

산업용 태블릿 PC를 위한 신뢰도 예측 모델 비교*

조강훈¹ · 이홍철² · 장중순¹ · 박상철^{1†}

¹아주대학교 산업공학과, ²한국건설기술연구원

Comparison of Reliability Prediction Models for Industrial Tablet PC

K. H. Cho¹ · H. C. Lee² · J. S. Jang¹ · S. C. Park^{1†}

¹Department of Industrial Engineering, Ajou University

²Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Purpose: The purpose of this study is to provide a comparison of reliability prediction models between MIL-HDBK-217F and Telcordia SR-332 and to analyze the reliability prediction results.

Methods: The reliability of industrial tablet PC was predicted using MIL-HDBK-217F and Telcordia SR-332. To analyze the results, sensitivity analysis was conducted.

Results: The reliability of MIL-HDBK-217F was predicted lower than the one of Telcordia SR-332. Considering the factors such as temperature, quality and environment, those provided reliability change of a particular part which highly contribute to the system failure.

Conclusion: It is necessary to design the industrial tablet PC that consists of integrated circuits such as microprocessor and memory considering the operating temperature and quality factors.

Keywords: Reliability Prediction, Failure Rate, MTBF, MIL-HDBK-217F, Telcordia SR-332, Sensitivity Analysis

1. 서론

신뢰도 예측은 제품의 제공자 또는 구매자가 원하는 장비를 선택하는 과정에서 매우 중요한 요소이며, 특정 시스템에 대한 유지 보수 활동이나 운용에 필요한 여유분(Spare Parts)의 확보방안 등을 미리 산정할 수 있도록 도움을 주는 역할을 한다. 신뢰도 예측은 시스템을 구성하고 있는 부품 또는 유닛의 주변 환경 및 사용조건에서 고장을 관측하여 고장률을 추정하기 위

해 시험하는 것과는 차이가 있다. 시험에 의한 결과로써 고장률을 제공하는 것이 아니라 신뢰도 예측 모델을 이용하여 고장률을 예측하는 것을 신뢰도 예측이라고 한다. 시험을 수행하지 않고 시스템의 신뢰도를 예측하기 위해서 많은 모델들이 개발되어왔다. 대표적인 신뢰도 예측 모델은 미 국방성에서 개발한 MIL-HDBK-217F가 있으며, Telcordia에서 개발한 SR-332 (Issue 2), British Telecom의 HRD4, 프랑스의 CNET, 일본의 NTT, 독일의 Siemens 등이 있다.

* 본 연구는 방위사업청(UD150042AD)과 한국연구재단(NRF-2015R1A2A2A01005871)의 지원으로 수행되었습니다.

† 교신저자 scpark@ajou.ac.kr

2016년 4월 11일 접수, 2016년 7월 21일 수정본 접수, 2016년 7월 30일 게재 확정.

신뢰도 예측 모델에 대한 사례연구 및 예측 모델 비교에 대해 많은 연구들이 진행되어왔다. 신뢰도 예측에 사용되고 있는 MIL-HDBK-217F와 RIAC 217-PlusTM 모델을 기본가정과 부품 및 시스템 모델, 환경적 스트레스와 동작 프로파일 측면에서 비교를 수행하고, 초가속수명시험(HALT; Highly Accelerated Life Test) 결과를 기반으로 내구성팩터(π_{HL})가 추가된 모델을 제안한 연구가 있다[1]. 정환성 외 4명은 MIL-HDBK-217F와 Bellcore, HRD4, CNET, Siemens 신뢰도 예측 모델에 대해 64K DRAM을 대상으로 고장률을 비교하고, 각 모델들의 특징과 장단점을 분석하는 연구를 수행하였다[2]. 변광식 외 2명은 무기체계 전자장비인 ESU에 대해서 예측된 신뢰도 결과와 필드의 신뢰도 사이의 차이를 최소화하기 위한 방법을 제안하였다[3]. 정철오는 Microcircuit device를 대상으로 MIL-HDBK-217F와 MIL-HDBK-217E의 신뢰도 예측 모델을 비교 분석하고, MIL-HDBK-217F와 Bellcore, HRD4, CNET, Siemens 모델과 고장률 결과에 대해 비교하였다[4]. 조인탁 외 2명은 항공기 항전장비의 MIL-HDBK-217F와 Telcordia SR-332 모델에 따라 신뢰도를 예측하고, 실제 운용 데이터와 비교 분석하였다[5]. 김영일 외 2명은 항공기 체계에 적용되는 전자제어장치(ESU)를 대상으로 MIL-HDBK-217F와 Telcordia SR-332를 이용하여 신뢰도를 예측하고, ESU의 개발시험 데이터와 비교하였다[6]. Jones와 Hayes는 MIL-HDBK-217F와 Bellcore, CNET, HRD4, Siemens의 신뢰도 예측 모델의 가정 및 특징을 비교하였고, International Electronics Reliability Institute (IERI)로부터 획득한 데이터를 기반으로 신뢰도 예측을 수행하였다. 신뢰도 예측 모델에 요구되는 대표적인 환경팩터, 온도팩터, 품질팩터, 전기적 스트레스팩터를 변화시키면서 모델에 대한 민감도 분석을 수행하였고, 각 모델들의 주요 팩터들에 대해 고찰하였다[9]. 이러한 연구들은 실제 시스템의 시험 데이터를 이용하여 다양한 모델을 기반으로 신뢰도의 예측 결과를 비교한 연구들이 대부분이다. 따라서 예측하고자 하는 시스템의 시험 데이터가 존재하지 않을 경우에 현재 시스템과 유사한 시스템의 개발을 위해 핵심적으로 고려해야할 요인들을 중심으로 신뢰도 예측 모델을 결정하는 기준에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 산업용 태블릿 PC를 대상으로 MIL-HDBK-217F와 Telcordia SR-332를 이용하여 예측한 시스템 신뢰도를 비교하는 것을 목적으로 하고 두 모

