

한국형 무기체계 CBM 적용 및 확대를 위한 상태기반정비 발전방향 연구

정혜수
국방기술품질원

A Study on the Condition Based Maintenance Development for the Expansion of CBM Adoption in Weapon Systems

Hye Soo Jeong
Defense Agency for Technology and Quality

요약 상태기준정비(Condition Based Maintenance, 이하 CBM)는 무기체계 장비 열화 정보를 실시간으로 모니터링 하고, 장비의 운용 이력과 정비 수행 자료를 수집·분석 후 최적의 정비 소요를 도출해 필요한 정비만을 시행하는 최신 정비 형태이다. 한국군 정비에 CBM을 적용하여 무기체계 장비 상태를 분석하고 수명을 예측할 수 있다면, 무기체계 장비 가동률 향상과 정비 비용 절감효과를 기대할 수 있다. 이와 같은 효과를 기대하여 한국군은 CBM을 활용한 무기체계 정비를 수행하고 있으나 현 운용실태는 미흡한 상황이다. 국내·외, 철도, 차량 등 다양한 산업 분야에서 장비 가용성 증대와 고장 발생률 감소를 위한 정비·관리 방안에 관한 연구를 활발히 진행하고 있으나 국방 분야에서 CBM 운용방안을 발전하기 위한 연구는 아직 부족한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 한국형 상태기반정비 적용확대를 위한 제도, 교육 및 기술의 발전 방향과 세부 수행 방안을 제안하여 한국군 정비 방안 발전을 도모하고자 한다. 또한, CBM의 개념과 CBM을 적용한 국내·외 민수·군 정비체계 현황을 조사하고 한국군의 CBM 적용 방안을 고찰하여 제시하였다.

Abstract Condition-based maintenance is a state-of-the-art maintenance strategy that monitors the degree of degradation of weapon systems in real-time, collects and analyzes the operation record and maintenance performance data to derive optimal maintenance requirements, and performs only necessary maintenance. The operation rate of weapons system equipment and maintenance costs can be improved if the status of weapons system equipment can be analyzed, and the life cycle can be predicted through condition-based maintenance in the Korean military. In anticipation of those effects, the Korean military is currently conducting weapons system maintenance using CBM, but its operational status is insufficient. Although there are active studies on maintenance and management plans for increasing the equipment availability and reducing the failure rate in various industries, such as railways and vehicles, there are still insufficient studies to develop CBM management plans in defense. In addition, there has been little research on CBM operational methods. Therefore, this paper suggests the direction of development and detailed implementation of policy, education, and technology to expand the application of Korean-CBM. This study examined the concept of CBM and the status of the civil-military maintenance system applying CBM inside and outside of the country. This paper reports the application plan of the CBM of the Korean military.

Keywords : Condition Based Maintenance, CBM, Weapon Systems, Condition Monitoring, Maintenance

*Corresponding Author : Hye Soo Jeong(Defense Agency for Technology and Quality)

email: hyessoo@dtqa.re.kr

Received May 11, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised June 14, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

최근 빅데이터, 인공지능 등 첨단기술의 발달로 무기체계의 복합 다기능화가 진행되면서 소요군의 무기체계 운용, 정비 등에 어려움을 겪고 있다. 또한, 무기체계 첨단화로 소요군의 무기체계 운용, 정비 난이도는 높아짐에 반해 군 복무기간이 단축되면서 정비병의 전문성 및 숙련도가 낮아져 무기체계 가용성에 대한 우려가 발생하고 있다[2]. 이로 인해 장비가용성 향상과 고장발생을 감소를 위한 무기체계의 정비·관리 방안연구가 활발히 진행되고 있다[2-15].

한국군은 장비의 고장 발생 여부, 정비 이력에 관계없이 특정한 주기가 도래되면 정비를 수행하는 시간기반정비(TBM : Time based maintenance, 이하 TBM)를 주로 실시하고 있으나 최근 상태감시시스템(HUMS : Health and usage monitoring systems, 이하 HUMS), 통합상태조건평가시스템(ICAS : Integrated condition assessment system, 이하 ICAS) 등 정비한 필요한 상태인 경우에만 정비를 수행하는 상태기반정비(CBM : Condition based maintenance, 이하 CBM) 시스템이 군에 도입되면서 CBM에 대한 관심이 대두되고 있다.

