

☒ 응용논문

연속출하제품의 사용현장 데이터를 이용한 신뢰도 분석 시스템(RAS) 개발

권수호 · 유현

LG전자 품질센터 신뢰성추진팀

임태진

승실대학교 산업·정보시스템공학과

Development of Reliability Analysis System(RAS) with Field Failure Data of Continuously Shipping Products

Soo-Ho Kwon · Hyun Yu

Reliability Team, Quality & Reliability Center, LG Electronics, Inc.

Tae-Jin Lim

Dept. of Industrial & Information Systems Engineering, Soongsil University

Abstract

This paper concerns Reliability Analysis System(RAS) developed by LG Electronics, Inc. for collecting, classifying, and analyzing field failure data. To develop this system, a database for the management of field failure data was built and several functions were included to analyze and assess the product reliability. Nonparametric estimation and cumulative hazard plotting techniques were applied to estimate the reliability for a specific period. This system serves not only engineers in charge of quality but also designers who wish to monitor the reliability of their own products.

1. 서론

신뢰성이란 부품이나 기기, 시스템 등의 기능이 규정된 환경 하에서 규정된 시간동안 규정된 기능을 발휘하는가를 나타내는 척도이다. 오늘날과 같이 다기능, 고기능화된 제품은 그 구조가 복잡해짐에 따라 구성 부품을 포함한 제품 전체의 품질 보증과 신뢰성이 큰 비중을 차지하고 있다. 이제 신뢰성은 품질의 중요한 요소이며, 타기업과의 경쟁에 있어서도 중요한 역할을 한다. 많은 기업에서는 이 때문에 신뢰성 향상을 위한 다양한 노력을 기울이고 있다.

이러한 노력의 일환으로 사용현장에서 발생한 제품이나 부품에 대한 고장 데이터를 수집하여 분석하는 것은 신뢰성 확보를 위한 중요한 방법 중의 하나이다. 본 연구에서 개발된 신뢰도 분석 시스템은 사용현장 데이터를 수집·관리하고, 저장된 데이터를 적절하게 가공하여 분석함으로써 최종 사용자에게 필요한 시기에 적절한 정보를 추출하여 제공하는데 그 목적이 있다.

사용현장 데이터를 활용한 품질 정보 시스템이 최종 사용자들에게 유용한 정보를 제공하기 위해서는 우선 정보의 근원이 되는 사용현장 데이터를 관리하기 위한 데이터베이스(database)가 구축되어야 하며, 다양한 사용자가 구축된 데이터베이스에 쉽게 접근하여 편리한 방법으로 결과를 조회할 수 있도록 사용자 인터페이스(user interface)를 제공하여야 한다. 또한 분석 기능은 여러 계층의 사용자 수준을 고려하여 간단하고 이해하기 쉬운 기법으로 개발되어야 한다.

사용현장 데이터를 이용하여 시장에 출하된 제품이나 부품의 신뢰성 정보를 추정하는 방법에는 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 Suzuki(1985)는 사용 환경에서 얻어진 고장 데이터와 사용 환경에 있는 총 제품 중 일정 비율을 추적조사(follow-up)하여 얻은 제품의 운영 시간을 이용하여 수명분포를 추정하는 문제를 제안하였지만, 실제로 국내 전자 제품의 유통 환경 속에서는 추적조사를 실시하여 제품의 운영 시간에 대한 정보를 얻는 것은 비용이나 기타 측면에서 여간 힘든 것이 아니다. 따라서, 본 시스템에서의 신뢰성 정보 추정은 비교적 간단하고, 사내에서 교육 등을 통해서 일반화된 방법을 활용하였다. 제2장은 본 시스템에서 사용한 신뢰성 정보 추정 방법을 설명하였고, 3장과 4장에서는 사용현장 데이터의 데이터베이스 설계와 본 시스템의 구성에 대하여 설명하였다. 5장에서 실제 분석 사례를 설명한다.

2. 사용현장 데이터를 이용한 신뢰성 정보 추정

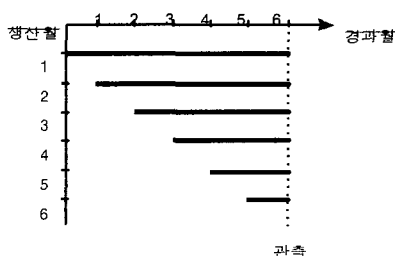
2.1 사용현장 데이터의 유형

사용현장 데이터는 어떤 제품의 실사용 중에 발생하는 고장에 대한 기록을 말한다. 여기에는 제품의 생산 시기와 고장이 발생한 시기 등 수명을 추정하는데 필요한 사항들을 포함하고 있다. 본 절에서는 수명 추정을 위한 수명 데이터로서 사용현장 데이

터의 유형을 논하고자 한다.

신제품이 양산에 들어가 연속적으로 출하되고 사용자의 손에 도착하는 경우 시장에 있는 제품의 총량은 매월 계단형으로 증가한다. 예를 들어서, 당해년 1월 출시 후 6개월 동안 연속적으로 출하된 제품에 대하여 6개월 시점에서 데이터를 관측하는 경우 매월 출하된 제품들의 사용 경과월을 나타내면 <그림 1>과 같다. 이 그림에서 매월 출하된 제품들의 출하 시점을 당해년 1월과 동일 선상에 위치하도록 이동하면 <그림 2>와 같게 된다. 한편, 1월에 10개의 단위 제품이 출하되었다고 할 때, 이들에 대한 실제 사용현장에서의 사용 경과월은 6개월이 되고 이 시점까지 고장이 발생하지 않은 단위 제품은 6개월 시점에서 중도절단으로 간주한다. 이러한 상황은 모든 출하 시점에서 동일하고, 6개월 동안 출하된 모든 제품의 총량에서 얻어진 사용현장 데이터는 각 출하 시점에 따라 서로 다른 경과월에서 모든 고장이 발생하기 이전에 관측이 중단되었기 때문에 다회 중도절단(multiply censored) 데이터로 볼 수 있다. 또한, 중도절단 시점은 경과월 1개월 간격으로 주기적으로 진행되고 있으므로, 시장에서 입수되는 사용현장 데이터는 다회 정시 중도절단(multiply time censored) 데이터로 간주된다[Nelson, 1972].