델의 비교를 통해 모델을 결정하기 위해 고려해야 하는 핵심 요인들을 분석한다. 본 논문의 구성은 2장에서 두 가지의 신뢰도 예측 모델에 대해 설명하고, 3장에서는 예측방법 및 결과에 대해 설명하며, 마지막으로 결론을 설명한다.

2. 신뢰도 예측 모델

신뢰도 예측의 대표적인 모델은 1965년 미 국방성에서 개발하여 1995년에 Notice 2를 마지막으로 발간된 MIL-HDBK-217F(217F)이다. 최근에 217F의 정확성에 대해 일부 비판적인 견해가 있을지라도 전기·전자 부품 및 시스템 신뢰도 산출에 대해 세계적으로 기본적인 역할을 해왔으며, 아직도 활용성이 완전히 배제되었다고 할 수 없다. 현재, 군수 및 민수분야를 막론하고 신뢰도 예측 수행에 가장 많이 이용되는 규격이다. 전기·전자 시스템 신뢰도 예측 연구를 통하여 많은 모형들이 개발되어 왔으며 대표적으로 217F가 신뢰도 예측 분야에 가장 오랫동안 핵심 역할을 해온 것에 대해 의심할 여지가 없다[7]. 하지만, 전기·전자 부품 및 시스템 기술은 다른 산업에 비해 급격하게 발전해왔다. 따라서 1995년에 발행을 마감한 방산 부문에 초점을 맞춘 217F가 현재 기술과의 괴리, 적용상의 어려움 등에 대한 이유로 민간부문의 대표적 신뢰도 예측 모델인 Telcordia SR-332(SR-332)가 대안으로 사용되었다. SR-332는 Bellcore 기관에서 1984년에 개발하여 수정 및 보완과정을 거쳐 2006년에 Telcordia에서 개발한 신뢰도 예측 모델이다. 현재는 미국의 통신, 가전관련 대기업을 주축으로 하여 세계적으로 신뢰도 예측에 적용되고 있다.

217F와 SR-332는 군수 및 민수분야에서 전기·전자 시스템의 신뢰도 예측을 위해 대표적으로 사용되고 있으며, 공통적으로 단위 시간당 발생하는 고장의 횟수인 고장률(Failure Rate)과 Mean time between failures(MTBF)의 형태로 결과를 제공하고, 고려되는 부품의 수명분포 또한 지수분포를 가정한다. 기본적으로 부품의 수명이 지수분포를 따른다는 의미는 <Fig. 1>과 같이 Bath tube 곡선에서 정상상태(Steady State Period)에 속하며, 고장이 항상 일정한 비율로 발생한다는 것을 가정한다. 두 모델 모두 마모기간(Wear Out Period)은 고려하지 않는다. 하지만, SR-332는 전기·

