Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.3 pp.53-72, August 2004

안전한 제품을 설계하기 위한 새로운 제품위험분석 방법

A New Approach to Product Risk Analysis for Safe Product Design

안찬식*, 조 암*

ABSTRACT

Today we are observing a lot of injuries, casualties, and property losses that are mainly caused by the defects of products. In order to derive safety designs, which minimize the possibility of such product liability-related accidents, we need to take into account the user-product interaction as an important part of the danger factor analysis. Existing risk analysis techniques, however, have some limitations in detecting comprehensive danger factors that are peculiarly involved in human errors and the functional defects of products. Researches on danger factor analysis regarding the user-product interaction have been carried out actively in ergonomics.

In this paper, we suggest a novel product risk analysis technique, which is more objective and systematic compared to the previous ones, by combining a modified TAFEI (Task Analysis For Error Identification) technique with SASA (Systematic Approach to Accident Scenario Analysis) technique. By applying this technique to the product design practice in industry, corporations will be able to improve the product safety, consequently strengthening the competitiveness.

Keyword: product defect, user-product interaction, Product Risk Analysis, SASA기법, TAFEI기법

* 동국대학교 산업공학과
주 소 : 100-715 서울시 중구 필동 3가 26
전 화 : 010-5505-3039
E-mail : csahn@dongguk.edu

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

제품결함에 따른 소비자 안전사고로 인해 재산상의 피해는 물론 신체에 상해를 입거나 생명을 잃는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 사고들은 전적으로 소비자의 과실에 의해 발생하는 경우도 있지만 대부분은 제조업자들이 안전성이 결여된 위해한 제품을 생산, 유통시키는 데 그 원인이 있다(山口正久, 1994). 제품결함에 따른 손실을 예방 또는 최소화하기 위해서는 제품설계에서부터 유통, 판매에 이르는 전 과정에 걸쳐 안전을 우선적으로 고려하여 결함으로 인한 사고가 발생하지 않도록 최선을 다해야 한다(OECD, 1983).

안전한 제품을 설계하기 위해서는 우선 제품의 위험요인을 규명, 예측하고 이를 평가하는 위험분석을 수행해야 한다. 기존의 위험분석기법들은 현재 널리 활용되고 있지만 제품의 기능적 결함 및 사용자의 오동작에 의해 발생 가능한 위험요인을 종합적으로 분석하는 데는 한계가 있다. 왜냐하면 제품사고는 제품의 기능적 결함뿐만 아니라 사용자특성, 사용행위, 사용환경 등과 같은 사용자 관련 요소와 밀접하게 연관되어 발생하기 때문이다. 따라서 제품사고 발생 가능성을 최소화하는 제품설계요건을 보다 체계적이고 종합적으로 도출하기 위해서는 사용자와 제품의 상호작용을 고려한 위험요인 분석이 필요하다. 사용자와 제품의 상호작용을 고려한 위험요인 분석에 관한 연구는 기존의 인간공학 관련 분야에서 활발히 진행되어 왔다.

본 연구에서는 인간공학분야의 대표 기법 중의 하나이며 사용자와 제품의 상호작용을 고려하여 위험요인을 분석하는 TAFEI(Task Analysis For Error Identification)기법을 변형시켜 SASA(Systematic Accident Scenario Analysis Method)기법과 창의적으로 조합함으로써 보다 체계적이고 객관적인 분석기법을 개발하고 사례를 통해 제안한 기법을 고찰하고자 한다. 기업에서는 이를 제품 안전설계에 반영하여 보다 안전한 제품을 개발함으로써 소비자의 안전은 물론 기업의 경쟁력 강화를 도모할 수 있을 것이다.

2. 기존기법에 대한 고찰

2.1 SASA 기법

SASA기법은 시나리오기법에 근거하였으며, 사고 시나리오를 고안하기 위한 도구로써 품질기능전개(QFD; Quality Function Deployment)모형을 채택하였다. 품질기능전개 모형에 있는 input요인(고객의 욕구와 제품 품질의 요건)을 위험 요인과 상황 특성으로 대치하였다. 또한 관계 모형에 대한 의미는 동일하게 유지하고 시장평가모형, 기술모형, 지붕모형은 무시되었다(이동훈, 2002; 김진윤, 2001). SASA기법의 진행 절차는 그림 1과 같이 위험요인과 상황특성을 규명하고 이들 간의 관계를 설정한 후 일련의 과정을 통해서 사고 시나리오를 수집·유형화한다(이동훈, 2002; 김진윤, 2001).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

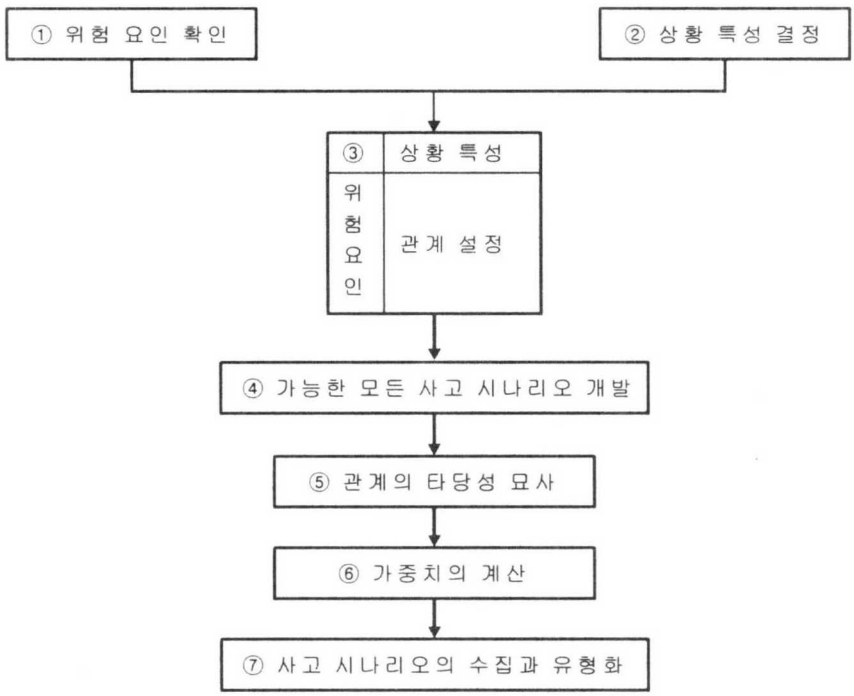

그림 1. SASA Process Model

2.2 TAFEI (Task Analysis For Error Identification)

TAFEI기법은 인간활동을 표현하기 위한 수단으로 사용자행동묘사기법(HTA; hierarchical task analysis)을 사용한다. 동시에 제품의 동작을 묘사하기 위해 제품작동 묘사 기법(SSD; state space diagram)도 사용한다. TAFEI기법은 제품과 사용자 상호간의 관계를 고려한 후 이를 통해 제품과 인간 활동 간에 정의를 내리고 제품상태를 고려한 제품과 인간 활동 간의 관계를 획득할 수 있다. 또한 이를 통하여 사용자의 오동작 발생가능성을 정의할 수 있다(Baber and Stanton, 1994).

TAFEI기법에서는 다이어그램을 통해 제품과 사용자간의 오동작 횟수를 제시할 수 있다. TAFEI 다이어그램을 접하는 분석가는 Transition(사용자의 행위에 제품이 반응하는 것)이 특정상태에서 다음상태로 변화하는 것을 규명하고 Transition들이 제품작동에 수용되어질 수 있을지 혹은 그것들이 사용자 오동작으로 나타날 수 있을지를 고려해야한다. 현재는 이것이 디자이너들의 영감이나 직감에 의존하고 있다. 하지만 TAFEI를 사용함으로써 좀 더 객관적이고 체계적으로 사용자 오동작을 찾아 낼 수 있다(Baber and

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Stanton, 1994).