본 시스템은 사용현장 데이터를 다회 정시 중도절단 데이터로 규정하고 신뢰성 정보를 분석하고 있다. 단, 사용현장 데이터는 제품에 대한 모든 형태의 고장 유형을 포함하고 있다. 따라서, 신뢰성 정보 분석이 어떤 특정한 고장 유형(시스템에서는 고장 코드로 구분이 가능함)에 대하여 수행하는 경우에는 랜덤 중도절단(randomly censored) 데이터로 간주한다. 이 때에는 분석하고자 하는 고장 유형을 제외한 고장에 대해서 모두 중도절단으로 데이터를 처리한다[市田嵩, 鈴木和幸, 1984].



< 그림 1 > 현장 데이터 예



< 그림 2 > 현장 데이터의 이동

2.2 신뢰성 정보 추정을 위한 가정

본 시스템에서 신뢰성 정보 추정을 위해서는 다음을 가정한다.

- ① 발생 가능한 고장의 유형은 서로 독립이다.
- ② 사용 기간의 단위는 개월(month)로 한다. 즉, 사용현장 데이터의 수명의 단위는 개월이다.

- ③ 생산과 출하는 동시에 발생한다.
- ④ 생산 시점 혹은 출하월을 사용 경과월 1개월로 한다.
- ⑤ 생산된 제품은 모두 사용현장에서 가동 중이다.
- ⑥ 신뢰성 분석은 각 제품 고유 번호별로 첫 번째 고장 시점만을 처리하는 경우와 두 번째 이후의 모든 고장 시점들을 포함하여 처리하는 경우 두 가지로 구분한다. 전자의 경우는 최초의 고장 발생 시점에 초점을 두고 있으며 추정되는 평균수명은 MTTF(Mean Time To Failure)로 정의한다. 후자의 경우 평균수명은 MTBF(Mean Time Between Failure)로 정의한다.
- ⑦ MTBF 추정시 사용현장에서 발생한 고장은 모두 고장 부품에 대한 복원이 이루어진다. 본 시스템은 제품 고유 번호별로 고장 발생 횟수를 확인하여, 고장 발생 시점별로 사용 경과월을 신규로 하고 1개월부터 다시 시작한다.

본 시스템의 신뢰성 정보 추정 과정은 다음과 같은 기호로 표현한다. 단, $i=1,2,\dots,I$ 이고, $j=1,2,\dots,J$ 이며, I 는 생산기간, J 는 데이터의 관측 기간을 나타낸다.

A_i : i 월에 생산된 생산 실적(수량)

d_{ij} : i 월에 생산된 제품 중 j 개월 경과 후 발생한 고장 건수

t_j : 사용 경과월

D_j : 사용 경과월 t_j 에서 발생한 고장수

D_i^* : i 월에 생산된 생산 수량 A_i 중에서 발생한 총 고장 건수

C_j : 사용 경과월 t_j 에서 중도절단된 수

2.3 사용 경과월별 고장수와 중도절단수

<그림 2>의 형태로 발생하는 사용현장 데이터로부터 <표 1>과 같이 각 생산월에 따른 사용 경과월별 고장 발생수를 집계한다. 단, I 와 J 는 각각 신뢰성 정보를 추정하고자 하는 사용현장 데이터의 생산 기간과 데이터의 관측 기간을 나타낸다($I \leq J$). <표 1>의 마지막 행이 사용 경과월(t_j)별 고장수 D_j 이다. 또한, 사용 경과월 t_j 에서 발생하는 중도절단수 C_j 는 다음과 같이 계산한다.

$$C_j = \begin{cases} 0 & , J-j \geq I \\ A_{J-j+1} - D_{J-j+1}^* & , J-j < I \end{cases}$$

예를 들어, 1월에 100대의 제품이 생산되어 사용 6개월 시점까지 총 10대가 고장이 발생하였다면, 이 때까지 고장이 발생하지 않은 90대는 사용 6개월 시점에서 중도절단으로 처리한다.

< 표 1 > 생산월에 따른 사용 경과월별 고장 발생수

생산월	생산수량	사 용 경 과 월								고장 합계	
		t_1	t_2	...	t_I	...	t_{J-3}	t_{J-2}	t_{J-1}		t_J
1	A_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1I}	...	$d_{1,J-3}$	$d_{1,J-2}$	$d_{1,J-1}$	$d_{1,J}$	$\sum_{j=1}^J d_{1,j}$
2	A_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2I}	...	$d_{2,J-3}$	$d_{2,J-2}$	$d_{2,J-1}$		$\sum_{j=1}^{J-1} d_{2,j}$
3	A_3	d_{31}	d_{32}	...	d_{3I}	...	$d_{3,J-3}$	$d_{3,J-2}$			$\sum_{j=1}^{J-2} d_{3,j}$
4	A_4	d_{41}	d_{42}	...	d_{4I}	...	$d_{4,J-3}$				$\sum_{j=1}^{J-3} d_{4,j}$
...
I	A_I	d_{I1}	d_{I2}	...	d_{II}	...					$\sum_{j=1}^{J-I+1} d_{I,j}$
사용경과월별 고장 합계		$\sum_{i=1}^I d_{i1}$	$\sum_{i=1}^I d_{i2}$...	$\sum_{i=1}^I d_{iI}$...	$\sum_{i=1}^I d_{i,J-3}$	$\sum_{i=1}^I d_{i,J-2}$	$\sum_{i=1}^I d_{i,J-1}$	$d_{i,J}$	

