

RELIABILITY PREDICTION AND GUARANTEE OF AUTOMOTIVE E/E

Sherlock ADA™: 자동차 E/E의 신뢰성 예측과 보장(1/2)

고객의 정확한 사용환경과 그에 따른 영향을 프로파일 데이터베이스로 만들어 기업의 핵심 자산으로 축적하고 가치화함으로써 다른 경쟁자와 차별화를 꾀할 수 있다. 자동차 E/E의 신뢰성 문제와 이슈는 Sherlock ADA™의 차별적 기능인 고장 메커니즘을 적용해 해결할 수 있다.

글 | 권형안 대표, 엑슬리트엣지 _ hakwon@ex1337.com

혁신과 창조

현대·기아차는 2020년까지 자동차 평균 연비를 지금보다 25% 개선하겠다는 목표를 세우고 차세대 파워트레인(엔진) 개발, 경량화, 친환경차 라인업을 늘려 목표를 달성하겠다고 선언했다. 이는 미국에서 연비를 부풀렸다는 이유로 약 1억 달러의 벌금을 부과 받은 것과 관련이 있어 보인다. 이 사건에서 우리가 놓치지 말아야 할 것은, 연비를 과장했느냐는 시시비비나 금전적 손실보다는 홍보 연비(결국 경쟁 연비 또는 기대 연비) 대비 현재 연비 차이가 의미 있는 수준으로 존재한다는 것일 것이다.

현대·기아차가 25% 연비 개선 목표를 어떤 방법으로 달성할 것인지는 별개로 치더라도 이 목표는 전략적이고 냉정한 현실을 반영한 적절한 방향 설정이라고 할 수 있다. 물론 연비 달성만이 미래의 위상 강화를 가져오는 것은 아니지만 설정한 세 가지 실천적 목표는 글로벌 자동차 기업들이 사활을 걸고 매진하고 있는 사업방향과도 맥을 같이 한다는 점에서 반드시 달성해야 할 지표로서 가치가 있다.

이 세 가지 실천 방안은 새로운 제품과 디자인 개발, 혁신적 기술과 소재 적용, 친환경 사고와 경제적 가치창조로 바꿔 말할 수 있다. 이 중 앞의 두 가지에 대해서는 지금까지의 경험과 실적을 바탕으로 현재의 위상을 어느 정도 유지하고 발전시킬 수 있겠지만, 새로운 혁신과 창조의 영역인 나머지 한 가지는 글로벌 리더로서의 자리를 찾아가는 길이 쉽지 않다. 우리나라는 시장규모가 작고 핵심 원천기술이 미국이나 유럽보다 부족하며 아직은 혁신과 창조의 문화나 저변이 부족하다.

혁신의 단적인 예로 최근 전기차 혁신 기업으로 스마트폰 분야의 애플에 필적할만한 명성을 쌓아가고 있는 테슬라모터스(Tesla Motors)가 있다. 2003년 설립된 테슬라모터스는 2008년 세계 경제위기 때 파산 위기를 가까스로 넘긴 이래 2010년 6월 IPO를 한 이후 성공가도를 달리고 있다. 이 회사는 Model S로 컨슈머리포트 최고 평가(100점 만점에 99점)를 받은 후, 2013년 한 해 전기차 2만 2,450대를 팔았다. 이 자신감으

로 보급형 전기차(30,000달러 가격대)로 시장확대를 시도하고 있다. 또한 기가팩토리(Gigafactory) 구축을 통해 생산 기반을 대폭 확대할 계획이며(그림 1), 토요타, 다임러 등과의 협력을 통해 글로벌 판매망을 넓히고 있다. 기술적인 측면에서는 2008년과 2009년에 각각 한 번씩 리콜이 있었고 주행거리 문제로 뉴욕타임스와 마찰을 겪기도 했지만, 2012년에는 토요타와 벤츠의 전기 파워트레인을 개발, 공급해 부품의 성능과 품질을 인정받았다. 브랜드 가치 측면에서는 2013년 자사 제품 금융 계약 조건을 사용하는 경우, Model S가 BMW, Audi, Mercedes, Lexus 또는 Jaguar 보다도 재판매 가격이 더 높게 나타나 고급 자동차 중에서도 가장 높은 고객신뢰도를 유지하고 있다.

테슬라모터스의 경우처럼, 미래의 자동차 산업에서 혁신(또는 기술)과 고객(또는 품질과 신뢰성)이라는 두 마리 토끼를 잡고 높은 경영성과를 달성하기 위해서 우리가 어떤 준비와 행동을 해야 하는 지 테슬라모터스의 창업자 엘론 머스크(Elon Musk)가 인터

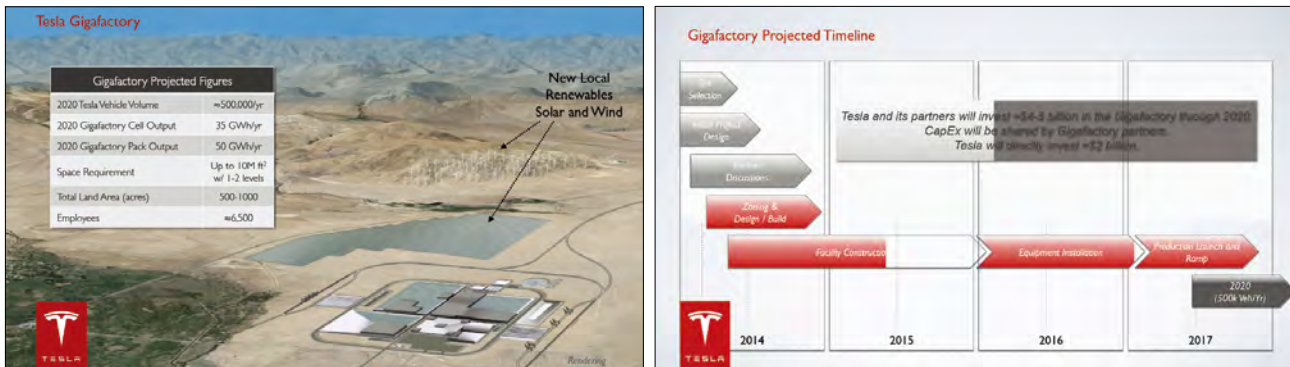


그림 1 | 테슬라모터스의 기가팩토리(Gigafactory) 프로젝트

출처 | 비즈니스 인사이더

뷰에서 한 고백을 참고할 필요가 있다.

그는 혁신과 성공 과정에서 남의 것을 모방하지 않을 수 없었지만 차별적인 새로운 것을 창조하기 위해 물리학적 접근이 필요했고 주변의 좋은 친구들의 피드백에 큰 도움을 받았다고 말했다. 실제 그가 창업한 테슬라모터스는 그 어느 누구도 시도해 보지 않은 방법으로 전기차를 설계하고 판매함으로써 경쟁자보다 한발 앞선 혁신과 창조를 이뤄가고 있다. 한 예로 소비자의 구매 기준이자 제품의 핵심 가치인 신뢰성을 보장하기 위해 신뢰성 설계(Design for Reliability 또는 Designing-in Reliability) 프로세스와 도구를 엔지니어링 조직에 적용했다. 이것은 현장 운영 경험이 적고 제품 고장 이력이 없는 테슬라모터스의 약점을 보완하기 위한 불가피하고 현실적인 조치였다. 제품을 설계할 때부터 과학적인(물리적인) 방법을 적용해 신뢰성을 강화하고, 제품 물리 모델과 시뮬레이션 도구를 이용해 잠재적인 위험을 미리 배제하고 다양한 사용환경 시나리오를 검증하고 분석했다.

테슬라모터스의 전기차는 가솔린차와는 다른 독특한 특징이 있다. 단순히 E/E 구성품이 늘어나는 것 이상으로 전혀 다른 기술적, 사회적, 경제적 요건들을 해결해야 했다. 주행 연료인 전기를 공급하는 충전 인프라의 구축 필요성에서부터 충전시간이라는 새로운

변수도 고려해야 했다. 전원 공급과 동시에 가솔린차는 운행 준비가 된 것으로 가정할 수 있지만, 전기차는 이러한 가정이 반드시 옳다고 할 수 없다. 그렇지 않아도 고객의 안전을 보장하기 위해 테스트에 엄청난 인력과 돈을 투입해온 OEM과 부품공급업체들은 이런 새로운 부담과 한계를 극복하고 상쇄할 기술과 방법을 고안하지 못한다면 글로벌 경쟁에서 낙오할 수 있다는 점을 지적하고 싶다.

전통적으로 기업들은 제품 설계를 마치고 프로토타입을 만들어 테스트한 후 문제가 생기면 새로운 프로토타입을 다시 만들어 테스트를 반복하는 방식으로 신뢰성(전자기기 포함)을 개선해 왔다. 그 동안은 미국 국방성에서처럼 각 부품의 신뢰성 데이터와 마진(margin)을 기준으로 제품을 평가하고 신뢰성과 수명을 예측할 수 있었다. 그러나 빠르게 변화하는 차세대 전자기기는 더 이상 이러한 데이터 기반 접근방법만으로는 충족할 수 없는 것이 많다. 하루가 멀다 하고 시장에 소개되는 신기술과 신 모델, 더 빨라진 제품 수명 주기, 글로벌 경쟁구조에도 대응해야 하는 것이 기업의 냉정한 생존 현실이 됐다.

