

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.503

JCCT 2024-11-62

## 한국형 무기체계 CBM+추진을 위한 센서 데이터 활용수준 조사연구

### Survey Research on the Utilization Level of Sensor Data for Promoting the Korean Weapon System CBM+

김 용\*

Yong Kim\*

**요약** 본 연구는 센서 데이터 기반의 무기체계 CBM+ 기술적용을 위해 한국군의 군별 주요 무기체계를 대상으로 센서 데이터 활용수준이 어디까지 진행 되었는지 조사하였다. 조사 결과를 기초로 데이터 생애주기 관점에서 평가척도를 활용하여 군별 수준을 분석하였고, 운용 무기체계에 CBM+기술적용시 주요 고려사항을 제시하였다.

**주요어** : 무기체계, 센서 데이터, 상태기반예측정비, 시간제정비, 총수명주기관리

**Abstract** This study investigated the extent to which sensor data has been utilized for the application of CBM+ (Condition-Based Maintenance Plus) technology in major weapon systems of the Korean military. Based on the survey results, the level of each military branch was analyzed using evaluation metrics from the perspective of the data lifecycle. Additionally, key considerations for applying CBM+ technology to operational weapon systems were presented.

**Key words** : Weapon Systems, Sensor Data, CBM+(Condition-Based Maintenance Plus), TBM(Time Based Maintenance), TLCSM(Total Life Cycle Systems Management)

#### 1. 서론

국방에서 CBM+(Condition Based Maintenance Plus, 상태기반예측정비, 이하 CBM+로 기술)를 추진하기 위한 국방 핵심기술과제로 무기체계 CBM+특화연구센터를 연구과제로 사업화하여 기술개발이 진행 중이다.

CBM+의 추진은 무기체계의 최적화된 총수명주기관리를 위한 중요한 방법론으로서 데이터에 기반한 무기체계의 가동률 유지와 비용문제 등의 각종 현안을 해

결하기 위한 것으로 관련 기술, 제도, 예산 등의 기반요소를 지원하는 새로운 정비 전략이라 할 수 있다[1].

이에 따라 본연구는 무기체계 센서 데이터 기반의 CBM+기술구현과 관련해 현재 한국군의 센서 데이터 활용수준이 어디까지 진행이 되었는지 군별 주요 무기체계를 통해 조사하였다[2][3]. 이를 통해 데이터 관점의 종합분석을 통한 시사점을 도출함으로써 향후 관련 정책과 기술 적용을 위한 개선 시 방향성을 제시하였다. 또한, 신규 무기체계가 아닌 현재 운용 중인 무기체계에 CBM+기술을 적용 시 고려사항을 제시하였다.

\*정회원, 육군 제2672부대 장비정비과장  
접수일: 2024년 8월 12일, 수정완료일: 2024년 9월 26일  
게재확정일: 2024년 11월 5일

Received: August 12, 2024 / Revised: September 26 2024

Accepted: November 5, 2024

\*Corresponding Author: jitong7@naver.com

2672nd Army Unit, Korea

## II. 이론적 배경

### 1. 이론적 고찰

#### 1) 센서 데이터 이해[2][4]

무기체계는 온도, 습도, 풍속, 압력, 진동, 음향, 광량, 전류, 전압, 전자기장, 주파수 등의 다양한 센서 데이터를 생성하고 있다. 이와 같이 생성되는 센서 데이터를 수집, 저장하여 조달·정비·보급 데이터 등과 융합 후 다양한 분석을 함으로써 무기체계에 대한 상태정보를 확인할 수 있다. 이러한 센서 데이터를 표준화하여 지속해서 축적될 경우 센서 데이터를 활용하여 실제값을 기초로 예측값을 비교하여 숨은 또는 잠재된 고장에 대한 조기경보 발생 등을 확인할 수 있다. 그리고 운용자에게 다양한 정보를 제공하고 장기적으로는 각종 분석, 활용이 가능할 것으로 기대 할 수 있다.

#### 2) CBM+ 이해[2][3]

무기체계의 정비유형은 데이터 활용기술과 진단 기술의 점진적 확대에 따라 기존 고장 발생 시 조치하는 사후정비에서 시간제 정비(TBM : Time Based Maintenance) 중심의 사전정비로 진행되었고, 현재는 상태기반정비(CBM) 및 상태기반예측정비(CBM+)로 변화를 추진 중이다. 한국군의 경우 현재 수준에서의 진단, 예측(예지)의 적용목표를 무기체계의 완결성, 비용요소 등을 종합적으로 고려하여 지상 및 함정의 주요 무기체계는 제한적 예측 수준까지를 항공기는 진단으로부터 완전 예측까지 분석이 되도록 관련 기술의 개발을 추진 중이다. CBM+기술을 통한 주요 기대효과로는 필요 시점에 정비하여 시간과 예산 절감, 가동률 유지에 기여 하는 등 시스템 유지의 최적화에 기여하고 사전 예정정비를 통해 고장 및 사고 예방 등 안전성을 제고 할 것이다. 향후 성숙한 기술을 통해서도 고장 없이 운용 가능한 시간 예측이 가능하고 정비부품의 사전 준비 가능으로 물류비용을 절감하며 개별 구성품의 적기 교환으로 장비의 기대수명 연장이 가능할 것이다. 또한, 장기간 수집된 빅데이터를 활용하여 다양한 분야에 활용 할 수 있을 것으로 기대한다.

