

壽命試驗 및 現場資料에 의한 統合 信賴性 評價 시스템

LG전자 권 수 호

1. 연구의 목적

신뢰성 품질문제를 줄여나가고, 제품의 신뢰도를 높여주기 위해서는 고객의 사용환경정보와 수리 데이터 등의 사용현장 데이터를 해석하고 그 결과를 실험에 반영하는 것이 매우 중요하다. 신뢰성 개선활동을 할 때 엔지니어들은 개선해야 될 대상을 사용현장 데이터를 통해서 찾고 개선의 목적을 달성하기 위한 효과적인 실현수단과 방법을 선택하여 데이터를 분석하고 실험을 실시하며 새로운 신뢰성 시험법을 개발해서 사용현장과 관계를 지어 나가는 과정을 반복해 나간다.

본 연구는 이 과정에 대한 절차를 체계화, 표준화한 것으로서, 제품의 고 신뢰도 실현에 요구되는 신뢰도 예측, 고장해석, 사용현장 고장의 재현, 새로운 신뢰성 시험법 개발과 평가 등을 위해서는 필수적인 요소이다. 사용현장 데이터와 수명시험 데이터를 통합한 신뢰성 시험절차를 체계화한 연구는 현재까지 미흡한 상태이며, 이들 각각을 다룬 연구가 대부분으로서 여러 가지 현실적인 제약이 있으므로, 이들에 대한 대안이 시급히 요구된다.

본 연구에서는 사용현장 데이터를 해석하고 그 결과를 수명시험방법 개발에 활용할 수 있는 방법론과 시험절차에 대해서 연구한다. 또한 기존의 통계적인 연구에 통합적인 절차를 접목하여 효율성을 높임으로서 제품의 고 신뢰성 실현을 위한 체계적인 절차와 수단을 구축하는 것을 목적으로 한다.

기업들은 무한경쟁에서 생존해야 하는 격심한 시장경쟁환경에 놓여 있으며, 과학기술의 급속한 발달과 생활수준의 향상 등에 따라 고객의 욕구도 점점 높아지고 있음은 물론 복잡하고 다양화되고 있다. 제품은 소형화, 다기능화, 고성능화, 저가격화를 추구하고 있다.

시장경쟁의 격화와 급속한 신기술의 발달 등으로 신제품을 개발해서 판매할 시기에 이미 다음에 내놓을 신제품의 개발·기획이 요구되는 상황에 놓여있는 현실에서 엔지니어들은 신제품 개발에 전념할 시간이 부족함으로 말미암아 신뢰성을 검토하고 확보할 시간이 부족하다. 이러한 상황아래에서 검토부족으로 인한 신뢰성 문제의 발생 가능성과 위험성을 항시 내재하고 있으며 엔지니어 입장에서는 불안의 요인으로 작용하고 있다. 물론 제로 베이스에서 신뢰성을 검토할 필요는 없으나 계속적으로 기존과 다른 점을 체계적으로 검토해서 문제발생의 여지를 철저히 제거해 나갈 필요가 있다.

특히 개발기간을 단축해서 신제품을 하루라도 빨리 시장에 제공해야만 되는 상황에서는 신제품의 신뢰성을 단시간에 정확하게 평가할 수 있는 적절한 시험방법의 확립이 무엇보다도 강하게 요구되고 있다. 현재 우리 나라의 제조품질은 선진국 수준에 도달하여 그리 문제 시 될 것이 없으나 제품을 고객이 구입·사용하면서 나타나는 품질 즉, 신뢰성 품질이 선진국과 비교해서 많이 향상이 요구되는 실정이다. 과거 일본 미국 등 선진국으로부터 제품기술을 도입해서 생산했던 시기에는 제품의 신뢰성과 시험방법의 중요성을 인식하지 못했을 뿐 아니라, 상대방으로부터 제공받은 방법으로 어느 정도 해결이 가능했었다. 그러나 현재 대부분의 대기업에서는 거의 100% 독자기술, 독자설계로 제품을 생산하고 있으며 그 구조나 특성에 맞게 신뢰성 시험방법도 개발과 보완이 지속적으로 이루어져야 한다. 어느 정도는

