

## 스마트폰 기반 몰입형 가상 환경에서의 크기 인지 분석

김남규\*

### Size Perception Analysis on Smartphone-based Immersive Virtual Environment

Nam-Gyu Kim\*

\*Associate Professor, Division of Creative Software Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47340 Korea

#### 요 약

가상 환경 속의 참여자는 가상 객체와의 상호작용을 통해 실제와는 다른 몰입감과 인지적 경험을 하게 된다. 최근에는 누구나 쉽고 저렴하게 가상 환경을 경험할 수 있는 스마트폰 기반의 머리 착용형 디스플레이(HMD)들과 광시야각의 고품질 HMD들도 폭넓게 상용화되고 있다. 하지만, HMD의 근본적 수렴-초점조절 불일치 구조와 현실 세계에서 학습된 인지 차이로 인한 어지러움, 메스꺼움 등의 부작용은 여전히 극복해야 할 문제로 남아 있다. 본 연구는 여러 인지 차이 요인 중 가상 객체와의 상호작용에 중요한 일관된 크기 인지에 초점을 두고 있다. 실제 환경에서 물체의 크기 인지에 영향을 주는 시각도가 가상 환경에서도 주된 요인인지 검증하고, 그 시각도와 가상 객체 크기 인지에 도움을 주는 환경 구성 요소인 그림자와 격자 표현과의 관계를 분석한다. 회귀 분석 결과 시야각이 작은 HMD 환경에서 시각도는 크기 인지에 영향을 미치며, 그림자와 격자 표현도 크기 인지와 유의미한 결과를 얻었다.

#### ABSTRACT

Participants in the virtual environment will have an immersive and memorable perceived experience through interacting with virtual objects. Recently, commercial virtual reality technologies have released simple and cost-effective smartphone-based head-mounted displays (HMD) and high-quality wide field-of-view (FOV) HMDs. However, due to the vergence-accommodation conflict structure of HMD and the learned cognition mechanism in real, side effects such as dizziness and nausea remain challenging to overcome. This study focuses on consistent size perception among various cognitive difference factors, which are essential for interaction with virtual objects. We verified whether the visual angle, which affects the size perception of an object in real, is also the main factor in the virtual environment. Our experiments derived the relation between the visual angle and the environmental components, shadow, and grid, which help perceive a virtual object. As a result of the regression analysis, we presented that in the small FOV HMD environment, the visual angle affects size perception, and the relation between the shadow and the grid is statistically significant.

**키워드** : 크기 인지, 가상 환경, 머리 착용형 디스플레이, 실험 분석

**Keywords** : Size perception, Virtual environment, Head-mounted display(HMD), Experimental analysis

Received 29 June 2021, Revised 30 June 2021, Accepted 11 July 2021

\* Corresponding Author Nam-Gyu Kim (E-mail: ngkim@deu.ac.kr, Tel: +82-51-890-2713)

Associate Professor, Division of Creative Software Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47340 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.8.1067>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© 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.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

가상현실(VR, Virtual Reality) 기술은 입체 영상 제작과 머리 착용형 디스플레이(HMD, Head-Mounted Display) 개발에 힘입어 전문 특수 분야에 국한되어 있던 시장이 일반 소비자 시장으로 확장되고 있다. 현재 몰입형 가상공간을 제공하는 HMD 장치로는 Oculus Rift, HTC VIVE, 삼성 Gear VR 등 일반 소비자도 구매 가능한 수준의 가격대로 출시되고 있으며, 건축 모델링, 가상 교육, 훈련 시뮬레이션, 게임 엔터테인먼트 등 적용 분야가 점진적으로 확대되고 있다 [1, 2]. 현실 정보를 혼합하는 증강현실(AR, Augmented Reality) 기술과 달리, 외부와 차단된 완전 몰입형 가상환경에서는 모든 인지에 필요한 정보가 가상 콘텐츠로부터 제공되므로, 현실 공간과는 다른 인지 차이를 느끼게 된다. 따라서, 그 인지 차이를 줄이고 현실과 유사하게 또는 자연스러운 경험이 될 수 있도록 콘텐츠와 디바이스에 대한 최적화 기술들이 필요하게 된다 [3].