#### 3) CBM+ 기술 적용사례[3][4]

CBM+기술의 대표적인 적용사례로 헬기의 건전성을 확인하기 위해 1990년대 영국에서는 민간 항공기에

HUMS(Health & Usage Monitoring System)를 도입 하였다. 미 국방성은 운영유지비 절감과 가동률 유지를 위해 충수명주기관리요소의 하나로 CBM+기술을 스트라이커 장갑차, AH-64(아파치 헬기), 수송기, F-35 항공기 등의 장비획득 시부터 적용되도록 정비정책에 반영하였다. 민간 사례로 세계적인 건설장비 업체인 캐터필러社(미국)도 CBM+기술을 적용하여 고객만족도를 지속해서 증대시켜 시장 점유율을 향상하고 있다.

한국군은 Figure 1과 같이 군별 무기체계의 특성을 고려하여 센서 데이터 활용을 위해 다양한 연구와 국방실험사업을 통해 CBM+기술을 추진 중이다.

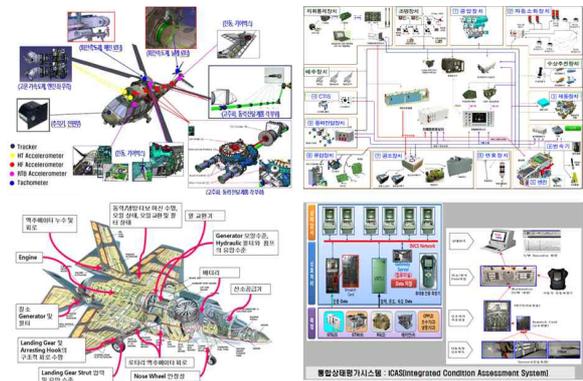


그림 1. 한국군 주요 무기체계 CBM+기술 적용사례(예)  
Figure 1. Examples of CBM+ Technology Application in Major Weapon Systems of the South Korean Military

육군은 차륜형 장갑차를 대상으로 기초적 단계의 센서 데이터와 야전운용체원을 활용한 능동형 고장예측을 연구하여 적용을 추진 중이다. 해군은 신형 함정에 CBM+의 일부인 통합상태체계를 적용하여 함정별 추진체계의 센서 데이터를 수집하여 일부 활용 중이다. 공군은 육·해군 보다 앞서 CBM+기술을 발전시키고 있으며, 주요 구성품에 센서 데이터를 활용 중이다. 방산시장의 경우는 H社의 경우 호주군 차기 장갑차 획득 사업에 호주군의 CBM+기술요구에 따라 자체 연구개발을 하였다. K社의 경우는 항공기 분야의 CBM+기술을 적용하여 자체 개발한 전산시스템을 적용하여 고장예측시스템을 운영 중이다. 학계에서는 무기체계의 건전성 예측과 관리에 활용되는 CBM+기술개발을 위한 국방 분야 적용 등 다양한 학술연구가 진행 중이다.

이처럼 국방의 추진, 방산 기업의 기술 수준, 학계의 학술 수준 등을 종합해 볼 때 CBM+기술개발과 관련한 기반구축의 가능성은 충분하다고 볼수 있다.

## 2. 선행연구 조사

본 연구의 핵심 키워드인 센서 데이터와 CBM+를 중심으로 관련 분야의 선행연구를 조사하였다.

오경원(2016.)은 미 해군의 함정관리와 관련된 상태 기반정비시스템을 한국군 해군에 적용하는 방안을 연구하였다[5]. 김기정 외 3(2018.10.16.)은 공군본부에서 제기한 항공기 상태기반정비의 공군 적용방안 연구에 관하여 정책연구를 하였다[6]. 김근영 외 3(2019.9.)은 미 F-35 전투기에 적용한 건전성 예측관리 기술을 한국군 운용 항공기 및 연구개발 중인 항공기에 대한 주요 구성품에 관한 기술의 적용을 연구하였다[7]. 김동훈 외 2(2021.)는 TBM과 CBM을 접목한 잠수함 잔여 수명을 예측하고 진동변화에 대한 자동저장 시스템을 적용한 예지 정비 적용방안을 연구하였다[8]. 조규선 (2021.4.)은 유도무기 탑재 궤도차량의 변속기에 대한 CBM+ 모델을 적용한 창정비 효과 분석에 관한 연구를 하였다[9]. 신백천(2022.)은 장갑차 사례를 중심으로 설계 초기 무기체계 CBM+ 적용 방법론을 연구하였다 [10]. 정도현 외 3(2022.6.9.)은 K9A1 자주포를 대상으로 엔진오일의 실시간 수명예측 연구를 통해 CBM+기술의 적용 가능성을 연구하였다[11]. Alfonsus Julanto Endharta 외 4(2023.)는 신뢰성 비용관리 분석을 통해 무기체계의 상태기반정비 적용의 효과에 관한 연구를 하였다[12]. 이상 무기체계 센서 데이터와 CBM+로 한정된 관련 분야의 선행연구를 조사한 결과 초기에는 주로 관련 기술 동향 조사와 개념적 수준으로 진행되었으나, 점진적으로 기술 개발과 관련된 연구를 중심으로 진행되고 있다. 그러나 현 한국군 무기체계의 센서 데이터 활용을 통한 CBM+기술의 도입에 앞서 군별 무기체계의 고유 특성을 고려한 관련 현황에 대한 선행연구는 기초적 수준이다.