현실은 이제 정적이고 수동적인 대책만으로는 부족하고 전혀 새로운 방법으로 전자기기의 신뢰성을 확보해야만 한다. 그런 이유에서 전자기기의 신뢰성(고객 관점에서 사용 수명 기간 동안 정해진 목표의 기능과

성능을 차질 없이 발휘하는 능력이라고 정의)도 이제는 기계나 건축 구조물처럼 물리적인 시각과 방법으로도 다뤄야만 한다. 이 물리적 접근법은 새로운 시도는 아니며 이미 50년 전부터 미 국방성이나 NASA, 신뢰성연구센터, 대학교 등에서 광범위한 연구와 실험을 통해 정립되고 검증돼 왔다.

다양한 물리적 부하(예 열, 진동 등)에 잠시 또는 지속적으로 노출될 경우에 일정한 고장 유형으로 진행되는 고장 메커니즘의 이해와 수많은 연구를 통해 고장 메커니즘의 정형화(예 물리방정식)가 가능해지면서, 이 과학적인 접근법은 자동차나 항공기와 같은 상용 제품에도 활용될 수 있게 됐다. 다만 복잡한 부하 환경에 동시에 적용되는 경우처럼 아직까지는 고장 메커니즘이 충분하고 정확하게 규명되지 못한 영역이 남아 있는 것도 사실이다.

PoF 상용 도구

최근 들어 컴퓨터를 이용한 설계(CAD) 및 해석(CAE) 도구나 기술이 빠르게 확산되고 있다. 이를 바탕으로 그 동안 전문가들만의 연구 영역으로 남아있던 신뢰성 예측 분야에서도 PoF(Physics of Failure, 고장물리학) 도구라는 이름으로 상업적인 솔루션이 출현하게 되었고, Sherlock ADA™은 이 분야 최초의 상용 제품이다. 이 솔루션을 이용한 수명 예측 방법을 한마디로 표현하면, 고

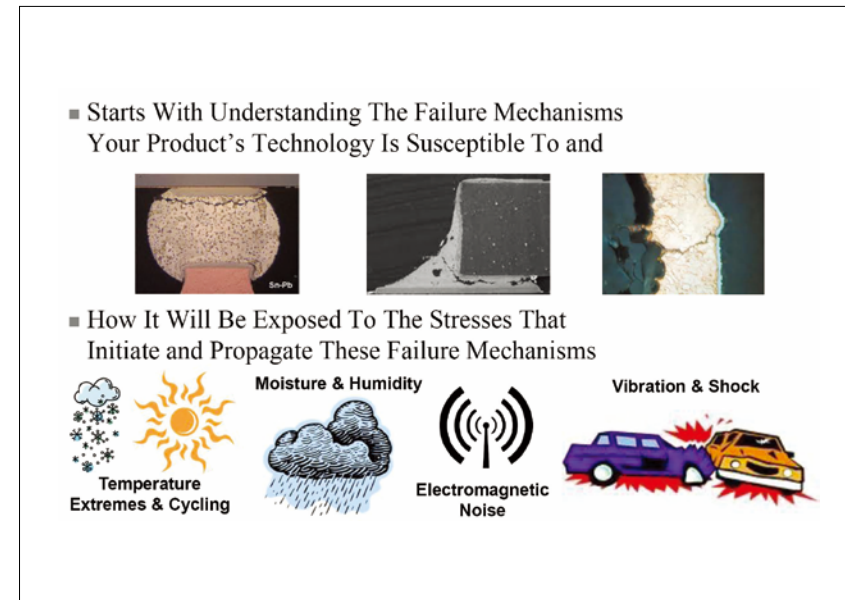


그림 2 | Sherlock ADA™ 방법론

출처 | DfR Solutions

장 메커니즘의 과학적 이해를 바탕으로 시간의 흐름에 따라 고장이 어떻게 발생하고 전파되며 궁극적으로 어떤 결함으로 나타나는지를 예측하는 과학적인 방법이다(그림 2).

그러면 이런 고장물리적 방법의 필요성이나 중요성이 점점 증가하는 이유는 무엇인가? 실제로 전자기기에 사용되는 반도체는 더 미세해짐에 따라 작은 충격이나 열에

도 더 쉽게 영향을 받고 오작동으로 이어질 수 있다.

기업이 물건을 만들어 고객에게 인도한 후 품질 문제가 발생하고 나서야 제기된 고객 불만과 피드백을 바탕으로 새로운 제품을 설계하고 상품화하는 방식은 이제 더 이상 달라진 경쟁 환경을 따라잡을 수 없다. 이러한 문제를 체계적으로 해결할 수 있는 방법(예 전자제품의 설계 시점부터 가상 물리 모델로 다양한 사용 조건과 시나리오를 가정해 과학적인 방법으로 신뢰성 시뮬레이션을 실행해 본다. 그리고 실제 현장에서 전 수명 주기를 통해 나타나는 다양한 고장을 모니터링 하고 피드백 받아 구성된 물리 모델을 정교화 하는 과학적 프로세스를 체계적으로 운영한다.)을 고안해야 하는 것이 글로벌 경쟁기업이나 글로벌 기업이 되려는 국내 기업에게 꼭 필요하게 됐다.

수명 예측을 통한 신뢰성 보장
친환경차를 개발해 생산, 판매하는 글로벌 선진기업에게는 수명 예측을 통한 신뢰성 확보와 보장이 무엇보다도 중요하다. 이들 기업 중에는 앞서 언급한 테슬라모터스, GM 등과 같은 자동차 기업과 비아셋

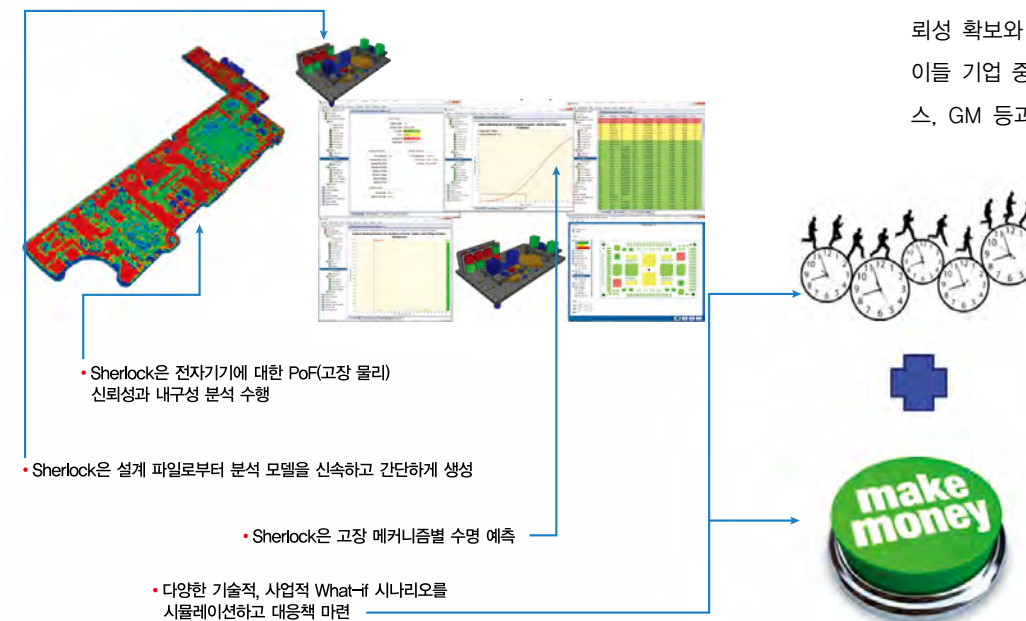


그림 3 | 자동차 E/E 하드웨어 모델링 및 시뮬레이션의 목적과 가치

(ViaSat)과 같은 인공위성 기업이 있으며, 이들과 함께 일하는 글로벌 공급망 내 기업들에도 점차 적용 시도가 늘어나면서 자연스럽게 국내 거래 기업들도 2~3년 전부터 영향을 받기 시작했다.

그러면 자동차 전자기기의 신뢰성 예측과 보장 도구인 Sherlock ADA™이 자동차의 수명 주기 전반에 걸쳐 어떻게 물리적이고 과학적인 지식을 활용하고 E/E 하드웨어의 고 신뢰성을 확보하고 보장할 수 있는지 알아보자(그림 3).

Sherlock ADA™의 사례를 기준으로 하여, 제품의 전 수명 주기에 걸쳐 각 단계별, 용도별로 물리적 지식과 접근법을 활용하면 어떻게 데이터 기반의 전통적 접근방법을 보완하고 대체할 수 있는지 설명한다.

1) 신제품 또는 선행개발 E/E 하드웨어의 신뢰성 보증을 위한 Sherlock ADA™과 고장 물리 지식의 활용

친환경차 관련 신제품이나 신기술이 적용된 전장품의 경우 실제 제품이 생산되어 판매된 이력이 거의 없기 때문에, 판매된 제품이 고객 손에 인도되고 난 후 신뢰성 문제가 발생하지 않도록 설계하고 생산하는 것이 매우 중요하다. 물론 이전에 비슷한 제품이 판매됐고 품질 및 고장 이력이 잘 관리됐다면, 이 데이터를 참고해 제품을 만들어 테스트 해 보면 어느 정도 신뢰성을 달성할 수 있다. 그러나 신뢰성 데이터가 부족하거나 없는 신기술, 신제품이라면 문제는 달라진다. 물론 전통적인 D-B-T-F(설계-제작-테스트-해결) 신뢰성 향상 방법론이나 다른 경험 많은 엔지니어의 전문성에 의존해 단계적으로 시간을 두고 신뢰성을 높여갈 수 있다. 하지만 치열한 경쟁 환경과 경제적 부담을 고려하면 (그림 4), 이는 충분한 대책이 될 수 없다.

