



Received: 2023/10/19  
Revised: 2023/10/30  
Accepted: 2023/11/23  
Published: 2023/12/31

**\*Corresponding Author:**

**Yangwoo Seo**

PGM Integrated Product Support R&D Lab,  
LIG Nex1, 255, Pangyo-ro, Bundang-gu,  
Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea  
Tel: +82-31-326-9255  
Fax: +82-31-326-9001  
E-mail: yangwoo.seo2@lignex1.com

**Abstract**

신뢰도 예측은 통합체계지원 수행에 있어서 가장 근간이 되는 업무이며, 장비 운용유지 측면에서 매우 중요한 척도로 관리해야 한다. 본 논문은 상용 컴퓨터에 대한 군수분야에서의 신뢰도 예측을 수행하였다. 신뢰도 예측 절차에 따라 Windchill SW를 활용하여 고장률을 산출한 결과는 81.333194 횡수/10<sup>6</sup>시간이었다. 고장률 값을 활용하여 MTBF 변환 시 MTBF는 12,295시간으로 산출되었다. 추가로 운용 환경 및 운용 시간에 따른 영향성 분석을 수행하였다. 장비 운용 시 장비의 운용 환경 및 운용 시간이 다르기 때문에 같은 장비를 운용하더라도 MTBF가 다르게 산출됨을 확인할 수 있었다.

Reliability prediction is the most basic task in performing integrated product support, and should be managed as a very important measure in terms of operating and maintaining. This paper conducted a reliability prediction in the military field for a commercial computer. As a result of calculating the failure rate using Windchill SW according to the reliability prediction procedure, it was 81.333194 failures/hours. In this case, MTBF was calculated at 12,295 hours during MTBF conversion using the failure rate. In addition, an impact analysis according to the operating environment and operating time was performed. Since the operating environment and operating time of the equipment are different when operating the equipment, it was confirmed that the MTBF was calculated differently even if the same equipment was operated.

**Keywords**

신뢰도(Reliability), 신뢰도 예측(Reliability Prediction), 군수신뢰도(Basic Reliability), 임무신뢰도(Mission Reliability), 고장 간 평균시간(Mean Time Between Failure), 임무 고장 간 평균시간(Mean Time Between Critical Failure)

# 군수 분야에서의 상용 컴퓨터 신뢰도 예측 적용 방안

## Study on the Application of Reliability Prediction for a Commercial Computer in the Defense Sector

서양우<sup>1\*</sup>, 성형민<sup>2</sup>, 우민규<sup>2</sup>, 지혜진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LIG넥스원 PGM IPS연구소 수석연구원

<sup>2</sup>LIG넥스원 PGM IPS연구소 연구원

Yangwoo Seo<sup>1\*</sup>, Hyeongmin Seong<sup>2</sup>, Mingyu Woo<sup>2</sup>, Hyejin Ji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chief research engineer, PGM Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1

<sup>2</sup>Research engineer, PGM Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1

### 1. 서론

신뢰도는 품목이 규정된 기간 동안 주어진 조건에서 요구된 기능을 수행할 수 있는 확률이다[1]. 미 국방부는 신뢰도 프로그램상에 신뢰도 예측 업무를 수행하도록 규정하고 있다. 신뢰도 예측의 목적은 제안한 설계에 대하여 신뢰도 요구사항을 달성할 수 있는지를 결정하는 것이다[2].

신뢰도는 군수신뢰도 및 임무신뢰도로 구분된다[3-5]. 신뢰도 예측은 신뢰도 예측 모델을 활용하여 시스템에 대한 고장률을 산출한다. 고장률 값을 활용하여 군수 신뢰도 척도인 고장 간 평균시간(MTBF: mean time between failure) 및 임무 신뢰도 척도인 임무 고장 간 평균시간(MTBCF: mean time between critical failure)을 산출할 수 있다. 따라서, 신뢰도는 미래 시점에서의 장비 운용 충족 여부를 파악하는 현재 시점에서 정량화하는 방법론인 것이다.