이에 따라 본 연구는 군별 주요 무기체계의 관련 현황과 수준을 조사하여 관련 업무추진에 필요한 데이터 관점의 시사점을 도출하였다. 또한, 운용 중인 무기체계에 CBM+ 기술적용 시 고려사항을 도출하는 등 기존 선행연구와 차별성을 두었다.

## III. 센서 데이터 활용수준 조사

한국군의 센서 데이터 활용수준은 군별 대표 무기체

계를 중심으로 사례를 조사하였다. 지상무기체계는 K9 자주포, 차륜형 장갑차를 중심으로 조사하였다. 함정 무기체계는 주요함정에 적용되는 통합기관제어감시체계(IMCS : Integrated Monitoring Control System), 통합상태평가시스템(ICAS : Integrated Condition Assessment System)를 중심으로 조사하였다. 항공 무기체계는 고정익과 회전익으로 구분하여 센서 데이터 활용수준을 조사하였다[2].

### 1. 지상 무기체계

#### 1) K9자주포

K9자주포는 엔진 및 변속기에서 출력되는 약 80가지의 운용정보와 고장 신호들이 생성된다. 이중 조종수 계기판에 출력되는 실시간 데이터는 Figure 2와 같이 5가지 항목(엔진 속도, 오일 압력 등) 뿐이어서 실질적인 활용에는 일부 제한이 있다. 또한, 전용 데이터 수집 장비가 전력화되어 있지 않아 센서 관련 데이터는 별도로 수집되지 않는다. 이에 실질적인 센서 데이터의 활용을 위해서는 GPS와 제동압 및 가속도계 등 일부 센서를 추가하여 주요 고장 연관 데이터에 대한 종합 수신 및 분석 장치 개발 필요하다. 특히, K9자주포처럼 완전 기계식과 전자식 장비의 중간 형태인 Semi-전자식 장비에 대한 전용 데이터 수신 장치를 개발하여 장비별로 탑재하고, 데이터를 분석할 수 있는 체계 개발이 요구된다.

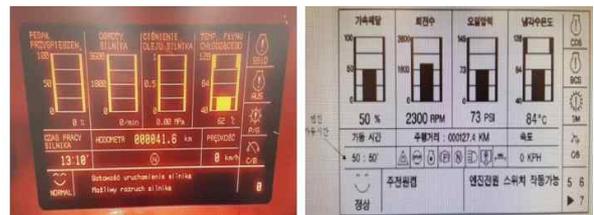


그림 2. K9자주포 조종수 계기판 화면

Figure 2. K9 Self-Propelled Howitzer Driver's Instrument Panel Screen

#### 2) 차륜형 장갑차

차륜형 장갑차는 센서 데이터를 수집할 수 있는 '자동 제원 수집장치'를 장착하여 전력화하였으나, 데이터 추출·분석체계는 기초적인 수준이다. 차륜형 장갑차는 약 300개 이상의 센서 데이터가 주기성·비주기성 데이터로 구분되어 수집된다.(Figure 3)

그러나 자동 제원 수집장치 내 데이터는 저장용량

초과 시 데이터가 순차적으로 소실되고, 저장 서버가 미구축되어 데이터 저장이 제한되고 있다. 또한, 수집 데이터를 서버로 전송 시 보안 문제로 휴대용 저장장치를 이용하여 데이터 전송한다.



그림 3. 차륜형 장갑차 센서 데이터 활용 프로세스(예)  
Figure 3. Utilization Process of Sensor Data in Wheeled Armored Vehicle(example)

## 2. 함정 무기체계

함정은 함형에 상관없이 전투체계와 추진체계로 구성되어 있다. 전투체계는 레이더, 통신장비 등 다양한 국산 및 외산 장비로 조합되어 데이터 수집이 쉽지 않다. 추진체계는 통합기관제어감시체계 IMCS와 통합상태평가시스템 ICAS로 데이터가 통합되어 수집되고 있어 이를 중심으로 조사하였다.

