

## 상호작용기반 FMEA 실행

이득중 · 장중순<sup>†</sup>

아주대학교 산업공학과

---

### FMEA for Interaction Failures

D.J. Lee · J.S. Jang<sup>†</sup>

Dept. of IE, Ajou University

**Purpose:** This paper proposes a procedure that may infer and identify interaction failures in a module.

**Methods:** In design FMEA, we defined an interaction model between components and proposed a method for selecting a single component by using the standard specification classification table and four methods for choosing the related components. We also introduced the function tree for function and requirement characteristic analysis and proposed utilization of standard stress lists and 1st and 2nd stress analysis tables to determine the effect the stress analysis has on interactions. Finally, the interaction mechanism diagram was proposed and used to infer the failure mechanism. Process FMEA also established procedures in a similar way.

**Results:** We established a procedure for predicting the failure mode due to interaction between components based on Company A's multi-step FMEA procedure.

**Conclusion:** By applying the proposed interaction FMEA procedure to the development model, we were able to confirm the effect of the new derivation on the failure mode of interaction, which was not predicted by the existing FMEA.

**Keywords:** FMEA, Interaction Failures

#### 1. 서론

FMEA는 신뢰성과 품질 개선의 도구로써 많은 활용을 보이고 있다. 1950년대 FMEA가 최초로 개발되었을 때에는 주로 고장의 영향을 평가하는 도구로 활용되었지만, QS9000에 이르러서는 중요한 품질보증 기법으로써 잠재고장모드로 인한 리스크를 평가하는 도구로 자리 잡게 되었다. 그러나 대부분의 기업들이 FMEA를 활용하게 된 최근에는 FMEA가 단지 평가 도구만이 아니라 신뢰성을 실질적으로 향상시킬 수

있는 수단으로써의 역할이 강조되고 있어, 잠재고장 모드는 물론 그 원인이 되는 고장메커니즘을 식별할 수 있는 방법이 필요하게 되었다. CALCE에서는 고장 메커니즘을 과부하메커니즘과 마모메커니즘으로 구분하고, 이를 다시 기계적 부하, 전기적 부하, 열적 부하, 화학적 부하, 방사선 등으로 나누어 고장메커니즘을 예측토록 하고 있으며, Mathew, Alam, and Pecht[1]은 이러한 사실을 이용하여 고장메커니즘의 식별이 강조된 FMMEA(failure mode, mechanism and effect analysis)를 제안하였다.

---

<sup>†</sup> 교신저자 jsjang@ajou.ac.kr

2016년 12월 5일 접수; 2016년 12월 27일 수정본 접수; 2017년 1월 10일 게재 확정.

2004년 Ford사에서는 새로운 FMEA 핸드북을 발간하였다[2]. 이 핸드북은 2008년 Chrysler, GM 등과 공동 발간한 FMEA 매뉴얼을 확대 보완한 것으로[3], FMEA 실행에 많은 발전을 가져 오게 되었다. 핸드북에서는 시스템 FMEA를 개념 FMEA로 대체하여 FMEA의 종류를 개념 FMEA, 설계 FMEA, 공정 FMEA로 분류하고 있으며, 설비 FMEA를 별도로 제정하여 실시할 것을 권장하고 있다.

또한 핸드북에서는 FMEA를 단계적으로 실시할 수 있도록 실시 플로우를 제안하고 있다. 이러한 단계적 FMEA는 VDA<sup>1)</sup> 핸드북[4]에서 제시한 DAMIC(define-analyze-measures decision-implementation-communication)에서 비롯되었다고 할 수 있는데, Ford사에서는 강건성 평가와 더불어 상호작용에 의한 고장모드를 식별할 수 있는 단계적 FMEA를 제안하고 있다.

Ford사의 FMEA 핸드북에서 가장 주목할 만한 것은 <Fig. 1>과 같이 고장을 유발시킬 수 있는 원인을 잡음 인자로 규정하고, 그러한 잡음인자를 빈도순으로 시스템과의 상호작용, 열화, 자연환경, 사용조건, 제조산포 등으로 분류하여 제시하고 있다는 사실이다. 이러한 잡음의 분류는 Taguchi의 내적잡음, 외적잡음, 부품 간 산포를 더욱 확대시킨 것인데, 과거에는 가장 중요한 고장원인으로 사용·환경조건을 강조하였지만, 최근에 들어서는 시스템과의 상호작용과 열화가 주된 고장원인이 되었다는 것이다. 그러한 원인은 특히 전자 부품이 경박단소화 되면서 과거와는 달리 다른 부품이나 모듈로부터 오는 영향이 크게 작용하게 되고, 또한 새로운 소재의 사용이 빈번하게 되었기 때문이다.

