

FMEA를 활용한 체감형게임 안전성 평가모델에 관한 연구

- wii 사고사례를 중심으로 -

김우리*, 유승호**
강원대학교영상문화학과
{urigim, shryu}@kangwon.ac.kr

The Research on Applying FMEA to Evaluate the Safety of
Tangible Game
- Focusing on Wii Accident Cases -

Woo-Ri Kim*, Seung-Ho Ryu**
Dept. of Visual Culture, Kangwon National University

요 약

본 논문은 제품의 고장모드를 예측하고 제거하는 FMEA를 체감형게임의 안전성 평가척도에 적용함으로써 체감형게임의 사용가능성을 증진시키는 방법에 대한 논문이다. 체감형게임이 제공하는 작동화된 인터랙션이라는 특징 때문에 사용자들은 예상치 못한 사고들을 겪게 되었다. 이에 본 논문은 Wii 사고사례들 중 게임기와 신체상해부위의 두 가지 분류 내의 위험요인(고장모드)들을 FMEA를 사용해 우선순위를 매겨보았다. 그 결과 게임기에서는 TV가, 신체상해부위에서는 손열상 및 타박상이 가장 큰 위험요인으로 나타났다. 이를 바탕으로 FMEA를 활용한 체감형게임 안전성 평가모델에서 가장 우선적으로 고려해야 할 안정성 평가 순위를 제공하고, 상이한 체감형게임 기기들 간의 일관성 있는 평가 가이드라인을 제공할 수 있는 기초를 마련하였다.

ABSTRACT

This paper researched the possibility of applying FMEA that estimates and eliminates the failure modes into the measurement of tangible game's safety. Tangible game with actuation makes unexpected accidents for the game users. And this article tried to give risk priority number to 2 categories, game device and physical injuries using FMEA method. The result showed that TV and Hand laceration and/or bruise were revealed as the most risky factors among the others. In conclusion, it is suggested that FMEA can present integrated, quantitative and coherent measurement for the safety of tangible game.

Keywords : Tangible game, FMEA(Failure Modes and Effects Analysis), Product Safety

접수일자 : 2010년 05월 26일 심사완료 : 2010년 06월 18일

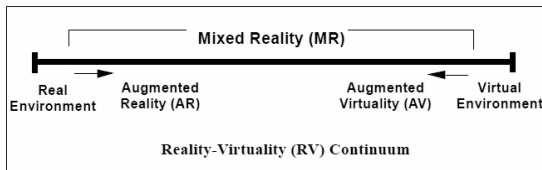
교신저자 : 유승호

1. 서론

체감형게임은 특정 기술을 적용하여, 유저들에게 새로운 플레이 경험을 제공한다는 점에서 학계와 게임제작업계의 관심을 모으고 있다. 체감형게임의 게임기와 구현 기술이 각각의 게임 콘텐츠를 즐기기에 적합한 특정한 형태로 개발되고, 사용자들에게 실제세계와 가상세계 사이에서 존재하는 신체적·정신적으로 새로운 경험을 주기 때문이다.

이러한 체감형게임에 쓰이는 특정 기술에 대해 강원형[1]은 센서기술의 발전진행에 따라 체감형게임이 변화했으며, 장비의 간략화와 모션캡처 기술의 정확성 간에는 상충되는 관계가 있다고 언급했다. 상용화되었거나 현재 연구 중인 체감형게임의 기술들로 동작감지센서, HMD, 모바일기기, 아케이드 게임장치 등을 들 수 있다.

체감형게임을 통한 사용자의 경험은 Milgram[2]이 제안한 Reality-Virtuality Continuum을 통해 구체적으로 이해할 수 있다.



[그림 1] Reality-Virtuality Continuum[2]

그는 실제환경과 가상환경을 양 끝에 배치하고 그 사이 어느 곳에서든 그 둘을 나타내는 단일한 보여주기(display)를 Mixed Reality로 정의내렸다. 이때 실제환경은 창문, 비디오 display를 통해 보여지는 혹은 직접적으로 보는 실제대상만을 말하며, 가상환경은 모니터 혹은 컴퓨터시스템 영상을 통한 컴퓨터 그래픽 시뮬레이션 등 가상의(virtual) 대상을 말한다.

체감형게임은 모션인식시스템을 사용하기 때문에 실제환경과 가상환경 모두를 풍부하게 경험할 수 있는 Mixed Reality를 제공한다. 실제 대상인 자신의 신체를 실제공간과 컴퓨터 그래픽을 통해

동시에 볼 수 있으며, 가상공간 속 아바타의 움직임도 실제공간의 신체나 컨트롤러에 의해 실시간으로 조절되기 때문이다. 또한 이러한 경험은 실제환경에서 가능한 스포츠경기나 신체활동 등을 콘텐츠화한 것이어서 사용자들은 실제와 가상환경 사이에서 더욱 모호하지만 강력한 경험을 하게 되는 것이다. 이처럼 현실의 물리적 경계가 열리는 체감형게임은 유저들에게 새로운 방식의 신체적 인지과 반응을 요구한다. 때문에 게임플레이에서 요구하는 행동들은 플레이에 사용되는 것 외에 유저들의 신체상해나 주변 기기파손 등의 예상치 못한 상황을 불러오기도 한다. 한 예로 슬개골 탈골과 같은 심각한 신체상해[3]이 발생하기도 했다. 이처럼 심각한 증상 외에도 게임기나 건물·재산파손의 피해를 입는 다양한 사고사례들이 존재한다.

