

## 가상공간에서 오브젝트의 밀도가 이동시물레이션에 미치는 영향

윤하영\*, 구지훈\*\*

오산대학교 디지털콘텐츠디자인과\*, 오산대학교 스마트IT과\*\*

yoon@osan.ac.kr, jihun.koo@osan.ac.kr

### The Impact of Object Density on Motion Simulation in Virtual Space

Hayoung Yoong\*, Jihun Koo\*\*

Digital Contents Design, OSAN University\*, Smart IT, OSAN University\*\*

#### 요 약

본 연구에서는 HMD(Head Mounted Display)를 가지고 Walk-through의 이동시물레이션에 대한 평가를 실시하였다. 구체적으로는 VR공간 주변에 배치된 오브젝트 밀집정도(밀도)의 변화가 심리적 이동거리, 이동속도, 이동시간에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 연구결과 첫째, 실험 조건 (저밀도, 중밀도, 고밀도)에 있어 조건간의 차이는 모두 유의미하였다. 둘째, 주변 오브젝트의 밀도가 높아질수록 이동시간, 이동속도, 이동거리가 기본조건과 비교하여 평균점이 높게 나타났다. 셋째, 주변의 오브젝트가 VR공간의 이동시물레이션에 있어 시간, 속도, 거리의 감각을 향상 시키는 것을 확인하였다.

#### ABSTRACT

In this study, motion simulation of Walk-through was evaluated with HMD(Head Mounted Display). More Specifically, we examined the changes of the degree of object density placed around virtual space on psychological moving distance, moving speed, and moving time. The results were as follows. First, the difference between the experimental conditions(low density, Medium density, High density) was significant. Second, as the density of the surrounding objects increased, the average point of moving time, moving speed, and moving distance rose compared to the basic conditions. Third, it was found that the surrounding objects improved the sense of time, speed and distance in motion simulation in virtual space.

**Keywords** : Virtual Reality, Walk through, Head Mount Display, Density  
(가상현실, 이동시물레이션, 헤드마운트디스플레이, 밀도)

Received: Jul. 10. 2017      Accepted: Aug. 14. 2017  
Corresponding Author: Hayoung Yoong(Osan University)  
E-mail: yoon@osan.ac.kr

© 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. 연구 배경

최근 다양한 분야에서 가상현실 (VR:Virtual Reality) 콘텐츠가 개발되어 활용되고 있다. 한 예로 스코넥엔터테인먼트는 '코리아 VR 페스티벌 2016(이하 KVRF 2016)에서 발표한 Walk through 방식의 VR슈팅 게임이 있다. 스코넥엔터테인먼트는 Walk-through 방식의 VR 슈팅 게임 '모탈 블리츠 Walking Attraction'과 VR 인테리어 시물레이션 프로그램인 'BIM(Building Information Modeling)', VR 방 탈출 게임인 'The Cube' 등을 직접 시연하였다[1].



[Fig. 1] Walk through VR Shooting Game

Walk-through는 3차원 컴퓨터프로그램으로 구성된 가상공간을 인물의 시점에서 보행하는 것이다. 주로 슈팅게임과 문화유적지 체험, 지리정보시스템, 건물과 도시공간의 설계 등을 체험 할 때 주로 사용된다. 이러한 Walk-through 보급에 따라 VR공간에서 관람자 느끼는 감상에 대한 조사가 필요하다. 구체적으로 VR 공간을 감상자가 이동할 때의 심리적 거리, 심리적 속도, 심리적 시간에 대한 평가이다.

VR공간에서의 이동시물레이션 공간인지와 관련된 연구[2,3,4,5]는 다수 진행되어 발표되었다. 그중에서 이동 할 때의 심리거리에 관한 연구로서 후쿠이의 이동거리의 설정 특성의 연구6)가 있다. 이 연구에 의하면 심리거리는 실제의 거리와 함수관계라고 이야기한다. 지금까지 심리관계가 주변에 배치된 물체의 밀집정도(밀도)에 따라 크게 영향을 받는다고 보고하였다.

다음으로 심리속도에 관한 연구로서는 optical flow에 의한 이동속도지각에 관한 거리 단서 및 영향을 조사한 연구[7]와 운전자의 운전속도를 기반으로 한 연구[8] 등이 있다.