신뢰도 예측 시 주요 고려 사항으로서 운용 환경 및 운용 시간이 반영된 예측이 수행되어야 한다. 이때 운용 시간을 임무 주기(duty cycle)라고 하며, 전체 시간 대비 운용 시간의 비율을 의미한다[6]. 따라서, 고장률 산출 시 운용 시간 설정 비율에 따라 장비의 고장률은 다르게 산출되기 때문에 임무 주기를 명확히 설정하여 신뢰도를 예측해야 한다.

이에 따라, 본 논문은 상용 컴퓨터에 대한 국방 분야에서의 신뢰도 예측 적용 방안을 제시한다. 또한, 운용 환경 및 운용 시간에 따른 영

향성 분석 결과를 제시한다.

## 2. 고장률 산출

### 2.1 고장률 모델

MIL HDBK 217F에 제시된 diodes, low frequency의 고장률 모델은 식 (1)과 같다[7].  $\lambda_p$ 는 diodes, low frequency의 운용 고장률이며, 적용되는 단위는 횟수/ $10^6$ 시간이다. 부품은 microcircuits, resistors, capacitors, semiconductors, inductive devices, relays, switches, connectors 등으로 구분된다. 고장률 산출시 시스템이 수리 가능하면서 일정한 고장률을 갖는 조건인 지수분포이면, 고장률과 MTBF는 역수 관계를 가진다[8].

$$\lambda_p = \lambda_b \times \pi_T \times \pi_S \times \pi_C \times \pi_Q \times \pi_E \quad (1)$$

여기서,  $\lambda_b$  = 기본 고장률,

$\pi_T$  = 온도 인자,

$\pi_S$  = 전기 스트레스 인자,

$\pi_C$  = 접점 제조 인자,

$\pi_Q$  = 품질 인자,

$\pi_E$  = 환경 인자.

### 2.2 신뢰도 예측 절차

신뢰도 예측은 아래 순서를 준수하여 진행 가능하다. 신뢰도 예측에는 다양한 틀을 적용할 수 있지만, 본 논문에서는 군수분야에 가장 많이 활용되는 Windchill SW를 적용하여 신뢰도 예측을 수행한다.

- (1) 신뢰도 분석 대상 품목 선정
- (2) 신뢰도 기초자료 수집
- (3) 신뢰도 분석 기준 설정
- (4) Windchill SW 실행
  - (가) 프로젝트 생성
  - (나) Calculation data 입력
  - (다) General data 입력
  - (라) Prediction data 입력
  - (마) 고장률 산출

## 3. 상용 컴퓨터의 신뢰도 예측

### 3.1 신뢰도 분석 대상 품목 선정

신뢰도 예측을 수행하기 위해서는 도면이 필수로 확보되어야 한다. 도면 분석을 통해 신뢰도 예측을 수행할 대상을 부품까지 설정하였다. 이에 따라 상용 컴퓨터의 신뢰도 분석 대상 품목은 Table 1과 같이 system 레벨 1개, assembly 2개, part 41개로 선정하였다.

**Table 1.** Selection of items to reliability prediction for a commercial computer

No.	Level	Item	Part Number
1	System	Computer	Desktop
2	Part	RAM	DDR4 8GB PC4-25600
3	Part	Graphics Card	GeForce GT730 D3 4GB
4	Part	Solid State Drive	S700 Series 500GB TLC
⋮	⋮	⋮	⋮
9	Assembly	Case	Carbide Series 100R Window Edition
⋮	⋮	⋮	⋮
13	Assembly	Motherboard	MTD6508
14	Part	IC	SN74LVC1G04DCKR
15	Part	Capacitor	GRM2165C1H331JA01D
16	Part	Connector	B5740-220-FC2
17	Part	Resistor	RC1005F22R0
⋮	⋮	⋮	⋮
43	Part	Diode	B2100AF-13
44	Part	Switch	TL3301NF260QG-TR

### 3.2 신뢰도 기초자료 수집

신뢰도 기초자료 수집은 부품정보 목록을 정리한 후 부품별 data sheet를 확보하는 활동이다. 컴퓨터의 최상위 도면부터 신뢰도 예측이 필요한 하위 도면 부품 목록까지 확보하였다. 특히, 품목별 part number의 정확성을 검증하여 각각에 대한 data sheet를 획득하였다. 이는 부품 신뢰도를 예측할 때 part number에 따른 data sheet에서 제공되는 신뢰도 기초정보를 입력해야 하기 때문이다.

