

야전운용자료를 활용한 해성 유도무기 발사체계 신뢰도 분석

허장완¹ · 오경원^{2,†}

¹해군사관학교 무기체계공학과

²호원대학교 국방과학기술학부

An Analysis of Haeseong Guided Missile Launcher Reliability Using Naval Field Data

Jangwan Hur¹, Kyungwon Oh^{2,†}

¹Dept. of Weapon Systems Engineering

²Dept. of Defense Science & Technology, Howon University

Abstract

Required military demands for high reliability of weapons systems throughout stages of life cycles as high technologies combined with weapons systems, research and development continue to drive costs upwards. However, for studies on reliability of national defense weapons systems, empirical research is limited because of a lack of interest or limitations relative to data collection. This study proposes a collection process relative to field operating specifications, based on data relative to experience and management collected by visiting vessels onsite, that operate weapons systems. In addition, after drawing the operating MTBF of the launching system for the Haeseong guided missile launcher, this study compared and analyzed that with values predicted during development and identifies parts with low operating values as compared to predicted values. Results of this study relative to maintenance support troops and weapon systems development companies will contribute to maintaining operational deployment of the launching system of the Haeseong guided weapons system.

초 록

무기체계에 첨단기술이 접목되고 연구개발에 많은 비용이 들었으므로 소요군은 수명주기 전 단계에서 무기체계의 높은 신뢰도를 요구하고 있다. 하지만 국방 무기체계의 신뢰도에 대한 연구는 관심 부족 또는 자료수집의 제한으로 실증적인 연구가 제한되고 있다. 본 연구에서는 무기체계 운용자인 함정, 작전 및 정비지원 부대를 직접 방문하여 수집한 경험 및 운용자료를 바탕으로 야전운용제원 수집 프로세스를 제안하였다. 또한 해성 유도탄 발사체계의 운용 MTBF를 도출한 후 개발 시 예측값과 비교 분석하여, 예측값 대비 운용값이 저조한 부품들을 식별하였다. 연구결과를 해군 내 정비지원 부대 및 체계 개발업체에 피드백 시 해성 유도무기 발사체계의 정격 성능 유지에 기여할 수 있을 것이다.

Key Words : Guided Missile Launcher, Failure Rate, MTBF, Field Data

1. 서 론

무기체계에 첨단기술이 접목되고 연구개발에 많은 비용이 들었으므로 소요군은 수명주기 전 단계에서 무기체계의 높은 신뢰도를 요구하고 있다. 하지만 국방 무기

체계의 신뢰도에 대한 연구는 자료 수집의 제한 또는 상대적 관심 부족으로 실증적인 연구가 제한되고 있다. 이러한 상황에서 본 연구는 운용자인 함정, 작전 및 정비지원 부서(해군 작전사령부, 해군 군수사령부, 해군 정비창, 정비업체)들을 직접 방문하여 수집한 야전 운용자료를 활용하여 해성 유도무기 발사체계의 운용 신뢰도 값 중 고장간 평균시간(MTBF: Mean Time to

Received: May. 26, 2017 Revised: June. 16, 2017 Accepted: June. 16, 2017

† Corresponding Author

Tel:+82-063-450-7724, E-mail: oh.kyungwon@gmail.com

© The Society for Aerospace System Engineering

Between Failures)을 도출하여 개발 시 목표값과 비교 분석하였다. 본 논문은 1장에서 연구의 배경을 설명했고, 2장에서는 해성 유도무기 발사체계 현황과 신뢰도 개념에 대해 설명한다. 3장에서는 야전운용자료 수집 프로세스 및 결과를 기술하고, 4장에서는 해성 유도무기 발사체계의 신뢰도를 최초 개발 시 목표값과 비교 분석하였으며, 5장 결론에서는 본 연구의 의의와 향후 연구방향에 대하여 기술하였다.

2. 해성 발사체계 현황 및 신뢰도 개념

2.1 해성 유도무기 발사체계 현황

해성 유도무기는 현재 해군에서 운용중인 주력 함대함 유도무기체계이며, 기존에 미국에서 구매하여 사용하던 Harpoon 미사일을 대체하여 운용하고 있다. 해성 유도무기는 '00년도부터 0년간 000억원의 예산을 들여 개발하였으며, 0000급 함정 등 해군 내 다수의 함정에 탑재되어 운용 중이다. 해성 유도무기체계는 장입유도탄과 함정에 탑재된 발사체계로 구분할 수 있으며, 본 연구의 대상인 해성 유도무기 발사체계는 Fig. 1과 같이 교전계획을 수립하는 통제콘솔, 교전계획에 따라 발사명령을 내리는 발사제어기, 유도탄에 전원을 인가하는 탄전원제어기, 표적정보를 교환하는 유도탄연동기, 유도탄에 명령신호를 분배하는 신호분배기와 유도탄 발사대로 구성 된다.



