

잠수함 무기체계 RAM 목표 값 설정 방식의 개선방안

정순욱¹, 심행근¹, 최명진^{2*}

¹(주)한화 종합연구소, ²호원대학교 국방무기체계학과

Measures for Improvement of RAM Target Value Setting Methods for Submarine Weapon Systems

Sun-uk Jung¹, Hang-geun Shim¹, Myoung-jin Choi^{2*}

¹Hanwha Defense R&D Center

²Dep. of Defense Weapon System Howon University.

요약 잠수함과 같은 대형 복합무기체계는 일반적인 무기체계의 램(RAM: Reliability, Availability, Maintainability) 목표 값 설정 방법을 적용 및 검증하는 것은 제한적이다. 잠수함은 소나체계, 무장체계 등 다수의 무기체계로 구성되어 있어 운용형태종합 및 임무(OMS: Operational Mode Summary/MP: Mission Profile)의 다양성, 장비의 복잡성 등의 특성을 갖는 복합무기체계이기 때문이다. 따라서 기존 무기체계의 개발사례 즉, 램 목표 값 설정 사례를 분석하고, 사례에 대한 문제점 및 제한사항을 도출하여 잠수함의 램 목표 값 설정 및 검증을 위한 개선방안을 제시하였다. 또한 잠수함은 다른 무기체계와는 달리 전 세계지역을 운용환경으로 하며, 서로 다른 운용조건 및 정비조건을 가진다. 이런 이유로, 잠수함의 램 목표 값은 구성하는 모든 구성품이 아닌, 임무 필수장비와 임무 중요장비를 중심으로 설정하고 검증해야 한다. 이에 본 연구는 잠수함건조 국방획득사업 추진시 잠수함의 체계 및 장비의 물리적인 성능요구와 더불어, 요구되는 성능 램 목표 값 설정에 대하여 검증하는 방법을 잠수함의 특성을 고려한 현실성 있는 방안을 제시하였다.

Abstract In the case of large combined weapon systems, such as submarines, the application, and verification of methods of setting the reliability, availability, and maintainability (RAM) target values for conventional weapon systems are limited. Submarines are complex weapon systems with the characteristics of the diversity of operation mode summary and mission profiles (OMS/MP) as well as equipment complexity because they are composed of multiple weapon systems, such as sonar systems and armed systems. Therefore, this study analyzed the development cases of existing weapon systems, i.e., the RAM target value-setting cases, and derived the problems and limitations of the cases to present measures to improve the setting and verification of the ram target values of submarines. In addition, submarines operate around the world and have different operating and maintenance conditions. Therefore, a submarine's ram target values should be set and verified centering on the mission essential equipment and mission critical equipment, instead of all components that constitute weapon systems. This study examined a method to verify the required performance RAM target-value setting, considering the characteristics of submarines as well as the physical performance requirements for the systems and equipment of submarines that must be considered when implementing national defense acquisition projects for submarines.

Keywords : Weapon System, RAM, Target Value, Mission Critical Equipment, Mission Essential Equipment

*Corresponding Author : Myoung-jin Choi(Howon Univ.)

email: officesky@howon.ac.kr

Received December 27, 2019

Accepted April 3, 2020

Revised February 3, 2020

Published April 30, 2020

1. 서론

현재 국방획득사업은 무기체계에 대한 총수명주기체계관리(TLCSM: Total Life Cycle System Management)가 기본으로 인식되면서 방위사업청을 중심으로 각 군(육·해·공)에서는 무기체계의 총수명주기체계관리 적용을 위한 노력을 지속하고 있다. 총수명주기체계관리 적용을 위하여 종합군수지원 업무의 중요성이 부각되고 있으며 종합군수지원 업무의 과학적 분석 기법인 램(RAM)은 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 정비도(Maintainability)의 영문 첫 글자를 따서 만든 두문자어(Acronym)이다. 무기체계 중 해군이 운용하고 있는 함정의 경우 다수의 체계와 장비가 결합된 복합무기체계 임에도 불구하고, 탑재 무기체계의 일부만 연구개발 사업으로 획득되는 장비의 특성상 램 업무를 비롯한 종합군수지원 업무의 추진이 제한된다. 이로 인하여 1980년대 말 종합군수지원 업무가 도입된 이후 백상어, 청상어, 예인선 배열 음탐기(TASS: Towed Array Sonar System), 어뢰음향대항체계(TACM: Torpedo Acoustic Counter Measure)와 같은 단일 무기체계들은 국방과학연구소 주도 연구개발 형태로 램(RAM) 분석을 포함한 군수지원분석을 통한 종합군수지원 업무가 수행되어 왔으나 구축함 건조, 군수지원함 건조, 상륙함 건조, 기뢰부설함 건조 등 조선소 주관의 함정 건조사업 및 수상함 구조함 도입, 잠수함 도입 등 해군 주관의 함정체계 도입 사업에 대한 램 분석 및 기타의 군수지원분석 실적은 전무한 실정이다. 특히 해군에서 운용하는 함정 중에서 잠수함과 같은 수중무기체계는 오늘날의 5개 전장인 우주, 공중, 지상, 해상, 수중 가운데 주변 강대국의 정보 망으로부터 자유로워 유사시 의존할 수 있는 전략무기로 그 중요성이 가장 크다 할 수 있으며, 최첨단 전투체계, 소나체계, 무장체계 등 개별 특성이 다른 다수의 무기체계로 구성되어 운용형태 및 임무의 다양성, 장비의 복잡성 및 고가성 등의 특성을 갖는 복합무기체계로서 그 특성에 맞는 램 분석 및 기타의 군수지원분석이 이루어져 잠수함 체계에 최적화된 종합군수지원 개발 및 총수명주기체계관리가 되어야 한다. 이에 본 논문에서는 잠수함 건조 국방획득사업시 체계나 장비의 물리적인 성능요구와 함께 요구되는 무기체계의 성능 목표인 램(RAM) 목표 값 설정과 검증 방법에 대해 잠수함의 여러 특성을 고려한 현실성 있는 대안을 제시하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 램(RAM)의 역할

