

증강현실 기반 제품 디자인에서의 몰입감에 대한 사용성 평가*

Usability test about immersion in the Augmented Reality based Product Design

하태진, Taejin Ha*, 장윤제, Yoonje Chang**, 우운택, Woontack Woo*

*광주과학기술원 U-VR Lab

**이화여대 디지털미디어학부 미디어디자인학과

요약 본 논문에서는 증강현실 기반 제품 디자인 시, 논문 [1]에서 제안된 몰입감 향상 기법들에 대한 사용성 평가를 통해, 사용자에게 다차원 피드백(multimodal feedback)을 제공하는 것이 몰입감 향상에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 알아본다. 우선 기존의 데스크톱 기반의 디자인 환경과 다차원 피드백을 가능하게 하는 증강현실 기반 디자인 환경과의 비교 후, 시각 피드백에 대한 사용성 평가로써 증강된 가상객체에 의해 가려진 손을 다시 보이게 함으로 얻게 되는 실제감 향상 정도와 사용자의 입력에 따른 콘텐츠의 시각적 맵핑의 적절성을 평가한다. 또한 청각 피드백에 대한 평가 기준으로써 시나리오 상의 상황에 따른 배경음/효과음 맵핑의 몰입감과 적절성을 평가한다. 마지막으로 촉각 피드백에 대한 평가로써, 물리적인 감각형 객체에 가상객체를 정합함으로써 얻게 되는 촉감과 시나리오 상의 이벤트에 따라 제시되는 진동-촉각 피드백에 의한 몰입감 향상 정도를 평가한다. 제시된 사용성 평가의 결과는 기존의 증강현실 기반 디자인 시스템의 몰입감을 향상 시키기 위한 구현에 있어, 고려될 수 있는 사항으로써 의미가 있다.

핵심어: Usability Test, Product Design, Multimodal Feedback, Augmented Reality, HCI

1. 서론

일반적으로 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction) 연구 분야에서 몰입감을 향상시킬 수 있는 가장 보편적인 방법으로, 사용자의 입력에 따른 시각/청각/촉각 등의 다차원 감각 피드백을 사용자가 경험하도록 하는 방법이 주로 사용되었다. 특히 기존의 가상현실 분야에서는 3D 디스플레이[6], 3D입체 음향[7], 햅틱 장치[8], 후각제시[9] 장치 등이 결합된 다양한 시스템이 개발되었다. 그러나 새롭게 주목 받고 있는 신기술(emerging technology)인 증강현실(Augmented Reality) 분야에서는 몰입감 향상을 위해 다차원 감각 피드백을 사용자에게 제공하는 시스템이 드물 뿐만 아니라 가상현실 분야에 비해 상대적으로 체계적인 사용성 평가가 이루어 지지 않고 있다.

본 논문에서는 증강현실 환경에서 전자 제품 디자인을 목적으로 하는, 다감각피드백 (multi-sensory feedback) 제공이 가능한 시스템[1][2]의 몰입감 향상 기법들에 대한 사용성 평가를 한다. 이를 통해 증강현실 환경에서 사용자에게 시청촉각을 통한 다감각 피드백을 제공하는 것이, 몰입감 향상에 도움이 되는지를 검증한다. 이러한 검증을 위해 사용자에게 시나리오를 체험하게 하고, 이때 시각/청각/촉각 피드백

각각을 제공하여, 각각의 피드백이 가상객체와 상호작용하는데 있어 몰입감 향상에 얼마만큼 영향을 미치는가에 대한 정량적인 평가를 한다. 또한 시나리오를 경험한 사용자의 행동에 대한 관찰과 그들로부터 의견을 분석하는 정성적인 평가를 수행한다.

