

가상현실 햅틱 피드백 개체의 증가가 상호작용성과

신체소유감에 미치는 영향

이상욱*, 정동훈**

미시간주립대학교 커뮤니케이션학과*, 광운대학교 미디어커뮤니케이션학부**

lswook555@gmail.com, donghunc@gmail.com

The Influence of Additional Haptic Feedback on Interactivity and Body Ownership in Virtual Reality

Sanguk Lee*, Donghun Chung**

Dept. of Communication, Michigan State University*,

School of Media & Communication, Kwangwoon University**

요 약

본 연구는 가상현실에서 햅틱 피드백의 유형을 한 손과 두 손으로 비교하여, 상호작용성과 신체소유감에 미치는 영향을 실험으로 비교 분석했다. 실험은 피험자내로 설계되었으며 참가자는 가상현실에서 공 모양의 오브젝트를 파격하는 과제를 한 손과 두 손 햅틱 피드백을 사용하면서 수행했다. 실험 결과, 참가자들이 두 손 햅틱 피드백을 활용했을 때 더 높은 상호작용감을 보고하는 경향성이 있었으나, 신체소유감에는 두 실험 조건 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The effects of two different types of haptic feedback(one-hand versus two-hand haptic feedback) on interactivity and body ownership were investigated in the virtual reality setting through an experiment. Using within-subject design, participants performed the task of hitting and destroying a ball-shaped object in virtual reality for both, one-hand and two-hand haptic feedback conditions. The results showed that participants tended to report a higher level of interactivity when using two-hand haptic feedback, whereas there was no difference between the two conditions in a sense of body ownership.

Keywords : VR(가상현실), Haptic Feedback(햅틱 피드백), Interactivity(상호작용성), Body Ownership(신체소유감)

Received: Sep. 21. 2020 Revised: Oct. 07. 2020
Accepted: Oct. 10. 2020
Corresponding Author: Donghun Chung(Kwangwoon University)
E-mail: donghunc@gmail.com

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

1. 서론

최근 가상현실 기기가 상용화됨에 따라 가상현실 속에서 사용자 경험(User eXperience)과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다(예: [1,2]). 가상현실은 다른 미디어와 비교해서 몰입감이 높고 사실적인 경험을 제공할 수 있는 미디어로 평가받는다. 가상현실이 제공하는 실제와 같은 몰입감은 사용자가 시각적으로는 현실 세계와 완전히 단절된 가상 세계에 위치하면서, 자신의 움직임과 아바타의 움직임이 일치하는 매우 높은 상호작용 상황에 놓이기 때문에 가능하다. 미디어 사용 경험과 관련해서 상호작용은 미디어의 긍정적인 경험을 이끄는 중요한 요인으로 지목되고 있으며[3], 그중 햅틱 피드백(haptic feedback)은 가상현실에서 촉각을 활용한 대표적인 상호작용 방식으로 알려져 있다. 햅틱 피드백은 가상환경의 변화에 맞는 촉각적인 피드백을 제공하기 때문에, 적절한 촉각 피드백의 활용은 상호작용의 증진을 가져와 결국 가상현실에서 작업 퍼포먼스를 포함한 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[4].

가상현실에서 햅틱 피드백의 유무를 단순 비교한 결과는 선행연구들에서 찾아볼 수 있지만[4], 햅틱 피드백 개체의 증가가 가상현실을 이용할 때 어떠한 긍정적인 반응을 이끌어 내는지에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 햅틱 피드백이 한 손에만 주어지는 경우와 두 손에 주어지는 상황을 실험을 통해 비교 분석 함으로써 두 유형 중 어떠한 피드백이 가상현실에서 중요한 사용자 경험으로 여겨지는 상호작용과 신체소유감에 긍정적인 영향을 미치는지를 밝히고자 한다. 본 연구의 결과는 햅틱 피드백 유형에 따른 사용자 경험을 분석함으로써 가상현실 콘텐츠에 주요한 가이드 라인을 제시할 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경

2.1 햅틱 피드백

햅틱(haptic)은 사람이 물체를 인식하고 조작하는 것을 목적으로 해당 물체와 접촉하여 상호 작용하는 모두 행위를 의미하며, 햅틱 피드백은 사람과 햅틱 기기 간 이루어지는 상호작용 과정에서 물리적 힘(force), 촉감(tactile), 혹은 고유 감각(proprioceptive)을 통해 전달되는 정보를 일컫는다[5]. 물리적 힘의 작용으로 전달되는 햅틱 피드백은 가상현실에서 물체의 단단함, 중량, 관성과 같은 정보를 제공하는 데 활용되고 있으며, 촉감과 관련된 햅틱 피드백은 물체 표면의 부드러움, 미끄러움, 온도 등을 표현하는 데 활용되고 있고, 고유 감각은 인간 몸의 위치 혹은 자세 등을 느끼는 데 활용되고 있다[5]. 이 중 물리적 힘과 관련된 햅틱 피드백은 현재 상업용 가상현실에서 컨트롤러의 진동(vibration)을 통해 가장 많이 활용되고 있다. 즉, 사용자는 컨트롤러에서 오는 진동의 세기 혹은 지속성을 통해 가상 물체의 특성(예: 중량, 속도) 등을 파악하는 데 도움을 받는다.