램(RAM)은 세 가지 요소별 예측 및 분석활동을 통하여 설계 지원 및 평가, 설계 및 대안 도출, 군수지원분석 등을 지원하는 기능을 수행한다. 신뢰도, 가용도 및 정비도를 개발 초기부터 분석하고 설계 대안을 찾아 개발해 나감으로써 체계수명주기 총비용의 85%를 결정한다는 미국의 개발경험을 적용하게 되어 체계의 신뢰성을 증대하고, 수명주기비용을 절감하는 것이다[1].

램 업무는 무기체계 설계단계부터 신뢰성 향상을 통한 품질향상과 총수명주기비용 절감을 위하여, 무기체계 체계개발단계에서 설계·개발자는 램 분석을 통해 장비에 대한 제반 품질 특성을 파악하여 설계반영 요소를 도출하고, 주 장비 설계자에게 설계 대안을 제시하여 신뢰도 및 정비도를 높임으로써 가용도가 높은 체계나 장비를 개발하는 것을 말한다. 이러한 램 업무 목적은 체계의 불가동시간을 최소화하는 동시에 운용유지비를 절감시키고자 하는 것으로 무기체계 수명주기 전 단계에 걸쳐 체계적으로 수행된다[2].

2.2 램(RAM)업무수행 절차

램 업무수행 절차는 소요제기단계에서 소요 군은 목표 운용가용도 등의 램 잠정목표값을 설정하는데 필요한 기초자료들을 선행연구 착수 전에 방위사업청 통합사업관리팀장에게 제시한다. 소요결정단계에서 합참은 중기전력소요서의 신뢰성 확보방안 항목에 램 잠정목표값을 반영한다. 방위사업청 통합사업관리팀은 선행연구단계에서 램 업무수행 계획을 포함한 선행연구계획서를 작성하고, 램 잠정목표값을 설정한다. 그리고 연구용역수행 등의 방법으로 운용요구서(ORD)를 작성하는데, 이 문서에 포함되는 운용형태종합/임무유형 (OMS: Operational Mode Summary / MP: Mission Profile)가 램 기초자료를 기반으로 최산화된다. 탐색개발단계에서 방위사업청 통합사업관리팀은 탐색개발 기본계획서, 실행계획서에 의해 램 업무를 수행하며, 연구개발 주관기관은 램 목표 값 설정 내용이 포함된 탐색개발 램 분석결과보고서를 작성하여 방위사업청 통합사업관리팀장에게 제출한다. 체계개발단계에서 연구개발 주관기관은 램 업무계획이 포함된 체계개발실행계획서에 따라 체계의 램 목표값을 달성하기 위한 설계·구현 및 램 분석업무를 수행하며, 시험평가를 통해 램 목표 값 달성여부를 확인한다. 여기

서 합격되면 체계가 양산될 자격을 갖추게 되어 양산 후 전력화 배치된다. 배치 후 운용단계에서는 고장 및 정비 자료들을 추적하여 개발 시 분석했던 램 분석자료를 최신화하게 되며, 이는 차기 무기체계 개발 시 유사장비 램 값으로 활용되어, 신뢰성 있는 무기체계 개발에 기여할 수 있게 된다.

체계개발단계에서 램 분석업무절차를 살펴보면, 무기체계 연구개발주관기관인 국방과학연구소 및 방산업체는 이 개발기준을 만족시키기 위해 체계/구조정보 형성, 램 할당/예측, 고장의 정의/판단기준 설정, 고장유형 영향 및 치명도 분석(FMECA: Failure Mode, Effectiveness & Criticality Analysis)/고장계통분석(FTA: Fault Tree Analysis)을 실시한다[3].

이 과정에서 각 분석결과가 좋지 않게 도출될 경우, 주 장비 설계자에게 설계 개선을 요구하고, 개선된 설계 내용을 재분석하는 몇 번의 환류 과정을 통해 장비의 신뢰도, 가용도, 정비도는 점점 더 개선되는 효과를 볼 수 있다. 이러한 일련의 과정을 통해 도출된 램 분석결과에 대해 시험평가 시 램 목표값 만족여부를 검증하게 되며, 목표값을 만족하였다면 이 무기체계는 램 성능이 인정되어, '전투용 적합'판정을 득한 후 규격화 과정을 거쳐 양산하게 된다. 궁극적으로는 무기체계의 가용도를 극대화하고 전투력 향상 및 수명주기비용 절감이라는 목적을 달성할 수 있게 한다.

2.3 램(RAM) 목표 값 설정방법

램 목표 값은 소요제기기관에서 제출한 목표운용가용도(Ao) 또는 램 잠정 목표 값을 근거로 설정한다. 이때 램 목표 값은 다음의 Table 1과 같이 유사 장비 사례, 야전운용제원, 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 등을 토대로 설정한다[2].