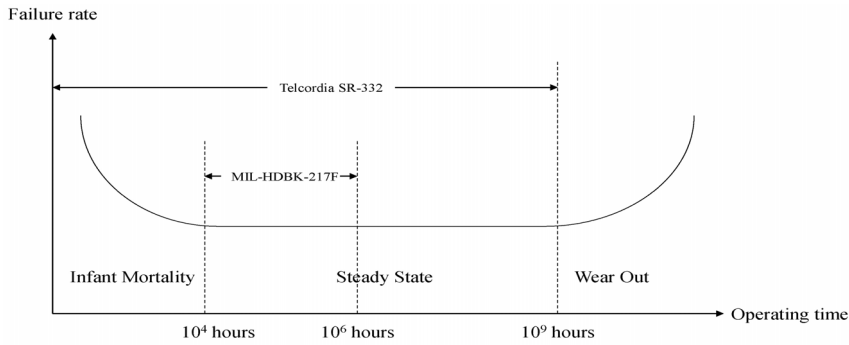


Fig. 1 Bath tube curve of reliability prediction models

Fig. 1 Bath tube curve of reliability prediction models

전자 부품의 다양한 데이터 분석을 통하여 초기 고장률 감소구간을 작동 후 1년 기간으로 고려하기 때문에 <Fig. 1>에서 초기단계(Infant Mortality Period)에서 고장률이 1만(10⁴) 시간 동안은 일정하지 않다는 것을 반영한다. 또한, 안정적인 상수 고장률 기간으로 20년을 고려한다. 217F와 SR-332는 고장률의 단위 시간에서 차이점을 보인다. 217F는 100만(10⁶) 시간당 발생하는 고장의 횟수를 기준으로 하며, SR-332는 10억(10⁹) 시간당 고장 횟수를 기준으로 한다.

2.1 MIL-HDBK-217F

217F는 부품과 시스템 단위의 수명은 지수분포를 따른다고 가정하기 때문에 최소 단위인 부품 고장률의 합으로 그 상위 수준의 유니트(Unit)와 시스템의 신뢰도가 결정된다. 각 부품들은 기본 고장률(Basic failure rate)을 정의하고, 추가적으로 사용환경, 부품에 인가되는 전기적 부하, 동작 온도 및 기타 조건 등에 대한 팩터들로 부품의 고장률을 정의한다. 따라서 특정 부품의 고장률은 기본 고장률과 팩터 값들의 곱으로 계산된다. 부품별로 관련되는 팩터들은 서로 다르며, 같은 팩터에 대해서도 적용여건에 따라 값이 다르다. 217F의 부품 고장률은 다음 식 (1)에 의해 계산된다.

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \prod_{i=1}^k \pi_i \tag{1}$$

식 (1)에서 λ_p 는 부품의 백만 동작시간 당 고장수를 표현하는 예측고장률(Predicted failure rate)을 의미한다.

λ_b 는 기본 고장률을 표현하며, π_i 는 온도(i = T), 전기적 스트레스(i = S), 품질(i = Q), 환경(i = E) 등의 팩터를 의미한다. 예측방법은 크게 부품수량 분석(Parts count analysis)방법과 부품부하 분석(Parts stress analysis)방법으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 Tablet PC의 신뢰도를 예측하기 위해서 부품수량 분석방법을 사용한다.

2.2 Telcordia SR-332

SR-332는 217F와 다르게 전기·전자 시스템을 부품(Part), 유니트(Unit), 시스템(System)의 계층적 구조로 구성되어 있다고 가정한다. 부품은 전기·전자 제품의 기본 구성 부품들인 저항, 캐패시터, 트랜지스터, 집적회로 등을 의미한다. 유니트는 부품들의 집합체로 수리 불가능한 형태로 사용자가 직접 교체할 수 있는 단위의 구성품을 의미한다. 마지막으로 유니트들의 집합체로써 시스템을 정의한다. SR-332에서는 고장률에 영향을 미치는 팩터를 4가지로 분류하고 있다. 전기적 스트레스와 동작온도, 환경조건, 품질에 따라 고장률이 100배 이상의 차이가 발생할 수 있기 때문에 4가지의 팩터의 분석이 매우 중요하게 고려된다. 첫 번째로, SR-332의 부품에 대한 고장률은 다음 식 (2)와 같이 표현 가능하다.

$$\lambda_{SS} = \lambda_{G_i} \pi_Q \pi_S \pi_{T_i} \tag{2}$$

식 (2)에서 λ_{SS} 는 특정 부품 i의 안정상태 고장률(Steady-state failure rate)과 팩터 값들의 곱 형태로 정

의된다. π_Q, π_S, π_T 는 각각 부품 i 의 품질, 스트레스, 온도 팩터 값을 의미한다. 두 번째로, 부품의 상위 계층인 유니트의 고장률 계산은 다음 식(3)과 같다.

$$\lambda_{Unit} = \pi_E \times \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_{SS} \quad (3)$$

기본적으로 SR-332에서는 직렬구조를 가정하기 때문에 유니트의 하위 계층인 부품들의 고장률 합과 유니트에 적용되는 환경팩터의 곱으로 고장률을 계산한다. 식 (3)에서 n 은 유니트를 구성하는 부품들의 수를 의미하며, N_i 는 부품 종류 i 의 수량을, π_E 는 유니트에 적용되는 환경팩터를 의미한다. 마지막으로 직렬구조의 가정이 적절하다면 시스템의 총 고장률은 모든 유니트의 고장률을 합산한 것이 된다. 시스템의 총 고장률은 다음 식(4)와 같다.

