

## 武器體系 RAM 向上方案 研究 (A Study on the Improvement of RAM for Weapon System)

허동구\*, 최석철\*\*

### Abstract

This research deals with the weapon system RAM which is the reliability, availability and maintainability for weapon systems. This weapon system RAM is one of very important factors because it is related to the life cycle cost and combat readiness of weapon systems.

Therefore, in this research we introduce the weapon system RAM and analyze the problems of weapon system RAM management during system life cycle including acquisition period. Finally we suggest an alternative to improve the weapon system RAM in various agencies which are the department of defense and army headquarter level, etc., in the process of defense acquisition.

Key words: RAM(Reliability, Availability, Maintainability), MTBF(Mean Time Between Failure), MTTR(Mean Time to Repair), MR(Maintenance Ratio)

---

\* 국방대학교 무기체계학과

\*\* 국방대학교 무기체계학과 교수

# 1. 서 론

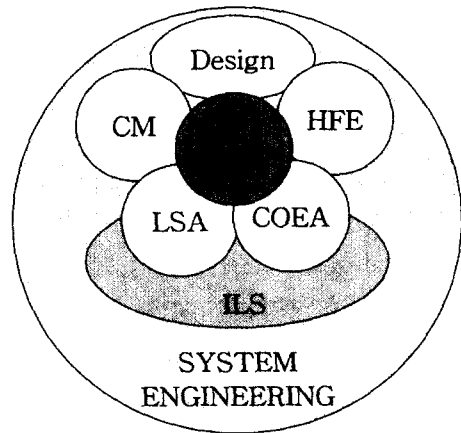
현대의 무기체계는 고도의 정밀성과 복잡한 첨단 과학기술을 토대로 장기간에 걸친 연구개발과 막대한 비용의 투자로 개발되고 있다. 따라서 무기체계는 점점 다양한 기능을 보유하게 되면서 복합적인 임무를 수행함으로써 무기체계의 개발 및 획득비용 뿐만 아니라 무기체계의 운영유지 비용에도 많은 관심이 집중되고 있다. 따라서 무기체계의 개발 초기부터 지원성(Supportability)과 운용성을 고려한 무기체계의 설계 및 개발이 중요한 요소로 부각되고 있다[1].

무기체계 RAM분석은 무기체계 지원성 및 운용성에 있어서 중요한 평가요소이며, 또한 무기체계 개발단계마다 예측, 분석 및 평가가 지속적으로 수행되어 이 결과를 차후 설계에 반영함으로써 무기체계의 RAM성능을 향상시킬 수 있다. 그러므로 본 연구논문에서는 과거 국내 무기체계 획득개발 과정에서의 무기체계 RAM 분석활동의 문제점과 군 및 관련기관, 방산업체의 무기체계 RAM 관련 활동을 바탕으로 무기체계 연구개발시에 설정된 무기체계 RAM 목표수준의 달성과 무기체계 RAM 향상을 위한 방안을 제시하는 것이다. 이러한 방안을 실시함으로써 국방비의 효율적 활용과 군 전투준비태세 능력 향상에 기여할 것으로 판단된다.

무기체계 RAM은 무기체계의 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 정비도(Maintainability)의 약어로서 무기체계의 고장빈

도, 전투준비태세의 정도, 체계 고장시 정비하는데 소요되는 시간 정도를 나타낸다[4]. 개발자에게는 무기체계 기술수준의 척도가 되며, 수요군에게는 무기체계 운용시 만족도의 척도가 됨으로서 무기체계의 설계는 물론 운용의 기본정책을 수립하는데 기초가 되므로 개발 무기체계의 최초 개념설계부터 생산하여 운용후 폐기시(Life Cycle)까지 수행되어야 한다. 또한 RAM은 무기체계의 설계를 지원하고 평가하며 대책방안을 도출하여 설계를 개선하는 등의 업무를 지원하는 체계공학의 한 분야[3]라고 할 수 있다. 체계공학에서의 RAM과 기타관련 요소들과의 관계를 <그림 1>에서 나타내 주고 있다.

신뢰도는 무기체계, 장비나 부품 등이 주어진 조건 하에서 규정된 기간동안 요구된 기능을 고장 없이 수행할 확률로서 체계신뢰도와 임무신뢰도로 구분한다.



<그림 1> RAM의 관련 영역

체계신뢰도(System Reliability)는 무기체계나

장비성능에 관련된 신뢰도로서, 무기체계가 어떠한 고장도 발생하지 않고 특정임무를 수행할 확률을 나타낸다. 임무 신뢰도(Mission Reliability)는 임무수행에 관련된 신뢰도로서, 무기체계가 규정된 기간동안 임무를 수행할 때, 임무수행에 영향을 미치는 고장이 발생하지 않고 작동할 확률을 나타낸다.

신뢰도는 평균 고장간 시간(MTBF: Mean Time Between Failure)과 평균고장간 거리(MKBF: Mean Kilometers Between Failure) 등의 척도를 산출하여 평가한다. 이 척도는 무기체계를 개발중이거나 개발될 무기체계의 RAM 목표값을 예측하는 경우와 시제 혹은 양산후 운용자에 의해 사용될 때 실제 시험자료나 운용자료를 이용하여 RAM 값을 산출할 경우에 사용된다.

가용도는 어떤 임의의 순간시간에 있어서 무기체계, 장비, 부품 등이 작동상태에 있을 확률이다. 또한 가용도는 무기체계의 전투준비태세를 평가해 주는 척도로서, 운용환경에 따라 고유가용도, 성취가용도, 운용가용도 등으로 분류된다.