### 3.3 신뢰도 분석 기준 설정

신뢰도 분석 대상에 따른 운용 환경 및 운용 온도 기준은 Table 2와 같이 설정하였다. 전자부품은 MIL HDBK 217F 및 EPRD 2014를 적용하였고, 기계부품은 NPRD 2016을 적용하였다. 또한, 임무주기는 1년 기준으로 8,760시간으로 설정하였다.

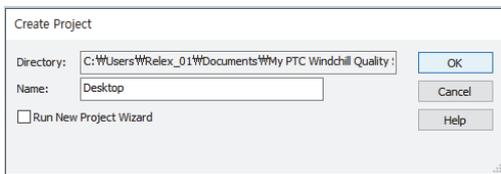
**Table 2.** Setting to criteria of reliability prediction

ITEM	Operating Temperature	Operating Environment
A commercial computer	25 °C	G <sub>B</sub>

### 3.4 Windchill SW 실행

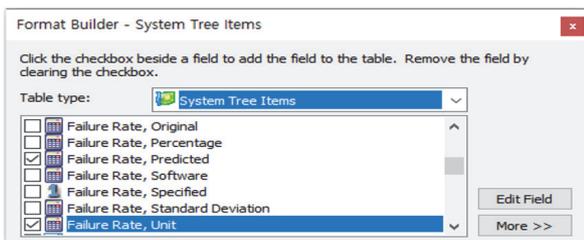
#### 3.4.1 프로젝트 생성

File 메뉴에서 ‘New’의 ‘Project’를 선택한다. ‘Name’에 ‘Desktop’을 입력하여 Fig. 1과 같이 새로운 프로젝트 파일을 생성하였다.



**Fig. 1.** Create project

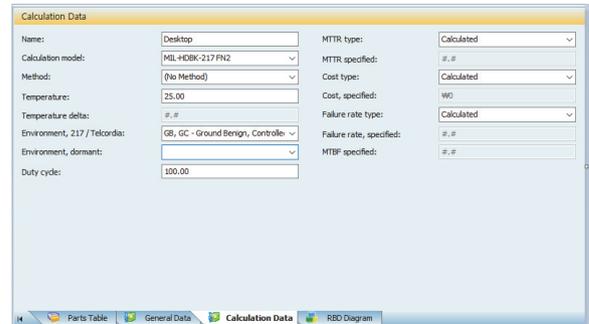
또한, Fig. 2와 같이 File 메뉴에서 ‘New’의 ‘Format Builder’를 선택하여 System Tree Items의 Assembly 및 Part가 입력 가능하도록 설정하였다. Format Builder 설정 시 Level, Description, Part Number, Failure Rate, Part Classification, Quantity, MTBF, Category, Subcategory가 설정되도록 하였다.



**Fig. 2.** Format builder

#### 3.4.2 Calculation Data 입력

시스템 레벨에서 신뢰도 분석 적용 규격, 운용 온도, 운용 환경 및 임무 주기에 대한 분석 체계의 기준값을 Fig. 3와 같이 입력하였다.



**Fig. 3.** Calculation Data

#### 3.4.3 General Data 입력

Part classification, Category, Subcategory 및 Quantity를 부품 레벨에서 Fig. 4와 같이 입력하였다.



**Fig. 4.** General Data

#### 3.4.4 Prediction Data 입력

Prediction Data는 부품별로 각각 입력값이 다르다. IC의 Linear인 경우 Quality Level, Number of Transistors, Pins, Package Type, Years in Prediction까지 입력하면 부품수량분석이 가능하다. 추가로 Initial Temp Rise, Operating Power, Thermal Resistance, Temperature Rise를 입력하면 부품부하분석이 가능하다. 부품수량분석은 부품이 제작된 상태에서의 고유한 특성값만 반영된다. 반면에 부품부하분석은

전원이 인가된 상태에서 온도, 전력, 열저항 값이 반영된 것으로 실제 운용환경에서 운용되는 고장률 값을 산출할 수 있다. Junction Temp Override는 Initial Temp Rise, Operating Power, Thermal Resistance, Temperature Rise 값을 한 번에 대체하는 항목으로 초기 온도 값에서 시간이 지남에 따른 온도 상승분을 고려하지 않고, 최고 온도만을 고려한다. 아래 (1)항부터 (4)항은 부품 레벨에서의 Prediction Data를 입력한 사례이다.

