

유도탄의 신뢰도 예측 모델 개선에 관한 연구

서양우* 윤정환 김희욱 김정태

LIG넥스원 ILS연구소

A Study on the Improvement of Reliability Prediction Model for Guided Missile

Yang Woo Seo*, Jung Hwan Yoon, Hee Wook Kim, Jung Tae Kim

ILS R&D Lab, LIG Nex1

Abstract : Currently, Storage Reliability is analyzed when predicting the reliability of guided missile. However, Mission Reliability and Logistics Reliability should be analyzed according to the definition of reliability in MIL-STD-785B. Therefore, it is necessary to accurately predict the reliability of guided missile based on the definition of reliability. In this paper, we proposed improved the reliability procedure and model for guided missile based on which the definition of reliability considering the mission profile. The proposed model can calculate the final failure rate by applying the ratio of the dormant and storage according to the mission profile. The proposed model has been confirmed to be more accurate than the existing model compared to the actual failure rate value. The results of this study can be useful for applying the reliability prediction to any guided missile.

Key Words : Reliability Prediction Procedure, Reliability Prediction Model, One-shot system, Guided Missile

Received: March 6, 2020 / **Revised:** April 22, 2020 / **Accepted:** June 15, 2020

* 교신저자 : Yang Woo Seo, yangwoo.seo@lignex1.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

신뢰도 척도인 평균수명은 어느 시점이 도래하면 무조건 더 이상 쓸 수 없다는 개념이 아니다. 평균수명의 정의는 신뢰도 척도인 MTBF(Mean Time Between Failure) 및 MTTF(Mean Time To Failure)로 표현할 수 있는데, 수리가능여부에 따라서 수리해서 다시 쓰는 경우도 있고, 수리하지 않고 버릴 수도 있다는 개념이다. 민수에서는 평균수명이란 용어를 널리 사용하는 반면, 국방분야에서는 평균수명을 고장간 평균시간(MTBF)이란 신뢰도 척도를 사용한다. 왜냐하면, 대부분 무기체계는 수리 가능한 품목이기 때문에 고장간 평균시간(MTBF)를 산출하고 있기 때문이다. 한편, 함정의 선체나 항공기의 기체, 왕복엔진 같이 마모단계에서 완전분해수리가 요구되는 품목에 한하여 내구수명이라는 용어를 사용하고 있다. 민수에서는 수명을 언급할 때는 평균수명보다는 B_{10} 수명이라는 제10백분위수로 전체의 10%가 고장날 때까지의 시간으로 적용하고 있다[1].

운용형태종합 및 임무유형(OMS/MP: Operational Mode Summary & Mission Profile)을 고려한 신뢰도 분석을 수행한 기존 연구 사례를 살펴보면, Yun et al. (2011)은 무기체계 신뢰도 예측시 임무주기 개념이 반영된 217plus 모델 기반의 임무주기를 적용하여 분석을 수행하였고[2], Kim and Yun(2016)은 주기적 검사가 실시되는 원샷시스템 환경조건을 고려한 신뢰도를 산출하였으며[3], Um et al.(2016)은 유도탄 운용개념을 고려한 신뢰도 환경조건을 적용한 저장신뢰도 분석을 수행하였다[4]. 유도탄의 저장신뢰도 분석 및 방법론을 연구한 기존 연구 사례를 살펴보면, Rhee et al.(2011)는 마르티네즈 모델을 적용하여 유도탄 예방점검 주기 설정을 저장신뢰도 결과로 도출하였고[5], Lim et al.(2016)은 저장신뢰도 분석을 활용한 일회성 장비의 최적 점검주기 선정을 수행하였다[6]. Kim et al.(2013)은 원샷시스템의 신뢰도 예측시 이론적인 측면에서