2.4 비모수적 방법에 의한 추정

일반적으로 수명 데이터로부터 신뢰성 정보를 추정하는 방법은 수명분포의 가정 여부에 따라 두 가지로 구분된다. 특정 수명분포의 모수 추정을 기초로 한 방법과 수명분포를 가정하지 않고 생존 함수(survival function) 등을 추정하는 방법이 있다. 본 시스템은 수명분포를 가정하지 않는 비모수적 추정 방법을 위해서 중도절단을 포함한 데이터에 대하여 일반화된 수명표(life-table)와 승법극한(product-limit)의 두 가지 방법을 적용하였다[J. F. Lawless, 1982].

2.5 누적 해저드를 이용한 추정

중도절단 데이터가 다수 포함된 경우에 비교적 해석이 간단하고 효과적인 방법 중의 하나가 누적 해저드지(hazard plotting)를 이용한 방법이다[Nelson, 1982]. 본 시스템에서는 사용자의 해석의 용이성을 위하여 누적 해저드지를 이용한 분석 결과를 해저드지 그래프와 함께 제공하고, 신뢰성 정보 추정을 위한 수명분포별 모수 추정 과정은 최소제곱법(Least Square Method)을 사용한다. 여기서 사용되는 수명분포는 와이블분포, 지수분포, 대수정규분포를 활용한다.

3. 사용현장 데이터의 수집과 관리

3.1 사용현장 데이터의 정의

사용현장 데이터를 이용한 신뢰도 분석 시스템이 효율적인 분석 기능을 수행하기 위해서는 우선 사용현장 데이터를 관리하기 위한 체계적이고 종합적인 데이터베이스가 구축되어야 한다. 먼저 사용현장 데이터를 정의하고 이를 수집하는 과정이 필요하

다. 분석에 적합한 데이터를 정의하는 것은 신뢰도 분석 시스템 개발에 있어서 시발점이 되므로 세심한 주의를 기울여야 하고, 한 두 사람에게 의해 정의되는 것보다는 주관 부서를 비롯해 관련 인원이 모두 참석한 가운데 결정되어야 한다. 본 시스템과 유사한 전산 시스템 개발을 위한 개발팀의 구성 요원으로는 현장 실무자, 통계 전문가, 데이터베이스 전문가, 프로그램 전문가 등이 그 구성원으로 포함되어야 한다[박성현, 1997].

사용현장 데이터는 제품의 사용자가 고장 수리를 요청했을 경우에 발생한다. 예를 들면, 제품 사용 중에 고장이 발생하면 사용자는 제조사의 수리 기사를 부르거나 직접 수리 센터를 찾아가게 된다. 이 때, 제조사는 자사 제품의 시장 품질에 대한 분석을 목적으로 고장에 대한 상세한 정보를 기록하게 되는데 이러한 데이터를 사용현장 데이터로 정의한다. 신뢰성 품질을 추정하기 위해서 사용현장 데이터로부터 분석 기능의 수행을 위한 데이터의 수집 범위 혹은 항목을 <표 2>와 같이 정의한다.

< 표 2 > 데이터 수집 항목

데이터 구분	항 목
고장이 발생한 제품에 대한 정보	제품명(다품종을 생산하고 관리하는 경우), 제품 모델명, 제조년월, 제품 고유 번호, 판매 일자 등
고장 시간 정보	수리 요청 일자, 수리 완료 일자 등
고장 내역에 대한 정보	고장 부위, 고장 현상, 고장 원인, 고장 부품 번호, 상세 고장 내용 등
기타 정보	수리 센터, 수리 기사, 고객 정보 등

이와 같은 사용현장 데이터는 위의 항목 외에도 다양한 내용의 정보를 포함할 수 있지만, 신뢰성 품질을 추정하기에는 수집 과정에서 몇 가지 제한 사항을 가지고 있다. 우선 판매 일자 등은 제품 판매 시 모든 제품에 기록이 되어야 하겠지만 대부분의 기업에서는 이를 관리하지 않는 이유로 신뢰성 품질을 추정하기 위한 정확한 사용 기간을 산출하는데 제약이 있다. 또한 수리 기사의 고장에 대한 판단 기준이 동일하지 않기 때문에 동일 고장에 대한 판단의 결과가 수리 기사에 따라 달라질 수 있다. 더욱이 고장 내역에 대한 정보는 그 내용을 코드화함으로써 시스템의 분석 기능을 상세화시킬 수 있는 잇점이 있지만, 지속적인 관리와 유지가 힘들다. 이러한 제한 사항은 기업의 서비스 정책이나 유통 환경의 개선 등 전사적인 활동을 통해서만 해결이 가능하기 때문에, 본 시스템은 가능한 범위에서 수집된 사용현장 데이터를 기반으로 구축되었다.