한국군 정비 분야의 중요한 과제인 정비비용 절감과 장비가동률 향상을 위해 군에서는 CBM 개념을 일부 도입하여 정비를 수행하고 CBM 시스템을 무기체계 개발 또는 성능개량 사업에 기본 요구사항으로 채택하고 있다.

그러나 대부분의 시스템은 국외 도입으로 OS·알고리즘의 업데이트가 필요한 상황에도 불구하고 내부 소프트웨어를 수정하지 못하며 운용자의 미숙한 사용법으로 인한 문제점이 발생하여 시스템 운용에 어려움을 겪고 있다. 즉, 한국군은 도입된 CBM 시스템을 활용하기 위한 기반이 부족하여 한국군 환경에 맞는 CBM 시스템 및 적용방안연구가 필요한 상황이다.

따라서 본 논문에서는 CBM의 한국군 적용 방안에 대해 Fig. 1과 같이 연구를 진행하였다. 미국, 영국 등 세계 각 군 및 한국군 정비체계와 민수 분야의 CBM 도입배경과 적용실적에 대해 조사하였으며, 조사 내용을 바탕으로 우리 군의 CBM 적용방안 및 발전방향을 제안하고자 한다.

2. 상태기반정비(CBM) 개념 및 적용사례 조사

2.1 상태기반정비(CBM) 개념

과거 정비는 장비의 고장이 발생한 후 수리하는 사후정비(Reactive maintenance)를 적용하여 장비를 수리하거나 교체하는 과정에서 막대한 비용 손실이 발생하였다. 이후 고장이 발생하기 전, 일정 주기로 장비의 부품을 교환하거나 분해검사를 실시하는 예방정비(Preventive Maintenance)를 수행하였다. 예방정비는 사전 예방적 유지보수로 고장 횟수와 전반적인 장비 다운타임을 감소



Fig. 1. Research Progress



Fig. 2. CBM Process

시킬 수 있으나 무조건적인 부품교환과 잦은 장비 운용 중단으로 인력, 시간, 비용 등의 손실을 초래할 수 있으며 갑작스럽게 발생하는 고장은 예방하지 못한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 장비의 상태를 정량적으로 분석하여 장비의 이상 징후나 장애 일어날 만한 사태를 미리 파악함으로써 필요시에 유지관리를 실시하는 상태 기반정비(Condition based maintenance)로 정비형태가 발전되었다. CBM은 무기체계에 내장된 각종 센서를 이용하여 실시간으로 모니터링하고, 장비의 작동이력과 정비운영 자료를 수집 및 분석하여 최적의 정비 소요를 도출하고 필요한 정비만 실시하는 최신 정비형태이다. 무기체계 장비의 수명주기를 정확히 알 수 있다면 장비의 갑작스러운 고장으로 인한 장비의 치명적인 손상 및 비용 손실을 예방할 수 있다. 하지만 장비의 수명은 장비의 운용환경에 따라 열화(Degradation) 정도가 다르기 때문에 수명을 정확히 예측한다는 것은 불가능하다. CBM의 핵심은 바로 이 장비들의 상태를 분석하여 수명을 예측하고 그에 적합한 정비대책을 통해 장비의 상태를 최대한 양호하게 유지하는 것을 목표로 하고 있다[3-4]. CBM은 Fig. 2와 같은 절차를 통해 정비를 수행할 수 있다. 데이터획득은 센서를 통해 장비의 데이터를 센싱받아 데이터를 통신하고 관리하는 단계이다. 진단은 용어 그대로 장비의 상태, 발생한 문제 및 조건의 특성을 조사·분석하는 단계이다. 예지는 이용 가능한 데이터와 적절한 알고리즘을 바탕으로 미래의 결과를 예측하는 일련의 과정이다[12]. 시험, 조치 단계에서는 진단·예지 단계의 분석 결과에 따라 최적의 정비·보급 옵션을 제시하여 운용유지비용 최소화 및 운용 가용도 최대화를 목표로 한다[13]. 사후 분석은 시험, 조치 단계에서 결정된 유지보수 방법 및 시기에 맞춰 유지보수를 실행한 결과를 확인하는 과정이다[5]. 또한, CBM을 수행하기 위해서는 Fig. 3과 같은 요소들로 구성된 인프라 구축이 필요하다.

