

부체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 무기체계의 RAM 목표값 설정: A체계 사례 연구

RAM Target Value Setting for a Defense System Using Subsystems' Mission Profiles and Utilization Rates: Case Study of System A

배인화¹, 김상부^{1*}, 유재우², 박우재², 유은지³, 이민영¹, 송기훈⁴

In-Hwa Bae¹, Sang-Boo Kim^{1*}, Jea-Woo You²,

Woo-Jae Park², Eun-Ji You³, Min-Young Lee¹, Ki-Hoon Song⁴

〈Abstract〉

Setting RAM target value for a defense system plays a crucial role in the development and design phases and the production phase as well. It is apparent that the achieved RAM target value can help maximizing the combat capability of a defense system and improving its performance throughout the system's life cycle from acquisition phase to disposal. Usually a defense system operates according to its OMS/MP (Operational Mode Summary / Mission Profile) and it consists of several subsystems which are supposed to be operated at each utilization rate under its operating conditions and the mission profiles assigned. In this study, a method of setting RAM target value is proposed for a defense system that are composed of several independent subsystems considering their utilization rates and the mission profiles assigned. And the case study of applying the proposed method of setting RAM target value to system A is dealt with.

Keywords : RAM Target Value, Defense System, OMS/MP, Mission Profile, Utilization Rate

1* 교신저자, 창원대학교 공과대학 산업시스템공학과, 교수
E-mail: sbkim@cwnu.ac.kr

1 창원대학교 공과대학 산업시스템공학과

2 국방과학연구소 소나체계개발단

3 선진토레스

4 국방과학연구소 항공기레이다체계단

1* Dept. of Industrial and Systems Engineering, College of
Engineering, Changwon National University

1 Dept. of Industrial and Systems Engineering, College of
Engineering, Changwon National University

2 Agency for Defense Development Sonar System PMO

3 Sunjin TOLES

4 Agency for Defense Development Aircraft Radar Systems PMO

1. 서론

무기체계의 RAM (Reliability, Availability, Maintainability) 목표값을 만족시키면서 동시에 무기체계의 총수명주기 비용을 절감하기 위해 선행되는 업무인 RAM 목표값 설정은 무기체계 획득 시 필수적인 활동이며 무기체계의 요구 성능 및 작전운용 개념과 정비환경 등을 고려하여 체계 달성 기준을 제시하는 활동이다. 무기체계의 RAM 목표값 설정은 일반적으로 OMS/MP (Operational Mode Summary/Mission Profile)를 활용하는 방법, 유사 무기체계를 활용하는 방법, 목표값 관련 기준을 활용하는 방법, 시뮬레이션을 활용하는 방법으로 나누어지며 이외에 복합적인 방법을 활용하여 무기체계의 RAM 목표값을 설정할 수 있다 [1]. 다음은 무기체계의 RAM 목표값 설정 방법론과 관련한 주요 연구 결과의 일부이다.

OMS/MP를 활용한 RAM 목표값 설정 방법은 전투시나리오 및 Switch On/Off List를 기반으로 작성되는 OMS/MP를 활용하여 시간 요소 산출을 통해 RAM 목표값을 설정한다[2]. 유사 무기체계를 활용하는 방법은, RAM 목표값 설정을 위하여 시간 요소를 산출할 때 유사 무기체계의 운용 및 정비실적을 활용하는 방법으로 유사 무기체계의 고장 및 정비실적 데이터를 개발체계의 시간 요소로 변환하기 위해 AHP (Analytic Hierarchy Process)를 활용하거나 보정계수를 사용한다[3,4]. 시뮬레이션을 활용한 방법은 체계 신뢰도 구조와 각 구성품의 신뢰도 및 정비도에 대한 정보를 바탕으로 기설정된 RAM 목표값 확인 및 비교검증 시 주로 사용한다[5,6]. 복합적 방법을 활용한 RAM 목표값 설정은 앞서 언급한 방법들의 조합을 이용하여 RAM 목표값을 설정하는 방법으로 주로 OMS/MP와 유사체계 야전운용제원을 활용하여 RAM 목표값을 설정한다[7-9]. 그 외 RAM 목