운전자의 운전속도에 관한 연구는 주변 대상이 많은 수록 속도가 빠르다고 느끼기 때문에 속도를 늦춘다는 연구결과가 있습니다. 또한 윤하영외8명(의9) 연구에서도 이동시 주변의 물체에 의해 심리적 이동속도가 달라진다고 설명한다.

하지만 이러한 연구와 같이 심리적 거리와 심리적 속도의 각각의 조건에 대한 연구는 다수 이루어지고 있지만 심리적 시간에 대한 심리 시물레이션에 대한 연구는 부족하다. 또한 위에서 서술한 각각의 원인(거리, 속도, 시간)에 대해서 개별의 연구는 되어있지만, 동일 환경에서 동시에 조사한 연구는 없다.

## 2. 연구 목적

이에 본 연구에서는 HMD(Head Mounted Display)를 가지고 Walk-through의 이동시물레이션에 있어 시공간의 평가를 동일한 환경에서 조사를 실시한다. 구체적으로는 VR공간 주변에 배치된 오브젝트 밀집정도(밀도)의 변화가 심리적 이동거리, 이동속도, 이동시간에 어떠한 영향을 미치는지 알아본다.

## 3. 연구 방법

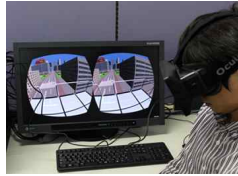
### 3.1 실험환경

VR 간의 3차원 시물레이션 콘텐츠 제시는 HMD (Oculus Rift VR 사)을 사용했다. Oculus Rift의 특징으로는 자이로스코프(Gyroscope) 센서를 부착하여 360도 헤드트래킹이 가능하며, 시야각(FOV) 110도가 제공되어 현실공간과 비슷한 공간의 재현이 가능하다. 해상도는 좌우 각각

1080X1200의 Side by Side로 재생하였다.



HMD (Oculus VR)



The appearance of experiment

[Fig. 2] Experiment environment

### 3.2 실험조건 제작

VR공간을 Walk-through 할 때 주변의 오브젝트 밀도가 이동거리, 이동속도, 이동시간에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 알아보기 밀도가 서로 다른 실험조건을 제작하였다.

[Fig. 2]와같이 저밀도, 중밀도, 고밀도 3가지로 나누어 실험조건을 기존 나카지마 연구[10]의 실험 콘텐츠를 가지고 제작을 하였다.

제작에 사용된 프로그램은 3dsmax(Autodesk사)를 사용하였다. 이 소프트웨어는 3차원 공간을 생성할 수 있으며, 뛰어난 시각화 기능을 바탕으로 게임 및 건축 CG(컴퓨터그래픽)분야에서 활용성이 매우 높다[11].

제작에 사용된 폴리곤(Polygon)수는 3,684개이다(고밀도기준). 각 조건의 프레임레이트는 기본조건 57.2 Hz - 60.0 Hz, 저밀도에서는 52.0 Hz - 60.0 Hz, 중밀도에서는 48.2 Hz - 60.0 Hz, 고밀도에서는 42.7 Hz - 60.0 Hz이다.

HMD와의 연동을 위해 Unity3D(Unity Technologies 사)를 사용하였으며, 1080X1200의 해상도를 가지고 side by side 포맷으로 재생하였다.

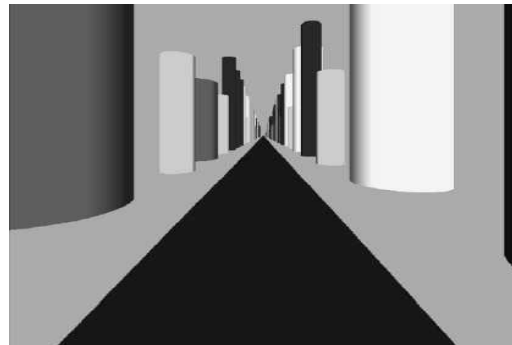
실험에 사용한 하드웨어는Intel(R) core i7, 16GB RAM, 지포스GTX1060 Graphics이다.