ICAS는 함정통합기관제어체계와 연동하여 가스터빈, 추진 전동기, 감속기어, 추진기 등 추진체계의 주요 장비와 디젤발전기, 냉수기, 조수기, 냉동기 등과 같은 보조체계의 주요 장비 운용데이터와 ICAS 운용을 위해 설치한 진동 감지시스템의 데이터를 실시간 수신한다. 이를 통해 함정 추진계통 장비의 성능분석과 경향 전시 기능을 제공해 주고 있다. ICAS의 작동은 Figure 4와 같이 함정에 설치된 센서로부터 데이터를 취득 후 신호처리와 자료전송을 하고 데이터의 비교분석과 자료를 저장한다. 이후 장비 상태 전시와 정비 권고 사항을 승조원에게 제공해 준다.

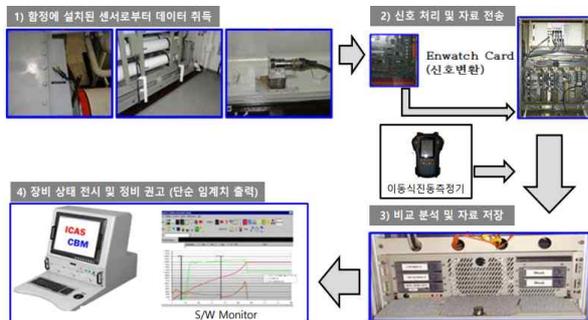


그림 4. ICAS 작동원리(예)  
Figure 4. Operation Principles of ICAS(example)

ICAS는 함정의 수리 전·후 센서값 차이를 통해 고장 발생 전에 장비 고장에 대한 이상 탐지가 가능하다. 또한, 센서 데이터 관리를 통해 초과 스트레스로 인한 함정의 고장 위험에 대해 사전 식별과 점검에 활용할 수 있다. 그러나 ICAS 운용의 한계점과 보완 소요에 대한 개선이 필요하다.

이러한 한계점은 크게 5가지로 확인이 되었다. 첫째로, ICAS 데이터는 보안 및 장비안전 문제가 크게 작용하기 때문에 정비지원부대 등 외부로의 데이터 전송이 어렵다. 현재는 함정에 방문하여 저장매체(외장 HDD)를 이용해서 데이터를 수집 중이다. 둘째로 함형 및 함정별 장비 제작사, S/W 버전 등에 따른 센서 데이터 구조의 다양화(CSV, MDF의 저장 방식)로 데이터 분석이 어렵다. 셋째로 센서 데이터(온도, 압력 등)의 단순 경보치만 전시되고 있고, 이 또한 빈번한 위험 신호 발생으로 인해 고장과 정상 판단이 어렵다. 넷째로 진동 센서 설치에 대한 기준 정립과 장비 특성에 맞는 센서 위치 선정이 필요하여 진동 센서 설치 위치의 적절성과 표준화가 필요하다. 다섯째로 확보된 데이터를 분석할 수 있는 전용 도구가 없고, 장비 제작사에서 기준 데이터를 미제공하여 장비 상태 판단에 대한 기준이 부재하다. 이에 따른 개선 방향은 다양한 종류의 ICAS 데이터로부터 표준화된 데이터 추출이 가능한 전처리기의 개발이 필요하다. 다음으로 보안 이슈와 함정의 안전을 최우선으로 고려한 ICAS 데이터의 자동 송·수신체계 구축이 필요하다. 그리고 ICAS 데이터 분석 S/W 개발 면에서 임계 값 초과, 시계열 예측, 기계학습 분석과 시뮬레이션을 결합한 ICAS 전용 분석 S/W의 개발을 추진해야 하겠다.

## 3. 항공 무기체계

항공 무기체계는 고정익 항공기와 회전익 항공기로 구분되며, 고정익 항공기의 대표 장비인 F-15K와 회전익 항공기의 대표 장비인 수리온 헬기를 통해 관련 사항을 조사하였다.

고정익 항공기의 경우는 데이터 수집장치가 장착되어 있고, 최신 기종일수록 고도화된 분석이 가능토록 적용되어 있다. 주요 항공기별로 비행기록장치가 장착되어 규칙된 기록시간을 통해 센서 데이터를 포함한 다양한 데이터들이 수집되고 있다. 그러나 해외 도입 장비의 경우 데이터 분석을 위한 원천 기술과 설계 데

이터를 제조사로부터 제공 받는 것이 제한되어 관련 기술의 한국형으로 고도화 추진이 필요하다.

다음으로 회전익 항공기인 수리온 헬기는 HUMS를 활용하여 헬기의 엔진, 트랜스미션 등의 구성품에 장착된 센서로부터 항공기 운용데이터를 취득하여 항공기 운용상태와 주요 구성품의 작동상태를 감시, 기록, 시현하는 체계를 활용 중이다. HUMS의 주요 구성은 센서로부터 진동자료와 비행데이터 획득, 기록, 처리하는 감지데이터 획득 처리장치, HUMS 데이터를 수신·저장하는 감지데이터 저장장치, HUMS 데이터의 다운로드, 시현, 분석 및 점검을 하는 지상 분석장치, 항공기 운용데이터를 시현하는 감지데이터 시현 장치로 구성되어 활용되어 있다. 그러나 수리온의 HUMS는 CBM+에 있어서 아직은 기초적 수준이고, CBM+ 초급단계인 HUMS를 기체상태진단에 적용하고 있으나, 정비에 적용을 위한 분석기술 개발 등 개선이 필요하다.