$$\lambda_{System} = \sum_{j=1}^k \lambda_{Unit(j)} \quad (4)$$

식 (4)에서 $\lambda_{Unit(j)}$ 는 유니트 종류 j 의 안정상태 고장률을 의미하며, 시스템에 직접적으로 영향을 미치는 고장을 의미한다. SR-332의 예측방법은 크게 부품 수량 분석방법(Method 1), 실험 데이터와 결합된 부품 수량 분석방법(Method 2), 필드 데이터와 결합된 부품 수량 분석방법(Method 3)으로 분류할 수 있다. Method 2와 3은 기본적으로 Method 1를 기반으로 고장률을

예측하지만, 실험 데이터와 필드 데이터의 수집이 가능한 경우에 사용하는 방법이다. 또한, 각 분석방법들은 하위 Case로 분류될 수 있으며, 본 논문에서는 Method 1-Case3을 신뢰도 예측 방법으로 사용하고자 한다. 위와 같은 두 가지의 모델을 이용하여 Tablet PC에 대해 부품단위부터 유니트, 시스템의 신뢰도를 예측한다.

3. 예측방법 및 결과

신뢰도 예측 모델에 따른 결과의 차이를 확인하기 위해서 산업용 태블릿 PC를 대상으로 신뢰도를 예측한다. 217F와 SR-332를 이용하여 대상 제품의 신뢰도를 예측하기 위해서는 기본적으로 대상 제품의 1) BOM, 2) 환경조건, 3) 운용온도, 4) 부품의 상세정보, 5) 실험 데이터 및 필드 데이터 등을 고려해야 한다. 우선, 대상 제품의 BOM을 계층적 구조로 명확히 정의할 수 있어야 한다. 대상 제품의 구조를 시스템이라 하면, 하위 시스템인 유니트는 Mother Board와 Touch Panel, Memory Board, RAID Controller로 구성되어 있다. 각 유니트는 하위 레벨의 부품들로 구성되어 있으며, 이를 도식화하면 <Fig. 2>와 같다.

217F와 SR-332의 신뢰도 예측 모델에 수반되는 팩터들 중 공통적으로 관계되는 일부 주요 팩터들은 1) 환경팩터(π_E), 2) 온도팩터(π_T), 3) 품질팩터(π_Q), 4) 전기적 스트레스 팩터(π_S)들이 있다. 기본적으로 산

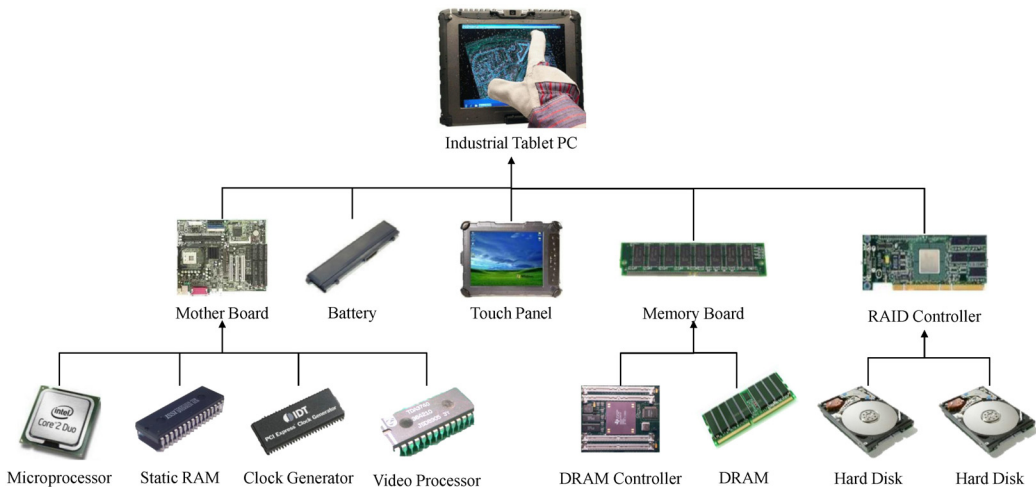


Fig. 2 Industrial tablet PC structure

업용 태블릿 PC는 이동성이 한정되고 유지보수가 용이하도록 온도 및 습도 제어가 비교적 용이한 환경 조건에서 사용된다. 또한, 민수분야에서 상업용으로 사용가능한 상태의 품질을 보장해야 한다. 본 논문에서는 환경팩터(π_E)를 Ground Benign(Fixed, Controlled), 온도팩터(π_T)를 30°C, 품질팩터(π_Q)를 217F와 SR-332에서 각각 Commercial과 Level 0을 가정한다. 전기적 스트레스 팩터(π_S)는 고려하지 않는다. 기본적인 온도팩터(π_T)를 30°C로 가정하였지만, 각 부품이 동작할 때 측정되는 온도는 다를 수 있다. 예를 들어, Micro-