고유가용도는 계획정비 없이 규정된 조건(규정된 공구, 수리부속, 정비인원, 교범, 지원장비 등)하에서 운용이 될 때 무기체계가 가동상태에 있을 확률이다. 즉, 무기체계 자체 요인의 고장만을 반영한 값이다.

성취가용도는 고유가용도에 계획정비 시간을 추가로 고려한 것으로 무기체계 자체의 직접적인 원인이 아닌 불가동 시간을 제외한 값이며, 이상적인 지원환경(공구, 시설, 준비상태)과 규정된 조건하에서 사용될 때 무기체계가 임의의 시점에서

서 만족스럽게 작동할 확률이다.

운용가용도는 무기체계 자체의 직접적인 원인에 의한 불가동 시간이 아닌, 간접적인 원인(사용자의 실수, 사고)에 의한 불가동 시간도 고려한 값이며 현실적으로 발생할 수 있는 모든 불가동 시간을 고려한다. 따라서 운용가용도는 무기체계가 실제의 운용환경과 규정된 조건하에서 사용될 때 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률이다.

정비도란 무기체계가 고장났을 때 규정된 기술요원이 가용한 절차와 자원을 이용하여 주어진 조건하에서 주어진 시간에 무기체계를 정비하여 그 성능을 규정된 상태로 원상 복구할 수 있는 확률이다. 정비도는 신뢰도와 함께 설계를 최적화하기 위한 필수 요소이며, 정비도 값은 정비인력을 판단하는 경우를 포함하여 여러 가지를 위해서 이용된다[3].

## 2. 국내 무기체계 RAM 실태 분석

### 2.1 무기체계 RAM 관리 System 측면

#### 2.1.1 규정 및 방침의 구속력 미흡

우리나라는 1980년대에 들어와서 K-1전차 개발시에 처음으로 RAM 개념을 연구하기 시작하였다. 그러나, 군의 전력화 시기를 고려한, 신속한 배치에만 중점을 두어, 소요제기 단계의 RAM 요소 목표값 설정 누락과 탐색개발 단계에서는 소요예산 과다 및 조기전력화에 따른 개발기간 단축으로 RAM 평가가 추진되지 못하였다. 체계개발 단계에서는 기술시험평가 / 운용시험평가 / 내구도시험시 도출된 자료로만 RAM 평가업무를

수행하였고, 초도, 1차, 2차 양산배치 및 운용단계에서는 야전부대 운용과정에서 수집된 데이터에 의해 RAM 분석 및 평가업무를 수행하였다. 그래서 국내의 RAM 실태는 개발 무기체계의 RAM 요소의 소요제기, 예측/목표값 설정, 시험평가 및 설계 반영 등의 절차가 누락된 상태로 운용자료를 통해서 업체중심으로 무기체계 RAM 활동이 이루어져 왔다.

최근의 신형 자주포(K-9), 천마와 같은 무기체계의 개발시에는 최적 설계반영을 위한 RAM 예측활동을 하는 등 많은 노력을 기울이고 있음에도 불구하고 RAM 관리체계가 아직까지는 미흡한 것을 알 수 있다. 그러나 RAM에 관하여 소홀했던 과거와는 달리 현재에는 여러 가지 무기체계를 독자적으로 개발하고 있고, 그리고 무기체계의 운용유지측면에서 수명주기비용의 감소를 위하여 RAM 활동에 많은 관심이 집중되고 있다. 따라서 앞으로는 무기체계 획득단계별로 정형화된 RAM 활동을 보장하기 위해서는 세부적인 활동규정과 방침으로 법제화되어 체계적으로 관리되어야 한다.

### 2.1.2 RAM 설계 능력 부족

무기체계 RAM 설계란 무기체계 설계 전에 유사 무기체계의 운용자료를 이용하여 신뢰도와 정비도를 예측하고, 계량화된 특성을 설계에 반영함으로써 궁극적으로 무기체계의 운용가용도를 극대화시키는 방법이다.[7] 그러나 국내의 무기체계 RAM 산출을 위한 환경에서 RAM 특성을 예측하기에는 많은 어려움이 있다.

첫째, 유사 무기체계의 운용 경험자료가 부족하

다. 우리가 개발하고자 하는 무기체계와 유사 무기체계가 다른 나라에서 운용이 되더라도 RAM 분석을 위한 자료의 획득은 어려운 실정이며, 그리고 국내에서 운용한 무기체계일 경우에도 과거의 고장에 대한 이력정보의 부실로 인한 자료의 Feed-back이 곤란하여 성능개량 사업이나 RAM 예측값과 실측값의 비교 작업 등이 불가능함으로써 RAM 특성의 예측에는 어려움이 있다.

둘째, 현대에는 급속한 과학기술의 발달로 무기체계의 시스템 복잡도가 증가되어 과거의 단순한 시스템의 RAM 예측을 위한 이론으로 현대의 무기체계 RAM 특성을 예측하는 것은 어려울 것이다. 따라서 RAM 특성을 반영한 설계는 점차적으로 어려워지고 있으며, 또한 고도의 기술성을 요구하고 있으므로 RAM 특성의 예측방법과 설계 적용방안을 국내의 여건에 적합하도록 강구해야 한다.[2]

## 2.2 기초자료 수집체계 측면

무기체계의 RAM 분석을 위한 기초자료를 수집하기 위하여 장비종합이력부와 검사작업지시서, 월장비 운행증 등을 검토한 결과, 기록양식의 문제와 누락된 자료의 DB의 구축이 미흡한 것으로 판단된다.

