

고신뢰성 제품 리스크평가
-오토바이 헬멧 중심으로 -

Risk Assessment of High Reliability Products
- Focused on Motorcycle Helmets -

김종걸, *권영일,**김진국, 빈성욱

성균관대학교 시스템경영공학부
*청주대학교 산업정보시스템공학과
**LG전자 CDMA 연구소 QE Gr

Jong-Gurl, Kim · Yeong-il, Kwon · Jin-kuk, Kim · Sung-uk, Bin

School of Systems Management Engineering, Sung Kyun Kwan University

*School of Industrial & Information Systems Engineering, Cheong Ju University

**QE Gr, CDMA Laboratory, LG Electronics Inc.

Abstract

Recently, consumers require products with high-reliability and high-safety. Risk management system and product safety become more important issue in view of product liability.

This paper aims to propose a risk assessment system which can be applied to product with high-reliability and high-safety, and also show an empirical application of the proposed risk assessment system for the development of motorcycle helmets.

1. 서론

최근 국내에서 신제품개발의 패러다임이 변해가고 있다. 기존의 기능품질 우위사고에서 안전성 품질을 필수적으로 확보하는 개발사고로 제품개발 개념이 바뀌어 가고 있다는 것이다.

이제는 안전성이 확보되지 않은 제품은 자국내 판매뿐만 아니라 수출도 거의 불가능해지고 있는 현실이다.[2]

본 연구에서는 제조물책임법에 대한 효율적 대응과 고객의 가치기준이 높아짐에 따라 보다 안전한 제품이 요구되는 시장니즈에

응답적으로 대응하기 위한 전략적 대안으로 리스크분석 및 평가기법의 비교분석을 통한 리스크 평가체계를 제안하고자 한다.

또한 이를 높은 신뢰성과 안전성이 요구되는 오토바이 헬멧개발에 적용한 실증적 사례를 제시함으로써 우리기업이 리스크제로를 지향하는 제품개발 시스템구축에 유용한 기반을 제공하고자 한다.

2. 리스크분석 및 평가기법의 비교분석

2.1 리스크분석 및 평가기법의 선정

리스크분석 및 평가는 제품안전업무 중 핵심부분이며 제품의 전 수명 주기를 통해서 위험상태를 적시에 파악하고, 그 위험성이 정해진 수준 이하에 있는가의 여부를 확인하여, 필요한 대책을 마련하기 위한 것이다.

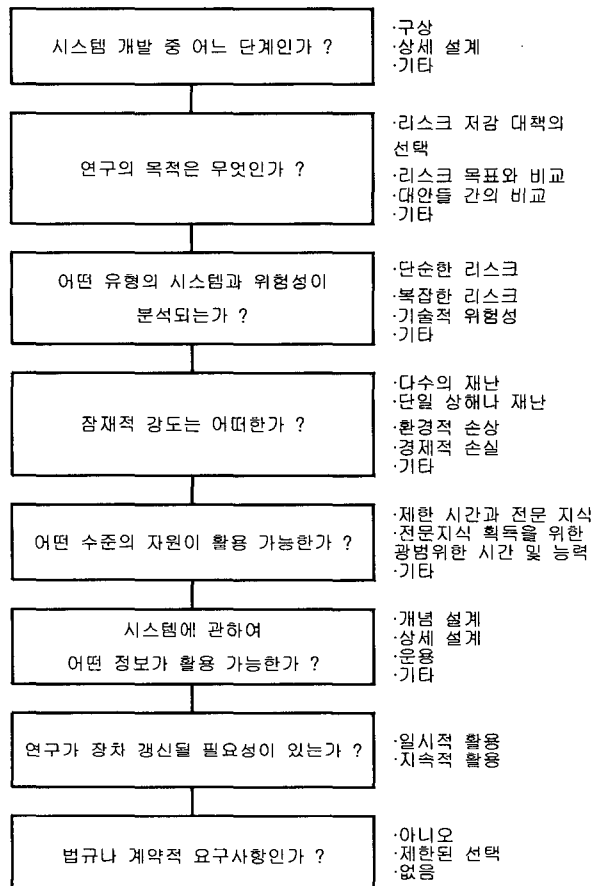
이때 리스크란 사고로 인한 경제적손실의 추정액이라고 할 수 있으므로, 사고의 발생빈도와 피해정도를 종합적으로 고려하여야 한다.