표값 설정 관련 연구로는 전문가 의견 반영 시 증거이론을 사용하거나 ALDT (Administrative and Logistics Delay Time) 산출 시 의사결정정보기법을 사용하는 등 정성적인 지표를 정량적으로 변환하는 연구가 있다[10,11]. 또한 유사체계의 야전운용제원 분석을 통해 시간 요소를 산출한 후 전문가의 의견 또는 기술 발전 추세가 반영된 보정계수를 적용하여 개발체계의 시간 요소로 변환한 후 RAM 목표값을 설정하는 경우, 개발하고자 하는 무기체계의 특성에 따라 새로운 시간 요소 개념을 추가하거나 기존에 없던 새로운 장비가 추가되는 경우에 이를 RAM 목표값 설정에 반영하는 연구도 진행되었다[12,13].

이 연구에서는 부체계 단위의 야전운용제원 및 운용 모드 관련 정보가 가용하며 체계의 부체계별 임무 프로파일과 운용 비율이 주어진 경우 다수의 부체계로 이루어진 무기체계의 RAM 목표값을 설정하는 방법을 제시한다. 아울러 이 연구에서 제안하는 RAM 목표값 설정 프로세스와 기존 RAM 목표값 설정 프로세스를 비교하였으며, 제안한 RAM 목표값 설정 방법을 A체계에 적용함으로써 제안한 방법론의 적용 가능성을 확인하고자 한다.

2. 부체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 RAM 목표값 설정 프로세스

다수의 독립적인 부체계로 이루어진 무기체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 RAM 목표값 설정 프로세스는 Fig. 1과 같다. 제시된 프로세스 중 Step 5-9, 11, 14는 기존 RAM 목표값 설정 프로세스와 달리 이 연구에서 제안한 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 RAM 목표값 설정 방법의 일부이며 각 Step별 설명은 아래와 같다.

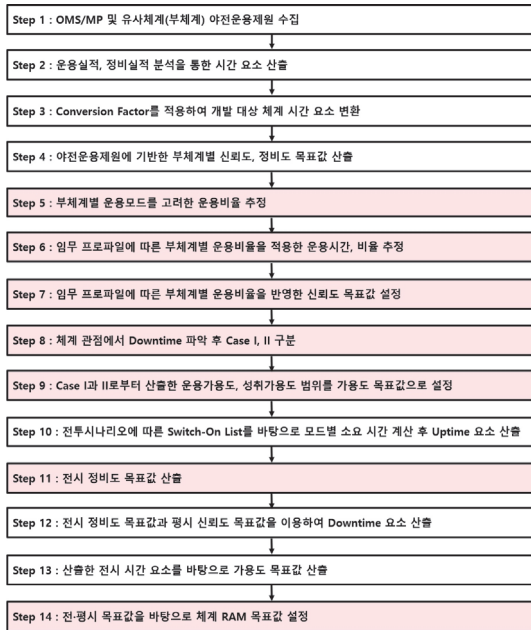


Fig. 1 Process for setting RAM target value

Step 1 : RAM 목표값을 설정하기 위한 기초자료 수집 단계로 OMS 정량화 결과와 유사체계의 부체계 단위 운용/정비자료를 확보한 후 RAM 목표값 설정을 위한 스크리닝을 실시한다.

Step 2 : 스크리닝한 데이터를 바탕으로 운용 실적과 정비실적을 분석하고 이를 바탕으로 시간 요소를 구분한다.

Step 3 : 구분한 유사체계의 시간 요소를 개발 대상 체계로 변환하기 위하여 보정계수 (Conversion Factor)를 적용한다.

Step 4 : Conversion Factor 적용으로 변환된 시간 요소를 바탕으로 체계의 신뢰도 구조를 반영하여 신뢰도와 정비도 목표값을 산출한다. 신뢰도와 정비도 목표값은 각각 식 (1)과 식 (2)와 같다.

$$MTBF = \frac{OT}{Number\ of\ CM} \quad (1)$$

$$MTTR = \frac{TCM}{Number\ of\ CM} \quad (2)$$

이때, OT (Operating Time)는 운용 시간, Number of CM (Corrective Maintenance)은 고장정비 횟수, TCM (Total Corrective Maintenance Time)은 총 고장정비 시간이다.

Step 5 : 체계개발 시 주어진 부체계별 운용모드를 고려하여 운용 비율을 추정한다.