Sherlock ADA™은 이런 신뢰성 문제

를 설계 단계부터 철저히 배제할 수 있도록 한다. 이 도구는 E/E 하드웨어 설계(보통 거버 파일 또는 다른 표준 포맷)를 기준으로 제품에 대한 물리적인 속성(크기, 무게, 재질 속성 등)을 특성화 해 가상의 물리 모델을 만든다. 이후 제품 신뢰성 목표와 사용환경을 정의해 다양한 부하 상황에 대한 취약성이 어디에 존재하고, 어떤 신뢰성 수명곡선

을 나타내는지를 시뮬레이션 한다. Sherlock ADA™은 E/E 하드웨어를 물리적(구조, 재료, 화학, 수학 등)이고 과학적인 자료와 근거에 따라 모델링하고 시뮬레이션함으로써 고장 메커니즘이라는 고장 근본원인에 집중된 신뢰성 분석을 한다. 여기서 사용되는 과학적인 기법들은 유한요소분석(FEA), 고장 메커니즘에 대한 공식/실험/자료 활용(그림

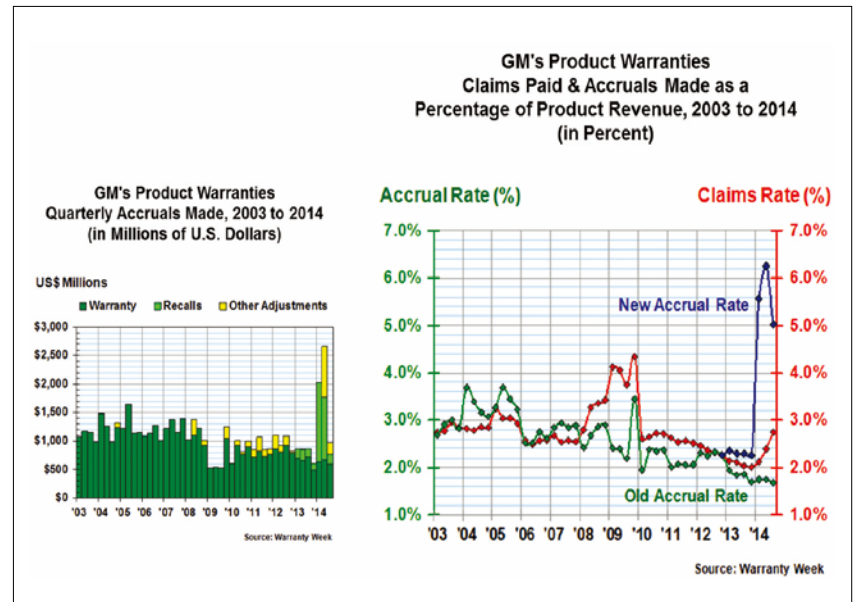


그림 4 | 신뢰성 문제로 인한 자동차(GA) 경제적 부담

출처 | Warranty Week

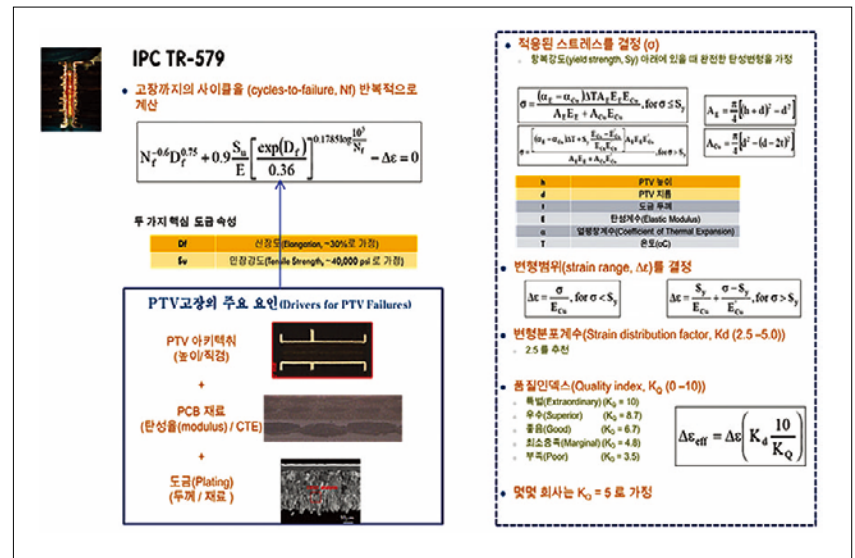


그림 5 | 도금 두께가 PTH(도금 스루홀)에 미치는 영향

출처 | Exleert

5), 3D 시각화 소프트웨어 기술 적용, 패키지 표준과 PCB 재료의 특성 라이브러리, 기존 전자제품 설계 도구들과의 전자적 연결(거버 또는 ODB++) 등을 들 수 있다.

2) HALT 테스트 효율과 적합성 개선을 위한 Sherlock ADA™과 고장 물리 지식의 활용

HALT(초가속 수명 테스트)는 설계 약점을 빠르게 노출시키기 위해 단계적으로 더 높은 스트레스를 적용함으로써 제품의 운영 마진을 향상시키고 더 높은 신뢰도를 달성하기 위해 시행한다. 보통은 제품을 진동과 열 사이클링에 동시에 노출시키는 것으로 테스트 과정에서 제품 고장이 나타나도록 하는 것이 목표이며 대개 수 주 내에 테스트가 끝난다. 이 테스트는 제품 수명을 예측하는 것이 아니지만(즉 가속계수를 알지 못함) 이미 신뢰성이 알려진 이전 버전 제품들과 하나하나 비교해 볼 수 있다면 매우 유익한 테스트다. HALT 테스트의 장점은 ▶ 제품 도입 초기에 잘 발견되지 않는 결점을 노출시키고 ▶디자인 마진을 발견하여 개선하며 ▶전반적인 개발 시간과 비용을 줄이고 ▶HASS(Highly Accelerated Stress Screening) 또는 ESS(Environment Stress Screening)를 개발하는 것이지만, 기본적으로 “합격/불합격” 테스트는 아니다. HALT가 가치를 가지려면 유효한 근본 원인 분석(Root-Cause Analysis)이 테스트와 연계될 필요가 있다. Sherlock ADA™을 HALT 또는 HASS 테스트와 결합하면 이전에는 가능하지 않았던 효과를 얻을 수 있다. 제품의 모델링과 시뮬레이션을 통해 얻은 예측과 실제 테스트를 수행하면서 얻어지는 관찰 결과를 비교해 봄으로써 테스트 절차가 효과적이거나 적합한지 알 수 있다. 또한 HALT 테스트를 수행하기 전에 미리 주된 디자인 결함을 배제시킴으로써 HALT에 투입되는 테스트 시간과 비용을 절감할 수 있다. 예를 들어 치명적인 영향이 예상되는 주요 부품이 무엇인지