- (1) Integrated Circuit: Part Number가 'SN74LVC1G04DCKR'인 경우, Category는 'IC', Subcategory는 'Logic'으로 구분하였다. Technology Type 'MOS', Quality Level 'B-1', # of Gates '1', Pins '5', Package Type 'Hermetic', Years in Production '>=2', Operating Power '0.001', Thermal Resistance '93', Temperature Rise '0.09'를 Fig. 5와 같이 입력하였다. 단일 고장률 값은 0.003601 횡수/10<sup>6</sup>시간이 산출되었다.
- (2) Capacitor: Part Number가 'GRM2165C1H331J A01D'인 경우, Category는 'Capacitor', Subcategory는 'Chip, Ceramic(CDR)'으로 구분하였다. Quality Level 'M', Applied DC Voltage

'10', AC RMS Voltage '8', Rated Voltage '50', Voltage Ratio '42.6', Capacitance '0.33', Temperature Rise '3'을 Fig. 6와 같이 입력하였다. 단일 고장률 값은 0.001512 횡수/10<sup>6</sup>시간이 산출되었다.

- (3) Resistor: Part Number가 'RC1005F22R0'인 경우, Category는 'Resistor', Subcategory는 'Film'으로 구분하였다. Quality Level 'P', Operating Power '0.0315', Power Rating '0.063', Power Ratio '50', Type 'Chip(RM)', Temperature Rise '1'을 Fig. 7과 같이 입력하였다. 단일 고장률 값은 0.000358352 횡수/10<sup>6</sup>시간이 산출되었다.
- (4) Semiconductor: Part Number가 'B2100AF-13'인 경우, Category는 'Semiconductor', Subcategory는 'Diode'로 구분하였다. Quality Level 'JANTX', Diode Type 'Rectifier, Schottky', Operating Voltage '70', Rated Voltage '100', Voltage Ratio '70', Construction Type 'Metallurgically', Operating Power '0.1', Thermal Resistance '23', Temperature Rise '2.3'을 Fig. 8과 같이 입력하였다. 단일 고장률 값은 0.001365 횡수/10<sup>6</sup>시간이 산출되었다.