국내 전자업체인 A사에서도 고장의 원인 중 60%

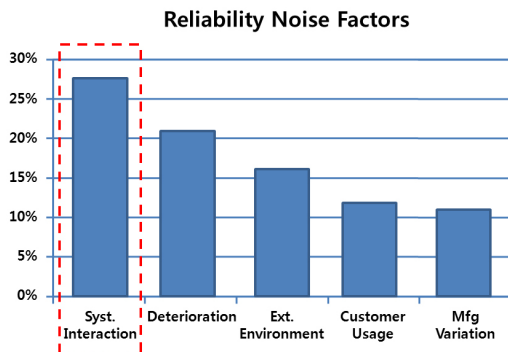


Fig. 1 Failure causes of ford motor company

이상이 시스템과의 상호작용으로 분석되었으며, 그 비율은 해마다 증가하고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 이러한 고장원인의 변화는 FMEA 실시에 반드시 반영되어야 한다.

상호작용에 기반한 고장을 식별하기 위한 연구는 많이 이루어지지 않았으나 주로 매크로한 입장에서 이루어져 왔다. Malin과 Fleming[5]은 복합시스템에서 서브시스템의 연관관계를 이용하여 상호작용으로 인한 위험의 전파를 파악하기 위한 방법을 제안하였다. Augustine, Yadav, Jain, and Rathore[6]은 인지지도를 이용하여 상호작용 고장을 식별하는 방법을 제안하였다. 그러나 이들의 연구는 거시적인 관점에서 시스템의 고장을 파악하기 위한 것으로, 고장메커니즘을 파악하여야 하는 FMEA 분석에 직접 활용되기는 어렵다. 한편 Denson, Tang, Gerber, and Blaignan[7]은 FMEA에서 고려하여야 하는 스트레스나 고장메커니즘을 체계적으로 분류하고 상호작용에 의한 고장메커니즘도 추론할 것을 제안하였으나, 해당되는 고장메커니즘을 어떻게 추론할 것인가에 대한 방법론은 제시하지 않았다.

Ford사에서는 경계도표(boundary diagram)와 인터페이스 매트릭스(interface matrix)를 활용할 것을 제안하고 있다[2]. 경계도표는 분석대상인 아이템과 연관성이 있는 다른 부품이나 모듈을 식별하는 방법이다. Ford사에서는 연관성 분석을 위하여 공간적 위치, 에너지, 정보, 물질교환 등으로 구분하여 평가할 것을 권고하고 있다. 그러나 이 방법은 효과적이기는 하지만 전체 시스템을 잘 알고 있는 경우에만 활용할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 고장의 주요 원인으로 등장하고 있는 상호작용 고장을 사례로 알아보고, 이들을 식별할 수 있는 새로운 방안을 제시하여 FMEA 분석에 활용할 수 있도록 한다.

## 2. 상호작용에 의한 고장

어떤 제품이던 구성부품의 상호작용은 필수적이다. 상호작용에 의한 고장이란 하나의 부품이나 모듈의 작동이 다른 부품이나 모듈에 고장을 유발할 수 있는 경우를 말한다. Ford 사에서는 이러한 상호작용 고장을 파악하기 위하여 우선 경계도표를 그려 관련이

1) Verband der Automobilindustrie(German Association of the Automotive Industry).

있는 다른 부품이나 모듈은 물론 사용 환경조건이나 사용자들을 파악하고, 인터페이스 매트릭스를 from-to chart 방식으로 작성하여 상호작용을 추론하도록 하고 있다. 인터페이스 매트릭스에서는 영향을 주는 관계를 공간적 연관성, 정보 전달, 물질전달, 에너지 전달 등으로 나누어 분석할 것을 권고하고 있다.

본 연구에서는 상호작용에 의한 고장을 외부환경이나 특정부품의 구동, 또는 공정의 변경이나 변동 등으로 인한 물성의 변화로 인하여 1차 스트레스가 가해지고, 이로 인하여 상호작용을 일으키는 부품 중에서 영향을 주는 부품으로부터 영향을 받는 부품으로 2차 스트레스가 가해져서 발생하는 고장으로 정의하고자 한다. 고장 유발 환경으로부터 가해지는 1차 스트레스는 외부로부터 가해지는 스트레스와 대상 부품의 동작으로 인해 발생하는 스트레스가 있다. 1차 및 2차 스트레스는 열적 스트레스, 기계적 스트레스, 전기적 스트레스, 화학적 스트레스, 방사선 등이 있다. 상호작용 기반 고장의 정의를 <Fig. 2>에 나타내었다.

상호작용에 의한 고장은 다양한 경우에 발생하고 있다. 다음은 몇 가지 사례를 나타낸 것이다.