1. Sensors : 센서는 장비 또는 구성품 작동 파라메타(진동, 온도, 압력, 유량 등)나 상태(과열, 과전류, 마모, 파손 등)를 모니터링, 기록 또는 전송하는 물리적 장치이다.
2. Condition Monitoring : 상태감시는 임박한 고장·장애 징후를 발견하기 위해 물리적 특성과 관련된 장비의 상태를 감시(진동, 전류, 온도 등 측정 및

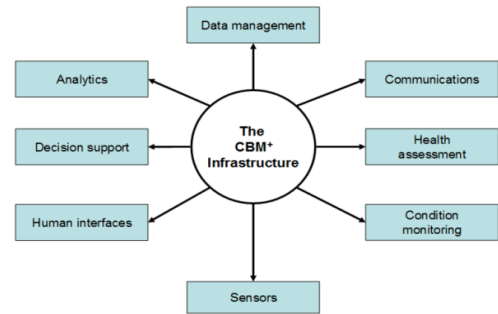


Fig. 3. CBM Infrastructure

분석)하는 유지보수 프로세스로 센서와 건전성 평가 사이를 연결한다.

3. Health Assessment : 건전성 평가는 상태 감시에서 얻은 정보를 이용하여 장비의 운용 상태에 대한 평가(현재 측정과 관련 데이터에 근거한 평가)를 실시간으로 운영자에게 제공하는 기능이다. 예를 들면, 어떤 장비의 전류 값이 10[A]를 초과하면 '경고'라고 정의하였을 때 측정 전류 값이 10[A]이면 '경고'라고 평가한다.
4. Communications : 통신은 데이터의 저장 위치와 관계없이 CBM 환경에 포함된 모든 요소 간에 유지보수 정보 및 기타 데이터(상태 및 기술 관련 데이터 등)를 공유할 수 있어야 한다. 디지털 로그북, 데이터베이스 관리 소프트웨어 등을 구현하여 필요한 통신 기능이 가능해야 한다.
5. Data Management : 데이터 관리는 데이터 획득, 데이터 변환, 데이터 저장, 데이터 전송, 데이터 액세스, 데이터 제공을 하는 것으로 CBM 구현의 핵심 요소이다.
6. Analytics : 분석은 장비의 현재 상태와 이전 정보를 비교·판단하여 장비의 잔여수명을 예측하여 적절한 유지보수 조치를 결정하는데 지원한다.
7. Decision Support : 의사결정 지원은 문제 발생 여부와 실패를 제시간에 예측하여 유지보수 조치(장비의 수리 일정 수립 등)를 취하는 것이다.
8. Human Interface : 운영자 인터페이스는 운영자에게 장비의 유지보수 또는 운용에 관한 실행 정보를 제공하여 관리 또는 기술 결정을 제안하거나 지원하며 운영자가 의사결정 지원 아키텍처 내의 모든 데이터에 접근할 수 있는 도구이다.

2.2 국외 CBM 적용사례

1980년대, 영국민간항공국(CAA)에서는 헬기의 사고율이 항공기보다 30배 높은 것을 파악하고 이를 감소하기 위해 CBM 연구를 시작하였다. 연구결과, 헬기의 건전성을 관찰하는 HUMS 개발 후 헬기 사고율을 절반 이하로 감소하는 성과를 이루었다. 또한, 영국 해군은 컴퓨터 기반 정비관리체계(CMMS : Computerized Maintenance Management System)를 활용하면서 함정 장비의 각종 측정치를 수집·감시하여 고장 징후를 포착하고 이를 사전에 수리함으로써 계획적인 예방정비 횟수를 줄여 비용과 인력 절감에 기여하고 있다. 미 국방부는 정비 방법으로 상태기반정비와 신뢰성중심정비를 적용함으로써 무기체계와 장비에 대한 조사를 수행하고 그 결과로부터 장비를 정상적으로 가동하기 위해 필요한 검사 및 정비항목, 정비주기와 정비의 수준 등을 결정하고 있다. 미 해군의 경우, 함정에 ICAS를 적용하고 있다. ICAS는 장비 운전 상태 진단 및 기술교범 군수품 정보자료를 통합하여 정비를 요구하고 장비고장 진단과 문제해결 지침을 제공하는 통합조건평가체제로 함정에 탑재되는 회전 기관 및 유체 시스템에 대하여 장비의 진동 데이터 분석, 성능 데이터 저장 및 전시 등의 기능을 제공한다. 미 육군은 장갑차, 전차 등에 ADIP(Army Diagnostic Improvement Program), 미 공군은 항공기 등에 JSF PHM(Joint Strike Fighter prognostic Health Management) 및 HUMS 등 RCM 및 CBM 기반의 정비 시스템을 활용하고 있다.