processor는 동작온도를 77°C로 고려해야 하며, Static RAM은 33.9°C로 고려해야 한다. 본 논문에서는 위와 같은 각 부품들의 동작온도를 다르게 고려하였다. 217F와 SR-332의 신뢰도 예측 모델은 대표적인 고장률 DB인 Non-electronic Parts Reliability Data(NPRD)와 Electronic Parts Reliability Data(EPRD), 그리고 부품의 고유한 상수 고장률을 반영할 수 있다. Battery는 2.2427의 고장률을 NPRD를 이용하여 반영하였으며, Touch Panel와 하드 디스크는 제조사의 데이터 시트로부터 각각 6.55, 3.75의 고장률을 반영하였다.

Table 1 Configuration of parts

Unit	Category	Subcategory	Prediction Data	Description	Quantity
Mother Board	Integrated Circuit	Micro-processor	Tech Type: BiCMOS Package Type: Non-hermetic(DIPs, PGA, SMT) Quality Level: Commercial Bits: 32, Pins: 128	Dual core microprocessor	1
	Integrated Circuit	Memory	Type: SRAM Tech Type: CMOS Package Type: Non-hermetic(DIPs, PGA, SMT) Quality Level: Commercial Bits: 32, Pins: 40, Units: Kb	60ns SRAM	4
	Integrated Circuit	Logic, CGA or ASIC	Tech Type: MOS Package Type: Non-hermetic(DIPs, PGA, SMT) Quality Level: Commercial Gates: 5,000	DDS-based clock generator	1
	Integrated Circuit	VHSIC/VLSI CMOS	Type: Logic & Custom Seal: Non-hermetic Package Type: Pin Grid Array Quality Level: Commercial	Digital video processor	1
Memory Board	Integrated Circuit	VHSIC/VLSI CMOS	Type: Gate Array & Memory Manufacturing Process: Non QML/QPL Feature Size: 0.70 Dissipation Surface: 0.35 Seal: Non-hermetic Package Type: Pin Grid Array Quality Level: Commercial Pins: 48	DRAM controller board	1
	Integrated Circuit	Memory	Type: DRAM Tech Type: CMOS Package Type: Non-hermetic(DIPs, PGA, SMT) Quality Level: Commercial Bits: 512, Pins: 64, Units: Mb	31ns DRAM	2
Hard Disk Assembly	Integrated Circuit	PAL, PLA	Tech Type: IIL, MNOS Package Type: Non-hermetic(DIPs, PGA, SMT) Quality Level: Commercial Gates: 425, Pins: 72	SATA RAID Controller	1
	Integrated Circuit	-	Failure Rate: 3.75000	500GB Hard Disk	2

Table 2 Reliability prediction results for industrial tablet PC

Model	FIT(10^6)	MTBF(Hours)
MIL-HDBK-217F	24.608145	40637
Telcordia SR-332	20.284472	49299

<Table 1>에서 고장률이 반영된 유니트와 부품을 제외하고, 모든 부품들에 대한 상세한 사양을 볼 수 있다. 고장률을 계산하기 위해서 부품의 카테고리와의 서브 카테고리가 반드시 정의되어야 한다. 예를 들어, Microprocessor는 Technology Type은 BiCMOS이며, Package Type은 Non-hermetic이고, 이에 대해 결정되는 고장률은 217F와 SR-332에 상세하게 설명되어 있다. 위에서 언급하였듯이, Microprocessor는 동작온도를 77°C로 고려하였으며, 32 Bits, 128 Pins, 품질팩터는 Commercial로 고려하였을 때, 217F로 예측한 고장률은 4.670594(10^6)이며, MTBF는 214,106시간이다. 217F와 SR-332로 산업용 태블릿 PC의 시스템 고장률과 MTBF는 <Table 2>와 같다.

SR-332는 고장률의 단위가 10억(10^9) 시간당 발생한 고장 횟수를 의미하기 때문에 비교를 위해서 100만(10^6) 시간으로 단위를 환산하였다. <Table 2>에서 알 수 있듯이, 217F는 SR-332에 비해 10^6 시간 당 Failure In Time(FIT)는 약 4개의 고장이 더 발생하는 것을 의미하고, 고장 간 평균시간은 약 9,000시간 정도 낮은 것을 확인해볼 수 있다. 즉, 217F로 예측한 산업용 태블릿 PC의 신뢰도가 더 낮다는 것을 의미한다.

