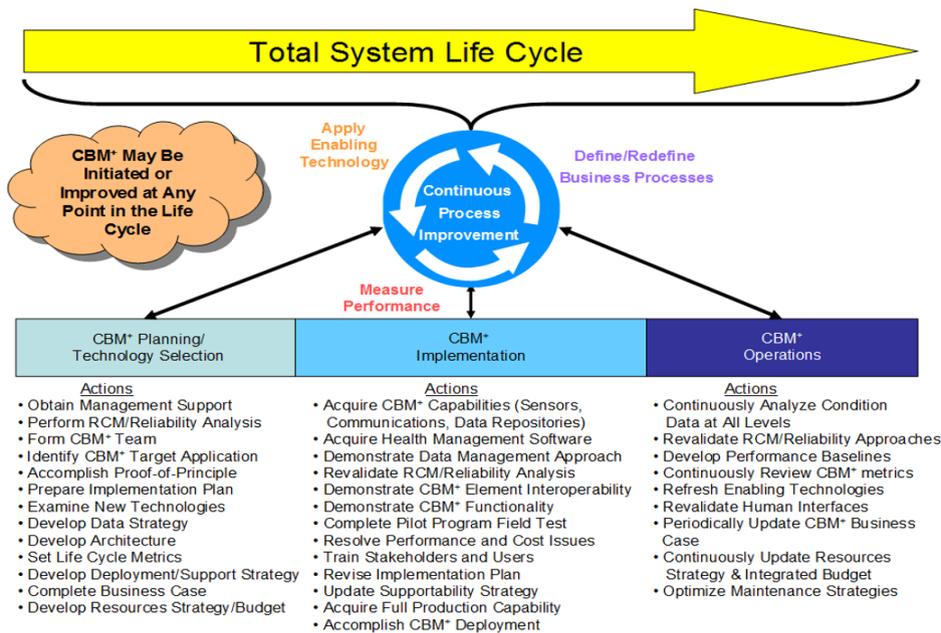


Fig. 3. CBM+ activities in total life cycle[9]

Table 3. IPS factor-specific activities over the total life cycle

IPS factor	Step	Details
Product support management	Demand/determine requirement	- Establish the IPS requirement(development of system support strategies : appropriate system application stage, PBL / CLS, self-failure diagnosis, CBM+, etc.)
Research and design reflections	System development / Production	- Reflected design of reliability and maintenance to reduce maintenance costs and improve availability of weapon systems • Reflect maintenance design : reflected design for early fault identification through fault diagnosis and prognosis • Expansion of self-failure diagnosis capabilities and application of condition-based maintenance (CBM+)
Maintenance plan and management	Exploratory development	- Development plan for diagnostic and prognostic functions (BIT, test equipment, CBM+) for identifying the items causing the failure and predict the remaining useful life/action
	Full scale development / production	- Development and management of diagnostic and prognostic functions (self-failure diagnosis, condition-based maintenance(CBM+), test equipment) for identifying items that cause failure and predicting remaining useful life/action
	Operating and support	- Failure diagnosis and prognosis management (preventive maintenance and inventory measures by predicting the remaining useful life of failed parts, etc)

Table 4. The division of duties of related institutes for CBM+ application

Ministry & Administraion		Details
Requirement military		<ul style="list-style-type: none"> - Requirement for application CBM+ weapon systems - Offer operation data of similar weapon systems - Reviewing CBM+ Application Plan(draft) - Reviewing CBM+ work-related output
Joint chiefs of staff		<ul style="list-style-type: none"> - Determination of weapon system application requirements for CBM+ - Reflections of CBM+ related test & evaluation master plan, development test & evaluation plan - Coordination and control of CBM+ test evaluation work
Defense acquisition program administration	Department for planning & coordination	- Establishment and implementation of job training plan for CBM+ work-related office
	Defense industry policy division	<ul style="list-style-type: none"> - Coordination and control of task among CBM+ related organizations - Coordination and control of CBM+ tasks by acquisition phase - Publication and management of CBM+ business guidelines and business manuals
	Defense technology policy & security bureau	<ul style="list-style-type: none"> - Generalization and system development of major policy and planning for CBM+ - Development of roadmap for the application of CBM+ technology phase acquisition task - Review, coordination and control of mid- and long-term plan and budget formulation related to CBM+
	Integrated product team	<ul style="list-style-type: none"> - Make requirements for CBM+ application - Reviewing and approving CBM+ application plan(draft) - CBM+ business management in the weapon system acquisition phase - Reviewing and management CBM+ work-related output
Government-funded / government-contributed research institute	Agency for defense development	<ul style="list-style-type: none"> - Support for CBM+ policy and system development - Reviewing CBM+ application plan(draft) - Reviewing CBM+ work-related output
	Defense agency for technology & quality	<ul style="list-style-type: none"> - Reviewing CBM+ Application Plan(draft) - Reviewing CBM+ work-related output - Data management on results of application to CBM+ and output
	Defense rapid acquisition technology research institute	<ul style="list-style-type: none"> - Reviewing CBM+ Application Plan(draft) - Reviewing CBM+ work-related output
	Korea research institute for defense technology planning & advancement	<ul style="list-style-type: none"> - Review of CBM+ application target(draft) and presentation of performance indicators(draft) during prior research survey and analysis - Policy and planning support for CBM+ in the field of defense technology research and development projects - Reviewing CBM+ application plan(draft) - Reviewing CBM+ work-related output
Research and development agency (ADD, defense company)		<ul style="list-style-type: none"> - Make and support of CBM+ related test and evaluation master plan(draft) and development test and evaluation plan(draft) - Reviewing all matters related to setting CBM+ performance indicators(draft) - Reviewing CBM+ application plan(draft) - Perform development phase CBM+ task - Standardization and shape management related to CBM+