3.2 데이터베이스 설계

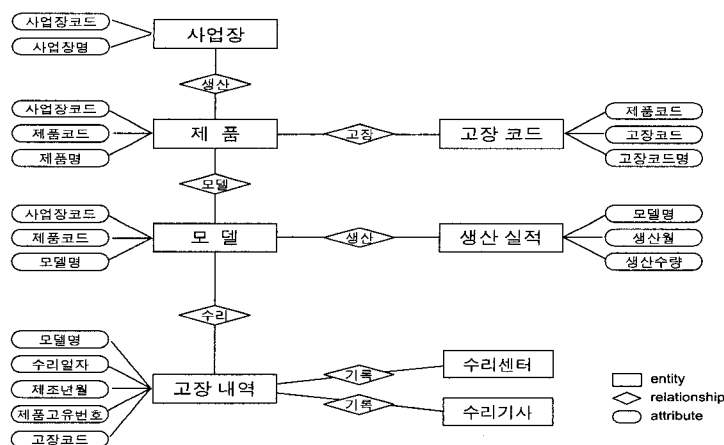
본 시스템에서는 연속적으로 수집되는 사용현장 데이터의 체계적인 관리를 위하여 관계형 데이터베이스(relational database)를 설계하였다. 관계형 데이터베이스 시스템에서 데이터는 열과 행으로 구성되어 있는 테이블 형태로 생각할 수 있다[이석호,

1985]. 일반적으로 분석된 정보를 제공하는 시스템에서 다루는 데이터에는 정적인 데이터와 동적인 데이터 등 두 종류가 있다. 정적인 데이터는 시간이 경과해도 변화가 없는 데이터이고 동적인 데이터는 시간이 경과함에 따라 자료량이 증가하고 변화하는 데이터를 말한다[전영호, 1995]. 신뢰도 분석 시스템은 바로 후자의 경우이다.

E-R 다이어그램(entity-relationship diagram)을 이용하여 신뢰도 분석 시스템에서 요구하는 사용현장 데이터의 중요한 요소들을 개념화시키고, 시스템 실행에 필수적인 각 요소의 특성들에 초점을 맞추어 데이터베이스를 구축하였다. 예를 들면, 앞 절에서 언급한 사용현장 데이터의 항목 중 고장 시간 정보와 고장 내역에 대한 정보는 하나의 테이블로 구성이 되고 본 시스템에서 신뢰성 정보 추정을 비롯한 모든 분석에 있어서 가장 중요한 정보를 제공한다. 이 테이블에는 제품의 고장 발생시 수리와 관련된 모든 내용을 포함하고 있으며, 다른 테이블과 적절히 연결(link)하여 데이터베이스를 구성하였다. 본 시스템에서 구축된 데이터베이스는 <표 3>과 같고, E-R 다이어그램은 <그림 3>과 같다.

< 표 3 > 데이터베이스

요 소	속 성
사 업 장	사업장 코드, 사업장명
제 품	사업장 코드, 제품 코드, 제품명
모 델	사업장 코드, 제품 코드, 모델명
고 장 내 역	모델명, 수리 일자, 제조년월, 제품 고유 번호, 고장 코드, 수리 내용, 부품, 수리 센터, 수리 기사 등
고 장 코드	제품 코드, 고장 코드 구분, 고장 코드, 고장 코드명
생 산 실 적	제품코드, 사업장 코드, 모델명, 생산년월, 생산 수량
수 리 센터	수리 센터 코드, 수리 센터명 등
수 리 기사	수리 센터 코드, 수리 기사 사번, 수리 기사 이름 등

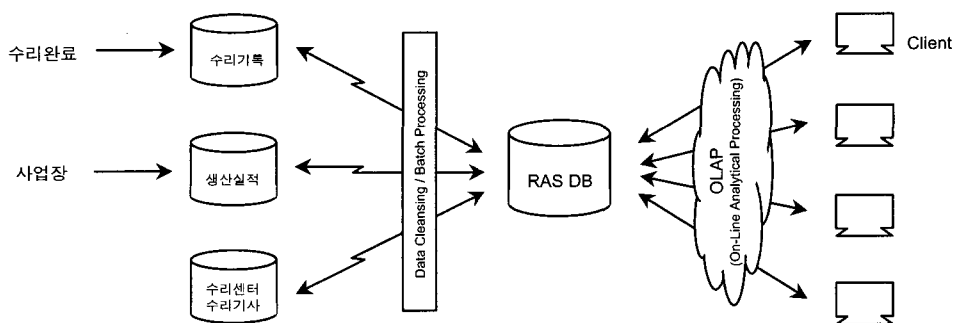


< 그림 3 > E-R 다이어그램

3.3 데이터 관리

이상에서 설계, 구축된 데이터베이스를 기반으로 신뢰도 분석 시스템의 개발이 가능하다. 데이터는 중앙의 데이터베이스 서버(server)에 저장되고, 일정한 주기로 신규 생성된 데이터에 대하여 일괄처리(batch processing) 과정을 수행한다. 고장 정보 테이블에 저장되는 원시 데이터는 수리 센터에서 입력이 되고, 서비스 부서에서 관리된다. 일괄처리 과정은 수리 센터로부터 입력된 데이터를 이미 설계된 데이터 형식에 맞추어 변환시키고, 분석에 적절하지 않은 일부 데이터를 제외시킨 후 데이터베이스에 첨가시키는 과정이다. 관련 부서에서 관리되는 나머지 테이블 또한 이러한 일괄처리 과정을 수행하여 데이터베이스에 적용한다. 본 시스템에서는 데이터 처리 속도의 효율성과 데이터의 신뢰성, 일관성 유지를 위하여 개별 클라이언트(client)로부터의 트랜잭션(transaction)은 허용하지 않았다. <그림 4>는 신뢰도 분석 시스템의 데이터 처리 과정과 네트워크 구성을 나타낸다.

또한, 신규 생성되는 데이터뿐만 아니라, 시스템의 현업 활용도와 기대 효과를 높이기 위하여 과거 5년간의 전 제품에 대한 데이터를 반영하였다. 이 과정에서 동일 제품에 대하여 매년 일부 변경되어 기록되었던 연도별 고장 코드를 현재 사용 중인 최근의 고장 코드로 일치시킨 후 데이터베이스에 적용하였다. 이를 통하여, 고장 코드 변경에 따른 과거 데이터의 사장을 줄이고, 사용현장의 신뢰성 분석을 가능하게 하였다.