일반화된 모델을 제시하였고[7], Choi and Huh (2016)는 일회성 장비의 신뢰도 분석 방법을 비모수적 방법과 모수적 방법을 제시하였다[8]. 기존의 유도탄 신뢰도분석 논문들은 유도탄의 저장신뢰도 분석 및 다양한 방법론을 통한 신뢰도분석을 수행하여 점검주기 설정 방법을 제시하였다. 하지만, 이러한 유도탄의 저장신뢰도 분석 및 최적 점검주기를 제시하기 전에 유도탄 신뢰도분석 방법을 개선할 필요가 있다. 왜냐하면, 유도탄의 특성이 저장상태가 대부분이라서 저장신뢰도 분석이라고 명명하여 신뢰도 척도를 산출하고 있는데, 신뢰도 척도 정의[9]에 의하면 임무신뢰도 및 군수신뢰도를 산출해야 한다. 또한, 유도탄의 운용환경을 고려하여 Storage 및 Dormant의 조건을 조합한 nonoperating 시간을 반영하여 분석을 수행해야 한다. 이에 따라, 유도탄의 신뢰도분석 방법을 재정의할 필요가 있으며, 저장신뢰도가 아닌 신뢰도 척도 정의에 기반한 군수신뢰도를 산출해야 한다.

본 논문에서는 유도탄 신뢰도 예측시 유도탄 운용개념을 고려한 군수신뢰도 산출을 위한 유도탄 신뢰도 예측 모델을 제시한다. 또한, 임무유형에 따른 비운용시간을 고려하여 고장률 모델을 기존 모델과 비교분석한다.

2. 본론

2.1 신뢰도 척도

신뢰도 개념을 사용하는 이유는 고장 예측의 불확실성에 근본을 두고 있다. 신뢰도는 확률적인 용어로 정의하기 때문에 확률적인 모수가 적용된다. 유도탄과 같은 one-shot system인 경우, n 개의 발사대에서 성공한 수이라면 이산분포를 활용한다. 하지만, 유도탄이 성공, 실패라는 발사와 관련없이 nonoperating 시간 위주일때는 연속분포를 활용할 수 있다. 이산확률변수는 주어진 시간 간격에서의 고장 수를 의미하고, 연속확률변수는 고장까지의 시간 즉, 장비의 고장간 평균시간으로 표현한다.

2.1.1 MTTF

MTTF는 수리불가능한 품목에 대한 신뢰도 척도이다. 즉, 수리불가능한 품목이 고장날 때까지의 평균 시간이다. MTTF 산출식은 식(1)과 같다.

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \tag{1}$$

2.1.2 Mean Life(θ)

평균수명(Mean Life)은 모집단 안에서 전체 품목수 분의 i번째까지 품목의 고장 시간을 더한 형태로 표현된다. 평균수명 산출식은 식(2)와 같다.

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \tag{2}$$

where, t_i = time to failure of the i^{th} item in the population

n = total number of items in the population

2.1.3 MTBF

MTBF는 고장간 평균시간으로 전체 운용시간/전체 고장수로 표현된다. MTBF는 수리가능한 품목에 대한 신뢰도 척도이다. MTBF 산출식은 식(3)과 같다.

$$MTBF = \frac{T(t)}{r} \tag{3}$$

where, $T(t)$ = total operating time

r = number of failures

신뢰도 함수로 표현하면 식(4)와 같다.

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-t/\theta} = e^{-t/MTBF} \tag{4}$$

식(4)와 같은 경우에 고장률과 MTBF의 관계를

표현하면 식(5)와 같다.

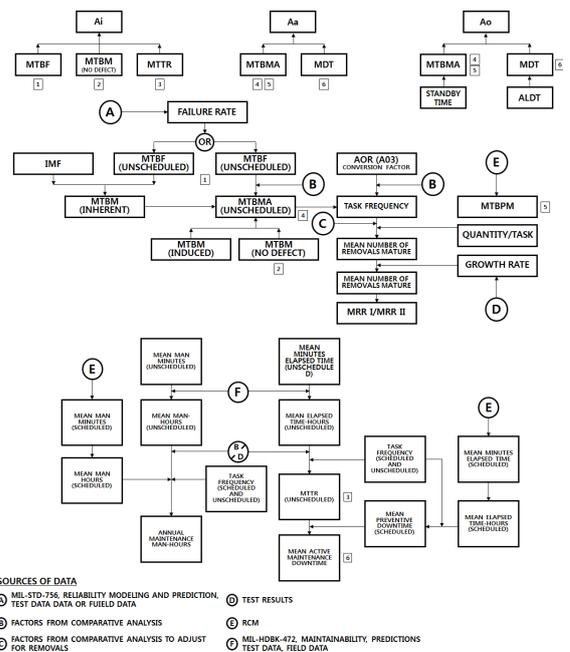
$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \tag{5}$$