본 연구에서는 TAFEI기법에서 제품과 사용자간의 오동작 횟수를 정의하는 다이어그램을 생략하여 SASA기법과 창의적으로 조합할 것이다. 그림 2는 TAFEI기법의 분석과정이다.

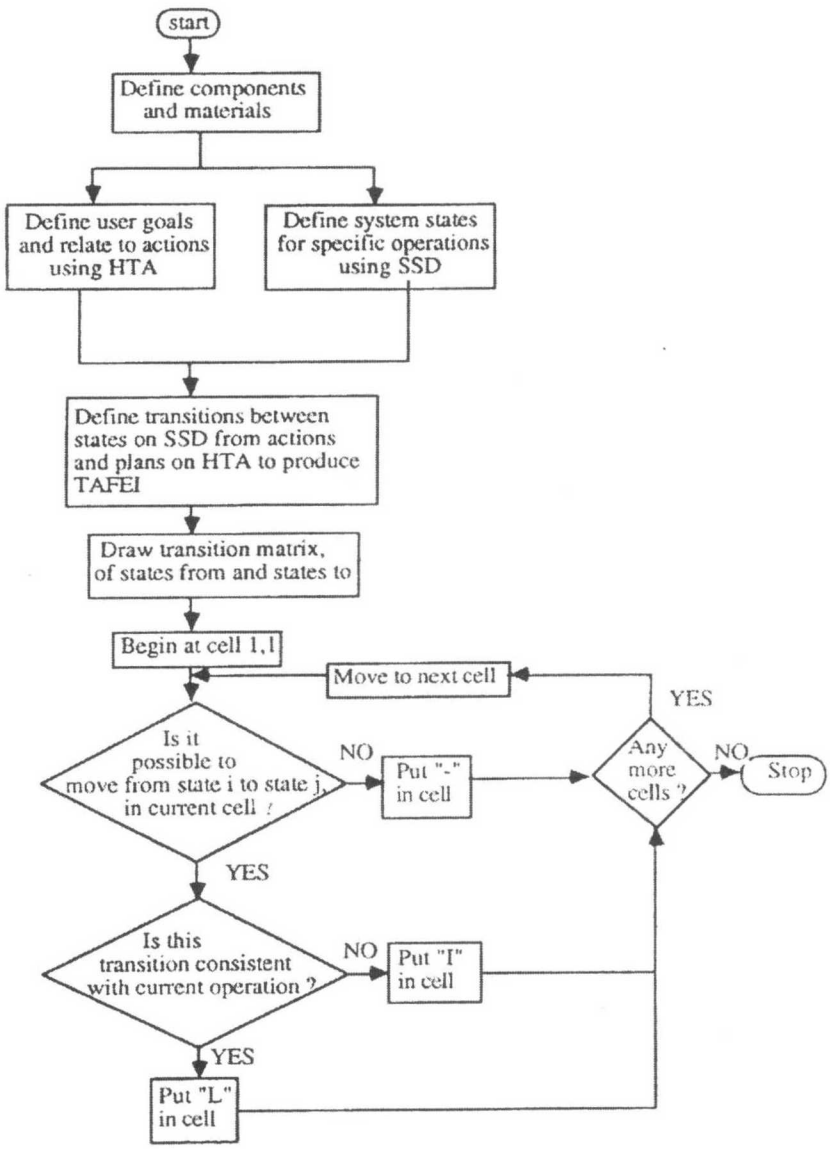

그림 2. TAFEI Process Model

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3. 제품의 안전을 향상시키기 위한 제안

3.1 SASA기법의 보완점

SASA기법에서 첫 번째 단계는 제품 설계의 안전 문제를 파악하여 시나리오를 도출하기 위한 input요인 즉, 위험요인 및 상황특성을 규명하는 단계이다. 따라서 안전문제에 대한 정확한 위험요인 확인만이 안전하고 품질이 향상된 제품의 생산을 유도할 수 있다. 기존 SASA기법에서 사고를 일으키는 제품결함에 대한 위험 요인 확인은 제품을 사용하는 소비자의 자료를 수집하여 활용하였다. 소비자에 대한 자료는 소비자의 불만사항, 사고 상해 정보, 그리고 제조물책임 소송 사건들이 포함된다. SASA기법에서는 이와 같이 수집한 위험요인 및 상황특성요인들로 하여금 시나리오를 작성하고 결론을 도출해 낸다. 하지만 사고원인에 대한 명백한 증거가 없거나 사고원인을 파악할 수 없다면 SASA기법을 활용할 수 없게 된다. 또한 이 경우에 분석가의 주관적인 판단으로 하여 input요인을 규명하고 시나리오를 작성하게 된다면 그 결과는 분석가 개인의 주관적인 생각에 불과하므로 결과는 무의미해지게 된다. 따라서 SASA기법에서 가장 중요한 부분은 위험요인과 상황특성 즉, input요인의 결정이라 할 수 있다.

기존 SASA기법은 가장 중요한 부분인 input요인을 규명하는데 있어서 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다. 첫째, 제품위험분석을 할 때는 사용자와 제품간의 상호작용 관계가 고려되어야 하지만 SASA기법에서 채택한 시나리오 분석에서 제품은 단지 인간에 의해 다루어지는 수동적인 역할로만 간주되어진다. 둘째, SASA기법에서는 이미 사고가 발생한 사고사례나 소비자 클레임 등의 자료를 통해 위험요인 및 상황특성을 결정한다. 따라서 사고의 사전예방을 위한 안전설계는 불가능할 수밖에 없게 된다. 셋째, 사고사례가 없거나 제품정보가 부족할 경우는 특정제품에 대한 위험요인 및 상황특성을 임의로 결정하게 되는데 이때 SASA기법의 결과는 주관적이기 마련이다.

3.2 제품안전설계를 위한 새로운 제안

본 연구에서는 앞서 살펴본 SASA기법의 보완점을 사용자의 행동특성 및 오동작 규명을 하기에 적합한 기법으로 알려져 있는 TAFEI기법을 변형시켜 창의적으로 조합함으로써 보다 체계적이고 객관적인 새로운 위험분석기법을 제안하고자 한다. 본 연구에서 선택한 TAFEI기법은 사용성 평가를 함에 있어서 인간과 제품 모두를 종합적으로 묘사할 수 있는 기법이다. 앞서 살펴본 바와 같이 SASA기법에서 가장 문제시 되는 단계는 위험분석과 행동특성 도출부분이다. 이 부분의 문제점을 해결하기위해 사용자행동묘사와 제품작동묘사를 통합한 TAFE기법에서 오동작 횟수를 제시하는 다이어그램을 삭제시키고 SASA기법과 창의적으로 조합하였다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

TAFEI기법에서 제품과 사용자간의 오동작 횟수를 제시하는 단계인 다이어그램을 삭제하여 변형한 이유는 SASA기법의 보완점으로 나타난 input요인 규명에 필요가 없는 단계이며 SASA기법과 TAFEI기법을 조합하기 위함이다. 이로써 SASA기법에서 가장 중요한 부분인 input요인 규명부분을 좀 더 객관적이고 정확하게 유추 할 수 있게 된다. 인간공학적 제품위험분석의 새로운 기법을 그림 3과 같이 제안한다.