< 그림 4 > 데이터 처리 및 네트워크 구성

4. 시스템 구성

본 시스템은 메인 화면과 다섯 개의 분석 모듈(module)로 구성되어 있다. 메인 화면은 시스템에 로그인(login)한 후 나타나는 초기 화면으로서, 여기서 사용자는 이미 구축된 데이터베이스를 검색하여 분석하고자 하는 사용현장 데이터를 선택할 수 있

고, 각 분석 모듈로 이동할 수 있다. 사용현장 데이터의 선택은 사업장 선택, 제품 선택, 모델 선택과 함께 제품이나 모델의 제조년월 혹은 제품별로 등록되어 있는 고장 코드(고장 부위, 고장 증상, 고장 원인)를 추가로 선택하여 분석 목적에 따라 데이터를 정의할 수 있다. 이렇게 정의된 데이터의 선택 조건은 각 분석 모듈로 이동시 데이터베이스로 전달되고, 데이터베이스는 이 내용을 기초로하여 요구되는 데이터 분석 결과를 해당하는 분석 모듈에 전달함으로써 사용자는 그 결과를 얻게 된다.

분석 모듈은 원시 데이터 조회, 워스트(worst) 현황, 고장 발생 건수, 재클레임(claim) 현황, 신뢰도 분석 등 다섯 가지 모듈로 구성되어 있다. <그림 5>는 본 시스템의 구성을 나타낸다. 각 분석 모듈은 해당 화면에서 추가적인 분석 내용을 포함한 하위 전개가 가능하다. 또한 분석 모듈에서 제공되는 모든 결과물은 저장할 수 있다.

① 원시 데이터 조회

메인 화면에서 정의된 데이터에 대하여 선택 조건에 해당되는 사용현장 데이터를 검색하여 정리한 후 나타낸다. 조회 내용은 데이터베이스로부터 고장 정보, 수리 센터 정보, 수리 기사 정보, 고객 정보 등 고장 및 수리 내역에 대한 모든 사항을 조회한다.

② 워스트(worst) 현황

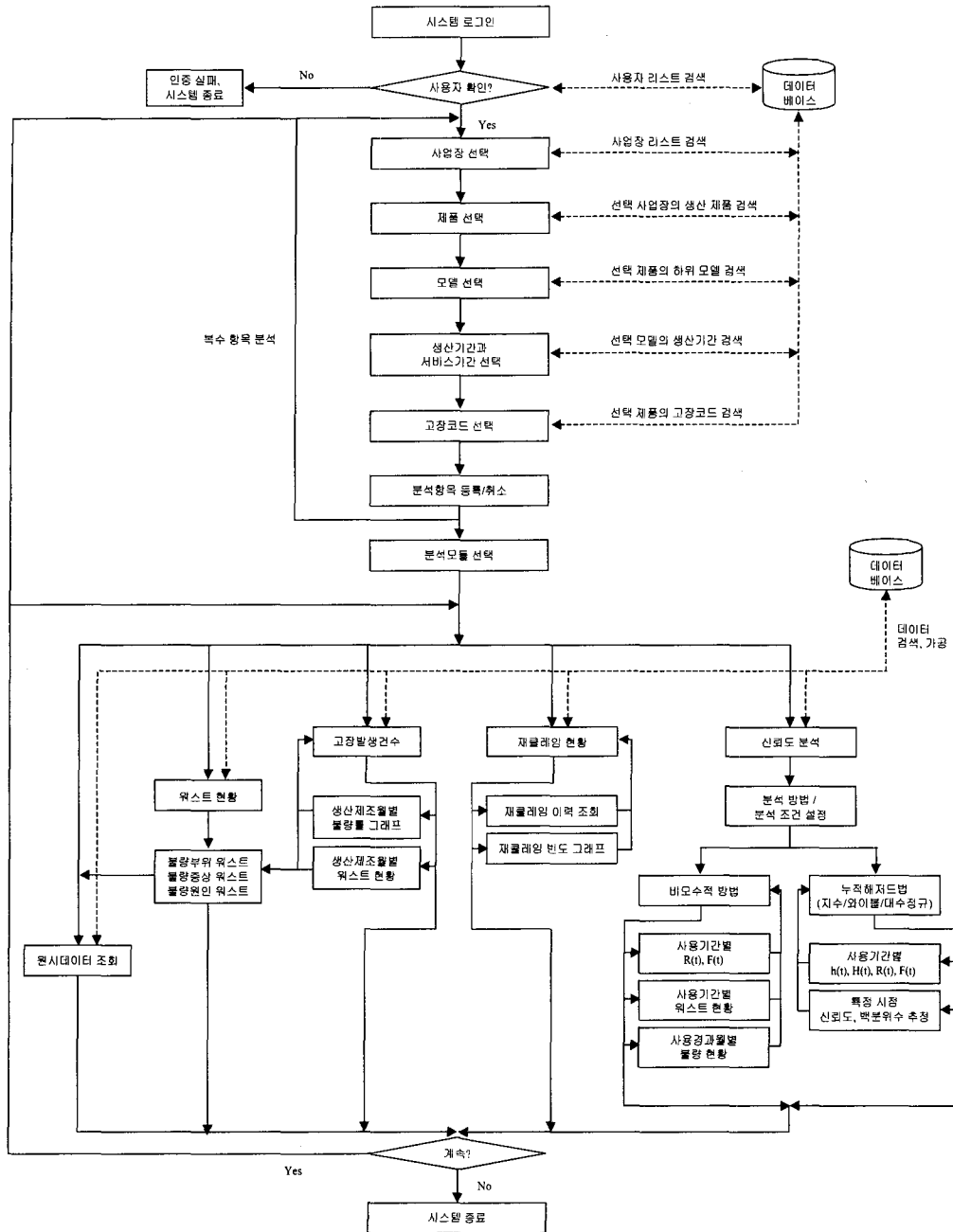
사용현장 데이터 생성 시 입력되는 고장 코드의 내용을 검색하여 코드별 발생 건수를 순위별로 나타냄으로써 사용자로 하여금 주요 불량 발생 현황을 파악할 수 있게 한다. 워스트 현황이란 고장의 부위별, 증상별, 원인별 발생 빈도를 순위별로 집계한 것을 말한다. 각 워스트 현황 결과는 특정 부위 혹은 증상, 원인 코드에 대하여 기타 워스트 현황으로 세부 전개가 가능하다.