국의 기업에서도 정비작업의 품질향상, 유지보수 비용 절감 등을 위해 제품 및 장비에 CBM을 적용하고 있다. 자동차 회사인 GM의 경우, 차량 엔진오일의 상태를 진단하여 엔진오일 교체 시점을 판단하는 시스템을 개발하여 엔진 시동횟수, RPM, 브레이크 작동 시점, 냉각수 온도 등 간접지표를 활용하여 엔진 오일의 상태 확인하고 있다. 독일의 지멘스는 러시아 철도청과 함께 철도차량에 사전 유지보수를 도입하여 차량 주요부품의 상태데이

터를 차량기지로 실시간으로 전송하여 차량이 기지로 들어올 때에는 모든 정비 준비가 완료되는 시스템을 구축하였다. 전송된 데이터는 중앙 진단시스템에 수집되어 결합 검지 및 예측진단시스템에 의해 추세분석과 최적시기 정비가 되도록 하였다.

2.3 국내 CBM 적용사례

2009년, 최초의 국산헬기 수리온(KUH-1)에 상태감시시스템(Health and usage monitoring systems, HUMS)이 적용되었다. HUMS는 센서를 활용한 실시간 장비 상태 모니터링(관제) 시스템으로 Fig. 4와 같은 형태로 운용된다. 센서를 통해 항공기 운용데이터를 획득하여 항공기 운용상태 및 엔진, 로터 등의 주요 구성품의 작동상태, 성능을 진단·확인하고 고장을 예측하여 항공기 가동을 향상과 사전사고를 예방한다. 한국 해군의 경우, 광개토-III에 처음으로 ICAS가 적용된 이후 최근 건조된 함정에도 적용되고 있다. 기관운용데이터를 수집 및 저장하여 운용자가 직접 데이터를 보고 이상 유무, 고장 징후를 분석할 수 있도록 지원하고 있다. 전차의 경우, 항공기나 함정처럼 실시간 정보를 받는 시스템이 아닌 운용한 데이터를 수집, RAM분석하여 고장 가능성 부품을 예측하는 시스템을 적용하여 운용하고 있다.

국내 민수 업체에서도 정비 방식으로 CBM 적용하고 CBM 관련 기술을 개발하고 있다. 국내 민간 고속철도(KTX)에서는 KTX 산천기지 정비에 RCM 방식을 부분적으로 적용하고 있다. 주요장치별 각종 센서를 부착 후, 열차상태를 실시간 체크하여 상태에 따라 정비점검주기를 도출하고 운용유지비를 최적화하고 있다. 포스코ICT는 스마트팩토리 플랫폼 PosFrame를 구축하여 공정에서 발생하는 대용량 데이터를 실시간 연결하여 전후 공정간 연계분석, 불량원인자 추적, 빅데이터·AI모델 기반 최적제어 및 실시간 설비고장 예지 등을 실현하고 있다.

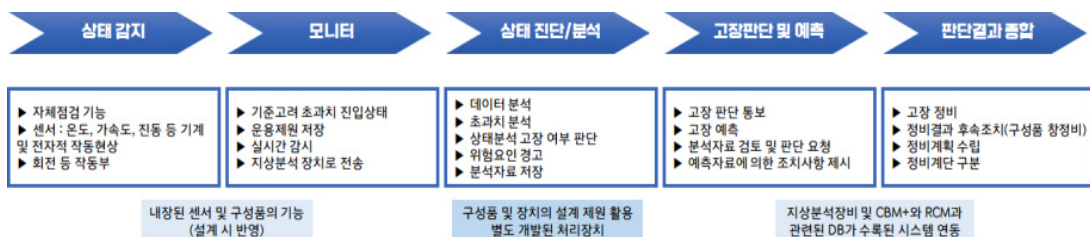


Fig. 4. Process of HUMS

3. CBM 제도 연구사례 조사·분석

3.1 국내 CBM제도 연구사례 조사

국내의 경우, 미국/영국의 경우처럼 CBM이 제도화되거나 규정되어 있지 않지만 최근 국방 및 산업공학 등 다양한 분야에서 CBM 적용방안과 규정·제도화 연구를 진행하고 있다.