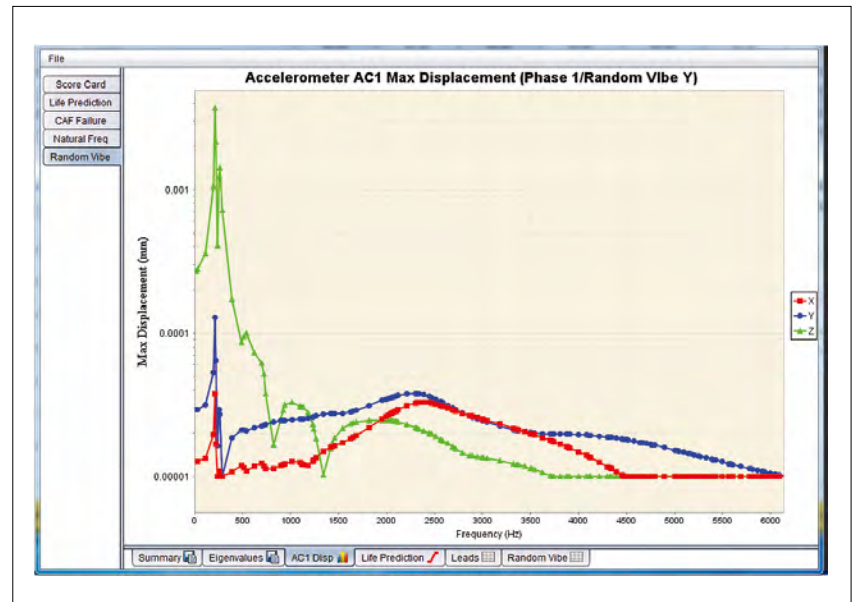


그림 6 | 가속도계 반응 시뮬레이션 예측

출처 | DfR Solutions

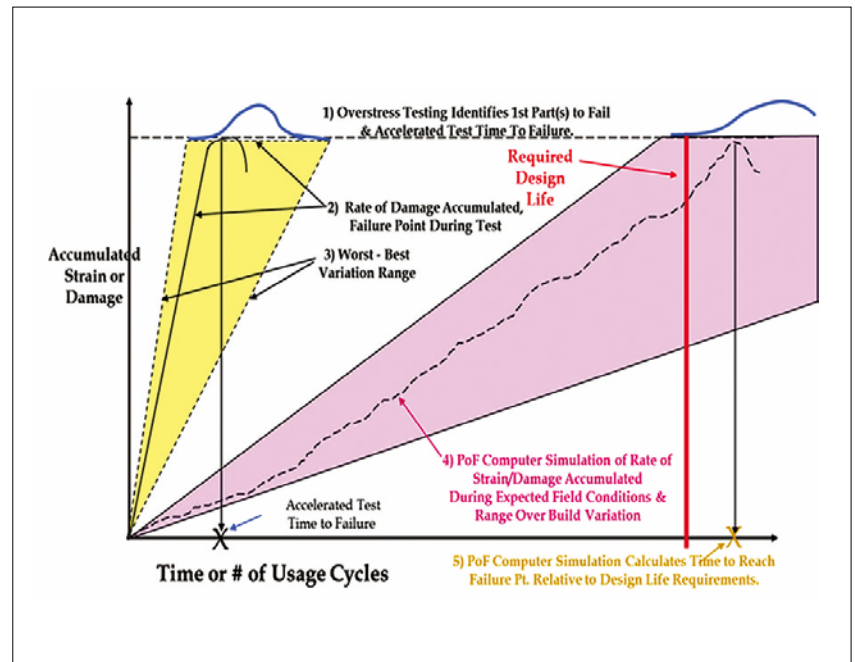


그림 7 | 수명예측 방법 도식

자료 | DfR Solutions

를 Sherlock ADA™ 설계 모델링 시뮬레이션의 가상 가속도계(Accelerometer) 기능을 통해 미리 확인했다면(그림 6), 실제 HALT 테스트에 가속도계를 해당 부품에 달아 테스트 실행 시 발생한 영향을 측정하고 비교해 필요한 조치를 취할 수 있다.

3) TS/PTC 테스트 결과 특성화와 신뢰성 개선을 위한 Sherlock ADA™과 고장 물리 지식의 활용
열충격(Thermal Shock)과 열사이클링(Power Temperature Cycle) 테스트는 제품의 개발 초기에 샘플이 준비되고 나면 제품

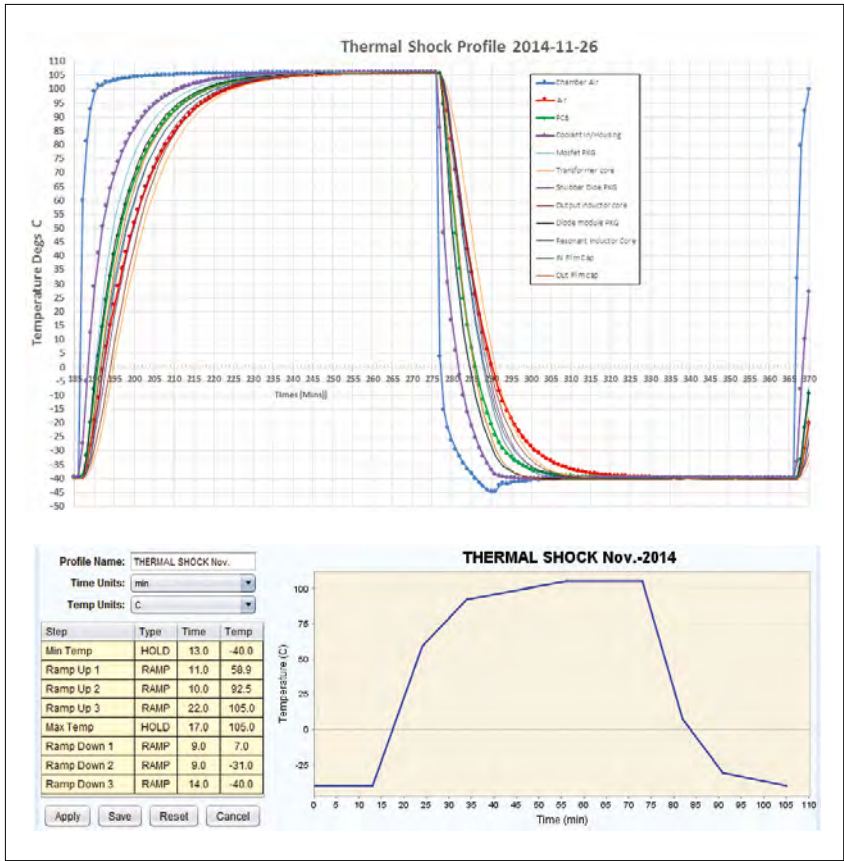


그림 8 | 열충격 테스트 및 특성화 예

출처 | DFR Solutions

신뢰성을 테스트해 보는 주요 과정이다. 이를 통해 제품이 어떤 열적 영향을 받고 어떤 반응 특성을 나타내는지 확인할 수 있다. 보통은 현장 신뢰성 보증을 위해 제품 수명 기간을 초과하기에 충분하도록 사이클 타임을 설정하게 되고, 전 수명 주기 동안 받게 될 다양한 부하 요인들을 제품이 잘 견뎌 낼 수 있는지를 테스트 해 보는 목적으로 시행한다. 여기서 주목할 점은 설계 시 계획한 목표 사양 대비 실제 물리적 샘플의 테스트 결과가 어떤 차이를 보이고 있는지를 확인하고 조치하는 것이다. 그리고 열충격과 열사이클링을 테스트 할 수 있는 챔버 복합 환경 조건에서 샘플이 어떤 반응을 나타내는지 기록하고 분석한다. 이때 실제 PTC/TS를 수행하는 과정을 분석해 얻은 특성화 자료에 기초해 이 제품의 신뢰성이 전 수명 주기 동안 어떻게 반

응할 것인지를 예측해 보는 과정이 필요하다. 즉 테스트를 통한 샘플의 물리적 반응 상태를 분석함으로써 제품이 판매된 후 현장에서의 신뢰성을 추정해 볼 수 있다면, 매우 유의한 정보가 될 수 있다. Sherlock ADA™은 이런 목적과 용도로 사용할 수 있는 데, 테스트와 현장 간의 상관관계를 맺어주고 미래의 신뢰성에 대한 바로미터를 제공할 수 있다(그림 7). 또한 물리 모델과 시뮬레이션 제품 PTC/TS 특성화와 결합해 활용함으로써 개발 검증 기간이나 실제 테스트 수행 기간을 단축할 수 있는 방안을 찾을 수 있다. 이렇게 활용하면 정해진 기간보다 더 빠르게 시장 출시를 할 수 있고 인력과 테스트 장비의 효율을 높여 생산성과 경제성을 극대화 할 수 있다.

TS/PTC 테스트는 보통 진동 시험이나 습도 시험 등과 연계해 순서대로 시행해 복

합 환경 부하를 거치는 동안 제품이 어떤 반응을 하는지 확인하는 것으로, 열적인 영향을 많이 받는 친환경차의 E/E 하드웨어에서는 필수 테스트다. 보통 정확한 결과와 효과적인 테스트가 수행되기 위해서는 대류성, 전도성, 방사성 열 메커니즘에 대한 이해가 있어야 한다. 또한 올바른 테스트 진행을 위해 열전대 부착 위치나 테스트 장비 능력을 정확히 알고 있어야 한다. 이 과정에서 물리적 지식에 근거한 모델링과 시뮬레이션을 시행할 수 있고 특성화된 결과 값을 고장 메커니즘과 결합함으로써 현장에서의 신뢰성을 가능해 볼 수 있다(그림 8). 만일 특성화 방법과 관련 열지식이 없고 고장 메커니즘에 대한 충분한 이해가 없다면, 새로운 기술로 만들어지는 새로운 신제품이 총 수명 주기에 준하는 테스트를 거치더라도(가속계수가 없기에 리스크를 가지고 근사치를 활용할 수밖에 없다) 현장 상황을 그대로 대변하기 어렵다. 물론 RLDA라는 추가적인 프로세스를 거치게 되면서 보완적인 작업은 할 수 있겠지만 결국은 시장에 판매되고 나서 전 수명 주기 10~15년을 거쳐야만 고장 데이터가 단계적으로 축적되고 다음 제품에 반영할 수 있게 된다. 신기술 신제품에 대해 안전과 신뢰성을 보장해야 하는 최종 책임이 있는 자동차 OEM 입장에서는 결국 현장 고장이나 리콜 부담을 감수할 수밖에 없다.

데이터에 기초한 신뢰성 확보는 현장 고장 피드백/데이터가 없는 상황에서는 근본적으로 대응이 불가능하다. 따라서 전과 달리 현장 상황을 설계나 테스트 결과와 비교하고 상관관계를 적어도 근사치로라도 살펴 봐야 하는 방법론이 필요하다. 이것이 바로 Sherlock ADA™이 활용하고 있는 물리적 지식(PoF)을 적용한 SAT(Simulation Assisted Test) 방법론이다. 이미 선진 글로벌 기업은 새로운 신뢰성 예측 및 보장 도구로 사용하고 있으며 적용분야도 자동차, 항공, 국방 등으로 점차 확대되는 추세다. AE

RELIABILITY PREDICTION AND GUARANTEE OF AUTOMOTIVE E/E

Sherlock ADA™: 자동차 E/E의 신뢰성 예측과 보장(2/2)

고객의 정확한 사용환경과 그에 따른 영향을 프로파일 데이터베이스로 만들어 기업의 핵심 자산으로 축적하고 가치화함으로써 다른 경쟁자와 차별화를 꾀할 수 있다. 자동차 E/E의 신뢰성 문제와 이슈는 Sherlock ADA™의 차별적 기능인 고장 메커니즘을 적용해 해결할 수 있다.