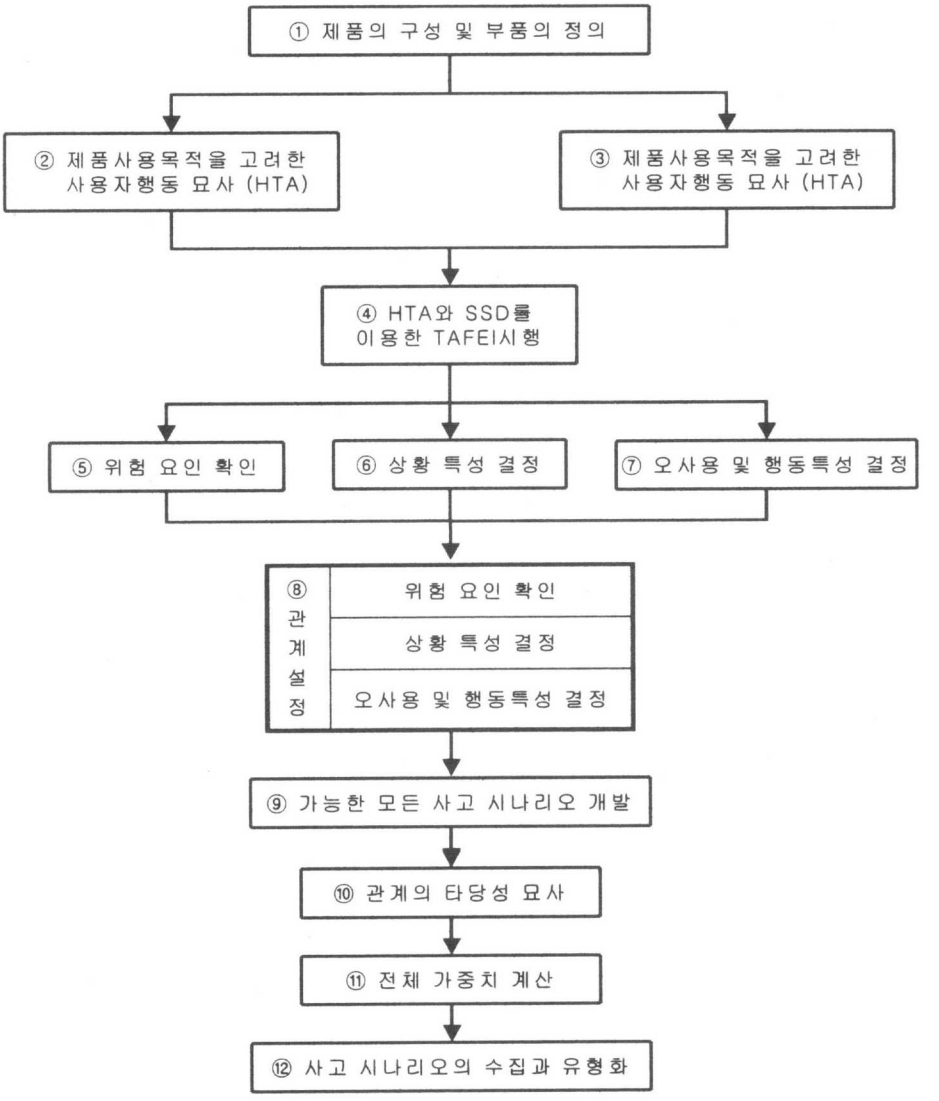

그림 3. 새로 제안한 인간공학적 제품위험 분석 기법의 흐름도

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

본 연구에서 새로이 제시하고자 하는 인간공학적 제품위험 분석 기법의 분석과정은 그림 3과 같고 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

① 제품의 구성 및 부품의 정의

분석하고자 하는 제품의 구성요소를 정의하고, 제품을 사용할 때 필요한 부산물을 파악한다.

② 제품사용 목적을 고려한 사용자행동묘사

사용자가 제품을 사용할 때 나타나는 행동들을 HTA기법을 사용하여 정리한다. HTA기법은 제품에 대한 전반적인 사용목적을 성취하기 위해 요구되는 행동들을 묘사해 준다.

③ 제품사용 목적을 고려한 제품작동묘사

사용자가 제품을 사용할 때 나타나는 제품의 작동을 SSD기법을 사용하여 제품을 정의한다. SSD기법은 사용자가 특정 목적을 위해 제품을 사용할 때 제품의 작동을 묘사해 준다.

④ HTA와 SSD를 이용한 TAFEI 시행

②, ③단계에서 시행한 두 가지 기법을 활용하여 TAFEI를 시행한다. 이와 같이 TAFEI를 시행하게 되면 사용자와 제품간의 관계가 상호 협동적으로 고려되어 단지 사용자의 행동이나 제품의 기능으로부터 발생되는 것이 아니라 사용자와 제품의 상호작용으로부터 발생된 에러가 나타난다. 즉, TAFEI를 시행하면 사용자가 제품을 사용함으로써 발생하는 인간오동작에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 위험요인과 행동특성은 다음 5단계의 input 요인으로 작용한다.

⑤ 위험요인 확인

위험요인 확인 단계는 제품 설계의 안전문제를 정확하게 지적해야 한다는 점에서 가장 중요한 단계이다. 정확한 위험요인 확인만이 안전하고 품질이 향상된 제품의 생산을 유도할 수 있다. 기존 SASA기법에서는 이 단계에서 사고를 일으키는 제품 결함에 대한 위험 요인 확인은 제품을 사용하는 소비자의 자료를 수집하였다. 또한 소비자에 대한 자료는 소비자의 불만사항, 사고 상해 정보, 그리고 제조물 책임 소송 사건들이 포함된다.

⑥ 상황특성 결정

상황 특성은 제조물 피해사고를 둘러싼 특성과 환경이라고 볼 수 있다. 제품사용의 피해 사고는 제품, 사용자, 행동 그리고 환경과 서로 관련되어 있다는 것을 보여주고 있다. 따라서 상황특성은 사용자 특성, 제품특성, 환경특성, 행동특성 등으로 분류된다. 사용자특성은 사고 피해자의 특성을 의미하고 제품특성은 제품재료와 같은 제품 모양, 환경특성은 사고당시의 주변 환경을 의미한다. 이들 사용자 특성, 제품특성, 환경특성은 비교적 객관적으로 파악이 된다.

⑦ 사용자의 오동작 및 행동특성

제품의 안전한 설계를 위해서는 단지 사용자의 행동이나 제품의 기능으로부터 발생되는 위험요인 뿐만 아니라 사용자와 제품의 상호작용으로부터 발생하는 사용

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

자의 오동작 및 행동특성도 동시에 고려하여야한다.

⑧ 위험요인과 상황특성간의 관계설정

⑤, ⑥, ⑦단계에서 결정된 위험요인과 상황특성간의 관계를 설정한다.

⑨ 가능한 모든 사고 시나리오 개발

시나리오 개발을 위한 표식을 이용하여 예견 가능한 모든 관계 즉, 각각의 위험요소와 상응하는 상황특성 및 사용자 오동작 및 행동특성 관계의 모형으로부터 시나리오를 만든다.

⑩ 관계의 타당성 묘사

상황 특성의 요인들 간의 타당하지 않은 관계들을 여과하여 사고 시나리오의 고안과 분석에 대한 욕구를 완화시킨다.

⑪ 가중치의 계산

사고 시나리오가 만들어 진 후에 사고 시나리오의 명확성을 결정하기 위해 가중치가 계산된다. 각각의 사고 시나리오에 대한 가중치를 계산하기 위하여 위험 요소의 중요성은 서로 상응하는 상황 특성 및 사용자 오동작 및 행동특성들을 곱하고 가중치를 구하기 위하여 모두 더 한다. 각각의 위험 요소에 대한 사고 시나리오는 가중치에 근거한 상대적인 등급으로 우선순위가 정해진다.