육군본부에서는 CBM 개념을 창정비에 적용하기 위한 연구를 진행하였다. DELIIS 등 각종 운용 및 정비제원을 활용하고 TBM와 CBM을 병행 적용한 상태진단시스템을 구축하는 방향이자 우리군 현실에 맞는 상태기반 창정비 기준 정립방안을 제시하였다[6]. 또한, 육군의 정비정책인 선제적 예방정비를 시스템 신뢰도 관점에서 분석하여 높은 장비가동률을 획득하기 위한 조건을 분석하고 선제적 예방정비의 효과방안을 제시하였다[7]. 해군은 한국 해군 함정의 ICAS를 활용하는 방안으로 소형 가스터빈엔진의 데이터를 축적하여 장비 성능을 실시간으로 확인하고 이를 통해 운용자의 행동지침과 정비자의 검사절차 등을 명시한 솔루션을 개발하였다[9]. 한편, 국토교통과학기술진흥원에서는 기존의 도시철도차량의 주기적(시간적) 유지보수체계는 유지보수체계에 비효율성이 상존하고 있어서 안전핵심 부품에 대한 상태기반 유지보수체계 실행방안을 연구하고 빅데이터 기반 유지보수 전문가시스템 등을 개발하였다[9]. 신종호 외 2인은 CBM의 정의, 절차, 관련 국제 표준, 기법들에 대한 기존연구의 내용을 정리하고 그 내용을 바탕으로 새로운 CBM 절차를 제시하였다[5].

CBM 연구는 다양한 센서 데이터의 가공, 처리, 대상 시스템의 상태 데이터에 대한 분석, 진단 및 확률 예측, 의사결정 시스템 구축 기술 등 폭넓은 다학제간 지식을 요구하고 있으므로 규정, 지침, 제도화 등으로 발전하기 위해서는 산학연, 관련 전문가들의 국내 연구가 절실하다[5].

3.2 국외 CBM제도 사례 조사

미 국방부에서는 Condition Based Maintenance Plus DoD Guide Book을 지침삼아 RCM과 CBM을 혼합하여 보다 정확하고 계획적인 무기체계 정비체계를 운영하고 있으며, 창정비 정책 2008~2025에서 창정비 극대화를 위한 CBM 적용을 발전목표로 추진 중에 있다. 영국군은 CBM에 대해서 국방규격(DEF STAN 00-970)으로 관리하고 있으며, JSP 886 국방 군수지원체계 매뉴얼을 활용하여 무기체계 개발 시 적용부터 상세설계단

계, 운용단계에 상태모니터링 및 상태기반정비를 적용하고 있다.

Jeffrey C. Banks는 미 육군 M1 Abrams tanks와 M2/M3 Bradley Fighting Vehicles의 degrader analysis를 수행하였다. 수리비, 운영비 등 다년간의 통계자료와 유지관리, 운용, 서비스 담당자 등과 인터뷰, 그리고 설문지 등 여러 출처의 데이터 수집 과정과 degrader analysis 방법, 분석결과를 제시하며 유지보수 효율성, 효과성 증가 측면에서 CBM의 이점에 대해 논의하였다[8]. Prajapati, A.는 CBM의 개념, 역사, 적용 사례들 및 주요 연구 주제들에 대해 기술하고 어떻게 CBM이 유지보수 전략을 최적화하는 데 사용되며, CBM의 실용성 및 가능성을 증가시킬 수 있을 것인지에 대해 논하였다[9]. Gang Niu는 신뢰성 중심의 유지관리 메커니즘을 활용하여 유지관리 비용을 최적화하고, 상태 모니터링, 건강 평가, 예지학을 개선하기 위한 데이터 융합 전략을 채택하는 새로운 상태 기반 유지관리 시스템을 제시하였다[10]. Table 1은 국외 CBM 관련된 규격이다. ADS 79 HDBK는 항공 설계 표준 핸드북은 분석 방법, 센서, 데이터 획득 하드웨어, 신호 처리 소프트웨어 및 지원하는데 필요한 데이터 관리 표준을 포함하여 상태 기반 유지관리 시스템의 모든 요소에 대한 설계 평가 및 시험에 대한 지침을 제공하고 표준 관행을 정의한다. DODI 4151.22는 비용 효율적인 무기 시스템 수명 주기 유지를 위한 사전 유지보수 전략으로서의 CBM+ 절차를 규정한다.