### 2.2.1 기초자료 양식의 문제

정확한 무기체계 RAM 값을 산출하기 위해서는 정확한 기초자료를 수집해야 하며, 이러한 운용/수리자료는 정확한 기준을 가지고 객관적으로 작성될 수 있도록 체계적으로 규정화, 양식화되어야만 한다.

그러나 현재 사용중인 기초자료양식에서는 각 장비의 정확한 고장시간과 정비시간을 산출하기에

는 부분적으로 미흡한 점이 있다. 파악하고자 하는 무기체계의 고장간 기동시간(MTBF)은 시간단위의 자료인 반면 고장에 대한 정보가 기록되는 운용자료는 시간단위가 아닌 일(日)단위로 작성이 되는 경우가 많다.

그리고 수리시간도 정비인시만 기록이 되도록 양식화되어 있어 몇 명이 얼마만큼의 시간으로 수리가 되었는지가 현행 기초자료에서는 파악하기가 어렵다. 따라서 현재의 기록/입력양식의 변경 없이는 RAM 분석을 위한 정확한 고장자료의 산출이 어렵다고 판단된다.

## 2.2.2 누적자료의 DB 구축체계 미흡

우리 군에서도 지난 수년간 무기체계 RAM 요소의 효율적인 개발 및 관리와 장비의 신뢰도 증진 및 가용도(전투준비태세) 향상을 위하여 많은 관심을 가지고 자료수집체계에 노력을 했으나 자료 수집체계 자체와 자료 DB화의 문제점으로 실효성 있는 자료가 사용자 및 개발자에게 적절히 제공되지 못하고 있다.[8] 육군의 경우 운영 관련 자료를 수집 관리하기 위한 체계는 장비정비기록 관리제도를 전산화한 “편성부대 자원관리 전산화 체계”가 운영되고 있으나 입력/처리내용이 수리부속품의 보급과 반납, 청구 등, 수량위주의 보급관리 시스템으로 되어 있으며, 자료의 상호 연계성도 미흡하여 효율적인 군수지원분석을 수행하기에는 어려운 점이 많다.

특히 육군의 편성부대 및 정비지원부대에서 사용하고 있는 검사작업지시서의 전산입력항목[5]들은 RAM을 분석하기 위한 D/B로서는 많은 부족함을 가지고 있다. 따라서 야전에서 발생하는 운용자료를 효율적으로 수집/관리하고 이들 자료를

체계적으로 분석/평가할 수 있는 종합적인 데이터 관리체계의 적용이 절실히 요구되고 있다.

## 3. 무기체계 RAM 향상방안

### 3.1 국방부에서의 향상방안

#### 3.1.1 RAM 개발절차의 적용방안

정확한 무기체계의 신뢰도와 정비도를 산출하고자 하는 궁극적인 목적은 소요제기 및 개념형성 단계에서 RAM 목표값을 예측 및 설정하여 설계 및 시제단계에 반영토록 하여 무기체계 생산이전에 RAM 값을 최대한 향상시켜, 수명주기 비용의 감소와 장비성능의 향상, 인명피해의 방지, 원활한 군수지원, 의사결정의 계량적인 근거를 제시하는 것이다. RAM값 산출을 위해서는 규정된 절차에 의해 무기체계의 전 수명주기에 걸쳐 체계적으로 수행이 되어야 하며, 특히 무기체계 개발단계 중 설계 이전단계에서 최적의 RAM 요소 목표값을 산출하여 설계에 반영하는 것이 무기체계의 수명주기비용의 감소와 안전성 유지 등의 측면에서 고려하였을 때 가장 바람직하다.

미국의 경우에는 RAM 산출규정에 의해서 무기체계 개발단계별로 명확한 목표를 설정하여 신뢰도와 정비도를 산출하고 있으므로 양산이전에 최적의 값을 가지는 무기체계를 설계 및 제작, 생산할 수 있도록 엄격하게 통제하고 있다.[10]

그러나, 과거 우리는 양산 및 야전운영단계에서 비로소 무기체계 RAM의 필요성을 느껴 RAM에 대한 연구가 시작되었으며, 최근의 신형 자주포와 천마에서는 RAM 개발 및 산출기법이 한 단계 발전되었다고 볼 수 있으나, 기법이나 적용에 대한

<표 1> 신뢰도 산출 위한 획득단계별 수행임무(안)

세부 임무	획득 단계			
	개념연구	탐색개발	체계개발	양산운영
101. 신뢰도 산출 계획	○	○	○	○
102. 계약업체 관리/감독	○	○	○	○
103. 사업 검토	○	○	○	○
104. FRACAS(고장보고, 분석, 수리체계)		○	○	○
105. 고장 검토위원회		○	○	○
201. 신뢰도 모델	○	○	○	○
202. 신뢰도 할당	○	○	○	
203. 신뢰도 예측	○	○	○	○
204. FMECA(고장유형, 영향 및 치명도 분석)	○	○	○	
205.Sneak circuit Analysis			○	
206. Tolerance Analysis		○	○	
207. Parts control	○	○	○	○
208.Reliability critical items	○	○	○	○
209. Effects of Functional Testing,Storage, Handling Packaging, Transporting and Maintenance		○	○	
301. 환경 stress 적합성			○	○
302. 신뢰성개발 및 성장시험		○	○	
303. 신뢰도 검증 시험			○	
304.Production reliability acceptance test				○