일단 리스크분석을 수행하기로 결정되고 분석목적과 범위가 결정되면, 적절한 분석 및 평가기법을 선택하는 것은 매우 중요한 일이다.[7]

리스크 분석기법의 선정요인

- 제품의 개발단계

- 분석 목적
- 제품과 분석되는 위험성의 유형
- 잠재적 강도수준
- 인력, 전문지식과 요구자원의 보유정도
- 정보와 자료의 가용성
- 분석결과의 수정 및 가감의 필요성
- 법규나 계약상의 요구사항



<그림 1> 리스크분석기법 선정요인 검토요령 (IEC 60300-3-9)

그러므로 사전에 다양한 분석 및 평가기법들의 특성과 장단점을 파악해 놓으면 크게 도움이 되는데, 이 때 주의해야 할 것은 리스크 분석기법은 어디까지나 기법이지 과학이라고 볼 수는 없으므로, 결과선정에 정당이란 있을 수 없으며, 경우에 따라서는 몇 가지 기법을 병행하여 분석할 필요가 있다는 점이다. 일반적으로 적절하고 우수한 기법의 3 가지 조건이란 다음과 같이 정리될 수 있다. 즉,

- ① 과학적 견지에서 볼 때 합리적이어야 하며, 분석대상인 제품에 적절하여야 한다.
- ② 위험성의 성질이 어떠한지, 그리고 그것이 어떻게 통제될 수 있는지를 이해하는데 기여할 수 있는 결과를 제공하여야 한다.
- ③ 실제적으로 다양한 수행자에 의해 추적될

수 있고, 반복 가능하며, 입증 가능한 형태로 활용될 수 있어야 한다.[10]

2.2 분석기법의 분류

1) 제품개발상의 실시 단계에 따른 분류

제품을 개발하는 단계에 따라 분석기법을 분류하면 다음과 같다. 이것은 주로 활용 가능한 정보나 자료의 양이나 질에 의존하므로, 분석기법의 분류라기보다는 각 단계에서 수행할 수 있는 분석의 특성에 따른 분류라고 할 수 있다.

- 예비 위험성 분석 PHA
- 결함 위험성 분석 FHA
- 운용 위험성 분석 OHA
- 시스템 위험성 분석 SHA

2) 분석의 수리적 방법에 따른 분류

분석을 수행함에 있어서, 위험성을 정성적인 등급과 언어적 표현에 의하여 판단하는가, 아니면 정량적인 척도에 의하여 판단하는가에 따라 다음과 같이 두 가지로 분류한다.

- 정성적 분석 (qualitative analysis)
- 정량적 분석 (quantitative analysis)

3) 논리적 추론방법에 따른 분류

분석을 진행하여 가는 방법에 따라 다음과 같이 두 가지로 분류한다. 여기에서 귀납적 기법 (inductive technique) 이란 고장발생원인으로부터 그 고장이 제품 전체에 미치는 결과 쪽으로 시간의 흐름에 따라 분석하여 가는 방법을 말하며, 연역적 기법 (deductive technique) 이란 시스템이나 제품의 고장으로부터 시간의 경과를 거슬러 그 원인을 추론해 가는 방법이다.