#### IV. 종합분석 및 개선기회 도출

III장에서 조사된 무기체계별 센서 데이터 수준을 통한 종합분석과 현재 운용 무기체계의 CBM+기술적용 시 고려사항을 통해 개선기회를 도출할 수 있었다.

##### 1. 종합분석[2][3][4]

###### 1) 센서 데이터 적용수준 분석

지상무기체계의 경우는 센서 데이터의 생성은 일부 되나 수집과 분석이 기초 수준이다. 센서 데이터가 수집되고 있는 차륜형 장갑차도 별도의 분석도구가 없는 상황으로 상태기반정비 보다는 시간제 중심의 예방정비 업무를 중심으로 활용되고 있다. 이에 따라 지상 무기체계별 단계적 데이터 수집과 활용방안의 세부적인 수립이 필요하다고 분석된다.

함정 무기체계의 경우는 데이터 생성과 수집은 되나 분석은 기초 수준이다. 함정 운항 후 저장된 센서 데이터를 활용하여 계획정비와 CBM+에 혼용으로 활용 중이다. ICAS 수집 데이터의 경우는 원격정비 등에 활용이 되나, 데이터의 표준화와 분석 도구의 개발과 고도화가 필요하다. 이에 따라 함정 내 수집되는 센서 데이터의 표준화와 분석방법에 대한 개발이 필요하다고 분석된다.

항공 무기체계의 경우는 주요 구성품의 다수가 외산으로 제조사 협조를 통한 데이터 생성, 수집, 분석 등이 진행되고 있다. 또한, 외국 제조사 정비 지침에 따라 데이터가 활용되어 부분적인 CBM+를 시행하고 있어 독자적 CBM+ 기술확보는 부족하다고 볼 수 있다.

이에 따라 한국형 CBM+ 기술을 확보하여 신규개발 중인 항공기 등에 적용을 위한 추진이 필요하다고 분석된다. 이를 종합해보면 군별 무기체계별 특성을 고려한 맞춤형 센서 데이터의 활용 정책이 마련되어야 하고, 센서 데이터 기반의 고장 예지 기술을 공유하여 군별 데이터의 활용능력을 발전시켜야 한다.

###### 2) 데이터 생애주기를 고려한 적용수준 분석

다음은 군별 무기체계의 종합분석과 평가를 기초로 데이터 생애주기를 고려한 센서 데이터 수준을 분석하였다. 먼저 데이터 생성, 수집, 저장 단계에 대해 관련 평가척도를 적용하여 군별 무기체계의 센서 데이터 활용수준을 Table 1과 같이 분석하였다.

분석결과 지상 무기체계는 기초적인 수준으로 분석되었고, 함정 및 항공 무기체계는 지상 무기체계와 비교하면 센서 데이터 활용을 위한 데이터 생성, 수집, 저장 수준이 높은 것으로 분석되었다.

표 1. 데이터 생성, 수집, 저장 단계 수준 비교

Table 1. Comparison of Data Generation, Collection and Storage Stages

구분	데이터 생성	데이터 수집/저장
정의	데이터 획득	데이터 수집/저장
평가척도	Lv0	데이터 생성 안 됨 수집장치 없음
	Lv1	추진데이터만 생성 전용 수집 장비 있음
	Lv2	추진데이터+ 센서 데이터 생성 외부 저장소에 데이터 저장(수동)
	Lv3	센서 장착 가능 외부 저장소에 데이터 저장(자동)
지상	Lv0~Lv1	Lv0~Lv1
함정	Lv2	Lv2
항공	Lv2	Lv2

다음으로 데이터 처리, 분석 단계에 대해 관련 평가척도를 적용하여 군별 무기체계의 센서 데이터 활용수준을 Table 2와 같이 분석하였다.

표 2. 데이터 처리, 분석 단계 수준 비교  
Table 2. Comparison of Data Processing and Analysis Stages

구분	데이터 처리	데이터 분석
정의	데이터 식별 / 표준화	통계분석, 엔지니어링 분석
평가 척도	Lv0	데이터 확인 불가 분석 솔루션 없음
	Lv1	데이터 확인은 되지만 의미 파악 불가 단순 모니터링
	Lv2	데이터 분석을 위한 의미파악/분류 가능 통계분석 가능
	Lv3	데이터 표준화 완료 고장함수적용, 기계학습 가능
지상	Lv2	Lv0
함정	Lv1~Lv2	Lv0
항공	Lv1	Lv2(제조사 협력)

분석결과 처리 단계에서는 지상 무기체계가 함정 및 항공 무기체계와 비교하면 센서 데이터 활용을 위한 데이터 처리 수준이 높은 것으로 분석되었다. 분석 단계에서는 항공 무기체계가 지상 및 함정 무기체계보다 센서 데이터 활용을 위한 데이터 분석 수준이 높은 것으로 분석되었다. 마지막으로 데이터 활용단계는 지상 무기체계의 경우는 센서 데이터를 모니터링과 CBM+에 활용을 못 하는 수준이다. 함정 및 항공 무기체계는 장비 운용 이력 및 고장분석 시 부분적으로 정비 여부 판단에 활용되고 있는 수준으로 분석된다.

