

가상현실에서 햅틱장치를 이용한 냉장고 프로토타입의 사용성 평가 Usability Evaluation of Refrigerator Doors Using a Haptic Device in Virtual Reality

이인석¹, 박재희¹, 고희동², 김진욱²

¹한경대학교 안전공학과, ²한국과학기술연구원 영상미디어연구센터

Abstract

본 연구는 가상현실에서 햅틱 장치(Haptic Device)를 이용한 제품의 사용성 평가의 타당성을 평가하기 위한 것으로, 가상환경에서 구축된 냉장고의 도어를 대상으로 12명의 피실험자가 사용성을 평가한 실험 결과를 제시하고자 한다. 피실험자들은 세 가지의 다른 손잡이 유형과 두 가지의 도어의 여닫는 힘 조건에 따른 6가지의 다른 도어를 사용하고 각각에 대한 주관적인 평가를 하였다. 주관적 평가에서 피실험자들은 수직돌출형과 수직함몰형의 손잡이를 수평함몰형 보다 선호하는 것으로 나타났으며, 도어 여닫이 힘이 약한 경우를 더 선호하는 것으로 나타났다. 피실험자들은 가상 환경에서의 제품의 사용이 실제 구매에 약간의 영향을 줄 것으로 평가했으나, 실제 제품과의 차이가 많아 이에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 햅틱 장치를 이용한 가상현실이 제품설계 및 개발 과정에서 프로토타입 개발 도구로 이용될 가능성을 보인 것이라 할 수 있다.

1. 서론

가상현실 기술은 매우 다양한 분야에 사용되고 있다. 감성적 측면의 비중이 큰 제품 디자인 분야에도 가상현실기술은 꾸준한 응용이 시도되어 왔다(원광연과 박재희, 2001). 가상현실 기술이 상업적 분야에 적용된 첫 사례도 일본 Matsushita 전기의 Virtual Kitchen 이었다(Nomura, 1992). 이후에도 제품 디자인에 가상현실 기술을 이용하는 Virtual Prototyping 기술(Bullinger, 1999)과, 가상현실을 이용한 제품평가가 시도 되어 왔다(김철중, 1994).

그러나, 건축, 훈련, 오락 등의 분야에 비해, 상대적으로 제품 디자인 분야에서의 가상현실 기술은 그리 큰 효과를 발휘하지 못한 것이 사실이다. 제품 설계에는 기존의 CAD에 비해 성능이 떨어지고, 디자인 평가를 위한 도구 측면에서도 사실적 렌더링이 뛰어난 전

문 CG 제품에 비해 성능이 떨어진다.

상대적 강점으로 지적되는 가상현실 기술의 내비게이션이나 인터랙션 기능 기능에 있어서는, 일반 산업디자인 제품들이 건축물 등과 다르게 제품이 상대적으로 작아 그 효과를 낼 수 없었다. 이러한 것이 가상현실이 제품 디자인에 널리 채택되고 있지 못한 이유가 되고 있다.

이런 가운데, 최근에 가상현실에 촉각적 혹은 햅틱 인터페이스를 사용하려는 노력이 활발히 전개되고 있다. Arm master, Hand Master, Force glove 등이 대표적인 햅틱 장비로 사용되고 있다(Burdea, 1996). 이러한 장비들은 접촉이나 조작성 시뮬레이션 할 수 있어 가상현실의 현실감(sense of presence)을 크게 올릴 수 있게 된다. 많은 조작성이 요구되는 가전제품의 디자인에도 이러한 햅틱 장비를 이용하게 된다면 기존의 다른 디자인 도구가 줄 수 없었던 기능을 가상현실이 제공하루 수 있게 된다.

냉장고는 가전 제품 중 크기가 상대적으로 크고, 도어의 개폐 등의 햅틱 요소를 많이 포함하고 있는 제품으로, 이러한 햅틱 장비를 이용한 평가를 할 수 있는 적절한 제품이다. 현재 시중에 나와 있는 제품들은 다양한 형태의 도어와 도어 손잡이를 가지고 있고, 개폐시 요구되는 힘도 각각 다르다. 그러나 아직까지 이에 대한 설계기준이나 평가 등이 적절히 수행되어져 오지 않았다. 박재희 등(1996)은 냉장고 도어와 손잡이에 대한 평가를 실제 제품에 대해 실시한 적이 있다. 하지만 실제 제품을 이용할 경우, 원하는 다양한 손잡이의 위치와 모양, 요구되는 힘을 시뮬레이션 할 수 없다. 이러한 측면에서 햅틱을 이용한 가상현실 기술은 제품 디자인 평가에 새로운 가능성을 보여주는 것이라 할 수 있다.