- 귀납적 기법 (inductive techniques)
 - 예비 위험성 분석 PHA
 - 결함 위험성 분석 FHA
 - 운용 위험성 분석 OHA
 - 시스템 위험성 분석 SHA
 - 고장 모드 및 영향분석 FMEA
 - 사상수목분석 ETA 등
- 연역적 기법 (deductive techniques)
 - 결함수목분석 FTA

4) 시스템 구성수준상의 분석방향에 따른 분류

제품을 구성하는 최상위 수준에서부터 개별적인 부품쪽으로 분석수준을 낮추어가면서 분석하느냐, 아니면 개별적인 부품의 고장이 제품 전체에 미치는 영향을 추정하면서 분석수준을 높여 가느냐에 따라 다음과 같이 분류한다.

- 상향성 접근기법 (bottom-up approaches)
 - 예비 위험성 분석 PHA
 - 결함 위험성 분석 FHA

운용 위험성 분석 OHA
 시스템 위험성 분석 SHA
 고장 모드 및 영향분석 FMEA
 사상수목분석 ETA 등

석기법을 선택하고 적용하는 것 자체가 매우 중요한 의미를 지니게 된다.[10]

2.4 리스크분석 기법의 비교분석

- 하향성 접근기법 (top-down approaches)
 결합수목분석 FTA

대부분의 귀납적 기법은 상향성 접근방식을 취하고 있으며, 연역적 기법은 하향성 접근방식을 취하고 있다.[8]

2.3. 리스크 분석에 이용되는 기법들

1) 정성적 분석에 이용되는 기법

- 범주 평정 (Category Rating)
- 점검표 (Checklist)
- 델파이 기법 (Delphi Technique)
- 위험성 지수 (Hazard Indices)
- 리스크평가코드(Risk Assessment Codes)
- 쌍대비교법 (Paired Comparison)
- 경험적 자료의 검토 (Review of Historical Data)
- 예비 위험성 분석 (Preliminary Hazard Analysis)
- 결합 위험성 분석 (Fault Hazard Analysis)
- 시스템 위험성 분석(System Hazard Analysis)
- 운용 위험성 분석 (Operating Hazard Analysis)
- 중복고장 행렬법 (Double Failure Matrix Method)
- 고장모드 및 영향분석 (Failure Modes and Effects Analysis)
- 경영소홀 및 리스크 수목분석 (Management Oversight and Risk Tree)
- 미주회로 분석 (Sneak Analysis)
- What If 분석 ("What-If" Analysis)
- 위험성 및 운용성 연구 (Hazard and Operability Study)
- 시나리오 분석법 (Scenario Analysis)

2) 정량적 분석에 이용되는 기법

- 결과 분석 (Consequence Models)
- 경로 추적법 (Path Tracing Method)
- 치명도 분석 (Criticality Analysis)
- 신뢰도 블록 다이어그램 (Reliability Block Diagram Analysis)
- 사상수목분석 (Event Tree Analysis)
- 결합수목분석 (Fault Tree Analysis)
- 인간 신뢰도 분석 (Human Reliability Analysis)
- 공통원인고장분석 (Common Mode Failure Analysis)
- 시뮬레이션 (Simulation)
- 마르코브 분석 (Markov Analysis)
- 부품계수법 (Parts Count Approach)

이와 같이 위험성 분석은 보다 구체적이고 기술적인 방법으로 제품이나 시스템이 지니는 위험성 자체를 구명하는 데 초점을 맞추고 있는 것이다. 그러므로, 제품의 특성에 맞는 분