Table 1. Comparison of RAM Target Setting Methods

Meth ods	Similar equipment case	Field operation data	OMS/MP
Conte nts	Utilize RAM analysis value of similar developed equipment	Utilize data such as operating time and number of failures acquired in field operation	Utilize OMS/MP operational requirements(firing shots, mileage, etc.)
Adva ntage s	The most specific target value can be set	Use actual data	Can be used for new weapons without similar equipment
Disad vanta ges	The similarity criterion is controversial	It is necessary to secure the reliability of acquired data	May be set to an unrealistic value

램 목표 값을 설정하는 첫 번째 방법은 유사 장비 사례를 활용하여 램 목표 값을 설정하는 방법은 비교적 간단하다. 예를 들면, B 무기체계 획득에 대한 소요가 확정되면, 이전에 개발 및 획득이 완료된 유사 장비인 A 무기체계의 램 분석 결과값을 그대로 인용하여 램 목표 값으로 사용하는 방법이다.

두 번째 방법은 야전운용제원을 활용하여 램 목표 값을 설정하는 방법으로 과거 유사 장비의 배치 후 일정기간 동안 운용했을 때 발생하는 연간운용시간, 연간운용거리, 연간발사탄수 등의 운용 자료와 고장 발생 횟수, 정비 횟수, 수리부속교환 실적 등의 정비 자료를 통계적으로 분석한다. 그 분석결과를 현재 개발하려고 하는 무기체계의 램 목표 값으로 설정하는 방법이다.

세 번째 방법인 운용형태종합/임무유형(OMS/ MP)를 활용하여 램 목표 값을 설정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. 먼저, 최초 무기체계에 대한 소요가 확정되면, 소요제기기관에서는 운용개념서 (OCD: Operational Concept Document), 운용요구서 (ORD: Operational Requirements Document) 등의 문서를 작성해야 한다. 여기서 운용요구서는 체계를 운용할 소요 군에서 체계를 어떻게 운용, 배치, 사용, 지원할 것인지를 기술한 문서이다. 체계에 요구되는 특성, 능력, 기타 운용 관련 변수 등을 열거한다. 통상 선행 연구단계에 작성하며, 탐색 개발 종료 후와 체계 개발 종료 후 최신화 한다[4]. 이 운용요구서의 부속 문서인 운용형태종합/임무유형 (OMS/MP)는 미래 작전, 군수, 운용환경 및 부여된 임무 (Mission)와 싸우는 방법(How to Fight)에 기초하여 연구개발 무기체계의 운용 및 정비 제원 등을 계량화하여 제시하는 문서로서 무기체계 개발 시 가장 기초가 되는 자료이다. 따라서 개발 장비의 미래 작전환경 및 부여된 임무와 싸우는 방법, 운용 환경 등을 고려하여 전시 전투 시나리오를 작성하며, 이를 기초로 시나리오별 세부과업과 작업분해구조별 기능을 비교하여 장비 작동여부 목록을 작성한 후 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 결과를 정량화 한다. 또한, 유사 무기체계를 대상으로 평시 교육 훈련계획 및 교리, 작전예규, 편제임무 등을 고려하여 평시 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)를 정량화하여 최종결과를 도출한다[2].

운용형태종합(OMS)은 체계가 운용임무를 수행하기 위하여 사용할 예상 방법을 서술한 것으로서 전시 작전 지속시간 동안의 모든 형태별 운용시간 및 상대적 발생 빈도를 고려하여 산출한다. 임무유형(MP)은 여러 전투상황에서 체계가 수행해야 할 임무, 발사 탄수, 주행거리,

통신시간 등 운용임무 형태별 필수임무 기능 및 양(量)을 나타낸다[3]. 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)에는 운용에 대한 구체적이고 정량적인 수치가 명시되고 이를 근거로 램 목표 값을 설정한다.

2.4 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 활용 램(RAM) 목표 값 설정 사례

무기체계가 실제로 사용될 운용환경에 대해 분석하는 것은 무기체계 설계에 환경적인 요인을 반영하여 운용성을 향상시키고 효율적인 운용방안을 도출하는데 목적이 있다. 무기체계의 개발은 해당 무기체계에 요구되는 임무를 성공적으로 수행하기 위한 기능을 보유하고 있어야 하며 뿐만 아니라 체계가 운용되는 상황을 반영하여 개발되어야 한다. 이러한 이유로 체계개발 이전에 무기체계 개발 소요를 제기한 소요 군은 운용개념서, 운용요구서 등의 무기체계 운용에 관한 문서들을 명확하게 작성하여야 한다. 이를 기준으로 군 요구성능(ROC: Requirement Of Capability)이 제시되고, 연구개발기관과 방위산업체들은 운용개념서, 운용요구서(OMS/MP 포함) 등의 문서들을 참조하여 군 요구성능을 만족시키기 위한 개발요구조건들을 도출하여 개발을 시작할 수 있게 된다. 군 요구성능 중 램 목표 성능은 중요한 요구성능 중 하나이며, OMS/MP에 수록된 주요 자료들을 활용하여 램 목표 값을 설정해야 한다. 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 문서의 주요 구성 내용은 임무 및 운용개념, 운용환경 분석, 작전지역 분석, 기상분석 및 기상이 작전에 미치는 영향 분석, 전쟁/전투시나리오(전투 시나리오 및 무기체계 운용전략), 운용시나리오(전시 작전임무별, 시간대별 운용시나리오), 평시 운용형태종합/임무유형(OMS/MP), 전시 운용형태종합/임무유형(OMS/MP), 운용가용도 목표 값 설정, 운용 가용도 평가 등의 내용이 수록된다[2].

