

## 1. Sherlock 차별적 기능 요약

### ○ 전체수명기간 수명예측 곡선(신뢰성 예측 곡선)

- 전자제품 신뢰성 목표(수명기간, 성능)에 따른 수명 전기간수명곡선 제공
  - 라이프사이클 전체기간에 대한 환경, 사용요건을 단계별로 구분하여 물리적으로 정의 지원
  - 제품 어셈블리뿐 아니라 부품별 및 위치별 상세 수명(고장까지 기간) 곡선 제공
  - 고장모드, 고장위치, 고장메커니즘별 수명곡선 제공

### ○ 차별적이고 혁신적인 신뢰성 예측 방법

- 신뢰성 물리학(Reliability Physics) 또는 고장물리(Physics of Failure) 기반의 신뢰성 예측
  - 부품 패키지 형태별로 지오메트리, 재질, 구성요소에 따른 수명차이를 반영하여 제공하는 검증된 알고리즘 지원
  - 글로벌 시장에서 검증된 상용 도구
  - 국내 시장에서도 상용적용사례가 확보된 도구

### ○ 전자제품에 특화된 신속모델링 및 수명예측 정확성

- 전자제품 고유의 고장특성 반영(한 지점 고장이 전체고장으로 나타남)
- 전자제품 설계도 Gerber 또는 표준(ODB++, etc)으로 가져오기 기능 지원
- 기계해석도구 자체보유 및 다른 해석도구(Abaqus, Ansys, Nastran 등)와 수명 연계해석
- 3D 모델링 도구(예, Solidworks)와의 연계 방법 지원
- 정형화된 전자부품 가상모델을 신속히 만들기 위해 JEDEC 표준에 따른 패키지 모델 및 속성정의 기능
  - 전자제품 특이적 구조체(히트싱크, 코팅 & 포팅, 표면실장/트루홀 접합, 와이어, 솔더)에 대한 신속모델링 방법 지원
  - 맞춤형 부품 및 비정형 부품을 모두 반영한 가상모델 구성기능
  - 최신의 다양하고 복잡한 3D 패키징 부품을 신속히 모델링 하고 시뮬레이션 할 수 있는 기능제공
  - 여러 서브어셈블리를 하나의 구조체로 만드는 기능(예, 메모리 보드와 메인보드를 결합한 어셈블리)
  - 신뢰성 예측의 정확성을 담보할 수 있는 솔더(SAC305 등) 속성값 제공
- 전자제품 핵심구조체인 PCB 모델링, 트레이스 모델링, 라미네이트 라이브러리, 적층된 PCB의 복합구조체 물리적 속성값 자동계산

- 시장에서 통용되는 라미네이트 라이브러리 보유(700 개 이상)
- 적층된 PCB 의 종합적 물리적 속성값을 디자인 구조와 구성요소 속성값을 기초로 자동으로 산출

## ○ 가상 모델 What-if 분석기능 및 설계변경대안, 시험법 개발, 생산환경 신뢰성영향분석 지원

- 베이스라인 분석모델 결과에 따른 고장위험이 높은 부분에 따른 완화방법 옵션탐구
- 다양한 완화옵션중 최선 또는 차선의 대안을 고려한 신뢰성 예측 결과 대비
- HALT, 가속수명법 개발등 시험계획 및 결과를 연계 지원
- 다양한 옵션모듈을 통해 기업내의 설계 환경지원(테스트, 생산, 사후관리등. 예, DFMEA 를 통한 고장유형 및 원인 반자동 관리. 세부 사항은 개별 옵션 모듈별로 마련된 별도 기능 요약서 참고)

## ○ 다양한 기업내 파트 데이터베이스 운영체계 지원

- 전자 파트 지오메트리, 재료, 기타 속성값을 입력, 보관, 출처, 추정, 관리 할 수 있는 체계 및 데이터베이스 구조 보유.
- 기업내 부서간 공유를 위한 파트 데이터베이스, 전제 Sherlock 사용자 전체간에 파트정보 공유를 위한 글로벌 파트라이브러리 지원
- 기업 고유 AVL(Authorized Vendor List) 연계 방법지원