low density



Medium density

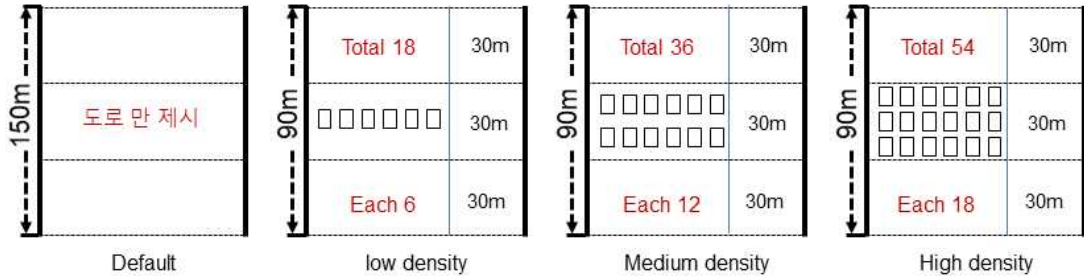


High density

[Fig. 3] The examples of the virtual paths

### 3.3 실험설계

실험에 사용할 콘텐츠는 위에서 설명한 것과 같이 기본조건, 저밀도조건, 중밀도조건, 고밀도조건으로 총 4개의 실험조건을 사용하였다.



[Fig. 4] Experimental content design

[Fig. 4]와 같이 기본조건으로는 오브젝트를 배치하지 않고 도로만 제시한 것을 기본조건으로 설정한다. 저밀도 조건의 경우 30m안에 각 6개의 오브젝트를 배치하여 90m에 전체 18개의 오브젝트를 배치하였다. 중밀도조건은 30m안에 각 12개의 오브젝트를 배치하여 90m에 전체 36개의 오브젝트를 배치하였다. 마지막으로 고밀도 조건에서는 30m안에 각 18개의 오브젝트를 배치하여 90m에 전체 54개의 오브젝트를 배치하여 설계하였다.

도로에 길이에 따라 콘텐츠에서 느끼는 심리적 이동거리, 이동속도, 이동시간에 미치는 영향을 고려해 30m, 60m, 90m의 3가지 조건을 설정하여 평가를 실시한다.

### 3.4 실험 방법과 순서

① 실험의 준비과정으로 설문지 기입방법 및 실험 순서에 관하여 피험자에게 설명하고 가상현실 디스플레이 HMD에 관하여 설명을 하였다. ② [Table 1]과 같이 총 18개의 실험 조건을 랜덤으

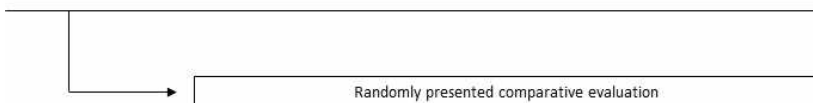
로 제시하여 실험을 실시하였다. ③ 콘텐츠의 이동거리, 이동속도, 이동시간에 대한 설문 기입과 인터뷰를 실시하였다<sup>12)</sup>. 위의 방법으로 3개의 조건(저밀도, 중밀도, 고밀도)을 거리에 따라 모두를 동일하게 실시했다. 실험의 소요시간은 실험 준비 시간까지 포함해 약30분이 소요되었다. 피험자는 색각·양안시가 정상적 기능을 가지고 있는 20대 대학생 30명을 대상으로 2016년 10월9일부터 12일간 실시했다.

### 3.5 설문 작성과 실시

설문지 작성에는 이전의 문화유산의 현장감 표현의 연구에 사용된 기존의 설문지를 이용하였다.<sup>11)</sup> 질문항목으로는 이동거리, 이동속도, 이동시간에 대한 3항목을 5단계를 이용해 평가를 실시하였다. [전혀느끼지 못했다]를 1점, [매우강하게느꼈다]를 5점으로 하였다. 또한 설문 중 피험자의 연령과 실험일시에 관련해서도 회답을 받았다.

