



A study on the Effects of the User's Virtual Body Model on a Sense of Reality Closed HMD

Hayoung Yoon¹, Jihun Koo²

¹*Department of Digital Contents Design, Osan University*

²*Department of Smart IT, Osan University*

ABSTRACT

In this study, we investigated the sense of high fear according to height with virtual body model in a virtual environment using non-transmissive head mounted display in relation to the reality of high-rise building's virtual reality contents. For this purpose, the virtual reality contents about watching down from the high-rise building and the user's virtual body model which is composed of the lower body shape were produced. For the ergonomic evaluation, 18 stimulations were performed according to the six random heights and the presence of the virtual body after the presentation of the reference stimulus about 10m height in the virtual environment. In addition, a variance analysis was performed on the results of each factor, and a sub-test based on the Bonferroni correction was performed. As a result of the analysis, in the result of the height sense, the average view point of the virtual body display condition was evaluated to be higher than the condition of the virtual body notation or object display under all conditions according to the change of the viewpoint of height. This suggests that the user has a strong sense of presence as if he or she is in the virtual reality space. And, as a result of the analysis of the fear of a of heights, a significant difference was found in the main effect of virtual body display ($F(1,29) = 10.201, p < 0.05$). In addition, the significance was confirmed by simple interaction ($F(1,29) = 5.444, p < 0.05$) in the virtual body display and the virtual body display condition. Through this, it is confirmed that the expression of the user's virtual body improves the reality of the head mounted display contents.

© 2018 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Virtual reality, Walk through, Head mounted display, Ergonomics evaluation, Virtual body model

ARTICLE INFO: Received 17 October 2018, Revised 2 December 2018, Accepted 7 December 2018.

*Corresponding author is with the Department of Smart IT, Osan University, 45 Cheonghak-ro, Osan-si,

Gyeonggi-do, KOREA.

E-mail address: jihun.koo@osan.ac.kr

1. 연구배경

최근 머리에 장착하여 사용하는 Head Mounted Display (HMD)를 가지고 가상현실(Virtual reality:VR)과 증강현실 (Augmented reality:AR), 혼합현실 (Mixed reality:MR) 과 관련한 다양한 콘텐츠 제작과 연구가 적극적으로 이루어지고 있다[1],[2],[3]. 특히 게임분야에서는 HMD 디스플레이의 등장으로 게임 엔진 기업과 콘텐츠 제작사들의 활발히 움직이고 있다. Digi-Capital은 2020년경 VR의 전체시장 규모가 300억 달러로 예상하였고 그 중 VR게임이 차지하는 비중이 40%에 해당하는 120억 달러로 예상치를 보고한 바 있다[4],[5]. 이와 같이 HMD는 다양한 형태로 개발 되고 사용되고 있다.

HMD는 크게 세 가지 방식으로 나눌 수 있다. Closed HMD (비투과형 HMD)와 Optical see-through HMD (광학적투과형 HMD), Video see-through HMD (비디오투과형 HMD) 으로 나누어진다[6],[7].

먼저 비투과형HMD는 외부의 정보가 차단되는 반면 3차원 입체 그래픽 화면으로 인간의 양안을 둘러싸고 있어 몰입감이 높은 장점을 가지고 있다. 다음으로 광학적투과형 HMD는 부분적으로 투명한 광학 결합기를 통해 사용자는 눈으로 직접 실세계를 볼 수 있고, 부분적으로 반사된 광학 결합기를 통해 모니터로부터 재현된 가상객체 이미지를 반사하여 볼 수 있는 방식이다. 마지막으로 비디오투과형 HMD는 비투과형 HMD에 사용자의 현재 시점의 실세계를 보여주기 위해 하나 또는 두 개의 카메라를 장착한 형태이다[8],[9],[10].