그러나 현재 체감형게임의 안전성을 평가하는 공식적인 기준들은 게임기기의 기계적 완성도에 근거한 완성도의 측정만이 포함되어 있기 때문에, 위와 같은 예상치 못한 상황에서 발생하는 사고들에 대한 예측이나 유연한 대응을 마련하기 어려운 구조를 갖고 있다.

따라서 본 논문은 체감형게임이 제공하는 새로운 경험을 분석하여 특징을 이해하고, 예상치 못한 사고사례들을 유형화하여, 체감형게임의 안전성 평가에 가이드라인을 제시하는 데 목적을 두었다.

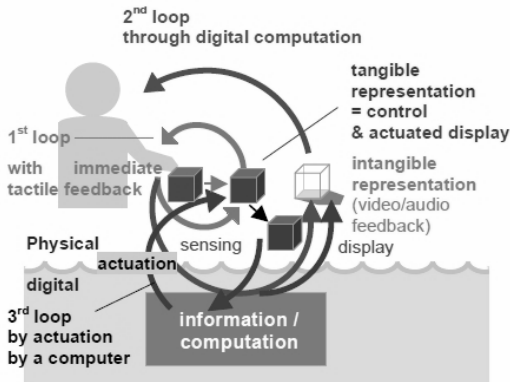
이를 위해 체감형게임의 정의와 분류를 통해 새로운 경험을 개념화하고 특징들을 이해한 후, 일반적인 체감형게임의 안전성 평가현황과 안전성에 관한 이론들을 살펴볼 것이다. 이후, 체감형게임의 특징들을 고려한 안전성 평가모델을 구축해보고 체감형게임 Wii의 사고사례들을 그 모델에 적용하여 타당성을 고찰해볼 것이다. 후에 제시할 체감형게임의 안전성평가모델은 산업제품의 안전성을 평가하기 위해 널리 사용되고 있는 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)측정법을 사용할 것이다. 이 측정법을 신체상해 세부별로 유형화된 체감형게임기 wii의 사고사례 데이터를 활용해 앞서 살펴 본 FMEA의 체감형게임으로의 적용 타당성에 대해 고찰해볼 것이다.

2. 체감형게임 안전성 평가현황의 문제제기

2.1 체감형게임의 정의와 특징

체감형게임은 인터랙션 과정에 중점을 두어, 텐저블 인터페이스[4]라는 개념을 중심으로 그 사례들이 연구되는 경우가 많다. 체감형게임은 게임 별로 각기 다른 기기를 사용하고, 장르 역시 다양하기 때문에 주로 인터랙션 방식을 통해 분류한다. 강원형[1]은 체감형게임을 “다양한 게임의 장르 중에서도 인간의 실제 행동과 유사한 상호작용 방식을 통하여 진행되는 게임”으로 정의내리고, 체감형게임 상호작용의 특징으로 게임 밖의 실제에서 주로 사용하는 물리적인 행동들이 사용된다는 점을 꼽았다.

위에서 말한 체감형게임의 상호작용방식은 TUI(Tangible User Interface)개념을 통해 보다 심도 있게 연구되었다. 텐저블 인터페이스를 십여 년 간 연구해온 MIT의 Ishii교수[4]는 사람들이 개발해온 정교한 감지·조작기술들을 디지털정보와의 인터랙션에 적용할 수 있는 것으로 TUI를 언급했다. TUI의 핵심적인 개념은 물리적 상태를 디지털 정보로 바꾸는 것이다. 즉, 사물에 대한 물리적 행동유도성(affordance)을 디지털 영역으로 매끄럽게(seamless) 확장시키는 것이 TUI의 역할이라는 것이다.



[그림 2] 작동화(Actuation)과정을 포함한 TUI [5]

Ishii가 제시한 TUI는 체감형게임의 정의에서 중요하게 다뤄졌던 인터랙션의 특징을 이해하기 위한 프레임워크로 사용될 수 있다. 다음의 [그림 2]에서 즉각적인 촉각피드백과 컴퓨터로 디지털화된 텐저블 피드백, 그리고 작동화된 디스플레이와 개체를 통한 피드백이 이루어지는 원리를 설명하고 있다.