2.2 신뢰도 예측의 필요성

MIL HDBK 217F 규격은 전자장비 및 시스템의 고유가용도(Ai: inherent reliability)를 예측하기 위한 방법론이다. 신뢰도 척도 MTBF를 예측한다고 하면, 고유신뢰도의 값을 예측하는 것을 목적으로 한다. MTBF를 정비도 및 가용도간의 관계는 식(6)의 형태로 표현되어지는데, 고유가용도는 이상적인 지원 환경에서 예방정비업무 없이 규정된 조건하에서 가동될 확률을 의미한다.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \tag{6}$$

그림 1은 군수지원분석의 신뢰도 및 정비도 파라미터 관계를 제시하고 있다[10]. 고장률 모델에 적용하여 고장률을 산출한 후에 신뢰도 척도인 MTBF로 변환한다. MTBF는 비계획 정비와 관련된 척도



[Figure 1] LSAR R&M parameter relationships[10]

로써 비계획 정비와 관련한 업무 빈도, 공구, 수리 부속품, 정비요원, 지원장비 등에 대한 소요를 분석하는 업무를 수행하게 된다. 신뢰도 예측 업무를 통해서 고장발생빈도를 활용하여 이후 관련된 정비도 분석 뿐만 아니라 군수지원분석 업무를 수행한다.

종합군수지원은 운용 및 정비소요의 요구사항 기반으로 군수지원을 보장해 주는 제반 군수지원요소를 종합적으로 개발해야 한다. 신뢰도 예측 업무를 수행하여 고장이 발생하는 시점을 예측한 후 고장 빈도에 따라 정비를 수행하며, 이 때 필요한 군수지원 요소(정비계획, 표준화 및 호환성, 지원장비, 보급지원, 군수인력 운용, 군수지원 교육, 포장/취급/저장/수송 및 정비/보급 시설 등)를 식별한다. 즉, 신뢰도 예측 값을 기반으로 군수지원요소 분석 결과가 도출되어지기 때문에 기존 신뢰도 예측 모델의 정확도를 높이는 방법을 강구할 필요가 있다.

2.3 유도탄 개념

유도탄은 일회성 장비로 한번 사용되면 교체되는 원샷시스템이다. 탄약체계는 운용형태나 설계 관점에 의해 표 1과 같이 일반탄약과 특수탄약으로 구분한다[11]. 일반 탄약은 배치 후 사격 등 사용될

때까지 탄약고에 장기간 저장되어 검사나 수리 업무가 수행되지 않으므로 MTTF 신뢰도 척도를 산출한다.

반면에, 특수탄약은 정기검사 또는 운용을 통해 발생하는 정비업무를 수행함으로 신뢰도척도 MTBF를 산출한다. 현재 적용하고 있는 유도탄은 보증탄 및 정비탄으로 적용하고 있다. 보증탄은 정비정책을 가지고서 신뢰도 〇〇%를 유지하기 위해서 점검주기에 따른 〇〇%의 샘플링/전수검사하는 방법이다. 현재 보증탄 개념은 야전에서 전수검사만 이루어지고 고장난 품목에 대해서 창에서 수리하는 개념과 창에서 샘플링검사 후 고장난 품목에 대해서 창에서 수리하는 개념이다. 즉, 점검하는 계단은 다르더라도 결국은 고장이 나는 품목에 대해서 수리(교체)하는 업무는 무조건 발생하게 된다. 정비탄은 야전에서 점검주기에 따라 점검하여 고장발생시 야전에서 수리하게 된다. 따라서, 보증탄과 정비탄은 정비계단과 정비정책으로 인한 정비업무 범위를 구분해 놓은 것으로써 결국은 수리가능한 품목이 발생하여 정비행위가 수행된다. 따라서, 유도탄은 수리가능한 품목이기 때문에 신뢰성 척도 MTBF를 산출하여 유도탄 평균수명을 예측해야 한다. MTBF는 비계획업무를 의미하기 때문에 계획업무인 예방정비업무(주기교환품목, 시한성품목 등)를 제외한다. 유도탄 신뢰도 예측이라 함은 보수정비(corrective maintenance)와 관련이 있으며, 수리가능한 시스템에서 비계획적으로 일어나는 고장간 평균시간인 신뢰도 척도 MTBF를 산출한다. 또한, 유도탄 고장률 산출시 전자품목 위주로 고장률이 산출되기 때문에 육조곡선의 내용수명(useful life) 기간의 분포를 적용한다.