Fig. 1 Guided Missile Launcher Configuration

2.2 신뢰도 개념

신뢰도는 아이템이 주어진 조건 하에서 규정된 기간 동안 요구되는 기능을 수행할 수 있는 확률을 의미하고 대표적 평가척도는 MTBF(Mean Time Between Failures), MKBF(Mean Kilometer Between Failures), MRBF(Mean Round Between Failures)가

있다. 본 연구의 대상 시스템인 유도무기 발사체계는 운용시간에 따라 고장이 발생하므로 MTBF를 신뢰도 척도로 분석하였다.

신뢰도는 시스템 설계 및 개발 이전에 목표값 설정-할당-분석/검증-재할당을 통해 목표 신뢰도를 달성하며, 신뢰도를 예측하기 위한 규격은 Table 1과 같이 다양하다. 참고로 미국 국방 분야의 전기전자 부품 예측 규격인 MIL-HDBK-217F N2은 상용 전기전자 제품의 기술적 성장으로 더 이상 적합하지 않다는 판단하에 1994년에 국방 규격이 취소되었다. 하지만 그 이후 다른 대안이 마련되지 않았기에 새로운 무기체계 개발 시 다수의 시스템이 MIL-HDBK-217F N2를 사용하여 신뢰도를 예측하고 있다.

Table 1 Reliability Prediction Methodology

구분	제정 기관	비고
MIL-HDBK-217F N2	미 국방성	1994년 규격 취소
HRD 3	브리티쉬텔레콤	-
CNET	프랑스 텔레콤	-
NTT	일본전신	-
Bellcore(Telcordia)	Bell 연구소	-
Itatel IRPH93	이태리 텔레콤	-
PRISM	R.A.C(미국)	-

MIL-HDBK-217F N2의 전기·전자부품 신뢰도(고장률, MTBF)는 Eq. 1과 같은 방법으로 계산된다.[1]

$$\lambda_P = \lambda_B \times \pi_B \times \pi_Q \times \pi_E \tag{1}$$

- λ_P = 부품의 고장률(failures/10×6h)
- λ_B = 기본 고장률(base failure rate)
- π_B = 저항 팩터(resistance factor)
- π_Q = 품질 팩터(quality factor)
- π_E = 환경 팩터(environmental factor)

Equation 1과 Table 2의 자료를 활용하여 실제 제어용 회로카드조립체(SBC A1)에 부착된 저항기의 신뢰도 수명을 예측하면, 저항기의 수명 가중치 0.0017에 저항 팩터 1.6, 품질 팩터 0.3, 환경 팩터 1.0을 곱한 결과 0.00816이라는 값이 산출된다. 이 값은 1,000,000시간 중에 0.00816건의 고장이 발생한다는 것이며, 단위시간을 고장건수로 나누면 저항기의

MTBF는 약 122,549,019라는 시간이 나오게 된다.

Table 2 Reliability Prediction Input Data

구분	Style	Spec-MIL	Description	수명가중치
λ_B	RC	11	Fixed, Composition	0.0017
π_B		-	>1.0M~10M	1.6
π_Q	P	-	-	0.3
π_E	Gb	-	시험실 조건	1.0

이렇게 산출된 부품들을 직렬 또는 병렬구조로 조립하여 상위 부품과 어셈블리, 하부시스템의 고장률을 계산하며, 최종적으로 시스템의 MTBF를 결정하게 된다. 해상 유도무기 발사체계 역시 무기체계 연구개발 과정에서 동일한 방법을 적용하여 시스템 및 하위 체계의 MTBF를 Table 3과 같이 산출하였다.

Table 3 Result of Guided Missile Launcher Reliability Prediction

순번	품명	고장율	MTBF(h)
1	전원공급기(CAP)	7.3492	136,069
2	전원공급기(MPWR)	11.6792	85,622
3	전원공급기(PWR2)	12.8094	78,067
4	전원공급기(PWR3)	22.5005	44,443
5	회로카드조립체, 점검용(TST1,2)	11.6779	85,631
6	회로카드조립체, 허브용(HUB)	9.5245	104,991
7	회로카드조립체, 제어용(SBC A0)	9.2900	107,642
8	회로카드조립체, 제어용(SBC A1)	9.2900	107,642
9	회로카드조립체(CIO)	26.0619	49,984
10	회로카드조립체(NTDS)	38.8000	25,773
...	이하 생략		

본 연구에서는 해상 유도무기 발사체계 개발 시 MTBF 목표값 대비 실제 운용 신뢰도 값이 얼마인지를 산출하여 정비지원 부대와 국방기술품질원 및 개발업체에게 제공 할 예정이다. 발사체계의 실제 고장률 산출은 Drenick의 정리(복잡한 시스템의 고장률은 넓은 의미에서 경험적으로 일정한 값을 가지며, 지수분포를 이용해 계산할 수 있다.)를 활용하여, 발사체계 고장률(λ)은 일정하며 지수분포를 따른다고 가정한다.[3] 지수분포를 통한 신뢰도 예측에 필요한 자료는 발사체계의 운용시간과 고장실적자료이며, 3절에서 수집한 자료를 분석하여 4절에서 MTBF 운용값을 산출한다.