햅틱 피드백은 가상의 물체 혹은 환경에 대해 시각 정보를 보조하는 추가적인 정보를 제공함으로써 사용자의 가상환경에 대한 이해와 상호작용을 돕는다[6]. 이러한 시각 정보와 햅틱 정보의 시너지 효과는 미디어의 추가적인 감각 단서 제공이 불확실성을 줄여 더 나은 사용자 경험을 이끌 수 있다고 주장하는 미디어 풍요 이론(Media Richness Theory)으로 설명할 수 있다[7]. 미디어 풍요 이론에 따르면 미디어가 메시지를 전달하는 능력은 각기 다르며 다양한 단서의 정보를 동시에 전달할 수 있는 미디어가 좀 더 메시지를 효율적으로 전달할 수 있다고 예측하는데[7], 이는 가상현실에서 햅틱 피드백의 활용이 미디어의 정보 전달력을 높이기 때문에 가상현실 환경을 이해하는데 도움이 될 수 있음을 암시한다.

햅틱 피드백의 효과를 살펴보면, 사용자에게 시각 정보와 햅틱 정보를 동시에 제시했을 때, 몰입감, 프레즌스 등을 높이는 시너지 효과(synergy effect)가 발생했고[8], 햅틱 피드백이 작업 효율성

에 긍정적인 영향을 미치며, 공동 작업에 있어서 협동심(togetherness)이 증가했다[9,10,11]. 또한 국내의 최신 연구에서는 3차원 가상환경에서 드로잉(drawing)을 함에 있어서 햅틱의 촉각 피드백이 청각 피드백보다 드로잉의 정확도를 높여주는데 더 효과적임을 나타낸바 있다[12]. 햅틱 피드백의 더욱 유용한 응용은 의료 산업에서 발견할 수 있는데, 연구자들은 햅틱 피드백이 가상현실을 활용한 의료 시술 상황에서 정신운동성능(psychomotor performance)을 증가시키는 것을 발견했다[13]. 이러한 선행연구를 종합하면, 가상현실에서 단순히 시각 정보만을 제시하는 것보다 햅틱 피드백 정보를 동시에 제공하는 것이 사용자 경험을 긍정적으로 만들고, 이러한 향상된 사용자 경험은 더 높은 업무 효율로 이어질 수 있음을 보여주고 있다.

2.2 햅틱 피드백과 상호작용성

상호작용성은 '사용자에게 주어진 특정 환경에서 사용자-사용자 간 혹은 사용자-미디어 사이에서 주고받는 모든 행위'를 의미한다[14]. 상호작용성은 속도, 자유도, 자연스러움으로 구성되는데, 속도란 사용자의 명령과 그 명령의 반응이 얼마나 빠른지를 평가하고, 자유도(degree of freedom)는 사용자가 콘텐츠 내에서 통제할 수 있는 정보의 양을 의미한다. 또한, 자연스러움은 사용자의 의도대로 조작이 원활하게 이루어지는 상태를 의미한다.

선행연구에서는 가상환경에서 햅틱 피드백의 활용이 상호작용성에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타내고 있으며, 이는 햅틱 피드백을 통한 촉각 정보가 가상환경과의 상호작용을 돕기 때문으로 추정된다. 인간은 외부환경에 반응하기 위해 다양한 감각에 의지하고 정보를 수집하며, 이렇게 수집된 정보는 뇌에서 통합되어 외부 자극에 대한 최종적인 판단 정보로 활용된다[15,16]. 다양한 감각을 통해 들어온 정보는 한 감각을 통해 들어온 정보보다 우리가 마주한 환경에 대해 여러 방면에서 정보를 제공하기 때문에 상황 판단을 함에 있어 유

리하다[17]. 더욱이 가상현실과 같은 실감 매체는 다량의 시각 정보를 제시하기 때문에 사용자는 시각적 과부하를 느낄 수도 있는데, 햅틱 피드백은 시각적 외에 촉각과 같은 다른 감각기관을 활용하기 때문에 사용자가 가상환경과 원활하게 상호작용하도록 도와준다.