<표 1> 리스크분석 기법의 비교

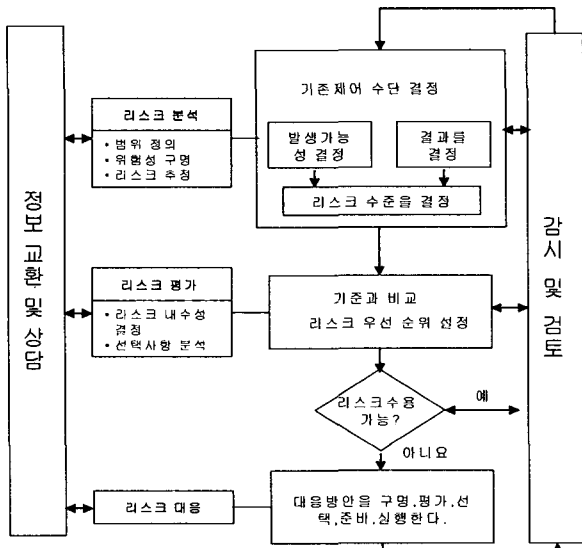
리스크 분석방법	사고 시나리오 정보제공	발생빈도 정보제공	사고결과 정보제공	Event Ranking	비고
Checklists 방법	일반적으로 규명되지 않음	아님	아님	아님	
Safety Review	일반적으로 규명되지 않음	아님	아님	아님	
PHA	일반적으로 규명되지 않음	아님	제공함	제공함	
What-If	일반적으로 규명되지 않음	아님	제공함	Consequence Ranking	
Hazop 분석	제공함	제공함	제공함	Consequence Ranking	원인-결과가 규명되며 단 순한 Risk ranking이 가능
FMEA	제공함	제공함	제공함	Consequence Ranking	
FMECA	제공함	제공함	제공함	제공함	Risk Ranking wrphd
고장수목 (FTA)	제공함	제공함	아님	제공함 (Importance Ranking)	Top Event의 정량적 확률 추정 가능
사건수목 (ETA)	제공함	제공함	결과분류 제공	제공함	
Cause-Consequence 분석	제공함	제공함	결과분류 제공	제공함	정량적 원인-결과 분석 가능
인적 신뢰도 분석	제공함	제공함	아님	발생빈도 Ranking	인적 오류 추정 가능

제품 안전을 검토하는데 있어서 가장 기본이 되는 사항의 하나가 위험 분석이다. 위험 분석이 충분하게 되어 있으면 분석 결과에 대응한 해결책을 광범위한 동시에 상세하게 설정하는 것이 가능하게 된다. 본래, 제품은 인위적으로 만들어진 것이고 당연하지만 잠재적인 위험을 갖고 있기도 하고 또한 그 사용되는 방법으로 위험한 것으로 변하거나 하는 경우가 있다. 제품 안전에 있어서 분석 대상이 되는 위험에는 제품의 사용자와 소비자 등이 인간이기 때문에 생명에 관련하는 치명적인 것으로부터 무시해도 될 만한 정도로 미소한 것까지 무수한 위험 레벨이 존재한다.

는 연구에서는 이러한 무수한 위험을 분석하는 합리적 기법으로 리스크 분석기법의 비교분석을 통하면 <표 1>과 같다.

3. 리스크 분석 및 평가체계의 보완

리스크 분석 및 평가체계란 구명된 리스크를 대상으로, 그 발생 가능성은 얼마나 되며, 만약 발생하였을 경우 기업이나 개인이 입게 되는 피해나 손실규모는 얼마나 되는지를 분석함으로써, 리스크 수준을 결정하는 것을 말하고 설정된 리스크 기준에 비교하여 각 리스크들의 우선순위를 결정하고, 그것이 여러 가지 기업 경영상의 측면에서 수용 가능한 것인지 아닌지를 판단하는 활동이라고 할 수 있다.[5]



<그림 2> 리스크분석 및 평가 체계 보완

제품안전의 각 단계에서 필요한 리스크 평가는 간단한 제품의 경우에는 수작업으로도 수행 가능한 경우가 많다. 그러나 제품 설계개발의 수명주기(life-cycle of product design)를 고려할 때 매우 단순한 제품이라고 하더라도 보다 체계적인 관리가 필요하다. 특히, 제조물 책임 대책을 지원하기 위해서는 제품안전을 위한 리스크 평가에서는 평가결과는 물론 적용된 방법론과 평가와 관련된 정보의 유지 및 지속적인 보완이 필요하다.[9] 여기서 적용되는 리스크 분석 및 평가 체계는 리스크 관리의 전 과정 중 리스크분석과 평가 부분만을 적용 시킨 것이다. 주요 리스크 요소를 체계적으로 고려함으로써, 전략적 계획을 수립하는데 보다 구체적인 기준을 세울 수 있다.