이상 데이터 생애주기를 기준으로 한 군별 무기체계의 수준을 종합적으로 분석해본 결과 무기체계별 데이터의 데이터 생애주기 단계별 수준이 각각이고, 체계 종류와 관계없이 데이터 분석과 활용수준 또한 기초적인 수준으로 진단된다.

2. 현재 운용 무기체계에 CBM+적용 시 고려요소

향후 신규 무기체계에 대한 CBM+기술적용은 필수적으로 고려되고 있지만, 현행 무기체계에 대한 CBM+기술적용에 대한 대상 여부를 판단하기 위해서는 다양한 요소들을 종합적으로 고려해야 한다. 국방 핵심기술 과제로 진행되고 있는 무기체계 CBM+특화연구센터의 연구과제에 대한 대상 무기체계 선정 시에 기술개발을 위한 여러 조건의 타당성을 인정받아야 했다. 이를 위해 Table 3과 같이 CBM+기술개발 소요에 반영을 위한 무기체계별 도태 및 전력화 등 운용계획을 기초로, 해당 무기체계의 전자화 수준, 기술적용 가능성, 기술개발 시 경제성 여부, 기술적용의 실효성, 기술의 확장

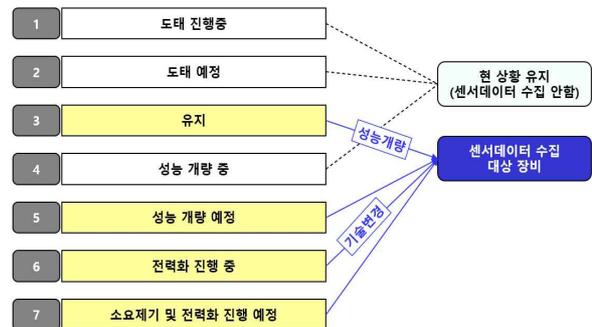
성을 위한 유사무기체계를 대표할 수 있는 대표성 등 6가지 주요 선정기준을 적용하여 전문가 의견수렴 및 설문 등을 통해 소요제기를 추진하였다.

표 3. 국방 핵심기술과제 개발 대상 장비 선정기준(안)  
Table 3. Criteria for selecting equipment for development of key defense technology tasks(draft)

구분	선정기준	내용
1	운용계획	무기체계 운용계획에 따라 센서 데이터 수집 대상으로 포함 / 불포함을 결정
2	전자화 수준	무기체계별 전자화 정도에 따른 센서 데이터 수집 대상 여부 결정
3	기술성	핵심데이터 수집에 필요한 기술적 문제를 종합적으로 분석
4	경제성	CBM+기술적용 시 비용요소 분석
5	실효성	데이터 분석을 통해 고장예측이 가능한 무기체계 선정
6	대표성	무기체계의 대표 특성을 나타낼 수 있는 무기체계를 우선 선정

우선으로 고려되는 운용계획은 무기체계별 운용계획에 따라 센서 데이터 수집 대상 무기체계로 포함 또는 불포함 여부를 결정하는 가장 기초적 기준요소이다. 장비별 운용계획은 Table 4와 같이 도태 진행 중, 도태 예정, 성능개량 중인 무기체계는 센서 데이터 수집이 불필요(제한되고)하고, 장비 유지, 성능개량 예정, 전력화 진행, 소요제기 및 전화 진행 예정인 무기체계는 센서 데이터 수집 대상으로 분류할 수 있다.

표 4. 운용계획에 따른 센서 데이터 수집대상 판단  
Table 4. Determination of Sensor Data Collection Targets According to Operational Plans



다음으로 무기체계별 운용계획을 기초로 전자화 수준, 기술성, 경제성, 실효성, 대표성 등의 선정기준을 종합적으로 고려해야 한다. 전자화 수준은 무기체계별 전자화 정도에 따른 데이터 수집 대상 여부 결정을 위

한 요소로 기계식, 부분 전자식, 전자식으로 구분된다. 이중 부분 전자식과 전자식 무기체계는 우선으로 고려되어야 한다. 이들은 기계식과 비교해 센서 생성과 수집이 쉽기 때문이다. 지상무기체계의 경우 대부분이 부분 전자식 장비이고 함정 무기체계는 대부분 부분 전자식 또는 전자식 장비이고 항공기는 대부분 전자식 장비로 군별 무기체계의 특성을 고려한 데이터 수집 및 활용 전략이 필요하다.