3. 야전운용자료 수집 프로세스 및 결과

해상 유도무기 발사체계의 MTBF 산출을 위해서는 함정의 정확한 시스템 운용시간과 고장실적의 수집 및 분석이 필수적이다. 이를 위해 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 사전준비, 자료수집, 자료검증/분석의 3단계로 야전운용자료를 수집하였다. 자료수집 시에는 운용자(함정 승조원), 정비지원 부서(작전사, 군수사, 정비창)와 정비업체의 정비기록과 의견을 수렴하였다.

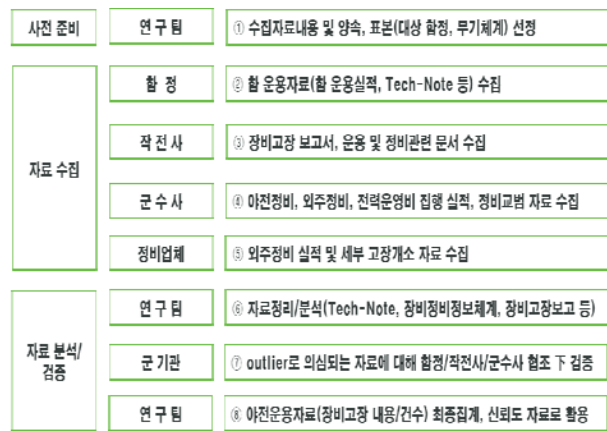


Fig. 2 Guided Missile Launcher Failure Data Collection & Analysis Process

3.1 운용시간 수집 및 분석 결과

해상 유도무기 발사체계 운용시간은 가장 일반적으로 알려진 운용형태요약(OMS: Operational Mode Summary)/임무유형(MP: Mission Profile) 분석방법을 사용하여 임무형 작전, 성분 작전, 연간 함 운용 실적 및 장비운용 일지를 분석하여 Table 4와 같이 정리하였다. 연구 중 해당 체계는 대형함부터 중·소형함에 모두 탑재되어 있으므로, 함형(크기, 톤수)과 작전해역 및 환경(동해, 서해, 남해)에 따라 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 또한, '00년도부터 최초 운용하여 10년이 넘게 운용한 함정도 있으며, 이제 막 체계가 설치되어 1년 이내의 운용시간을 가진 함정도 있었다. 하지만 본 연구에서는 객관적인 운용 신뢰도를 산출하기 위해 5년 이상 발사체계를 운용한 함정만 분석하였으며, 구체적인 운용시간은 군사보안상 학술지에서 밝히기에는 부적절하여 생략한다.

Table 4 Result of Guided Missile Launcher Operation Mode Summary

구분		현황(h)	구분		현황(h)
총 가동 시간	경계 시간	0,000	총 비가동 시간	경계 시간	000
	운용 시간	0,000		운용 시간	000
	대기 시간	0,000		대기 시간	000
총 시간(0,000) = 가동시간(0,000) + 비가동시간(000)					

3.2 고장실적 수집 및 분석 결과

야전운용자료 수집 시 확보한 기록물을 검토한 결과 해상 유도무기 발사체계 고장사례는 Fig. 3과 같이 함정과 정비지원 부대에 넓게 분포되어 있다. 이는 개념적으로 함정 작전수행 중에 발생하는 함정운용 분야와 함정 수리기간 또는 긴급수리시 발생하는 정비지원 분야의 기록물로 구분할 수 있다.

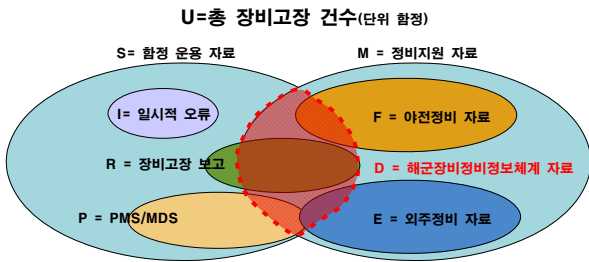


Fig. 3 Failure Data Distribution

구분	기록물	주요내용	비고
함 정 운 용	함 운용 실적보고, 정비우수합 선발 자료	함정 운용/훈련/수리시간	**
	Tech-Note, 인수인계서	정비고장 내용, 후속 조치	***
	장비고장 보고	출동 중 장비고장 내용, 후속 조치	*
	수리계획/결과	정기/비정기 수리건수, 내용	*
	PMS/MDS	예방정비 내용/결과	*
	장비이력부	장비 수리내용	*
정 비 지 원	항박일지	전반적인 함 행동 내용	*
	정비창 공사명령	야전정비 실적	***
	해군장비정비정보체계	수리부속 교체 실적	*
	외주정비 기록(군수사, 업체)	수리부속 외주정비 실적	*
	전력운영비 단년도 예산서	운용유지비용	*
부대/야전정비 기술교범	수리부속 재고번호, 부품번호	*	