가상현실에서 햅틱 피드백의 양을 증가하는 것이 상호작용성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 직접적인 연구는 부족하지만, 심리학에서 다감각 응용 집적화(Multi-Sensory Integration)의 연구는 햅틱 피드백 양의 증가가 상호작용성에 긍정적인 영향을 미칠 것임을 추론하게 만든다. 가령, 선행 연구는 참가자들이 한 손 보다는 두 손 터치 자극에 노출됐을 때 주어진 과제에 더 빨리 반응한다는 것을 보여줬으며[17], 손가락에만 햅틱 피드백을 부여할 때 보다는 손가락과 손바닥에 햅틱 피드백을 동시에 부여할 때 다소 큰 가상의 물체 크기 인지에 더 도움이 되는 것을 보여주었다[18].

이러한 현상은 중복 이득(Redundancy Gain)으로 설명될 수 있는데, 그 개념을 요약하면 다차원이며 중복적인 정보들이 인간의 뇌에서 더 빠르게 처리되기 때문에 인간의 다양한 인지 활동을 도울 수 있다는 것이 핵심이다. 즉, 다각화로 주어지는 햅틱 피드백은 인간의 뇌에 분화된 감각과 역할을 더 적극적으로 활용하는 것을 돕기 때문에 가상의 환경과 상호작용하는데 있어서 더욱 향상된 경험을 제공할 수 있다. 이에 본 연구는 두 손으로 느끼는 햅틱 피드백이 한 손으로 느끼는 피드백보다 상호작용 경험을 더 증진시키는 효과를 보일 것이라는 연구가설을 제안한다.

연구가설1: 사용자는 한 손 햅틱 피드백보다는 두 손 햅틱 피드백을 사용할 때 조작에 대한 더 높은 상호작용성을 느낄 것이다.

2.3 신체소유감

신체소유감은 인지 신경 과학 분야에서 신체(body)가 자기에게 귀속됨을 느끼는 감각으로 정의되고 있으며[19], 가상현실에서는 사용자가 가상

캐릭터의 신체를 사용자 자신의 신체와 동일시하는 현상으로 설명할 수 있다. 고무손 착각(Rubber Hand Illusion) 실험은 신체소유감의 개념을 잘 보여주는데, 고무손 착각 실험 과정은 다음과 같다. 첫째, 가벽을 사이에 두고 한쪽에는 실험 참가자의 손을, 다른 쪽에는 가짜 고무손을 배치한다. 둘째, 실험 참가자의 손과 고무손에 동일한 형태의 자극을 준다. 셋째, 고무손을 망치로 힘껏 내리친다. 실험 참가자들은 고무손을 망치로 내리치자 본능적으로 손을 재빨리 빼며 놀람과 고통을 느꼈다. 연구자들은 동일한 형태의 자극이 고무손과 진짜 손에 전달되는 과정에서 참가자가 고무손을 자기 신체의 일부라 착각했기에 고통을 느낀 것이라고 주장했다. 이처럼 고무손 실험에서는 고무손이 참가자의 신체 일부라고 착각하게 만들기 위해 시각 외에 촉각과 같은 복합적인 감각 정보를 제공하는 것이 중요한데, 이는 단순히 고무손을 보는 행위는 뇌에 시각적 정보만을 전달하기에 복합적 사고가 일어날 수 없기 때문이다[20]. 특히, 촉각감은 자극이 주어졌을 때 자신의 신체가 아닌 이상 느끼기 힘든 감각이기에 신체소유감을 판별하는 중요한 감각기관으로 간주된다[21]. 고무손 실험은 이와 같이 시각과 더불어 촉각을 포함한 복합적인 자극을 전달하는 것이 신체소유감을 증진하는데 중요한 요소라는 것을 보여준다.

신체소유감은 시각, 촉각과 같은 일차원적인 감각 정보 외에도 움직임과 고유 수용성(proprioception)을 통해 일어날 수 있다[21,22]. 움직임은 사용자의 자연스러운 신체 움직임이 행동에 현실감을 부여하여 신체소유감이 증진되는 것으로 알려져 있다[23]. 고유 수용성은 신체 일부의 위치를 감지하는 능력인데[24], 인간의 뇌는 자극을 통해 신체의 위치를 상대적으로 파악할 수 있다. 우리가 물을 마실 때 시감각에 크게 의지하지 않더라도 어느 정도의 힘으로 컵을 들고 입에 가져다야 하는지를 감각적으로 아는 것은 고유수용성이 작용하기 때문이다.

가상환경에서 햅틱 피드백은 시각 정보와 어우

러져 복합적인 감각의 정보를 제공할 뿐만 아니라 [25], 촉각감을 통해 신체의 상대적인 위치 파악을 돕기 때문에 사용자는 신체소유감을 느끼게 될 것이다. 더욱이 이러한 고유 수용성의 감각은 한 손 보다는 두 손의 햅틱 피드백이 주어졌을 때 더 크게 감지될 수 있기 때문에 이에 본 연구는 다음과 같은 두 번째 연구가설을 제안한다.