증강현실에서의 다감각 피드백을 통한 몰입감 향상을 위해 본 논문에서는, 우선 기존의 데스크톱 기반의 제품 디자인 환경과 다차원 피드백을 가능하게 하는 증강현실 기반의 제품 디자인환경을 비교한다. 그 다음 시각피드백에 대한 사용성 평가로써 증강된 가상객체에 의해 가려진 손을 다시 보이게 함으로 얻게 되는 실제감 향상 정도와 사용자의 입력에 따른 콘텐츠의 시각적 맵핑의 적절성을 평가한다. 또한 청각 피드백에 대한 평가 기준으로써 시나리오 상의 상황에 따른 배경음/효과음 맵핑의 몰입감과 적절성을 평가한다. 마지막으로 촉각피드백에 대한 평가로써, 물리적인 감각형 객체에 가상객체를 정합함으로써 얻게 되는 촉감과 시나리오 상의 이벤트에 따라 제시되는 진동-촉각 피드백에 의한 몰입감 향상 정도를 평가한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 다차원 피드백을 제공하는 증강현실 기반의 디자인 환경에 대한 설명을 하고, 3장에서는 시각/청각/촉각 피드백의 기술적 구현에 대한 설명한다. 4장에서는 사용성 평가 디자인에 관한 내용을 언급하고, 5장에서는 사용성 평가에 대한 실험 결과 및 분석

* 본 과제는 MIC 21C Frontier R&D Program의 UCN 프로젝트와 GIST의 ICRC의 지원으로 수행되었음

을 보인다. 마지막으로 6장에서는 결론과 향후 연구를 설명한다.

2. 다차원 피드백을 제공하는 증강현실 기반의 디자인 환경

본 논문에서는 증강현실 환경에서 제품 디자인 시, 가상객체의 재현과 상호작용 측면에서, 몰입감을 향상시킬 수 있는 다감각 증강현실 시스템을 이용한다[1][2].

기존의 전형적인 데스크 톱 기반의 제품 디자인 환경은 다양한 기능을 제공할 수 있고 가상객체의 정밀한 조작이 가능하다는 장점이 있지만, 사용자로 하여금 사용방법의 학습을 요구하고, 그 환경에 적응하는데 시간이 걸리는 단점이 있다. 또한 관찰을 위한 시점은 모니터를 향하고 있는 상태에서 상호작용은 테이블 위의 마우스나 키보드를 이용하여 이루어진다. 이런 상황은 사용자의 시선의 불일치(not collocated)을 야기 하고 이로 인해 종종 어색한 상호작용이 이루어진다.

한편 증강현실 기반의 제품 디자인 환경의 경우, 가상객체를 바라보는 시점과 상호작용을 위한 시점이 일치(collocated)가 되기 때문에, HMD(Head Mounted Display)를 착용한 사용자는 디자인 작업공간에서 직접 손을 이용하여 가상 모델을 만져보거나 관찰할 수 있다. 따라서 직관적이고 실감 있는 상호작용이 가능하게 된다는 장점이 있다. 이와 관련된 연구로, [3]에서는 자동차 제조 과정에서 고가의 클레이 목업(clay mockup) 모델을 대체할 수 있는 방법으로, [4]에서는 워크벤치 환경에서 가상모델의 3D 커브와 면을 생성/편집할 수 있는 시스템으로, [5]에서는 전자제품의

가능성 테스트를 위해 증강현실 기술을 사용하였다.

3. 시각/청각/촉각 피드백의 기술적 구현

본 논문에서는 증강현실 기반의 제품 디자인 환경에서 몰입감을 향상시킬 수 있는 방법으로 사용자에게 다감각 피드백을 제공하는 방법을 선택하였다. 본 장에서는 구현된 증강현실 기반 제품 디자인 시스템의 구체적인 시각/청각/촉각 피드백에 대한 구체적인 기술적 설명을 한다.

3.1 시각 피드백 구현

증강현실 기반 제품 디자인 환경에서 사용자가 손을 이용하여 가상객체와 상호작용할 때, 그림 2(a)와 같이 감각형 객체를 쥐고 있는 사용자의 손이 증강된 가상객체에 의해 가려지는 경우가 종종 발생한다. 이는 단순히 이미지에 가상객체를 렌더링 하기 때문이다. 논문 [1]에서는 가상객체가 증강된 이미지 위에 입력 영상으로부터 분리된 손 객체를 다시 오버레이하는 방법을 제안하여 그림 2(b)와 같은 손 가림 현상이 감소된 증강결과를 보였다.