Fig. 4 Reports Containing Failure Data

각 영역의 기록물을 세부적으로 나타낸 것이 Fig. 4

이며, 함정운용 분야에서는 운용자인 함정 부서장(직별장)이 유지하고 있는 Tech-note와 인수인계서에 가장 양질의 정보가 기록되어 있었으며, 정비지원 분야에서는 정비창 공사명령에 상세한 정비지원 기록이 남아있었다. [2] 위와 같은 함정 운용 및 정비지원 기록물들의 고장실적을 분석하여 Table 5와 같은 고장실적 기록을 도출하였다. 작전사의 장비고장보고와 군수사의 DB에 기록된 일부 고장실적은 확인결과 Tech-note와 공사명령에 중복되어 있었으며, 각 기록들을 심층 검토하여 중복 고장기록은 제외하고 총 고장건수를 집계하였다.

Table 5 Result of Comparative MTBF Analysis

구분	Tech note (함정)	장비 고장 보고 (작전사)	D/B (군수사)	공사 명령 (정비창)	총 건수
OO함	11	2	2	10	20
OO함	9	2	1	8	17
OO함	10	1	2	10	18
OO함	7	-	1	8	14
OO함	8	1	2	9	16
OO함	12	2	1	10	20
OO함	6	1	2	11	15
...	이 하 생략				

해군 내 고장실적을 집계한 Table 5에서 알 수 있는 중요한 사실은 군수사 DB인 해군장비정비정보체계에 전체 고장실적 중 10% 내외의 정보만 기록되어 있다는 것이다. 이는 무기체계 고장 시 복구는 정비수리와 교체수리를 통해 이뤄지는데, DB에는 교체수리를 통해 수리부속이 소모된 실적만 기록되기 때문이다. 그러므로 군 외부의 신뢰도 연구기관이 고장실적 자료 수집이 어려울 시 비교적 획득이 용이한 해군장비정비정보체계 DB의 수리부속 소모실적을 고장률(λ)를 찾기 위한 기초 자료로 활용하는 경우, 일부 고장실적을 이용해 시스템의 신뢰도를 산출하는 오류를 범할 수 있다. 특히, 무기체계의 수리부속은 고가이며 국산화가 상당히 진행되어 수리부속을 외주정비를 통해 제작사에서 복구해서 해군에 돌려주기 때문에 교체수리의 비율은 앞으로 더욱 낮아질 것으로 판단된다.

4. 해상 유도무기 발사체계 신뢰도 분석결과

4.1 총 고장실적 및 함형별 고장실적 집계 결과

연구대상 시스템을 탑재한 함정 OO척의 14년간의 고장실적을 모두 수집하여 집계한 결과 37종의 부품에서 총 280여건의 고장이 식별되었다. 고장이 잦은 부품으로는 Fig. 5와 같이 SBC A0 카드 등 8개 부품이며, S/W 오류도 40건으로 총 고장 280건 중 14.2%에 달하여 시스템의 신뢰도와 함께 시스템에 탑재된 S/W 신뢰도 시험평가와 검증 역시 강화해야 된다는 것을 확인할 수 있다. 위와 같은 고장실적은 전 함정의 고장실적을 단순히 종합 집계한 것이므로 함형별 발생하는 고장을 식별하기에는 의미 있는 정보를 제공하지 못한다.

그래서 고장실적을 세부적으로 분석하기 위해 시스템이 탑재된 함형(크기, 톤수)에 따라 A, B, C급 함형으로 구분하였으며, 함형에 따른 총 고장실적은 Fig. 6과 같다. 연구결과 해군 운용자들의 전반적인 생각과 다소 차이가 있었던 것은 진동 및 온도 환경이 가혹한 소형 함형인 C급 함정에서 고장이 잦은 것으로 판단하고 있으나, 실제 집계한 고장자료를 통해 볼 때 소형인 C급 함형에 고장이 집중된다는 판단은 다소 설득력이 부족하다는 것이다. 또한 Fig. 6의 함정 등급별 해상 발사체계 부품의 고장자료를 보더라도 A와 B급 함형에서 전원공급기(PWR2, PWR3, PSP), 회로카드조립체(SBA A0, SBC A1, MIO, SMIO, SSIO, NTDS), 자료 입력용 트랙볼, 스위치 누름식부품의 고장이 더 잦은 것을 확인할 수 있다.