에 반영하며, CBM+ 시험평가 업무를 조정·통제하여야 한다. 그리고, 방위사업청은 CBM+의 관련기관 간 업무와 획득단계별 CBM+ 업무의 조정·통제를 수행하며, CBM+ 업무지침과 업무편람 발간 등을 하여야 한다. 또한, CBM+에 대한 주요 정책·기획의 총괄 및 제도발전과 함께, CBM+의 획득업무 적용 로드맵 작성과 CBM+ 관련 중기계획 반영 및 예산편성에 관한 검토·조정 및 통제를 수행하여야 한다. 특히, IPT는 CBM+ 적용계획을 사업 추진 기본전략, 탐색 및 체계개발실행계획서 등에 포함하고, 무기체계 획득 단계별 CBM+ 업무관리를 실시하여야 한다. 또한, 국과연, 기품원, 신속원 및 국기

연은 CBM+ 적용계획(안)과 CBM+ 업무 관련 산출물을 검토하여 IPT를 지원하여야 한다. 마지막으로, 연구개발 주관기관(국과연, 업체)은 CBM+ 관련 TEMP(안)과 개발 시험평가계획서(안)를 작성하고, CBM+ 성과지표(안) 설정 관련 제반 사항을 검토하며, CBM+ 적용계획을 수립·시행하여야 한다.

4.2 인프라 구축

무기체계에 CBM+적용을 위해서는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 제도, 기술, 장비, 및 도구 측면에서 인프라 구축이 필요하다. 먼저, 제도 분야에서 국방전력발전업무

훈령 뿐만 아니라 방위사업관리규정도 CBM+ 적용의 필요성과 기관별 업무분장에 대한 내용이 반영되어야 한다. 또한, 한국형 CBM+와 RCM에 관한 가이드북을 작성하고, 예측 정비의 근간을 이루는 운용 및 정비데이터를 수집하는 체계를 강화하여야 한다. 두 번째로 기술 분야에서는 공학적 분석을 기반으로 무기체계의 건전성을 예측하고 관리하는데 필요한 데이터 수집과 알고리즘을 통한 잔존수명 예측을 수행하는 분석기술을 발전시켜야 한다. 세 번째로 그리고, 도구 분야에서는 데이터 획득을 위한 다양한 센서들과 전자식기술교범(IETM)을 포함한 휴대용 정비 보조장비(PMA) 등을 개발하여 정비지원의 효율성을 높이고, 국방군수통합정보체계(DELIIS)를 개선하여 고장원인과 고장모드를 확인할 수 있는 상태 데이터가 수집될 수 있어야 한다. 마지막으로, 장비 분야에서는 적용이 용이한 지상 무기체계인 전차, 장갑차 등으로부터 해상 무기체계인 함정과 항공무기체계인 항공기 등으로 점차 확대할 수 있도록 단계화된 추진계획(Master Plan) 수립이 필요하다.