⑫ 사고 시나리오의 수집과 유형화

위의 ⑨단계에서 작성한 사고분석 그림은 위험 요소들과 상황 특성들 간의 예견 가능한 모든 관계에 근거한 사고 시나리오를 고안한다. 이 과정은 많은 사고 시나리오를 만들 수도 있다. 타당하지 않은 시나리오가 ⑨단계에 있는 타당성 분석에 적용되지 않는다고 해도 타당한 시나리오가 많다면 사고 상황에 대하여 명확한 분석을 하기 어려울 수 있다. 따라서 전체적으로 사고 상황을 이해하기 위하여 수집과 유형화 과정들이 도입된다.

3.3 새로 제안한 기법의 장점 및 특징

SASA기법의 문제점은 근본적으로 사용자의 행동특성이 불확실하고 객관적이지 않거나 정보 수집이 어렵다는데 있으므로 본 연구에서는 이를 인간공학적 기법인 TAFEI를 변형시켜 SASA기법과 창의적으로 조합하여 새로운 기법을 제시하였다. 본 연구에서 새로이 제안한 기법의 주요 장점 및 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 제품과 사용자간의 상호작용관계를 고려할 수 있게 됨으로써 사용자의 행동특성은 물론 사용자의 오동작을 도출할 수 있게 되었다. 둘째, 사고사례나 고객클레임에 대한 정보가 없거나 부족할 경우 분석가의 주관적인 판단에 의해 결정되었던 input요인을 TAFEI기법을 변형하여 SASA기법과 창의적으로 조합함으로써 보다 객관적이고 체계적으로 규명을 할 수 있게 되었다. 셋째, 본 논문에서 제시한 기법은 TAFEI기법의 특성상 지능형 제품에는 적합하나 조작이 단순한 제품에는 적합하지 않으며 기법수행절차가 기존에 비해 비교적 복잡해 졌다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 1. 제안한 기법과 기존 기법과의 특성 비교

특징 \ 기법	TAFEI기법	SASA기법	새로 제안한 기법
시나리오의 구성	정성적	정량적으로 가능	정량적으로 가능
사용자 & 제품간 상호작용	고려함	고려하기 어려움	고려함
환경특성 & 상황특성	고려하지 못함	고려함	고려함
기법수행절차	비교적 간단	비교적 간단	비교적 복잡
사용자의 오동작 규명	가능	규명하기 어려움	가능
안전사고 예방을 위한 안전설계	가능	불가능	가능
지능형 제품	적합	부적합	적합
조작이 단순한 제품	부적합	적합	부적합

3.4 제안한 기법과 기존기법의 비교

본 연구에서 제안한 기법은 기존의 기법에 비해 표 1과 같이 여러 가지 장점들을 가지면서 몇 가지 보완할 점들이 있다. 먼저 장점으로는 첫째, SASA기법의 가중치 계산법을 그대로 받아들임으로써 정량적으로 사고시나리오를 유형화 할 수 있다. 둘째, TAFEI기법을 변형하여 SASA기법과 창의적으로 조합함으로써 SSD와 HTA를 통해 사용자와 제품간의 상호작용을 고려한 위험요인을 도출할 수 있으며 이로 인하여 사용자의 오작동 규명이 가능하다. 셋째, 고객클레임 및 사고사례에 대한 정보가 부족하거나 없을 경우에도 TAFEI기법을 통해 위험요인 도출이 가능하게 되었고 이를 제품안전설계에 반영하여 사고를 사전에 예방할 수 있다.

보완점으로는 기법수행절차가 기존보다 복잡해 졌으며 TAFEI기법의 특성으로 인해 지능형제품에는 적합하나 단순 조작 제품에는 부적합하다는 보완점이 있다.

4. 사례분석을 통한 새로 제안한 기법의 고찰

4.1 제품의 구성 및 부품의 정의

소형 믹서기(그림 4)는 3단으로 분리되는 제품으로 상단은 음식재료를 담는 용기 부분이고 중간부위는 분쇄나 믹스를 위한 칼날부이며 하단은 모터가 내장되어 있다. 소형 믹서기 칼날의 회전속도는 분당 17,000(rpm)으로 매우 빠른 속도이고 믹서기능을 하는 칼날(4개의 칼날)의 모양은 날카로운 형태로

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

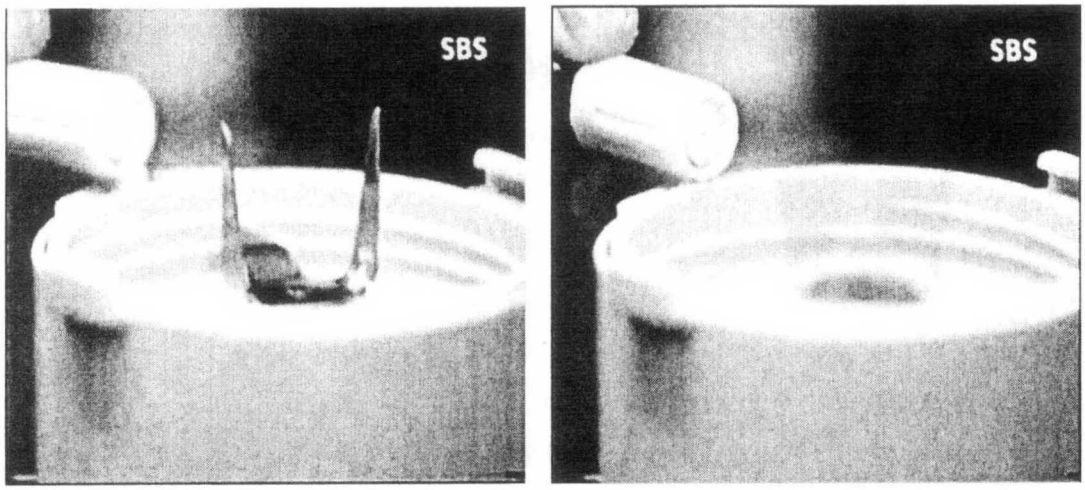

그림 4. 칼날이 노출된 소형 믹서기의 모습

제작되어 있어 손가락을 넣을 경우 절단되는 등 심각한 위해를 초래할 수 있다.

본 연구에서는 칼날부를 올려놓게 되는 본체 안쪽의 하단 부위에 눌림 작동 스위치가 있어서 칼날부에 용기를 결합하지 않은 상태에서도 칼날부만을 본체에 맞추어 끼우고 누르면칼날이 돌아가는 작동방식으로 설계되어 있는 소형 믹서기에 대한 사례를 다루고자 한다.

시스템 구성요소로는 사용자, 용기, 칼날부, 모터, 본체, 전기 소켓, 전선 등으로 구성되어 있다. 이러한 시스템 구성요소들을 사용하기 위해서는 물, 전기, 채소, 과일 등이 필요하다.

가정에서 사용하고 있는 소형믹서기는 그림 4와 같이 칼날이 노출된 상태에서도 칼날부위를 누르기만 하면 칼날이 돌아가 사고의 위험이 높으며 손가락이 절단되는 등의 위해사고 사례가 빈번하게 발생하고 있다(표 2). 그림 4에서 왼쪽은 칼날부를 누르기 전 상태이고 오른쪽은 칼날부를 눌렀을 때 칼날이 노출된 상태에서 믹서기능이 작동하는 모습이다.

4.2 소형 믹서기 관련 소비자 위해사례 통계조사

표2는 최근 소형믹서기의 사고건수를 정리한 것이다. 2002년 1월에서 2003년 9월까지 접수된 소형믹서기 관련 위해사례는 총 85건으로 나타났다.