세부규정은 아직까지 명확하지가 않아 무기체계 RAM을 산출하는 제일 중요한 목적인 개발단계에서 무기체계의 최적설계를 지원하는 역할을 수행하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 우리 군도 무기체계 개발시에 향상된 성능과 정비유지성을 보장하기 위해서는 위의 <표 1>, <표 2>와 같이 체계화된 산출절차를 수립하여야 하며, 이러한 절

<표 2> 정비도 산출 위한 획득단계별 수행임무(안)

세부 임무	획득 단계			
	개념연구	탐색개발	체계개발	양산배치
101. 정비도 산출 계획		○	○	○
102. 계약업체 관리/감독		○	○	○
103. 사업 검토	○	○	○	○
104. 데이터 수집		○	○	○
201. 정비도 모델	○	○	○	○
202. 정비도 할당	○	○	○	○
203. 정비도 예측		○	○	
204. FMECA(고장유형, 영향 및 치명도 분석)		○	○	
205. 정비도 분석	○	○	○	
206. Design Criteria	○	○	○	
207.Inputs to maintenance plan and LSA		○	○	
301. 정비도 Demonstration			○	

차를 수행 및 관장하기 위해서 제도화된 규정을 국방 획득관리규정(무기체계 획득사업관리규정)에 반드시 성문화해야 한다.

### 3.1.2 무기체계 RAM 분석절차 정립

#### ○ 소요제기단계

소요제기단계에서는 무기체계의 운용개념과 운용환경을 고려하여 무기체계에 가장 적합한 RAM 요소를 선정하여 RAM 목표값을 설정하는 것이며,[6] 세부판단요소는 체계개념분석과 고장 정의 및 판단기준 설정, 무기체계 RAM 특성치 결정, RAM 특성치 목표값 설정으로 구분할 수 있다.

첫째, 체계개념분석으로서 사용자의 운영개념을 고려하여 개발될 무기체계에 대한 체계기능을 명확하게 기술하여 설계과정에서 반영될 수 있도록

해야한다. 특히 개발 예정 무기체계의 운용형태의 요약(Operational Mode Summary), 임무개요(Mission Profile), 필수 임무 기능 설정, 정비인시 설정(MR), 총 정비시간의 판단, 행정 및 군수 지연시간 판단을 실시해야 한다.

둘째, 고장정의 및 판단기준 설정으로서 RAM의 목표값 설정, 예측, 시험평가 과정에서의 일관성 있는 적용을 위해 고장정의와 판단절차를 수립해야 한다. 여기서 고려해야 할 내용은 체계의 필수 임무기능 설정, 고장수준 및 귀책구분, 고장 및 귀책 분류 절차, 고장에 따른 임무 신뢰도 계수(MRF: Mission Reliability Factor) 등이다.

셋째, 무기체계 RAM 특성치 결정 및 목표값 설정으로서, 무기체계에 대한 요구조건을 고려하여 운용개념에 따른 임무형태와 체계기능별 관련 시간을 세부적으로 분석하고, 고장시 가용한 정비 인력과 정비 활동간에 발생하는 행정 및 군수지연 시간에 대한 분석을 실시하여야 하며, 운용가용도, 전투준비태세, 임무성공율에 대한 분석을 병행하여 최적의 RAM 목표값이 설정될 수 있도록 해야 한다.

#### ○ 설계 및 시제제작 단계

설계 및 시제제작 단계에서는 체계개발 동의서(LOA)에 반영된 RAM 요소의 정량적 수준에 대하여 달성 가능성을 확인하고 무기체계 RAM을 예측하고 할당하기 위하여 다음과 같은 공학적 설계 및 분석을 실시해야 한다.

- 고장형태 및 치명도 분석(FMECA: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)
- 고장계통분석(FTA: Fault Tree Analysis)

- 중복설계 분석
- 부품의 단순화 및 표준화 분석
- 최적재료의 분석
- 내환경성 설계 분석
- 인간공학 및 안전성 분석

#### ○ 시험 및 평가 단계

시험 및 평가 단계는 연구 개발된 무기체계의 RAM 수준달성 여부를 확인하는 활동 단계로서, 먼저 환경과 목적에 대한 무기체계 RAM 시험 계획을 수립하고, 시험간 수집될 각종 자료의 수집체계를 구축한 다음 체계 RAM분야에 대한 시험을 실시해야 한다. 시험 실시후 시험결과에 따라 신뢰도 성장분석, 신뢰도, 정비도, 가용도의 분석 및 평가를 실시하고 의사결정을 위한 기초 자료를 작성하여 설계개선을 위한 대안을 도출해야 한다.

#### ○ 양산 및 배치단계

무기체계에 대한 연구개발이 종료하게 된 후에는 '전력화단계'로서 소요군에 대해서 무기체계를 제공하는 단계로 진행된다. 이와 같이 양산된 무기체계를 야전에 배치한 후에 야전에서 획득되는 데이터를 지속적으로 갱신하고 야전자료 분석을 통해 군수지원 및 성능개량 정보를 산출하고 D/B에 입력하여 차후 무기체계 개발에 필요한 피드백(Feed-back) 체계를 정착시켜야 한다. 무기체계 RAM 개발절차에 대한 개념적인 절차는 아래 <그림 2>와 같다.





및 구축과 보급체제에 대한 파이프라인 재정비 및 수송에 필요한 이동/선적/대기/관리기법의 최적화를 달성해야 한다.

### 3.2.2. 사용신뢰도의 향상

사용신뢰도는 무기체계를 개발, 생산, 배치한 후, 운용 전반의 여러 요인과 관련이 있으며, 특히 운용자와 정비요원 등의 인간적인 요소와 밀접한 관련이 있다. 따라서, 운영유지 단계에 있어서 RAM을 향상시킬 수 있는 방안은 다음 세 가지로 구분하여 볼 수 있다.