또한, 기존의 사용자에게 일방적으로 고정된 내용을 제공하는 콘텐츠가 아닌 사용자의 입력에 동적으로 반응하는 콘텐츠를 제공하였다. 본 구현에서 사용자는 감각형 객체에 증강된 게임폰에서 실행중인 레이싱 게임 화면을 볼 수 있다. 사용자는 감각형 객체를 상하/좌우 방향으로 기울이는 행위에 따라 그림 2(c)(d)와 같이 자동차의 속도와 방향이 변하는 모습을 볼 수 있다.

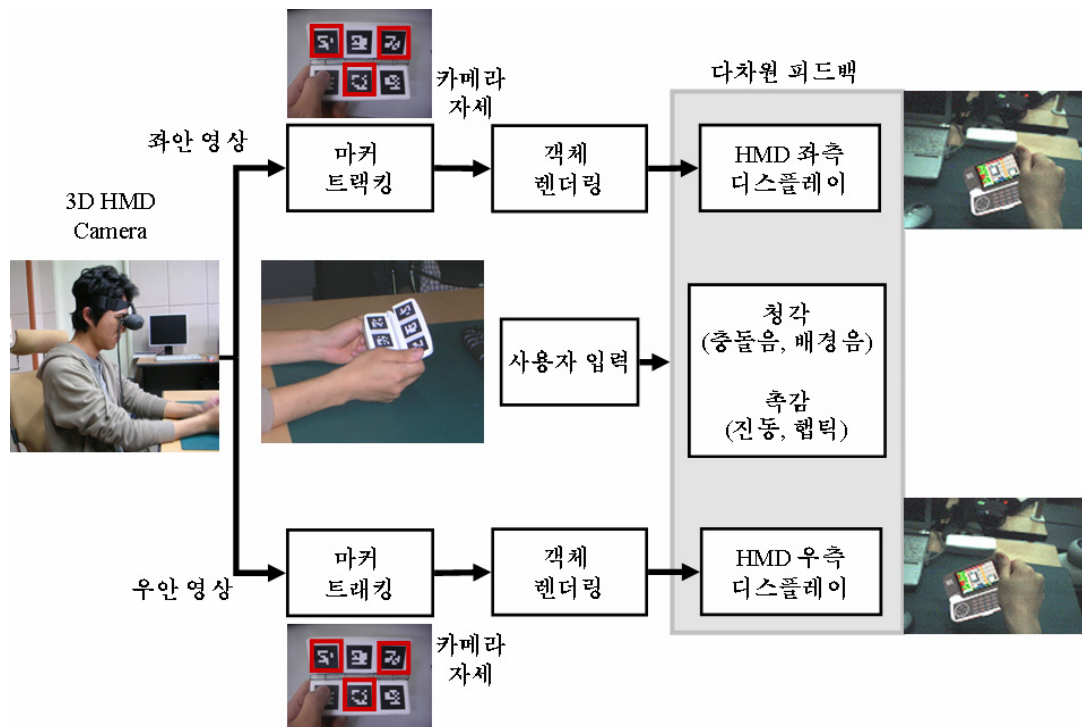


그림1. 전체 시스템

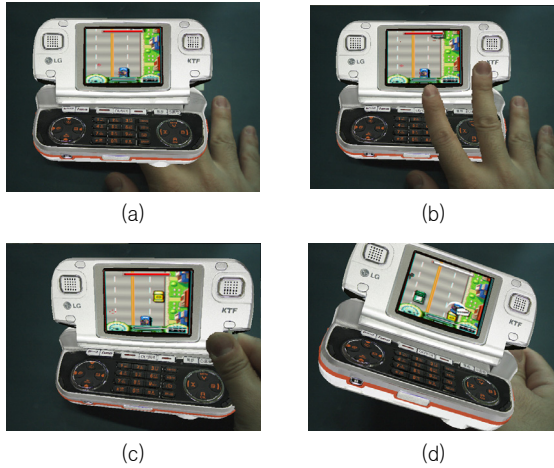


그림 2. 시각피드백의 기술적 구현 (a) 가상객체의 의한 손 가림 현상 (b) 손 가림 현상이 감소된 결과 (c) 감각형 객체를 손에 쥐고 상하로 기울임에 따라 레이싱 게임에서 자동차의 속도를 제어 (d) 감각형 객체를 좌우로 기울임에 따라 자동차의 방향을 제어

3.2 청각 피드백 구현

대부분의 증강현실 기술은 시각적인 피드백에 초점을 맞춰 개발되어왔다. 감각형 객체에 증강된 가상객체와의 상호작용을 통해 특정 이벤트가 발생하는 경우에 청각 피드백이 제공된다. 본 게임폰 재현 시나리오의 경우에 자동차가 벽 또는 다른 자동차와 충돌할 경우 효과음인 폭발음이 들리게 된다. 또한 배경음악이 기본적으로 재생이 된다. 각각은 비동기 방식으로 설정되어 구현되었다.