표 2에 나타난 바와 같이 소형믹서기로 인해 소비자가 직접적으로 신체상해를 입은 건수는 64건으로 75.3%로 나타났다. 기간별로 보면 2003년 1월 1일에서 9월 15일까지 소형 믹서기로 인한 위해사례가 총 44건

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

으로 전년도 동기간(30건)에 비해 46.7%가 급증하였다. 특히 2003년 접수된 위해사례 중 소비자가 제품으로 인해 직접 신체 상해를 입은 24건의 사례에서 소형 믹서기로 인한 사고가 20건으로 83.3%를 차지하였다.

소형 믹서기의 사고건수를 그래프로 정리한 그림 5는 최근 소형 믹서기의 사고가 증가하는 추세임을 보여준다.

표 2. 소형 믹서기의 사고건수

단위 : 건수

항목 / 연도	소비자상담						위해정보	위해사례 총계
	위해관련				일반 소비자상담 (품질, 수리 등)	소계		
	신체 상해	악취 등	화재 위험	계				
2003. 01. 01 ~ 2003. 09. 15	14	9	1	24	90	114	20	44
2002. 09. 16 ~ 2002. 12. 31	12	6	1	19	164	183	22	41
2002. 01. 01 ~ 2002. 09. 15	9	5	1	15	118	133	15	30

(출처 : 한국소비자보호원)

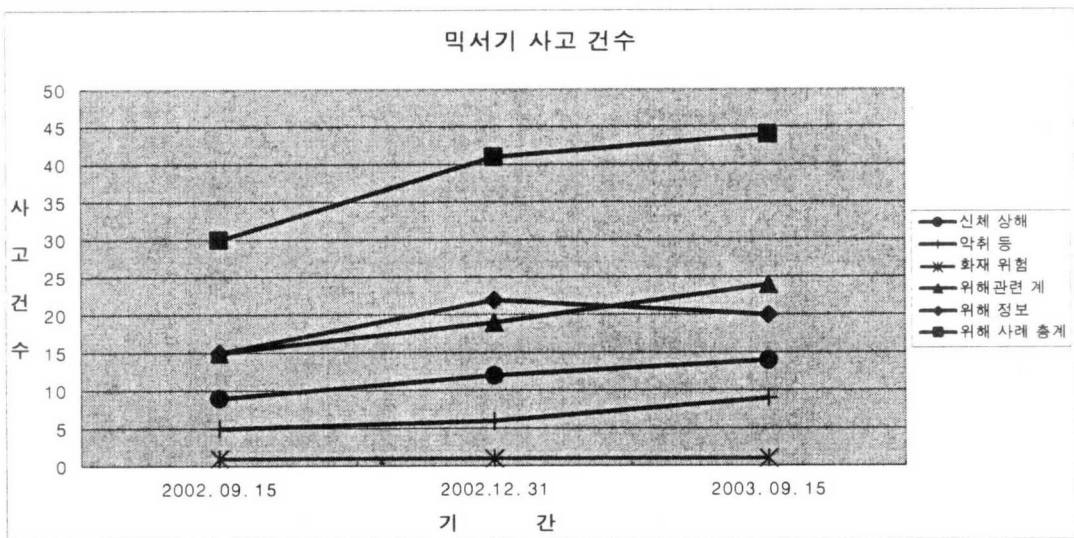

그림 5. 항목 별 소형 믹서기의 사고건수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4.3 제품작동묘사 시행

그림 6은 소형 믹서기에 대한 사용자의 행동에 따른 제품사용묘사(SSD)를 작성한 결과로 총 7단계로 나타났다.

첫 번째 단계에서는 플러그에 전원이 연결되고 용기는 음식물이 채워질 때까지 기다리게 된다. 두 번째 단계에서는 용기에 음식물이 채워지고 칼날부의 결합을 기다리는 단계이다. 세 번째 단계에서 용기와 칼날부가 결합이 되고 용기와 하단 본체의 결합을 기다리는단계이다. 네 번째 단계는 칼날부와 결합된 용기가 하단 본체에 결합이 되고 본체와 고정되어 연속작동을 기다리는 단계이다. 다섯 번째 단계에서는 본체와 고정되어 연속동작이 가동되고 믹서가 완료된 후 용기와 본체가 분리되기를 기다리는 단계이다. 여섯 번째 단계에서는 용기가 본체와 분리되고 칼날부와 용기가 분리됨을 기다리는 단계이다. 일곱 번째 단계에서는 칼날부와 용기를 분리되어 음식물이나 재료를 꺼내는 단계이다.

4.4 사용자행동 시행

그림 7은 사용자들이 소형 믹서기를 사용할 때의 행동들이 나타나 있다. 사용자행동묘사(HTA)는 제품에 대한 전반적인 사용 목적을 성취하기 위해 요구되는 행동들을 묘사해 준다.