2.4 임무 유형을 고려한 유도탄 신뢰도 예측

임무 유형(MP: Mission Profile)은 여러 전투상황에서 체계가 수행해야 할 임무, 사격발수, 주행거리, 통신시간 등 운용임무 형태별 필수 임무 기능 및 양을 나타낸다[12]. 예를 들어, 항공기의 임무 유형은 격납고 저장, 이륙, 고도 상승, 기지 복귀의

<Table 1> Ammunition Classification[11]

Classification	Description	Examples
Normal Ammunition	<ul style="list-style-type: none"> · Ammunition without electronic function. · Ammunition limited of electronic function check, replacement, and repair. 	<ul style="list-style-type: none"> · Conventional ammunitions for small caliber weapon, mortal, artillery, etc. · Fuses in general ammunitions, scatterable mines, etc.
Special Ammunition	<ul style="list-style-type: none"> · Ammunition that can be electronically functional checked, replaceable, and repairable. 	<ul style="list-style-type: none"> · Missile, Smart ammunition, Precision guided ammunition, etc.

임무를 설계할 수 있다. 신뢰도 예측 시 각 임무 단계별로 환경조건, 온도, 운용시간 등이 상이하게 설정되어진다. 이에 따라, 상이한 고려사항들을 각각 적용하여 신뢰도 예측을 수행해야 한다. 유도탄의 신뢰도 예측시 운용시간(operating time) 및 비운용시간(nonoperating time)을 고려한다. 운용시간과 비운용시간의 비율을 조합하여 임무 주기 개념을 적용한 식(7)을 제시하고 있다[13]. 임무주기(duty cycle)는 전체 시간에 대한 운용시간의 비율이다. 첫째, 비운용시간을 무시할 때에는 식(8)과 같다. 둘째, 비운용시간을 무시하지 않을 때는 식(9)와 같다.

$$P_s = P(\text{operating}) \times P(\text{nonoperating}) \quad (7)$$

$$P_s = e^{-\lambda t d} \quad (8)$$

$$P_s = e^{-[\lambda_1 t d + \lambda_2 t (1-d)]} \quad (9)$$

where, P_s = the probability of survival

λ_1 = failure rate during operation

λ_2 = failure rate during nonoperation

d = duty cycle

식(9)를 고장률 기반으로 정리하면, 다음 식 (10)과 같다.

$$\lambda_{\text{system-original}} = \lambda_{\text{operating}} \cdot d + \lambda_{\text{nonoperating}} \cdot (1-d) \quad (10)$$

where, $\lambda_{\text{operating}}$ = failure rate during operation

$\lambda_{\text{nonoperating}}$ = failure rate during non-operation

d = duty cycle

비운용시간은 Dormant 및 Storage로 구분한다. Dormant는 장비가 정상 작동 형상으로 연결되어 있으면서 작동하지 않는 상태이며, Storage는 장비

가 완전히 비활성화되어 저장영역에 있는 상태이다 [14]. 즉, 비운용시간동안 고장률을 무시해서는 안 될 경우에는 신뢰도 산출시 고려해야 한다는 의미이며, 실제 유도탄에서는 수송, 적하역, 경계 및 저장대기 관련 임무 비중을 많이 차지하기 때문에 비운용시간을 반드시 반영해야 한다. 유도탄의 신뢰도 예측은 비운용시간을 적용하여 신뢰도 예측을 수행해야 하며, 이 때 현재 적용하는 규격으로는 RADC TR 85 91 및 LC 82 1/2가 있다.

미국은 1960년대 초에 dormant operating 및 storage conditions의 연구가 집중적으로 수행되었다. storage mode는 장치가 시스템에 연결되어 있지 않고, 보존을 위한 패키징 및 다소 양호한 환경으로 정의한다. dormant operation은 장치가 정상 작동 형상으로 시스템에 연결되어 있으며, 임무(발사)를 수행하기 전까지 5년 이상 장기간 동안의 정상 작동 상태 이하의 환경 또는 주기적인 전기적 스트레스를 받는 환경으로 정의하고 있다[15].