글 | 권 형 안 대표, 엑슬리트엠텐지 _ hakwon@ex1337.com

자동차 E/E의 신뢰성 예측과 보장 도구로서 Sherlock ADA™와 물리 지식을 어떻게 활용할 수 있는지 지난 호에 이어 설명한다.

4) 제품 생산 단계의 신뢰성 확보를 위한 Sherlock ADA™와 고장 물리 지식의 활용

제품 생산 단계에서 가장 중요한 것은 생산된 제품의 생산 품질이다. 설계와 관련해서는 DFM(Design for Manufacturing) 기법을 적용해 제조 생산성을 높일 수 있고, 체계적이고 철저한 출하 품질 관리를 통해 불량 생산품을 선별해 내어 고객 품질 수준을 개선한다.

생산 과정에서 발생할 수 있는 고장 원인으로는 습기, 정전기, 취급 부주의 등이 있다. 생산 과정에서 발생한 신뢰성 고장 원인 중에서 Sherlock ADA™가 해결할 수 있는 것으로 ICT(In-Circuit Test) 분야가 있다(그림 9). ICT 실행 시 픽처 사용 충격으로 발생할 수 있는 모든 생산 상황을 점검하기 위해 생산업체는 수많은 테스트 포인트를 가정해 테스트해 보는 부담을 줄일 수 있다. 특히

BGA나 무연 솔더 이용이 늘어나면서 제품 출하 후 신뢰성 문제로 나타나는 경우, 매우 큰 손실(이미 많은 양의 제품을 생산한 이후에 발생하기 때문)이 예상된다. 실제로 글로벌 CM(Contract Manufacturer) 중에는 이런 고장 사례를 경험한 경우가 있다.

이처럼 개발이나 테스트 단계에서는 예측하거나 경험하지 못한 신뢰성 고장 원인이 생산 과정에서 발생하면, 제품이 생산돼 고객에게 인도되고 난 후에 발생한다는 점에서 주의가 필요하다. 발생 가능성은 낮지만 적절한 사전 조치가 이뤄지지 않으면 문제 발생 시 리콜 등 높은 비용 부담을 감수해야 한다. 이런 경우에는 설계와 생산 간의 책임 소재 규명도 어렵다는 점에서 제조업체 입장에서는 제품 출하 전에 꼭 수행해야 할 업무다.

5) 유지보수 업무의 효율적인 수행을 위한 Sherlock ADA™와 고장 물리 지식의 활용

자동차의 경우 10년 이상의 무상 유지보수를 제공해야 하고 안전성 보증을 해야 하기 때문에 제품 수명 주기 동안 품질 하자 제로를 목표로 하지만, 고객마다 다른 사용환경과 운행 패턴이 다르기 때문에 서로 다른 신뢰성 경험을 하게 된다. 즉 신뢰성 고장

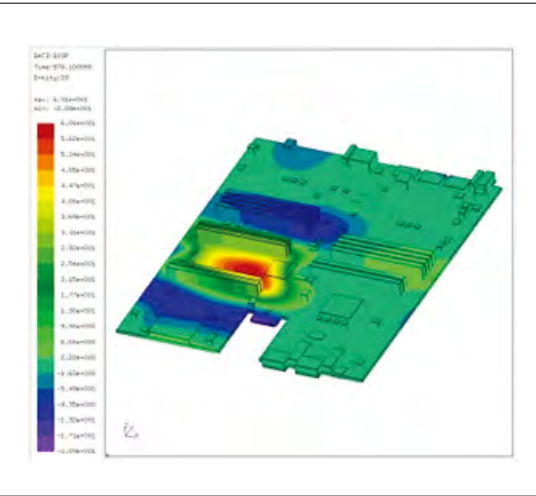


그림 9 | 생산 과정에서 ICT(In-Circuit Test) 부하 검토

이 현장에서 발생하게 되면 근본 원인을 조사하게 되고 이를 후속 제품에 반영하는 일관성 있고 체계적인 절차가 필요하다. 만일 ISO 26262, 유연 솔더 사용 규제 등 새로운 형태의 제품 관리 방식이 필요하게 되면 그 목표, 기준, 절차, 지침에 따른 유지보수(특히 신뢰성) 관리를 수행해야 한다. Sherlock ADA™의 경우, 설계 자료를 기준으로 설계 시점부터 부품 단위까지의 베이스라인 DFMEA를 반자동으로 구성하고 실행할 수 있도록 하는 기능을 사용해 물리적 과학 지식이 자연스럽게 신뢰성 업무 체계에 반영될 수 있도록 한다(그림 10).

6) 변형 제품 테스트 효율성 향상을 위한 Sherlock ADA™와 고장 물리 지식의 활용

자동차는 하나의 제품에 여러 옵션 기능을 가감할 수 있게 해 다양한 고객의 요구를 수용하고 판매 가격을 조절할 수 있다. 즉 기준품 하나에 여러 옵션이 가감된 변형품 여러 개가 존재하는데, 대부분의 변형품은 일부 기능의 부품을 제외하고는 기준품과 큰 차이가 없다. 그럼에도 변형품도 OEM의 자동차 본체에 장착될 독립 제품이기때 단위 모듈의 테스트나 통합 테스트 전 과정에 걸쳐 예외 없이 기준품과 동일한 테스트 과정을 거친다. 만일 변형품의 구성 내용이 기준품과 크게 차이가 없고 사용자 안전에 크게 지장을 주는 경우가 아니라면 굳이 비싼 비용과 시간, 노력이 요구되는 모든 테스트를 무조건 진행할 필요는 없다. 한정된 자원을 보다 핵심 기능과 신기술 개발에 집중한다

면, 자원 효율성도 높이고 신제품 시장 출시 기간도 많이 줄일 수 있는 현실적인 방안이라고 할 수 있다(그림 11). 물론 대안 없이 이렇게 프로세스를 바꾸는 것은 위험한 일이지만 신뢰성(고객의 입점)을 보장할 수 있는 대안을 충분히 확보한다면 현실적인 방법이라고 할 수 있으며, 과학적인 방법인 Sherlock ADA™를 그 해결책으로 고려해 볼 수 있다. 이미 글로벌 OEM과 서플라이어들은 치열한 경쟁, 빠른 제품 주기, 과도한 테스트 비용 등의 문제를 현명하게 극복하기 위한 방법으로 이러한 시도를 하고 있다. 즉 설계 이후에 컴퓨터 상에 가상 물리 모델을 만들어 시뮬레이션 한 후 OEM에게 그 결과를 제출해 “설계 신뢰성 검증”을 받고, 제품 샘플이 만들어지면 신뢰성 시험(TS/PTC와 같