본 연구에서는 투과형 HMD를 가지고 VR콘텐츠의 현실감에 미치는 요인에 대해 알아보고자 한다. 이노우에의 연구에서는 동일한 콘텐츠를 가지고 VR디바이스로 대표되는 CAVE와 비투과형 HMD를 가지고 현실감에 대한 연구를 진행하였다[11]. 그 결과 CAVE가 비투과형 HMD보다 현실감 관련 평가

가 높게 나타났다. CAVE 경우 가상공간 상에서 자신의 신체가 표시되는 반면, 비투과형 HMD는 자신의 신체가 비표시 되어 현실감이 낮게 평가되어 동일한 콘텐츠의 경우에도 제시한 디스플레이에 따른 현실감 평가의 차이가 발생한다는 것을 발표했다 [12]. 디스플레이에 따라 동일한 콘텐츠를 제시한 경우에도 기대한 만큼의 현실감을 얻을 수 없는 경우가 발생할 가능성이 있다[13],[14]. 현실감의 관점에서 효과적인 콘텐츠를 제작하기 위해서는 현실감의 표현 및 영향에 미치는 요인을 명확하게 제시할 필요가 있다. 비투과형 HMD는 외부의 시각 정보를 차단하고 몰입감을 표현하는 디스플레이이다. 하지만 외부가 차단되어 가상공간 내에 자신의 신체가 표시 되지 않아 현실감을 저하시키는 요인이 될 수 있다고 생각 한다.

이에 VR콘텐츠의 현실감에 미치는 영향에 대한 요인을 분석하기 위해 비투과형 HMD를 이용하여 실험을 실시한다.

2. 연구목적

본 연구에서는 비투과형 HMD를 가지고 VR콘텐츠의 현실감에 미치는 요인을 분석한다. 구체적으로는 비투과형 HMD를 이용하여 사용자의 가상 신체 표시의 유무에 착안하여 조사를 실시, 자신의 가상신체 표현이 VR콘텐츠의 높이감과 공포감에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하는 것이 연구의 목적이다.

3. 연구방법

3.1 실험환경

고충진물 VR콘텐츠 제시는 비투과형 HMD (Oculus Rift VR 사)을 사용했다. Oculus Rift의 특징

으로는 자이로스코프(Gyroscope) 센서를 부착하여 360도 헤드트래킹이 가능하며, 시야각(FOV) 110도가 제공되어 현실공간과 비슷한 공간의 재현이 가능하다. 해상도는 좌우 각각 1080X1200의 Side by Side로 재생하였다[15].

실험자는 입체 영상이 정상적으로 시각 기능을 가진 20 ~ 30세, 모두 30명이었다.

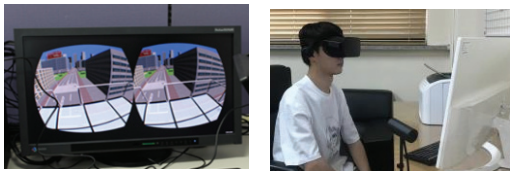


그림 1. 실험 환경
Figure 1. Experiment environment

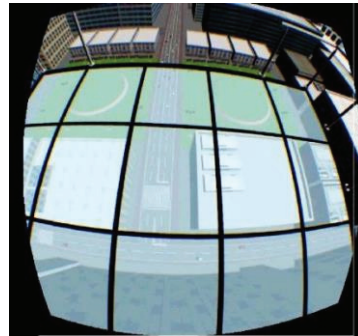
실험시간은 각각 총 40분으로 실험준비(실험순서 설명과 입체영상과 색각정보 확인, HMD영상떨미확인) 10분, 실험실시 20분, 실험 후 인터뷰실시 10분으로 구성하여 실시하였다.