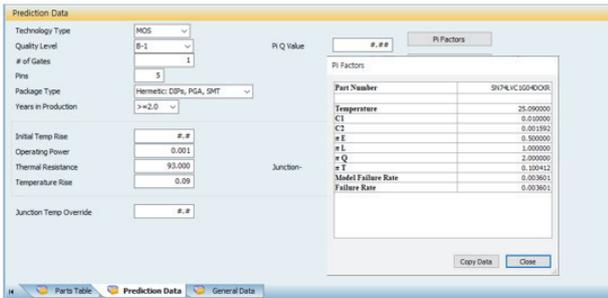


Fig. 5. Prediction data for a IC

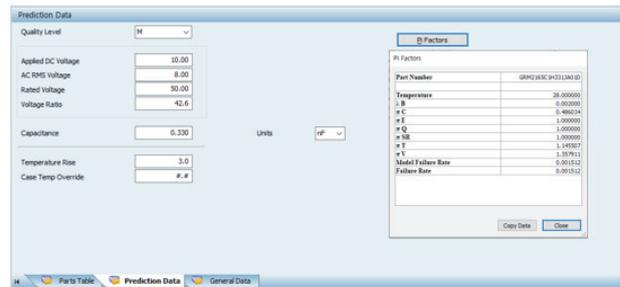


Fig. 6. Prediction data for a capacitor

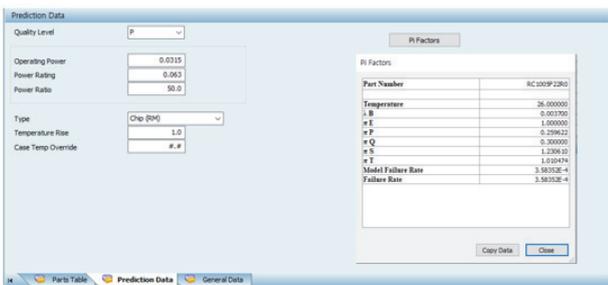


Fig. 7. Prediction data for a resistor

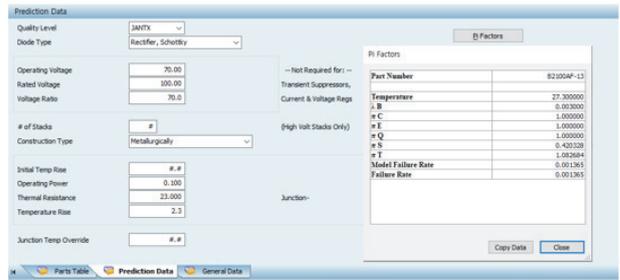


Fig. 8. Prediction data for a semiconductor

3.4.5 고장률 산출

모든 부품에 대하여 각각의 고정값 및 변수값을 입력한 후 ‘Calculate’를 실행하면 시스템의 고장률이 계산된다. 상용 컴퓨터의 고장률은 운용 환경이  $G_B$ 인 경우 고장률  $81.333194$  횟수/ $10^6$ 시간으로 Fig. 9과 같이 산출되었다. 또한, 고장률 값을 활용하여 MTBF 변환 시 MTBF는 12,295시간이 산출되었다.

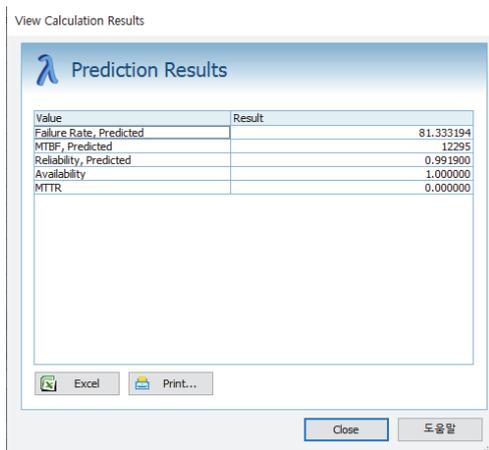


Fig. 9. Reliability results for a commercial computer at ground benign environment

3.5 운용 환경 및 운용 시간에 따른 영향성 분석

기(既) 예측된 ‘컴퓨터’의 고장률은 운용 환경이  $G_B$ 인 조건에서 산출된 고장률이다. 시스템을 운용하는 조건이 상이한 조건을 고려하여 영향성을 분석하였다. 신뢰도 예측 시 운용 조건이 상이하면 환경 팩터를 다르게 적용하여야 한다. 단, 영향성 분석 시 연간 운용 시간은 같다는 조건 하에 Duty Cycle은 100으로 동일하게 설정하여 분석하였다. 상용 컴퓨터가 운용될 수 있는  $G_B$  대비 다른 운용 환경 조건들을 비교하여 분석하였다. 단, 상용 컴퓨터가 적용될 수 있는  $G_F, G_M, N_S$  운용 환경에 대해서만 적용하여  $G_F, G_M, N_S$ 인 경우에서의 고장률 및 MTBF 값을 산출하였다. 장비가 운용되는 환경에 따라 장비의 MTBF가 달라짐을 확인할 수 있었다.

추가로 장비의 운용 시간에 따른 MTBF 값 추이를 분석하였다. 이때 연간 운용 시간을 3개월, 6개월 및 12개월로 구분하였다. 3개월은 1년 기준으로 25 %이므로 Duty Cycle 항목에 25를 입력하였다. 이렇게

Duty Cycle 항목에 25, 50 및 100을 입력하여 산출한 MTBF 결과값은 Table 3와 같다. 장비 운용 시간이 짧을수록 MTBF 값이 큼을 확인할 수 있었다. 3개월 운용시간 기준으로 6개월이면 MTBF 값이 약 50 % 정도 적어짐을 확인하였다.