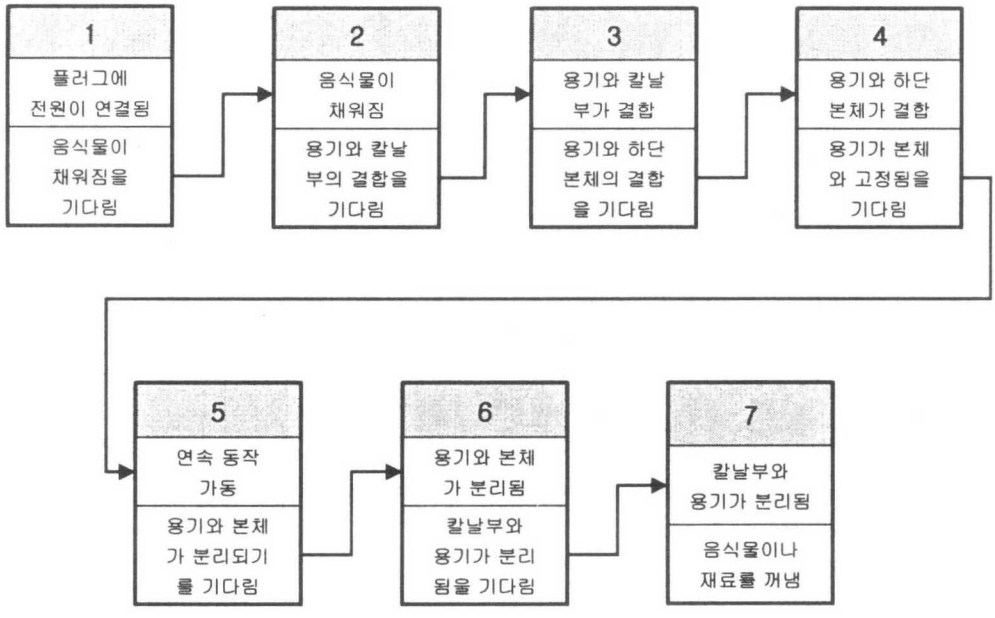

그림 6. 소형 믹서기의 제품작동묘사

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

첫 번째 단계에서는 플러그에 전원을 연결하고 용기에 음식물을 채우는 단계이며 음식물을 채울 때 1.3단계에서 음식물의 양을 확인하게 된다. 음식물이 적당히 채워지면 1.4단계로 진행이 되고 음식물이 채워지지 않았으면 1.2 단계로 되돌아가게 된다. 이때 음식물을 너무 많이 넣거나 넣지 않았을 때에는 문제가 발생하게 된다. 두 번째 단계는 음식물이 채워진 용기에 칼날부를 결합하는 단계이다. 세 번째 단계는 칼날부와 결합된 용기를 하단 본체에 결합시키는 단계이다. 네 번째 단계에서는 순간동작을 하였지만 연속동작을 하기 위해서는 용기를 누르고 누른 상태에서 시계방향으로 돌려야 한다. 4.3단계에서음식물이나 재료의 믹서 정도를 확인한다. 음식물의 믹서가 완료되었으면 5단계로 진행하게 되고 완료가 되지 않았을 경우에는 다시 4.2단계로 되돌아가게 된다. 4.3단계에서 음식물의 믹서정도를 확인하여 믹서가 완료되었을 경우에는 다음단계로 진행하게 되고 완료되지 않았을 경우에는 다시 4.2로 되돌아간다. 다섯 번째 단계는 네 번째 단계에서 음식물의 믹서가 완료된 것을 확인한 후 용기를 누른 상태에서 용기와 칼날부를 시계 반대방향으로 돌려 본체와 분리하는 단계이다. 여섯 번째 단계에서는 칼날부와 결합된 용기가 제대로 분리가 되었을 경우 칼날부와 용기를 분리하여 음식물이나 재료를 꺼내는 단계이다.

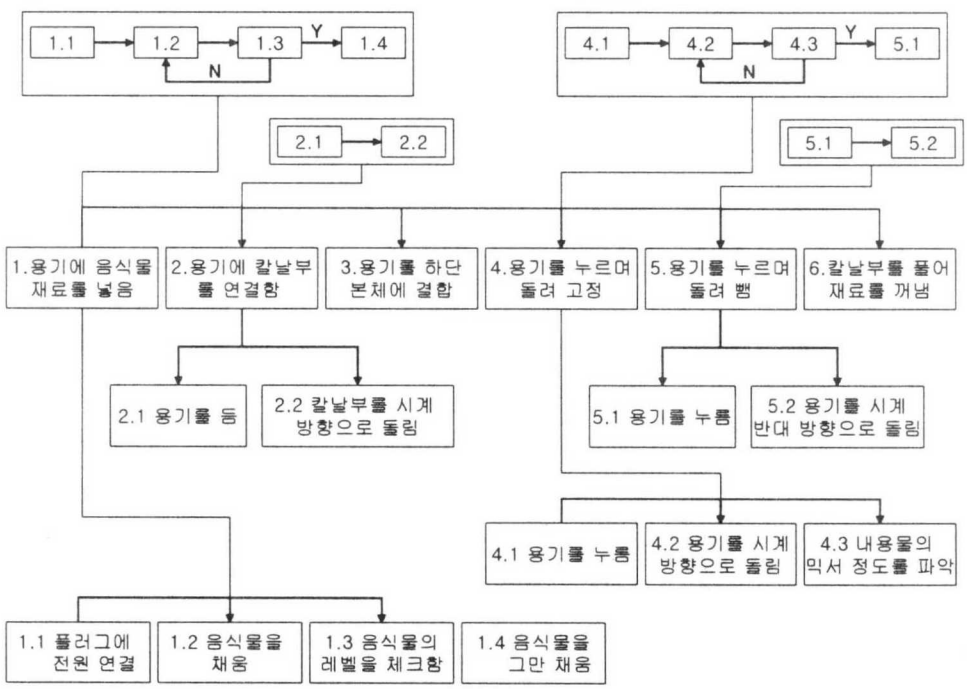

그림 7. 소형 믹서기의 사용자행동묘사

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4.5 HTA와 SSD를 통한 TAFEI 시행 결과

그림 8은 HTA와 SSD를 통해 소형 믹서기와 사용자간의 오작동정의를 위한 작업분석(TAFEI)을 실행한 결과이다.

첫 번째 단계에서는 플러그에 전원이 연결되고 용기는 음식물이 채워질 때까지 기다리게 된다. 이 때 물기가 있는 손으로 전원을 연결하면 감전이 될 위험이 발생하고 또한 플러그에 물기가 남아 있을 경우 화재의 위험도 있다.

두 번째 단계에서는 용기에 음식물이 채워지고 칼날부의 결합을 기다리는 단계이다. 이 때 용기에 음식물이 너무 많이 담기거나 담기지지 않았을 때에는 문제가 발생하게 된다. 음식물이 담기지 않은 채 진행하게 되면 모터에 과부하가 걸려 화재의 위험이 발생하게 되며 음식물이 너무 많이 담겼을 경우 용기가 칼날 부와 분리됨으로서 손가락이 절단되는 안전사고가 발생할 위험이 있다.

세 번째 단계에서 용기와 칼날부가 결합이 되고 용기와 하단 본체의 결합을 기다리는 단계이다. 소형 믹서기의 경우 본체에 용기를 결합하지 않고 칼날부만을 본체에 맞추어 끼우고 누르면 칼날이 돌아가는 방식으로 설계되어 있다. 따라서 칼날부와 용기가 분리됨으로써 손가락이 절단되는 안전사고가 발생할 수 있다. 또한 칼날 부위가 돌출해 있기 때문에 본체와 칼날부가 분리 되지 않았을 때 믹서기에 쏟은 재료를 닦거나 치우기 위해 믹서기를 건드릴 경우 칼날 부위가 회전을 하기 때문에 손가락이 찢어지거나 절단될 위험이 있다.

네 번째 단계는 칼날부와 결합된 용기가 하단 본체에 결합이 되고 본체와 고정되어 연속작동을 기다리는 단계이다. 하단 본체와 결합되면 용기를 누를 때 순간동작을 한다. 즉, 용기 부분을 아래로 누르면 믹서기가 작동을 하고 다시 떼면 작동을 멈춘다.

다섯 번째 단계에서는 본체와 고정되어 연속동작이 가동되고 믹서가 완료된 후 용기와 본체가 분리되기를 기다리는 단계이다. 이 단계에서 연속동작이 되려면 용기를 누르고 누른 상태에서 시계방향으로 돌려야 한다. 연속동작이 되면 음식물의 믹서가 완료되었는지 살펴야하는데 이때 용기부분과 칼날 부분이 분리가 될 수 있으므로 너무 가까이서 관찰을 하게 되면 눈에 치명적인 손상을 입게 될 위험이 발생한다. 음식물의 믹서가 완료되었으면 다음 단계로 진행하게 되고 완료가 되지 않았을 경우에는 완료가 될 때까지 기다리게 된다.

여섯 번째 단계에서는 용기가 본체와 분리되고 칼날부와 용기가 분리됨을 기다리는 단계이다. 믹서가 완료되면 용기를 누른 상태에서 용기와 칼날부를 시계 반대방향으로 돌려 본체와 분리된다. 이 때 믹서기의 칼날부와 용기를 여는 방향이 동일하여 사용자의 오동작을 유발할 가능성이 높다. 믹서기를 연속으로 작동시키기 위해서는 우선 칼날부를 시계방향으로 돌려서 용기와 결합하고 이를 본체에 맞추어 끼운 후 아래로 누른 상태에서 용기를 시계방향으로 돌리도록 설계되어 있다. 따라서 역으로 본체로부터 칼날부가 결합된 용기를 해체하기 위해서는 용기를