연구가설2: 사용자는 한 손 햅틱 피드백보다는 두 손 햅틱 피드백을 사용할 때 더 높은 신체소유감을 느낄 것이다.

3. 연구방법

3.1 연구참여자자와 실험 설계

본 연구의 실험 참가자는 서울에 있는 한 대학교에서 자발적으로 참가한 재학생 40명으로 구성됐다. 이들은 미디어커뮤니케이션학부 수업과 학교 온라인 게시판, 그리고 교내 곳곳에 게시한 안내문을 보고 참가했다. 참가자의 성별 분포는 남성 참가자(75%)의 비율이 여성 참가자(25%) 보다 많았으며 참가자의 평균 연령은 21.55($SD = 1.77$)세였다. 참가자들에게는 실험이 끝난 후에 소정의 보상이 주어졌다. 실험은 내적 피험자 디자인으로서(within-subject design), 참가자는 두 실험 조건(한 손 햅틱 피드백 vs. 두 손 햅틱 피드백)을 모두 경험했다. 실험 과제는 공 모양 형태의 글러브를 사용하여 일정 거리에서 생성되어 날아오는 공 모양 오브젝트 30개를 파괴하는 것이다. 한 손 햅틱 피드백의 경우 공 모양 오브젝트를 파괴할 때, 파괴한 손에만 햅틱 반응이 일어났으며, 두 손 피드백의 경우 어느 손으로 공 모양 오브젝트를 파괴하든지 두 손에서 햅틱 반응이 일어나게 했다. 실험 참가자는 실험연구자의 가이드에 따라 두 실험 조건 중 랜덤으로 하나를 수행하고, 오분의 휴식을 취하고 다른 조건에서 과제를 수행했다.

실험 참가자는 사전에 준비된 연구 참여 동의서, VR 게임에 대한 경험과 숙련도 등에 관한 설문지를 작성한 후 실험자 가이드에 따라 HTC VIVE

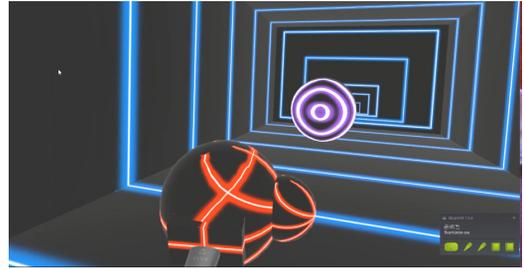
를 착용했다. 실험자는 실험 참가자에게 진행할 게임과 손에 전달되는 햅틱 피드백(진동효과)에 대해 설명을 했고, 게임을 할 때 보다 활동적인 반응을 유도하기 위해 가만히 손을 뻗고 오브젝트에 손을 대는 행동은 지양하고 권투를 하듯이 공을 터트리도록 요청했다. 실험 참가자는 한 실험 조건에서 과제를 끝낼 때마다, 상호작용성과 신체소유감에 관한 설문을 작성했고, 각 실험 조건에서 10분씩 총 20여분간 게임을 한 후 실험을 종료했다.



[Fig. 1.] Participant playing an experiment

3.2 실험 처치물

실험에 사용된 콘텐츠는 본 실험을 위해 Unity 엔진으로 직접 개발했다. 게임 개발의 디자인은 Steam VR에서 제공하는 '비트 세이버' 게임을 참고했다. 참가자의 운동 능력을 향상하기 위해 선행 연구에 기초하여 126bpm의 테크노 음악을 제작 삽입했다. 음악의 장르와 bpm은 운동 시 음악 bpm과 선호도의 상관관계에 대한 선행연구를 참고하여 선정했다[26]. 선행연구에서는 참가자들이 운동을 할 때, 125~140bpm 속도의 음악을 선호하는 것을 보여줬으며, 이것을 참조하여 본 실험에서는 126bpm의 훅(hook)이 강조된 테크노 장르의 음악을 제작하여 배경 음악으로 사용했다. 또한, 음악 중간중간에 특정 음조(pitch)를 가진 신디사이저(synthesizer) 음을 삽입하여 실험 참가자에게 음악의 박자를 상기시키고 동시에 공이 나오는 타이밍 예측을 돕고자 했다.



[Fig. 2.] VR Experiment Treatment

3.3 측정

본 연구에서의 햅틱 반응은 힘 반응(force feedback)과 관련된 '진동 햅틱 반응'으로 국한해 정의했다. 연구자가 조작한 대로 참가자가 한 손 혹은 두 손에 햅틱 반응을 느꼈는지 점검하기 위해 "두 손에 촉각각을 느꼈다", "물체 타격 시 두 손에 촉각각을 느꼈다", "촉각각은 두 손에 모두 전해졌다." 등 3개의 문항을 5점 리커트 척도로 측정했다($\alpha^1 = .96$).