이에 본 연구는 CAVE 공간에 가상 주방과 여러 형태의 냉장고 도어를 준비하고 이의 개폐를 포함한 평가를 Arm Master를 이용해 실시하였다. 이를 통해 과연 햅틱 인터페이스까지 가세한 가상현실 기술이 가전제품 등의 디자인과 평가 과정에 효과적으로 사용될 수

있는 지를 알아 보았다. 또한 반대로 실제품을 사용하는 것과 동일한 느낌을 내기 위해서는 햅틱장비를 어떻게 설계해주는 것이 좋을 것인지도 매우 중요하다(Tan, 1994). 이에 본 실험 결과를 바탕으로 햅틱 장비의 설계요소에 대한 제안도 이루어졌다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

본 연구에서는 남자, 여자 각각 6명씩 모두 12명의 피실험자가 실험에 참여하였다. 피실험자들의 나이, 신장, 체중은 표1에 제시된 바와 같다. 피실험자들은 모두 학생 혹은 사무직 회사원이었으며, 가상현실 실험 장치 이용 경험이 없었다. 피실험자들은 자발적으로 실험에 참여하였으며, 소정의 참여비를 받았다.

표 1. 피실험자 정보 (평균 및 범위)

성별	인원 (명)	나이(세) (범위)	신장(cm) (범위)	체중(kg) (범위)
남	6	24.5 (22-26)	170.5 (160-174)	74.8 (68-86)
여	6	25.8 (19-31)	162.8 (158-167)	53.7 (48-60)
계	12			

2.2 실험 변수

가상 현실에서 구현된 냉장고는 문의 유형(door type)과 문을 여닫을 때 요구되는 힘의 크기(force)에 따라 모두 6가지 다른 조건을 가지고 있다. 냉장고 문의 유형은 수직돌출형 (Vertical Bar; VB), 수직함몰형 (Vertical Pocket;

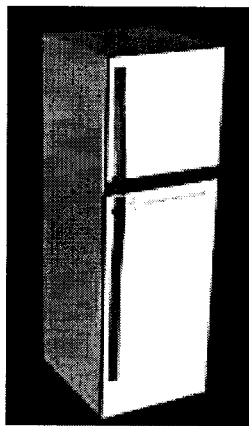
VP), 수평함몰형 (Horizontal Pocket; HP) 등 3가지이며, 힘의 크기는 강한 힘 (Strong; S)과 약한 힘 (Weak; W) 2가지이다(표 2, 그림 1 참조). 그림 3은 가상현실에서 구현된 냉장고 문을 나타내고 있다.

표 2. 독립 변수와 수준

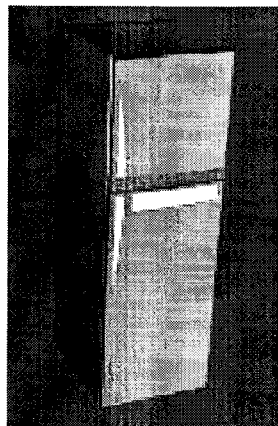
Factors	# of levels	Levels
냉장고문 유형 (door type)	3	수직돌출형 (VB) 수직함몰형 (VP) 수평함몰형 (HP)
힘 (force)	2	강 (S) / 약 (W)

본 연구에서는 피실험자의 주관적 평가를 통하여 가상현실 환경에서의 냉장고 문의 사용성을 평가하였다. 주관적 평가는 7점 척도로 이루어졌으며, 주요 평가 항목은 다음과 같다.

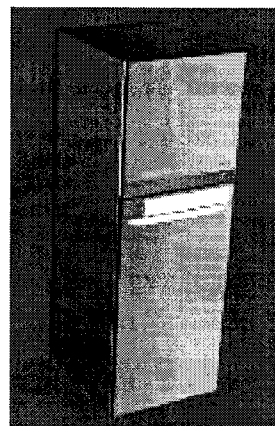
- 냉장고 문의 개폐 용이성 (매우 어려움 ~ 매우 쉬움)
- 냉장고 문의 개폐시 느껴지는 힘의 실제와의 유사성 (매우 다름 ~ 매우 유사)
- 실제 냉장고와의 전체적인 유사성 (매우 다름 ~ 매우 유사)
- 온도조절장치의 작동 용이성 (매우 어려움 ~ 매우 쉬움)
- 냉장고 유형간의 차이감 (차이 없음 ~ 차이 아주 많이 느낌, 5점 척도)
- 실제 냉장고 구매에 대한 영향력 (전혀 도움 안됨 ~ 매우 도움됨)
- 선호 냉장고 문