3.2 고층건물 VR콘텐츠 제작

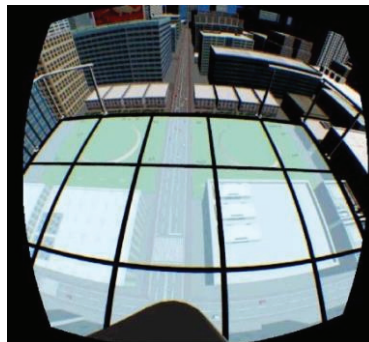
고층건물 VR콘텐츠 제작에 사용된 프로그램은 3dsmax(Autodesk 사)를 사용하였다. 이 소프트웨어는 3차원 공간을 생성할 수 있으며, 뛰어난 시각화 기능을 바탕으로 게임 및 건축 CG(컴퓨터그래픽)분야에서 활용성이 매우 높다[15].

제작에 사용된 폴리곤(Polygon)수는 2,864개이다. 프레임레이트는 모든 조건에서 56.2 Hz - 60.0 Hz이다. 비투과형 HMD와의 연동을 위해 Unity3D (Unity Technologies 사)를 사용하였으며, 1080X1200의 해상도를 가지고 side by side 포맷으로 재생하였다.

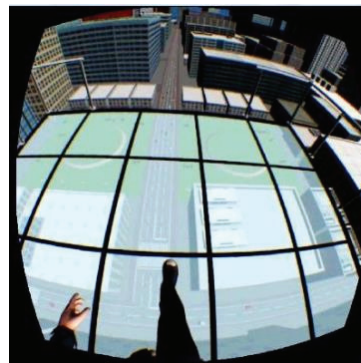
실험에 사용한 하드웨어는Intel(R) core i7, 16GB RAM, 그래픽카드는 지포스 GTX1060 Graphics이다.



가상신체 비표시
Virtual body non-display



오브젝트 표시
Object display



가상신체 표시
Virtual body display

그림 2. 실험에서 활용된 콘텐츠
Figure 2. Content used in experiments

실험에 사용된 VR콘텐츠는 <그림 2>에 표시하였다. [가상신체 비표시] 조건과 [오브젝트표시] 조건, [가상신체모델 표시] 조건 세 가지로 나누어 제시하

였다. 각각의 조건에서는 건물의 하부를 볼 수 있도록 건물앞쪽에 30m 길이의 테라스를 설치하고 바닥을 투명하게 표현하였다. 또한 30m 길이의 테라스를 걷는 애니메이션을 설정하여 피험자가 출발지점에서 도착지점까지 동일한 속도로 움직일 수 있도록 설정하였다.

3.3 실험조건

본 연구에서는 고층건물에서 느껴지는 현실감을 조사하기 위해 높이감과 고소공포감을 평가한다. 실험 조건은 표 1에 나타난다.

Virtual model	Height
Virtual body non-display	20m
	40m
Object display	60m
	80m
Virtual body display	100m
	120m

표 1. 실험 조건
Table 1. Experiment conditions

사용자(유저)의 가상모델 3 조건 × 높이 (건물높이) 6 조건, 총 18개의 실험 조건을 랜덤으로 제시하여 실험을 실시하였다. 기존 실험 조건은 “높이 10m, 가상신체비표시” 를 사용하였다.

3.4 실험방법과 순서

① 실험의 준비과정으로 설문지 기입방법 및 실험 순서에 관하여 피험자에게 설명하고 가상현실디스플레이 비투과형 HMD에 관하여 설명을 하였다. ② 기준 자극(10m 가상신체비표시)을 20 초간 제시하였다. 출발 지점에서 도착 지점까지 속도는 카메

라 워크 (0.8m /s)이다. ③ 다음으로 비교하는 각 조건 (18개 조건)을 랜덤으로 20초간 제시하였다. ④ 기준자극과 각 조건을 제시, 비교하여 현실감과 관련한 높이감과 고소공포감에 대한 평가를 5점 척도를 사용하여 조사를 실시했다. 조건을 변경하여 ② ~ ④을 반복하여 총 18개 조건 제시 후 각 조건에 대한 심층 인터뷰를 실시하였다.