Step 6 : 부체계별 운용 모드를 고려한 운용비율 추정 후 임무 프로파일에 따라 해당 부체계가 운용되는 임무 또는 영역을 고려하여 임무 수행영역별 임무 수행시간이 주어진 경우, 영역별 임무 수행시간을 반영하여 개별 부체계의 운용 시간 및 비율을 추정한다.

Step 7 : Step 6에서 산출한 운용 비율을 Step 4에서 산출한 부체계별 신뢰도 목표값에 반영하여 부체계 신뢰도 목표값 산출 후 체계 신뢰도 구조에 따라 체계 신뢰도 목표값을 설정한다.

Step 8 : 가용도 목표값을 설정하기 위해 유사체계 야전운용데이터를 활용하여 체계 관점에서의 비가동시간을 파악하여 Case I, II로 구분한다. 여기서 Case I은 체계 관점에서 보았을 때 비가동시간이 최소가 되는 경우를 의미하며, Case II는 체계 관점에서 비가동시간이 최대가 되는 경우를 나타낸다.

Step 9 : Case I, II로부터 운용가용도와 성취가용도 식을 활용하여 가용도를 산출한다. 산출된 Case별 가용도를 이용하여 가용도 목표값의 범위를 설정한다.

Step 10 : 체계의 전투시나리오에 따른 Switch-On/OFF List를 바탕으로 전시 시간 요소를 산출한다.

Step 11 : 전시의 상황을 반영한 전시 정비도를 산출한다.

Step 12 : 전시 정비도 목표값과 평시 신뢰도 목표값을 이용하여 전시 비가동시간 요소를 산출한다.

Step 13 : 전시 시간 요소를 통해 Case I, II로

구분하여 가용도 범위를 설정한다.

Step 14 : 앞서 산출한 평시 RAM 목표값과 전시 RAM 목표값을 바탕으로 개발체계의 운용형태를 고려하여 체계의 RAM 목표값을 설정한다.

2.1 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 신뢰도 목표값 설정

일반적으로 무기체계를 구성하는 부체계들은 체계가 운용되는 동안 항상 운용되지 않으며 RAM 목표값 설정의 선행 단계인 OMS/ MP와 각 부체계별 운용 목적에 따라 다양한 부체계들의 조합으로 체계를 운용한다. 이러한 상황을 표현하면 다음과 같다.

임무 $i = 1, 2, \dots, m$ 부체계 $j = 1, 2, \dots, n$, 운용 모드 $k = 1, 2, \dots, l$ 로 주어질 때, 각 부체계의 임무에 따른 운용 모드를 고려한 운용 시간은 Table 1과 같다.

임무 i 에 소요되는 총 시간을 T_i 라고 하면 체계가 임무를 수행하는 전체 체계 운용 시간 T 는 T_i 들의 합이 되며 이는 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$T = \sum_{i=1}^m T_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l t_{ijk} \quad (3)$$

t_{ijk} 는 임무 i 에서 부체계 j 의 운용 모드가 k 일

Table 1. Time matrix considering mission profile and utilization rate

	1			2			...			n		
	1	...	l	1	...	l	1	...	l	1	...	l
1	t_{111}		t_{11l}	t_{121}		t_{12l}				t_{1n1}		t_{1nl}
2	t_{211}											
⋮												⋮
m	t_{m11}											

때의 운용 시간이며 t_{ijk} 는 아래와 같이 식 (4)를 통해 산출할 수 있다.

$$t_{ijk} = T_i \times p_{ijk} \quad (4)$$

이때의 p_{ijk} 는 임무 i 에 대하여 부체계 j 의 운용 모드 k 에 따라 추정되는 값이다. 식 (4)를 통해 부체계별 임무와 운용 모드에 따른 운용 시간을 산출한 후 부체계 j 의 운용 비율 w_j 를 식 (5)를 통해 산출할 수 있다. w_j 는 전체 체계 운용 시간 T 중 해당 부체계의 임무시간 T_j 의 비로 추정할 수 있다.

$$w_j = \frac{T_j}{T} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l t_{ijk}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l t_{ijk}} \quad (5)$$