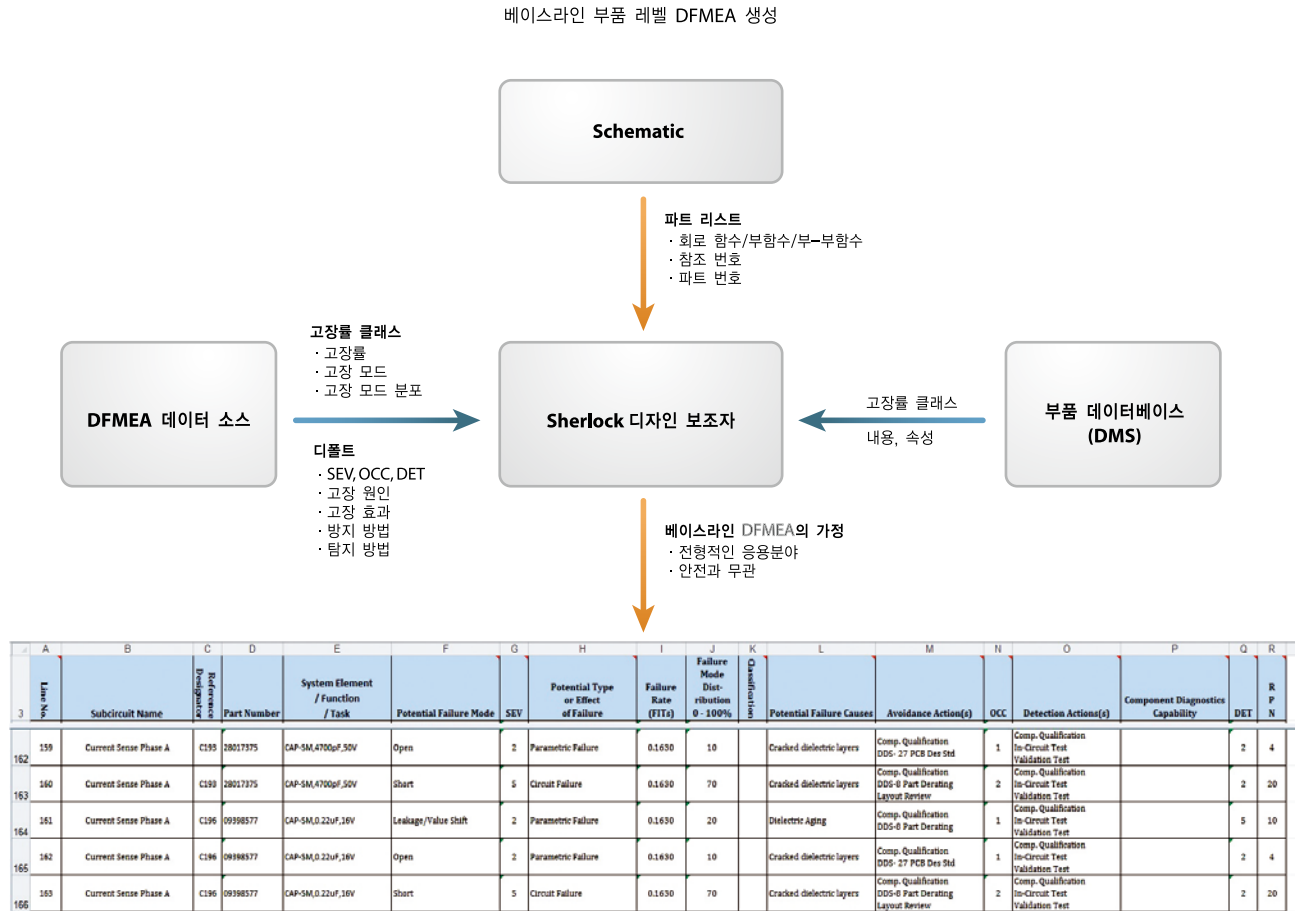


그림 10 | 부품 레벨의 DFMEA 실행 사례

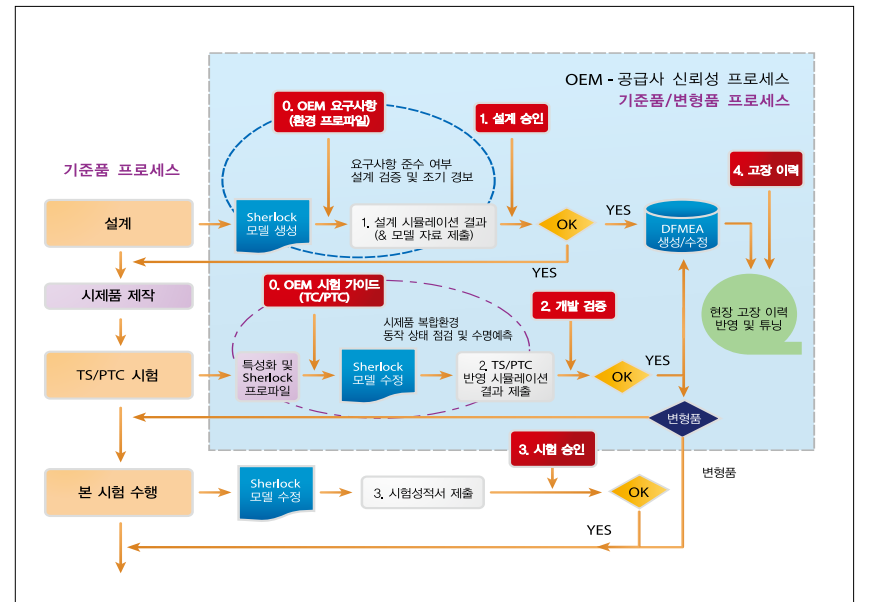
출처 | Delphi

은 복합 환경)을 한 후 그 결과로 “개발 신뢰성 검증”을 하고, 실제 제품이 만들어지면 양산 제품에 대한 “제품 신뢰성 검증”을 하는 단계를 수행한다. 여기서 중요한 사항은 “설계 신뢰성 검증”을 한다는 것이다. 이 방안은 전통적인 방법으로는 수행하기 어렵고, 기계적인 구성품이 주종인 기술된 차량에서는 사용되지 않는 기법이다. 그러나 E/E 하드웨어가 늘어나고 고 수준의 소프트웨어를 구동하기 위한 ECU가 도입되면서 상황이 달라졌다. 컴퓨터를 이용해 개발 제품의 물리적 모델을 만들고 다양한 부하나 고장 유형을 연동해 시뮬레이션 하는 것이 큰 가치를 지니게 됐고, 선진 글로벌 기업들은 이런 점을 간파하고 새로운 신뢰성 방법론을 도입하고 있다(그림 12).

7) E/E 소재 및 부품의 신뢰성 개선을 위한 Sherlock ADA™와 고장 물리 지식의 활용

전형적인 전자기기는 인쇄회로기판(Printed Circuit Board, PCB) 위에 부품을 실장하는 방법으로 제작된다. 이 구성된 제품을 다양한 부하로부터 보호하기 위해 적합한 모양과 재질을 가진 지지 구조와 케이스를 제작해 하나의 어셈블리 모듈로 구성하게 된다. 서로 다른 모듈 간에도 한 모듈에서 구성한 것과 유사한 방법으로 상호 간의 부하를 견디고 지탱해야 한다. 즉 기계적이거나 전자적인 어셈블리 형태의 구조물을 만들어 이들이 노출될 부하에 견디고 원하는 동작을 수행할 수 있도록 한다. 물론 어셈블리 모듈 내에는 소프트웨어를 탑재해 필요한 기능과 동작을 수행할 수 있도록 하지만, 이 글에서는 전자기기 하드웨어 신뢰성에 집중하도록 한다.

전자기기의 신뢰성을 단순화하면 PCB 신뢰성, 부품의 신뢰성, 접합부(솔더, 리드 등) 신뢰성, 어셈블리 외부 케이스 구조물인 인클로저 신뢰성으로 크게 구분할 수 있다. 각 요소 신뢰성은 서로 다른 고장



출처 | Exleat

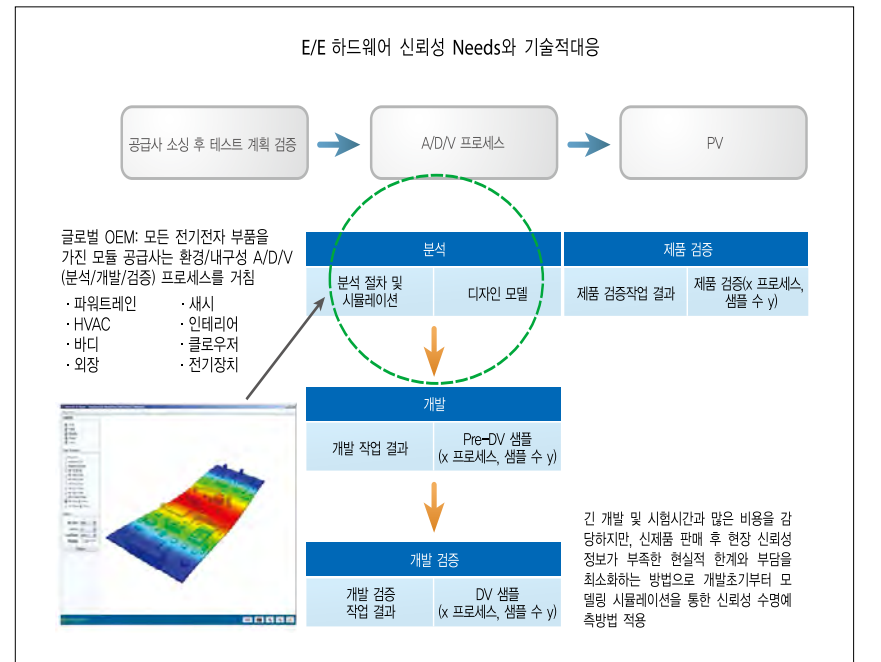


그림 12 | 신뢰성/기술적 요구와 새로운 해결 방안

출처 | Exleat

메커니즘을 따르게 된다. 고장을 발생시키고 전파시키는 근본 원인에는 수많은 요소들이 영향을 미치지만 어느 것이 주된 고장을 야기하는 지에 집중하는 것이 현실적이고 경제적인 선택이다. 신뢰성을 극대화하기 위해 최고 수준의(또는 최고가의) 재료와 부품만

으로 구성품을 선정해 제품을 설계하고 제작할 수는 없다. 현실에서는 신뢰성 확보와 더불어 최적화라는 현실적인 요구도 수용해야 한다. 즉 목표한 신뢰성을 만족하면서도 경제적으로 수용 가능한(예 가격, 경쟁 등) 제품이나 반제품을 만들어야 하기 때문에 각