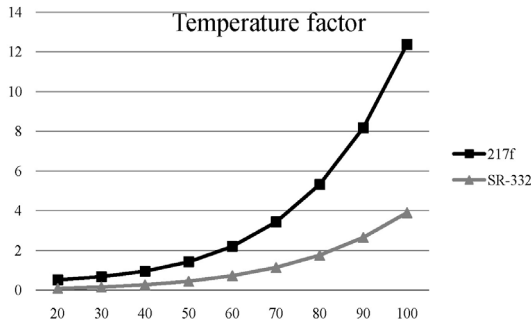
<Table 3>은 산업용 태블릿 PC를 구성하고 있는 부품들의 고장률과 시스템 전체 고장률에 기여하는 정

도의 비율을 나타내었다. 시스템에 고장률 기여도가 높은 부품부터 낮은 부품의 순서대로 나열하였고, 하드 디스크와 Touch Panel은 집계에서 제외하였다.

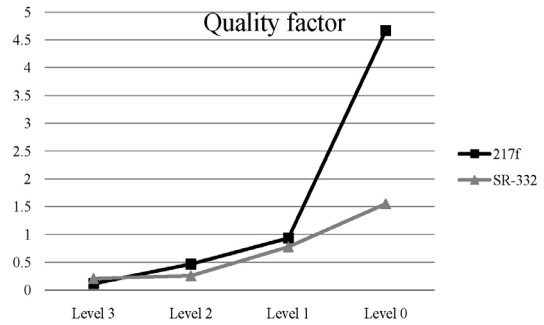
217F와 SR-332에서 공통적으로 상위권의 기여도를 가지는 부품은 Microprocessor와 Battery이다. Microprocessor는 217F와 SR-332로 예측한 고장률은 각각 4.670594와 3.246479이고, 18.98%와 15.68%의 기여도를 가진다. 하드 디스크와 Touch Panel의 기여도를 제외하면, <Table 3>의 부품들의 기여도 총합은 217F에서 42.9%, SR-332에서 32.15%로 차이를 보인다. 하드 디스크와 Touch Panel은 217F와 SR-332에서 동일한 상수 고장률을 적용하였지만, 두 개의 부품을 제외한 모든 부품들의 고장률이 대체적으로 SR-332에서 더 낮은 것을 의미한다. 이러한 이유는 217F가 초기에 군수 분야에서 신뢰도 예측을 위해 개발되었기 때문에, 예측한 신뢰도를 충족시키지 못할 경우에 발생할 수 있는 막대한 피해를 방지하기 위해 실제의 신뢰도보다 엄격한 기준을 내포하고 있다. 반면에, SR-332는 민수분야에서 실제로 가정이나 사무실 등에서 일반 사람들이 사용하는 제품들에 대해 보다 정확한 신뢰도를 제공해야 하기 때문에 217F에 비해 대체적으로 낮은 고장률을 제공한다[7]. 217F와 SR-332에서 공통적으로 가장 높은 기여도를 가지는 Microprocessor는 대표적으로 온도 팩터(π_T)와 품질팩터(π_Q), 환경팩터(π_E)를 고려해서 고장률과 신뢰도를 예측하였다. 두 개의 신뢰도 예측 모델은 동일한 팩터값을 가지고 있을지라도, 기본적인 가정사항이 다르기 때문에 예측된 고장률은 다르다. 두 모델의 팩터에 따른 고장률이 값의 변화를 비교해보기 위해서 민감도 분석을 수행한 결과는 <Fig. 3>과 같다.

Table 3 Predicted failure rates in FIT per parts

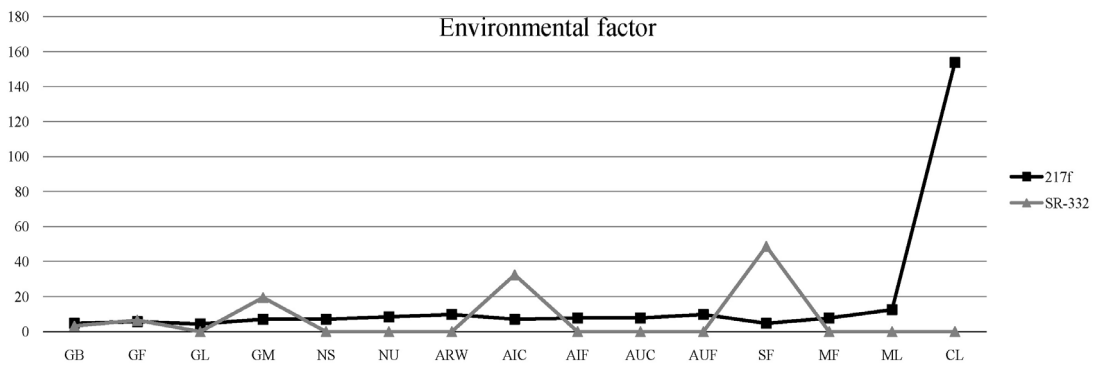
MIL-HDBK-217F			Telcordia SR-332		
Parts	FIT(10^6)	Contribution(%)	Parts	FIT(10^6)	Contribution(%)
Dual core microprocessor	4.670594	18.98	Dual core microprocessor	3.246479	15.68
Li-Ion Battery	2.242700	9.11	Li-Ion Battery	2.242700	10.83
DRAM controller board	1.383427	5.62	31ns DRAM	0.519861	2.51
DDS-based clock generator	0.587904	2.39	60ns SRAM	0.227105	1.10
Digital video processor	0.534789	2.17	SATA RAID Controller	0.185431	0.90
60ns SRAM	0.512888	2.08	DDS-based clock generator	0.104257	0.50
31ns DRAM	0.396516	1.61	DRAM controller board	0.096514	0.47
SATA RAID Controller	0.229327	0.93	Digital video processor	0.035636	0.17
System	24.608145	-	System	20.284472	-