표 1 청각 피드백 구현

상황	구현된 내용
자동차가 도로를 주행하는 경우	배경음 (빠른 비트의 노래)
자동차가 벽 또는 자동차와 충돌했을 경우	효과음 (폭발음)

3.3 촉각 피드백 구현

일반적으로 증강된 가상객체는 물리적으로 존재하지 않기 때문에 사용자는 가상객체를 만질 수 없다. 그러나 논문 [1]에서는, 만질 수 있는 물리적 성질을 가진 감각형 객체(그림 3(a))에 가상객체를 정합함으로써, 사용자는 가상객체를 손으로 만질 수 있었다. 또한 그림 3(b) 가상객체의 크기를 감각형 객체의 크기와 일치시킴으로써 정합도를 높이려 하였다.

또 다른 촉각 피드백으로는 진동-촉각 피드백을 이용하였다. 시나리오 상에서 사용된 감각형 객체에 내장된 진동자(그림 3(c))는 이벤트에 따라 적절한 강도로 진동모듈을 제어하였다. 진동자는 7단계로 진동의 강도를 제어하도록 하였고, 게임 시작 될 때 기본적으로 2단계의 진동의 강도를 제공하도록 하였다. 만약에 자동차가 벽 또는 다른 자동차와 충돌하는 경우에는 진동의 강도를 7단계로 높였다.

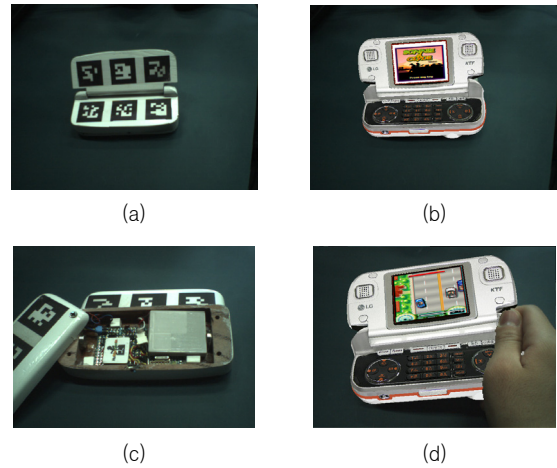


그림 3. 촉각 피드백의 기술적 구현. (a) 게임폰 목업 모델인 감각형 객체. (b) 감각형 객체와 동일한 크기로 가상객체를 정합. (c) 감각형 객체의 내부. (진동모듈, 블루투스모듈, 제어모듈, 배터리 내장) (d) 자동차가 벽 또는 자동차와 충돌했을 경우 진동의 강도를 최대로 함.

4. 사용성 평가

4.1 수행과제 시나리오

증강현실 환경에서 사용자에게 시/청/촉각을 통한 다감각 피드백을 제공하는 것이, 몰입감 향상에 도움이 되는지를 검증하기 위해 다음과 같은 시나리오를 구성하였다.

사용자는 머리에 HMD를 착용하고 가상 게임폰이 정합된 감각형 객체를 손에 쥐고 상하좌우로 기울임으로써 레이싱 게임의 자동차를 조종할 수 있다. 이때, 손 가림 현상이 제거된 시각적인 효과, 이벤트에 따른 배경음/폭발음과 같은 청각 피드백, 그리고 자동차가 벽 또는 다른 자동차와 충돌하였을 경우 발생하는 진동 피드백을 동시에 사용자에게 제공한다.