상호작용성은 선행연구에 기초하여 사용자가 실시간으로 매개된 환경을 조작할 수 있는 정도로 정의했다[27]. 스텐어는 상호작용을 구성하는 하위 차원으로 속도, 범위, 그리고 맵핑을 제안했는데, 이현지와 정동훈의 연구에서는 스텐어의 컨셉을 기반으로 이를 빠르기, 자유도, 자연스러움으로 재구성했다[28]. 본 연구에서는 이현지와 정동훈의 연구를 기반으로 빠르기를 "컨트롤러를 빠르게 움직일 수 있었다" 등의 4문항으로 측정했고($\alpha = .91$), 자유도를 "내가 원하는 대로 컨트롤러를 움직일 수 있었다" 등의 4문항으로 측정했으며($\alpha = .92$), "내가 움직이는 대로 자연스럽게 컨트롤러가 움직였다" 등의 4문항으로 자연스러움을 측정했다($\alpha = .87$). 상호작용성은 빠르기, 자유도, 그리고 자연스러움의 12문항을 평균한 값으로 측정하였으며, 상호작용과 관련된 모든 문항은 5점 리커트 척도로 측정했다(α

1) α 는 측정의 신뢰도를 나타내는 통계 기호로서 문항들에서 측정하고자 하는 개념을 응답자가 얼마나 일관성 있게 답변하는지를 나타내는 지표이다. 통념적으로 $\alpha > .70$ 이면 어떠한 개념을 측정함에 있어서 문항들의 신뢰도가 적합한 것으로 간주 된다.

= .95).

신체소유감은 자신의 신체가 아님에도 불구하고 자신의 신체로 느끼는 착각으로 정의된다[19]. 본 연구에서는 이러한 신체소유감을 측정하기 위해 "게임 속 컨트롤러는 내 손이 위치한 곳에 있다고 느껴졌다.", "내 손이 게임 속에 있는 것처럼 느껴졌다." 등의 7문항을 사용했고($\alpha = .90$), 모두 5점 리커트 척도를 사용했다.

4. 연구결과

연구의 통계 분석은 대응표본 t검정분석을 활용했다. 조작검증은 연구자가 실험 조건을 조작한대로 참가자가 느꼈는지를 확인하는 것으로서, 본 연구에서는 참가자가 한 손과 두 손 햅틱의 유의미한 차이를 느껴 실험 조건이 연구자가 의도한 대로 잘 조작되었음을 보여줬다, $t(39) = -5.57, p < .001, d = .88^2$.

연구가설1은 두 손에 주어지는 햅틱 피드백이 한 손에 주어지는 햅틱 피드백보다 더 높은 상호작용성을 불러일으킬 것으로 예측하고 있다. 결과는 두 그룹 차이가 유의미하지 않아 연구가설은 기각되었지만, 어느 정도의 경향성이 있음을 나타냈다, $t(39) = -1.80, p = .08, d = .29$. 비록 유의미한 차이는 없었지만 대체로 참가자들은 두 손에 햅틱 피드백($M = 4.59, SD = .49$)을 받았을 경우가 한 손 피드백($M = 4.48, SD = .53$)을 받았을 때 보다 컨트롤러의 상호작용성이 더 높다고 느꼈다. 상호작용의 세부 차원을 살펴보면, 두 손 햅틱 피드백의 사용이 한 손 햅틱 피드백과 비교하여 조작 속도감의 느낌을 유의미하게 증가시키지는 않았으나($t(39) = -.45, p = .66$), 조작의 자유도($t(39) = -1.86, p = .07, d = .29$)와 자연스러움을 향상하는 데 어느 정도 영향을 주는 경향성이 나타났다, $t(39) = -1.80, p = .08, d = .29$. 즉, 참가자들은 햅틱 피드백이 두 손에 주어졌을 때 조작이 보다 자유롭고($M_{\text{두손}} = 4.53, SD_{\text{두손}} = .57$ vs. $M_{\text{한손}} = 4.37, SD_{\text{한손}} = .64$), 자연스럽게($M_{\text{두손}} =$

4.70, $SD_{\text{두손}} = .47$ vs. $M_{\text{한손}} = 4.58, SD_{\text{한손}} = .55$) 느끼는 경향이 있었다.

연구가설2는 참가자들이 두 손 햅틱 피드백을 사용했을 때, 한 손 햅틱 피드백보다 더 높은 신체소유감을 느낄 것을 제안하고 있다. 결과는 두 그룹 차이가 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다, $t(39) = -1.19, p = .24, d = -.13$. 즉, 참가자들이 느끼는 신체소유감은 한 손 햅틱 피드백($M = 3.78, SD = .85$) 혹은 두 손 햅틱 피드백($M = 3.91, SD = .82$)을 사용할 때 크게 차이가 없는 것으로 나타났다.