4. 적용사례

4.1 개발·설계시의 안전성 분석기법 조사
앞서 <표 1>에서 설명한 리스크 분석기법 중 본 연구에 활용할 기법은 FMEA(Failure Mode Effect Analysis)와 HAZOP(Hazard

and Operability Study)를 사용하기로 결정하였다.

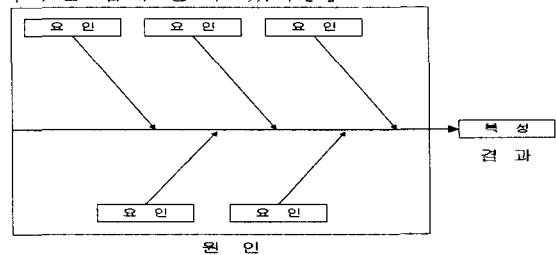
고장모드영향분석(FMEA)은 서브시스템 위험분석이나 시스템 위험분석을 위하여 일반적으로 사용되는 전형적인 정성적, 귀납적 분석기법으로 시스템에 영향을 미치는 모든 요소의 고장을 형태별로 분석하여 그 영향을 검토하는 것이다. 즉, FMEA는 시스템이나 기기의 잠재적인 고장모드를 찾아내어 시스템이나 기기의 가동에 영향을 미치는 고장모드에 대하여 적절한 대책을 세움으로써 고장을 미연에 방지하는 방법이다. FMEA 실시 후에는 각 고장모드의 치명도(Criticality)를 평가하여 어떠한 고장모드부터 개선대책을 수립할 것인가 하는 계획을 세워야 한다.

일반적으로 FMEA는 아이템의 개발 및 설계단계에서 적용된다. FMEA는 일회적으로 실시되는 것이 아니라 설계변경과 더불어 라이프사이클동안 지속적으로 갱신되어야 하며 이에 대한 이력관리가 되도록 하여야 한다. 또한 고장발생시 그에 대한 해석에도 사용된다. 시스템이나 기기의 개발 설계단계에서 FMEA의 표준적인 실시절차를 정리한 것이 <표 2>이며 절차는 대부분 3가지 부분으로 나누어진다.

<표 2> FMEA의 표준적 실시절차

FMEA 절차	세부절차
I. 대상시스템 분석	① 기기·시스템의 구성 및 기능의 전반적 파악 ② FMEA 실시를 위한 기본방침의 결정 ③ 기능 블록도와 신뢰성 블록도의 작성
II. 고장모드와 그 영향의 해석	④ 고장모드의 예측과 설정 ⑤ 고장원인의 상정 ⑥ 상위 항목(item)에의 고장영향 검토 ⑦ 고장 검지법의 검토 ⑧ 고장에 대한 보상법이나 대응법의 검토 ⑨ FMEA 양식지에 기입 ⑩ 고장등급의 평가
III. 치명도 해석과 개선책의 검토	⑪ 치명도 해석 ⑫ 해석결과의 정리와 설계개선 실시

- 특성요인도(Causes and Effects diagram)
특성(결과)과 요인(원인)이 어떻게 관계하고 있는가를 한 눈으로 알아보기 쉽게 하도록 세밀한 부분까지 활용하여 접근한 것이다. 즉, 특성에 대하여 어떤 요인이 어떤 관계로 영향을 미치고 있는지 명확히 하여 원인 추구를 쉽게 할 수 있다.[1]



<그림 3> 특성 요인도

에 조치사항과 리스크의 수준이 낮아지는 것을 모니터링 할 수 있게 하는 것도 좋은 방법이다.[5]

오토바이 헬멧 오사용에 관한 HAZOP 결과의 한 부분은 다음 <그림 5>와 같으며 이러한 단계는 모두 예비적인 것이며 충분한 효과를 얻기 위해서는 이러한 기법을 그 조직에서 하나의 생활방식으로 만드는 것을 최종 목표로 삼아야 한다. 즉, 이 기법의 적용이 설계절차의 자연스러운 한 부분이 될 수 있도록 되는 것이 이상적이다.