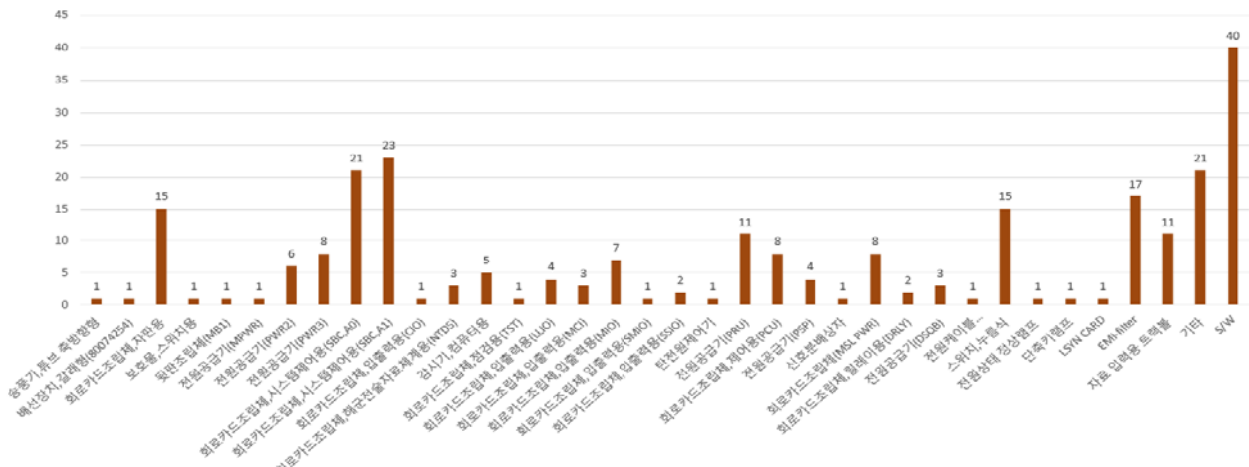


Fig. 5 Numbers of Guided Missile Total Parts Failure

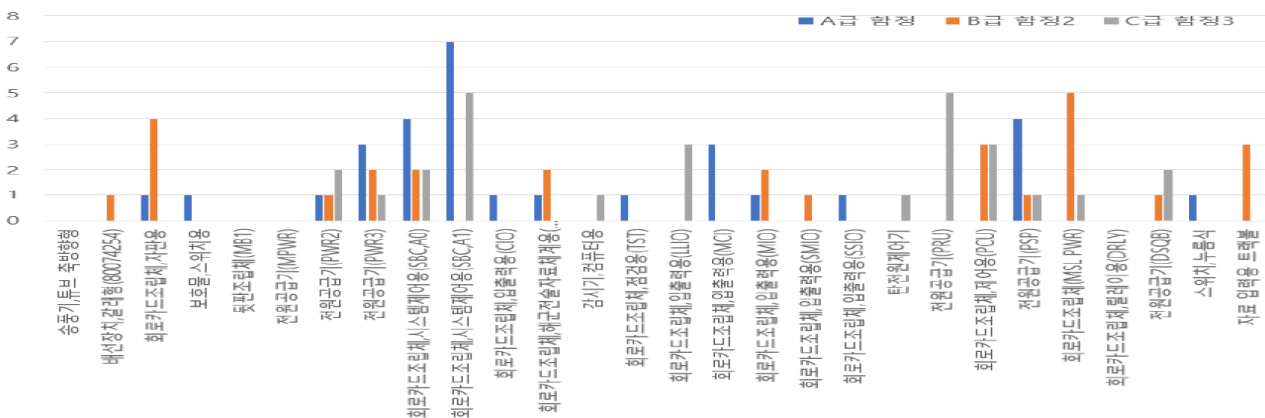


Fig. 6 Numbers of Guided Missile Parts Failure According to Ship Class

4.2 고장실적의 FMECA 위험도 평가 결과

4.1절에서 식별된 부품들의 고장이 시스템에 미치는 영향 역시 신뢰도 분석에서 상당히 중요한 분야이다. 이는 시스템 설계 단계이전에 고장유형, 영향 및 치명도 분석(FMECA : Failure Mode, Effects & Criticality Analysis)의 위험도 평가에서 분석이 이뤄진다. 위험도 평가는 부품의 고장이 체계의 필수임무를 수행하는데 어느 정도의 영향을 미치는가를 분석하여 1,2,3,4로 기술하며, 그 내용은 아래와 같다.

- 분류 1 : 재난(Catastrophic)
인원 사망 또는 체계손실을 일으키는 고장
(연료계통 화재 및 폭발계통에 한정함)
- 분류 2 : 치명(Critical)
임무 손실을 초래하는 주요체계 손상, 심각한 상해, 주요자산 손상을 일으키는 고장, 즉 임무기능 상실
- 분류 3 : 보통(Marginal)
지연, 가용도 저하나 임무저하를 야기하는 경미한 체계손상, 경상을 일으키는 고장
- 분류 4 : 경미(Minor)
상해, 자산, 손상, 경상을 일으킬 정도로 심각하지 않은 고장이지만, 비계획 정비 또는 수리를 요하는 고장

해성 유도무기 발사체계 고장사례에서 확인한 부품들의 고장유형은 총 38가지이며, 이에 대한 위험도 평가결과는 시스템 개발 당시 FMECA 자료에서 일부 확인할 수 있으며, 세부 내용은 Table 5와 같다. 즉, 고장이 식별된 품목의 경우 대부분의 위험도가 2이며, 이는 해당 부품 고장 시 체계의 임무기능을 수행할 수 없었다는 점을 말해주고 있다.