#### ○ 운용 및 정비요원의 교육

아무리 신뢰성이 높은 무기체계라 할지라도 이를 사용하는 운용자가 체계에 대한 운용 측면에서의 정확한 지식을 갖지 못한 상태에서 운용 및 조작을 할 경우에는 오작동이나 부주의로 인하여 고장을 일으킬 확률이 높아지며 이러한 고장이 설계 단계에서 고려되지 않을 경우에는 파국고장이 초래될 확률이 있다.

또한 정비요원에 대한 사전 정확한 정비요령 및 운영에 대한 교육은 예방정비 및 기타 고장정비(사후정비)시 정비소요시간을 단축시킬 수 있으며, 체계의 운용가용도 향상에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 운용자 및 정비요원에 대한 효율적인 교육을 위한 프로그램을 마련해야 한다.

#### ○ 운영유지자료의 수집 및 관리, 공유체계의 유지

새로운 무기체계를 연구개발할 경우에 기존 무기체계에 대한 각종 운영유지관련 자료는 무기체계의 초기설계시부터 많은 영향을 미치게 된다. 무기체계의 운용과정에서 발생하는 방대한 양의

자료는 장차 개발될 무기체계의 RAM 분석/평가에 중요한 영향을 미치게 되므로 지속적이고 효과적으로 관리해야 한다. 그리고 이와 같은 자료의 효과적인 운용과 각종 분석의 기초자료가 될 수 있도록 자료의 입력 및 검사, 질의 및 출력이 가능하며, 해당 목적에 맞는 형태로 자료를 변환할 수 있는 기능을 포함하는 자동화된 데이터베이스(DB) 체계가 필요하다. 따라서 현재 야전에서 사용되고 있는 무기체계의 운영유지 기록자료인 검사작업지시서의 양식을 아래 <표 3>과 같이 RAM 분석을 위한 양식으로 일부 변경하여야 한다.

<표 3> 검사작업지시서 개선내용(안)

구분	변경	추 가
내용	정비일자 → 정비일시	결함원인/내용, 누적주행거리, 누적가동시간, 누적발사탄수, 결함등급(치명, 중, 경, 비)

그리고 DB화된 자료의 공유와 클라이언트 서버 방식에 의한 자료의 분산DB를 이용한 공유 개념인 CALS개념을 적용하여 원천자료가 변경 없이 군수사에서 종합될 수 있는 체계를 유지해야 한다. 이러한 제반 정비관리업무와 관련된 자료의 수집, 저장, 관리체계를 구성함으로써 새로운 무기체계의 개발에 피드백(Feed-back)되어 사용될 수 있으며, 이는 현재의 무기체계의 신뢰도 향상뿐만 아니라 성능개량이나 새로운 무기체계의 신뢰도 향상에도 영향을 줄 수 있다.

#### ○ 효율적인 정비지원 계획 수립

정비는 크게 군 정비, 외주 정비, 해외 정비, 군

의 정비로 구분이 되며, 군 정비는 다시 부대정비, 야전정비, 창정비로 분류된다. 또한 정비는 무기체계의 고장시점과 정비시점의 선후관계에 따라 예방정비와 사후정비로 구분될 수 있다.

운용부대의 무기체계 가용성을 향상시키기 위해서는 군 정비능력의 향상이 매우 중요하다. 따라서, 군 정비능력 향상을 위해서는 다음과 같은 노력이 필요하다.

첫째, 예방정비 능력 향상이다. 예방정비는 무기체계가 고장이 나기 전에 편성부대에서 무기체계의 수명기간동안 최상의 가동상태 유지와 체계, 부품 및 구성품의 수명보장을 목적으로 실시하는 사전 정비개념으로서 가장 적은 비용으로 최대의 정비효과를 얻을 수 있기 때문에 운용자의 부단한 노력과 의욕에 의해 달성될 수 있다. 예방정비는 무기체계를 운용할 수 있도록 계획되어야 하므로 체계운용 및 통계계획을 효율적으로 수립하여 실시되어야 하며 이를 위하여 정비용 장비, 공구, 교범을 인가수대로 확보하여 정비업무에 활용도록 제반여건을 보장하여야 한다.

둘째, 편성부대에 과중한 정비업무 부담을 주지 않는 범위 내에서 정비계단의 하향조정이다. 운용자와 운용부대의 정비수준의 문제로 많은 부분을 직접지원/일반지원 부대 혹은 창정비를 통하여 실시함으로써 비용과 시간적으로 낭비되는 경우가 있다. 따라서, 가용도를 향상시키기 위해서 수리부속의 모듈화(Module)와 적절한 정비대충장비의 활용을 통하여 운용부대에도 현 수준이상의 정비능력범위를 확대시켜야 한다.

### 3.3 개발 관련기관에서의 향상방안

#### 3.3.1 RAM의 설계 반영

국내 연구개발 무기체계 획득방법에서는 정부가 개발비를 부담하여 국방과학연구소가 주도적으로 연구개발하는 정부주도 연구개발과 주계약업체가 주도적으로 연구개발하는 업체주도 연구개발 및 방산업체가 개발비를 부담하는 업체자체 연구개발로 구분이 된다. 정부주도 연구개발과 정부관리 업체주도 연구개발에 있어서는 국방과학연구소가 참여하여 개발하거나 업체의 개발을 관리하게 된다.