[Table 1.] Results of paired t-test

Factors	One-hand		Two-hand		t-test
	haptic		haptic		
	M	SD	M	SD	
Interactivity	4.48	.53	4.59	.49	-1.80*
Speed	4.51	.55	4.53	.58	-.45
Degree of Freedom	4.37	.64	4.53	.57	-1.86*
Naturalness	4.58	.55	4.70	.47	-1.80*
Body ownership	3.78	.85	3.91	.82	-1.19

* $p < .10$

5. 결론 및 함의

본 연구는 가상현실 게임에서의 햅틱 피드백의 유형(한 손 vs. 두 손)이 상호작용과 신체소유감에 미치는 영향을 비교 분석했다. 비록 유의미하지는 않았으나 두 손 햅틱 피드백의 활용이 한 손 햅틱 피드백보다 게임 조작에 대한 상호작용을 증진하는 경향이 있었던 반면, 신체소유감과 관련해서는 한 손과 두 손 햅틱 피드백의 차이가 나타나지 않았다.

두 손에 햅틱 반응을 주는 실험 참가자군은 한 손만 햅틱 반응을 전달받은 실험 참가자군보다 상호작용에 있어서 조작에 대해 자연스러움과 자유

2) 대응표본 t검정분석 결과에서 d값은 대략 두 조건(예시: 한손햅틱 vs 양손햅틱) 간의 차이를 나타내고 t값에 괄호 안에 숫자는 자유도를 나타낸다, p값은 두 조건이 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 보여주는 지표로서 통상적으로 $p < .05$ 이면 두 조건간의 차이가 있는 것으로 간주한다. 마지막으로 d값은 t검정분석에서 효과크기를 의미한다.

도에 더 좋은 평가를 부여하는 경향이 있었다. 이러한 연구결과는 더 많은 감각 정보가 미디어를 통해 주어졌을 때 사용자는 불확실성을 줄일 수 있고 메시지 혹은 상황에 더 적합한 판단을 할 수 있다는 미디어 풍요 이론의 논리와 일치 한다[7]. 본 연구에서 두 손의 햅틱 피드백을 통해 더 많은 촉각감을 불러일으킨 것은 사용자가 오브젝트 과제 과제에 대한 상황 인지를 도왔을 수 있으며, 이는 사용자가 컨트롤러를 조작함에 있어서 자연스러움과 자유도에 더 높은 평가를 하도록 이끌었을 가능성이 있다. 대안적인 설명으로는 두 손 햅틱 반응의 활용이 과제감에 대한 물리적 감각 반응을 보다 현실 세계와 부합되도록 표현했기 때문에 사용자들이 조작에 대해 더 높은 자연스러움과 자유도를 느꼈을 수도 있다. 조작에 대해 자연스러움과 자유도는 가상현실에서의 조작 경험이 현실 세계와 얼마나 합치하는지에 따라 좌우될 수 있다[29]. 현실 세계에서 어떠한 물체를 타격하여 파괴할 때 인간은 타격하는 해당 손 부위뿐만 아니라 다른 몸의 분위에서도 과격에 대한 반작용 감각을 느낄 수 있다. 두 손 햅틱 반응의 활용은 과제감에 대한 이러한 물리적 감각 반응을 보다 현실 세계와 부합되도록 만들었기 때문에 참가자들은 한 손 햅틱 반응과 비교했을 때 더 높은 자연스러움과 자유도를 느꼈을 수도 있다.

본 연구결과가 가상현실 콘텐츠 제작자들에게 시사하는 함의는 다음과 같다. 첫째, 적절한 햅틱 피드백 개체의 증가는 상호작용성을 증진시킬 수 있기 때문에 높은 상호작용을 요구하는 가상현실 콘텐츠의 경우 이러한 점을 고려하여 콘텐츠를 제작할 필요성이 요구된다. 가령, 복잡하고 정교한 조작성을 요구하는 메디컬 혹은 밀리터리 트레이닝의 경우 햅틱 피드백의 개체를 증가시켜 이용자로 하여금 보다 정교하고 자연스러운 조작감을 느끼도록 하는 가상현실 콘텐츠를 디자인하는 것이 중요할 것이다. 둘째, 본 연구에서 햅틱 반응의 유형은 신체소유감에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났는데, 이러한 연구 결과는 신체소유감을 느

끼는 데 있어서 시각과 촉각의 복합적인 정보를 주는 것은 중요할테지만[20], 촉각의 정보를 더 많이 부여하는 것이 반드시 신체소유감의 증진으로 이어지는 않는다는 점을 시사한다. 따라서 가상현실 콘텐츠 개발자들은 신체소유감의 증진을 위해 무조건적으로 햅틱 자극의 개체를 증가시킬 필요성은 없어 보인다.