각각 다른 색으로 표시된 피드백 루프들 중 두 번째와 세 번째가 체감형 게임의 인터랙션에 적용할 수 있는 루프들이다. 첫 번째 루프는 즉각적인 촉각피드백을 설명하고 두 번째 루프는 디지털 프로세스를 거친 촉각피드백을 설명한다. 그리고 세 번째 루프는 컴퓨터가 실제 물체 혹은 tangible재현물 등을 조절할 수 있는 또 다른 피드백 과정을 설명한다. 체감형게임은 비디오와 오디오처럼 intangible 재현들-화면상의 캐릭터나 게임화면-과 조작을 할 수 있는 tangible재현물-컨트롤러-등을 통해 피드백 된다는 점에서 두 번째 루프를 포함할 수 있다. 또, 컴퓨터와 작동화된 개체-모션인식-를 통해 정보처리를 하고 작동화된 디스플레이에서 최종 피드백이 이루어진다는 점에서 세 번째 루프를 포함할 수 있다.

따라서 Ishii의 모형에 비추어본 체감형게임 인터랙션의 특징은 개체와 피드백의 작동성에 있다. 두 번째 루프에서는 없었던 텐저블한 재현이 컴퓨터화된 정보들 간 교류로 가능해지기 때문이다. 이렇듯 촉각적 컨트롤과 디지털화된 정보들간의 교류가 동시에 가능해진 것은 유저들에게 공간인식에 관한 현존감의 혼란을 낳을 수 있다. 이러한 혼란은 심리적으로 허구를 일시적으로 믿는 불신의 유예(suspension of disbelief)를 일으킬 수도 있다. 그러나 경험상의 요소에 물리적 개체를 동반한다는 점에서 불신의 유예보다 복잡한 혼란을 낳는 현존감을 준다.

결론적으로 이전에 intangible재현들이 tangible상태가 되어 작동되는 디스플레이와 개체로 바뀌었기 때문에 체감형게임이 이전의 게임들과 다른 경험을 준다고 할 수 있다.

2.2 체감형게임의 안전성 평가 현황

국내에서 체감형게임의 안전성을 평가하고 살펴 보기 위해 사용될 수 있는 기준은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫째는 국가에서 제시한 법적 안전기준이고, 두 번째는 게임제작사에서 자체 제작한 사용설명서에 첨부하는 안전지침사항이다.

먼저 법적 안전기준을 살펴보면 다음과 같다. 국내에서 게임기를 상용화 하기 위해서는 받는 안전성 평가는 일반적으로 게임물등급위원회의 게임물등급 분류심의규정에 따라 이루어진다. 이 규정에 의하면 게임기는 전기안전인증을 받아야 하며, 체감형 게임이 포함되는 아케이드 게임의 경우, 전기용품 전기용품안전인증필증을 받아야만 게임물 등급분류를 신청할 자격이 주어진다. 전기용품안전기준 문서에서는 게임류-비디오게임기와 폴리퍼게임기·전자게임기기류-로 규정된 제품들에 한해, 감전과 폭발사고를 방지하기 위한 기계적 완성도와 안전성만을 평가하는 기준들이 제시되어 있다.

본 논문에서 연구대상으로 제시할 닌텐도 Wii의 경우, 공식적으로 상용화될 당시 무선데이터통신시스템용 무선기기로 분류되어 한국방송통신위원회의 승인을 받고, 가정용으로 전자파적합등록을 한 기기로서 주거지역에서는 물론 모든 지역에서 사용할 수 있도록 허가되었다. 이 역시 무선기기로 정의되어 기계적 완성도에 근거한 안전성을 중점에 둔 평가기준이다.

다음으로 게임기 제작업체에서 제품안내서와 공식웹사이트에서 제공하는 안전지침사항이 있다. 닌텐도 Wii가 제시하는 안전지침의 세부사항과 권고사항을 항목별로 분류하면 [표 1]과 같다. 표를 살펴보면, 제작사의 안전지침은 게임 도중에 발생 가능한 신체적 이상증상이나 주변기기 사용 및 취급시 주의사항 등을 고려한 것을 알 수 있다. 이 외에도 게임 타이틀별로 플레이하는 방법에 따라 개별적인 지침을 게임이 플레이되는 도중에 제공하는 등의 안전지침을 제공하고 있다.

[표 1] 닌텐도 Wii의 안전지침 분류

항목	세부내용
건강상의 주의사항	<ul style="list-style-type: none"> · 조도 안정화 및 주변공간 확보 · 사용시간, 연령대, 지병여부 · 신체 이상증세 발생여부 · 급작스런 근육경련 및 기타증상 · 멀미 및 통증 여부 · 장애 및 피로여부 · 진동하는 리모컨에 관한 사항
사용상의 주의사항	<ul style="list-style-type: none"> · 주변공간확보 · 스트랩 필수 장착 및 점검 · 눈차크 사용 상 주의사항 · 스트랩 사용 상 주의사항 · 어댑터 사용상 주의사항 · 특수 사용자에 관한 주의사항 · 유아의 안전관리 사항 · 전자기기 관련 유의사항
기술사용 주의사항	<ul style="list-style-type: none"> · AC 어댑터 취급 · 리모컨 건전지 및 충전지 · 본체 및 버튼건지 · 디스크 취급

2.3 체감형게임의 사고사례 및 관련연구

본 논문에서 살펴볼 Wii의 경우 안전한 게임을 위해 사용자들이 컨트롤러를 손에서 놓칠 경우를 대비해 스트랩이 장착되어 있다. 그러나 이 스트랩이 불안정하거나 끊어지는 등 예상치 못한 사고들이 발생하자 닌텐도 측은 두 차례에 걸쳐 스트랩 길이 연장, 잠금스토퍼 추가 등의 조치를 취했다. 그러나 안전성 증가를 위한 이러한 조치에도 불구하고 Wii 사용자들의 예상치 못한 안전사고들은 계속해서 발생해왔다. 이러한 Wii 관련 사고사례들은 한 웹사이트(www.wiihaveaproblem.com)를 통해 사용자들 간에 공유되고 있다.