우리나라에서 방위사업이 시작된 이래로 무기체계 개발에 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)를 활용하여 램 목표 값을 설정한 사례는 많이 있다. 차기보병전투장갑차, 차기전차, 차기복합소총, 한국형 기동헬기, 차기 전자전 장비 등의 대형 사업에서 작전운용형태, 임무유형분석을 수행하였으며, 그 결과를 램 목표 값 설정에 활용하였다. 그 중 과학화 전투훈련체계 사례의 운용형태종합(OMS)과 임무유형(MP) 분석결과 및 램 목표 값 설정 결과[5]는 다음의 Table 2와 같다.

Table 2. Setting Result of the Target Value about OMS/MP & RAM

Mission		Battle Drill	Observation control	Network	Central Computer	Review	Training Support	
Total uptime	Subtotal	320	322	320	320	326	320	
	Operation Time	244	132	320	320	24	196	
	Alert Time	0	188	-	-	296	48	
	Standby Time	76	2	-	-	6	76	
Total Down Time	Sub-total	16	14	16	16	10	16	
	T M T	Sub-total	15	13	15	15	9	15
		TCM	7	5	7	7	1	7
		TPM	8	8	8	8	8	8
ALDT		1	1	1	1	1	1	
Total Time		336	336	336	336	336	336	
Training Mission Profile	Battle Drill	Observation control	Network	Central Computer	Review	Training Support		
Operation Time(hr)	244	132	320	320	24	196		
Conversion Coefficient	76%	41%	100%	100%	8%	61%		

Mission	Inherent Availability	Achieved Availability	Operational Availability	Reliability	Maintainability
Battle Drill	97 %	96 %	95 %	68 hr	2 hr
Observation control	96 %	96 %	96 %	119 hr	5 hr
Network	98 %	96 %	95 %	288 hr	6 hr
Central Computer	98 %	96 %	95 %	288 hr	6 hr
Review	96 %	97 %	97 %	22 hr	1 hr
Training Support	97 %	96 %	95 %	176 hr	6 hr

* ALDT: Administrative and Logistic Delay Time, TMT: Total Maintenance Time, TCM: Total Corrective Maintenance time, TPM: Total Preventive Maintenance time

OMS/MP를 활용하여 램 목표 값을 설정하는 방법론은 정상적인 무기체계 획득단계에서 반드시 이행해야 할 방법이며 무기체계 소요제기 관점에서 보면, 유사체계 램 분석 값 활용법이나 야전운용제한 활용법보다 더 효과적이고 적절한 방법론이라 할 수 있다. 하지만, 현재의 무기체계 획득 연구개발 환경 및 현실은 '정상적'이지 못한 경우가 자주 발생한다는 데에 문제가 있다. 그 이유는 다음의 Table 3과 같다.

Table 3. Problems setting RAM target value using OMS/MP

Problems	
1	Many cases of undefined RAM provisional target values not set
2	Lack of experts in related institutions
3	RMA Target value not considered by verification method

첫째, 소요제기 기관에서 무기체계 소요를 결정할 때 램 잠정목표값은 제외하는 경우가 많고, 선행연구단계부터 탐색개발단계까지 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)와 램 목표 값을 설정해야 할 방위사업청 통합사업관리팀은 자체 역량만으로는 작성이 불가하여 연구용역이나 국방과학연구소 등에 작성 의뢰하는 경우가 적지 않다. 이마저도 실행하지 못하여 체계개발단계 초기에 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)와 램 목표 값 설정에 대해 연구개발 주관기관이나 개발업체에 작성 요구하는 경우도 많다. 이러한 현상은 비단 방위사업청 통합사업관리팀의 역량부족으로만 문제 삼기엔 무리가 있다. 정권이 바뀌면서 수정되는 국방정책이나 급변하는 국제정세의 영향으로 인해 ‘긴급소요’ 등의 ‘비정상적인’ 무기체계 획득 과정이 추진되는 경우가 많아진 것이 가장 주된 원인일 것이다. ‘비정상적’이라는 의미는 최초 군에서 많은 연구를 통해 무기체계가 소요제기 되지 않고, 긴급하게 소요제기 되거나, 소요제기 관련기관에서 소요제기 되지 않는 경우를 말한다. 이렇게 소요제기 되는 경우가 문제가 되는 이유는 장비의 H/W, S/W 관점의 성능만 중요시 한다는 것이다. 바꾸어 말하면, 램 성능에 대한 목표가 없어서 개발완료 후 배치된 장비에 대한 운용유지 비용이나 정책이 도외시 된다는 것이다. 많은 연구결과나 통계에 따르면, 한 무기체계가 최초 개발 시부터 폐기될 때까지 소요되는 비용 구성을 보면, 개발에 투입되는 비용보다 전력화 이후부터 폐기 시까지의 운용유지비용이 총수명 주기비용의 60~70%를 차지하기 때문에 이러한 비용이 대부분 개발단계에서 이미 결정된다는 사실이다.

둘째, 램 업무관점에서 소요제기 기관이나 방사청 통합사업관리팀에서 실제로 일하는 실무자는 램 업무에 대한 전문가가 아닌 경우가 대부분이다. 즉, 상기 기관의 실무자들은 개발해야 할 무기체계에 대한 램 업무관련 지식보다 H/W, S/W 성능, 사업관리, 일정관리 등에 대해 더 관심이 많다. 물론, 램 업무 수행에 대한 필요성은 인식하므로 연구용역이나 국방과학연구소 등의 연구기관에 의뢰하는 것이 전부인 경우가 많다.