이루어지고 있다고 판단되지만 상당부분이 아직도 미루어지고 있는 부분이 적지 않으며 그로 인한 부작용과 손실도 적지 않다. 가장 큰 문제점은 실험실 평가와 사용현장에서의 고장의 불일치이다. 실험실에서의 평가는 어디까지나 대응시험으로서 사용현장 고장을 재현하고 검출해 낼 수 있어야 의미가 있다. 사용현장과 관계를 설명할 수 없거나 부족한 시험방법은 하루 빨리 정리해 나가는 것이 무엇보다 중요한 일이다.

실험실 데이터는 정보가 확실한 반면에 한정적이고 사용현장 데이터는 실사용 환경을 담고 있지만 그 편차가 심하고 어떤 환경에서의 데이터인지 정보가 불확실하다는 단점이 있으므로 상호보완적이 되어야 한다. 따라서 신뢰성 시험방법 개발의 성패여부는 이들 데이터를 어떻게 결합해서 검출력이 높은 시험법을 만들 것인가 하는 것으로서, 최근 그 요구가 급격히 증대되고 있다.

2. 연구배경

우리 나라의 경우 제품구현기술은 상당한 수준에 와 있으나 신뢰성 구현기술, 즉 신뢰성 평가 및 시험기술은 선진국과 비교해서 많이 뒤져있다. 그 원인으로서는 여러 가지가 있을 수 있으나 신뢰성에 대한 투자가 미흡하고, 신뢰성을 품질과 동일선상에 놓고 생각하는 경영자들이 많기 때문이다. 신뢰성은 지속적인 연구와 투자 없이는 향상시키기 어려운 까다로운 특성을 갖고 있다는 점에 주목해야 한다. [표 1.1]은 1996년 L그룹의 5개 회사 신뢰성 관련업무에 종사하고 있는 사람을 대상으로 조사한 내용을 요약·정리한 것으로서, 기존의 신뢰성 시험의 문제점은 다음과 같다.

[표 1.1] 기존 신뢰성 시험의 문제점

- ① 사용현장 데이터 수집 및 분석을 위한 도구가 없어 활용이 미흡하다.
- ② 지식·경험 등의 부족으로 고장원인 분석에 시간이 많이 소요된다.
- ③ 시험항목 설정 시 고장인자를 빠뜨리거나 잘못 선정하기도 한다.
- ④ 사용현장 고장의 재현이 어렵고 시간이 많이 걸린다.
- ⑤ 신속하게 평가해서 사용현장에 내 보내야 하는데, 불안하고 결과에 대한 확신이 없다.
- ⑥ 현재 사용하고 있는 시험법이 시간이 너무 많이 걸린다.
- ⑦ 시험결과를 해석할 수 있는 도구가 없고 사용현장 데이터와의 연관성 평가가 어렵다.
- ⑧ 신뢰성 시험에서 통과한 제품이 사용현장에서 고장이 발생하고 있다.
- ⑨ 기존의 시험으로 더 이상 고장이 발생하지 않아 판단이 어렵다.
- ⑩ 지금 사용하고 있는 시험의 유효성에 의문이 있다.
- ⑪ 새로운 시험법을 개발하고 싶지만 적절한 프로세스가 없어 어렵다.

이러한 문제점들은 다음과 같이 해석할 수 있다.

첫 번째는 고객의 고장수리정보를 통계적으로 설계나 품질개선에 활용하기 위한 시스템이 없어서 생긴 문제로서, 우리 나라에서는 시스템을 보유하고 있는 기업이 많지 않고, 설령 보유하고 있더라도 최근에 개발된 것으로서 활용의 정도가 높지 않다.