이와 같이 무기체계를 연구개발 및 관리하는 과정에서 소요 제기된 무기체계가 최적의 성능과 요구된 신뢰도를 가지도록 하기 위해서는 높은 수준의 신뢰도를 가질 수 있도록 설계하는 일이 중요하다. 이를 위해서는 부품의 단순화 및 표준화 설계 등 많은 방법이 있지만 국내 연구개발시에 개발관련기관이 무기체계의 설계에 영향을 미칠 수 있는 시점과 어떻게 설계를 하고 적용할 것인지의 설계 방안에 대하여 검토한다.

#### ○ 적용시기

무기체계 연구개발 단계에서 RAM의 영향범위는 주장비 설계시에 군수지원과 운용성에 영향을 미치게 되고, 무기체계의 수명주기 비용에도 직접적으로 관련이 됨으로서 반드시 무기체계의 설계 전에 RAM 목표값을 정량적으로 산출하여 이를 체계개발동의서(LOA)에 반영하여야 한다. 국방과학연구소는 국방획득개발계획서 및 개념연구 결과를 근거로 탐색개발계획서를 작성하게 되는데, 탐색개발 수행 중에는 군의 요구사항에 대한 분석과 해당 무기체계의 개발 가능성을 검토하여

RAM 목표값 설정이 이루어지도록 해야 한다.

그리고 체계개발 단계에서는 결정된 작전운용 성능(ROC) 및 기술적, 부수적 성능과 체계개발동 의서를 근거로 체계개발계획서를 작성한다. 체계 개발계획서에 명시된, 개발될 무기체계에 대한 신뢰도 할당, 예측, 고장분석, 시험, 고장형태 및 영향, 치명도 분석을 토대로 해당 무기체계의 설계 개념을 구체화하여 설계에 반영한다. 이와 같은 활동을 통하여 무기체계의 양산 이전에 RAM 값을 향상시켜 시스템을 운용/지원하는 동안 사고 및 위험요소의 최소화와 잠재적인 위험요소의 해소, 수명주기 비용의 감소, 무기체계성능의 향상, 원활한 군수지원이 가능하다.

#### ○컴퓨터를 이용한 무기체계 RAM 특성 설계 (RAMCAD)

일반적으로 무기체계의 수명주기비용에 많은 영향을 줄 수 있는 야전에서의 운용유지 비용은 설계노력에 따라 달라질 수 있지만, 지금까지 국내의 무기체계 설계에서는 요구되는 성능과 운용성의 요구사항으로 산출되는 무기체계 RAM 특성을 반영한 설계가 이루어지지 못하였다.

이러한 문제를 야기하는 요인으로는 첫째, 설계 과정에서 무기체계 성능 및 획득비용에 중점을 둔 업무를 수행하여 설계대안이 완료되고 공학적으로 설계가 제시된 후에야 겨우 해당 무기체계 RAM의 특성이 거론되고, 둘째, 대상 무기체계의 개발단계에서 설계자가 접근할 수 있는 설계 기법과 방법이 제한적이어서 설계자 입장에서는 설계에 대한 예측이 매우 어렵기 때문이다. 따라서, 무기체계 설계과정에 획기적인 향상을 기대할 수

있는 컴퓨터를 이용한 RAM 특성 설계 (RAMCAD) 및 이와 관련된 소프트웨어의 사용이 필요하다.

RAMCAD를 사용할 경우의 잇점은 첫째, 무기체계 설계과정에서 설계자에게 과거의 오류를 피할 수 있게 하고, 체계의 신뢰성, 정비성, 지원성을 향상시킬 수 있는 체계 개발 정보의 제공이 가능하고, 둘째, 무기체계 운용유지에 필요한 대량의 서류를 디지털화 된 자료로 대체가 가능하여 관련업무의 비용과 시간측면의 향상을 기대할 수 있다.

#### ○ 최소노력법에 의한 부품개선

최소노력법이란 여러 개의 부품 중에서 특정한 방법에 의해 결정된 몇 개의 부품만을 의도적으로 신뢰도를 증가시키는 방법이다. 신뢰도 배분을 통해 전 부품에 대하여 일정한 기준 이상으로 하여 가능한 최적의 체계 신뢰도를 가지게 하는 것이 바람직하지만 현실적으로 적용시키기에는 기술적인 문제나 예산상의 문제 등으로 어려움이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 최소노력법이 적용된다.

높은 수준의 신뢰도를 갖는 무기체계를 생산하기 위해서는 신뢰도가 높은 재료와 신뢰도가 높은 부품을 선택해서 사용해야 한다. 따라서 개발관련기관에서는 신뢰도를 향상시키기 위하여 체계를 구성하는 여러 부품 중에서 체계의 신뢰도에 가장 크게 영향을 줄 수 있는 최소한의 부품을 선정하여 요구되는 최적의 신뢰도를 가지도록 설계하고 해당 목록을 유지하여 제작 중에도 수

시검사를 통하여 품질을 관리하여야 한다.

○ 체계 안전 및 인간공학적 설계

무기체계는 인간과 기계로 구성된 하나의 시스템이라고 볼 수 있다. 따라서 무기체계의 기능을 발휘하는 경우에 있어서 무기체계와 운전자와의 관계를 염두에 두고 항상 설계가 이루어져야 한다. 인간(운전자)도 전체 시스템의 중요한 일부로 고려되어야 함으로, 체계의 안전과 인간공학적 설계는 무기체계 설계에 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 체계의 안전에 대한 보장이나 인간공학적인 설계를 무시하고서는 운용이나 정비에 대한 효율성을 기대하기가 어려울 것이므로 RAM의 향상을 기대하기가 어려울 것이다.