사례 1: 도광판 수축 팽창에 따른 LED 손상

LED TV는 패널 에지부위에 발광 소스인 LED 어레이를 부착하고, 발광된 빛을 도광판을 이용하여 직각으로 굴절시켜 화면을 나타낸다. 이때 도광판과 LED 패키지의 거리를 유지하기 위하여 <Fig. 3>과 같이 패드를 부착하게 되는데, LED가 동작을 하게 되면 발열로 인하여 도광판이 팽창하게 되고, 이 팽창으로 인하여 인접 부품인 패드를 밀리게 할 수 있다. 패드가 밀리게 되면 LED가 위치를 이탈하게 되고, 결국 정확한 위치에 빛을 보낼 수 없어 화면이 어두워지는 현상이 발생할 수 있다. 즉 LED 구동에 의하여 1차 스트레스인 열이 발생하고, 열로 인하여 도광판이 팽창하는 기계적 스트레스가 발생하여 패드에 영향을 주고, 패드는 LED에 영향을 준 것이다.

사례 2: OLED Passivation부 투습

OLED 디스플레이는 전류가 주입되면 유기재료가 빛을 내는 소자인 OLED로 화소로 구성되어 있으며, 이 소자의 발광현상을 이용하여 가시적인 정보를 나타낸다. OLED 패널은 <Fig. 4>와 같이 Backplate 위에 TFT(thin film transistor)층을 만들고, 그 위에 Passivation

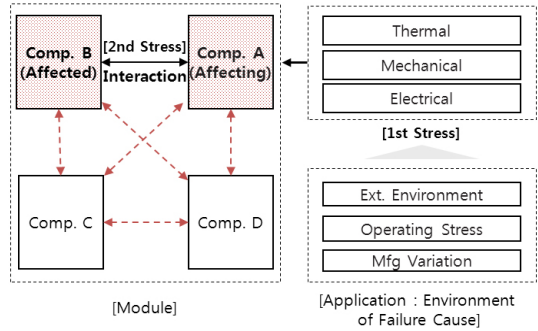


Fig. 2 Interaction failure

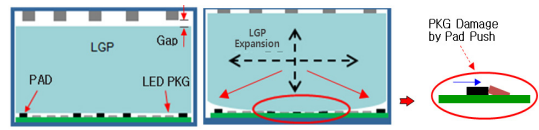


Fig. 3 LED damage due to expansion of the LGP

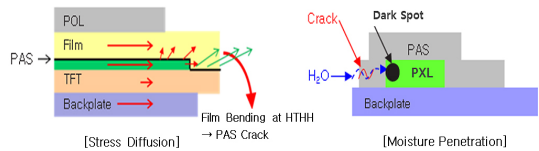


Fig. 4 Crack and moisture absorption of OLED passivation layer

층과 보호 Film을 적층하게 된다. 그런데 이 패널이 고온고습환경에 노출되게 되면 열팽창계수의 차이로 보호 Film은 많이 팽창되지만 TFT는 팽창이 크지 않아 패널이 휘게 된다. 이러한 스트레스의 누적으로 Passivation층에 크랙이 발생하게 되는데, 이 크랙을 통하여 수분이 침투하게 되면 일부 성능이 저하되어 픽셀이 흑화되는 현상이 발생한다.

사례 3: 절연막 손상으로 인한 Gate와 Source/Drain 단락

TFT의 경우 <Fig. 5>와 같이 gate와 source/drain 사이에 절연막(GI: gate insulation)이 있어야 한다. 그런데 공정의 진행과정에서 정전기가 GI에 인가되면 <Fig. 5>와 같이 손상을 나타나게 된다. 그런데 이 TFT가 장기 구동이 되면 점차 손상이 커지게 되고, 그에 따라 Gate와 Source/Drain사이가 무너지게 되어 결국 단락이 발생하게 된다. 이는 GI의 손상이 다른 부품인 Gate, Source/Drain에 영향을 준 상호작용 고장이다.

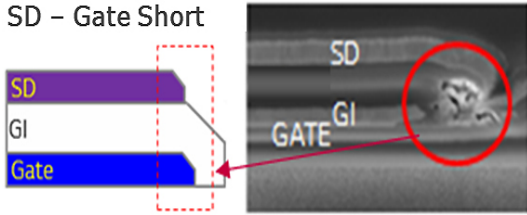


Fig. 5 Gate, source/drain short due to GI damage

### 3. 상호작용 기반의 FMEA

앞서 살펴 본 바와 같이 상호작용에 의한 고장은 지속적으로 늘어나고 있다. 따라서 설계 단계에서는 이러한 상호작용에 의한 고장을 사전에 예측하여 대책을 마련하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 상호작용 기반 고장모드를 식별하고 추론할 수 있는 FMEA를 제안하고자 한다.