Table 3. Comparison to MTBF value for a commercial computer based on operating environment and time

Operating environment	Operating time (months)	MTBF (hours)
Ground benign ( $G_B$ )	3	49,180
	6	24,590
	12	12,295
Ground fixed ( $G_F$ )	3	42,999
	6	21,499
	12	10,750
Ground mobile ( $G_M$ )	3	32,661
	6	16,330
	12	8,165
Naval sheltered ( $N_S$ )	3	36,042
	6	18,021
	12	9,010

운용 환경이  $G_B$ 일 때 운용 시간에 따른 MTBF 값을 도식화하면 Fig. 10과 같다. 운용 시간이 기준 대비 2 배이면, MTBF는 약 50 % 정도 작아진다. 따라서, 어떤 장비의 운용 환경이나 운용 시간이 다르면 MTBF가 각각 다를 수 인지해야 한다. 신뢰도 예측 시 이러한 사항들을 고려하여 좀 더 정확한 MTBF를 예측할 필요가 있다.

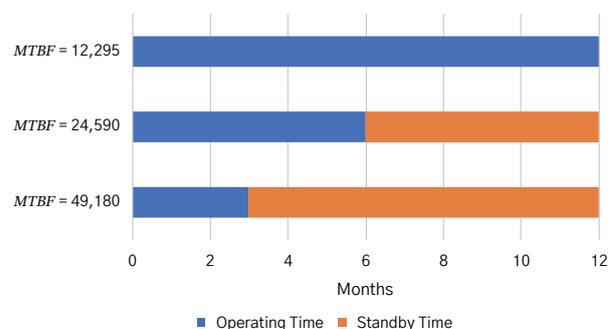


Fig. 10. MTBF value based on operating time at ground benign environment for a commercial computer

#### 4. 결론

신뢰도 예측은 통합체계지원 수행에 있어서 가장 근간이 되는 업무이다. 고장 발생을 통해 고장 수리가 수행되며, 이를 통해 장비의 전투준비태세가 결정되어진다. 따라서, 신뢰도는 장비 성능 및 운용유지 측면에서 매우 중요한 척도로 관리해야 한다.

본 논문은 상용 컴퓨터에 대한 군수분야에서의 신뢰도 예측을 수행하였다. 신뢰도 분석 기준은 운용 환경  $G_B$ , 운용 온도 25 °C 및 MIL HDBK 217F 규격을 적용하였다. 이때 연간 운용 시간은 1년 기준으로 8,760시간으로 설정하였다. Windchill SW를 활용하여 고장률을 산출한 결과는 81.333194 횡수/10<sup>6</sup>시간이었다. 고장률 값을 활용하여 MTBF 변환 시 MTBF는 12,295시간이 산출되었다. 추가로 운용 환경 및 운용 시간에 따른 영향성 분석을 수행하였다. 장비 운용 시 장비의 운용 환경 및 운용 시간이 다르기 때문에 같은 장비를 운용하더라도 MTBF가 다르게 산출됨을 확인할 수 있었다.

본 논문의 상용 컴퓨터에 대한 신뢰도 예측 적용 방안은 군수분야 신뢰도 예측 시 가장 보편적인 참고자료로 활용 가능하다. 또한, 군수분야에서 총 수명주기 비용 절감 차원에서 상용품 적용 비중이 커짐에 따라

상용품 신뢰도 예측 기준 및 분석을 명확히 설정하여 수행할 필요가 있다고 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] MIL STD 721C, "Definition of Terms for Reliability and Maintainability," Department of Defense, p. 8, 1995.
- [2] MIL STD 785B, "Reliability Program for System & Equipment Development & Production," Department of Defense, Task 203: Reliability Predictions, p. 1, 1980.
- [3] RAM Guide Book, "Weapons System RAM Law and Guide Book", Defense Acquisition Program Administration, p. 11, 2018.
- [4] "DOD Guide for achieving Reliability, Availability and Maintainability," Department of Defense, Chapter 1: RAM and the Department of Defense, p. 1, 2005.
- [5] MIL HDBK 338B, "Electronic Reliability Design Handbook," Department of Defense, Section 6: Reliability Specification, Allocation, Modeling & Prediction, p. 25, 1998.
- [6] MIL STD 756B, "Reliability Modeling & Prediction," Department of Defense, Task 102: Mission Reliability Model, p. 5, 1981.
- [7] MIL HDBK 217F, "Reliability Prediction of Electronic Equipment," Department of Defense, Chapter 6: Diodes, pp. 2-3, 1992.
- [8] TKIT-V "System Reliability Toolkit-V: New Approaches and Practical Application," Quanterion Solutions Incorporated, p. 115, 2015.