두 번째는 고장제품의 물리·화학적인 해석에 관계되는 부분으로서, 별도의 전문적인 지식과 경험이 필요한 부분이다.

세 번째는 시험의 검출력과 관계되는 문제로서, 고장 메커니즘 해석의 오류와 환경인자의 추정오류에

서 생긴 문제이다.

네 번째는 조사단계에서 가장 중요하고도 어려운 문제로서, 사용현장의 고장을 생각한 대로 재현할 수 있다면 그 원인의 80% 정도는 밝혀진 것이며, 가속시험조건도 설정할 수 있게 되고 참 고장원인을 알 수 없는 경우에도 대책을 강구할 수 있게된다. 많은 경우 사용현장 고장을 실험실에서 재현할 수 없는 것은 사용현장에서 어떤 사용환경인자가 고장에 기여하고 있는지를 모르기 때문이다.

다섯째, 보다 짧은 시간에 결론을 얻고자 하는 기업의 요구에서 비롯되는 문제와 종합적인 시험시스템의 미비 등으로 생긴 문제이다.

여섯째, 경쟁의 격화로 개발기간이 짧아질 수밖에 없는 현실에서 필연적으로 제기되는 문제이다.

일곱째, 신뢰성 시험전담자라 하더라도 통계를 잘 아는 사람은 많지 않다. 따라서 신뢰성 시험을 활성화시키기 위해서는 시험결과를 해석해줄 수 있는 시스템을 보유하고 있어야 하는데, 우리 나라에서는 체계적인 신뢰성 활동의 역사가 짧아서 자사의 시스템으로 보유하고 있는 회사가 많지 않다.

여덟 번째는 세 번째와도 연관이 있는 항목으로서, 돈, 시간, 인력을 충분히 투자했음에도 불구하고 확실히이라든가, 시험자가 현실에 얽매어서 사용현장에서 발생하는 고장을 놓일 여지가 많기 때문에 생긴 문제이다.

아홉 번째, 최근 전자 전기부품의 고장률 저하로 시험에 요하는 시료 수와 시간이 더 많이 필요하기 때문에 생긴 문제로서, 이 벽을 어떻게 뛰어 넘을 것인가 하는 것이 관건이다.

열 번째는 제품기술을 선진국으로부터 들여왔을 때 제공받은 시험법을 검증 없이 지금까지 사용함으로써 생긴 문제로서, 사용현장 고장과의 검증 없이 사용하면 코스트 상승요인으로 작용할 뿐이며 유효성에는 문제가 많으므로 철저한 검증이 필요하다.

마지막으로 열 한 번째는 최근 우리 나라 기업들의 신뢰성에 대한 인식과 관심이 높아진 반면, 기반이 부족해서 발생한 문제이다.

위의 문제들은 신뢰성 문제 해결에 대한 경험과 기반기술의 부족에서 생긴 문제로서, 시급히 연구되어야 할 과제이며 본 연구에서 제안하는 통합적인 신뢰성 시험절차가 효과적인 수단이 될 것이다.

3 연구의 개요

본 연구에서는 「제품의 수명시험 데이터와 사용현장 데이터를 통합한 신뢰성 시험절차」에 대해서 제시하고자 한다. 최근 급격히 신뢰성이 높아진 자동차 및 전자제품 등에 대해서 기존의 신뢰성 시험의 한계를 극복하기 위해서 사용현장에서 경험한 고장형태의 발생구조를 분석한 결과와 각종 관련자료의 분석결과를 토대로 참 사용현장 고장을 높은 효율로 검출할 수 있도록 하는 신뢰성 시험절차를 새롭게 제안한 것으로서 다음과 같은 상황을 전제로 한다.

- (a) 고객이 제품을 구입하여 일정기간 사용 중 고장이 발생하고 서비스센터에 수리를 의뢰한다.
- (b) 사용현장 데이터 등을 분석하고 고장제품(부품)에 대한 고장해석을 한다.
- (c) 사용현장의 고장을 재현한다.
- (d) 가속시험방법을 개발하고 제품의 출하보증 방법으로 활용한다.