- 무기체계의 안전설계

체계 안전설계 업무를 수행하는 일반적인 목적은 다음과 같다.

- 요구되는 임무에 적합한 안전도를 고려한 무기체계를 설계
- 설계의 위험을 식별, 평가, 제거 및 허용수준으로 감소
- 유사한 무기체계에서 과거의 안전성 데이터의 참조
- 새로운 설계방식이나 신 재료 및 생산품과 시험기술의 개발로 체계위험 최소화
- 획득단계 초기에 안전도를 확정하여 설계변경의 최소화
- 설계 변경시에도 위험도를 증가시키지 않는 방식으로 유도

그리고 미국의 경우를 살펴보면,

MIL-STD-882B (System Safety Program Requirement)를 통하여 체계의 안전설계를 위하여 무기체계 획득과정에 관리자의 수행임무를 명시하여 무기체계의 성능뿐만 아니라 안전성에도 많은 비중을 두고 있다.

우리의 경우는 최첨단 무기체계를 연구개발한 경험이 부족하지만 점차적으로 국산화가 이루어지고 있는 현실을 감안한다면 무기체계의 운용요원 혹은 정비요원의 안전을 위하여 노력을 해야 한다. 따라서 무기체계 안전성 확보를 위하여 연구개발 과정 중에 수행되어야 할 과업을 개발단계별로 구체화할 수 있도록 아래의 <표 4>로 표현을 하였다.

<표 4> 안전설계를 위한 획득단계별 수행임무(안)

세부 임무	획득 단계			
	개념연구	탐색개발	체계개발	양산운영
101. 체계 안전성 계획	G	G	G	G
102. 계획 검토	S	S	S	S
103. 체계안전성 Working Group	G	G	G	G
104. Hazard Tracking	S	S	S	S
105. Preliminary Hazard Analysis	G	G	G	GC
106. Subsystem Hazard Analysis	N/A	G	G	GC
107. System 위험성 분석	N/A	G	G	GC
108. Operation 위험성 분석	S	G	G	GC
109. 안전성 평가	S	S	S	S
110. 안전성 수락시험	S	S	S	S
111. 설계변경/Waivers 검토	N/A	G	G	G

\* 기호:

S: Selectively applicable

G: Generally applicable

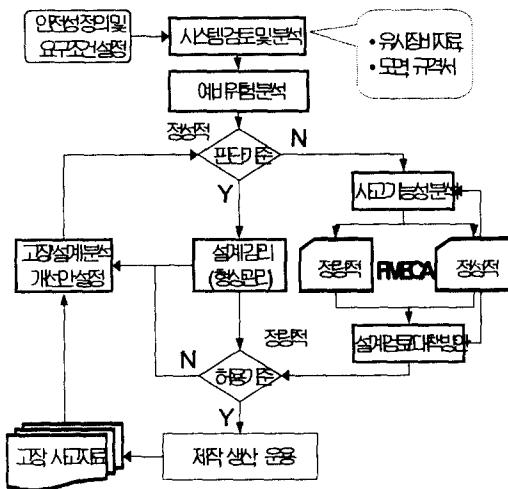
GC: Generally applicable to

design change only

N/A: Not applicable

체계의 안전설계를 위해서는 개발될 무기체계가 얼마만큼의 위험성을 가지고 있는지 여부의 예측 및 위험성에 대한 분류와 기준이 우리의 환경과 조건에 적합하도록 규정하도록 되어야 한다.

그리고 무기체계 획득단계별로 유사무기체계의 자료나 도면, 규격서 등을 통하여 무기체계에 대한 안전성과 요구조건을 검토하여 무기체계에 대한 안전성에 대한 계획을 수립하고 예상되는 위험도의 정량화 및 설계단계에서 적용되어 무기체계가 제작되어야 한다. 무기체계의 안전성을 위한 업무의 흐름도는 아래의 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다.



FMECA: Failure Modes Effects Critically Analysis

<그림 3> 체계 안전성 업무 흐름도

- 인간공학적인 설계

무기체계의 조작과 정비는 대부분 사람에 의해서 행하여지기 때문에 인간의 능력과 역할을 시스템과 조합시켜 인간과 무기체계가 최적의 조건으로 운용되도록 설계가 이루어져야 한다. 미국 국방성의 규정인 MIL-STD-1472(Human Engineering Design Criteria Military System, Equipment Facility) 와 MIL-HDBK-759A (Human Factors Engineering Design for Army Materiel)에서는 임무수행에 적합하면서 인간공학적으로 설계를 할 수 있는 기준과 방법론을 제시하고 있다.