6. 연구 제한점 및 후속연구 방향

본 연구는 촉각각의 확장을 손에만 국한했다는 한계점이 있다. 신체소유감은 손을 포함한 다른 신체 부위에 복합적인 자극이 제시될 때 더욱 증진될 수 있다는 점을 고려하면, 손과 더불어 다른 신체 부위에 적절하게 제공되는 햅틱 피드백의 확장은 현실적으로 더 큰 신체소유감을 증진할 여지가 있다. 더욱이 컨트롤러의 발달로 가상현실에서의 햅틱 피드백의 활용이 손 자극에만 국한되지 않을 것이란 점을 고려한다면, 후속연구는 다양한 햅틱 피드백의 확대가 신체소유감에 어떠한 영향을 미치는지를 조사할 필요성이 있다.

후속연구는 본 연구와 유사한 반복 연구(replication study)를 진행하여 햅틱 개체의 증가가 상호작용에 긍정적인 영향을 미치는지를 다시 한 번 조사할 필요가 있다. 본 연구결과에서는 햅틱 개체의 증가가 상호작용의 긍정적인 영향을 미치는 경향성이 있었던 반면 이는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지는 않았다. 본 연구에서 실험 참가자들은 각 조건에서 상대적으로 짧은 시간(약 10 분)동안 과제를 수행했는데 이러한 시간적 제약이 햅틱 개체의 증가와 상호작용 경험에 관계를 밝히기에 충분하지 않았을 수 있다. 후속연구에서는 참가자들이 충분히 햅틱 피드백을 경험할 수 있도록 더 많은 과제 수행 시간을 부여할 필요성이 있어 보인다.

또한 후속연구에서는 햅틱 개체의 증가가 “왜” 상호작용에 정적인 영향을 미치는지에 대해 더 자

세히 조사할 필요성이 있다. 본 연구에서는 이러한 정적관계를 미디어 풍요성 이론에 기반하여 설명 했지만 앞서 논의한 바와 같이 양손 햅틱 피드백이 과제 과제를 수행하는데 있어서 현실과 더 부합한 감각적 경험을 제시하기 때문에 이용자가 조작이 더 자연스럽고 자유로웠다고 느꼈을 가능성도 있다. 이에 후속연구에서는 햅틱 유형과 상호작용간의 관계를 설명해 줄 수 있는 잠재적 매개변인들을 측정하여 조사할 필요성이 제기된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2018S1A5A2A01031380)

REFERENCES

- [1] Y. So., "A Comparison Analysis of Usability Evaluation for Simulation Learning based on Web 3D and Virtual Reality", *The Journal of Korea Contents Association*, Vol.16, No.10, pp.719-729, 2016.
- [2] M. Kim, H. Baek, H. Seo, and I. Go, "The Method of User Experience Evaluation for Virtual Living Space", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.7, No.12, pp.795-806, 2017.
- [3] Y. Liu, and L. J. Shrum, "What is Interactivity and Is It Always Such a Good Thing? Implications of Definition, Person, and Situation for The Influence of Interactivity on Advertising Effectiveness", *J. of Advertising*, Vol.31, No.2, pp.197-212, 2002.
- [4] R. Viciano-Abad, A. R. Lecuona, and M. Povade, "The Influence of Passive Haptic Feedback and Difference Interaction Metaphors on Presence and Task Performance", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.13, No.3, pp.197-212, 2010.
- [5] G. C. Burdea, "Haptic Feedback for Virtual Reality", In *Virtual Reality and Prototyping Workshop*, Vol.2, pp.17-29, 1999.
- [6] B. Richardson, M. Symmons, and D. Wullemin, "The Contribution of Virtual Reality to Research on Sensory Feedback in Remote Control", *Virtual Reality*, Vol.9, No.4, pp.234-242, 2006.
- [7] R. L. Daft, and R. H. Lengel, "Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design", *Management Science*, Vol.32, No.5, pp.554-571, 1986.
- [8] J. Lee, "The Expanded User Interfaces and Immersion by the Multisensory Stimulation in Peripheral Environment", *The Journal of Korea Contents Association*, Vol.21, No. 5, pp.987-996, 2020.
- [9] B. Kim, and Y. Ko, "Flexible model based programming using a Haptic-device in VRspace", in *2007 Annual Conference of Korea Contents Association* (pp.881-884), Korea Contents Association 2007, November
- [10] R. Gupta, T. Sheridan, and D. Whitney, "Experiments Using Multimodal Virtual Environments in Design for Assembly Analysis", *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, Vol.6, No.3, pp.318-338, 1997.
- [11] C. Ho, C. Basdogan, M. Slater, N. Durlach, and M. A. Srinivasan, "An Experiment on The Influence of Haptic Communication on The Sense of Being Together", In *Proceedings of the British Telecom Workshop on Presence in Shared Virtual Environments*, pp.10-11, 1998.
- [12] J. Kim, W. Park, and J. Lee, "Feedback Design and Analysis for 3-dimensional Drawing in Virtual Reality", *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, Vol.26, No.3, pp.69-77, 2020.
- [13] C. Vapenstad, E. F. Hofstad, T. Langø, R. Marvik, and M. K. Chmarra, "Perceiving Haptic Feedback in Virtual Reality Simulators", *Surgical Endoscopy*, Vol.27, No.7, pp.2391-2397, 2013.
- [14] D. Chung, "Virtual Reality Concept Book", 195, Book 21, 2017.
- [15] D. S. Pamungkas, and K. Ward, "Electro-tactile Feedback System to Enhance Virtual