(a) 수직돌출형 (VB)



(b) 수직함몰형 (VP)



(c) 수평함몰형 (HP)

그림 1. 실험에서 평가된 세가지 다른 유형의 냉장고문

2.2. 실험 장치

본 실험은 한국과학기술연구원(KIST)에 설치된 CAVE 시스템에서 진행되었다. 이 CAVE는 정면과 측면 바닥면에 영상이 투사되도록 되어 있고, LCD Shuttering glasses 방식으로 입체감을 느끼도록 했다.

오른쪽 팔에 힘 피드백을 제공하기 위한 암마스터는 모터를 이용한 5 자유도의 운동이 가능한 시스템이었다(송재복 등, 2000). 냉장고 도어에 요구되는 힘을 달리 하기 위해 적절한 힘이 feedback 되도록 하였다. Arm Master의 끝에는 조이스틱을 부착해 가상환경의 오브젝트들을 선택하는데 사용되도록 했다(그림 2 참조). 가상환경의 프로그램은 Performer를 이용하였으며 햅틱 장치는 시각적, 청각적 내용과 동기화되어 작동하였다.

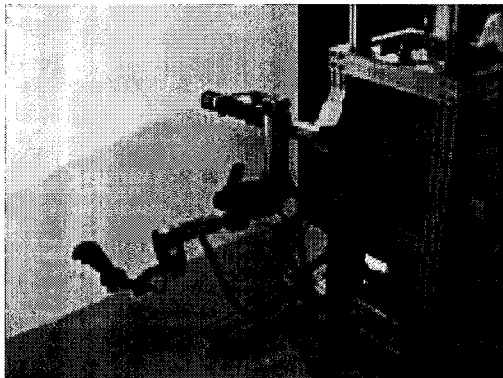


그림 2. Haptic arm master 실험장치



그림 3. 가상현실 실험 환경에서 Haptic arm master를 이용한 냉장고 평가 실험 장면.

2.4 실험 방법 및 절차

피실험자들은 실험에 참여하기에 앞서 실험의 목적 및 방법에 대하여 기술된 안내문을 읽었으며, 실험 진행자로부터 충분한 설명을

들었다. 그리고, 피실험자들은 피실험자 주요 정보, 냉장고 사용 경험, 선호 냉장고 문 형태 등을 조사하기 위한 사전 질문에 응답하였다.

가상현실과 햅틱 암 마스터 실험 환경에 익숙해지기 위하여 피실험자들은 10분 동안 주어진 작업을 수행하는 예비실험을 하였다. 예비 실험은 같은 실험 환경에서 자동차 운전석이 구현된 상태에서 진행되었으며, 피실험자들은 햅틱 암 마스터를 이용하여 핸들과 기어를 조작하였다.

본실험에서 피실험자들은 6개의 다른 실험 조건에서 일련의 작업을 반복적으로 수행하는 방식으로 진행되었다. 각 실험조건의 피실험자별 실험 순서는 Balanced Latin Square에 따라 설계되었다. 실험에서 수행된 작업은 다음과 같다.

- 1) 냉동실 문을 열고 주전자를 꺼내어 테이블 위에 놓고 문을 닫는다.
- 2) 냉동실 문을 열고 테이블 위의 주전자를 냉동실에 수납하고 문을 닫는다.
- 3) 냉장실 문을 열고 사과를 꺼내어 테이블 위에 놓고 문을 닫는다.
- 4) 냉장실 문을 열고 테이블 위에 놓인 사과를 냉장실에 수납하고 닫는다.
- 5) 냉장고 문에 있는 온도조절장치를 이용해 온도를 낮춘다.

피실험자들은 매 조건에서 5개의 작업을 수행한 후에 주관적 평가를 수행하였으며, 모든 조건에 대한 평가를 마친 후에 피실험자들은 실험의 전반적인 내용과 관련된 문항에 응답하였다.