4.3 적용 단계별 CBM+ 수행업무

소요제기/결정 단계에서 각 군 등은 Table 5에 나타난 바와 같이 센서부착 및 데이터 자동수집장치 확보 등

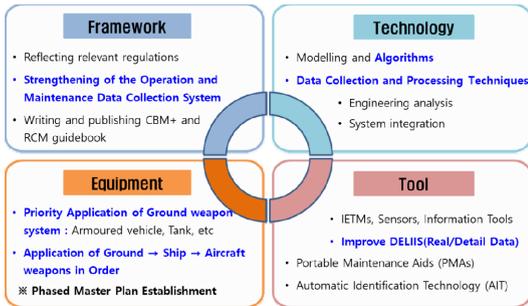


Fig. 4. Infrastructure for CBM+

을 통해 CBM+ 적용이 필요한 대상 무기체계를 제시하고, 국기연은 선행연구 조사·분석을 통해 무기체계에 대한 CBM+ 적용 개발 가능성, 국방과학기술수준, 기술적·경제적 타당성 분석, 비용 대 효과 분석 등을 수행하여야 한다. 그리고 방사청의 IPT는 CBM+ 적용 관련 소요 예산 파악, 국방 중기계획 반영 및 예산편성을 실시하며, CBM+ 적용 대상 품목과 성과지표 등을 포함한 CBM+ 적용방안을 사업 추진 기본전략에 반영해야 한다.

탐색개발 혹은 체계개발 초기에는 표에 나타난 바와 같이 선행연구단계에서 도출된 적용 대상 품목(안)과 성과지표(안) 등을 구체화하고, CBM+ 적용에 대한 개략적인 계획을 포함한 기본전략을 수립하여야 한다. 따라서, CBM+ 적용 대상 무기체계의 RCM 및 신뢰도 분석을 통해 체계의 고장 원인과 고장모드를 확인하고, CBM+ 적용 대상 품목에 대한 센서와 부착 위치가 검토가 되어야 하며, 성과지표에 대한 구현 가능성 분석 등을 실시하여야 한다.

체계개발 후기 단계에는 CBM+ 적용 대상 품목에 대해 센서, 통신, 데이터 저장, 분석, 고장 진단 및 예지와 같은 CBM+ 기술들을 적용하고, 시험평가를 거쳐 개발을 완료한다. 주요 업무는 표에 나타난 바와 같이 핵심 품목 혹은 고장 다빈도 품목 등을 대상으로 선정된 센서로부터 At/On/Off 시스템 등의 데이터 수집 방안과 저장장치 구성을 설계하여 데이터를 획득하고, 저장된 데이터는 고장 진단 및 예지 활동을 위해 최적의 알고리즘을 선정해야 하며, 무기체계 운용 요원 및 정비 요원을 위한 고장 진단 및 예지 관련 교육자료가 개발되어야 한다.

운용유지단계에는 CBM+를 운영하면서 최적의 정비체계를 구현하여 가동율을 향상시키고 수명주기비용을 절감하여야 한다. 주요 업무는 표에 나타난 바와 같이 야전에서 운용요원 및 정비요원이 운용데이터의 모니터링을 통해 가용도, 불가동시간, 정비비용 등의 CBM+ 성과 지표 달성 여부를 점검해야 한다. 또한, CBM+를 운용하

Table 5. Step-by-step CBM+ performance task

Exploratory development or early phase of full scale development	End phase of full scale development	Phase of operation and maintenance
<ul style="list-style-type: none"> - Obtain management support - Form CBM+ team - Perform RCM/Reliability Analysis - Identify CBM+ target application - Establishment of CBM+ application plan 	<ul style="list-style-type: none"> - Acquire CBM+ technical capabilities (sensors, communications, and data repositories) - Acquire health management software - Demonstrate data management approach - Demonstrate CBM+ functionality - Train stakeholders and users - Updating various data - Development of CBM+ applied weapon system completed/force Integration 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring / analysis of field operations data - Continuously review CBM+ metrics - Update CBM+ application - Optimize maintenance strategies

면서 저장장치에 축적되는 야전 운용 데이터를 알고리즘 모델에 학습데이터로 업데이트하는 등 고장진단 및 예지의 정확도 향상을 위한 지속적인 활동이 필요하다.

이를 종합하면, 소요제기/결정 단계에서 CBM+ 적용 체계를 결정하고, 탐색개발 및 체계개발 초기에 CBM+ 적용 대상 품목을 선정하며, 체계개발 후기에 센서, 통신, 데이터 저장 및 분석의 기술개발이 요구된다. 또한, 전력화 이후에는 야전의 데이터를 주기적으로 업데이트하여 최신화하는 노력이 필요하다. 이러한 CBM+ 업무는 병력자원의 감소로 군수지원 인력의 감축이 요구되는 환경에 적극적으로 대응하면서, 신규 연구개발 무기체계의 가동률을 향상시키고, 수명주기비용 절감에 기여할 것으로 기대된다.