4.2 사용성 평가항목 도출을 위한 면접 및 사례분석

사용자 면접 및 사례분석을 통하여 구현된 증강현실 기반 다감각을 제공하는 제품 디자인 시스템에 대한 의견을 통해 사용성 평가를 위한 항목을 도출하였다. 표 2에 구현된 시스템에 대한 의견들을 정리한 결과이다.

표 2 증강현실 기반 다감각을 제공하는 제품 디자인 시스템에 대한 의견

좋은 점	- 좀더 실재감을 느낄 수 있었다. - 새로운 경험(환경 또는 감각)을 체험할 수 있었다. - 흥미롭다.
불편한 점	- 익숙하지 않았다. - 정밀한 조작의 경우에는 불편할 것 같다.

	<ul style="list-style-type: none"> - 실재감과 긴장감을 증가 시키지만 게임을 플레이 하는 데는 변화가 없을 것 같다. - 핸들을 움직이는 효과나 느낌이 덜 할 것 같다.
기타의견	<ul style="list-style-type: none"> - 게임 내용에 적합한 감각이 구현 되었으면 한다. - 감각이 좀더 구체적이 되었음 좋겠다. - 게임의 종류에 따라서 만족도가 다를 것이다.

사용자들의 의견으로부터 표 3과 같이 사용성 평가 항목을 도출할 수 있었다. 도출 내용으로는 상황 또는 내용과 감각의 적절성, 조작 방식과 감각 맵핑의 적절성, 감각변화 정도에 따른 일관성 등이 중요항목으로 선정되었고 이를 시각적, 청각적, 촉각적 세부 척도에 따라 평가되어야 하는 사용성 평가 항목들로 정리하였다.

표 3 사용성 평가 항목

피드백 종류	평가 항목
시각 피드백	<ul style="list-style-type: none"> - 손가락 힘의 감소에 따른 실재감 향상 정도. - 기울이는 조작방식에 따른 시각적 맵핑이 적절성
청각 피드백	<ul style="list-style-type: none"> - 주어진 상황과 청각적 맵핑의 적절성. - 청각의 정도에 따른 상황인지의 적절성. - 청각 피드백의 타이밍과 발생 이벤트와의 적절성.
촉각 피드백	<ul style="list-style-type: none"> - 객체속성과 촉각적 맵핑의 적절성. - 상황과 촉각 맵핑(ex진동효과)의 적절성. - 상황별 진동효과 적절성. - 촉각 변화의 일관성.

5. 실험 결과 및 분석

증강현실에서의 다감각 피드백을 통한 몰입감 향상을 위해 본 논문에서는, 우선 기존의 데스크톱 기반의 디자인환경과 다차원 피드백을 가능하게 하는 AR 디자인환경과의 비교를 한 후, 시각/청각/촉각 피드백에 대한 몰입감 향상 정도와 게임을 진행하는데 도움이 되는지에 대한 정도를 정량적으로 평가하고 각각의 경우의 대해서 의견을 서술하고 그 이유에 대해서 설명한다.

5.1 실험환경

본 시스템을 이용하여 2006년 11월 한국 경기도 KINTEX에서 열린 차세대컴퓨터 산업 전시회에 참여한 관람객을 대상으로 설문조사를 하여 사용성 평가를 시행하였다.

참여한 실험자는 45명이었으며 남녀 성비는 40:60 이었고, 연령대는 10/20/30/40대 각각12/76/4/8 %로 20대가 주류를 이루었다. 피실험자의 28%가 증강/혼합 현실 연구 분야에 대해서 들어보았거나 경험해본 적이 있었다. 순위에 대한 항목을 제외한, 각각의 설문 항목들은 5단계로 평가되었다. 1은 가장 낮은 단계를 나타내고, 5은 가장 높은 단계의 값을 나타낸다 (1: 전혀 그렇지 않다, 2: 그렇지 않다, 3: 보통이다, 4: 그렇다, 5 매우 그렇다).