## 2. Sherlock 분석기능 요약

### 2-1. Sherlock 표준 모듈(코어)

#### ○ 솔더 피로 분석(Solder Fatigue Analysis)

솔더 조인트는 전자부품과 회로 보드간에 전기적, 열적, 기계적 연결을 제공한다. 온도가 변하는 동안 부품과 회로보드는 서로 다른 열팽창계수(Coefficient of Thermal Expansion, CTE) 의 때문에 서로 다른 양만큼 팽창하거나 수축한다. 이 팽창과 수축의 차이는 2 단계 솔더 조인트에 전단부하(Shear Load)를 가하게 된다. 전원의 ON/OFF 또는 주행성 사이클과 같은 온도 변화에 반복적으로 노출되면 솔더 몸체(Bulk Solder)에 손상을 가져올 수 있다. 온도 사이클이 추가된다면 마침내 크랙이 전파되고 궁극적으로는 솔더 조인트 고장으로 이어진다. 열기계적 솔더조인트 피로(Thermo-mechanical Solder Joint Fatigue)는 최대온도, 최저온도, 최대 온도 지속시간, 부품 디자인, 부품 재질 속성, 솔더 조인트 지오메트리, 솔더 조인트 재질, 인쇄보드 두께, 인쇄보드 평면(In-plane) 재질 속성에 의해 영향을 받는다. Sherlock은 적용된 힘(Applied Force), 변형범위(Strain Range)를 통해 변형에너지(Strain Energy)를 결정하고, 얻어진 변형에너지로부터 고장까지 시간을 추정함으로써 고장까지 시간(Time to Failure)을 계산한다.

#### ○ 진동분석(Vibration Analysis)

솔더 조인트는 전자부품과 인쇄보드간에 전기적, 열적, 기계적 연결을 제공한다. 인쇄 보드가 진동에 영향을 받게 되면, 보드 형상(Shape)과 곡률(Curvature)에 전체적 또는 국부적으로 변화를 가져온다. 구부러지는 정도는 특정한 부품 그리고 그들이 부착된 인쇄보드 영역마다 다르다. 이런 행동은 2 차 솔더 조인트에 변형(Strain)을 가져온다. 반복적인 노출이 있으면 손상은 축적되게 되어 크랙전파(Crack Propagation)를 야기하고 궁극적으로는 솔더 조인트 고장으로 이어진다. 진동이 초래한 솔더조인트 피로는 진동의 형태(Type), 진동 스펙트럼의 모양(Shape), 인쇄보드의 크기와 형상, 인쇄보드 평면(In-plane) 재료 속성, 지지(Support) 조건, 부품 디자인, 부품 재질 속성, 부품의 위치, 솔더 조인트 지오메트리, 그리고 솔더 조인트 재질에 의해 영향을 받는다. Sherlock 은 보드 수준의

변형을 반영하는 수정 스타인버그(Modified Steingberg) 식을 사용하여 고장까지 시간을 계산한다.

## ○ 기계적인 쇼크분석(Mechanical Shock Analysis)

기계적인 쇼크는 상당한 이격(Displacement) 또는 변형(Deformation)을 초래하는 가속 또는 감속(Deceleration) 때문에 하나 또는 여러 개의 비 주기적인 물리적인 부하가 갑자기 적용된 것이다. 기계적인 쇼크를 초래하는 공통된 이벤트는 낙하(Drops), 추락(Crashes), 화재(Firing), 충격(Impact), 또는 폭발(Explosion)을 포함한다. 기계적인 쇼크에 놓이면 솔더조인트 성능은 솔더의 연성(Ductility)과 연결체(금속간 영역, 본드패드와 회로보드사이의 인터페이스)의 연약성(Fragility)에 의해 좌우된다. 이 영역의 강도 및 쇼크이벤트 동안 이 곳으로 전달된 스트레스량은 고장이 발생할 것인지의 여부를 결정하게 된다. 이러한 판단은 순간의 동적 유한요소분석(Transient Dynamic FEA)과 스타인버그가 개발한 공식을 사용해서 쇼크 펄스에 대한 보드 변형(또는 곡률(Curvature)) 계산에 기초한다. 이 변형은 최대 허용가능한 변형(Maximum Allowable Strain)과 비교되고, 부품고장확률이 예측된다.