Table 5 Failure Mode, Effects & Criticality Analysis

품명	위험도
입출력용 회로카드조립체(CIO)	2
전원용 회로카드조립체(PWR 1/2/3)	2
전원용 회로카드조립체(MPWR)	2
시스템제어용 회로카드조립체(SBC A0/A1)	2
누름식 스위치	2
싱크로용 회로카드조립체(LSYNC)	3
허브용 회로카드조립체(HUB)	2

4.3 운용 신뢰도(MTBF) 산출 결과

3절에서 수집 및 분석한 해성 유도무기 발사체계 운용시간과 부품 고장실적을 이용하여 부품별 운용 신뢰도값인 MTBF를 산출하였다. MTBF의 세부적인 산출 과정은 실무적으로 잘 알려진 각 함형 내 함정별 부품 고장률의 평균값을 구하는 과정을 통해 최종 산출되며, 세부적인 과정은 Eq. 2와 같다.

$$MTBF_{A_{ij}} = MTBF_{predicted A_{ij}} \text{ or } MTBF_{observed A_{ij}} \quad (2)$$

$$\text{if } \lambda_{A_{ij}} = 0 \text{ and } MTBF_{predicted A_{ij}} < MTBF_{observed A_{ij}};$$

$$MTBF_{A_{ij}} = MTBF_{predicted A_{ij}}$$

$$\text{if } \lambda_{A_{ij}} = 0 \text{ and } MTBF_{predicted A_{ij}} > MTBF_{observed A_{ij}};$$

$$MTBF_{A_{ij}} = MTBF_{observed A_{ij}}$$

$$\text{but } \lambda_{A_{ij}} > 0, MTBF_{A_{ij}} = MTBF_{observed A_{ij}}$$

$$MTBF_{A_j} = \sum_{i=1}^n MTBF_{A_{ij}} / n$$

- $MTBF$: 고장간 평균시간

- A_{ij} : A급 함형 i번째 함정의 j번째 부품

- $MTBF_{predicted A_{ij}}$: A급 함형 i번째 함정의 j번째 부품의 MTBF 예측값

$$* MTBF_{predicted A_{ij}} = 1 / \lambda_P$$

- $MTBF_{observe A_{ij}}$: A급 함형 i번째 함정의 j번째 부품의 MTBF 관측값

$$* MTBF_{observe A_{ij}} = OT_{A_i} / \lambda_{A_{ij}}$$

- $MTBF_{A_{ij}}$: A급 함형 i번째 함정의 j번째 부품의 운용 MTBF 산출값

- $MTBF_{A_j}$: A급 함형 j번째 부품의 MFBF 결정값

- OT_{A_i} : A급 i번째 함정의 운용시간

- $\lambda_{A_{ij}}$: A급 i번째 함정의 j번째 부품 고장건수

- λ_P : MIL-HDBK-217F N2에 의해 계산된 백만시간 기준 고장 발생률

위와 같은 과정을 통해 해성 유도무기 발사체계가 설치된 함형별 부품의 운용 MTBF 값을 산출하였다. 각 부품의 MTBF는 100만 시간 이내에서 큰 차이가 있으므로 Fig.7과 같이 MTBF 예측값 대비 운용값이 얼마인지를 비율 값으로 환산하여 나타내었다.

Table 6 Summary of Guided Missile Launcher Parts Operational MTBF Ratio Compared with Designed MTBF