[Table 1] experiment conditions

Default 30m	Low 30m	Default 30m	Medium 30m	Default 30m	High 30m	Low 30m	Medium 30m	Low 30m	High 30m	Medium 30m	High 30m
Default 60m	Low 60m	Default 60m	Medium 60m	Default 60m	High 60m	Low 60m	Medium 60m	Low 60m	High 60m	Medium 60m	High 60m
Default 90m	Low 90m	Default 90m	Medium 90m	Default 90m	High 90m	Low 60m	Medium 60m	Low 90m	High 90m	Medium 90m	High 90m



실험결과의 해석방법은 SPSS를 이용하였으며 분산분석(ANOVA)의 단순주효과와 단순상호작용의 사후검정을 실시했다. 또한 각 요인의 유의를 조사하기 위해 하위검정을 실시했다.

#### 4. 연구 결과

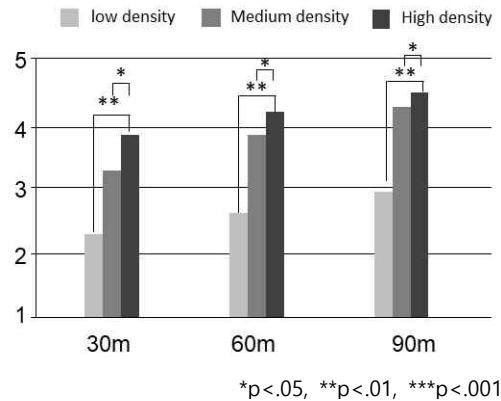
오브젝트 밀도(저밀도/중밀도/고밀도) × 거리(30m/60m/90m)의 두 가지 요인을 가지고 분산분석을 실시 한 후, Bonferroni에 근거하는 하위검정을 실시했다.

심리적 이동거리, 이동속도, 이동시간으로 나누어 검토를 실시했다.

##### 4.1 심리적 이동거리에 미치는 영향

심리적 이동거리와 관련하여 30m, 60m, 90m에 대해 분석했다. 오브젝트 밀도와 거리에서 각각 주 효과( $F(1,29)=10.955, p<0.05$ )와 ( $F(1,29)=14.125, p<0.01$ )의 유의차가 인정되었다. 또한 오브젝트와 밀도간의 유의차가( $F(1,29)=3.660, p<0.05$ )나타나 하위검정을 실시했다[Fig. 7]. 밀도와 거리 두 조건간의 유의미한 차가 나타났다.

저밀도와 중밀도의 평균점정점에서의 차이는 크게 나타나지 않았지만 저밀도와 고밀도 간의 평균 평정점의 차는 크게 나타났다. 이에 동일한 거리지만 오브젝트의 밀도의 변화에 따라 심리적 이동거리가 변화하는 것을 확인 할 수 있다. 또한 30m, 60m, 90m에서 비슷하게 상승하는 경향을 보이고 있어 거리에 따른 밀도의 변화가 명확하게 증가하는 것을 알 수 있다.

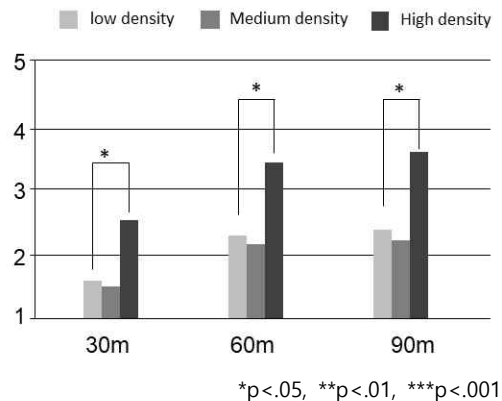


[Fig. 5] Psychological travel distance

인터뷰에서도 오브젝트의 영향으로 [이동거리가 짧게 느껴졌다] 라는 다수의 답변을 들을 수 있었다. 또한 오브젝트의 많은(고밀도)에서는 이동하는데 [압박감], [위화감을 느꼈다] 라는 답변도 소수 있었다.

##### 4.2 심리적 이동속도에 미치는 영향

심리적 이동속도에 대하여 분석을 실시했다.