셋째, 무기체계 획득 프로세스 상의 문제점에 대한 관

점과 다르게, 램 검증방법 관점에서도 문제가 있다. 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 작성 시 램 성능 중 운용가용도만 목표 값이 설정된다. 램 성능 중 가장 중요한 것은 가용도이다. 가용도를 계산하는 수식에서 알 수 있지만, 신뢰도가 낮은 경우 정비도를 향상시켜 가용도 목표 값을 만족시킬 수 있고, 반대로 정비도가 낮으면 신뢰도를 높여 가용도 목표 값을 만족시키는 식의 상호보완적인 개발을 수행할 수 있다. 그런데, 신뢰도 분석은 계산하는 방법이 정해져 있다. 무기체계를 구성하고 있는 부품 기준에 의한 분석을 수행한다. 다시 말하면, 현 방위사업제도 하에서 규정하는 신뢰도 분석 계산방법은 물리적으로 H/W를 구성하는 부품의 숫자가 많을수록 신뢰도가 낮아지는 계산방법이다. 대형 무기체계일수록 이러한 신뢰도 분석방법으로 신뢰도를 검증할 경우 매우 불합리하다. 결과적으로 작전운용 시나리오를 기준으로 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)를 잘 작성하고, 램 목표 값을 타당하게 설정하였다고 하여도, 무기체계를 구성하는 장비가 많으면 많을수록, 신뢰도부터 목표 값을 달성하기가 힘들어진다는 것이다. 함정 건조 연구개발사업의 경우가 대표적인 예이다. 함정은 수 만~수십 만 개의 부품이 결합된 대형 복합무기체계이다. 함정 전체에 대해 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)를 작성하기도 쉬운 일이 아닐 뿐만 아니라 운용형태종합/임무유형(OMS/MP)를 기준으로 램 목표 값을 설정하면 검증 자체가 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 단순한 예로, ‘4.5개월 운용, 45일 정비’라는 운용개념을 가지는 함정의 연간운용시간이 270일의 경우, 고장간 평균시간이 270일 이상 산출되어야 ‘신뢰도 목표 값을 달성했다’라고 말할 수 있다. 270일은 시간으로 환산하면, 8,100시간이다. 이를 고장으로 환산하면, 최소한 $1 \div 8,100 \times 10^6 = 123$ 이하가 되어야 한다[3]. 총 부품수가 10,000개, 부품 1개 고장율이 0.1 이라고만 가정해도, 고장율은 1,000이므로, 목표 값인 123 보다 훨씬 높은 고장으로 계산되어 신뢰도 목표 값을 달성하지 못한다. 실제로 신뢰도 분석을 해보면 부품 1개 고장율이 100이 넘는 경우도 있다. 따라서 기존의 분석 방법론으로 검증이 불가능하다.

3. 개선방안

일반적으로 무기체계의 램 목표 값을 설정하는 방법에는 유사체계 램 분석 값 활용, 야전운용제한 분석결과 활용, 운용형태종합/임무유형(OMS/MP) 활용의 세 가지가

있다고 앞서 설명하였다. 본 논문을 작성하기 위해 대형 체계개발과제(복합유도무기체계 00종), 중소형 탐색/체계개발과제(부체계 00종, 탄약체계 0종)에 대한 개발사례를 분석하였다. 소요계기 시 RAM 잠정 목표 값 설정 유무와 개발초기 RAM 목표값 설정 유무 및 설정방법을 조사하고, 개발과정 중 RAM 검증 시 문제점을 정성적으로 분석하여, 전투체계, 소나체계, 대잠전 체계 등과 같은 다수의 체계장비가 탑재되는 잠수함과 같은 대형 복합무기체계에 적합한 RAM 목표 값 설정방안을 제시하였다. 잠수함과 같은 대형 복합무기체계는 일반적인 램 목표 값 설정방법으로는 램 목표 값을 설정하기 힘들고 다른 방법론이 필요하다.

3.1 잠수함의 신뢰도 목표 값 설정 방법 개선

잠수함에는 축전지, 전투체계, 관성항법장비, 산소공급장치 등과 같은 임무 필수장비가 10.2%, 기관실비 중앙제어체계, 흡기/배기 계통, 레이더 계통 등과 같은 임무 중요장비가 43.3%로써 임무에 영향을 미치는 장비가 약 54%이며, 조리실 전력 분전반, 전화기 체계, 냉동냉장장치, 신호탄 발사기 등과 같이 임무수행 영향정도가 낮거나 임무수행에는 영향을 미치지 않는 장비 약 46%로 구성된다. 잠수함의 신뢰도 목표 값 설정을 위해서는, 잠수함의 기본적인 임무와 임무 단계를 정의하고, 각 임무 단계별 기능에 대한 분석을 위해 임무기능 블록도를 작성해야 한다. 임무기능 블록도에서 각 임무기능 블록에 번호를 붙여 필수기능 고장한계와 체계 중지 한계를 분석하고 그로 인한 장비의 영향을 표 형태로 분류하는 임무기능 매트릭스가 필요하다[6]. 이 결과로 필수기능의 고장은 임무에 어떤 영향을 미치는지 알 수 있다. 잠수함의 기능 고장 중 임무 저하나 임무에 영향이 없는 장비는 제외하고, 임무에 필수적이고 주요한 장비들로 분류된 장비는 잠수함의 임무에 없어서는 안 되는 장비이며, 잠수함 건조 사업에서 함에 탑재되는 각 장비들의 신뢰도 성능을 확보하면서 개발해야 한다. 임무기능 매트릭스 분석

Table 4. The Number of Equipment according to the mission criticality of a submarine

Sortation	Mission Requirement	Mission Importance	Mission Degradation	Mission not affected	Total Equipment count (Lv 1~5)
Equipment Count	31	132	106	35	304
Mission Major Equipment	163(54%)		-		

의 결과로, 0000 임무수행 시 임무 중요도 별로 장비수를 정리하면 Table 4와 같다[6].