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

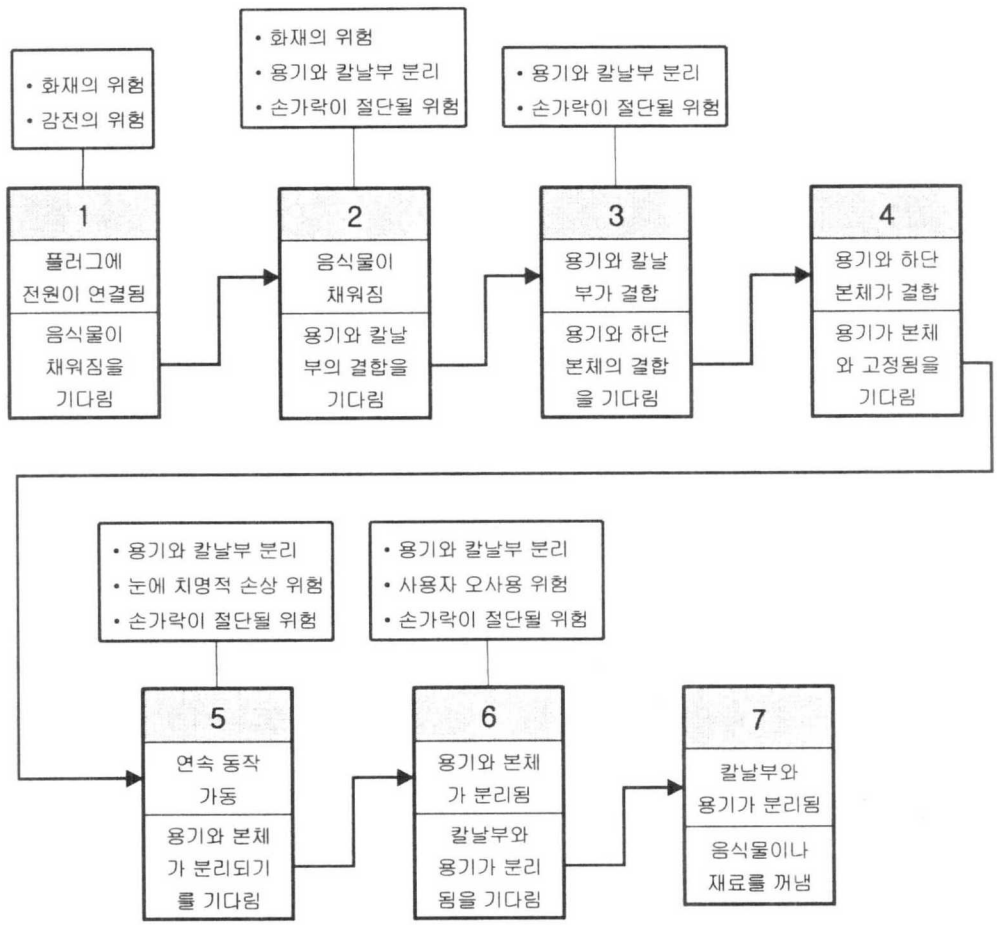

그림 8. 소형 믹서기와 사용자의 TAFEI분석 결과

아래로 누른 상태에서 시계반대 방향으로 돌려야 하고 용기로부터 칼날부를 해체하기 위해서도 시계반대 방향으로 돌려야 한다. 이처럼 해체하는 방향이 일치함으로 인해서 사용자에게 오동작을 유발할 수 있다. 즉, 사용자가 소형믹서의 작동을 중지시키기 위해 용기를아래로 누르지 않고 본체로부터 칼날부가 결합된 용기를 시계반대 방향으로 돌리게 되면 본체에서 칼날부와 용기의 결합체가 분리되는 것이 아니라 칼날부와 용기가 먼저 해체되어 내용물이 쏟아지고 칼날부의 칼날이 외부로 노출되어 매우 위험한 상황이 발생할 수 있다.

일곱 번째 단계에서는 칼날부와 용기를 분리되어 음식물이나 재료를 꺼내는 단계이다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4.6 시나리오 개발을 위한 INPUT요인 결정

소형 믹서기의 TAFEI시행 결과를 통해 위험요인 특성별로 분류한 후 각각의 위험요인을 서로 교차한 결과 448가지의 사고시나리오를 개발할 수 있었다. 이들 교차항목은 강한관계, 보통의 관계, 약한 관계 등으로 표시되어, 특성별로 중요성을 파악하게 된다. TAFEI시행 결과 도출된 위험요인을 모두 대입하면 도표의 작성 상 분량이 많으므로 본 논문에서는 각 특성 중 아래와 같이 주요 몇 가지의 위험요인을 사용하여 분석하고자 한다.

(1) 오동작 및 행동특성

① 용기에 음식물을 너무 많이 넣고 작동
② 믹서를 마치고 용기만 분리된 상태에서 방치
③ 용기와 칼날부의 결합을 제대로 하지 않고 작동
④ 음식물의 믹서 상태를 너무 가까이서 확인
⑤ 용기를 아래로 누르지 않고 분리

(2) 사용자 특성

⑥ 나이 : 30대 주부
⑦ 상처유형 : 절단 및 찢어짐

(3) 제품 특성

⑧ 작동 : 칼날부 돌출형
⑨ 높이 : 175mm

(4) 환경 특성

⑩ 사고발생 장소 : 주방

4.7 시나리오 개발 및 가중치 계산

표 3은 시나리오 개발을 위한 INPUT요인 결정사고 시나리오 개발을 위해 가중치를 계산한 결과를 나타내는 도표이다.

4.8 사고 시나리오의 수집과 유형화

표 3과 같이 사고 시나리오를 도표로 작성한 결과를 강한 관계의 순서대로 나열하면 다음과 같다.

- 요인 7의 항목 : 강한관계 2, 보통의 관계 2
- 요인11의 항목 : 강한관계 2, 보통의 관계 2
- 요인19의 항목 : 강한관계 1, 보통의 관계 2

이상과 같이 강하게 나타난 요인들 중 요인 7의 시나리오를 분석해 보면 오동작 및 행동특성은 ② 믹서를 마치고 용기만 분리된 상태에서 방치, 사용자 특성은 ⑦ 상처유형 : 절단 및 찢어짐, 사용자 특성은 ⑧ 작동 : 칼날부 돌출형, 환경 특성은 ⑩ 사고발생 장소 : 주방으로 나타났다.

분량 관계로 요인 7 항목만을 시나리오 기법으로 유형화하면 다음과 같다.

『주방에서 칼날부가 돌출되어 있는 소형 믹서기를 사용한 후 믹서가 완료된 음식물을 꺼내고 칼날부를 본체위에 그대로 방치하였다. 이 때 호기심이 많은 사고자가 칼날부를 만져 손가락이 절단되거나 찢어지는 사고가 발생할 가능성이 매우 많다.』

4.9 사례 분석 결과에 대한 고찰

본 연구에서는 TAFEI시행 결과를 이용해

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 3. 소형 믹서기의 주요 사고 시나리오 작성 및 가중치 계산 결과

구분 \ 특성		상황 특성										교차 분석
		오동작 및 행동 특성					사용자 특성		제품 특성		환경 특성	
위험 요인	중요도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	12가지
요인 1	●:1 ○:1 ◐:2	◐					○		●		◐	1.6.8.10
요인 2	○:2 ◐:2	◐					○			○	◐	1.6.9.10
요인 3	●:1 ◐:3	◐						◐	●		◐	1.7.8.10
요인 4	○:1 ◐:3	◐						◐		○	◐	1.7.9.10
요인 5	●:2 ○:1 ◐:1		●				○		●		◐	2.6.8.10
요인 6	●:1 ○:2 ◐:1		●				○			○	◐	2.6.9.10
요인 7	●:2 ◐:2		●					◐	●		◐	2.7.8.10
요인 8	●:1 ○:1 ◐:2		●					◐		○	◐	2.7.9.10
요인 9	●:2 ○:1 ◐:1			●			○		●		◐	3.6.8.10
요인10	●:1 ○:2 ◐:1			●			○			○	◐	3.6.9.10
요인11	●:2 ◐:2			●				◐	●		◐	3.7.8.10
요인12	●:1 ○:1 ◐:2			●				◐		○	◐	3.7.9.10
요인13	●:1 ○:1 ◐:2				◐		○		●		◐	4.6.8.10
요인14	○:2 ◐:2				◐		○			○	◐	4.6.9.10
요인15	●:1 ◐:3				◐			◐	●		◐	4.7.8.10
요인16	○:1 ◐:3				◐			◐		○	◐	4.7.9.10
요인17	●:2 ○:1 ◐:1					●	○		●		◐	5.6.8.10
요인18	●:1 ○:2 ◐:1					●	○			○	◐	5.6.9.10
요인19	●:2 ◐:2					●		◐	●		◐	5.7.8.10
요인20	●:1 ○:1 ◐:2					●		◐		○	◐	5.7.9.10