위의 상황은 신뢰성 담당자가 가장 많이 접하게 되는 경우로서, 이들이 하나의 축으로 해서 이루어지는 경우가 대부분이다. 이에 따라 연구의 범위를 아래와 같이 설정한다.

첫째, 서비스센터로부터 얻은 고장수리 데이터를 이용하여 시장에 출하된 제품이나 부품의 신뢰성 정보를 추정하는 방법과 사용현장 데이터베이스의 설계를 제안한다.

둘째, 많은 경우 사용현장 고장을 실험실에서 재현할 수 없는 것은 사용현장에서 어떤 사용환경인가가 고장에 기여하고 있는지를 알 수 없기 때문이다. 사용환경과 시험조건을 일치시키는 방법이 결국 신뢰성 문제 해결의 근원이다. 실험실에서 사용현장 고장을 정확하게 재현시킬 수 있는 방법론을 제안한다.

셋째, 사용현장 고장과 밀접한 관계를 갖는 최적의 가속인자 도출방법을 제안하고 가속시험에서 얻은 데이터로부터 신뢰성 정보를 추정하는 방법과 데이터베이스의 설계를 제안한다.

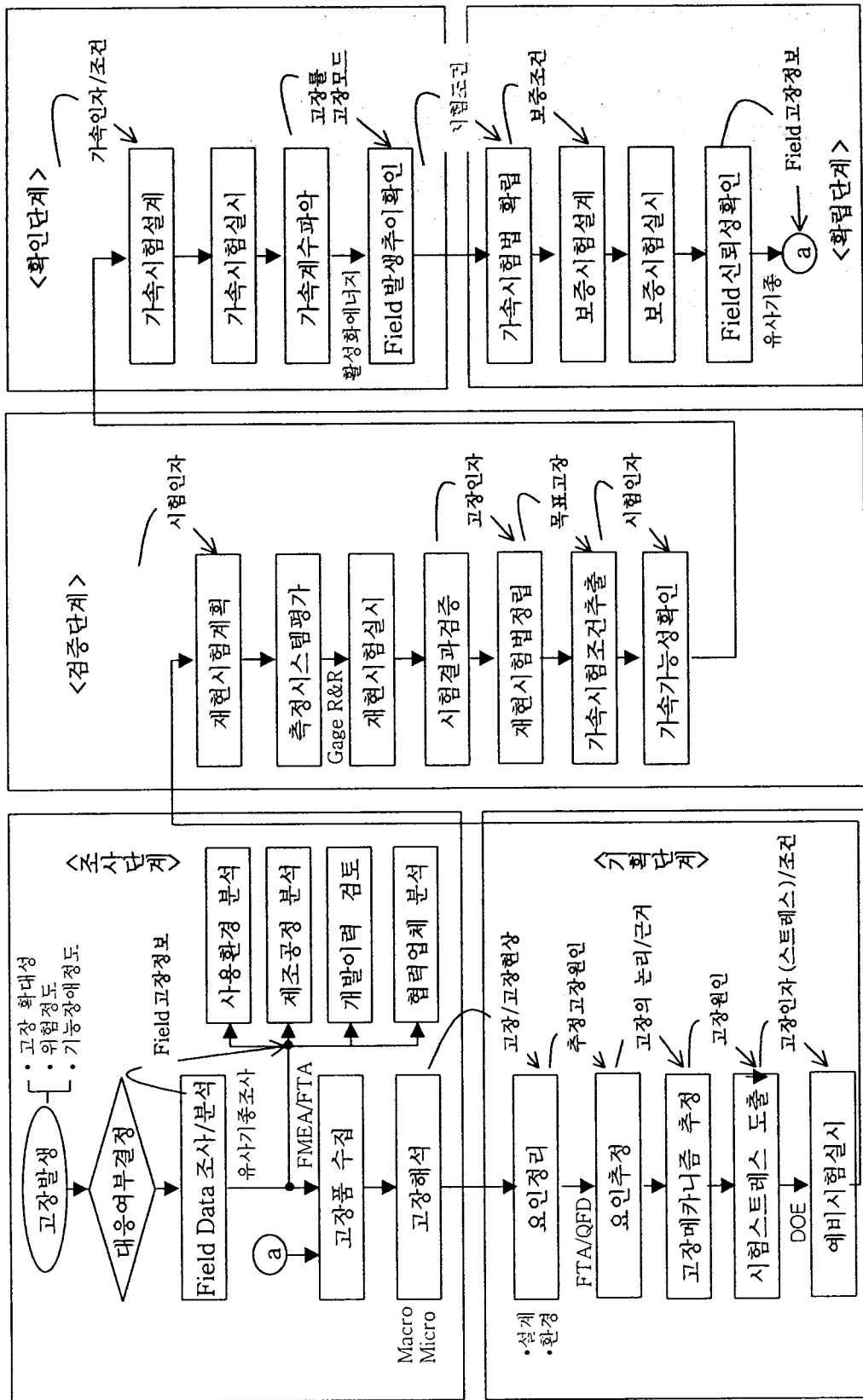
[그림1.1]은 본 연구에서 제안하는 통합 신뢰성 시험법 개발 흐름도로서, 사용현장 데이터와 수명시험 데이터 각각을 사용했을 때 얻어지는 수명분포, 신뢰도, 고장률, 백분위수 등의 추정의 정확도를 개선한 통합 신뢰성 시험방법 개발의 절차 및 체계를 나타낸다.