- Reality Experience", International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol.8, No. 6, pp.465-470, 2016.
- [16] V. Squeri, A. Sciutti, M. Gori, L. Masia, G. Sandini, and J. Konczak, "Two Hands, One Perception: How Bimanual Haptic Information Is Combined by The Brain", J. of Neurophysiology, Vol.107, No.2, pp.544-550, 2012.
- [17] B. Forster, C. Cavina-Pratesi, S. M. Aglioti, and G. Berlucchi, "Redundant Target Effect and Intersensory Facilitation from Visual-tactile Interactions in Simple Reaction Time", Experimental Brain Research, Vol.143, No.4, pp.480-487, 2002.
- [18] B. Son, and J. Park, "Haptic Feedback to the Palm and Fingers for Improved Tactile Perception of Large Objects." In Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 757-763. 2018.
- [19] S. Gallagher, "Philosophical Conceptions of The Self: Implications for Cognitive Science", Trends in Cognitive Science, Vol.4, pp.14-21, 2000.
- [20] M. Botvinick, and J. Cohen, "Rubber Hands 'Feel' touch that Eyes See", Nature, Vol.391, 756, 1998.
- [21] L. D. Walsh, G. L. Moseley, J. L. Taylor, and S. C. Gandevia, "Proprioceptive Signals Contribute to The Sense of Body Ownership", The J. of Physiology, Vol.589, No.12, pp. 3009-3021, 2011.
- [22] M. Tsakiris, G. Prabhu, and P. Haggard, "Having a Body versus Moving Your Body: How Agency Structures Body-ownership", Vol.15, No.2, pp.423-432, 2006.
- [23] T. Dummer, A. Picot-Annand, T. Neal, and C. Moore, "Movement and The Rubber Hand Illusion", Perception, Vol.38, No.2, pp.271-280, 2009.
- [24] J. C. Tuthill, and E. Azim, "Proprioception", Current Biology, Vol.28, No.5, pp.R194-R203, 2018.
- [25] E. Kokkinara, and M. Slater, "Measuring The Effects through Time of The Influence of Visuomotor and Visuotactile Synchronous Stimulation on a Virtual Body Ownership Illusion", Perception, Vol.43, No.1, pp.43-58, 2014.
- [26] C. I. Karageorghis, L. Jones, D. L. Priest, R. I. Akers, A. Clarke, J. M. Perry, ... and H. B. Lim, "Revisiting The Relationship between Exercise Heart Rate and Music Tempo Preference", Resaerch Quarterly for Exercise and Sport, Vol.82, No.2, pp.274-284, 2011.
- [27] J. Steuer, "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence", J. of Communication, Vol.42, No.4, pp.73-93, 1992.
- [28] H. Lee, and D. Chung, "The Role of Smartphone Game Sensors on Interactivity, Flow, Attitude, and Behavioral Intention". Korean Journal of Broadcasting and Telecommunication Studies, Vol.26, No.1, pp.126-166, 2012
- [29] P. Skalski, R. Tamborini, A. Shelton, M. Buncher, and P. Lindmark, "Mapping The Road to Fun: Natural Video Game Controllers, Presence, and Game Enjoyment", New Media and Society, Vol.13, No.2, pp.224-242, 2011.



이 상 욱 (Lee, Sanguk)

약 력 : 2015 광운대학교 커뮤니케이션학과(석사)
2017년 쾨트주립대학교 커뮤니케이션학과(석사)
2017년~ 미시간주립대학교
커뮤니케이션학과(박사과정)

관심분야 : 뉴미디어, 빅데이터, 헬스커뮤니케이션



정 동 훈 (Chung, Donghun)

약 력 : 2004 미시간주립대학교 커뮤니케이션학과(박사)
2005-2007 아칸소대학교 커뮤니케이션학과
조교수
2007~ 광운대학교 미디어커뮤니케이션학부 교수

관심분야 : 디지털미디어이용, HCI/UX, 디지털캠페인