체감형게임을 연구한 논문들 중에는 Wii의 사고 사례를 인터랙션이나 의학적 증상을 설명하기 위해 위 사이트를 언급한 것들이 있다. 파골입의 문제점을 보여주는 인터페이스 디자인[7], 게임 후 신체 부상 발생[8] 등을 설명하기 위해 위 사이트를 언급했었다. 이중 Wii 사용으로 인한 신체상해를 의학적인 관점에서 개략적으로 분석한 논문을 살펴보

면[6] 약 39건의 사고사례를 상해부위에 따라 [표 2]와 같이 정리한 것을 확인할 수 있다. 또한 같은 논문에서 분석한 게임 유형별 사고발생 건수는 [표 3]과 같다.

[표 2] Wii 신체상해사고 부위 별 사고건수[6]

신체상해부위	발생건수
출혈 (Epistaxis)	1
쇠골골절 (Clavicular fracture)	1
입술열상 (Lip laceration)	1
턱열상 (Chin laceration)	1
치아탈구 (Tooth avulsion)	1
대퇴부인대외상 (Quadriceps sprain)	1
손목스트랩상해 (Wrist strap injury)	1
척골골절 (Metatarsal fracture)	1
슬개골탈골 (Patellar dislocation)	2
손바닥골절 (Metacarpal fracture)	2
발목인대외상 및 골절 (Ankle sprain or fracture)	2
이마타박상 및 열상 (Forehead bruise or laceration)	3
안구혈종 (Periobital haematoma)	5
손열상 및 타박상 (Hand laceration and/or bruise)	17
총 사고발생 건수	39

게임유형과 신체상해 부위를 기준으로 사고사례들을 유형화한 결과를 통해 알 수 있는 것은 스트랩 고장과 스포츠 게임이 원인인 사고가 많이 발생한다는 것이다. Wii로 인한 사고발생 원인에 대해 앞서 언급한 논문[6]에서는 세 가지 분석을 내놓았다. Wii 초보 이용자들은 Wii의 독특한 인터페이스에 상대적으로 덜 익숙하고, 게임조작을 위해 신체적 움직임이 필수적이라는 것과 Wii 사용자가 늘어난 것, 마지막으로 스포츠게임은 보다 활동적인 움직임을 요하므로 이러한 안전사고가 발생하는 것이라고 분석했다.

[표 3] Wii 게임유형 별 사고사례[6]

게임유형	발생건수
· 위스포츠 골프 · 홈런 더비 · 레이맨 엽기토키 · 켈다의 전설:황혼의 공주	1
· 슈퍼 몽키볼 · 위스포츠 복싱	2
· 위스포츠 야구	5
· 위스포 볼링	8
· 위스포츠 테니스	18
전체	28

이러한 사례들이 앞에서 제시한 것처럼 빈번한 발생횟수와 심각성[3]을 지녔음에도 불구하고 아직까지 사고사례들을 정리하고, 추후의 사고들을 예방할 수 있는 안전성 평가 기준이 존재하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 위의 사례들을 기본으로 체감형게임의 특성을 반영해 그 안전성을 측정할 수 있는 안전성 평가모델에 대한 연구를 실시했다.

3. FMEA를 이용한 체감형게임 안전성평가모델에 관한 연구

3.1 안전성 개념을 적용한 사고사례 분류

앞서 살펴 본 체감형게임의 사고사례들과 일반적인 제품안전에 관한 이론들을 함께 살펴보면, 체감형게임의 안전성은 일반 제품안전과 비슷하게 접근할 수 있으며, 안전성에 대한 태도 역시 완벽한 위험의 제거가 아니라 위험의 정도를 최소화하는 방식으로 가져야함을 알 수 있다.

먼저 제품안전에 관한 이론들이 제품과 안전을 어떻게 정의하는지 살펴보면 다음과 같다. Andrew & Jennifer[9]는 제품의 품질을 결정하는 요소 중 하나인 안전을 “제품의 사용이나 작동이 상해의 위험을 내포하는 지의 여부”로 정의했다. 여기서 상해(injury)는 “신체적 상해 혹은 시설이나 자산의

예기치 않은 손해”로 정의 내렸다. 미국국방부에서 작성한 안전성 기준문서인 MIL-STD -882D[10]에 명시된 안전은 ‘사망, 부상, 직무상 질병을 일으킬 수 있는 상태나 장비 혹은 자산의 손실, 또는 환경에 입히는 손해 등이 없는 것’으로 정의된다.