부체계별 운용 비율인 w_j 를 Step 4에서 산출한 부체계 신뢰도 목표값에 반영하여 체계 신뢰도 목표값을 설정한다. 체계 신뢰도 목표값의 추정값 \hat{M}_{sys} 는 아래 식 (6)과 (7)을 통해 산출할 수 있다.

$$\hat{\rho}_{sys} = \sum_{j=1}^n (w_j \times \hat{\rho}_j) = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l t_{ijk}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l t_{ijk}} \times \hat{\rho}_j \right) \quad (6)$$

여기서 $\hat{\rho}_j = \frac{1}{\hat{M}_j}$ 이다.

$$\hat{M}_{sys} = \frac{1}{\hat{\rho}_{sys}} \quad (7)$$

$\hat{\rho}_{sys}, \hat{\rho}_j$ 는 각각 체계와 부체계 j 의 고장강도의 추정값을 나타내며, \hat{M}_{sys}, \hat{M}_j 는 체계와 부체계 j

의 평균 수명의 추정값을 의미한다.

아울러 각 부체계의 임무 프로파일과 운용 비율을 고려한 체계의 신뢰도 목표값 설정은 다음의 두 가지 가정하에서 구한 것이다. 첫째, 각 부체계의 고장은 서로 독립이다. 둘째, 부체계 j 의 고장 발생은 고장 강도가 ρ_j 인 NHPP (Nonhomogeneous Poisson Process)를 따른다.

2.2 체계 관점에서의 비가동시간을 고려한 가용도 목표값 설정

다수의 부체계들로 이루어진 무기체계의 경우 체계를 대상으로 정비를 할 때 각 부체계의 정비 작업은 정비 자원의 제약 등으로 동시에 이루어지기 어렵다. 이는 부체계의 관점에서 볼 때 해당 부체계의 정비시간은 다른 부체계가 정비 중인 경우 실제 정비가 이루어지지 않아도 정비 대기 시간이 정비시간으로 계산되며 그로 인해 해당 부체계의 가용도가 낮게 추정될 수 있다. 따라서 이러한 상황을 부분적으로 해결하기 위해 부체계들의 중복되는 정비시간을 Fig. 2와 같이 Case I과 Case II로 구분하여 가용도 목표값을 추정하는 방법을 고려하였다. Fig. 2에서 Case I은 각 부체계의 정비시간이 최대로 중첩되어 체계 관점에서 보았을 때 비가동시간이 최소가 되는 경우를 나타내며, Case II의 경우에는 각 부체계의 정비시간이 최소로 겹침으로 체계 관점에서 비가동시간이 최

대가 된다.

체계 관점에서 비가동시간 산출 시 실제 정비 프로세스를 반영하여 고장정비 시간과 행정 및 군수 지연시간은 항상 연속적인 과정이라는 가정하에 체계 시간 요소를 산출하여 Case I과 II의 운용가용도 A_o 를 구하면 식 (8)와 같다.

$$A_o [Case I] = \frac{TUT}{TUT + Max_i(TCM_i + TALDT_i) + Max_i(TPM_i)} \quad (8)$$

$$A_o [Case II] = \frac{TUT}{TUT + \sum(TCM_i + TALDT_i) + \sum(TPM_i)}$$

따라서 운용가용도를 Case별로 구분하여 산출하게 되면 실제 체계의 가용도 목표값은 Case I과 II의 운용가용도 추정값 범위에 위치하게 된다.

3. A체계 RAM 목표값 설정 사례

이 연구에서 제안한 RAM 목표값 설정 방법을 A체계에 적용함으로써 제안의 실제 활용 가능성을 검토하였다. 다수의 독립적인 부체계로 이루어진 무기체계인 A체계는 탐지·추적·식별을 위한 무기체계로 부체계별로 사용되는 상황 및 탐지거리, 운용 모드가 서로 상이하다. A체계는 적을 탐지하기 위한 송신 모드 A와 송신하는 정보를 수신하는 모드 B로 구분할 수 있으며, A체계에 여러 부체계가 탑재되어 있어 각 부체계들의 조합을 통해 임무 프로파일에 따라 운용된다.