#### 3.1 연관 부품 선정

상호작용 기반의 고장을 추론하기 위해서는 먼저 FMEA 분석대상인 부품과 상호작용이 가능한 연관부품을 식별하여야 한다. Ford사에서는 이러한 연관부품을 식별하기 위해서 경계도표를 이용할 것을 제안하였다. 그러나 경계도표는 이미 연관이 있을 것으로 판단되는 부품들을 표현한 것이지, 그 방법이 연관부품을 직접 선정할 수 있도록 한 것은 아니다. 실제 연관부품을 직관적으로 식별하는 것은 매우 어렵기 때문에 본 논문에서는 <Table 1>과 같이 4가지 방법을 제안한다.

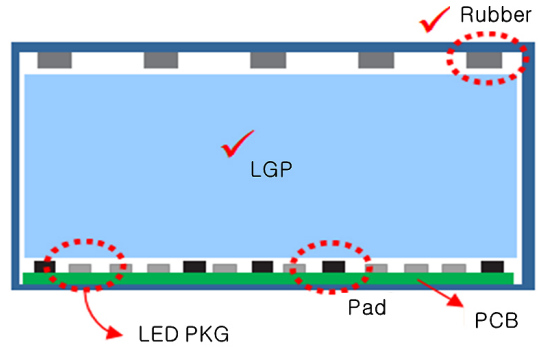


Fig. 6 Example of related components in the design structure

첫째, 대상 부품의 한 단계 상위 부품에 종속된 모든 하위 부품 중에서 연관 부품을 선정한다. 예를 들어 사례 1에서 거론된 패드의 경우에는 보면, 상위 수준은 LED 어레이이고 이에 종속된 하위 부품들 중에서 패드와 상호작용을 일으킬 수 있는 LED PKG, PCB를 연관 부품으로 선정한다.

둘째, 설계 구조도 분석을 통해 연관부품을 선정한다. <Fig. 6>에서는 사례 1에서 패드에 영향을 줄 수 있는 부품으로 설계 구조도 상에서 인접한 LGP와 LGP와 기계적으로 접촉하는 Rubber를 연관 부품으로 선정하였다.

셋째, 신호 인터페이스 분석을 실시한다. 이 경우는 기구부품 보다는 회로, 패널, 터치 부품 등을 대상으로 하며, 부품과 부품간 신호인터페이스 연계 부품 중에서 연관 부품을 선정한다.

넷째, 과거 사례 검토를 통해 연관 부품을 선정한다. FMEA 수행자가 사례 검토를 보다 용이하게 하기 위해 전산화를 통한 데이터베이스 구축이 필요하다.

Table 1 Selection of related components

Selection of Related Components	① Sub-Components Review : Select components from sub-components belonging to the parent part.
	② Design Structure Analysis : Select components that cooperate mutually due to the design structure.
	③ Signal Interface Analysis (Panel, Circuit, etc.) : Select components mutually not linked but have signal relation.
	④ Field Issue Review : Select components based on the field Issue or FMEA example in the past.

### 3.2 기능특성 분석

연관 부품이 식별되면 그 다음은 FMEA 대상부품과 연관 부품들에 대하여 기능나무(Function Tree) 분석을 통하여 기능 및 요구특성을 분석한다. 대상부품에 대해서 기능은 주기능과 보조기능을 포함하여 동사/명사로 기술하고, 가능한 모든 기능을 열거한다.

신규 또는 변경 부품에 대한 요구특성은 첫째, 단일 부품의 주기능과 보조기능을 수행하기 위해 연관 부품과 조합되어 나오는 요구특성을 도출한다. 둘째, 단일 부품과 연관 부품의 조합에 의한 새로운 기능(보조기능)을 수행하기 위한 요구특성을 도출한다. 기능/요구특성 도출을 위한 기능나무의 전개 방안은 다음과 같다.

- ① 주기능과 보조기능을 기능나무의 가장 왼쪽에 배치한다.
- ② 가장 왼쪽에 배치된 기능을 달성하기 위한 방안을 오른쪽에 배치한다.
- ③ 가능한 수준까지 반복하여 왼쪽의 기능을 달성하기 위한 방안을 오른쪽에 작성한다.  
기능나무에서 가장 오른쪽에 표현되는 기능을 요구특성이라 한다.
- ④ 작성된 기능나무에서 오른쪽 기능을 수행하는 이유가 바로 왼쪽의 기능을 수행하는 이유인지 확인한다.