3. 결과

3.1 개폐 용이성, 힘의 유사성, 전체적 유사성

냉장고 문의 개폐 용이성, 여닫을 때 느끼는 힘의 실제와의 유사성, 전체적인 냉장고의 실제와의 유사성에 대한 피실험자의 평가 자료를 대상으로 분산분석을 수행하였다. 분산분석의 주요인은 냉장고 문 유형 (Door), 힘의 크기 (Force), 그리고 성별 (Gender)이다. 표 3은 분산분석 결과를 요약한 것으로 각 평가 항목에 대한 각 요인의 p-value이다. 분산분석 결과 세 항목 모두 성별간의 차이가 유의하게 나타나고 있으며, 개폐 용이성은 힘의 크기에 따라서 차이가 있는 것으로 나타났다.

그림 4-6은 문 유형, 힘의 크기, 성별에 따른 각 문항에 대한 주관적 평가의 평균값을 보이고 있다. 개폐 용이성과 전체적인 유사성은 모두 수직돌출이 가장 크고 수평포켓형이

가장 작은 것으로 나타났으며, 힘의 유사성은 수직포켓형이 가장 큰 것으로 나타났다 (그림 4). 힘의 크기에 따라서는 세 항목 모두 약한 힘의 경우가 더 큰 것으로 나타났으며 (그림 5), 성별에 따라서는 세 항목 모두 여자보다 남자가 크게 평가하였다 (그림 6).

표 3. ANOVA results (p values)

Source	개폐 용이성	힘의 유사성	전체 유사성
Door (D)	0.6113	0.3835	0.4994
Force (F)	0.0526^b	0.1186	0.3169
Gender (G)	0.0618^b	0.0153^a	0.0612^b
D*F	0.3468	0.549	0.9016
D*G	0.3061	0.9694	0.6118
F*G	0.6549	0.4216	0.4282
D*F*G	0.6336	0.1915	0.7691

^astatistically significant at $\alpha=0.05$

^bstatistically significant at $\alpha=0.1$

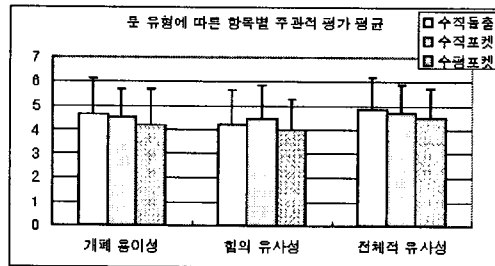


그림 4. 문 유형에 따른 주관적 평가 평균

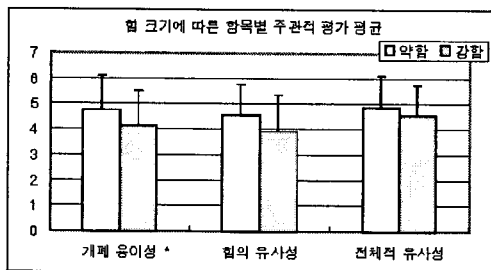


그림 5. 힘 크기에 따른 주관적 평가 평균

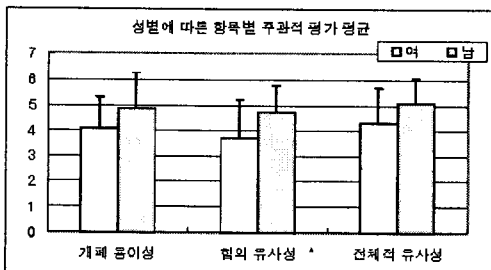


그림 6. 성별에 따른 항목별 주관적 평가 평균

3.2 구매 결정에 대한 영향력

가상 현실 환경에서 제품을 사용한 경험이 실제 제품의 구매에 어느 정도의 도움이 될 것인가에 대한 문항에서는 9명의 피실험자가 ‘약간 도움됨’ 혹은 ‘도움됨’이라고 긍정적인 답을 하였다. 그리고, 남자 응답자가 여자 응답자보다 더 긍정적으로 답한 것으로 나타났다 (그림 7).

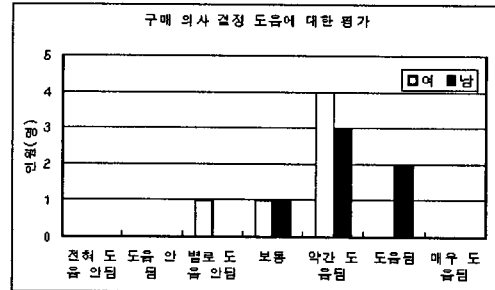


그림 7. 구매 결정 도우미에 대한 평가 결과.