## ○ 전도성양극필라멘트 고장 분석(Conductive Anodic Filament (CAF) Failure Analysis)

전도성양극필라멘트 (Conductive Anodic Filament, CAF) 는 적용된 바이어스(Applied Bias) 하에서 인쇄회로보드 내에 구리 필라멘트가 이동하는 현상이다. 구리 필라멘트가 주변 도체와 연결되게 되면 갑작스럽고 예측하지 못한 절연저항손실(Loss of Insulation Resistance)이 야기될 수 있다. 튼튼한 인쇄회로보드를 구성하는 라미네이트와 프리프레그내에 들어있는 유리섬유묶음 구조의 직조를 따라서 항상 이 전이현상이 발생한다. 구멍뚫기 손상(Drilling Damage) 또는 큰 표면영역 구리가 존재하게 되면, CAF의 주도적인 고장 사이트는 도금된 쓰루홀(Plated Through Holes, PTH)간이 된다. CAF는 전기장 강도, 온도, 습도, 라미네이트 재질, 솔더링 온도, 제조결함의 존재에서 영향을 받는다. Sherlock은 인쇄회로 디자인과 산업계 베스트 프랙티스에 대한 품질 프로세스를 벤치마크하는 데, 이들로는 수직축(Orthogonal Axes)에 따른 도금된 쓰루홀 사이의 벽간거리(Wall-to-wall Distance), 중첩의 정도(Degree of Overlap), CAF 성능을 판단하기 위해 수행되는 검증의 빈도와 형태가 포함된다.

## ○ 열적 정격감소(Thermal Derating)

열적 정격감소분석 모듈은 사용자들이 라이프사이클 열 이벤트를 선택된 회로카드어셈블리 내에 사용된 부품의 최소 또는 최대등급 동작 및 저장온도와 비교할 수 있게 한다. 이 분석을 실행하기 위해 Sherlock 은 각 등급 부품의 온도속성을, 제품 수명사이클에 정의된 열 프로파일 각각 동안에 해당 부품이 경험해야 하는 온도와 비교한다. 각 부품에 대하여 각 이벤트 동안 점수가 계산되고, 기대되는 라이프사이클에 걸친 회로보드 전체와 개별부품에 대한 전체 스코어를 종합적으로 산출하기 위해 결합된다. 각 부품에는 최대 및 최저, 동작온도와 저장온도 둘 다 정의된다. 분석동안에 사용된 온도 형태는 동작(기본값임) 또는 저장인 열적 이벤트 라이프 사이클 상태에 의해서 정의된다. 부품 저장온도가 사용되지만, 저장온도가 해당 부품에 대해 정의되어 있지 않다면, 이 분석은 이루어지지 않고 동작온도를 사용하게 된다.

## ○ 도금쓰루홀 피로분석(Plated Through Hole (PTH) Fatigue Analysis)

도금된 쓰루비아(Plated Through Vias, PTVs)라고도 알려진 도금된 쓰루홀(Plated Through Holes, PTHs)은 전도성 금속(보통 구리)으로 전기화학적 도금이 된 다층 인쇄회로보드를 관통하는 홀이다. 이 도금된 구멍은 층간에 전기적인 연결을 제공한다. 이 도금된 구멍은 인쇄회로보드의 위와 아래에 고리모양 반지 야금학적으로 결합(Metallurgically Bonded)되어 있기 때문에 리벳같이 행동하고 PCB 를 제약하게 된다. 이 제약은 PCB 가 온도변화를 경험하게 되면 PTH 에 스트레스를 가져온다. 시간이 흐르면서 PTH 는 피로를 경험하게 되고 궁극적으로는 크랙 전파 때문에 고장나게 된다. PTH 피로는 여러가지 주요요인에 영향을 받는데, 이들로는 온도범위, PTH 직경, PTH 구리도금 두께, 구리 도금 재질 속성, 인쇄보드 두께, 인쇄보드 면외재료(Out-of-plane Material) 속성, 그리고 구리도금의 품질이 있다. Sherlock 은 인쇄회로보드속 작은 직경 도금된 쓰루홀의 라운드로빈 신뢰성평가 (Round Robin Reliability Evaluation of Small Diameter Plated-Through Holes in Printed Wiring Boards)라는 IPC-TR-579 속에 출판기록된 산업계수용모델을 사용하여 고장까지 시간을 계산한다 열사이클링(Thermal Cycling)하에 있는 PTH 의 수명계산은 3 단계 프로세스인데, 스트레스 계산, 변형범위 계산, 그리고 반복적인 수명시간 결정이 포함된다. *IMEC PTH 피로 모델이 옵션으로 선택될 수도 있다.*