<Fig. 7>은 사례 1의 패드를 분석한 것이다. 패드의 주기능은 LED 패키지와 도광판의 간격을 유지하는 것이다. 이와 연관된 부품으로는 도광판, Rubber, PCB가 있다. LED 패키지와 도광판의 간격을 유지하기 위해 패드 높이, 경도, 접착력이 관리되어야 한다. 이들은 기능나무에서 가장 우측에 배치된 측정 가능한 항목으로 주기능을 달성하기 위한 요구특성이 된다. 패드의 연관 부품인 도광판의 가로/세로 크기, 열팽창을 역시 기능나무에서 가장 우측에 배치된 항목으로 주기능을 달성하기 위한 요구특성이 된다. 연관 부품인 Rubber의 높이와 탄성력, LED의 높이도 요구특성으로 도출된다.

### 3.3 스트레스 분석

기능분석이 이루어지면 다음으로 고장 유발 환경에서 대상 부품과 상위 어셈블리, 모듈에 1차적으로 가해지는 스트레스를 분석해야 된다. 분석대상 부품에서 발생 가능한 고장을 빠짐없이 예측하기 위해서는 대상 부품에 가해져서 고장을 유발시키는 1차 Stress를 선정하는 것이 대단히 중요하다. 고장을 유발할 수 있는 스트레스는 기계적, 전기적, 열적, 화학적, 방사선 스트레스로 구분하고, <Table 2>와 같이 스트레스 분석표를 활용하여 분석한다.

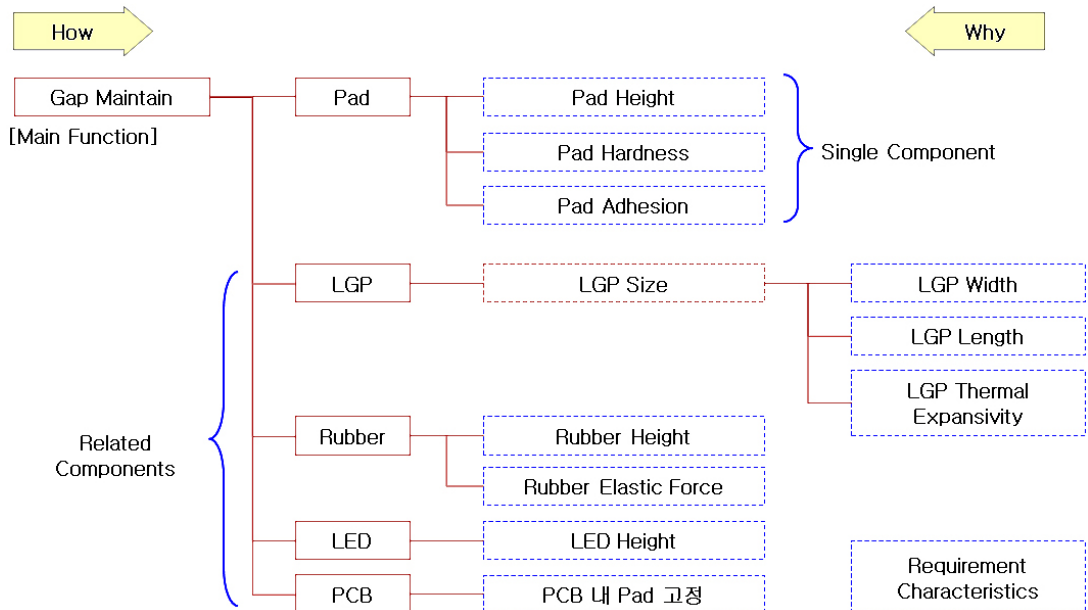


Fig. 7 Function tree of pad

Table 2 1st Stress analysis table

Standard Stress Factors	New or Changed Component	Interaction Component					1st Stress
		Pad	LGP	Rubber	LED	PCB	
Mechanical	Vibration	○	○	○	○	○	√
	Shock	○	○	○	○	○	√
	Friction						
	Drop						
	Push						
Electrical	Over-Voltage				○	○	√
	Over-Current				○	○	√
	Low-Voltage				○	○	√
	Low-Current				○	○	√
	On/Off				○	○	√
	ESD				○	○	√
	EMI						
Thermal	Frequency						
	High Temp.	○	○	○	○	○	√
	Low Temp.	○	○	○			√
	Thermal Cycle	○	○	○	○	○	√
	High Humidity						
	Low Humidity						
	High Pressure						
Chemical	Lower Pressure						
	Salt						
	SOX						
	NOX						
Radiation	Ozone						
	UV						
	Light						

선정된 1차 Stress는 대상 부품에 가해져서 개별 부품의 고장을 유발할 수도 있고, 부품과 부품 간 상호작용으로 기인한 고장을 유발할 수 있다. 상호작용을 유발하는 스트레스를 도출하기 위해 <Table 3>과 같이 상호작용 스트레스 분석표를 활용한다. 가로축에

는 선정된 1차 스트레스를 기입하고 세로축에는 대상 부품의 기능과 연관된 요구특성을 기입한다. 선정된 1차 Stress가 요구특성에 미치는 영향을 작성한다. 작성된 요구특성에 영향을 미치는 스트레스는 부품 간 상호작용을 유발하는 스트레스가 된다.