5. 결론

국방전력발전업무훈령과 총수명주기관리업무훈령에는 신규 연구개발 무기체계에 CBM+를 적용토록 명시하고 있으나, CBM+를 적용하기 위한 세부지침이 없어서 국내·외 관련 지침을 분석하여 한국형 상태기반정비 수행업무를 제시하고자 하였다. 소요군, 방위사업청, 연구개발주관기관 등의 업무분장과 인프라 구축 요소를 제시하여 CBM+ 적용을 위한 체계를 정립하였으며, CBM+를 구현하기 위해 소요제기/결정, 선행연구, 탐색/체계개발 및 운용유지 단계에서 수행해야 할 업무를 도출하였다. 소요제기/결정 단계에서 CBM+ 적용체계를 결정하고, 탐색개발 및 체계개발 초기에 CBM+ 적용 대상 품목을 선정하며, 체계개발 후기에 센서, 통신, 데이터 저장 및 분석의 기술개발이 요구된다. 또한, 전력화 이후에는 야전의 데이터를 주기적으로 업데이트하여 최신화하는 노력이 필요하다. 이러한 CBM+는 병력자원의 감소로 군수지원 인력의 감축이 요구되는 환경에 적극적으로 대응하면서, 신규 연구개발 무기체계의 가동률 향상과 수명주기비용 절감에 기여할 것으로 기대된다.

본 논문에서는 획득단계별 수행 업무를 제시하였으나, 업무별 상세 수행내용은 정의하지 않았다. 이는, 대상 품목 및 센서 선정의 경우 적용 무기체계의 특성과 고장유형 그리고 유사무기체계의 자료 유무 등에 따라 적용 가능한 방법이 다양하며, 데이터 분석을 통한 모니터링 시스템 또한 저장 방법과 유무선 통신 방법에 따라 보안 문제 등이 발생할 수 있기 때문이다. 향후에는 CBM+의 대상 품목 선정을 위해 고장 다빈도 품목 및 고장유형을 분

석하고, 품목들의 기능과 에너지 흐름을 검토하여 최적의 센서를 선정하는 방법론을 제시하는 등 수행 업무를 구체화해나갈 예정이다.

References

- [1] Defense Innovation 4.0, p.46, Ministry of National Defense, 2023, pp.22-39
- [2] G. Y. Kim, J. K. Hwang, Y. K. Im, S. W. Ha, "Roadmap Configuration for Technical Elements Acquisition of Military Fixed Wing Aircraft Parts PHM and Verification of Parts Selection Phase", *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 47, No. 9, pp.665-677, 2019
DOI: <https://doi.org/10.5139/JKSAS.2019.47.9.665>
- [3] B. S. Oh, D. S. Shin, Y. H. Lee, J. S. Jang, "Study on Using CBM + for the Commercialization of the Safety Management of Hydrogen Refueling Stations", *Journal of Applied Reliability*, Vol. 23, No. 1, pp.18-31, 2023
DOI: <https://doi.org/10.33162/JAR.2023.3.23.1.018>
- [4] H. S. Jeong, "A Study on the Condition Based Maintenance Development for the Expansion of CBM Adoption in Weapon Systems", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, No. 8, pp. 631-638, 2021
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.8.631>
- [5] F.S. Nowlan, Reliability Centered Maintenance, United Airline, the United States, pp. 1-49
- [6] J. G. Park, Y. S. Jeong, "A Study on the Application of CBM+ FOR Next Generation UAV", *KSAS 2023 Spring Conference*, The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, CA, Korea, pp.52-58, April 2023.
- [7] H. J. Kim, J. C. Kim, S. S. Park, "A study on the application of Electro-Optical Tracking System (EOTS) CBM+ based on Mission Criticality of Naval Combat System", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 24, No. 1, pp.270-279, 2023
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.1.270>
- [8] A. M. Jung, Hyun. J. Kim, Hui. J. K, S. B. Park, "A Study on the RAM-C Analysis for Optimization of Life Cycle Cost of Weapon System", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 23, No. 9, pp.185-192, 2022
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.9.185>
- [9] Department Of Defense, Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook, pp.1-91, 2008
- [10] Ministry of National Defense, Defense Forces Development Guide, pp.2,9,63, 2023
- [11] Ministry of Nation Defense, Total Life Total Life cycle Management Instructions by Ministry of National Defense pp.16-18, 2023

이 선 우(Seon-Woo Lee)

[준회원]



- 2022년 8월 : 금오공과대학교 기계시스템공학과 (학사)
- 2022년 9월 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합공학전공 (석사과정)

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM, CBM+

허 장 욱(Jang-Wook Hur)

[정회원]



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

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM-C, CBM+

이 승 욱(Seung-Uk Lee)

[정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 산업공학과(학사)
- 2006년 12월 ~ 현재 : 한화시스템 IPS팀 수석연구원

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM, CBM+

박 갑 조(Gap-Jo Park)

[정회원]



- 2012년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부 (학사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한화시스템 IPS팀 전문연구원

<관심분야>

시스템엔지니어링, 신뢰성공학, RAM, CBM+