조사단계에서는 고객 서비스 데이터의 수집·분석방법과 고장정보 수집을 위한 사용환경조사 등의 각종 데이터 조사와 고장제품(부품)의 물리·화학적 해석방법 등을 통해서 고장의 원인을 효과적으로 찾는 방법 및 이에 대한 데이터 수집과 해석에 연구의 초점을 두고 있다.

기획단계에서는 사용현장 고장을 발생시키는 설계·환경요인을 정리하고, 고장 메커니즘을 정확히 추정해서 사용현장 고장을 재현시키기 위한 시험 스트레스 도출과정과 이들을 조합한 재현시험 계획 수립과정에 대한 절차에 대해서 제시한다.

검증단계에서는 재현시험을 실시하고 얻은 결과가 사용현장 고장과 일치하는지를 통계적·고장 물리적으로 확인하고, 시험방법으로 등록하는 과정에 대한 절차를 수립하고, 이 결과를 이용해서 시험시간을 단축시키기 위한 가속 시험방법 개발을 위한 가속인자 도출방법을 제안한다.

확인단계에서는 가속인자를 적절히 배열해서 가속시험을 설계하고, 얻은 실험실 데이터와 사용현장 데이터의 상관관계를 검증하며 이 두 가지 데이터를 통합해서 해석하는 방법과 과정, 실험실데이터 분석과정 등에 대해서 제안한다.