③ 고장 발생 건수

제조년월에 따른 월별 고장 발생 건수를 나타낸다. 메인 화면에서 정의된 사용현장 데이터의 선택 조건에 따라 특정 제품이나 모델 혹은 세부적인 고장 코드별로 제조년월에 따른 사용 경과월별 불량 발생 현황을 파악할 수 있다.

④ 재클레임(claim) 현황

재클레임이란 제품 사용자가 동일한 제품을 실사용 중에 두 번 이상 수리를 요청하는 경우를 말한다. 본 시스템에서는 이러한 데이터를 구분하기 위해 데이터 생성 시 입력되는 특정 제품의 고유 번호를 검색하여 재클레임 여부를 확인한다. 여기서는 재클레임 횟수별로 사용 기간에 따른 고장 발생 빈도를 나타내거나, 제품 고유 번호에 따른 재클레임에 대한 원시 데이터를 조회하여 수리 기사의 수리 조치가 적절하였는지를 확인할 수 있다.



< 그림 5 > 신뢰도 분석 시스템 구성

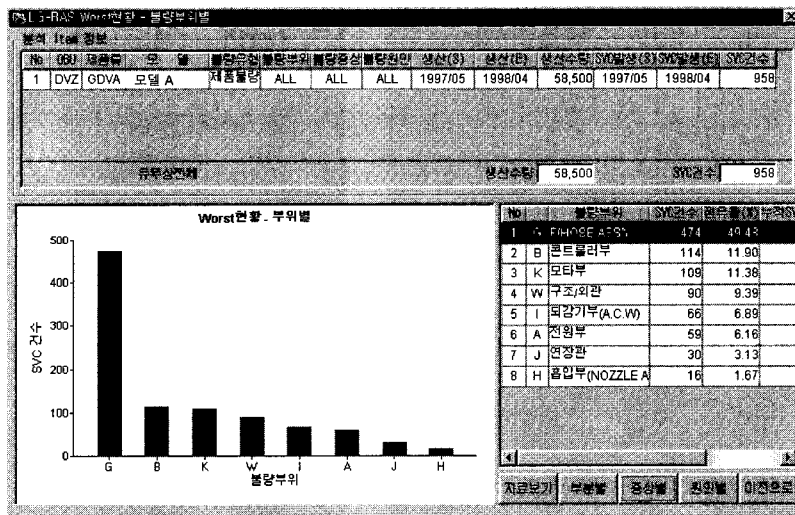
⑤ 신뢰도 분석

메인 화면에서 정의된 데이터에 대하여 사용 경과월별 신뢰도 등의 신뢰성 정보 추

정 결과를 나타낸다. 수명분포를 고려하지 않는 비모수적 추정 방법에서는 사용 경과월에 따른 순간고장률과 신뢰도를 추정하고, 그 결과를 그래프로 도시한다. 특히, 순간고장률 그래프는 수명분포의 가정과 사용 경과월에 따른 고장의 증감 등 사용현장에서 고장 형태를 짐작하는데 큰 도움을 준다. 또한, 사용 기간별 워스트 현황 분석이 가능하여 순간고장률 그래프로부터 특정 사용 기간의 워스트를 비교, 확인할 수 있다. 단, 비모수적 추정 방법은 확보된 데이터의 최대 사용 경과월까지의 신뢰도를 추정한다. 수명분포를 가정한 방법은 누적 해저드지 그래프와 직선식 추정, 분포 모수, 신뢰도, 평균수명 등의 추정 결과를 나타낸다. 또한, 아직 진행되지 않은 사용 경과월에 대하여 외삽에 의한 신뢰도 추정이 가능하고, 특정 비율의 고장이 발생하는 백분위수 등을 추정한다.

5. 분석 사례

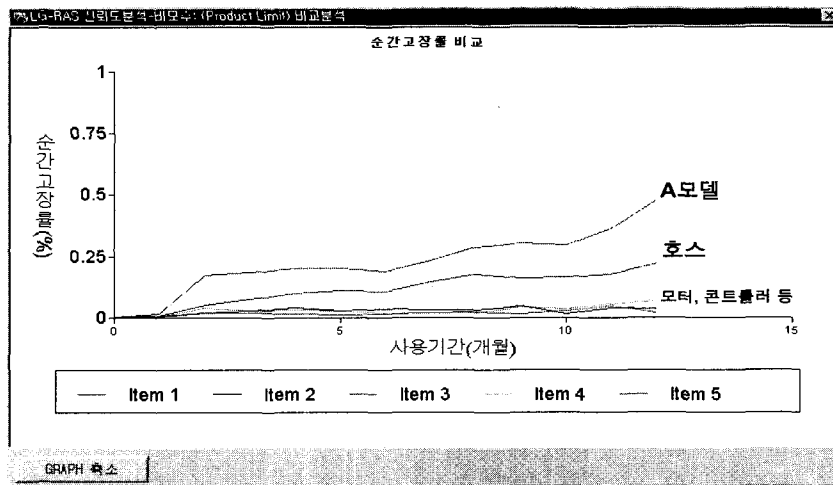
자사에서 생산된 청소기 제품 중 A모델의 호스 부위에 대한 사용현장 데이터 분석 결과를 본 시스템에서 얻은 결과이다. 이 제품의 분석을 위하여 A모델의 생산 기간은 1년으로 하고, 데이터 관측 기간은 생산 시작월로부터 1년 동안 발생한 고장 데이터를 이용하였다.