[표 4] 안전정의에 따른 Wii사고 피해유형 분류

분류	세부항목	빈도
사용자	사람 (people)	42
게임기	TV	25
	위 본체 (Wii)	7
	스트랩 파손 (broken straps)	47
	보호장치파손 (protection devices)	2
	위모콘 커버 (Remote Sleeves)	1
	컨트롤러파손 (broken controllers)	21
	기기변형 (Wii hacks&mods)	10
건물파손	벽 (walls)	11
	천정 (ceiling fans)	9
	창문 (windows)	6
	벽난로 (fireplaces)	1
재산파손	접시(dishes)	8
	램프 (lamps)	19
	TV선반 및 가구 (TV stands and furniture)	5
	보석 (jewelry)	1
	전자기기 (PDA,Phone,Camera)	2
	오디오 (stereos)	1
	노트북 (laptop)	3
그림 (picture)	3	
애완동물	애완동물(animals)	7

이처럼 Wii 사고사례들이 위의 안전에 대한 정의가 포함하고 있는 인체상해와 자산파손 등을 포함하고 있다는 점에서, 체감형게임에 일반적인 제품안전에 관한 이론들을 적용해 볼 수 있는 가능

성 및 타당성을 가능해볼 수 있다.

앞서 언급했던 Andrew&Jennifer[9]의 정의에서 포함된 용어들-신체적 상해, 시설, 자산-을 기준으로 간단하게 wiihaveaproblem.com 사이트에 게시된 사례들을 분류해 볼 수 있다. 이는 [표 4]에 정리되어 있다.

[표 4]를 살펴보면 신체적 상해는 사람(사용자)과 애완동물로 나누고, 자산은 게임기와 재산으로 나누었으며, 건물파손은 시설에 해당하므로 각각 다른 그룹으로 분류하였다. 이러한 피해유형 분류는 안전성의 정의가 지닌 개념을 기준으로 유형화한 것이므로, 사고사례들을 분석할 수 있는 기초 데이터를 제공할 수 있을 것이다.

3.2 FMEA의 정의 및 특징

본 논문에서는 제품의 고장모드의 영향분석을 정성·정량적으로 평가하는 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)를 Wii의 피해사례들에 적용하여 분석할 것이다. FMEA란 제품의 개발 초기 단계에서부터 제품에서 발생할 수 있는 모든 잠재적 고장 모드들을 선별하고 고장모드의 영향과 원인을 분석함으로써, 제품에 치명적인 영향을 미치는 고장모드는 선별하고 이를 줄이거나 없애기 위한 권고조치 등을 수행하는 분석기법을 의미한다[12].

앞선 이전문헌 연구에서 제품안전에 대한 정의들이 Wii 사고사례 분류와 유사한 개념들-인체상해, 자산파손-을 포함하고 있다는 점에서 일반적인 제품안전의 이론들을 체감형게임에 적용할 수 있을 것이라 예측할 수 있다. 또한, EU의 공식문서[11]에 따르면 완전한 안전은 획득할 수 없으며, 따라서 안전성이란 인지되고 수용된 위험의 정도를 뜻하는 상대적인 용어로 정리된다. 이를 체감형게임에 적용시켜보면, 잠재된 위험의 정도를 인식하는 정도 즉, 추후 이 논문에서 소개될 검출도의 항목과 유사하다고 할 수 있다. 따라서 위의 정의들은 FMEA의 체감형게임으로의 적용에 있어서, 제품안전의 이론을 체감형게임에 적용할 수 있는 개념적

타당성을 제공하므로 본 논문에서는 체감형게임의 안전성 평가모델로 FMEA를 적용해 보고자 한다.

FMEA의 구체적인 안전성 평가에 있어서, 위험 항목들이라 할 수 있는 고장모드들은 우선순위로 측정되며 그 공식은 RPN(Risk Priority Number; 위험우선순위)에 따라 세 가지 항목의 곱을 계산하여 요인 간 순서가 결정된다.

$$RPN = Occurrence \times Severity \times Detection$$

각 항목은 발생빈도(Occurrence), 심각도(Severity), 검출도(Detection)를 뜻하며, 1점에서 10점사이의 수로 측정하고, 숫자가 클수록 그 강도가 강한 것이다. 즉, 발생빈도는 그 항목이 발현하는 횟수의 많고 적음을 나타내고, 심각도는 최종적인 효과의 영향력의 심각성 정도를 나타내며, 검출도는 그 요인이 발생했을 때 얼마나 잘 감지할 수 있는지 정도를 나타낸다. 이 측정기법은 고장모드 평가를 통해 새로운 설계 대안에서 나타날 수 있는 고장모드를 조기에 발견하여 제거하는 신뢰성 개선에 그 이점이 있다[13].