[그림 1.1] 통합 신뢰성 시험법 개발 흐름도

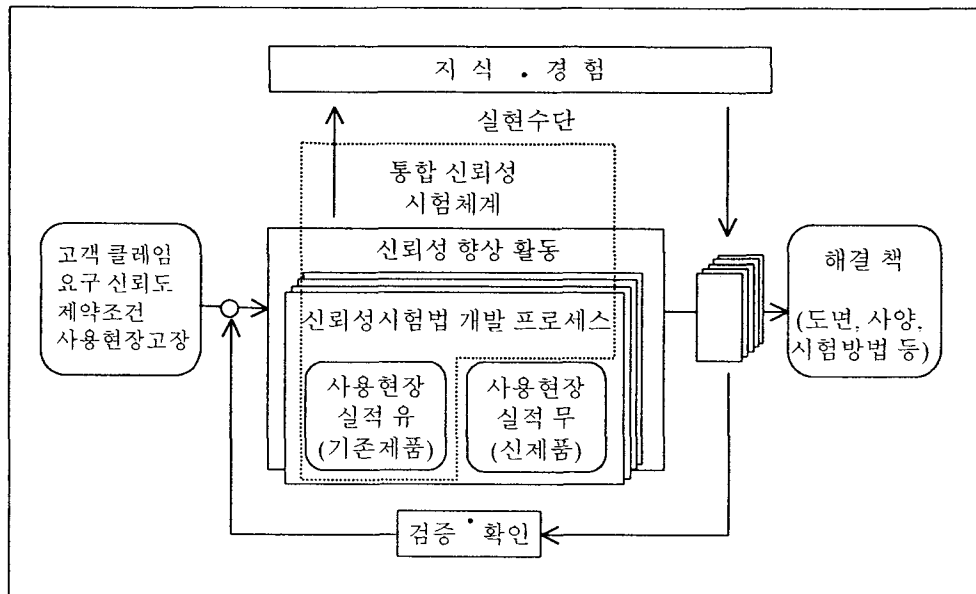
확립단계에서는 개발된 시험법을 이용해서 제품검사를 위한 보증시험방법을 설계하고 지속적인 사용현장의 조사·분석을 통해서 시험방법의 적절성 여부를 확인하는 과정을 제시한다.

따라서 통합 신뢰성 시험체계는 사용현장 고장을 정확히 재현하고 그에 대응하는 가속수명시험 등의 신뢰성 시험법 개발을 위한 방법과 절차를 다룬 것으로서, 사용현장에서의 수요 증가로 인하여 이에 대한 연구가 산업체를 중심으로 활발하게 이루어질 것으로 전망된다.

신뢰성 향상 활동이라고 하는 것은 [그림 1.2]와 같이 입력된 고객 클레임, 요구 신뢰도, 제약조건, 사용현장에서의 고장 등에 대해서 그 것을 달성하고 해결하기 위한 수단을 도면, 사양, 시험법 등의 형태로 표현하는 것이다. 신뢰성 향상 활동을 할 때 엔지니어들은 갖고 있는 지식과 경험을 활용해서 목적을 달성하기 위한 필요한 최적의 실현수단을 선택하고, 각각의 프로세스에서의 결과가 참값인지, 요구 신뢰도나 제약조건 등은 만족하고 있는지를 알기 위해서 검증이나 확인을 하게 된다.

신뢰성 향상 활동에 있어서 통합 신뢰성 시험절차는 [그림 1.2]와 같이 신뢰성 시험법 개발 프로세스 가운데에서 요구된 신뢰도, 제약조건, 시험시간 등을 대상으로 보유하고 있는 지식과 경험을 활용해서 고장제품(부품) 등의 사용환경 데이터에 포함되어 있는 고장의 가능성을 예측적이고 탐색적으로 찾아내어 도면이나 사양 또는 시험법에 반영해 감으로써 수행되어야 한다. 즉 통합 신뢰성 시험절차는 고장을 해결하고 최적의 시험법을 개발해 가는 수단이자 도구이다.

[그림 1.2]에서와 같이 신뢰성 시험법 개발 프로세스에는 기존 제품으로서 사용현장에 고장정보가 있는 경우와 신제품이기 때문에 사용현장에 고장정보가 없는 경우로 구분된다. 후자는 개발한 신제품에 포함되어 있을 문제를 사전에 검출할 수 있는 시험법을 개발하는 것으로서 이를테면 양의(positive) 활동 또는 순방향(+ 방향) 활동으로 정의하고, 전자는 기존 제품의 사용현장 고장을 해결하고 재발방지를 위한 시험법 개발로서 음의(negative) 활동 또는 역방향(- 방향) 활동으로 정의할 수 있다. 본 연구에서 제안하는 통합형 신뢰성 시험절차는 역방향 활동을 대상으로 한다.



[그림 1.2] 신뢰성 향상 활동에 있어서의 통합 신뢰성 시험절차