A체계의 임무 프로파일에 따라 부체계별 운용 비율을 산출하기 위해 모드 A의 경우 핑 송신 주기 (PRI : Ping Repetition Interval)를 이용한다. 핑 송신 주기는 탐지를 목적으로 운용되는 체계에서 사용되는 지표로 Fig 3에 나타난 것처럼 3개

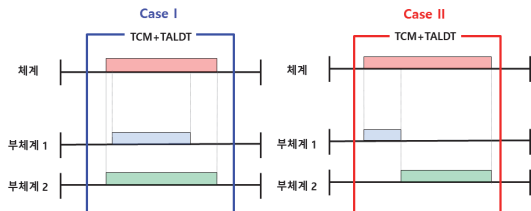


Fig. 2 Overlapping maintenance time of cases I and II

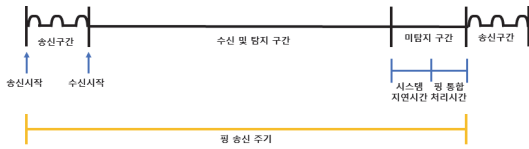


Fig. 3 PRI : Ping Repetition Interval

의 구간으로 구성되어 있다. 핑 송신은 실제 핑을 송신하는 송신 구간과 송신된 핑이 임무 구역을 탐지하는 수신 및 탐지 구간, 다음 핑을 송신할 때까지의 시스템 지연시간과 수신된 핑을 통합 처리하는 시간인 미탐지 구간으로 구분할 수 있다. 따라서 한번 핑을 송신하면 핑 송신 주기 동안은 다시 핑을 사용할 수 없으므로, 부체계가 모드 A로 운용되는 경우 부체계의 운용 비율은 송신 구간의 길이와 핑 송신 주기 길이의 비율로 산출된다. A체계의 모드 A의 경우 송신 구간이 최대이고 수신 및 탐지 구간이 최대거리인 경우를 기준으로 산정하였다. 모드 B의 경우는 수신 모드만을 사용하므로 미탐지구간이 모드 B에 포함된다는 가정 하에 해당 부체계의 모드 A의 운용 비율을 1에서 뺀 값으로 나타낼 수 있다.

A체계를 구성하는 부체계 1은 하나의 부체계에서 모드 A와 B의 운용이 가능하며, 부체계 3은 모드 A만을 운용할 수 있는 부체계이다. 부체계 2는 모드 B만을 운용하는 부체계로 부체계 1과 3이 모드 A를 통해 생성하는 정보를 수신하는 장비이며 해당 임무를 수행할 때 임무 수행 기간 중 100% 운용된다.

A체계는 효과적인 임무 구역 탐지를 위해 다수의 부체계들을 조합하여 운용한다. 무기체계 운용에 따라 A체계가 수행하는 임무들이 구분되어 있으며 각 임무별 사용되는 부체계와 활용 시간은 상이하다. Table 2는 A체계의 임무 프로파일의 예시이다. 임무 프로파일에 따라 각 임무별로 운용되는 부체계들이 다르며 해당 임무 형태는 각 부체계들이 탐지하는 영역을 의미한다. 임무 수행시간

Table 2. Mission Profiles of Subsystems

Mission Type	Subsystems Utilized				Mission Time
	1		2	3	
	Mode A	Mode B	Mode B	Mode A	
I	○	○	-	-	10
II	○	○	○	-	20
III	-	-	○	○	30
IV	○	○	○	○	40

의 경우 보안 문제로 임의의 값을 사용하였다.

Table 2에 나타나 있는 A체계를 구성하는 부체계들의 임무 형태별 운용 모드는 다음과 같다. 먼저 임무 형태 I에서는 부체계 1만 활용되며 모드 A와 B로 운용된다. 임무 형태 II의 경우에는 모드 A와 모드 B로 운용되는 부체계 1과 모드 B로만 운용되는 부체계 2가 동시에 사용된다. 임무 형태 III에서는 부체계 3이 모드 A로 운용되는 정보를 부체계 2가 모드 B를 통해 수신하며, 임무 형태 IV는 모든 부체계가 운용되는 상황으로 부체계 1과 3이 모드 A를 통해 운용되는 정보를 부체계 1의 모드 B와 부체계 2의 모드 B를 운용하여 수신하게 된다. 단, 임무 형태 IV 수행 시 부체계 1과 3의 모드 A 운용 방식은 부체계 1의 모드 A가 운용된 후 순차적으로 부체계 3의 모드 A가 운용되는 형태이다. 이는 부체계 1과 3의 핑 송신이 통합된 핑 송신 주기가 아닌 개별 핑 송신 주기로 운용하는 것을 의미한다.