기술성과 경제성은 핵심 데이터 수집에 필요한 기술적 문제와 비용문제를 종합적으로 분석하는 것이다. 무기체계 센서 데이터 수집대상 구성품이 국외도입일 경우는 기술이전 또는 기술개발이 가능 시 데이터 수집 장치 개발이 가능하고, 국내생산의 경우도 기술개발이 가능 시 데이터 수집장치를 개발할 수 있다고 판단된다. 이러한 프로세스 중 개발 및 보급을 통한 운영유지비의 절감효과가 큰 경우 센서 데이터 수집이 가능한 무기체계로 선정하고 절감효과가 현 운영유지비보다 적을 경우는 경제성 측면에서 센서 데이터 수집을 고려하지 않는다.

다음으로 실효성은 데이터 분석을 통해 고장예측이 가능한 무기체계를 선정하여 센서 데이터 수집·분석 대상 장비로 선정하는 것이다. 즉, 실효성 측면에서 데이터 분석을 통한 고장예측 등 실효성과 관련된 구현 가능성이 충족된 대상 장비로 선정하여야 한다.

대표성은 무기체계별 특성을 고려하여, 유사한 장비를 그룹화하여 해당 무기체계의 대표 특성을 나타낼 수 있는 무기체계를 우선 선정해야 한다.

### 3. 개선기회 도출[2][3]

종합분석결과를 기초로 개선기회를 도출할 수 있었고 이를 통한 상세화된 발전이 필요하다.

군별 무기체계의 주요 현황에 대한 종합분석결과, 지상 무기체계는 사례조사 대상인 K9자주포, 차륜형 장갑차로 살펴볼 때 센서 데이터 수집 환경이 다르고, 분석의 경우는 거의 수행되지 않고 있어 관련 사항에 대한 발전이 필요하다. 함정 무기체계는 데이터 수집은 되나 데이터 표준화와 분석체계 수준이 기초적 수준으로 발전이 필요하다. 항공기의 고정익은 대부분 항공기에 데이터 수집장치가 장착되어 수집, 저장, 분석이 이루어지고 있지만, 제조사에 의한 데이터 접근이 매우 제한적이어서 데이터 활용을 위한 발전이 필요하다. 항

공 무기체계 중 회전익의 경우 수리온 헬기를 예로 들면 HUMS 등을 통한 주요 구성품의 센서 데이터가 수집되어 기초적 수준에서 통계분석을 하고 있지만, 데이터 활용목적에 부합한 고차원적인 고장분석을 위한 전용 S/W의 개발이 필요하다. 다음으로 공통 이슈인 센서 데이터의 자동 수집을 위한 보안 문제의 해결을 위해서는 국방 보안 가이드라인을 적용한 데이터 송·수신의 적절성 등 종합적 검토와 실증이 필요하다.

이를 기초로 거시적 관점에서의 개선은 군별 무기체계의 특성과 운용 성격, 정비환경을 고려한 센서 데이터의 수집, 저장, 분석, 활용이 가능토록 맞춤형 데이터 정책의 수립이 우선되어야 하겠다. 그리고 센서 데이터의 수집, 저장 전략 마련 시 무기체계의 운용시간 등 신뢰성 분석에 영향을 미치는 항목에 대해서는 전력화된 국방군수통합정보체계로 관련된 야전운용제원 등이 자동으로 입력될 수 있도록 기술적 발전이 필요하다. 또한, 빅데이터 체계의 구축 면에서는 센서 데이터의 수집 전략을 핵심적으로 추진하고, 기타 정보는 타 체계와 연동을 통해 필요한 정보만 주고받을 수 있도록 정보화 전략을 수립하여야 한다.

미시적 관점에서의 개선을 위해서 지상 무기체계는 무기체계별 구조적 운영적 특성을 고려한 센서 데이터의 수집 전략의 마련이 필요하고, 함정 무기체계는 ICAS의 데이터 표준화와 분석 S/W 개발을 추진해야 한다. 항공 무기체계의 고정익은 외산 장비 제작사의 벤치마킹을 통해 독자적인 센서 데이터 수집, 저장, 분석체계의 개발이 필요하다. 회전익은 HUMS 등을 통해 수집된 데이터의 고도화 분석을 위한 한국형 S/W 개발이 추진되어야 하겠다. 또한, 무기체계별 특성을 고려한 분석 업무 설계에 대해서 각 군은 신뢰성 분석, 경향성 분석을 중심으로 추진하고, 방산기업은 MRO (Maintenance, Repair, Overhaul) 중심의 총수명주기 관점의 고도화 분석으로 발전되어야 하겠다.

현재 운용 중인 무기체계의 CBM+적용은 제시된 6가지 고려요소를 적용해 대상 장비를 선정하고 유사 무기체계로의 확장 전략을 마련하여 추진해야 하겠다.