이 장비들 중 '임무 필수' 장비와 '임무 중요' 장비들은 반드시 신뢰도를 확보해야 하므로 이 장비들에 대한 신뢰도 목표 값을 설정해야 한다. 각 장비들의 신뢰도 목표 값 설정은 램 목표 값 설정방법 중 '유사체계 분석 값 활용' 방법을 사용하였다. 즉, 유사체계 분석 값을 활용하여 램 목표 값을 설정할 수 있는 무기체계는 지속적인 개발이 이어져 유사장비들이 존재하는 무기체계에 적합하다고 설명하였다. 이에 해군 함정에 많이 탑재되어 사용되는 장비들로서 유사장비의 신뢰도 값을 목표 값으로 사용하였다. 이 장비들의 유사체계 신뢰도 값을 정리하여 제시하면 다음 Table 5와 같다.

Table 5. Reliability Target Values of Mission Major Equipment

Mission Critical	Type of Equipment	$\lambda(10^6)$	MTBF (Hour)
Mission Requirement	15 other types of ship structure	14,717	68
Mission Importance	60 other types of bulkhead structure	26,524	38
Total of Mission Major Equipment		41,241	24

임무 수행을 위해 가동되는 임무 필수장비의 고장간 평균시간(MTBF)의 총합이 24시간으로 분석되었다. 이는 출입항과 함 기동시간을 합한 전시 운용시간 7,072.5 시간이나 평시 운용시간 2,002시간과 비교해 볼 때, 전시 $7,072.5 \div 24 = 295$ 회, 평시 $2,002 \div 24 = 83$ 회의 고장빈도가 산출된다.

현재 국방획득사업 제도하의 무기체계 연구개발 시 신뢰도에 대한 검증은, 장비를 구성하는 모든 부품에 대해 상향식으로 합산하여 최상위 체계의 신뢰도 값을 구하는 일반적인 무기체계의 신뢰도 계산방법으로 계산하도록 되어있다. 이 방법에 의해 계산하면, 임무에 영향을 주지 않는 '임무 저하'와 '임무 미영향'에 해당하는 장비들의 고장율을 포함하게 되어, 계산하면 고장간 평균시간(MTBF)이 15시간으로 산출된다. 이는 전시 $7,072.5 \div 15 = 472$ 회, 평시 $2,002 \div 15 = 133$ 회로 산출되어, 임무 주요장비로만 분석한 결과보다 더 많은 고장빈도를 가짐을 알 수 있다. 이는 잠수함을 운용하면서 임무에 영향을 주지 않는 장비의 고장에 대한 정비행위를 추가로 더 진행해야 한다는 결론이다. 이로 인해 임무에 영향을 주지 않는 장비에 대한 수리부속, 물자소요, 함내 정비요원의 예방

정비 계획 등을 추가로 수립하여 예산소요가 증가하는 결과를 초래한다.

따라서 잠수함과 같은 대형 복합무기체계의 신뢰도 계산은 다른 무기체계와 같이 체계 신뢰도 계산방법 사용 시 불필요한 운용유지비용의 증가를 초래하므로 각각의 임무유형별로 신뢰도를 계산한 결과 잠수함의 체계신뢰도는 15시간, 임무신뢰도는 24시간이 산출되었다. 잠수함 전체를 수명주기동안 운용하고 관리해야 하는 해군의 입장에서, 수리부속 구입을 위한 재료비, 정비에 소요되는 노무비, 이를 처리하기 위한 경비 등 운용유지를 위한 비용을 책정할 경우, 임무 신뢰도를 기준으로 산정하는 것이 1.6배 더 경제적이라 판단할 수 있다.

3.2 잠수함의 가용도 목표 값 설정 방법 개선

일반적으로 무기체계 램 분석 및 군수지원분석을 수행함에 있어서 야전정비를 기준으로 분석을 수행하기 때문에 중간 창 정비를 포함한 야전정비 기준으로 운용 및 정비주기를 살펴보면 Table 6과 같다. Table 4는 잠수함을 3년 동안 운용할 경우의 예로 운용기간 4.5개월 주기, 야전정비기간 28개월 주기 야전정비기간을 표현한 것이다[6].