특성 기호		특성 분류	
	● : 강한 관계 ◐ : 보통 관계 ○ : 약한 관계		오동작 특성 : ①:◐ ②:● ③:● ④:◐ ⑤:● 사용자 특성 : ⑥:○ ⑦:◐ 제품 특성 : ⑧:● ⑨:○ 환경 특성 : ⑩:◐

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

사고시나리오 분석을 하였다. 이를 토대로 하여 믹서기 제조업체들은 칼날부 돌출형 소형 믹서기의 안전한 사용을 위하여 반드시 다음과 같이 개선해야 할 것이다.

첫째, 대부분의 소형 믹서기들은 칼날부에 용기를 결합하지 않은 상태에서도 칼날부만을 본체에 맞추어 끼우고 누르면 칼날이 돌아가는 작동방식으로 설계되어 있다. 이와 같은 사고를 예방하기 위해서는 적당한 보호망의 역할을 할 수 있는 용기를 결합하지 않고는 칼날부의 칼날이 돌지 않도록 제품을 개선해야 한다.

둘째, 연구 결과 소형 믹서기의 칼날부 탈착과 용기를 여는 방향이 동일하여 사용자의 오작동을 유발할 가능성이 매우 높다. 사용자가 소형 믹서기의 작동을 중지시키기 위해 용기를 아래로 누르지 않고 시계반대 방향으로 돌리게 되면 본체에서 칼날부와 용기의 결합체가 분리되는 것이 아니라 칼날부의 칼날이 외부로 노출되어 매우 위험한 상황이 발생한다. 이러한 안전사고를 사전에 예방하기 위해서는 칼날부와 용기를 본체에 붙이거나 떼어내는 조작이 단순·명확하고 안전하도록 각 부품간 결합 및 해체 방법을 개선해야 한다.

셋째, 소형 믹서기들은 대부분 별도의 안전 스위치가 없고 칼날부를 올려놓는 본체 안쪽에 눌림 스위치가 있어서 칼날부와 결합된 용기를 아래로 누르면 스위치가 눌려지면서 작동을 하게 되어 있다. 이 부위의 안전사고를 예방하기 위해서는 별도의 안전스위치를 본체에 부착하여 작동 단계를 하나 더 만듦으로써 사용자가 소형 믹서기의 작동에 앞서 다시 한번 안전에 대해 생각할 수 있게 하고 어린이가 쉽게 작동할 수 없도록 해야 한다.

5. 결 론

본 연구에서 제안한 기법은 인간공학 관련 분야에서 사용자와 제품의 상호작용을 고려한 위험요인 분석기법 중 사용자의 행동특성 및 오동작 규명을 하기에 적합한 것으로 알려진 TAFEI기법을 변형시켜 SASA기법과 창의적으로 조합시켜 기존 기법의 문제점을 보완하였다. 본 연구에서 새로 제시한 기법은 기존 기법과 비교 분석한 결과 다음과 같은 장점이 나타났다. 첫째, 제품과 사용자간의 상호작용관계를 고려할 수 있게 됨으로써 사용자의 행동특성은 물론 사용자의 오동작을 도출할 수 있게 되었다. 둘째, 사고사례나 고객클레임에 대한 정보가 없거나 부족할 경우 분석가의 주관적인 판단에 의해 결정되었던 input요인을 TAFEI기법을 변형하여 SASA기법과 창의적으로 조합함으로써 보다 객관적이고 체계적으로 규명을 할 수 있게 되었다.

TAFEI기법은 HTA와 SSD를 통합하여 사용하고 있기 때문에 사용자의 조작이 복잡하고 까다로운 지능형 제품을 분석하기에 적합하다. 이러한 TAFEI기법의 특성상 본 연구에서 제안한 제품위험분석기법은 사용자의 조작이 복잡하고 까다로운 지능형 제품을 분석하기에 적합하지만 단순조작 제품에 사용

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

하는 것은 별 의미가 없다.

본 연구에서 제안한 개선된 제품위험분석 기법으로 인해 보다 안전한 제품을 설계할 수 있다. 이를 통해 기업에서는 안전성이 강화된 제조물을 설계함으로써 제조물의 결함으로 인한 소비자 피해를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

참고 문헌

김진윤, 권영국, 소비자의 안전을 위한 제조물 책임에 관한 연구, 관동대학교, 2001.

이동훈, 변승남, 제조물 책임과 제품 안전정책, 경희대학교, 2002.

山口正久, 入門PL法, 日科技連, 1994.

Baber, C. and Stanton, N. A., Task analysis for error identification: A methodology for designing error-tolerant consumer products, Ergonomics, 37(11), pp. 1923-1941, 1994.

Benedyk, R. and Minister, S., Evaluation of product safety using the BeSafe method, In Stanton, N (Ed), Human Factors in Consumer Products, Taylor & Francis, London, 1998.

Cushman, W. H. and Rogenberg, D. J. Designing safer products, In G. Salvendy(Ed), Advanced in Human Factors/Ergonomics, 14, pp. 315-335, 1991.

Drury, C. G. and Brill, M., Human factors in consumer product accident investigation, Human Factors, 25, pp. 329-342, 1983.

Dong-Hoon. Lee, A Systematic Approach to Accident Scenario Analysis for design for Designing Safer Product, Kyung Hee, 2000.

OECD., Product safety, Risk management and cost-benefit analysis, Committee on Consumer Policy, Paris, 1983.

Pulz, S. D., Accident Analysis for prevention: The role of the human factors specialist in accident reconstruction, Professional Safety, 32(3), pp. 38-41, 1987.

Stanton, N. and Baber, C., A systems analysis of consumer products, In Stanton, N (Ed), Human Factors in Consumer Products, Taylor & Francis, London, 1998.

Wang, J. and Ruxton, T., Design for safety, Professional Safety, 42(1), pp. 24-29, 1997.

Warne, C. A. Designig out accidents-first understand the problem, Applied Ergonomics, 13, pp. 2-6, 1982.

Wilson, J. R., The collection and interpretation of domestic accident data: A discussion on some aspects of the British consumer safety

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

system, Applied Ergonomics, 10(2), pp. 71-78, 1979.

Yules, R. B., Human factors experts in product liability litigation, Journal of Products and Toxics Liability, 9(2), pp. 107-132, 1986.

저자 소개

◈ 안찬식

2002년 동국대학교 산업공학과 학사
2004년 동국대학교 산업공학과 석사

◈ 조 암

日本 早稻田大學 工業經營學科 大學院 공학 석사 · 인간과학 박사
현 동국대학교 정보산업대학 산업시스템 공학과 교수(겸 산업대학원 원장)

논문접수일 (Date Received): 2004/07/28
논문게재승인일(Date Accepted): 2004/08/23

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.