5.2 증강현실 기반의 제품 디자인 환경

데스크톱 환경에서 키보드와 마우스를 이용하여 모델을 관찰하는 경우와 증강현실 환경에서 감각형 객체를 손을 이용하여 모델을 관찰하는 경우에 대하여 “어떤 환경이 좀더 실감 있다고 생각하십니까?”라는 질문에 실험자의 94%가 증강현실 환경에서 모델을 관찰하는 것에 좀더 실감이 있다고 대답하였다. 그 이유로는 “키보드, 마우스 보다 손을 직접 느끼면서 관찰하는 게 더 실재처럼 느낄 것 같다.”, “사용자의 흥미 유발을 시킨다.”, “기존의 감각과는 다른 감각을 느낄 수 있었다.”, “실제로 몸에 와 닿는 느낌이 그것을 직접 체험하는 듯한 느낌을 줄 듯하다” 라는 다양한 의견을 표현하였다.

또한 “어떤 환경이 좀더 사용하기 편리 하다고 생각하십니까?” 라는 질문에 실험자의 81%가 증강현실 기반의 제품 디자인 환경이 좀 더 사용하기 편리하다고 대답하였다. 의견으로는 “제어하기 더 쉬울 것 같다(한 손으로). 또한 더 익숙하다.”, “익숙한 것이기에 사용할 때 쉽게 습득할 수 있을 것 같다.” 그러나 다음과 같은 회의적인 의견도 있었다. “아직은 컴퓨터 데스크톱에 매우 익숙하고, 오랫동안 손에 익었으므로, 데스크톱 환경이 좀더 사용하기 편하다.”, “정밀한 입출력이 필요하다.”

다양한 의견을 통해 데스크톱 환경의 경우 정밀한 입출력이 가능하고, 다수의 사용자층이 존재하지만 습득을 위한 시간이 필요하다는 것을 알 수 있었고, 증강현실 환경의 경우에는 상대적으로 실감/체험/직관적인 상호작용을 가능하게 하는 장점이 있지만, 정밀한 상호작용에는 무리가 있다고 결론 지을 수 있었다.

5.3 시각피드백에 대한 사용성 평가

첫 번째 설문항목은 손가락 힘의 감소에 따른 실재감 향상 정도를 평가한 것이다. 그림 4(a) 에서 볼 수 있듯이, 증강/혼합 현실 연구 분야에 대해서 들어보셨거나 경험해본 적이 있는 실험자는 평균 4.29 점을 무경험자는 3.83 점 표기 하였다. 대체적으로 몰입감 향상에 공헌을 할 수 있다고 볼 수 있다. 의견으로는 “손이 보이지 않았을 때 답답함을 느꼈다.” “손으로 만지는 것이 더 실감이 났다” 등이 있었다.

두 번째 질문은 “손가락 효과가 감소된 경우, 자동차 운전을 쉽게 하는 것에 도움을 줄 수 있다고 생각하십니까?” 라는 것이다. 이에 대해 실험들은 평균 3.76 점으로 긍정적인 반응을 보였다. 기타 의견으로는 “실재감과 긴장을 높인다. 하지만 게임을 플레이 하는 데는 변화가 없는 것 같다.”, “핸들을 움직이는 효과나 느낌이 덜 할 것 같다” 등이 있었다.

결론적으로 증강현실 경험자 또는 비경험자들은, 손 가림 효과의 감소가 좀더 몰입감을 향상시키는데 공헌을 할 수 있다는 것에 긍정적인 반응이었다. 하지만, 이를 위한 영상처리로 인하여 컴퓨터의 처리 속도가 느려지는 이유로 자동차의 움직임의 효과가 덜 한 것 같다는 의견을 얻을 수 있었다. 또한 경험자와 무경험자간의 몰입감 평가에 있어서 차이가 나는 이유는, 경험자들 대부분이 시각적 효과에 많은 관심이 있고, 손가림 효과의 문제점에 대해 충분히 이해하고 있기 때문이라고 판단된다.