LC 82 1/2 는 미육군 미사일 R&D 사령부에서 제시한 것으로 nonoperating reliability를 storage에 한정하여 고장률 모델 및 고장률 데이터를 제시하고 있다[16][17].

RADC TR 85 91은 미공군 시스템 사령부에서 제시한 것으로 nonoperating reliability를 dormant 환경조건을 기반으로 고장률 모델을 제시하고 있다 [18]. dormant인 경우 운용환경은 수송, 취급, 경계시간, 운용준비상태시간 등이며, storage인 경우 운용환경은 저장으로 구분한다.

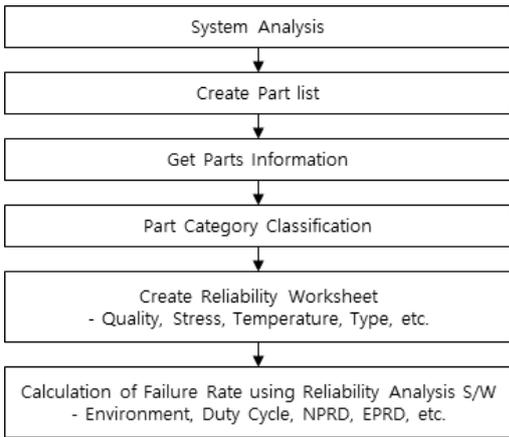
과거에는 dormant 조건에 대한 신뢰도 예측을 운용고장률 대비 10% 또는 0%로 분석하는 방법으로 진행하였다.

그림 2는 dormant 품목의 신뢰도 예측에 대한 dormant conversion factors를 제시하고 있다[19]. 이 변환계수는 좀 더 현실적인 예측 값으로 개선하기 위해 MIL HDBK 217F 및 RADC TR 85 91의 알고리즘을 활용하여 산출된 계수이다. 현재 유도탄 신뢰도 예측시 dormant conversion에 활용되고 있다.

그림 3은 신뢰도 예측시 실제 수행하는 업무기준

Part Types	Ground Active To Ground Passive	Airborne Active To Airborne Passive	Airborne Active To Ground Passive	Naval Active To Naval Passive	Naval Active To Ground Passive	Space Active To Space Passive	Space Active To Ground Passive
Integrated Circuits	0.08	0.06	0.04	0.06	0.05	0.10	0.30
Diodes	0.04	0.05	0.01	0.04	0.03	0.20	0.80
Transistors	0.05	0.06	0.02	0.05	0.03	0.20	1.00
Capacitors	0.10	0.10	0.03	0.10	0.04	0.20	0.40
Resistors	0.20	0.06	0.03	0.10	0.06	0.50	1.00
Switches	0.40	0.20	0.10	0.40	0.20	0.80	1.00
Relays	0.20	0.20	0.04	0.30	0.08	0.40	0.90
Connectors	0.005	0.005	0.003	0.008	0.003	0.02	0.03
Circuit Boards	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01	0.08	0.20
Transformers	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.50	1.00

[Figure 2] Dormant Conversion Factors[19]



[Figure 3] Procedure for Performing Reliability Analysis

으로 수행절차를 제시하였다. 신뢰도분석 수행시 시스템분석, 부품목록작성, 데이터시트 등 부품정보입수, 부품 카테고리 분류한다. 부품별 입력항목 즉, 신뢰도작업지 작성시에는 품질, 스트레스 값, 온도, 부품별 고유 값(용량, 형태 등) 등을 작성한다. 신뢰도 작업지를 작성한 후 신뢰도분석 S/W를 활용하여 최종 목표인 고장률을 산출하는데, 이 때 시스템 레벨에서 환경, 임무주기를 입력하고 추가로 NPRD/EPRD 활용하여 고장률을 산출한다.

특히, 유도탄은 nonoperating을 고려하여 신뢰도 예측이 수행되기 때문에 신뢰도 분석 S/W의 임무주기를 고려하여 신뢰도분석을 수행해야 한다. 그림 4는 Windchill Quality Solutions S/W 입력화면으로 임무주기 항목이 S/W에 반영되어 있음을 확인할 수 있다.