[Fig. 6] Psychological travel speed

심리적 이동속도의 분석결과 오브젝트 주 효과 ( $F(1,29)=10.487, p<0.05$ )와 의 밀도와 관련한 유의차 ( $F(1,29)=36.648, p<0.05$ ) 각각 인정되었다 [Fig. 6]. 또한 오브젝트의 밀도와 거리간의 단순상

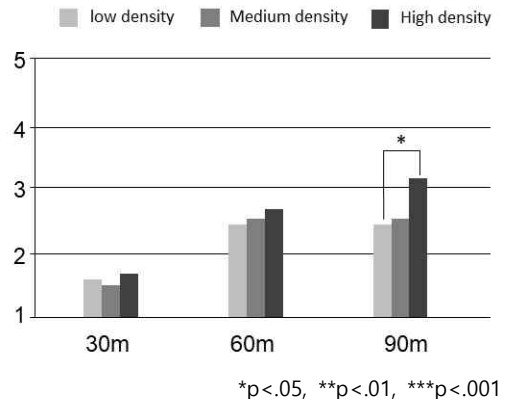
호작용( $F(1,29)=6.231, p<0.05$ )로 유의가 인정되었다.

오브젝트의 밀도가 증가함에 따라 이동거리가 길어느껴진다는 결과와 함께 이동속도에서도 주변 오브젝트의 밀도가 증가함에 따라 속도가 증가하는 경향이 있다는 답변을 다수 들을 수 있었다. 평균 점에서도 저밀도와 고밀도간의 차이가 크게 나타나 오브젝트의 밀도의 증가에 따라 심리적 이동속도가 상승하는 것을 확인 할 수 있다. 이는 주변의 오브젝트가 증가하면 이동거리를 짧게 느껴 속도가 빠르게 느껴진다는 것과 같은 동일한 결과이다. 하지만 저밀도와 중밀도간의 평균평가점 차이는 크게 나타나지 않아 주변밀도 양을 좀 더 세밀하게 나누어 조사할 필요가 있다고 생각한다.

### 4.3 심리적 이동시간에 미치는 영향

계속해서 심리적 이동시간의 오브젝트밀도와 거리의 두 조건에서 각각에서 주 효과의 유의가 인정되었다. 밀도×거리에서 단순상호작용( $F(1,29)=7.356, p<0.05$ )로 유의가 인정되었다. 결과를 [Fig. 7]에 표시한다. 하지만 심리적 이동거리와 이동속도의 결과와는 달리 심리적 이동시간에서는 밀도와 거리 두 조건간의 유의미한 차는 보이지 않았다.

오브젝트의 밀도가 거리와 속도의 변화에 영향을 주었지만 시간에는 크게 영향을 주지 못했다. [Fig. 7]을 보면 각각의 거리의 밀도가 서로 비슷한 평균점을 획득하여 밀도는 시간에 영향을 미치지 못하는 경향을 보였다. 30m와 60m에서는 평균점이 비슷하였으나 90m에서는 저밀도와 고밀도간의 평균점에서 차이를 보였다. 이는 거리가 늘어날수록 오브젝트의 밀도에 영향을 받는 것이 라고 생각된다,



[Fig. 7] Psychological travel time

분석결과 이외의 인터뷰 내용을 분석한 결과 HMD에 대해 “흥미가 있다”, “집중하기 쉽다”등의 의견이 다수 있었다. 또한 몇몇의 피험자로부터 영상멀미 또는 어지러움을 보고 받았다.

## 5. 결론

본 연구에서는 HMD를 가지고 Walk-through의 이동시물레이션에 대한 평가를 실시하였다. 구체적으로는 VR공간 주변에 배치된 오브젝트 밀집정도(밀도)의 변화가 심리적 이동거리, 이동속도, 이동시간에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

연구결과는 아래와 같다.

첫째, 실험 조건 (저밀도, 중밀도, 고밀도)에 있어 조건간의 차이는 모두 유의미하였다.

둘째, 주변 오브젝트의 밀도가 높아질수록 이동시간, 이동속도, 이동거리가 기본조건과 비교하여 평균점이 높게 나타났다.

셋째, 주변의 오브젝트가 VR공간의 이동시물레이션에 있어 시간, 속도, 거리의 감각을 증가시키는 경향이 있었다.

심리적 이동속도의 평균평가점을 확인해 보면 저밀도와 중밀도간의 득점 차이는 크게 나타나지 않았다. 하지만 저밀도와 고밀도에 득점에서는 큰 차이를 볼 수 있었다. 이는 밀도의 증가에 따라 속

도의 변화가 나타나지만 어느 일정양의 밀도증가에 따라 변화가 나타난 것을 확인 해 볼 수 있다.