3.1 부체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 신뢰도 목표값 설정

체계를 구성하는 개별 부체계가 운용될 수 있는 가장 가혹한 조건을 기준으로 RAM 목표값을 설정한다. 그리고 각 부체계별 운용 비율 (p_{ijk}) 산출 시 최대 탐지거리 기준과 최대 송신 구간을 기

준으로 산출된 핑 송신 주기를 활용한다.

부체계 1의 경우 핑 송신 주기를 통해 산출한 운용 비율이 모드 A의 운용 비율이 되며, 전체 운용 비율 중 모드 A의 운용 비율을 제외한 나머지 비율이 모드 B의 운용 비율이 된다. 부체계 1의 운용 시간에 모드별 운용 비율을 곱하면 모드 A와 모드 B의 개별 운용 시간을 구할 수 있다. 부체계 1의 모드 A의 운용 비율은 핑 송신 구간 대비 실제 핑을 송신하는 송신 구간의 시간 비율로 산출할 수 있으며, 부체계 1이 탐지하는 구간 중 가장 가혹한 조건인 탐지거리가 최대이며 동시에 송신 구간이 가장 길 때를 기준으로 산출한다. 이는 Fig. 3에서 수신 거리가 가장 길 때, 송신 구간, 수신 및 탐지 구간 그리고 미탐지 구간을 합한 핑 수신 주기를 기준으로 송신 구간이 차지하는 비율을 의미한다. 이를 바탕으로 구한 부체계 1의 운용 비율은 10.71%가 된다. 부체계의 1을 포함하여 각 부체계의 운용 모드별 운용 비율의 구체적인 계산 방법은 각 부체계의 송신 구간과 최대탐지거리가 보안 사항으로 분류되어 있어 생략하였다.

부체계 3의 모드 A 운용 비율은 부체계 1의 모드 A의 경우와 동일한 방법을 통해 산출할 수 있으며, 부체계 2는 모드 B로만 운용되므로 부체계 운용 시 운용 비율이 100%가 된다. 산출된 운용 비율을 식 (4)를 이용하여 각 부체계가 해당 임무에서 운용되는 시간을 계산할 수 있다. 식 (4)를 통해 산출된 임무별, 부체계별 운용 모드별 운용 시간을 산출한 결과는 Table 3과 같다. 모드 A의 운용 시간은 영역별 임무 수행시간에 부체계별 운용 비율을 반영한 시간으로 산출할 수 있으며 모드 B로만 운용하는 부체계 2의 경우 100%로 운용되므로 임무 수행시간과 부체계의 운용 시간이 동일하다.

산출한 각 부체계별 운용 시간을 합하여 부체

계별 총 운용 시간을 산출할 수 있으며 식 (5)를 통해 도출한 운용 비율 w_j 는 Table 4와 같다.

유사체계의 야전운용제원으로부터 식 (1)을 이용하여 산출된 부체계별 신뢰도 추정값과 보정계수 및 Table 4의 부체계별 운용 비율을 적용하여 식 (6), (7)을 통해 체계 신뢰도 목표값을 설정한다. 부체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 적용하여 구한 A체계의 신뢰도 목표값은 88.10시간으로 Table 5에

Table 3. Operational Time Estimates of Subsystems Using Utilization Rates

Mission Type	Subsystem	Mode A	Mode B
I	1	1.071	8.929
II	1	2.143	17.857
	2	-	20.000
III	2	-	30.000
	3	1.607	-
IV	1	4.286	35.714
	2	-	40.000
	3	2.143	-

Table 4. Subsystem Utilization Rates

Subsystem	1	2	3
Utilization Rate (w_j)	70.00%	90.00%	3.75%

Table 5. Reliability Target Value (MTBF) of System A Based on Subsystem Utilization Rates

Subsystem	1	2	3
Mode	A, B	B	A
Utilization Rate	70.0%	90.0%	3.75%
MTBF	2,698	85.34	68.69
Failure Intensity	0.00037	0.01172	0.01456
Failure Intensity Based on Utilization Rate	0.00026	0.01055	0.00054
MTBF Based on Utilization Rate	3,584.26	94.82	1,831.73

나타나 있다. A체계의 신뢰도 목표값은 부체계들의 수명이 지수분포를 따르며 직렬구조를 한다는 가정 하에 각 부체계의 운용 비율을 고려한 고장률의 합인 0.01135의 역수로 구해진다.