3.5 설문 작성과 분석

설문지 작성에는 이전 문화유산의 현장감 표현 연구에 사용된 기존의 설문지를 사용하였다[8]. 질문항목으로는 현실감과 관련한 건물의 높이감과 고소에서 느끼는 공포감과 관련하여 5단계를 이용해 평가를 실시하였다. 5점척도를 사용하여 [전혀 느끼지 못했다]를 1점, [매우강하게느꼈다]를 5점으로 하였다. 또한 설문 중 피험자의 연령과 실험일시에 관련해서도 회답을 받았다. 실험결과와 해석 방법은 SPSS를 이용하였으며 분산분석(ANOVA)의 단순주효과와 단순상호작용의 사후검정을 실시했다. 또한 각 요인의 유의를 조사하기 위해 하위검정을 실시하였다.

4. 연구결과

가상신체조건 (비표시/오브젝트/표시) × 현실감 조건 (20m/40m/60m/80m/100m/120m)의 각각의 요인을 가지고 분산분석을 실시 한 후, Bonferroni에 근거하는 하위검정을 실시했다.

현실감에 대한 결과는 높이감과 고소공포감으로 나누어 <그림 3>과 <그림 4>에 제시하였다.

4.1 높이감에 대한 결과

높이감의 결과에서는 각각의 조건에 대한 유의

미한 차는 보이지 않았다. 하지만 높이의 시점 변화에 따라 모든 조건에서 [가상신체표시] 조건이 [가상신체비표시], [오브젝트표시]의 조건에 비해 평균평정점이 높게 평가되었다. 이것은 가상공간에서 자신의 신체가 표시되어 높이감이 향상되었을 가능성을 시사한다. 또한 [오브젝트표시] 조건이 [가상신체비표시] 조건보다 높게 평가되어 자신과 연결되어 있는 신체하부의 표시가 높이를 측정하는 단서로 제공이 되었다고 생각된다.

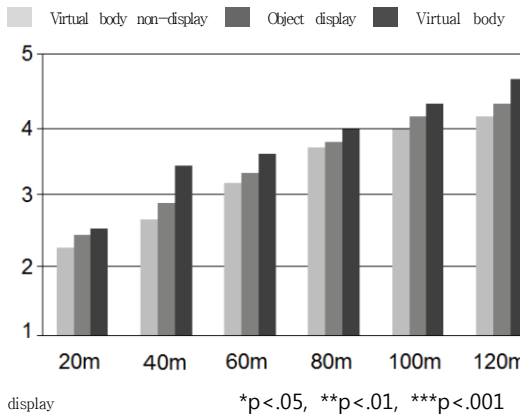


그림 3. 높이에 대한 결과
Figure 3. Height result

인터뷰결과에서도 [가상신체가표시] 조건에서는 “가상의 신체가 표시되어 자신의 신체와 건물을 비교 할 수 있는 대상이 되어 높이에 대한 감각이 향상되었다” 라는 의견을 30명중 12명에게 보고 받았다.

4.2 고소공포감에 대한 결과

고소공포감에 대한 분석결과 가상신체표시의 주 효과($F(1,29)=10.201, p<0.05$)의 유의차가 인정되었다 <그림 4>. 또한 [가상신체표시]와 [가상신체비표시] 조건에서 단순상호작용($F(1,29)=5.444, p<0.05$)로 유의가 인정되었다.