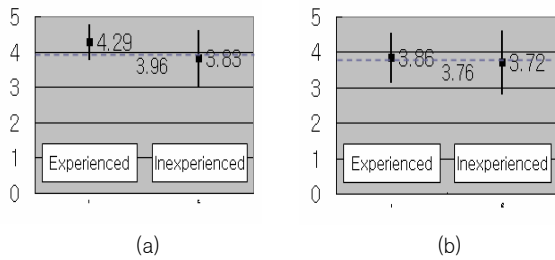


그림 4. 시각피드백에 대한 사용성 평가 (a) 손가림 효과 감소 처리에 대한 몰입향상 정도 (b) 게임을 하는 데 도움이 되는가에 대한 평가

5.4 청각피드백에 대한 사용성 평가

“청각 피드백이 제공되는 것이 게임 진행을 실감나게 해주었습니까?”라는 질문에, 실험자들은 평균 4.6 점을 주었다. 기타 의견으로는 “몰입도가 더욱 올라간다.” 다음 질문은 “청각 피드백이 제공되는 경우, 자동차 운전을 쉽게 하는 것에 도움을 줄 수 있다고 생각하십니까?” 라는 것이다. 실험자들은 평균 3.92로 긍정적인 반응을 보였다. 기타의견으로는 “실감난다. 현실과 비슷한 환경제공을 제공할 수 있다.”, “좀 더 사실적인 효과음이 필요하다” 라는 의견 등이 있었다.

결론적으로 청각피드백은 몰입감을 향상에 있어 공헌을 할 수 있다고 볼 수 있다. 하지만 시나리오 상황에 맞는 적절한 배경음/효과음 등이 필요하고, 좀 더 실제감을 느낄 수 있는 음향의 선택이 필요하다.

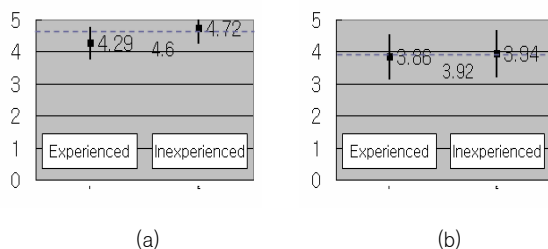


그림 5. 청각피드백에 대한 사용성 평가 (a) 청각 피드백에 대한 몰입 향상 정도 (b) 게임을 하는 데 도움이 되는가에 대한 평가

5.5 진동-촉각피드백에 대한 사용성 평가

“진동-촉각 피드백이 제공되는 것이 게임에 진행을 실감나게 해주었습니까?” 라는 질문에 실험자들은 4.4 점으로 몰

입감 향상에 매우 도움이 된다고 생각하였다. 이에 대한 의견으로는 “내가 부딪힐 때 진동이 더 세지니까,” 또한 진동 강도에 대해서 “조금 센 듯하다.”라는 의견이 있었다. 기타의견으로는 “촉각, 진동에 대한 것은 좋으나 게임상황에 맞는 더 사실감 나는 진동이 있어야 한다”, “좀 더 진동의 종류를 다양하게 했으면 좋겠다” 라는 의견이 있었다. 다음 설문조사 질문으로는 “진동-촉각 피드백이 제공되는 경우, 자동차 운전을 쉽게 하는 것에 도움을 줄 수 있다고 생각하십니까?” 라는 것이다. 이 경우에도 역시, 실험자들 대부분은 게임을 진행하는데 도움이 된다고 대답하였다.

결론적으로 진동-촉각피드백은 몰입감을 향상시키는데 공헌을 할 수 있다고 볼 수 있다. 하지만 시나리오 상황에 맞는 적절한 세기의 진동 피드백이 필요하고, 다양한 진동의 종류를 고안하는 것이 필요하다.

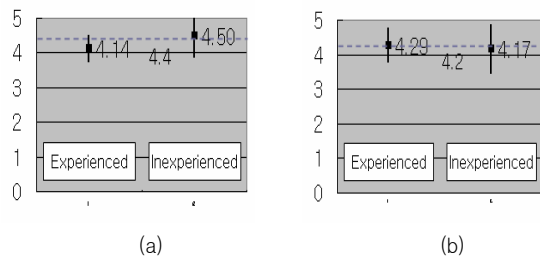


그림 6. 진동-촉각피드백에 대한 사용성 평가 (a) 진동-촉각 피드백에 대한 몰입감 향상 정도 (b) 게임을 하는 데 도움이 되는가에 대한 평가