(a) Failure rate according to temperature factor



(b) Failure rate according to quality factor



(c) Failure rate according to environmental factor

Fig. 3 Sensitivity of microprocessor failure rate

온도팩터(π_T)의 변화에 따른 두 모델의 고장률 예측 결과가 어떻게 달라지는지 확인해보기 위해 동작 온도를 20°C부터 100°C까지 변화시킨 결과는 <Fig. 3(a)>와 같다. 동작온도가 100°C일 때, 온도팩터(π_T)에 따른 고장률은 217F가 SR-332에 비해 약 8.0만큼 큰 값을 가진다. 이는 10^6 시간당 217F가 SR-332보다 약 8번의 고장이 더 발생한다는 것을 의미한다. <Fig. 3(b)>는 품질팩터(π_Q)를 Level 3부터 Level 0(Commercial) 품질을 요구하는 상황까지 고려하여 민감도 분석을 수행한 결과이다. Level 1과 2, 3에서는 비슷한 결과를 보이지만, Level 0에서 두 모델은 큰 차이를 보인다. 217F는 Level 0의 품질팩터(π_Q)값을 다른 Level에 비해 매우 큰 값으로 정의하였는데 이에 비해 SR-332는 비슷한 수준의 값을 제공한다. 따라서 두 모델은 모든 부품에 대해서 품질팩터(π_Q)를 Level 0으로 가정하였기 때문에 <Fig. 3(b)>의 결과는 217F로 예측한 고장률이 더 높은 값을 가지는 이유 중에 하나로 보여진다. 마지막으로 <Fig. 3(c)>는 본 논문에서 고려되

지 않은 모든 환경팩터(π_E)들을 포함한 민감도 분석을 수행한 결과이다. 실제로 산업용 태블릿 PC가 해당될 수 있는 환경이 아닌 CL(Cannon Launch)에서 두 모델의 고장률 예측값이 확연한 차이를 보였다. 산업용 태블릿 PC의 환경팩터(π_E)는 GB(Ground Benign)를 가정하였기 때문에 <Fig. 3(c)>로 미루어 보았을 때, 고장률 예측값의 차이에는 큰 영향을 미치지 않았을 것이다.

4. 결 론

신뢰도 예측은 시스템을 구성하고 있는 부품 또는 유닛의 주변 환경 및 사용조건에서 고장률 관측하여 고장률을 추정하기 위해 시험하는 것과는 차이가 있다. 부품의 고장률을 시험에 의해 추정하는 것이 아니라 신뢰도 예측 모델을 이용하여 고장률을 예측하는 것을 의미한다. 본 논문에서는 산업용 태블릿 PC를 대상으로 전기·전자 부품의 대표적인 신뢰도 예측