2.5 유도탄 신뢰도 예측 절차 및 모델 제시

그림 6은 유도탄의 임무신뢰도 및 군수신뢰도를



[Figure 4] Duty Cycle (Windchill Quality Solutions S/W)

산출을 위한 신뢰도 예측 방법론을 제시한다.

- 1) 유도탄의 운용환경 분석은 유도탄의 운용형태 및 임무 유형을 분석하는 과정이다. 이 때, 시스템의 유형, 지원개념, 운용개념에 근간하여 선정한다.
- 2) 신뢰도는 임무신뢰도(Mission Reliability) 및 군수신뢰도(Logistics Reliability)로 구분하여 분류한다.
- 3) 임무신뢰도는 임무와 관련된 신뢰도이며, MIL HDBK 217F 등 규격의 고장률 모델을 적용하여 신뢰도 척도인 MTBCF(Mean Time Between Critical Failure)를 산출한다.
- 4) 군수신뢰도는 유도탄의 운용개념에 따라 Dormant Reliability 및 Storage Reliability로 구분한다. 운용개념이 운용탄인 경우에는 Dormant Reliability로 설정하고, 운용개념이 저장탄인 경우에는 Storage Reliability로 설정한다. 운용개념이 운용하다가 저장되는 주기를 혼용할 경우에는 Dormant 및 Storage Reliability 비율을 조합하여 적용한다.
- 5) Dormant Reliability는 유도탄이 정상 작동형상으로 연결되어 있지만, 작동하지 않는 상태로 정의한다. 유도탄의 운용개념은 품목이 기능을 구현할 수 있지만, 기능이 필요하지 않은 상태라고 정의하며, 즉 대부분 전원이 인가되지 않은 상태로 캐니스터 안에서 저장된 상태로 발사준비되고 있는 상태이다. 즉, 간헐적으로 전원이 인가되어 운용되는 형태이

다. 따라서, RADC 85 91 규격에 π_{cyc} 이라는 장비 전원 on-off 주기 항목을 적용한다. Dormant Reliability는 RADC 85 91 규격을 준용하여 고장률을 산출한다.

6) Storage Reliability는 유도탄이 완전히 비활성화되어 저장영역에 상주하는 상태로 정의한다. 따라서, LC 82 1/2 규격에 Storage에 한정된 고장률 모델에 적용한다. Storage Reliability는 LC 82 1/2 규격을 준용하여 고장률을 산출한다.

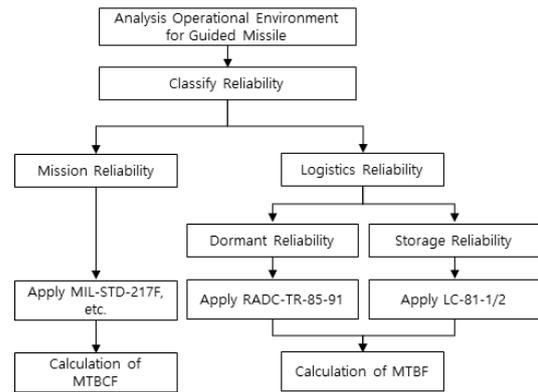
7) 5, 6항에서 산출된 유도탄의 Dormant Reliability, Storage Reliability 및 운용고장률을 임무 유형에 따라 비율을 적용하여 최종 고장률을 산출한다.

따라서, 그림 5의 유도탄 신뢰도 예측 절차를 기반으로 기존 유도탄 신뢰도 예측 모델 식(10)에서 개선된 유도탄 신뢰도 예측 모델 식(11)과 같이 제시한다.

$$\lambda_{system} = \lambda_{operating} \cdot d + [\lambda_{dormant} \cdot n + \lambda_{storage} \cdot (1-n)] \cdot (1-d) \quad (11)$$

where, $\lambda_{operating}$ = failure rate during operation
 $\lambda_{dormant}$ = failure rate during dormant
 $\lambda_{storage}$ = failure rate during storage
 d = duty cycle
 n = dormant time ratio

2.6 기존 및 제안한 신뢰도 모델 예측결과 비교
 본 항에서는 기존 및 제안한 신뢰도 예측 모델을 실제 데이터와 비교분석을 수행하였다. 기존 신뢰도 예측 모델에 적용하여 고장률을 유도하면 식(12)와 같다.