## ○ 열기계적 분석(Thermo-Mechanical Analysis)

Sherlock 은 패키지 수준(Package Level)과 보드수준(Board Level) 상세내용을 3 차원 유한요소분석도구로 빠르게 통합할 수 있는데, 이 안에는 인쇄회로보드(PCB), 패키지 재질 속성 그리고 리드 지오메트리가 있다. 이 분석은 마운팅 근방의 조건과 부품 구성에서 전체적 또는 국부적 열팽창계수 불일치가 기여하는 것을 찾아낸다. 구리 트레이스나 비아속의 잠재적인 고장 위치를 결정함은 물론, 전자 부품의 상호연결상태 고장도 결정된다. 이러한 능력은 열확장동안 하중을 최소화하기 위해, 부품 타입 또는 레이아웃을 바꿈으로써 디자인 개선을 가능하게 한다. 열팽창동안 마운팅포인트와 부품의 상호작용을 이해하는 것은 열기계적 하중하에서 더 신뢰성이 높은 PCB 레이아웃이 되도록 담보한다.

## ○ 부품 크래킹분석(Component Cracking Analysis)

부품 크래킹은 다양한 열적, 기계적 환경하에서 발생할 수 있다. Sherlock 은 극단적인 조건하에서 크래킹위험이 있는 부품에 주시할 수 있도록 빠른 평가를 제공한다. 정의된 골절강도(Fracture Strength)속성을 가진 재질을 사용하는 부품에 대하여, 분석에서 얻어진 최대 부품변형(Part Strain)이 해당 재질의 골절변형과 비교된다. 만일 변형이 골절변형을 초과하게 된다면, 해당 부품은 크래킹위험이 있는 것으로 표시된다.

## ○ 부품 고장모드 분석(Component Failure Mode Analysis)

부품고장모드분석은 솔더조인트 피로와 관련이 없는 마모(Wearout) 때문에 생기는 고장을 예측하는 데 사용된다. 이 예측은 PCB 가 상대적으로 양호한 환경에 있지만, 마모가 부품의 수명에 주도적인 영향을 주는 경우에 중요하다. Sherlock 은 현재 전해질 콘덴서(Electrolytic Capacitors)에 대한 분석기능을 제공한다. 사용된 방법은 지원되는 업체가 제공하는 공식에 기초하고 있다.

## ○ 온도기반 FEA(Temperature-based FEA)

만일 제품이 완전히 통제되면서도 상대적으로 양호한 환경에서 사용되는 경우가 아니라면, 제품에 영향을 주는 열기계적 스트레스(Thermomechanical Stresses)가 있을 것이다. 차를

운전하거나, 마리아나 해구(Mariana Trench)를 탐험하는 잠수함을 보내거나, 태양주위를 도는 우주선을 발사하거나 할 때 이런 상황이 생긴다. 열적 및 진동 부하조건이 결합된다면 인쇄회로카드어셈블리 내의 부품 수명에 상당한 영향이 있게 된다. Sherlock은 PCBA의 피로수명 관점에서 온도의존적인(Temperature-dependent) 진동 및 쇼크를 평가할 수 있다. 이 분석은 에셈블리 전체에 존재하는 온도 의존적 재료의 기계적 속성을 고려한다. 사용자는 자신의 디자인은 빠르고 쉽게 모델링하고, 실제현장의 극단적이고 역동적인 환경에 기초해서 온도기반 시뮬레이션을 수행하여 더 정확한 피로 예측을 할 수 있다.