품 명	장비 고장실적				운용 MTBF(h) 산출결과 및 목표값 대비 운용값 Ratio(%)							
	총계	A급합	B급합	C급합	목표 MTBF(h)	A급합 운용 MTBF(h)	A급합 운용 MTBF Ratio(%)	B급합 운용 MTBF(h)	B급합 운용 MTBF Ratio(%)	C급합 운용 MTBF(h)	C급합 운용 MTBF Ratio(%)	
전원공급기(PWR2)	6	1	1	2	78067.2	61338.0	78.6	71625.0	91.7	59130.0	75.7	
전원공급기(PWR3)	8	3	2	1	44443.3	32726.0	73.6	49791.0	112.0	39800.0	89.6	
회로카드조립체,시스템 제어용(SBC,A0)	21	4	0	2	107642.6	19953.0	18.5	78598.0	73.0	93275.0	86.7	
회로카드조립체,시스템 제어용(SBC,A1)	23	7	0	5	107642.6	11662.0	10.8	107642.6	100.0	37446.0	34.8	
감시기,컴퓨터용	5	0	0	1	19980.0	56360.0	282.1	49791.0	249.2	19730.0	98.7	
회로카드조립체,점검용(TST)	1	1	0	0	259201.2	183187.0	70.7	259201.2	100.0	259201.2	100.0	
회로카드조립체,입출력용(LLIO)	4	0	0	3	9865.0	25146.0	254.9	49791.0	504.7	12261.0	124.3	
회로카드조립체,입출력용(MCI)	3	3	0	0	22877.4	22659.0	99.0	49791.0	217.6	22877.4	100.0	
회로카드조립체,입출력용(MIO)	7	1	2	0	3552.5	25146.0	707.8	49791.0	1401.6	11722.0	330.0	
회로카드조립체,입출력용(SMIO)	1	0	1	0	6400.5	25146.0	392.9	49791.0	777.9	11722.0	183.1	
회로카드조립체,입출력용(SSIO)	2	1	0	0	18611.9	25146.0	135.1	49791.0	267.5	18611.0	100.0	
탄전원제어기	1	0	0	1	1906.2	25146.0	1319.1	49791.0	2612.0	11722.0	614.9	
전원공급기(PRU)	11	0	0	5	16494.5	25146.0	152.5	43822.0	265.7	12261.0	74.3	
회로카드조립체,제어용(PCU)	8	0	3	3	9945.8	25146.0	252.8	43252.0	434.9	10891.0	109.5	
전원공급기(PSP)	4	4	1	1	14333.1	17356.0	121.1	49791.0	347.4	11722.0	81.8	
회로카드조립체(MSL PWR)	8	0	5	1	9869.2	25146.0	254.8	36146.0	366.2	11722.0	118.8	
전원공급기(DSQB)	3	0	1	2	9265.4	25146.0	271.4	49791.0	537.4	12530.0	135.2	
스위치,누름식	15	1	0	0	444687.5	306840.0	69.0	444687.5	100.0	444687.5	100.0	
자료 입력용 트랙볼	11	0	3	0	10000000.0	10000000.0	100.0	39131.0	0.4	10000000.0	100.0	

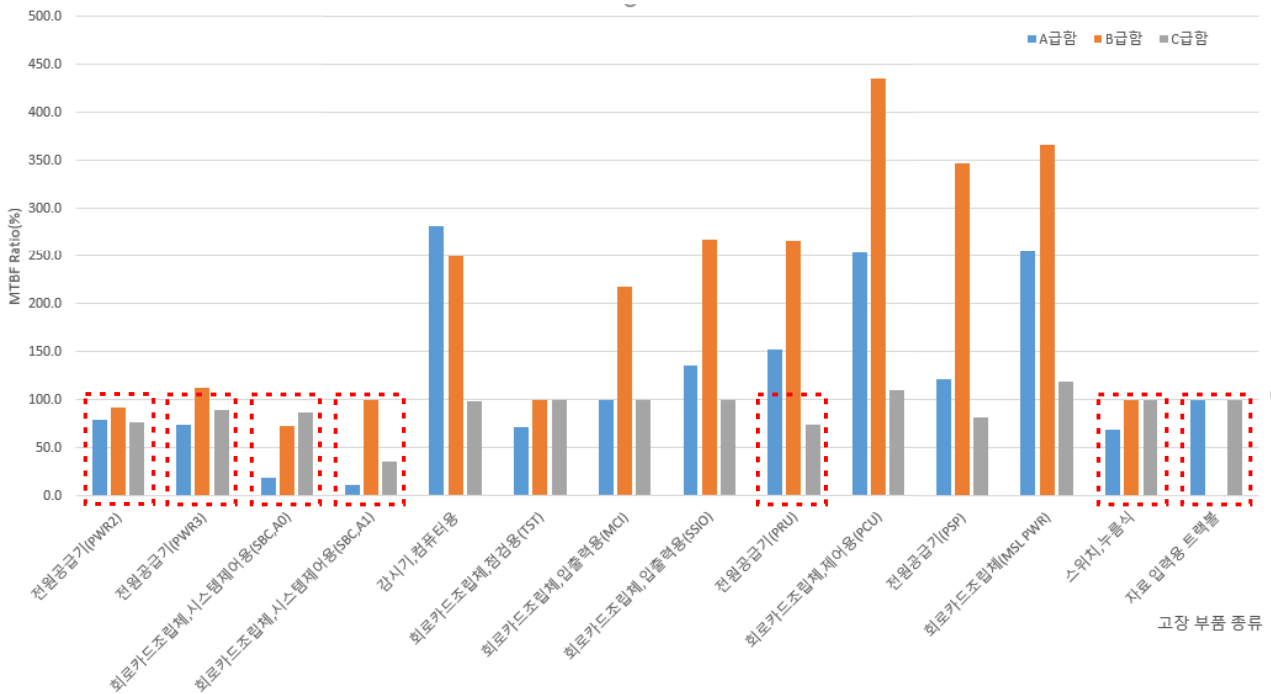


Fig. 7 Guided Missile Launcher Parts Operational MTBF Ratio Compared with Designed MTBF