HAZOP						
분석팀 : HAZOP Team #1			도면번호 : h01-j32			
날짜 : 6/18/02			수정번호 : #1			
품목번호	입력	의견	결과	안전장치	등급	개선권고사항
1.1	Other than	헬멧벨크치 인입 틀어짐	사고의 위험 승객용수 인입 보호장치 벗어남	없음	3	경고문구 추가
2.1	Less	시야조 부적합	착용감 떨어짐 승객용수 인입 사고위험	없음	2	관련대목 경고문구 추가
2.2	More	인공흡입시 주의사항	시력이 떨어져 사고위험 유발	경고문구 없음	3	없게 변경
3.1	Part of	턱만 안 붙 경우	사고위험 높아짐 벨크치 이탈	경고문구 있음	1	경고문구 보충
3.2	Part of	Shield open 사용 Shield 안맞는 것 착용	사고위험 높아짐	없음	4	경고문구 보충

<그림 5> HAZOP에 의한 제품 오사용 분석

5. 결론

본 연구에서는 높은 신뢰성과 안전성 있는 제품선정을 위해 리스크 분석 및 평가 기법의 비교분석을 통해서 적절한 평가기법을 선정하고 기존 리스크 분석 및 평가 기법을 적용할 수 있는 리스크평가체계를 제안하고 이를 높은 안전성이 요구되는 오토바이용 헬멧리스크 평가에 적용하여 제품을 개선한 실증적 사례를 제시하였다.

이들 평가체계를 적용함으로써 제품에 대한 독자적인 기술 확보가 취약한 중소기업들에게 자사의 제품에 대한 개선을 위한 새로운 여지를 발견할 수 있다.

제품안전 활동에서 가장 중요한 부분은 제품의 신뢰성과 안전성을 분석하고 평가하는 일이다. 본 연구에서 제시된 다양한 기법과 도구들이 상당부분 이미 활용되고 있는 것이지만, 고신뢰성을 요하는 복합시스템제품에 대한 리스크 평가기법과 평가체계를 지속적으로 연구하고 정립하는 일이 필요하다.

참고 문헌

[1] 강금식, 「품질관리 -TQC·TQM-」, 박

영사, 1997

- [2] 김종걸, 「리스크 평가시스템 구축 및 적용」, 산업자원부 기술표준원, 2002, pp.9~16
- [3] 김종걸, “제조물책임법과 대응체계”, IE 매거진, 2000, pp.45~51
- [4] 김종걸, “리스크 기술기반 경영혁신 세미나”, 산업자원부 기술표준원, 2002, pp.1~49
- [5] 김진국 「리스크 경영시스템 기반 PL대응 시스템 구축에 관한 연구」, 성균관대학교, 석사논문
- [6] 김창남, 「PLP중심의 제조물책임대책실무」 한국표준협회 컨설팅, 동헌출판사 2002
- [7] 박은외 정영동, 「리스크 관리론」, 무역경영사, 1998
- [8] 한국표준협회, 「제품안전을 위한 리스크 평가기법 및 소프트웨어 활용지침」, 2001
- [9] Michael J. Pennock, 「Principles and Guidelines for Project Risk Management」, 2001
- [10] IEC/TC 56, 「IEC 60300-3-1 ; Analysis techniques for dependability」, 1991
- [11] Trevor Kletz, 「Hazop and Hazon」, UK, 1999