## 2-2. Sherlock 고급 모듈 옵션(Sherlock's Advanced Modules(Options))

### ○ 반도체 마모(Semiconductor Wearout)

Sherlock은 가용한 부품고유의 데이터에 기반하여 반도체 마모를 예측하는 능력을 제공하는 여러 방법을 사용한다. 이 예측은 적용가능한 부품의 마모결과와 수명예측값을 생성하는 반도체마모분석 모듈을 통해 제공된다. Sherlock은 SAE ARP 6338을 따르는 모델을 사용한다. SAE ARP 6338에 대한 더 정확한 정보는 <http://standards.sae.org/wip/arp6338/>에서 찾아볼 수 있다.

### ○ 포팅과 스테이킹(Potting & Staking)

포팅과 스테이킹은 회로카드에 더해져서, 회로카드 또는 부품을 보호하거나 지지한다. 이런 목적으로 사용된 레진은 회로카드의 기계적인 속성을 상당히 바꾸게 되며, FEA 분석을 사용할 경우는 언제나 고려되어야 한다. 이런 목적으로, Sherlock은 특정한 재료로 채워진 보드상의 3D 형상을 표현하는 하나 또는 그 이상의 “포팅영역”을 사용자가 정의할 수 있게 한다. Sherlock은 포팅영역에 포함되거나 교차하는 모든 부품 주위로 포팅 볼륨을 자동으로 채운다. 일단 정의가 되게 되면 포팅영역은 보드의 기계적 속성에 대한 영향을 결정하기 위해 생성된 3D 모델 또는 FEA 테스트에 선택적으로 포함될 수 있다.

## ○ 디자인 고장모드효과 분석(Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA))

디자인 고장모드효과 분석(DFMEA)는 고장모드와 효과분석을 제품 설계에 구체적으로 적용하는 것이다. 이는 실제 현실세계에서 제품 디자인이 고장날수도 있는 방법을 문서화하고 탐구하기 위해 엔지니어링에서 사용되는 기본 분석법(Paper-and-pencil Analysis)이다. DFMEA는 디자인의 핵심기능, 각 기능대비 주된 잠재 고장모드, 그리고 각 고장모드의 잠재적인 원인을 문서화한다. DFMEA 방법은 디자인팀이 아는 사항을 문서화하고, 디자인을 완료하기 전에 제품 고장 모드에 대하여 추정해보고, 그 정보를 설계에서 배제하거나 고장원인에 대한 완화조치를 취하기 위해 사용한다.

Sherlock은 효과적인 계층적 GUI를 사용해서, 하나 또는 여러 개의 맞춤형 템플리트를 사용하고, 그 행렬(Matrix)의 전부 또는 일부를 XLS 스프레드시트로 내보내기 하고, Sherlock에서 후속적으로 사용할 목적으로 이 스프레드시트에서 바뀐 내용을 가져오기 함으로써, DFMEA 행렬을 유지하기 위한 편리한 메커니즘을 제공한다. Sherlock은 몇가지 사례에 이름을 붙이기 위해, PCB 디자인 파일로부터 추출된 데이터, 파트 데이터베이스에 저장된 데이터, 핀위치 분석과 같은 데이터를 제공하는 것처럼 다른 모듈로부터의 데이터를 더 활용할 수 있도록 DFMEA 행렬을 준비하는 데 도움을 준다. 마지막으로, Sherlock은 사용자가 DFMEA 활동의 전반적인 영향을 이해하는 데 도움을 줄 수 있도록, PCB 속 각 부품에 대해 계산된 위험우선순위치(Risk Priority Number, RPN)의 분포표와 같은 여러 분석결과를 집계하여 제공한다.