MTBF의 목표값 대비 실제 운용값을 분석한 결과 고장은 발생하였으나 회로카드조립체(MCI, SSIO, PCU, MSL PWR), 감시기 컴퓨터용 등과 같이 목표 MTBF를 초과하여 운용한 부품을 식별할 수 있었다. 이에 반해 전원공급기(PWR2, PWR3, PRU), 회로카드조립체(SBC A0, SBC A1), 스위치 누름식, 자료입력용 트랙볼은 목표값 대비 운용값이 100% 미만으로 예상한 수명보다 부품이 더 일찍 고장 남을 확인 할 수 있다. Table 6을 통해 구체적으로 살펴보면 전원공급기(PWR2)는 A급 함형 61,338h(78.6%), B급 함형 71,625h(91.7%), C급 함형 59,130h (75.7%)로 3개 함형에서 모두 MTBF 운용값이 목표값 78,067h을 충족하지 못했다. 전원공급기(PWR3)는 A급 함형 32,726h (73.6%), B급 함형 49,791h(112%), C급 함형 39,800h (89.6%)로 3개 함형 중 B급 함형은 MTBF 운용값이 목표값 44,443h을 초과하였으나 A와 C급 함형은 이에 미달하였다. 회로카드조립체(SBC A0)는 A급 함형 19,953h(18.5%), B급 함형 78,598h(73%), C급 함형 93,275h(86.7%)로 3개 함형 모두 MTBF 운용값이 목표값 107,642h을 충족하지 못했다. 회로카드조립체(SBC A1)는 A급 함형 11,662h(10.8%), B급 함형 10,7642h(100%), C급 함형 37,446h(34.8%)로 A와 C급 함형에서 MTBF 운용값이 목표값 107,642h에 미달되었다. 전원공급기(PRU)는 A급 함형 25,146h (152%), B급 함형 43,822h(265%), C급 함형 12,261h (74.3%)로 C급 함형만 MTBF 목표값 16,494h을 충족하지 못했다. 누름식 스위치는 A급 함형에서만 306,840h (69%)로 MTBF 목표값 444,687h에 미달되었고, 자료입력용 트랙볼은 B급 함형에서 MTBF 운용값이 39,131(0.4%)로 목표값 10,000,000h에 크게 벗어났다.

위와 같은 분석결과 중에서 특히 A와 B급 함형의 회로카드조립체(SBC A0, A1)는 MTBF 목표값 대비 운용값이 20% 미만이다. 더군다나 상기 부품은 발사체계에서 상당히 중요한 제어용 카드로써, FMECA에서도 위험도가 2(임무기능 상실)인 고장항목으로 신속한 조치가 필요한 것으로 보인다. 물론, 시스템이 MTBF 목표값 보다 운용값이 낮은 이유는 시스템 설계상의 오류, 품질관리상의 문제, 운용자 오류, 가혹한 환경조건 등의 복합적인 요소에 의해서 발생할 가능성이 높다. 하지만 SBC A0와 A1 카드는 온도와 진동

환경이 비교적 안정적인 전투조종실 유도탄통체콘솔에 설치된 부품으로 운용자가 기계적 또는 물리적으로 다루는 부품이 아니므로 설계상의 오류와 품질관리 측면에서 원인분석이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 해군에서 주력으로 사용되는 해성 유도무기 발사체계의 실제 운용 신뢰도값을 산출한 후 개발 시 예측값과 비교분석하여 설계수명 대비 운용수명이 현저히 떨어지는 부품(SBC A0, A1 등)을 식별하였다. 이와 더불어 외부 기관이 해군 내 자료를 활용하여 신뢰도 분석 시 활용할 수 있는 야전운용자료 수집 프로세스를 정립하여 제시하였으며, 해군 내 전반에 분포된 무기체계 관련 기록물의 명칭 및 수집 가능한 자료의 내용, 특성 등도 함께 분석하여 제시하였다. 다만 본 연구는 장입 유도탄과 발사체계로 구성된 해성 유도무기체계 중 발사체계의 신뢰도만 분석한 자료이며, 장입 유도탄에 대한 신뢰도 분석은 추후 조기에 연구 및 분석하여 해군 전투함정의 전투력 유지에 기여할 수 있도록 하겠다.

후 기

본 연구는 해군사관학교 해양연구소 학술연구비를 지원받아 수행되었습니다.

References

- [1] DEPARTMENT OF DEFENSE WASHINGTON DC 20301, "Reliability Prediction of Electronic Equipment", MIL-HDBK-217F N2, 3-4 - C-4, 1990
- [2] Kim Sung Tae, "Maintenance Report", Department of Logistics & Repair in Navy, 2003~2017
- [3] Seo Sun Geun, "Reliability Engineering", KYOBO, pp. 43-45, 2015.