Table 3 Interaction stress analysis table

	Vibration	Shock	Over-Voltage	Over-Current	Low-Voltage	Low-Current	On/Off	ESD	High Temp.	Low Temp.	Thermal Cycle (HT ↔ LT)
New or Changed Components	Pad Height	-	-	-	-	-	-	-	Pad Expansion → LGP Move	-	Pad Expansion/Contraction → LGP Move
	Pad Hardness	-	-	-	-	-	-	-	Hardness Decrease	-	Hardness Decrease ↔ Restore
	Pad Adhesion	Pad Move	-	-	-	-	-	-	Adhesion Decrease	-	Adhesion Decrease ↔ Restore
	LGP Width	LGP Move	-	-	-	-	-	-	LGP Expansion	-	LGP Expansion/Contraction
Interaction Components	LGP Length	-	-	-	-	-	-	-	LGP Expansion → Pad Pushed Out	-	LGP Expansion/Contraction → Pad Move
	LGP Thermal Expansivity	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rubber Height	-	Rubber Pushed Out	-	-	-	-	-	Rubber Pushed Out	-	Rubber Pushed Out ↔ Restore
	Rubber Elastic Force	-	-	-	-	-	-	-	Elasticity Increase	Elasticity Decrease	Elasticity Increase ↔ Decrease
Stress causing interaction between components	LED Height	-	-	LED Operation Failure	-	LED Luminance Decrease	-	LED Burnt	LED Degradation	-	-
	Pad Fixing on PCB	Pad Move	PCB Move	-	-	-	-	PCB Burnt	Poor Adhesion	PCB Cooling	Adhesion Decrease ↔ Restore
		0	0	X Single Failure	X Single Failure	X Single Failure	X Single Failure	X Single Failure	0	0	0



### 3.4 고장메커니즘 추론 및 고장모드 도출

스트레스 분석이 이루어지면 그 결과를 바탕으로 분석대상 부품에 대한 고장메커니즘과 고장모드를 추론하여야 한다. 추론과정에서 누락이 발생하는 문제는 FMEA 대상 선정, 기능나무를 활용한 요구특성 도출, 해당 부품의 스트레스분석을 통한 1차 스트레

스 선정과 상호작용 스트레스 도출을 통해 고장 메커니즘을 추론함으로써 해결할 수 있다. 상호작용 고장 메커니즘은 <Fig. 8>과 같은 상호작용 메커니즘 다이어그램을 활용하여 추론한다. 이 다이어그램은 고장 유발 환경으로부터 상호작용을 일으키는 1차 스트레스가 가해졌을 때 부품과 부품 간 어떤 과정으로 고장이 발생할 지를 추론하는 도표이다.