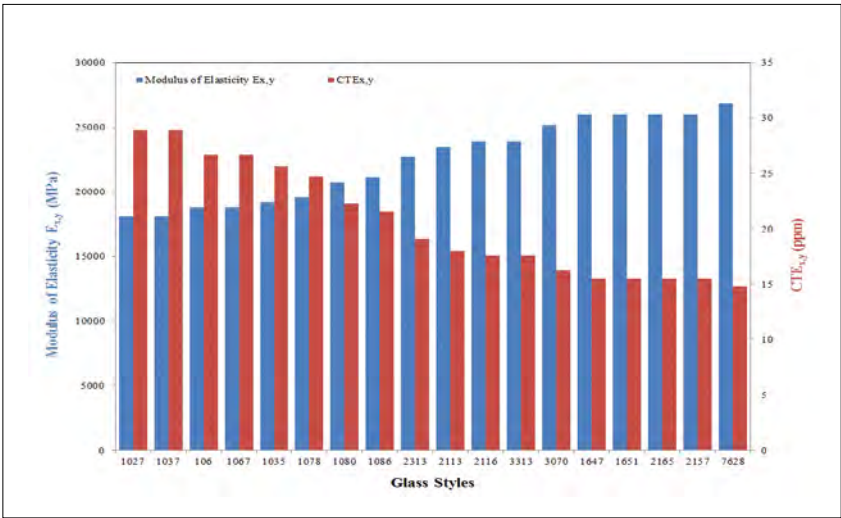


그림 13 | 라미네이트 글래스 스타일에 따른 열팽창계수(CTE) 및 탄성계수 출처 | DfR Solutions

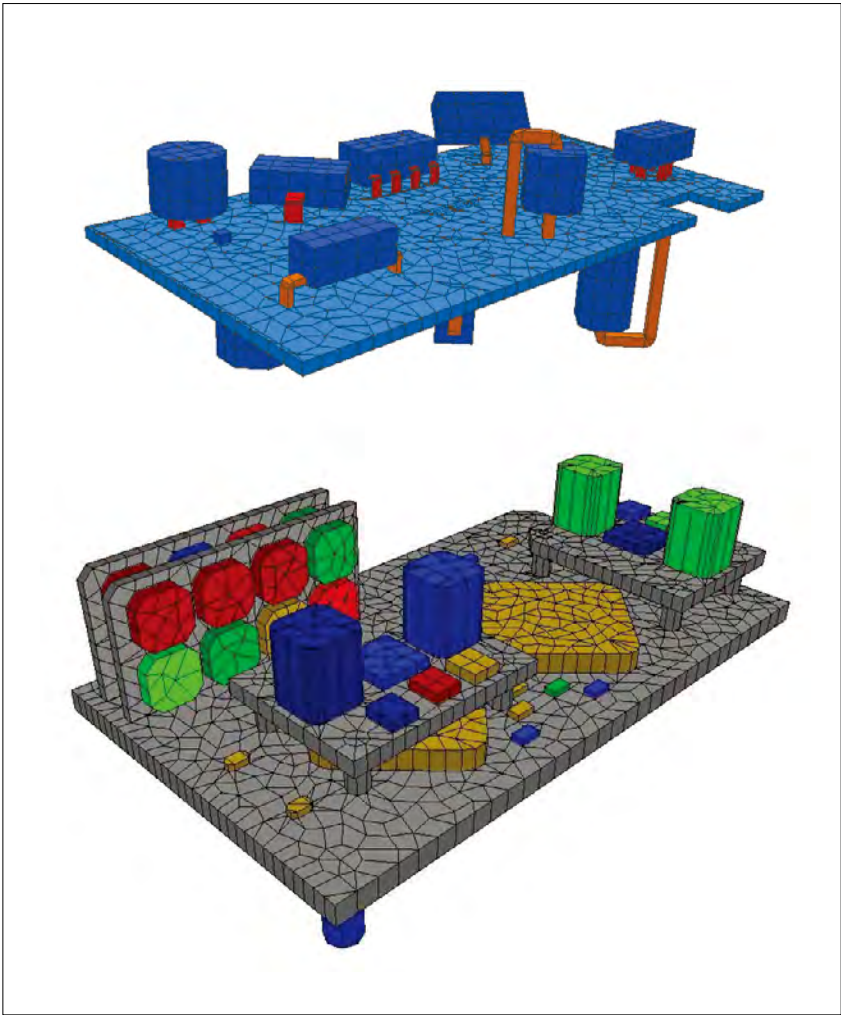


그림 14 | 다양한 종류의 리드 및 어셈블리 보드 모델링 및 시뮬레이션 출처 | DfR Solutions

설계 선택사항 간에 트레이드오프를 이해해야 하고, 고객의 다양한 요구에 맞춰 여러 What-if 시나리오를 미리 적용하고 판단해야 한다. 따라서 자신이 설계한 제품의 가상의 물리 모델을 만들어 보고 이런 상황들을 제품 프로토타입 제작 전에 미리 시뮬레이션 할 수 있다면, 설계자의 입장에서 큰 도움이 될 것이다. 이런 방법에서 얻을 수 있는 유무형의 효과는 매우 크다.

PCB 라미네이트 재료를 교체할 경우 어떻게 신뢰성이 달라지고(그림 13), 제품의 조립 구조, 부품 실장 방법, 리드 구조에 따라 제품 신뢰성은 어떻게 달라지며(그림 14), 무연 솔더 재료로 바뀌게 되면(자동차에서는 2016년부터 강제화 될 환경규제) 과연 현재의 수명과 신뢰성이 유지될 수 있을 지를(그림 15) 생각해 보면 기업의 생산성은 물론 수익 구조에 큰 영향을 미칠 것이라는 것은 누구나 쉽게 짐작할 수 있다.

이러한 전자기기의 신뢰성 문제와 이슈에 대해 Sherlock ADA™는 고유의 차별적 기능인 고장 메커니즘 적용을 통해 해결한다. 이렇게 가상 물리 모델로 만들고 시뮬레이션 한 결과가 얼마나 정확하게 현실을 반영하고, 얼마나 일치하는 지를 확인하기 위해서는 필요한 설계 자료가 잘 수집되고 정확한 테스트 데이터의 확보 및 특성화가 진행되어야 한다. 그래야 정확한 분석 결과와 명확한 통찰력 제공이 가능하다. 또한 가상 물리 모델이 구성된 이후에는 실제 샘플 생산부터 제품 수명 주기 전반에 걸쳐 체계적으로 피드백을 받아서 가상 물리 모델을 정교하게 만들어가면서 시뮬레이션 고도화를 수행할 필요가 있다. 이러한 과정을 통해 기업은 고객의 정확한 사용환경과 그에 따른 영향을 프로파일 데이터베이스로 만들어 기업의 핵심 자산으로 축적하고 가치화함으로써 다른 경쟁자들과 차별화를 꾀할 수 있다.

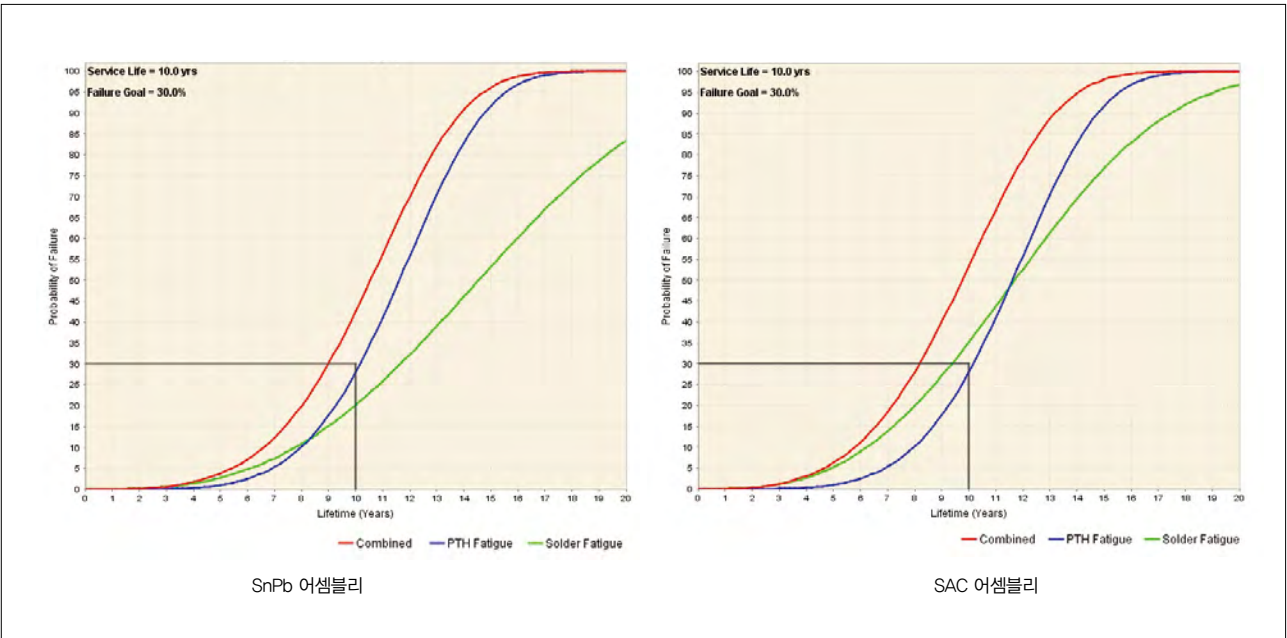


그림 15 | 솔더 차이에 따른 동일 제품 수명곡선 변화 및 차이 출처 | DfR Solutions

Sherlock ADA™의 기술적 기능

Sherlock ADA™는 설계자가 처음 제품을 설계한 후 제조를 목적으로 PCB 생산 업체나 자체 PCB 생산부서로 제공하는 거버 파일을 가져오기(Import)함으로써 제품 설계 기초자료를 받아들이는다. 제품을 구성하는 각 부품에 대해서는 BOM(Bill of Material) 파일이나 AVL(승인업체목록)을 통해 별도로 받을 수 있다. 최근 출시된 거의 모든 ECAD 제품이 지원하는 국제표준 포맷이나 국내 고객들 대부분이 사용하는 멘토 그래픽스(Mentor Graphics)사가 시장 표준 목적으로 만든 ODB++ 형식의 파일로 필요한 정보를 한꺼번에 가져오기를 할 수 있다. 이때 부품은 제조사와 모델명이 필수적인 키 정보인데, 이를 통해 JEDEC 표준 패키지 정보를 확인하고 그 물리적 특성을 일치시킴으로써 Sherlock ADA™ 사용자의 자료 입력 부담을 크게 줄여준다. 다시 말해 ECAD와 CAE 간의 단절된 정보 전달 경로를 전자적으로