3.3 Wii 사고사례의 FMEA 분석

FMEA의 실행에 앞서 준비할 사항은 분석 목적을 설정하고 분석대상과 수준을 결정하는 것이다 [14]. 본 논문에서는 FMEA를 통해 Wii 게임기와 신체상해부위의 위험우선순위를 알아보는 것을 목적으로 설정하고, 분석대상은 앞서 소개한 웹사이트에 게재된 사례들 중 Wii 게임기기와 신체상해부위 두 가지로 선정했다. 선정이유는 이 두 가지 항목내의 요인들이 서로 균일한 조건을 갖추었기 때문에 계량화하여 비교하기 적합하기 때문이다.

3.3.1 Wii 게임기기의 위험우선순위 측정

위험우선순위 측정을 위한 측정항목들은 1에서 10 사이의 숫자가 되어야 하므로 1에서 47까지 있는 게임기별 발생빈도를 1에서 50까지의 10을 단

위로 설정하여 1에서 10 사이의 숫자로 환산하였다. 나머지 측정항목들은 다음과 같은 수량화 기준을 마련했다.

[표 5] Wii 게임기 항목 수량화 기준

항목	수량화 기준
발생빈도	사고사례 수를 최고 10점으로 환산
심각도	전기적 장치 포함여부 신체상해 가능성 여부
검출도	고장에 대한 피드백장치 유무 면적 · 사용빈도

발생빈도의 경우 [표 6]과 같이 사고발생건수를 다른 항목인 심각도 · 검출도와 동일한 최고점을 갖도록 환산하였고, 심각도는 실제 안전에 위험을 줄 수 있는 전기적 장치(감전위험)나 기기의 신체상해 가능성 여부 등을 기준으로 부여하였다. 검출도는 게임기기가 고장에 대한 피드백 장치를 지녔는지 여부와 면적 및 사용빈도를 통해 사용자가 위험상황 발생 경우 인식하기 쉬운지 여부를 측정할 수 있도록 기준을 설정하였다. RPN값 측정에 있어서 본 논문이 제시한 임의적 수량화 기준의 명확성의 부족을 보충하기 위해, 항목 간 편차를 줄이도록 심각도와 검출도의 경우 홀수만을 부여하였다. 이와 같은 과정을 통해 게임기 별 RPN 값을 측정한 결과는 [표 7]과 같다.

[표 6] Wii 게임기 별 사고발생건수 환산표

변경전	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50
변경후	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

[표 7] Wii 게임기 별 RPN값 측정

요인	발생빈도	심각도	검출도	RPN
TV	5	9	9	405
위 본체 (Wii)	2	7	5	70
스트랩 파손 (broken straps)	10	3	7	210
보호장치파손 (protection devices)	1	3	5	15
위모콘 커버 (Remote Sleeves)	1	1	3	3
컨트롤러파손 (broken coltrollers)	5	5	8	200
기기변형 (wii hacks&mods)	2	5	3	30

측정결과 값을 기준으로 보면, 가장 먼저 개선이 필요한 위험요소는 TV이며 그 다음으로 스트랩파손, 컨트롤러파손, 위본체, 기기변형, 보호장치파손, 위모콘 커버 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다.

3.3.2 신체상해부위의 위험우선순위 측정

Wii 사고사례들 중 인체 상해부위별 RPN값을 측정하기 위해, 각 항목들을 다음과 같이 수량화 기준을 세웠다. 발생빈도는 [표 8]와 같이 최고점을 10으로 환산하여 타 항목들과 최고점이 일치하도록 환산하였고, 심각도의 경우 외상의 중증도를 분류한 의학논문[15]을 참고하여 흡수를 부여하였다.

[표 8] Wii 상해부위 별 사고발생건수 환산표

변경전	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	13~14	15~16	17~18	19~20
	변경후	1	2	3	4	5	6	7	8	9

[표 9] Wii 상해부위 항목 수량화 기준[15]

항목	수량화 기준
발생빈도	사고사례 수를 최고 10점으로 환산
심각도	해당 증상을 다룬 논문지 존재 여부 외상 중증도 분류 참고
검출도	출혈여부·외관상 확인 가능 정도 확인된 통증정도

[표10] 외상의 중증도에 따른 분류

분류	증상 및 특징
긴급손상	부적절한 호흡·출혈·순환계손상·쇼크
응급손상	복부·구강안면부·흉부·사지 수술적 처치 필요
비응급손상	손상의 명확한 특징 파악 불가 장기적 검사 요구됨

측정결과, 손열상 및 타박상, 이마 타박상 및 열상, 치아탈구, 안구혈종, 출혈, 쇄골골절, 발목인대외상 및 골절, 대퇴부인대외상, 입술열상, 턱열상, 척골골절, 손바닥골절, 손목스트랩상해 등의 순으로 위험우선순위가 높은 것으로 나타났다.