< 그림 6 > A모델 부위별 고장 발생 빈도 순위

우선 A모델에서 발생한 고장 워스트는 <그림 6>과 같이 호스 부위의 고장이 전체 고장의 절반 정도를 차지하고 있다. 사용 경과월에 따른 고장 발생의 경향을 확인하

기 위한 순간 고장률 그래프와 사용 경과월별 불량 현황은 <그림 7>, <그림 8>과 같다. 단, 첫 번째 이후의 고장은 제외하였다. 호스 부위의 고장률 진행 경향이 A모델의 고장률에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있고, 사용 경과월에 관계없이 기타 부위에 비해서 큰 비율을 차지하고 있다. <그림 9>는 승법극한 방법에 의한 호스 부위의 신뢰도와 불신뢰도 추정 결과이다(그림에서 'SVC'는 사내에서 통용되고 있는 '서어비스(service)'의 약어로써 고장 혹은 불량과 같은 의미이다).



< 그림 7 > A모델 순간 고장률

No	Obj	제품명	모 델	불량유형	불량부위	불량종류	불량원인	검사(S)	검사(E)	생산수(S)	생산(E)	SVC검사(S)	SVC검사(E)	SVC검사 수	자율수
1	DVZ	GDVA	모델 A	제품불량	ALL	ALL	ALL	1997/05	1998/04	58,500	1997/05	1998/04	958	907	

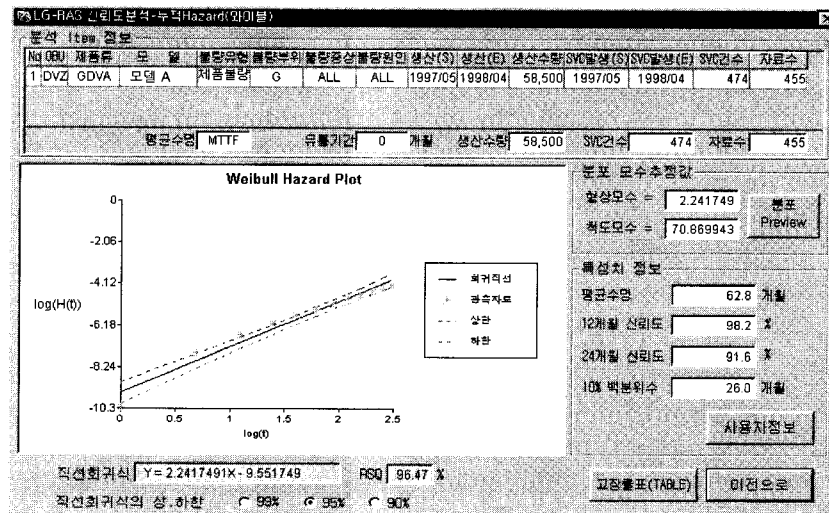
부 위	1개월	2개월	3개월	4개월	5개월	6개월	7개월	8개월	9개월	10개월	11개월	12개월	합계
A: 전원부	1	10	6	7	3	3	2	6	6	4	2	0	58
B: 콘트롤러부	0	9	14	10	10	15	11	10	12	3	3	2	107
G: F/HOSE ASSY	2	27	40	51	52	45	57	50	43	35	24	14	449
H: 흡입부(NOZZLE ASSY)	0	4	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	15
I: 퇴강기부(A.C.W)	3	9	9	7	4	5	6	7	3	5	5	1	64
J: 연장관	0	4	5	1	5	3	3	1	2	3	1	2	30
K: 모터부	0	20	12	14	11	8	7	4	10	6	6	4	102
W: 구조외판	0	9	9	5	10	6	7	9	6	8	7	6	82
합 계	6	98	99	105	96	86	94	97	83	64	49	30	907

< 그림 8 > 사용 경과월별 고장 현황

LG-RAS 신뢰도분석-비모수 : Product Limit 고장률표

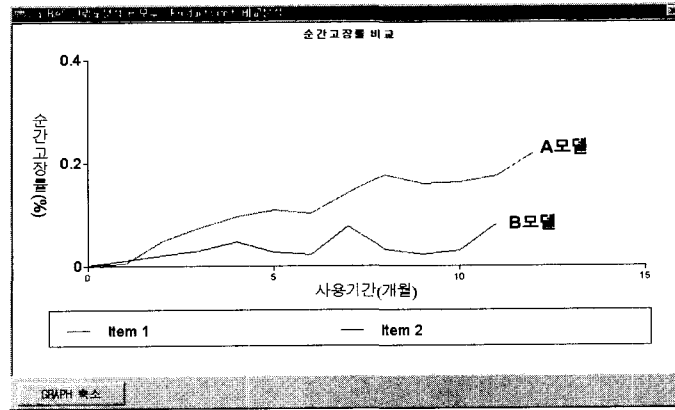
No	사용기간(t1)	비	고장단수(d1)	관측중단수(c1)	신뢰도(R(t1))	불신뢰도(F(t1))	순간고장률(h(t1))
1	0 개월	58,500	0	0	100.0000	0.0000	0.0000
2	1 개월	58,500	2	1,500	99.9966	0.0034	0.0034
3	2 개월	56,998	27	2,000	99.9492	0.0508	0.0474
4	3 개월	54,971	40	1,499	99.8765	0.1235	0.0728
5	4 개월	53,432	51	4,992	99.7812	0.2188	0.0954
6	5 개월	48,389	52	1,997	99.6739	0.3261	0.1075
7	6 개월	46,340	47	4,989	99.5728	0.4272	0.1014
8	7 개월	41,304	58	6,964	99.4330	0.5670	0.1404
9	8 개월	34,282	60	6,463	99.2590	0.7410	0.1750
10	9 개월	27,759	44	5,445	99.1017	0.8983	0.1585
11	10 개월	22,270	36	8,390	98.9415	1.0585	0.1617
12	11 개월	13,844	24	7,397	98.7699	1.2301	0.1734
13	12 개월	6,423	14	6,409	98.5546	1.4454	0.2180