Table 6. Operational and maintenance cycle of submarine (Field maintenance Criteria)

Months	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Operation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Field 2.5M												
Field 45M												
Months	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Operation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Field 2.5M												
Field 45M												
Months	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Operation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Field 2.5M												
Field 45M												

운용 및 정비주기 관점에서 잠수함의 4.5개월 주기 야전정비를 고려한 운용가용도 목표 값을 계산해보면 78.9%로 산출된다. 다른 방법으로, 잠수함의 4.5개월 주기와 28개월 주기 야전정비를 고려한 운용가용도 목표 값을 계산해보면 69.2%로 산출된다. 대개의 경우, 새로운 무기체계에 대한 운용가용도 목표 값은 세부적인 단서조항 없이 95%로 요구하는 경우가 많다. 단순히 상기

계산만으로도 이 운용가용도 목표 값 수치가 부적절한 값임을 알 수 있다. 정비행위를 하더라도 잠수함이 불가동시간에 포함되지 않는 부대정비만을 고려하면 95%가 어느 정도 일리 있는 운용가용도 목표 값이 될 수는 있으나, 야전정비를 고려하였을 경우 불가동시간이 4.5개월 주기 또는 28개월 주기라는 긴 시간으로 나타나므로 95%는 도달하지 못하는 것이 자명하다. 따라서 각각의 정비조건별로 요구조건을 세분화하여 운용가용도 목표 값을 설정해야 한다. 정리하면 운용가용도 목표 값에 대한 요구기준은 부대정비 기준 95%, 야전정비 4.5개월 수행 기준 78.9%, 야전정비 4.5개월 및 28개월 수행 기준 69.2%가 되어야 하며, 또한 개발기관은 이러한 세부 요구조건을 기준으로 주 장비 및 종합군수지원 개발업무를 수행해야 하고, 램 검증 또한 상기 목표 값을 달성하기 위한 램 분석 및 군수지원분석 업무를 수행하여야 한다.

3.3 잠수함의 정비도 목표 값 설정 방법 개선

단일 체계나 장비의 가용도를 산출하는 수학적은 군수지원분석 관련 미군규격(MIL-STD-1388 -2B)에 기술되어 있다. 이러한 가용도를 산출해야 하는 신뢰도 및 정비도 척도에는 고장간 평균시간(MTBF: Mean Time Between Failure), 평균수리시간(MTTR: Mean Time To Repair), 실질 정비 당 평균 소요시간(MAMDT: Mean Active Maintenance Down-Time), 평균 불가동시간(MDT: Mean Down Time), 운용시간(OT: Operating Time), 대기시간(ST: Standby Time), 총 보수정비시간(TCM: Total Corrective Maintenance Time), 총 예방정비시간(TPM: Total Preventive Maintenance Time), 총 행정/군수지연시간(TALDT: Total Administrative & Logistics Delay Time) 등이 산출 되어야 한다. 그리고 이러한 시간요소들을 산출하기 위해서는 정비도 예측 관련 미군 지침서(MIL-HDBK-470A)의 절차5 (Procedure V)에서 제시하는 방법과 절차로 분석해야 한다[7]. 고장간 평균시간은 신뢰도 척도로 전 항에서 설명하였지만, 나머지 정비도 척도들은, 장비가 개발이 완료되어 운용해보지 않는 한 정비인사 등의 주요 입력 값들은 모두 예측치를 적용해야 한다. 예를 들어 주어진 기간 동안에 보수정비활동에 소요되는 평균시간인 평균수리시간을 구하는 수식을 살펴보면, On Equipment 보수정비활동, 보수정비활동의 빈도 수, 보수정비활동에 소요된 정비 시간, 총 보수정비활동 수를 입력 값으로 구해야 하는데, 이 값들은 모두 예측치로 적용할 수밖에 없다. 결론적으로 말하면, 단일무기체계의 경우는 개발단계에서 상기 방법과 절

차로 정비도를 분석하는 것이 가능하지만, 수많은 하위 체계와 장비가 결합된 대형복합무기체계인 잠수함의 경우, 정비도 분석은 많은 시간과 수많은 사람들의 노력이 필요한 업무이며, 함 전체의 정비소요시간을 산출하면 수십 ~ 수백시간에 달할 것이다. 이는 잠수함 개발착수 전 정비도 목표 값을 설정하는 것이 불가능할뿐더러 램 검증 시 '목표 값 달성불가'라는 결과로 이어질 것이 자명하므로 정비도 목표 값은 설정하지 않는 것이 정비도 목표 값 설정 개선방안이다. 다만, 잠수함 개발사업에서 정비도 분석을 실시하는 의미는 가용도 목표 값을 달성하기 위한 업무로 보아야 하며, 개발단계에서 실시한 정비도 분석 결과값을 사용하여 가용도 분석한 결과가 목표 값을 달성하지 못하는 것으로 산출될 경우, 정비성을 높이는 설계반영활동으로 이어져, 최종적으로 가용도 목표 값을 달성하는 수단으로 사용되어야 한다.

4. 결론

잠수함은 해군이 보유하고 있는 수많은 전투함, 구축함, 초계함, 상륙함 등과 함께 연합작전을 수행하며 우리나라 영해를 비롯하여 전 세계 어느 지역에서도 국민의 안전을 지키는 핵심 전력이다.

본 연구에서는 잠수함과 같은 대형 복합무기체계의 종합군수지원 업무수행을 위한 램 목표 값 설정 방식에 대한 개선방안을 제시하였다. 일반 무기체계 연구개발에서 적용하고 있는 세 가지 램 목표 값 설정 방법을 적용한 무기체계 개발 사례를 소개하고 기존의 방법으로는 잠수함과 같은 대형복합무기체계의 램 목표 값 설정방법 적용이 불합리함을 다음과 같이 설명하였다.