3.3 냉장고 선호도 변화

실험전에 사진을 통해 피실험자들이 선호하는 냉장고 문 유형은 각각 수직돌출 7명, 수직함몰 2명, 수평함몰 3명이었으며, 실험후에 선호하는 냉장고 문 유형은 각각 수직돌출 8명, 수직함몰 3명, 그리고 수평함몰 1명인 것으로 나타났다. 수평함몰을 선호했던 피실험자들은 실험 후에 모두 수직돌출형 문을 선호한다고 답해 선호도가 바뀐 것으로 나타났다(표 4).

표 4. 냉장고 선호도 변화

실험전	실험후	인원
수직돌출	수직돌출	5
	수직함몰	2
	수평함몰	0
수직함몰	수직돌출	0
	수직함몰	1
	수평함몰	1
수평함몰	수직돌출	3
	수직함몰	0
	수평함몰	0
계		12

4. 논의 및 결론

본 연구는 가상 현실 환경에서 제품의 프로토타입을 구현하여 이를 이용해 제품의 사용성을 평가하는 것의 타당성을 알아 보기 위한 연구의 초기 단계로서 냉장고를 이용하여 제품의 사용성을 평가하는 실험을 수행하였다.

실험에서는 문의 유형과 개폐의 작용되는 힘의 크기에 따라 6가지의 다른 냉장고 문을 설계하고 각 제품에 대해 피실험자에게 주관적 평가를 수행하게 하였다.

실험 결과 본 연구에서 구현한 가상 현실의 냉장고가 실제 제품 구매에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 나타났으며, 전체적으로 실제 냉장고와의 유사성도 긍정적인 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 가상 현실 프로토타입 기술을 제품 개발의 초기 단계에 이용하여 제품의 사용성에 대한 사용자의 의견을 제품 설계에 반영하여 사용자 중심의 제품 설계를 좀더 효율적으로 이루어 낼 수 있는 가능성을 보인 것이다.

그러나, 본 연구에서 구현한 제품의 프로토타입이 개선의 여지가 많은 것으로 나타났다. 피실험자들이 대부분 실제 제품과 약간 유사한 정도로 평가하고 있으며, 힘의 유사성의 경우에는 여자 피실험자들은 부정적인 평가를 보이고 있다. 그리고, 가상현실 환경에 구현된 냉장고 유형간의 차이에 대한 느낌도 여자 피실험자의 50%는 '약간 느낀다' 정도로 답하고 있다. 실험에서 평가된 냉장고 문의 유형은 실제 냉장고 이용 시에는 손목의 각도와 동작의 형태가 다르기 때문에 피실험자들이 그 차이를 확연히 느낄 수 있는 것에 비하면, 본 실험에는 피실험자들이 이러한 느낌을 충분히 가지지 못하는 것으로 판단된다.

본 연구에서 이용한 햅틱 암 마스터 장치는 피실험자에게 가상현실에서 대상물 제어시 힘을 느낄 수 있도록 함으로써 실재감을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 실험에서 남자에 비해 여자 피실험자의 응답이 부정적으로 나타난 것은 전반적으로 강한 힘의 조건에서 남자에 비해 냉장고 문을 조절하기가 어렵기 때문인 것으로 추정된다. 이러한 결과는 적절한 햅틱 암 마스터의 이용을 통해 제품의 차이를 부각시키는 효과를 높일 수 있음을 나타낸다.

참고문헌

Bullinger, H. et al. (1999), Virtual Prototyping - State of the Art in Product Design, 26th International Conference on Computers & Industrial Engineering.
Burdea, G.C. (1996), Force and touch feedback for virtual reality, John Wiley & Sons.
Nomura, J. et al., (1992), Virtual space decision support system and its

application to consumer showrooms, Matsushita white paper.

Tan, H. et al. (1994), Human factors for the design of force-reflecting haptic interfaces, Proceedings of the ASME Winter Annual Meeting.

김철중 등 (1994), 인공현실감을 이용한 제품 평가기술 개발, 한국표준과학연구원.

박재희 등(1996), 냉장고 설계의 인간요소와 인간공학적인 평가방법, 1996년 춘계 인간공학 학술대회 발표논문집, 19-24.

송재복 등 (2000). 가상환경을 위한 힘피드백 기능을 갖는 암마스터의 개발, 2000 대한 기계학회 동역학 및 제어부문 하계학술대회 논문집, 343-347.

원광연, 박재희 (2001), 감성공학과 가상현실, 한국정밀공학회지, 18(2), 40-45.