## ○ 회로내 검사(In-Circuit Testing)

회로내 검사(In-Circuit Test, ICT)는 제조프로세스 동안 전기적인 연결상태를 테스트하기 위해 회로카드 하나 또는 양쪽에 여러 검사탐침(Test Probes)과 검사 픽스처(Test Fixtures)를 사용한다. 각 검사 탐침은 설계시에 결정된 테스트지점(Test Point)이라 불리는 특정 회로카드 지점에 기계적인 힘을 가한다. 이런 모든 검사 지점에 가해진 힘의 합산된 효과는 테스트 동안 회로카드를 이동(Displace)시키고 결과적으로 각 솔더 조인트에서 느낄 수 있는 기계적인 스트레스를 야기한다. 만일, 이 스트레스값이 충분히 크다면 하나 또는 그 이상의 솔더 조인트가 고장날 수 있다. Sherlock에서 제공되는 ICT 모듈은, 검사지점과 텍스처에 가해진



기계적인 스트레스를 모델로 만들고, 그 부품에 예측된 스트레스에 기초해서 각 회로카드 부품에 점수를 부여한다.

## ○ 고장률 분석(Failure Rate Analysis)

실증적 신뢰성예측(Empirical Reliability Prediction)은 현장에 설치된 유사한 기술에 기초해서 현재 기술의 신뢰성을 결정하는 프로세스이다. 이 프로세스는 특정한 부품기술에 대한 고장률을 정의한 정부 및 상업용 핸드북(MILHDBK-217, Telcordia TR-332, IEC 62380 etc.) 체계를 통해, 전자산업에서 표준화되어 온 것이다. 고장간 평균시간 (Mean-Time-Between-Failure ,MTBF) 값은 여러 고장률 합의 역수를 취함으로써 계산된다. 이러한 기본적인 고장률은 전기적 스트레스(부하경감(Derating)), 온도, 사용환경을 고려하기 위해 때로는 조정된다. 신뢰도 측정치로 실증적 예측을 사용하는 것에 대하여는 몇 가지 논쟁이 있는데, 그 이유는 잘못 해석되거나, 신뢰성 개선에 명확한 경로를 항상 제공하는 것이 아니기도 하고, 부정확성이 크기 때문이다. 그러나 특정된 부품의 고장데이터를 모으는 회사가 점진적인 개선품 디자인을 하는 경우에는, 이 접근법이 해당 제품의 유효 수명내의 안전성 평가와 워런티 예측에 사용될 수 있다고 알려져 왔다.

## ○ 트레이스 모델링(Trace Modeling)

버전 4.0 부터 시작해서, 사용자는 하나 또는 여러 개의 신호층(Signal Layers)에서 정의 된 신호 트레이스(Signal Traces) 와 라미네이트 층(Laminate Layers)에 정의된 비아(Vias)를 모델링할 수 있는 옵션을 가지게 되었다. 이러한 모델링은 주어진 층에 걸쳐 재료의 속성을 더 정확하게 표현하는 기능인데, 그 대가로 요구되는 요소의 개수와 복잡성이 증가하게 된다. 트레이스모델은 EDA 파일 또는 주어진 층을 정의하기 위해 사용하는 이미지 파일로부터 직접적으로 자동 생성할 수 있다. 일단 생성이 이루어지면, 트레이스 모델은 Sherlock 에서 보이게 되며, 이미지 파일로 내보내기 하거나, 분석 또는 다른 모델과 결합하기 위해서 적합한 3D FEA 모델로도 내보내어질 수 있다.

## ○ 공유부품라이브러리(Shared Part Library)

공유부품라이브러리는 로컬시스템 또는 윈도우 공유드라이드 상에 지정된 폴더에 저장된 XML 파일의 집합체로 부품 데이터를 유지한다. 이 기능을 통해 다수의 Sherlock 사용자들이 맞춤형 서버 응용프로그램에 대한 필요없이 부품데이터를 공유할 수 있게 된다. 공유부품라이브러리는 로컬파트라이브러리와 기본적인 기능은 같은 데 다음의 예외적인 차이가 있다:

- 사용자는 공유부품라이브러리에 접근하기 전에 사용될 라이브러리 폴더를 지정해야 한다.
- 사용자는 의도하지 않은 라이브러리 업데이트를 방지하기 위해 “읽기전용(ReadOnly)”모드로 자신을 제한할 수도 있다.

## 2-3. 추가(Add ons)

- CAE 인터페이스(CAE Interface (ABAQUS, ANSYS, Nastran, SolidWorks))
- 플렉스 LM 서버(Flex LM Server)