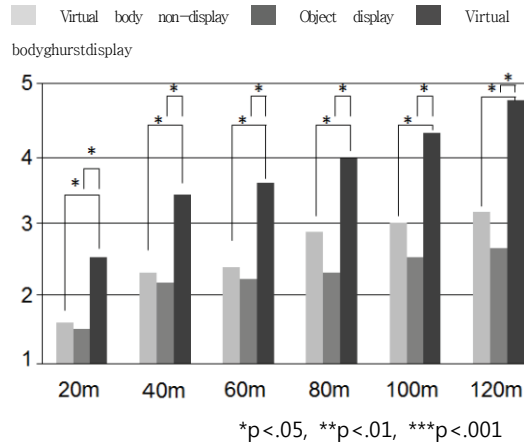


그림 4. 높이에 대한 두려움 분석
Figure 4. Fear heights results

고소공포감에서는 각각의 조건에서 유의미한 차이가 나타났다. 또한 [가상신체표시] 조건에서는 높이가 높아질수록 공포감의 평균점이 상승을 보였다. 그러나 [오브젝트표시] 조건과 [가상신체비표시] 조건에서는 80m 높이 지점부터는 평균점평가점이 일정하게 유지하는 경향을 보였다. 이에 [가상신체표시] 조건은 높이감에 영향을 미쳐, 그 결과로 고소공포감의 평가가 상승한 것으로 생각된다.

인터뷰에서 [가상신체표시] 조건에서 “본인이 직접 걷고 있는 느낌을 받았다”, “아래로 떨어질 것 같아 무섭다”, “무서워서 걷기 힘들다” 등의 다수 의견이 있었다.

5. 결론

본 실험의 결과에서 아래의 두 가지가 시사되었다.

(1) 사용자의 가상신체를 표시함으로써 높이감에 대한 현장감이 높게 평가되었다. 이는 사용자가 VR 공간 안에 본인이 있는 것 같은 느낌을 강하게 받았다는 것이 시사되었다.

(2) 사용자의 가상신체 표시는 HMD 콘텐츠의 현

실감을 향상 시키는 것을 확인하였다.

고소공포감에 대한 인터뷰 소수의 의견 중 “주변 건물의 높이, 밀도의 따라 높이감이나 고소공포감의 차이가 느껴진다.” 는 의견을 받았다. 본 연구에서는 가상신체표시에 한정하여 실험을 실시하였다. 추후 주변 건물의 높이나 밀도의 설정을 다르게 하여 현실감에 대한 검토의 필요성이 제시되었다.

References

- [1] H. Son, J. Kim, and S. Lee, *A study on the application of stereoscopic depth value in VR HMD*, Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol.6, No. 4, pp. 31-40, 2016.
- [2] J. Han, and G. Lee, *VR tourism content using the HMD device*, KCA Thesis Journal. Vol. 15, No. 3, pp. 40-47.2015.
- [3] J-Y. Han, *Study on the feature of mobile HMD-based VR experience contents design*, Journal of Korea Institute of Spatial Design. Vol. 35, pp. 199-207, 2015.
- [4] D. Capital, *Augmented/ virtual reality revenue forecast revised to hit \$120 billion by 2020*, <http://www.digi-capital-com/news/2016/01/augmentedvirtual-reality-revenue-forecast-revised-to-hit-120-billion-by-2020/#.V7LPck2LS7C>, Dec. 12, 2016.
- [5] S. Chin, *Technical issues for enhancing graphical demands in HMD VR games*, Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 7, No. 12, pp. 903-912, 2017.
- [6] Y. Lee, and C. Shin, *Method for automatic switching screen of OST-HMD using gaze depth estimation*, Smart Media Journal, Vol. 7, No. 1, 2018.
- [7] M. Kassner, and M. Patera, *Pupil: An open source platform for pervasive eye tracking and mobile gaze-based interaction*, Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication, pp. 1151160, 2014.
- [8] H. S. Kim, J. K. Jeon, G. M. Eom, and S. J. Kim, *Mixed reality technology using HMD*, Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 32, No. 3, pp. 20-27, Jun. 2017.
- [9] M. L. Mele, and S. Federici, *Gaze and eye-tracking solutions for psychological research*, Cognitive Processing, SUPPL, Vol. 13, No. 1, 2012.
- [10] K. Wang, S. Wang, and Q. Ji, *Deep eye fixation map learning for calibration-free eye gaze tracking*, Proceedings of the Ninth Biennial ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications, pp. 47-55, 2016.
- [11] T. Inoue, and T. Shibata, *Effects of surrounding images on the sense of height in virtual environment display system*, The Institute of Image Information and Television Engineers, 2014.
- [12] H. Y. Yoon, and J. H. Koo, *The impact of object density on motion simulation in virtual space*, Journal of Korea Game Society, No. 17, Vol. 4, pp. 55-62, 2017.
- [13] H. Yoon, N. Abe, T. Kawai, T. Inoue, A. Elham, M. Matini, and K. Ono, *Construction and evaluation of aVirtual heritage with human model distribution*, Transactions of Virtual Reality Society of Japan, No. 15, Vol. 2, pp. 203-212, 2010.
- [14] Y. Lee, C. Shin, A. Plopski, Y. Iton, T. Piumsomboon, A. Dey, G. Lee, S. Kim, S.