기존의 RAM 목표값 설정 방법은 개별 부체계가 실제로 운용되는 시간을 고려하지 않고 체계 운용 시간을 부체계의 운용 시간으로 사용함으로써 부체계가 실제로 운용되는 비율을 고려하지 않는다. 따라서 기존의 방법은 부체계의 운용 비율에 따른 체계의 고장률을 추정하는 방법보다 과도하게 고장률을 추정하는 경향을 갖게 된다. 이러한 관점에서 볼 때 이 연구에서 제안한 RAM 목표값 설정 방법이 기존의 방법보다 실제 상황을 더 잘 반영하는 RAM 목표값 설정 방법이 될 수 있다고 생각되며, A체계의 경우 야전에서의 판단이 이 연구의 결과와 근접함에 따라 제안한 방법론의 적용 가능성을 확인하였다.

3.2 체계 관점에서의 비가동시간을 고려한 가용도 목표값 설정

유사체계의 야전운용제원을 이용하여 A체계의 가용도 목표값을 설정할 때, 각 부체계별 정비시간이 주어지며 중첩되는 경우 체계 관점에서의 정비시간에 대한 추정 방식에 대하여 2.2장에서 언급하였다. 여기서는 2.2장에서 제시한 방법을 이용하여 A체계를 구성하는 부체계들의 비가동시간 요소를 체계 관점에서의 비가동시간으로 변환한 후 체계 가용도의 목표값을 설정한다. 체계의 비가동시간이 최소로 짧아지는 경우인 Case I의 A 체계 시간 요소는 각 부체계의 시간 요소 중 가장 긴 시간이 A체계의 시간 요소가 되며 (Table 6) 체계의 비가동시간이 최대로 길어지는 경우인 Case II의 A체계 시간 요소는 각 부체계의 시간 요소의 합과 같다 (Table 7).

각 Case별로 A체계의 비가동시간을 산출한 결과를 바탕으로 식 (8)를 이용하여 A체계의 운용가용도를 계산한 결과는 Table 8과 같다.

가용도 목표값의 경우 기존 방법을 통해 산출한 결과는 운용가용도가 91.18%로, 이 연구에서 제안한 방법을 통해 산출한 결과 중 Case II의 90.94%에 가깝게 나타난다. 그러나 실제 유사체계의 야전운용제원을 분석한 결과, 부체계들의 비가동시간은 85% 정도가 겹치며 이는 Case I의 결과에 더 가깝다는 것을 의미한다. 따라서 이 연구에서 제안한 가용도 목표값 설정 방법인 가용도 목표값의 범위를 추정하는 방법을 A체계에 적용한 사례에서는 추정 결과가 기존의 방법과 실제 운용 상황을 모두 포함한다고 말할 수 있다.

Table 6. Downtime Estimates for System A (Case I)

Case I				
Time Subsystem	TCM + TALDT	TPM	TDT	TUT
Subsystem 1	74.09	122.01	196.10	8,443.2
Subsystem 2	104.58	217.25	321.82	
Subsystem 3	97.94	178.51	276.45	
System A	104.58	217.25	321.82	

Table 7. Downtime Estimates for System A (Case II)

Case II				
Time Subsystem	TCM + TALDT	TPM	TDT	TUT
Subsystem 1	74.09	122.01	196.10	7,970.6
Subsystem 2	104.58	217.25	321.82	
Subsystem 3	97.94	178.51	276.45	
System A	276.61	517.76	794.37	

Table 8. Operational Availability of System A

Operational Availability	Case I	Case II
A_o	96.33%	90.94%

4. 결론

이 연구에서는 부체계 단위의 야전운용제원 및 운용 모드 관련 정보가 가용하며 부체계별 임무 프로파일이 주어지는 경우, 부체계의 임무 프로파일 및 운용 비율을 고려한 무기체계의 RAM 목표값 설정 방법을 제시하였다.