3.3 CBM제도 연구 고찰

CBM 개념이 나타난 이후 지금까지 민수·군 여러 분야에서 CBM과 관련된 연구들이 진행되었다. 그러나 국

Table 1. Abroad standard related to CBM

Standard	Percentage
MIL-STD 3034A	Reliability Centered Maintenance(RCM) Process
ADS 79 HDBK	Condition Based Maintenance System for US Army Aircraft
DODI 4151.22	CBM+ for Materiel Maintenance
DoD Guidebook	Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook
OPNAVINST 4790.16A	Chief of Naval Operations CBM Policy
DEF STAN 00-970	Design and Airworthiness Requirements for Service Aircraft
ISO 13374	Condition Monitoring and Diagnostics of Machines

외와 달리 국내 연구에서는 CBM의 전반적인 내용에 대해 부족한 부분이 존재한다고 할 수 있다. 첫째, CBM의 개념 및 도입배경, CBM에 관련된 다양한 정의, 목표, 절차 등에 대한 설명을 정리하여 기술한 논문 리뷰는 미흡하다. 둘째, 민수·군을 포함한 포괄적인 관점에서의 CBM의 적용사례 및 관련제도에 대한 기술한 논문 리뷰가 부족하다. 셋째, 어떠한 기술로 장비의 고장 여부를 감시하고 판단하는 기술에 대한 연구는 활발히 이뤄지고 있지만, 어떤 장비에 CBM을 적용해야 하며 장비와 관련된 다양한 센서 정보, 장비 환경 데이터 정보 등을 바탕으로 운용모드를 고려하여 제품의 열화 및 고장 전조증상, 장비의 잔여수명주기 등을 분석 및 예측하는 CBM 체계에 대한 연구는 아직 미흡한 편이다[5].

따라서 본 연구에서는 이러한 기존 연구의 문제점들을 보완하기 위해 CBM 개념 및 도입배경, CBM의 절차, 인프라 구성, 핵심목표 등을 정리하였으며, 국내의 CBM 적용사례와 관련한 제도연구, 국제규격 등을 조사하였다. 또한, 무기체계의 전체 수명주기동안 가장 효율적인 방식으로 원하는 수준의 시스템 및 장비 준비 상태를 달성할 수 있도록 우리 군의 CBM 적용확대를 위한 제도 개선방안을 제시하였다.

4. CBM 적용 확대를 위한 국방획득제도 개선방안

4.1 CBM 관련 제도 개선 및 발전 방향

한국군에 CBM을 적용하고 구현하기 위해서는 다음의 이슈들을 고려해야 한다.

첫째, CBM 관련 조직 및 제도의 발전이 이뤄져야 한다. 각 군에서 또는 민간 기업 등에서 필요에 의해 CBM 연구를 진행하고 있으나 각 기관의 성격에 따라 이론을 해석하는 방향이 다르며 같은 의미를 다른 단어로 쓰고 있다. 이러한 혼선과 중복 연구 등으로 인한 인력 및 자원 낭비를 줄이기 위해 군 이해당사자들은 상호 협력하며 공동연구를 진행할 필요가 있다. 또한, CBM 관련 T/F를 확보하고 제도화 및 구조화 연구, 규정 및 지침 제정 등 적극적인 활동을 통해 한국군의 CBM 정착을 위해 할 것이다.

둘째, CBM 전문 인력의 확보가 필요하다. 정비 분야에 종사하는 전문가들은 CBM의 필요성에 대해 인지하고 있으나 개념 및 운용방식 등이 정착되지 않은 상황이

다. CBM은 단순히 운용자의 편의성을 위해 발전된 정비 개념이 아니며 무기체계 총수명주기관리의 요소로써 무기체계의 전체 수명주기 동안 장비의 설계, 운용, 유지 및 폐기와 관련된 모든 활동에 대해 관여된 포괄적인 개념이다. 군 관련 종사자들에게 정확한 CBM 정보에 대한 교육이 진행되어야 하며 교육·훈련을 통해 전문 인력과 기술을 확보하여 한국군만의 CBM을 구축·발전시켜야 한다.