인간공학적인 설계를 위해 고려되어야 할 요소는 첫째, 통제(Control)와 표시방법(Display)으로서, 인간이 체계에 임무를 부여하고 운용할 수 있는 통제범위와 체계가 인간에게 시각적 혹은 음성적으로 조작에 대한 GO /NO-GO 메시지와 체계자체의 고장정보를 전달하는 것으로서 상호 보완되어야 한다. 둘째, 환경조건(Environment)으로서, 무기체계 설계시에는 운용 혹은 정비에 대한 환경조건 즉, 기후적인 조건(온도, 조도, 악천후 등)과 체계자체의 조건(소음, 진동 등)이 반드시 고려되어야 한다. 셋째, 신체적인 조건(Anthropometry)으로서 운용자의 90%가 수용이 가능하도록 설계되어야 한다. 넷째, 작업공간(Work Space)으로서, 무기체계의 공간은 운용자와 정비요원의 활동에 적합하도록 설계되어야 하고, 다섯째, 체계의 정비성(Maintainability)으로서, 정해진 기간동안에 얼마만큼의 정비업무를 할 수 있는가를 나타내며, 정비성을 향상시키기 위해서는 고장부위에 대한 접근의 용이성과 부품과 작업절차의 표준화가 중요하다. 여섯째, 라벨의 부착(Labeling)으로서, 위험을 초래할 수 있는 부품

이나 간과할 수 있는 체계의 부위에 라벨을 부착함으로써 운용자에게는 오작동 및 실수의 감소와 정비의 효율성을 향상시킬 수 있다. 일곱째, 사용자와 컴퓨터의 인터페이스(User-Computer Interface)로서, 인터페이스에는 데이터의 명칭, 표시방법, 상호 통제, 데이터의 환류(Feed-back), 프롬프트(Prompts), 실수(Error)관리, 데이터 관리, 체계 응답시간 등으로 구성된다.

### 3.3.2 품질관리

품질관리는 사용자의 요구를 만족시키는 품질의 제품을 가장 경제적으로 달성하기 위한 수단의 체계이며 품질요건을 충족시키는 데 사용되는 운영기법 및 활동으로서 무기체계를 생산하면서 높은 수준의 품질을 보증하고 품질을 관리하는 것은 중요한 일이다. 특히, 고도의 신뢰성을 요구하는 무기체계의 경우는 품질관리의 전제 없이는 그 요구를 실현하기가 어려우며, 현대는 품질관리에 대한 업무가 종합적이고도 조직적으로 이루어지고 있다. 따라서, 무기체계의 획득 및 운용유지 기간동안 품질보증을 위해 이루어져야 할 활동을 개발기관, 계약기관 및 품질보증기관, 그리고 운용부대로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 개발기관은 제품성능, 신뢰성, 정비유지성, 제품시험/생산 및 정비시의 품질관리, 제품 품질 확인, 시험 및 측정장비 검/교정, 계측공학 등에 대한 종합적인 검토와 시험평가를 통하여 사용자 요구사항 반영 및 만족도 보장을 추구해야 한다. 둘째, 계약기관은 다양한 군수품의 효율적인 조달과 규정된 품질 요구조건과의 동일성 보장을 위하여 계약품목의 품질특성에 따른 품질보증 형태 등을 계약조건에 명시하여 업체가 품질에 대한 책임을 질 수

있도록 해야한다. 셋째, 품질보증기관은 계약업체의 자체 품질보증에 대한 감독 및 확인을 위하여 품질보증 형태에 따라 품질보증 활동계획을 수립 시행하되, 업무의 효율을 위해 인체의 안전과 환경에 미치는 영향을 고려하여 수행되어야 한다.

## 4. 결 론

전장에서 사용되는 무기체계의 성능을 지속적으로 유지시켜주는 데 있어서, RAM은 매우 중요한 역할을 수행함에도 불구하고 과거에 우리는 무기체계 RAM의 중요성만큼 관심을 갖고 연구하지 못하였다.

따라서, 본 연구에서는 국내의 RAM 개발여건을 감안하여 문제점을 분석하고 무기체계 RAM을 향상시키기 위한 방안을 제시함으로써 차세대 무기체계의 개발이나 유사무기체계 RAM값의 산출에 많은 도움이 되리라 판단된다. 무기체계 RAM 업무는 어느 한 기관에서 독자적으로 수행되는 것이 아니라 각군 본부, 무기체계 운용부대, 각군 교육사, 군수사, 국방과학연구소(ADD), 생산업체 및 관련 부서가 유기적으로 결합되어 종합적으로 수행될 수 있는 업무 수행체계의 구축이 필요하다. 그리고 무기체계 개발시부터 RAM 활동을 할 수 있도록 제도적인 장치가 마련되어야 하고, 무기체계의 운영결과로 산출된 RAM 값이 무기체계의 설계에 반드시 반영토록 해야한다. 특히 개발단계 이후 양산 및 운용단계에서 운용부대로부터 산출된 무기체계 RAM분석 결과의 피드백(Feed-back)이 차후 무기체계의 RAM 향상 및 발전을 위해 반드시 필요할 것으로 판단된다.

## 【참고 문헌】

- [1] 국방과학연구소, “RAM 시뮬레이션 모델 연구”, 1997. 1. p.1.
- [2] 국방과학연구소, “수명데이터를 이용한 RAM 특성치 산출기법연구”, 1995.2., pp.6-21.
- [3] 군사과학대학원, “무기체계개념 특화연구센터 1단계 11과제 최종보고서” 1999. 12. pp.127-128.
- [4] 육군본부, “종합군수지원 정량화 설정기준”, 1998. p.192.
- [5] 육군본부, “편성부대 자원관리 실무지침서”, 1999.10, p.255.
- [6] 최상영, 고순주, “무기체계 RAM이론과 응용”, 국방대학원, 1995. p.317.
- [7] 최석철, “무기체계 신뢰성 개론”, 국방대학교, 2000, pp.98-101.
- [8] 최진호, “군수지원분석 자료처리체계 발전방안 연구”, 국방대학원 석사학위논문, 1998, pp.4-27.
- [9] 한상철, “RAM 업무소개”, 현대정공기술연구소, 2000.5, p.17.
- [10] James V. Jones, “Integrated Logistics Support Handbook”, Second Edition, McGraw-hill, Inc. 1987, p.47.