통합할 수 있도록 함으로써 독립적인 두 부서나 엔지니어 간 유기적인 업무 수행을 도와준다. 또한 Sherlock ADA™는 Abaqus나 Ansys와 같은 상용 해석도구의 선처리(보드 전체의 모델화 과정)를 한 후, 특별한 관심 부위나 사안에 대한 전문가 해석(예, 특정 조건 열 상세 분석) 도구로 모델 자료를 내보내기(Export)하는 연동 기능이 있다. 아울러 그 수행 결과를 다시 가져오기(Import)하여 후처리(결과를 종합하여 수명 분석)를 할 수 있도록 함으로써 서로 다른 고유 기능과 엔지니어링 자원을 통합함으로써 동시 엔지니어링(Concurrent Engineering) 적용을 통한 생산성 향상에도 기여한다. 물론 시장에서 통용되는 상용(Off-the-Shelf) 부품과는 다른 한정된 고객만이 이용할 수 있도록 설계돼 만들어진 고유의 구성품은 그 맞춤형 사양을 직접 입력해 처리할 수 있다. Sherlock ADA™는 해당 정보의 출처가 어디인지를 나타내고 추적하는 기능도 보유하고 있어, 다양한 고객 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 유연성을 가지고 있다. 이전에 없던 새로

운 라미네이트 재료가 시장에 출시된다면, 내부 라이브러리에 포함시켜 매 프로그램 실행 시 자동으로 반영될 수 있도록 하고, 경우에 따라서는 엔지니어가 직접 자료를 입력하고 관리할 수 있도록 한다.

이렇게 자료의 가져오기(Import)와 입력이 마무리 되고 나면, PCB의 각 층별 속성을 기준으로 PCB 전체의 물리적 통합 속성(예, 총 두께 및 재료)을 산출해 PCB를 3차원 가상 물리 모델로 만든다. 이어서 해당 PCB 상의 지정된 위치에 정의된 부품들을 올바르게 배치함으로써 보드 어셈블리 전체에 대한 3차원 가상 물리 모델을 생성한다. 물론 보드가 여러 개 어셈블리로 구성된 경우라면(예, 메인 보드와 메모리 보드), 개별 보드별 가상 물리 모델을 포함한 전체 보드를 통합한 3D 어셈블리 가상 물리 모델을 구성해 시뮬레이션 분석을 할 수 있다. 이제 어셈블리 전체 모델이 생성되고 나면, 이 모델에 적용될 부하와 그 환경(또는 단계)을 정의한 후, 이 보드 어셈블리가 수명 주기 동안 유지해야 할 신뢰성 목표를 지정(예, 15년 3%이내)

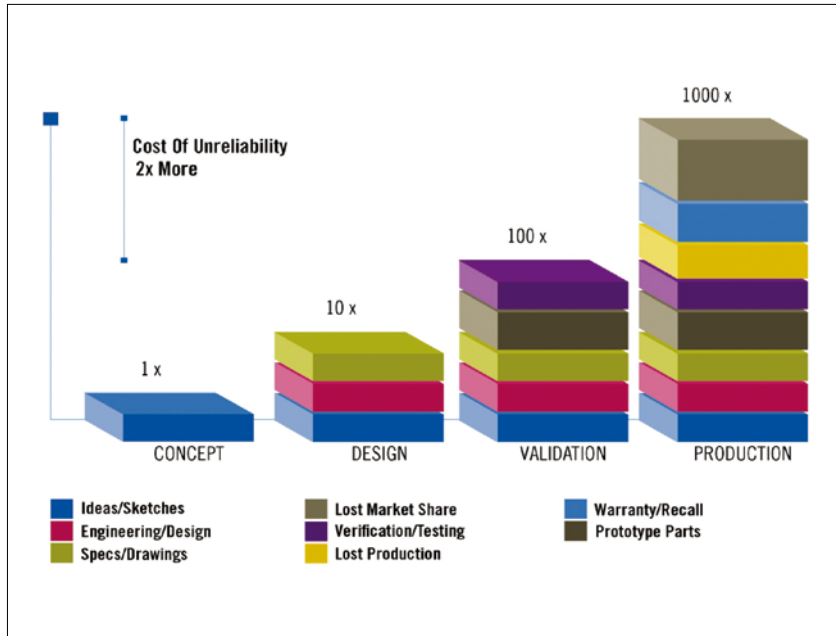


그림 16 | 신뢰성 경제학

출처: DFR Solutions

하고 나면 시뮬레이션을 실행할 준비가 마무리된다. 가상 물리 모델을 구성한 후에 원하는 고장 메커니즘별로 Sherlock ADA™ 메뉴 상에 있는 여러 분석 도구를 실행함으로써 (예, 솔더 피로 분석, 도금 스루홀 수명 분석 등) 고객이 원하는 고장 메커니즘에 따른 신뢰성 예측결과를 얻을 수 있다. 분석결과는 색으로 표현된 스코어카드, 히스토그램을 통한 수명분포, 시간에 따른 고장 수치를 그래프로 도식화한 수명곡선 디스플레이를 포함한다. 좀 더 상세한 자료나 이해가 필요하면, 각 부품별로 구분된 변형의 정도와 수명예측 시간을 도표나 그래프의 형식으로 확인할 수 있고, 신뢰성 예측 상태를 도식화하여 3D 가상 물리 모델 속에 시각적으로 표시한다. 이렇게 함으로써 자신이 설계한 제품이 여러 형태의 환경 부하나 고객의 사용 시나리오에 따라서 어떻게 신뢰성이 달라지는지 미리 꼼꼼히 확인하고 필요한 조치를 취할 수 있도록 사용자에게 통찰력을 제공한다.

Sherlock ADA™를 이용하면, 설계 제품에 대한 프로토타입을 제작해 테스트를 진

행하지 않더라도 설계 단계에서 만들어질 제품의 신뢰성 상황을 전반적으로 조망해 보고, 만일 문제가 예상되거나 최적화가 필요한 부분이 있으면 설계에 반영해 수정할 수 있다. 이렇게 수정된 사항이 있다면, 프로토타입이 만들어진 후에 과연 변경된 부분이 원하는 결과를 내고 있는지, 아니면 다른 결과로 이어졌다면 그 이유는 무엇이었는지를 평가해 볼 수 있다. 즉 과학적인 원인-결과-해결에 집중하는 과정을 지원하는 도구라고 할 수 있다. 또한 실제 설계 내용에 따라서 모델이 구성됐기 때문에 부품 레벨 구성 단위까지 제품 하드웨어 해부 구조(Breakdown structure)가 자동적으로 생성되도록 할 수 있다. 이를 통해 제품의 생산과 판매 이후에 테스트나 사용 과정에서 피드백 될 설계 고장 모드 효과 분석(Design Failure Mode Effects Analysis, DFMEA)을 별도의 정리나 응용 프로그램 개발을 통하지 않고도 손쉽게 수행할 수 있다. DFMEA 관리 방법은 다른 제품에서는 찾아볼 수 없는 독특한 기능으로 전자기기의 구조적인 특성에 잘 맞춰진 차별적 기능이다.

기대효과

Sherlock ADA™가 가진 차별적인 기능의 적용을 통해 고객은 투자와 동시에 비용의 절감, 생산성 향상, 매출과 이익의 증대라는 효과를 달성할 수 있다. 또한 진정한 의미의 신뢰성 경제학이라는 이전에는 쉽게 보이지 않던 효과를 실감할 수 있게 된다. 문제를 발견하고도 수정하지 않으면 1, 그 문제가 해결되지 않은 채로 제품이 만들어지게 되면 10, 만들어진 제품이 고객의 손에까지 들어가 고장으로 이어지면 100이라는 엄청난 비용을 기업이 부담하게 된다는 1:10:100 규칙이 그것이다 (그림 16).

이제는 제품이 고객의 손에 들어가 고장이 발생한 후에 설계를 고치거나 뒤늦게 공급자를 문책하려고 하는 방법만으로는 더 이상 만족해서는 안 된다. 또한 설계자가 제품 설계를 할 때 원가, 일정, 성능을 고려하듯이 제품 신뢰성도 필수적으로 반영할 수 있는 체계나 도구를 적극적으로 확보하고 활용해야 한다. 단순히 디자인 가이드라인을 가지고 있다는 것만으로는 부족하다. 또한 기업의 엔지니어링 조직을 서로 구조적으로 연결할 수 있도록 체계화해 동시 엔지니어링(Concurrent Engineering)을 지속적으로 심화해 가지 않는다면 글로벌 경쟁기업에 비해 고 비용, 저 효율, 저 생산성이라는 상황에 직면하고 기업의 경영 성과인 매출과 수익을 위협받게 될 가능성이 매우 높다.

이런 이유로 글로벌 선진기업들은 신뢰성을 높이고 보장하는 방법으로서 뿐만 아니라 기업문화와 시스템을 새롭게 바꾸어가는 방식으로 Sherlock ADA™를 사용하고 있다. PoF를 포함한 물리적인 과학지식을 새로운 제품을 만들거나 기업문화 혁신하는 데 이용한다는 점은 시사하는 바가 매우 크다. **AE**