[표 10] Wii 사고사례 상해 부위별 RPN값 측정표

요인	발생빈도	심각도	검출도	RPN
출혈 (Epistaxis)	1	7	7	49
쇄골골절 (Clavicular fracture)	1	7	7	49
입술열상 (Lip laceration)	1	5	5	25
턱열상 (Chin laceration)	1	5	5	25
치아탈구 (Tooth avulsion)	1	9	9	81
대퇴부인대외상 (Quadriceps sprain)	1	5	7	35
손목스트랩상해 (Wrist strap injury)	1	3	3	9
척골골절 (Metatarsal fracture)	1	5	5	25
슬개골탈골 (Patellar dislocation)	1	9	9	82
손바닥골절 (Metacarpal fracture)	1	3	7	21
발목인대외상 및 골절 (Ankle sprain or fracture)	2	3	7	42
이마타박상 및 열상 (Forehead bruise or laceration)	2	7	7	98
안구혈종 (Periobital haematoma)	3	5	5	75
손열상 및 타박상 (Hand laceration and/or bruise)	9	3	5	135

4. 결 론

본 논문은 제품의 고장모드를 예측하고 제거할 수 있는 측정적도인 FMEA를 체감형게임의 안전성 평가 가이드라인을 제시하는 데 적용해보았다.

이를 위해 가장 먼저 문헌연구를 통해 체감형게임이 제공하는 새로운 경험은 실제세계와 가상세계 사이에 위치하며 작동화된 인터랙션이라는 특징을 갖고 있기 때문에 기존에 intangible 재현들이 tangible 영역으로 넘어오면서 유저들에게 혼란을 준다는 것을 분석해냈다. 그리고 이러한 특징 때문에 일부 유저들은 예상치 못한 사고들을 겪게 되고, 그러한 사고사례들을 수집한 사이트에 게재된 사례들을 안전성 개념의 용어들을 기준으로 유형했다. 그 결과 일반산업계에서 쓰이는 제품안전관련 이론 역시 동일한 안전성 개념과 용어들을 사용한다는 점에서 게임기기에 그 이론들을 적용해 볼 수 있을 것이라는 소결론을 내렸다.

이러한 소결론을 바탕으로 제품안전의 측정에 사용되는 FMEA를 체감형게임의 안전성 평가모델로 사용할 수 있는 지 알아보기 위해, FMEA 측정방법에서 고장모드들의 우선순위를 측정하는 위험우선순위(Risk Priority Number)의 세 가지 측정항목들을 Wii 사고사례에 적용하여 재정의 내리고 측정해보았다. Wii 사고사례들 중에는 두 가지 항목 즉, 게임기와 신체상해부위 사고사례에 적용하였으며 각각의 위험우선순위를 측정해본 결과는 다음과 같다.

게임기기의 경우 TV(405), 스트랩파손(210), 컨트롤러파손(200), 위본체(70), 기기변형(30), 보호장치파손(15), 위모콘 커버(3) 순으로 위험우선순위가 높은 것으로 나타났다. 신체 상해부위별 우선순위 측정결과는 손열상 및 타박상(135), 이마 타박상 및 열상(98), 치아탈구(81), 안구혈중(75), 출혈(49), 쇄골골절(49), 발목인대외상 및 골절(42), 대퇴부인대외상(35), 입술열상(25), 턱열상(25), 척골골절(25), 손바닥골절(21), 손목스트랩상해(9)의 순으로 위험우선순위가 결정되었다. 즉 위험우선순위가 가

장 높은 TV(게임기기)와 손열상 및 타박상(신체부위)이 사고발생을 줄이고 Wii의 안전 신뢰성을 높이기 위해 안전성 여부를 재검토 해보아야할 가장 시급한 항목들임을 예측해 볼 수 있다.

Wii 사고사례의 두 가지 항목에 대해 FMEA를 적용한 체감형게임의 안전성평가 모델을 실험해 본 결과, 본 논문의 시사점은 다음과 같다.

우선 FMEA는 여러 개의 안전성 위험요인들을 종합적이고 정량적으로 평가할 수 있는 가능성을 제시한다. 안전성에 관련된 여러 가지 문제들이 동시에 발생했을 때, 개선할 위험요인의 우선순위 결정을 위해 동일 범주내의 항목들을 정량적으로 평가할 수 있는 가이드라인을 제시하기 때문이다. 이는 현존하는 체감형게임의 안전지침이나 안전성 평가가 전기적 안전성만을 정량적 평가기준으로 삼는 현 상황이 실제로 사고사례가 빈번한 실제적인 게임플레이 상황에서 발생할 수 있는 예상치 못한 사고사례들을 보다 비중 있게 고려하는 방향을 제시할 수 있을 것이다.

또한 앞으로 서로 상이한 작동체계를 가진 체감형게임 기기들이 등장하더라도, FMEA를 기준으로 한 안전성평가를 도입할 경우 일관성 있는 평가를 할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. MS와 SONY 등 주요 콘솔게임 제작사들은 닌텐도에 이어 모션센서를 장착한 체감형게임기를 출시할 예정이다. 이들 체감형게임기들은 컨트롤러 유무와 모션센서의 작동 프로세스 등에서 차이점을 갖고 있지만, 체감형게임의 정의에서 제시된 '인간의 실제 행동과 유사한 상호작용 방식'은 동일한 특징으로 지닐 것이다. 따라서 인간의 행동을 동일한 기준으로 하여 위험우선순위 항목들을 동일하게 도출해낼 수 있다는 점에서 FMEA는 다양한 체감형게임들의 예상치 못한 사고결과들을 일관성 있고 유연하게 추측해낼 수 있는 가능성이 있다.