셋째, CBM 관련 기술에 대한 적극적인 연구를 진행해야 한다. 장비의 상태를 측정하는 상태진단기술(Condition Diagnosis Technique, CDT)은 다양한 센서를 통해 각 장비의 데이터를 수집하여 현재의 장비 상태를 파악한다. 장비의 상태를 정확히 진단하기 위해서는 필요한 정보만을 수집하는 센서와 데이터를 전송, 저장하고 처리하는 능력, 수집한 데이터로 장비의 고장여부를 판단할 수 있는 알고리즘 등 데이터 관련 기술이 필수적이다. 최근 4차 산업 기술들은 CBM 시스템 구축 및 신뢰성 확보를 위한 필수 요소이다. 엔진모터가 낮은 부하로 돌 때의 진동과 높은 부하로 돌 때의 진동, 고장이 났을 때 진동, 다양한 조건(상황)에 따라 진동 패턴이 다르게 발생할 것이다. 이 모든 패턴을 한정된 저장매체에 저장할 수 없으므로 데이터를 축적하여 진동패턴에 대한 학습을 실행해야 한다. 학습된 결과에 따라 CBM 시스템은 스스로 엔진모터에 고장이 발생했는지 아닌지 판단할 수 있다. 이 과정을 수행하기 위해서는 인공지능(머신러닝, 딥러닝), 데이터 처리(빅데이터) 등의 4차 산업 기술 확보가 절대적으로 필요하다.

한편, 장비의 상태와 임박한 고장을 예견하여 제거하는 기술인 건전성관리(Prognostics and Health Management, PHM)는 지식기반모델, 데이터중심모델, 물리기반모델 등 다양한 모델 기법을 활용하여 장비를 모델링하고, RUL 예측 기법 등을 통해 장비의 고장을 예견하고 잔여수명주기를 예측한다[13]. 제시한 고려사항 이외에도 한국군에 CBM 제도를 고착 및 활성화하기 위해 연구해야 할 사항들이 있다. CBM은 군 이해당사자들이 함께 참여해야 할 광범위한 프로젝트이다. 제도, 기술, 전략 등 여러 분야를 통합하여 하나의 프로세스로 자리 잡은 후 정책으로 이어져 국방획득제도에 이바지할 수 있도록 모두의 협업이 절실하다.

4.2 CBM 정착을 위한 세부 수행방안

본 절에서는 무기체계 정비에 CBM 방식을 적용하기 위한 세부 수행방안을 제시하고자 한다. 무기체계 정비에

CBM 방식을 적용하면 장비들의 상태를 분석하여 수명을 예측하고 그에 맞는 대책을 통해 장비의 상태를 최대한 양호하게 유지할 수 있다. 필요한 수리만을 수행하고, 예비부품과 수리부품의 재고를 줄여 유지보수운영을 지원함으로써 운영 가용성과 준비성을 높이고 총 수명주기 동안의 총 소유 비용을 절감하는 것이다.

제안하는 CBM 세부 수행방안은 다음과 같다. 먼저, 기존에 사용하고 있는 K-log, DELIIS 등의 데이터수집 체계를 통해 데이터를 수집 및 분석한다. 둘째, 고장빈도 수, 수리/교체비용, 인력, 시간 등 기준으로 조건별 데이터를 분류한다. 셋째, CBM 적용 대상 선정한다. 단, CBM 적용 대상은 센싱 및 측정 가능한 품목으로 한정하며 고장이 발생했을 경우 막대한 손실 또는 장비 가동률에 치명적인 영향을 미치는 장비, CBM 실현 가능성 등을 고려하여 선정한다. 넷째, CBM을 적용할 장비(ex. 회전익 항공기 등)의 사양, 주 출력 데이터 등의 정보를 수집하여 조사·분석하여 필요한 계측장비 및 관련 기술을 파악한다. 다섯 번째, 현장 조사를 통해 측정위치를 결정하고 계측장비를 설치한다. 마지막으로 CBM 시스템을 구축하여 측정과 분석과정을 통해 진단을 통한 정비를 수행한다.

국방기술품질원에서 매년 발간중인 RAM분석보고서의 RAW DATA 및 작전운영제원을 활용하여 CBM 방식을 적용할 무기체계를 선정해볼 수 있다. 제시한 프로세스를 보완하여 운용한다면 한국군 상황에 맞는 CBM 프로세스를 정립함으로써 Fig. 5와 같은 결과를 기대할 수 있을 것이다.