[Figure 5] Reliability Prediction Procedure of a One-shot System

$$\begin{aligned} \lambda_{system - original} &= \lambda_{operating} \cdot d + \lambda_{nonoperating} \cdot (1-d) \\ &= 92.8582 \cdot 0.0001 + 23.75309 \cdot 0.9999 \\ &= 23.76 \end{aligned} \quad (12)$$

제안한 신뢰도 예측 모델에 적용하여 고장률을 유도하면 식(13)과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda_{system} &= \lambda_{operating} \cdot d + \lambda_{nonoperating} \cdot (1-d) \\ &= \lambda_{operating} \cdot d \\ &\quad + [\lambda_{dormant} \cdot n + \lambda_{storage} \cdot (1-n)] \cdot (1-d) \\ &= 92.8582 \cdot 0.0001 \\ &\quad + [23.766 \cdot 0.67 + 4.4932 \cdot (1-0.67)] \cdot 0.9999 \\ &= 0.00928582 + [15.92322 + 1.482756] \cdot 0.9999 \\ &= 17.41352 \end{aligned} \quad (13)$$

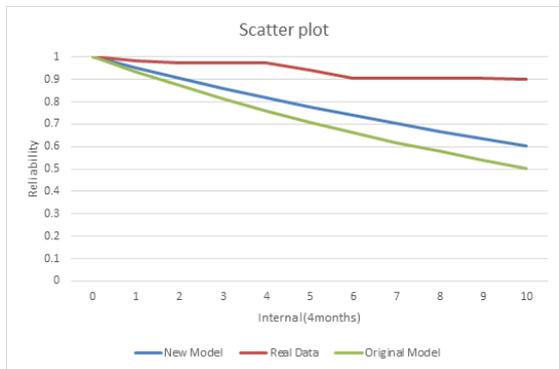
각 신뢰도 예측 모델의 신뢰도 예측결과를 1구간을 4개월로 구분하여 신뢰도 함수 $R(t)$ 를 산출하면 표 2와 같다.

그림 6은 기존 및 제안한 신뢰도 예측 모델을 실제 데이터의 신뢰도와 비교한 결과이다. $R(t)$ _실측 데이터는 각 구간별 고장 수를 누적하여 총 수량 대비 작동 가능한 비율로 신뢰도 값을 산출하였다.

필드 고장 데이터와 신뢰도 예측 모델별 예측 신

<Table 2> Comparison of Reliability Prediction Result

Interval (4 months)	R(t)_New Model	R(t)_Original Model	R(t)_Real Data
1	0.951	0.934	0.983
2	0.905	0.872	0.975
3	0.860	0.814	0.975
4	0.818	0.761	0.975
5	0.778	0.710	0.941
6	0.740	0.663	0.908
7	0.704	0.619	0.908
8	0.670	0.578	0.908
9	0.637	0.540	0.908
10	0.606	0.504	0.899



[Figure 6] Comparison of Original and New Model

뢰도의 차이가 시간이 지남에 따라 커지는 것을 알 수 있다. 이는 6~10 구간까지 필드데이터 고장이 발생하지 않아서 시간에 따라 신뢰도가 저하되지 않았기 때문이다. 특히, 유도탄은 비운용상태로 보관 또는 운용되기 때문에 고장률이 낮을 수 밖에 없는 시스템이며, 추후 필드데이터가 많이 확보되면 개선된 신뢰도 예측 모델에 근접하는 그래프로 형성될 것으로 판단된다. 제안한 모델은 유도탄의 임무 유형을 근간으로 세분화하여 적용하였기 때문에 실제 데이터의 고장률 값 대비 기존 모델보다 정확도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 체계개발단계에서 실제 신뢰성시험을 통해 필드데이터 분석 값을 활용할 수 없다면, 기존 유도탄 신뢰도 예측 모델보다 개선된 유도탄 예측 모델을 활용하여 좀 더 정확한 신뢰도 예측을 하는 것이 효율적이라고 판단된다.