## V. 결론 및 향후 연구 방향

국방 핵심기술과제로 추진 중인 CBM+기술개발은

무기체계의 최적화된 총수명주기관리를 위한 하나의 방법론으로서 데이터를 적극적으로 활용하기 위한 국방기술개발의 신개념 전략이라 할 수 있다.

이러한 CBM+기술개발의 추진에는 국방 환경변화에 대한 대응, 국방예산의 효율적 집행 요구, 국방 데이터 관점에서 활용의 어려움 등을 새로운 기회의 관점으로 전환을 모색하는 것이라 볼 수 있다. 또한, 국방에서도 전적으로 추진중인 국방기술개발 사업이 본격화되고 있고, 관련 기술개발에 있어 관계기관의 높은 관심과 민(民)의 기회 제공면에서도 확장성을 가지고 있기 때문이다[1][2].

이에 따라 본 연구는 센서 데이터 기반의 무기체계 CBM+기술구현과 관련해 현재 한국군의 센서 데이터 활용수준이 어디까지 진행이 되었는지 군별 주요 무기체계의 수준을 조사하였다. 또한, 현재 운용 중인 무기체계에 CBM+기술 적용 시 고려사항을 제시하였다.

연구결과 한국군의 군별 센서 데이터 활용수준 조사를 통해서 센서 데이터 수집전략(전용 데이터 수집장치 개발을 포함)의 마련 필요, 센서 데이터 표준화, 데이터 분석을 위한 한국형 전용 SW 및 도구개발, 야전운용제원 등 관련 데이터와 융합 등에 대한 필요성을 도출할 수 있었다. 다음으로 현재 운용 무기체계에 CBM+기술 적용 시 무기체계 도태와 전력화 등 운용계획 등을 기초로 6가지 주요 선정기준을 종합적으로 제시하였다. 본 연구를 통해 확인된 개선 방향을 기초로 무기체계 CBM+기술개발과 적용을 위한 관련 업무 추진 시 방향성을 설정하고 적용하는 데 참고가 될 것 기대해 본다.

향후 연구에서는 제시된 개선 방향을 기초로 센서 데이터 수집장치 개발, 센서 데이터 표준화, 한국형 분석 도구개발, 관련 분야 데이터와의 융합 등 기술개발에 관한 세부적인 실증 연구가 필요하다. 또한, CBM+ 적용 시 관련 국방 데이터 환류(개방) 등 필요로 하는 보안 이슈, 데이터 거버넌스 등 제도개선의 관점에서도 활발한 연구가 병행되어야 하겠다.

## References

- [1] MND, “Materials for the Development and Integration Platform of Predictive Maintenance Technology,” pp. 3-6, 2021.12.1.
- [2] MND, “Establishment of Big Data Collection / Analysis System for Military Logistics BPR/ISP”, pp. 23, 2021.12.9.
- [3] MND, “Report on the Technical Level and Applicability of Weapon System Sensor Data”, pp. 3-5, 2021.4.2.
- [4] Ministry of National Defense, “Implementation Plan for the Establishment of Big Data for Military Logistics”, pp. 7-10, 2020.11.4.
- [5] Kyung-Won Oh, “Development of Korean Condition-Based Maintenance Systems to Monitor Naval Weapon Systems”, *International Journal of Aerospace System Engineering*, pp. 67-68, 2016. <http://dx.doi.org/10.20910/JASE.2016.104.67>
- [6] Ki-Jung Kim et al. 3, “A Study on the Application Plan of Aircraft CBM+ in the Air Force”, *Air Force Headquarters*, pp. 1-5, 2018.10.16.
- [7] Keun-Young Kim et al. 3, “Roadmap Configuration for Technical Elements Acquisition of Military Fixed Wing Aircraft Parts PHM and Verification of Parts Selection Phase”, *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, pp. 674-677, September 2019.9. <http://dx.doi.org/10.5139/JKSA S.2019.47.9.665>
- [8] Dong-Hoon Kim et al. 2, “Analysis of High-Speed Fourier Transform for Submarine Major Equipment Vibration and Application of Predictive Maintenance”, *Journal of the KNST*, pp. 20-21, 2021.
- [9] Gyu-Seon Cho, “A Study on the Depot Maintenance Effects of CBM+ Model Application for Transmission in Tracked Vehicle with Missile System”, *Daejeon University*, pp. 1-5, 2021.4.
- [10] Baek-Chun Shin, “A Study on the Application Methodology of CBM+ in the Early Design Stage of Weapon Systems”, *Kumoh National Institute of Technology*, pp. 1-5, 2022.
- [11] Do-Hyun Jeong et al.3, “Real-time Life Prediction of Engine Oil in Moving Equipment with Different Main Systems and Operating Times”, *2022 Proceedings of the KIMST Comprehensive Academic Conference*, pp. 110, 2022.6.9.
- [12] Alfonsus Julanto Endharta et al.4, “Study on Effectiveness of CBM+ in Weapons Systems through RAM-C Analysis”, *Journal of the KAIS*, pp. 249-251, 2023. <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.9.249>