Kim, and M. Billinghurst, *Estimating gaze depth using multi-layer perceptron*, in International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR), pp. 26-29, 2017.

- [15] H. Yoon, *The production and evaluation of three-dimensional content using virtual reality displays*, Journal of Communication, Vol. 56, pp. 353-364, 2016.

비투과형 HMD를 이용한 가상환경에서 유저의 가상신체 모델이 현실감에 미치는 영향 연구

윤하영¹, 구지훈²

¹오산대학교 디지털콘텐츠디자인과 조교수

²오산대학교 스마트IT과 조교수

요 약

본 연구에서는 고층건물 VR콘텐츠의 현실감과 관련하여, 비투과형 HMD를 이용한 가상환경 상에서 가상신체 모델의 유무에 따른 높이에 따른 고소공포감 조사를 실시했다. 이를 위해서 고층건물에서 아래를 내려다보는 VR 콘텐츠를 제작하였으며, 사용자의 가상 신체 모델을 하반신 형태로 구성하였다. 인간공학적 평가를 위해 피실험자에 대한 가상환경 10m에 대한 기준 자극 제시 후 랜덤 한 여섯 가지의 높이와 가상신체 표시 유무에 따른 18가지 실험자극을 수행하였다. 또, 각 요인 별 결과에 대해서 분산분석을 실시한 후, Bonferroni correction에 근거한 하위검정이 수행되었다. 분석 결과, 높이감의 결과에서는 높이의 시점 변화에 따라 모든 조건에서 가상신체표시 조건이 가상신체비표시 혹은 오브젝트표시의 조건에 비해 평균평정점이 높게 평가되었다. 이는 사용자가 VR공간 안에 본인이 있는 것 같은 현장감의 느낌을 강하게 받았다는 것이 시사한다. 그리고, 고소공포감에 대한 분석결과 가상신체표시의 주 효과($F(1,29)=10.201$, $p<0.05$)의 유의차가 확인 되었다. 또한 가상신체표시와 가상신체비표시 조건에서 단순상호작용 ($F(1,29)=5.444$, $p<0.05$)로 유의성이 인정되었다. 이를 통해, 사용자의 가상신체의 표현은 HMD 콘텐츠의 현

실감을 향상시키는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부의 기술개발사업[S2599981]과 2018학년도 오산대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌음



Hayoung Yoon received his B.S. degree from the Department of Animation, Korea University of Media Arts, Sejong, Korea, in 2000 and his M.S. and Ph.D. degrees from the information communication, Waseda University, Tokyo, Japan, in 2009 and 2014, respectively. He is currently a Professor in the Digital Contents Design Department at Osan University, Osan, Korea. His current research interests are Ergonomics evaluation, Virtual reality and 3D content creation.

E-mail address: yoon@osan.ac.kr



Jihun Koo received the B.S. and M.S. degrees in Electrical Engineering from Inha University, Incheon, Korea, in 2000 and 2002, respectively and the Ph.D. degree from Yonsei University, Seoul, Korea in 2015. He was Principal engineer of Connectivity development team of Samsung Electronics Co., Ltd., Hwaseung, Gyeonggi-do, Korea. He is currently a Professor in the Smart IT Department at Osan University, Osan, Korea. His current research interests include wireless communication, Internet-of-Things and Connectivity.

E-mail address: jihun.koo@osan.ac.kr