5.6 몰입감을 향상에 관한 감각 피드백 조합들 간의 우선 순위

마지막 설문 항목은 “어떤 감각 피드백 조합이 몰입감을 향상에 도움을 줄 수 있을까요? 순위를 정해주세요” 이다. 조합 목록은 “시각+청각 피드백”, “시각+촉각 피드백”, “시각+청각+촉각 피드백” 이다. 실험자들 대다수가 세가지 감각 피드백이 혼합된 “시각+청각+촉각 피드백”을 선호하였고, 다음 순서로는 “시각+촉각 피드백”, “시각+청각 피드백” 이라는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 촉각 피드백이 청각피드백에 비해 몰입감 향상에 좀 더 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

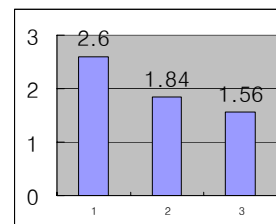


그림 7. 우선 순위 순서대로 시각+청각 피드백 / 시각+촉각 피드백 / 시각+청각+촉각 피드백 (낮은 수 일수록 우선순위가 높음)

6. 결론

본 논문에서는 증강현실 기반 제품 디자인 시, 논문 [1]에서 제안된 몰입감 향상 기법들에 대한 사용성 평가를 통해, 사용자에게 다차원 피드백을 제공하는 것이 몰입감 향상에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 알아보았다. 우선 제품 디자인 시, 기존의 데스크톱 환경과 다차원 피드백을 가능하게 하는 AR 환경과의 비교 후, 다차원 감각인 시각/청각/촉각 피드백을 통한 몰입감 향상 정도와 시나리오 상의 데스크를 수행하는 데 있어 도움이 되는지를 평가하였다

정성/정량적인 사용성 평가와 의견을 통해, 실험 참가자들 대부분은, 증강현실 환경의 경우에 데스크톱 환경에 비해, 정밀한 상호작용에는 아직 무리가 있지만, 상대적으로 실감/체험/직관적인 상호작용을 가능하게 한다고 공감하였다. 또한 다각각 피드백에 대해 실험자들 대부분 시각/청각/촉각 피드백을 통한 방법이 몰입감 향상에 공헌을 할 수 있다는 것에 긍정적인 반응을 보였다. 시각피드백에 대한 평가에서는 영상처리에 의한 컴퓨터 속도 감소로 처리속도가 느려진다는 지적이 있어, 이에 대한 개선이 필요하다. 또한 청각/촉각 피드백의 경우 시나리오 상황에 맞는 적절한 피드백에 대한 고려가 필요하고, 다양한 종류의 피드백을 고안하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 촉각 피드백이 청각 피드백에 비해 몰입감 향상에 좀 더 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

제시된 사용성 평가의 결과는 기존의 증강현실 기반 디자인 시스템의 몰입감을 향상 시키기 위한 구현에 있어, 고려할 수 있는 사항으로써 의미가 있다.

참고문헌

- [1] Taejin Ha, Yeongmi Kim, Jeha Ryu and Woontack Woo, "Enhancing Immersiveness in AR-based Product Design," ICAT, pp. 207-216, 2006
- [2] Yeongmi Kim, Sehun Kim, Taejin Ha, Ian Oakley, Woontack Woo and Jeha Ryu, "Air-jet Button Effects in AR," ICAT, pp. 384-391, 2006
- [3] G. Klinker, AH. Dutoit, M. Bauer, Bayer, J. Novak, DV. Matzke, "Fata Morgana - a presentation system for product design," ISMAR, pp. 76-85, 2002
- [4] M. Fiorentino, R. de Amicis, G. Monno, A. Stork, "Spacedesign: A Mixed Reality Workspace for Aesthetic Industrial Design," ISMAR, pp. 86-318, 2002
- [5] W. Lee, J. Park "Augmented Foam: A Tangible Augmented Reality for Product Design," ISMAR, pp. 106-109, 2005
- [6] "A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods", Presence, Vol. 11, No. 4, pp. 404-424, 2002
- [7] MS. Kay, M. Manssoreh, R. Leah, B. Robert and AG. David, "Usability engineering of virtual

environments(VEs): identifying multiple criteria that drive effective VE system design," IJHCS, 58, 447-481

- [8] PHANTOM Haptic Devices,

<http://www.sensable.com/index.htm>

- [9] JM. Annett, "Olfactory memory: A case study in cognitive psychology," Journal of Psychology, 130(3), 309-319