3. 결 론

유도탄의 신뢰도 예측은 유도탄(시스템) 수준에서 수리불가한 품목이 아니라 수리가능한 품목이기 때문에 신뢰도 척도인 MTBF를 산출한다. 또한, 신뢰도 예측시 운용개념을 고려하여 운용시간 대비 비운용시간을 반드시 적용해야 한다. 비운용시간을 고려시 전원인가, 수송, 취급 개념을 적용한 dormant 조건은 RADC TR 85 91규격을 준용해야 하며, storage 조건에서는 LC 82 1/2 규격을 적용해야 한다. 이에 따라, 본 논문에서는 유도탄의 신뢰도 예측 절차를 제시하였고, 이를 기반으로 유도탄 임무 유형을 고려한 신뢰도 예측 모델을 제시하였다. 제시한 모델은 실제 필드데이터 고장률 값 대비 기존 모델보다 정확도가 향상됨을 확인하였다. 본 연구의 결과인 유도탄 신뢰도 예측 모델은 어떤 유도탄에 대해서든 신뢰도 예측시 적용 가능하다.

하지만, 유도탄이 배치된 후 운용유지단계에서 실제 필드데이터 분석을 통한 신뢰도 예측이 훨씬 더 정확할 수 밖에 없다. 이에 향후에는 유도탄의 체계개발 단계에서의 신뢰도 예측 모델에서 확장하여 전력화 배치 이후의 필드데이터 모델의 확장성도 고려해야 할 필요가 있다.

References

1. ISO 281, Bearing Life Standard, Tribology & Lubrication Technology, p. 2, 2010.
2. Yun, H. S., Jeong, D. U., Lee, E. H., Kang, T. W., Lee, S. H., and Hur, M. O., Methodologies of Duty Application in Weapon System Reliability Prediction, Journal of the Reliability Society, Vol. 11, No. 4, pp. 433-445, 2011.
3. Kim, H. W., Yun, W. Y., Reliability Analysis for One-Shot Systems with Periodic Inspection, Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 42, No. 1, pp. 20-29, 2016.

4. Um, C. S., Lee, D. K., and Rhee. J. M., The Storage Reliability Analysis Using Environmental Conditions and Operational Concept of Guided Missile, The Korean Reliability Society, pp. 232–237, 2016.
5. Rhee, J. M., Kwon, K. S., and Lee. H. P., The Study on Estimating Preventive Maintenance period and Life cycle of Missile system, Korean Institute of Industrial Engineers, pp. 1172–1176, 2011.
6. Lim, S. J., Lee, S. R., and Kim. K. R., A Study on Optimal Check Cycle of One-shot System Using Storage Reliability Analysis, Korean Institute of Industrial Engineers, pp. 2313–2323, 2016.
7. Kim, D. K., Kang, W. S., and Kang, S. J., A Study on the Storage Reliability Determination Model for One-shot System, Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, Vol. 38, No. 1, pp. 1–13, 2013.
8. Choi, J. R., and Huh, J. W., A Study on Storage Reliability Analysis for One Shot Device, The Korean Reliability Society, pp. 170–176, 2016.
9. MIL STD 785B, Reliability Program for System & Equipment Development & Production, Department of Defense, Task 201: Reliability Modeling, p. 3, 1980.
10. MIL STD 1388 2B, DOD Requirement for a Logistic Support Analysis Record, pp. 4–5, 1996.
11. Ammunition Integrated Logistics Support development guidebook, The Republic of Korea Army, chapter3: Ammunition Reliability, Availability Maintainability and Logistic Support Analysis, pp. 2–3, 2017.
12. ILS(Integrated Logistics Support) development guidebook, Defense Acquisition Program Administration, p. 450, 2015.
13. MIL STD 756B, Reliability Modeling & Prediction, Department of Defense, Task 102: Mission Reliability Model, p. 5, 1981.
14. Judy, P., Michael, P., Long term nonoperating reliability of electronic products, CRC Press, pp. 1–2, 2018.
15. RADC TR 67 307, Dormant operating & storage effects on electronic& part reliability, National Technical Information Service U. S. Department of Commerce, p. 1, 1967.
16. LC 82 1, Storage Reliability Prediction Handbook for parts count prediction, U.S. Army Missile Research and Development Command, 1982.
17. LC 82 2, Storage Reliability Analysis Summary report, U.S. Army Missile Research and Development Command, 1982.
18. RADC TR 85 91, Impact of non operating periods on equipment reliability, 1985.
19. System Reliability Toolkit, A Practical Guide for Understanding & Implementing a Program for System Reliability, Reliability Information Analysis Center, p. 463, 2005.