Fig. 5. Expected Results

5. 결론

본 논문에서는 상태기반정비(CBM)의 한국 군 적용 방안에 대해 고찰하였다. 기존 연구를 비교하며 CBM 개념 및 도입배경, CBM의 절차, 인프라 구성, 핵심목표 등을 정리하였으며, 국내외 CBM 적용사례와 관련한 제도 연구, 국제규격 등을 조사하였다. 또한, 우리 군의 CBM

적용확대를 위한 제도 개선방안을 제시하였으며, CBM 정착을 위한 세부 수행방안을 제안하였다. 그러나 CBM 시스템을 통한 무기체계의 정비비용 절감, 정비효율성, 장비가동률 향상 등의 효과를 기대하려면 지속적인 CBM 정착방안 연구를 수행해야 할 것이다. 더불어 군 이해당사자들의 협업 및 공감과 CBM의 표준화 및 제도화, 규정, 수행지침 등 제도적인 개선이 수반되어야 하며, 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업 기술력 확보를 통해 상태기반정비 체계의 정착 및 발전을 도모해야 할 것이다.

References

- [1] DoD, CBM+ guidebook, 2008..
- [2] Song. I. H, "Reliability improvement method in weapon systems through field failure data analysis", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 19, no. 12 pp. 110-117, 2018.
DOI:<https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.12.110>
- [3] Kim. Sung-Hwan, "A Case Study on the Effect of Maintenance Cost Reduction in Weapon-Systems with CBM", Korea Association of Defense Industry Studies vol. 17, no. 1, Jun. 2010.
- [4] Jeong. Jung-young, "A study on CBM(Condition Based Maintenance) Application for ROK Naval Maintenance System", 2008.
- [5] Shin. Jong-Ho, "A Study on Several Aspects of Condition Based Maintenance(CBM) Approach and Introduction of Relevant Case Studies", Entru Journal of Information Technology, vol. 13, pp. 123-137, 2014.
- [6] Republic of Korea Army, "The Study on Application of Condition Based Depot", 2016.
- [7] Goo. M. W, "A Study on Preventive Maintenance Policy Considering System Reliability", 2017.
- [8] Jeffrey C. Banks, "Platform Degradation Analysis for the Design and Development of Vehicle Health Management Systems", 2008 International Conference on Prognostics and Health Management, 2008.
DOI:<https://doi.org/10.1109/PHM.2008.4711468>
- [9] Prajapati, A., Bechtel, J. and Ganesan, S., "Condition based maintenance: a survey", Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 18, pp.384-400, 2012.
DOI:<https://doi.org/10.1108/13552511211281552>
- [10] Gang Niu, "Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance", Reliability Engineering & System Safety, vol. 95, pp. 768-796, Jul. 2010.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ress.2010.02.016>

- [11] Choi. Yohwan, Prognostics and Health Management for Battery Remaining Useful Life Prediction Based on Electrochemistry Model: A Tutorial, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences 42(4), pp.939-949, 2014.
DOI:<https://doi.org/10.7840/kics.2017.42.4.939>
- [12] Lee. J., et al., "Prognostics and health management design for rotary machinery systems—Reviews, methodology and applications," Mechanical Syst. and Sign. Process, vol. 42, no. 1, pp. 314-334, Jan. 2014.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.06.004>
- [13] Kim. Geun-Yeong, "Roadmap Configuration for Technical Elements Acquisition of Military Fixed Wing Aircraft Parts PHM and Verification of Parts Selection Phase", J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci. vol. 47, no. 9, pp. 665-677, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.5139/JKSAS.2019.47.9.665>
- [14] Oh. Kyungwon, "Development of Korean Condition Based Maintenance System to Monitor Naval Weapon Systems", Journal of The Society of Aerospace System Engineering, vol. 10, no. 4, pp. 67-74, 2016.
DOI:<https://doi.org/10.20910/JASE.2016.10.4.67>
- [15] Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, "Report on Development of Core Technology for Condition Based Smart Maintenance", 2018.

정 혜 수(Hye Soo Jeong)

[정회원]



- 2016년 8월 : 부경대학교 전기공학
학과 (공학석사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품
질원 연구원

〈관심분야〉

전기공학, 전자공학