그러나 본 논문은 연구한 사고사례와 체감형게임기가 한정적이라는 데 그 한계점이 있다. 언급된 사고사례들은 모두 한 사이트에서 발췌된 것이며, 한 가지 체감형게임인 Wii의 안전사고사례에 한정

된 데이터라는 점에서, FMEA의 적용을 다른 체감형게임에 일반화시키기 위한 보편성 획득의 가능성이 낮을 수 있다. 그러나 본 논문은 체감형게임의 안전성 평가를 위한 개념적 모델로서의 타당성을 따져보기 위한 논문이었으므로, 이러한 개념적 모델을 기본으로 추후 연구를 통해 다른 체감형게임기 및 유사 체감형기기들의 사고사례들을 포함하는 보다 확대된 연구를 시행할 수 있을 것이다.

본 연구의 또 다른 한계점은 위험우선순위 측정항목들의 전문성 부족이다. 본 논문에서는 다른 의학논문과 웹사이트에서 제시된 사고사례를 근거로 측정항목을 선정하였지만, 이는 체감형게임기의 특성이나 안전성에 대한 보다 전문화된 선정이 개입될 수 있는 과정이기 때문에 한계점을 지니고 있다.

이처럼 FMEA를 활용한 체감형게임의 안전성 측정법은 체감형게임의 종합적이고 정량화된 안전성 평가를 제공하고, 상이한 체감형게임기들 간의 일관성 있는 평가 가이드라인을 제공할 수 있다고 그 이점을 예상할 수 있다. 이는 다양한 사고사례 데이터구축과 전문화된 항목 도출을 통해 달성될 수 있을 것이며, 최종적으로 체감형게임 사용자들의 안전하고 즐거운 게임플레이와 게임기 제작사들의 안전한 게임기기 설계에 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 강원형, “동적 환경을 활용한 핸드헬드 증강현실 게임시스템”, 한국과학기술원, 석사학위논문, 2007.
- [2] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino, “Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum”, *Telematics and Telepresence Technologies*, Vol. 2351, pp.282-292, 1994.
- [3] R. J. Robison, D. A. Barron, A. J. Grainger, R. Venkatesh, “Wii knee” *Emergency Radiology*, Vol. 15, No. 4, pp.255-257, 2008.
- [4] Ishii, H. & Ulmer, B., “Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms.” *Proceedings of CHI’ 97*, pp.234-241, 1997.
- [5] Ishii, H., “Tangible Bits: Beyond Pixels.” *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*. pp.xv-xxv. 2008.
- [6] Sparks. D, Chase. D, Coughlin. L, “Wii have a problem: a review of self-reported Wii related injuries”, *Informatics in Primary Care*, Vol. 17, No.1, pp.55-57, 2009.
- [7] Davide. R., Pietro. P., “Designing Continuous Multisensory Interaction”, *CHI Workchop*, pp.3-9, 2008.
- [8] Drew Rubin DC. CCSP. DACCP., “Triad of spinal pain, spinal joint dysfunction, and extremity pain in 4 pediatric cases of “Wii-itis”: a 21st century pediatric condition”, *Journal of Chiropractic Medicine*, Vol.9, No.2, pp.84-89, 2010.
- [9] Andrew. F. D., Jennifer. F. R., “Product Safety: Liability, R&D, and Signaling”, *The American Economic Review*, Vol. 85, No.5, pp.1187-1206, 1995.
- [10] MIL-STD-882D, “Standard Practice for System Safety”, US Department of Defense, Washington, DC, 2000.
- [11] GPSD, Directive 2001/95/EC of 3 December on general product safety, 2001.
- [12] 김준홍, 유정상, “퍼지 서비스 FMEA를 이용한 서비스 시스템 설계”, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 31, vol.31, no.4, pp.162-167, 2008.
- [13] 장중순, “효과적인 FEMA 실시 절차에 관한 연구”, *대한설비관리학회지* 제 4권, 제 4호, pp.69-77, 1999.
- [14] 안인석, 정광태, “제품안전을 위한 디자인과정에서의 FMEA 적용 방안에 관한 연구”, *한국디자인학회 학술대회발표논문집*, pp.78-79, 2003.
- [15] 정제명, “전문외상치치술”, *대한의사협회지*, 제 50권, 제 8호, pp.680-691, 2007.



김 우 리 (Woo-Ri Kim)

2009년-현 강원대학교 영상문화학과 석사 재학 중
2009년 강원대학교 영상문화학과 (학사)

관심분야 : 기능성 게임, HCI, 미디어아트



유 승 호 (Seung-Ho Ryu)

2006-현 한국게임학회 부회장
2006-현 문화콘텐츠기술학회, 한국사회학회 이사
2005-현 한국과학기술원 문화기술대학원 겸직교수
2004-현 강원대학교 영상문화학과 부교수
1996 고려대학교 대학원 문학박사(사회학)

관심분야 : 문화산업/정책, 컴퓨터게임, HCI