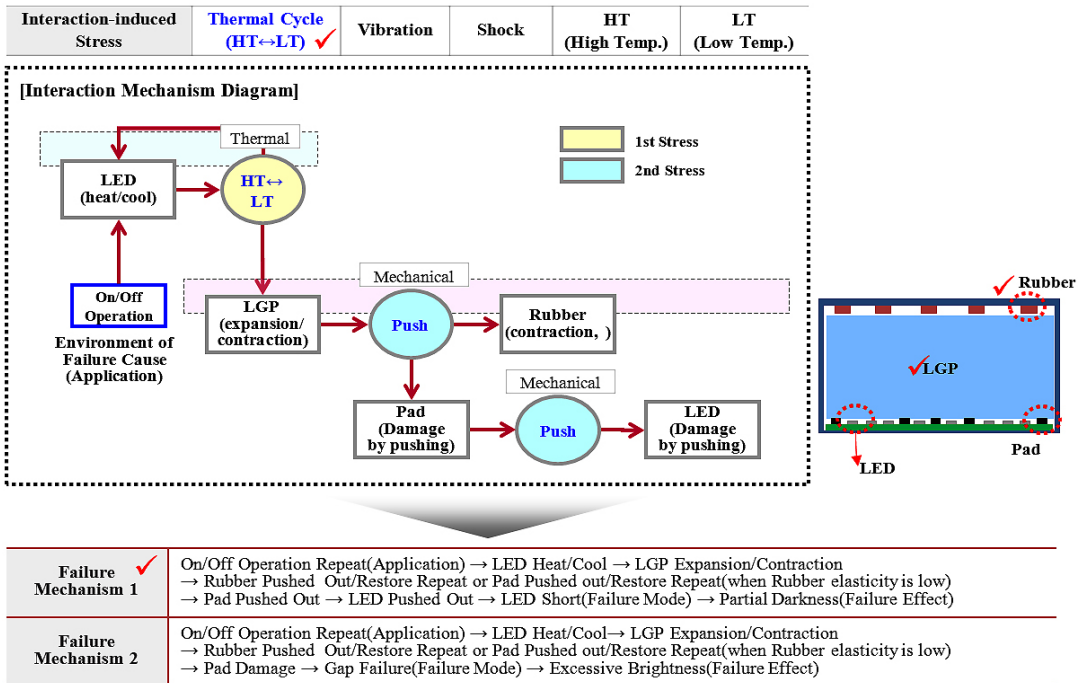


Fig. 8 Interaction mechanism diagram and failure mechanism inference

Table 4 Inference of failure mode and effect

Failure Mechanism	Stress	Failure Cause	Failure Mode	Failure Effect
On/Off Operation Repeat → LED Heat/Cool → LGP Expansion/Contraction → Rubber Pushed Out/Restore Repeat or Pad Pushed out/Restore Repeat (when Rubber elasticity is low) → Pad Pushed Out → LED Pushed Out → LED Short → Panel Partial Darkness	Thermal Cycle (HT ↔ LT)	LGP Expansion/Contraction	LED Short	Panel Partial Darkness
On/Off Operation Repeat → LED Heat/Cool → LGP Expansion/Contraction → Rubber Pushed Out/Restore Repeat or Pad Pushed out/Restore Repeat (when Rubber elasticity is low) → Pad Damage → Gap Failure → Panel Excessive Brightness	Thermal Cycle (HT ↔ LT)	LGP Expansion/Contraction	Gap Failure	Panel Excessive Brightness
Trucking Transportation Environment → LGP Vibration → Friction with Pad → Pad Grated → Pad Particle	Vibration	LGP Vibration	Pad Grated	Pad Particle
Trucking Transportation Environment → LGP Vibration → Friction with Rubber → Rubber Grated → Rubber Particle	Vibration	LGP Vibration	Rubber Grated	Rubber Particle
...				



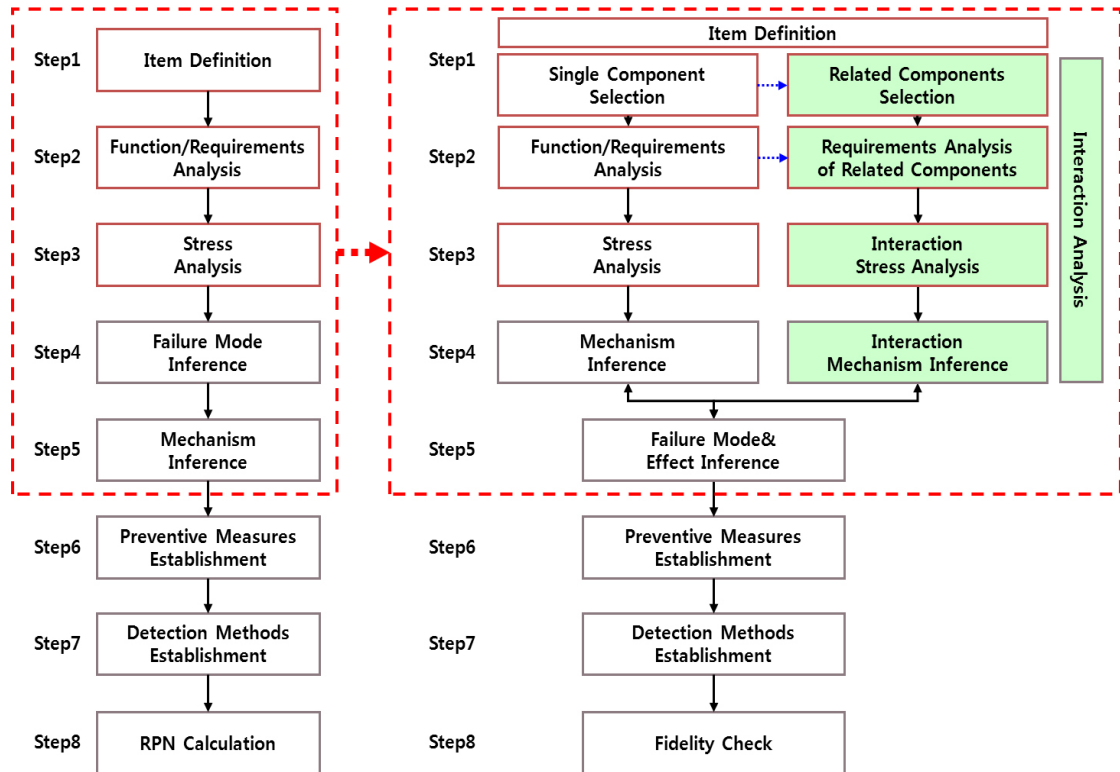
완성된 상호작용 메커니즘 다이어그램으로부터 발생 가능한 고장 메커니즘을 추론하게 된다. <Fig. 8>의 상호작용 메커니즘 다이어그램에서는 상호작용을 유발하는 1차 스트레스가 LED가 구동시 발생하는 열로써 LED와 주변 부품에게 영향을 미쳐 패드가 밀리거나 파손되어 결국 LED가 밀리게 되는 것을 나타내었다.