무기체계의 신뢰도 목표값은, 체계를 구성하는 독립적인 부체계들의 임무 프로파일의 운용 모드에 따른 운용 비율을 산출하고 이를 고려하여 산출하는 방법을 제안하였다. 가용도 목표값의 경우, 체계 관점에서의 비가동시간을 고려한 Case I과 II를 구분하고 목표값을 범위로 설정하는 방안을 제시하였다.

A체계에 제안한 방법을 적용한 결과, 신뢰도 목표값의 경우 MTBF가 88.10시간으로 추정되었다. 신뢰도 목표값 추정 방법의 현장 적용성을 확인하기 위해서는 실제 운용 데이터를 이용한 결과와 비교해야 하나 보안 문제로 정확한 비교 결과를 제시할 수 없었다. 그러나 야전에서의 판단을 기준으로 할 때 이 연구에서 제시한 방법이 충분히 사용가능한 것으로 확인되었다. 가용도 목표값 설정의 경우에는 Case I과 II로 나누어 산출하여 구한 가용도 목표값 설정 범위 안에 기존 방법을 통한 목표값과 유사체계의 현장 운용가용도 예측값이 모두 포함됨을 확인하였다.

결론적으로 이 연구에서 제시한 RAM 목표값 설정 방법은 A체계와 유사한 형태의 무기체계의 RAM 목표값 설정에 유용할 것으로 판단되며, 추후 부체계의 운용이 독립적이지 않은 경우를 포함한 복잡한 임무 프로파일을 갖는 체계의 경우로 확장하는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

감사의 글

이 논문은 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(UI220036DD)

참고문헌

- [1] Defense Acquisition, Program Administration.: Weapons system RAM guidebook, (2018).
- [2] N. Ahn and S. Jo, "A study on improvement of setting methodology of RAM target value in new ground weapon system," vol. 77, no. 2, pp. 416-433, (2021).
- [3] S. Han and S. Paik, "RAM goal-setting using the AHP and field data of similar weapon systems," Journal of Applied Reliability, vol. 20, no. 2, pp. 154-162, (2020).
- [4] H. Kim, S. Baek and S. Choi, "A study on an operational availability computation model for weapon systems," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, vol. 35, no. 3, pp. 17-30, (2009).
- [5] W. Yun, G. Park and Y. Han, "An optimal reliability and maintainability design of a searching system," Communications in Statistics-Simulation and Computation, vol. 48, no. 8, pp. 1959-1978, (2014).
- [6] Y. Han, W. Yun, J. You, C. Choi and H. Kim, "Simulation-based reliability and maintainability design of a warship," Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, vol. 39, no. 6, pp. 461-472, (2013).
- [7] C. Han, K. Shin and M. Oh, "Establishing target RAM values of small tactical vehicles based on OMS/MP and the repair record analysis of similar equipments," Korean Journal of Military Art and Science, vol. 71, no. 1, pp. 149-170, (2015).
- [8] S. Ha and K. Kim, "A study on target operational availability setting for warship based on OMS/MP and similar warship RAM analysis," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol. 15, no. 5, pp. 651-659, (2012).
- [9] K. Kim and S. Bae, "Establishing method of RAM objective considering combat readiness and field data of similarity equipment," Journal of the Society of Korea Industrial and Systems

- Engineering, vol. 32, no. 3, pp. 127-134, (2009).
- [10] I. Na, "A study on the data quantification of weapon system RAM objective setting using evidence theory," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol. 25, no. 1, pp. 96-107, (2022).
- [11] J. Jun and K. Hwang, "Study on ALDT optimal setting considering retention level of repair items," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 21, no. 3, pp. 269-275, (2020).
- [12] S. Kim, W. Park, J. You and J. Lee, "An improved method of setting the RAM goals for surveillance system a using OMS/MP and field operations data of similar systems," Journal of KOSSE, vol. 15, no. 1, pp. 16-24, (2019).
- [13] K. Song, Y. Park, S. Hong, S. Min, J. You and C. Choi, "A study on establishing OMS/MP and target RAM values of SONAR using field data of similarity equipment," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol. 18, no. 1, pp. 22-30, (2015).

(접수: 2023.09.05. 수정: 2023.09.25. 게재확정: 2023.10.04.)