잠수함은 다른 무기체계와는 달리 전 세계지역을 운용 환경으로 하며, 각기 다른 운용 및 정비조건으로 운용 온도도 그에 맞게 적용해야 한다. 또한, 잠수함을 구성하는 모든 구성품이 아닌, 임무 필수 장비와 임무 중요 장비를 위주로 램 목표 값을 설정하고 검증하여야 한다. 그래서 체계 신뢰도 목표 값이 아닌 각각의 임무유형별 임무 신뢰도 목표 값이 설정되어야 한다. 가용도는 잠수함의 운용과 정비주기를 고려한 운용가용도 목표 값이 설정되어야 한다. 아무런 단서조항 없이 '목표 운용가용도 95%'로 설정할 것이 아니라, '부대정비 고려 시 95%, 4.5개월 야전정비 고려 시 78.9%, 4.5개월 및 28개월 야전정비 고려 시 69.2%' 라는 구체적인 단서를 달아서 목표 운용가용도를 설정해야 한다. 잠수함의 정비도 목표 값을 설정

하는 것은 무의미하다. 정비도 계산을 위해 필수적으로 필요한 요소가 정비인시인데, 이는 실제 정비를 통해 측정되어야 하는 값이다. 정비도 목표 값 설정을 위해서는 '예측 값'으로 적용되어야 하는데, 수많은 장비와 수리부속에 적용하기란 불가능하고, 예측 기준을 설정할 수도 없다. 잠수함의 정비도는 개발단계에서 정비성 개선의 설계반영활동으로 이어져 목표한 운용가용도를 만족시키기 위한 수단으로 활용해야 한다.

현재 국방획득사업으로 진행되는 무기체계 연구개발사업 참여자들이 기준으로 참고하는 방위사업관리규정이나 방위사업청에서 발행한 무기체계 램 업무지침에는 램 업무의 원칙이나 절차 등과 같은 내용만 담고 있다. 개발기관의 개발 담당자, 방산업체의 실무 담당자들은 보다 구체적이고 실무에 도움이 되는 램 업무지침서를 간절히 원하고 있다. 또한 개발기관의 램 업무 결과에 대해 시험평가를 통해 검증해야 하는 각 군의 시험평가 담당자 또한 명확한 기준이 없는 실무적인 사항에 대해서는 원칙과 규정만 따지는 것이 방위사업의 현실이다.

향후 잠수함과 같은 대형 복합무기체계 외에도 각 무기체계별로 램 업무에 대한 표본으로 삼을 수 있고, 보다 구체적이고 실무적으로 참조할 수 있는 램 목표 값 설정 기준과 검증방법론을 지속적으로 발전시킬 필요가 있다.

References

- [1] G.C.Choi, Acquisition management a military Theory, p.552, Korea Research Institute of Military Affairs, 2009, p.441. From:
- [2] Defense Acquisition Program Administration, A work guide for RAM weapon system, p.154, Defense Acquisition Program Administration, 2018, p. 7. From: http://www.dapa.go.kr/upload/pblicitn/_b3cf0fb1-eeec1-4c70-9904-4656d88a8c301556697283944.pdf
- [3] Defense Acquisition Program Administration, A practical guide for ILS development, p.373, Defense Acquisition Program Administration, 2015, p. 81. From: http://www.dapa.go.kr/upload/pcm/_c24a55f4-8e98-4691-beda-7592dcf2fc0c1516003748854.pdf
- [4] S.G.Min, A Study on the Preparation of ORD for Efficient Weapon System R&D, Technical Report, System Engineering Institute Corp., Korea, p. v. From: http://www.prism.go.kr/homepage/entire/retrieveEntireDetail.do?sessionid=48C04B5193F986A9F5A13D3B721C9FF0.node02?cond_research_name=&cond_research_start_date=&cond_research_end_date=&research_id=1690000-201200011&pageIndex=1322&leftMenuLevel=160

- [5] H.G.Shim, Analysis of Operational Mode Summary and Mission Profile of combat training system settings The Operational Availability, Master's thesis, Graduate School of Peace & Security Studies Chungnam National University, Daejeon, Korea, pp. 44-48, 2014. From: <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=DIKO0013444349>
- [6] S.H.Baek, Management Plan and Analysis of KSX-III RAM, Technical Report, Defense Agency for Technology and Quality, Korea, p. Appendix-v-1.
- [7] U.S. DoD, Designing and Developing Maintainable Products and Systems, MIL-HDBK-470A, U.S. DoD, 1997, p. D-1. From: http://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0300-0499/MIL_HDBK_470A_29/

최 명 진(Myoung-jin Choi)

[중신회원]



- 1999년 2월 : 숭실대학교 산업공학 (공학석사)
- 2009년 1월 : 국방대학교 국방정보관리 (공학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 산업시스템공학 (공학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 호원대학교 국방무기체계학과 교수

<관심분야>

무기체계, 산업시스템, 신뢰성, ILS

정 순 욱(Soon-Wook Jung)

[정회원]



- 1997년 1월 ~ 2001년 1월 : (구) 국제전자 중앙연구소 주임연구원
- 2001년 2월 ~ 2003년 8월 : (구) 신도ILS 신뢰도분석담당(과장)
- 2003년 9월 ~ 2020년 2월 : (주)한화종합연구소 수석연구원
- 2019년 2월 : 충남대학교 평화안보대학원 군사학과(군사학석사)

<관심분야>

무기체계, RAM, ILS

심 행 근(Hanggen Shim)

[중신회원]



- 2014년 2월 : 충남대학교 군사학 (군사학 석사)
- 2017년 2월 : 전북대학교 산업시스템공학 (박사과정 수료)
- 1989년 11월 ~ 2003년 9월 : 동명중공업, 현대전자, 현대제이콤 책임연구원
- 2003년 9월 ~ 현재 : (주) 한화 종합연구소 상무

<관심분야>

무기체계, 체계공학, 신뢰성, RAM/ILS