또한 심리적 이동시간에서는 30m와 60m에서는 평균평가점의 차이가 나타나지 않았다. 하지만 90m에서는 저밀도와 고밀도 간의 득점 차이를 볼 수 있었다. 이번 실험에서는 30m와 60m, 90m 단 거리를 측정하여 거리의 길이에 따른 밀도의 변화의 차를 볼 수는 없었다는 것이 본 연구의 한계점으로 남는다. 또한 인터뷰에서 보고된 HMD관련 논의 피로나 영상멀미를 답하는 피험자도 있어 콘텐츠의 체험 자세나 시간에 대한 검토의 필요성이 제시되었다.

## ACKNOWLEDGMENTS

The present research was conducted by the research fund of Osan University in 2017.

## REFERENCES

- [1] SKONEC Entertainment Co., Ltd. All rights reserved: <http://www.skonec.com/?lang=ko>, 2017.
- [2] P.Willemsen, M.b. Colton, S.H Creem-Regehr, W.B. Thompson, "The Effects of Head-mounted Display Mechanics on Distance Judgments in Virtual Environments", ACM International Conference Proceeding Series, 73, pp.35-38 2004.
- [3] J.M. Plumert, J.K. Kearney, J.F Cremer, K. Reckr, "Distance Preception in Real and Virtual Environments", ACM Transactions on Applied Perception(TAP), 2,3, pp.216-233, 2007.
- [4] B.G Witer, P.B.Kline, "Teleoperators and Virtual Environments, 7,2, pp.144-167, 1998.
- [5] Hiroki Sekiguchi, Tatsuya Shimamura† 2 and Noriyuki Kitajima, " The Influence of Objects Around the Route on Usere Estimations od Time Used for and Disatance and Speed of Locomotion in VR", The journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, Vol. 62, No. 3 P 414-419, 2008.
- [6] Kimio Hirao, Atsushi NAKAZAWA, Kiyoshi KIYOKAWA, Haruo Takemura, "Characteristics of Direction Estimation by Moving in a CG-Space", IEICE Technical Report Vol.104 No.573, 2005.
- [7] G.G. Denton: "The Influence of Visual Pattern on Perceived Speed", Perception, 9, pp.393-402, 1980.
- [8] T.R. Lee: "Perceived Distance as a Function in the City", Environment and Behaviour, 2, pp.40-51, 1970.
- [9] Yoon, H., Abe, N., Kawai, T., Inoue, T., Elham, A., Matini, M. and Ono, K, "Construction and Evaluation of aVirtual Heritage with Human Model Distribution," Virtual Reality Society of Japan. Papers 15(2), pp.203-212, 2010.
- [10] Nakajima, M. "Introduction of Image Media Archive (Special Edition Image and Video Processing: Past, Present and Future)," The Institute of Image Information and Television Engineers. Papers 55(1), pp.2-4. (2011)
- [11] Ji Won, Lee · Hayoung, Yoon · Jung Bog, Kim, "Developing 3D Simulation Contents for Understanding of Light and Shadow", Jour.Sci. Edu, Vol. 38, No.3, pp.703-717 (2014)
- [12] Yoon, Hayoung, "The Production and Evaluation of three-dimensional content using Virtual Reality Displays", journal CDAK, Vol56, pp.353-364 (2016)



윤 하 영(Yoon, Hayoung)

2017- 오산대학교 디지털콘텐츠디자인과 교수  
2017- 한국게임학회 이사  
2014-2015 Waseda University 이공학연구소 연구원  
2014 Waseda University 박사(정보통신학)  
관심분야: 첨단영상미디어, 게임콘텐츠, 인간공학

---



구 지 훈(Jihun Koo)

2017- 오산대학교 스마트IT학과 교수  
2007-2017 삼성전자 SLSI 수석연구원  
2009-2015 연세대학교 박사(전기전자공학)  
2002-2006 삼성종합기술원 전문연구  
관심분야 : IoT, Connectivity, 게임콘텐츠

---