모델인 MIL-HDBK-217F(217F)와 Telcordia SR-332(SR-332)를 이용하여 신뢰도를 예측하였다. 산업용 태블릿 PC는 217F에서 고장률이 24.608145 FIT(Failure In Time)이고, MTBF는 40,637시간으로 예측되었다. 반면에, SR-332에서 고장률은 20.284472 FIT, MTBF는 49,299시간으로 예측되었다. SR-332의 고장률 단위는 10억(10^9) 시간당 발생한 고장 횟수를 의미하지만, 217F와의 비교를 위해 100만(10^6) 시간으로 단위를 환산하였다. 217F는 SR-332에 비해 10^6 시간 당 약 4개의 고장이 더 발생하며, 고장 간 평균시간은 약 9,000시간 정도 낮다는 것을 확인할 수 있었다. 산업용 태블릿 PC의 시스템 고장률에 가장 높은 기여도를 가지는 부품은 공통적으로 Microprocessor였으며, 이 부품의 고장률을 예측할 때 고려된 팩터들에 변화에 따라 고장률 값의 변화를 비교해보기 위해 민감도 분석을 수행하였다. 217F와 SR-332의 대표적인 팩터는 온도팩터(π_T)와 품질팩터(π_Q), 환경팩터(π_E), 전기적 스트레스 팩터(π_S)가 있다. 하지만 두 모델에서 Microprocessor에 대한 전기적 스트레스 팩터(π_S)는 고려하지 않기 때문에 제외되었다. 민감도 분석의 결과는 부품의 동작온도가 증가할 때, 온도팩터(π_T) 값의 차이가 가장 크게 발생하였으며, 품질팩터(π_Q)가 Level 0(Commercial)일 때, 가장 큰 차이를 보였다. 군수분야의 신뢰도 예측을 위해 개발된 217F는 군의 임무 및 환경 특성상 신뢰도를 충족시키지 못할 경우에 막대한 피해가 발생한다. 따라서 이를 방지하기 위해 실제 신뢰도보다 엄격한 기준을 내포하고 있다고 할 수 있다. 반면에, SR-332는 민수분야의 일반적인 산업용 전자·전자 부품에 대한 고장률을 제공하기 때문에 217F에 비해서는 낮은 고장률을 제공한다. 이러한 두 모델의 차이가 Microprocessor의 예측 고장률의 차이점을 발생시켰다고 볼 수 있다. 따라서 설계자가 시스템을 설계할 때 상세설계 단계부터 동작온도와 품질을 고려한 설계를 수행하는 것이 산업용 태블릿PC의 고장률을 낮추고 신뢰도를 높일 수 있을 것이다.

References

- [1] Lee, K. H., Kim, C. H. and Jung, T. H. (2014). "A survey for 217-Plus Reliability Prediction Model of Battlefield Product". In Proceedings of KORAS 2014, pp.561-568.
- [2] Jung, H. S., Sung, T. Y., Park, J. H., Lee, K. Y. and Park, J. G. (2000). "A Survey of Methodologies for the Hardware Reliability Prediction of Electronic Equipment". In Proceedings of KNS 2000.
- [3] Byun, G. S., Kim, S. B. and Kim, Y. I. (2009). "Case Study of Reliability Prediction of ESU Using Telcordia SR-332". In Proceedings of KASBA and KIIE 2009.
- [4] Chung, C. O. (1994). "Reliability Prediction Methods of Microcircuit Devices". Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 9, No. 2, pp. 77-86.
- [5] Cho, I. T., Lee, S. C. and Kim, Y. H. (2012). "A Study on Reliability Prediction Comparison of Aero Space Electronic Equipments". IE Interfaces, Vol. 25, No. 4, pp. 472-479.
- [6] Kim, Y. I., Byun, G. S. and Kim, H. T. (2009). "Case Study on Improvement of Reliability Prediction Accuracy in Development Phase for Aircraft". The Korean Society for Aviation and Aeronautics, Vol. 17, No. 4, pp. 25-31.
- [7] Chun, T. B. (2010). "Reliability Prediction for Electricity and Electronic System". Kyo-woo, pp. 280.
- [8] Jang, J. S. (2004). "Reliability Prediction Guide". Kyo-woo, pp. 194.
- [9] Jones, J. and Hayes, J. (1999). "A Comparison of Electronic-Reliability Prediction Models". IEEE Transactions on Reliability, Vol. 48, No. 2, pp. 127-134.
- [10] Moasoft. (2002). "A Guide Book for Reliability Prediction".
- [11] US Mil-Hdbk-217F. (1965). "Reliability Prediction of Electronic Equipment". Department of Defense.
- [12] US Mil-Hdbk-217F Notice 2. (1995). "Reliability Prediction of Electronic Equipment". Department of Defense.
- [13] Bellcore Technical Ref. TR-TSY-000332. (1998). "Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment". Issue 2.
- [14] Telcordia Technologies. (2001). "Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment". Document

- number SR-332, Issue 1.
- [15] Telcordia Technologies. (2006). "Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment". Document number SR-332, Issue 2.
- [16] British Telecom. (1987). "Handbook of Reliability Data for Components used in Telecommunications Systems". Issue 4.
- [17] Centre National d'Etudes des Telecommunications. (1983). "Compilation of CNET's Reliability Data". National Centre for Telecommunications Studies.
- [18] Siemens AG. SN29500. (1986). "Reliability and Quality Specifications Failure Rates of Components". Siemens Technical Liaison and Standardisation.
- [19] RAC. (2005). "Electronic Reliability Prediction". Selected Topics in Assurance Related Technologies, Vol. 4, No. 2, pp. 1-6.