이와 같이 고장메커니즘이 추론되게 되면 다음으로 <Table 4>와 같이 고장모드와 영향을 도출한다. 추론된 결과는 FMEA 양식에 기록한다.

### 3.5 상호작용 기반 FMEA 실행절차

기업들이 FMEA를 실시하는 목적은 재발방지는 물론 미연방지를 위함이다. 재발방지를 위하여는 과거에 발생하였던 고장모드를 잠재고장모드로 간주하여 재발할 수 있는지를 확인하면 된다. 그러나 미연방지를 위해서는 고장을 유발할 수 있는 스트레스를 모두

식별하여야 한다. 이러한 스트레스를 식별함에 있어서는 <Table 2>에 제시된 스트레스 종류와 Ford사에서 제시한 <Fig. 1>의 고장원인<sup>2)</sup>이 체계적으로 고려되어야 한다. 또한 이러한 스트레스들이 제품의 제조-물류-보관-설치-사용, 즉 제품의 라이프사이클 동안 언제, 어디서, 어떻게 발생할 수 있는지를 확인하여야 모든 스트레스를 누락됨이 없이 식별할 수 있게 된다. 이러한 스트레스를 확인하기 위해서는 많은 정보와 자료가 있어야 하며, 체계적으로 접근되어야 한다. Jang and Ahn[8]은 이를 위하여 FMEA를 실시함에 있어 대상정의-기능요구특성분석-스트레스분석-고장모드추론-고장원인/메커니즘 추론-예방대책수립-검출방안 수립-FMEA 양식작성-RPN 산출 등에 이르는 단계별 FMEA 실시절차를 제안하였다. 본 연구에서는 상호작용기반 고장메커니즘과 고장모드를 더욱 효과적으로 추론하기 위하여 <Fig. 9>와 같이 개선된 FMEA 실시절차를 제안한다.



(1) Existing DFMEA Process

(2) Improved DFMEA Process(Interaction FMEA) : Failure Mode Prediction Considering Interaction

Fig. 9 Interaction-based FMEA process

2) Ford사에서 5가지 고장원인(잡음인자)을 P-diagram으로 분석할 것을 제안하였다.

#### 4. 결 론

부품의 경박단소화가 가속되고 있는 전자제품의 경우에는 과거와는 달리 새로운 형태의 고장이 발생하고 있다. 특히 부품간의 상호작용으로 인한 고장은 향후에는 더욱 많이 발생할 것으로 예상되고 있다. 본 논문에서는 이러한 상호작용기반 고장메커니즘을 효과적으로 추론하기 위하여 연관부품 선정, 기능특성분석, 스트레스 분석, 고장메커니즘 등이 추가된 새로운 FMEA 실시절차를 제시하였다. 본 연구에서 제시된 절차는 특히 미연방지를 위한 것으로서 열/진동 분석, 전기적 특성분석 등의 시뮬레이션 또는 CAE Tool과 병행되어 활용된다면 그 효과성이 배가될 것이다.

#### References

- [1] Mathew, S., Alam, M., and Pecht, M. (2012). "Identification of failure mechanisms to enhance prognostic outcomes". *J. Fail. Analysis and Prevention*, Vol. 12, pp.66-73.
- [2] Ford Design Institute (2004). FMEA handbook with robustness linkage, Ford Motor Company, FMEA handbook ver. 4.1.
- [3] Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation (2008). Potential failure mode and effect analysis (FMEA) reference manual, 4th ed.
- [4] Verband der Automobilindustrie (2010). Quality Assurance in the Process Landscape, Quality Management in the Automobile Industry, Vol. 4.
- [5] Malin, J. T. and Fleming, L. (2006). "Vulnerabilities, influences and interaction paths: failure data for integrated system risk analysis". *Proc. IEEE Aerospace Conference*, pp. 1-12.
- [6] Augustine, M., Yadav, O. P., Jain, R., and Rathore, A. P. S. (2011). "An approach to capture system interaction failures of a complex system". *Proc. Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 1-6.
- [7] Denson, B., Tang, S. Y., Gerber, K., and Blaignan, V. (2014). "An effective and systematic design FMEA approach". *Proc. Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 1-6.
- [8] Jang, J. S. and Ahn, D. G. (2014). "Systematic FMEA deployment". LG Display Industry-University Research Report.