< 그림 9 > 승법극한(product-limit) 방법에 의한 신뢰도 추정 결과



< 그림 10 > 와이블 누적 해저드지

또한, 평균수명 등의 신뢰성 정보를 추정하기 위하여 와이블 분포의 누적 해저드지에 타점하였다. <그림 7>에서 호스 부위의 순간 고장률이 시간의 경과에 따라 점차 증가하는 양상을 보이고 있으므로, 지수 분포보다는 와이블 분포의 누적 해저드지에 적용하였다. <그림 10>은 그 결과이다. 모델 호스 부위의 결함을 개선한 차기 모델인 B모델에서 호수 부위의 개선 여부를 확인한 결과 <그림 11>과 같고, 와이블 누적 해저드지로부터 추정된 정보는 <표 4>와 같다.



< 그림 11 > 모델간 순간 고장률 비교

< 표 4 > 모델간 신뢰성 추정 결과

	A모델	B모델
직 선 식	$Y=2.24X-9.55$	$Y=1.79X-9.89$
적 도 모 수	70.9개월	249.9개월
형 상 모 수	2.24	1.79
평균수명(MTTF)	62.8개월	222.3개월
사용 경과월 12개월 신뢰도	98.2%	99.6%
사용 경과월 24개월 신뢰도	91.6%	98.5%
10% 백분위수	26.0개월	71.1개월

6. 결론

본 시스템의 개발은 각 사업장에서 요구하는 제품의 신뢰성 분석에 주목적이 있지만, 사용현장 데이터의 데이터베이스 구축으로 데이터의 입수와 관리가 일원화되었고, 신뢰성 정보를 포함한 시장의 품질 현황을 쉽게 조회할 수 있게 되었다. 신뢰도 분석 시스템의 개발을 통하여 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 신뢰성 정보 추정을 위한 데이터베이스를 구축함으로써 통합적이고 체계적이면서 안정적인 자료의 관리가 가능할 뿐 아니라, 장기간의 사용현장 데이터를 확보할 수 있다.
- 사용현장 데이터를 이용한 신뢰성 정보 추정을 위한 분석 시간이 단축되고, 그 추정 방법을 일원화하여 사내에 보급할 수 있다.

- 시장의 신뢰성 품질에 대한 정량적 지표를 설정함으로써 제품이나 부품의 신뢰도를 평가할 수 있는 신뢰성 평가 체제의 기반을 확립할 수 있다.

예를 들어, 개발, 설계 단계에서 설정된 신뢰도 목표를 실제 사용현장 데이터를 이용하여 평가함으로써 그 결과를 설계 부서에 피드백(feed back)하여 차기 개발 모델에 반영할 수 있다.

향후 본 시스템은 개발, 설계, 검사, 출하 단계에서 진행되는 제품이나 부품의 수명 시험 데이터를 관리하고 분석하는 시험 데이터 분석 모듈을 개발하여 사용현장 데이터 분석과 함께 제품의 개발부터 사용에 이르기까지 총합적인 분석이 가능한 신뢰성 분석 시스템을 구축하고자 한다. 또한 사용현장 데이터를 이용한 신뢰성 정보 추정치의 정밀도를 높이기 위하여 Suzuki(1985) 등이 제안한 추적 조사 데이터를 확보할 수 있는 방안과 데이터베이스 반영, 분석 알고리즘 개발 등이 앞으로 연구되어야 하겠다. 아울러 현장 데이터의 정보만으로는 수명분포를 결정하기가 매우 어려운 일이고, 이를 위한 해결 방안이나 대안이 각 사업장에서 요청되고 있기 때문에 이에 대한 연구가 병행되어야 하겠다.

참고문헌

- [1] 박성현, 박영현, 이명주(1997), 「통계적공정관리」, 민영사.
- [2] 이석호(1985), 「데이터베이스론」, 정익사.
- [3] 전영호, 이관석(1995), “ISO 9000 시리즈 인증을 위한 품질정보 데이터베이스 구축,” 「품질경영학회지」, 23권, 1호, pp. 64-73.
- [4] Lawless, J. F.(1982), *Statistical Models and Method for Lifetime Data*, John Wiley & Sons, New York.
- [5] Wayne Nelson(1982), *Applied Life Data Analysis*, John Wiley & Sons, New York.
- [6] Kazuyuki Suzuki(1985), “Estimation of Lifetime Parameters from Incomplete Field Data,” *Technometrics*, Vol. 27, No. 3, pp. 263-272.
- [7] Wayne Nelson(1972), “Theory and Application of Hazard Plotting for Censored Failure Data,” *Technometrics*, Vol. 14, No. 4, pp. 945-966.
- [8] 市田嵩,鈴木和幸(1984), 「信頼性の分布と統計」, 日科技連.