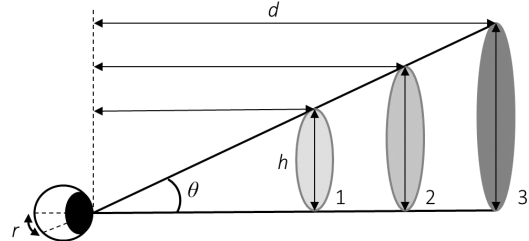
가상공간에서 몰입감 유도를 위한 최적화 기술은 인간 시각 인지 처리 과정을 이해하고, 이 처리 과정을 디바이스 및 가상 콘텐츠가 수용함으로써 구현할 수 있다. 몰입형 가상환경에서 고려하고 있는 주된 3차원 시각 인지 원리는 양안의 상 맺힘 위치 차이에 의해 발생하는 입체시(Stereopsis) 원리이다. 현재 상용화 되어 있는 대부분 HMD에 적용하는 입체시 원리는 눈에 가까운 디스플레이를 바라보기 위한 두 개 안구의 회전 움직임에 대한 수렴(Accommodation) 원리와 자율적 수렴체 초점 조절(Vergence) 원리 간의 충돌이 발생한다. 이는 VR 부작용 (예, 메스꺼움, 어지러움 등)으로 나타나며, 발생 원인, 정도 측정 및 경감 방법에 관해 활발히 연구가 진행되고 있다 [4-6]. 현재, HMD를 출시하고 있는 개발사들은 각 디바이스에서 부작용을 최소화하고 최적의 경험과 몰입도를 제공하기 위해 콘텐츠 제작 가이드라인과 3차원 콘텐츠 제작 도구 (예, Unity3D, Unreal Engine4) 용 라이브러리를 제공하고 있다 [7, 8].

앞으로 HMD 디바이스의 활용 범위가 확대되고, 콘텐츠가 다양하게 출시 될수록 인간 특성에 따른 인지 정보와 콘텐츠의 여러 요소 간의 최적 관계 정립은 더욱 요구될 것이다. 특히, 실제 환경과 몰입형 가상 환경의 일관된 시각 인지 정보는 무엇보다 중요하며, 그 관계 분석을 위해 거리에 대한 깊이감과 크기에 따른 공간감

으로 구분하여 연구가 진행되었다. 일반적으로 몰입형 HMD 환경에서 참여자는 가상 객체에 대해 깊이감을 과소평가하는 것으로 알려져 왔다 [9]. 그러나, 최근 HMD 기술은 급속히 발전하여, 120° 이상의 시야각 (FOV, Field of View) 광각화, 8K 화면 해상도, 위치 추적 지연 최소화, 안구 추적, GPU 렌더링 지원 등 수많은 제어 요소가 있어 면밀한 실험적 고찰이 요구된다 [10].

본 연구는 다양한 인지 관련 요소 중 가상 객체와의 상호 작용에 중요한 크기 인지 문제를 조명한다. 가상 객체의 크기에 대한 올바른 인지는 공간의 해석과 상호 작용 일관성을 확보하도록 도와준다. 만약, 같은 가상 콘텐츠에 대해 제공 HMD에 따라 다른 크기로 인지한다면 경험의 일관성을 확보할 수 없게 된다 [11].

눈이 인지하는 물체 크기는 거리와 연관되어 있다. 같은 크기의 객체에 대해 크게 보일수록 그 거리는 가깝다고 느끼는 원리를 기본으로 한다. 따라서, 크기 인지는 독립적으로 해석할 수 없고 거리와의 관계 속에서 그 원리를 설명할 수 있다. 그림 1의 내용과 같이 크기 인지는 망막에 맺힌 크기( $r$ )에 비례하며, 시각도 (Visual Angle)  $\theta$ , 거리  $d$ , 높이  $h$  간의 상수 관계,  $\tan(\theta) = d/h$  로 정립된다. 시각도는 망막 객체 크기를 결정하므로, 실제 환경에서 시각도는 크기 인지의 주요 요인으로 확립되어 있다 [12].



**Fig. 1** Principle of size perception. Objects 1, 2, and 3 have the same visual angle and retinal image size. Therefore, the eye distinguishes objects' sizes based on the difference in distance.

크기 인지는 시각도에 절대적이지 않으며, 경험 지식이 정확한 크기 인지를 방해하기도 한다. 기하학적 관계의 해석으로 인한 착시 (Optical Illusion)가 대표적인 현상이다. 주변 도형과의 연결 및 크기 관계, 객체 간의 가림 (Occlusion) 등으로 원래 크기보다 작거나 크게 보이는 현상이 발생한다. 여러 연구로부터 거리와 크기는 반 비례적인 상수 관계에 있지만, 망막에 맺히는 영상의 크

기를 인지하는 과정에서 주변의 환경 요인들에 의해 영향을 받게 된다 [12].

가상현실보다 넓은 범주의 혼합현실 관점에서 인지 문제를 환경(Environment), 습득(Acquisition), 증강/혼합(Augmenting), 장비(Devices), 사용자(Users)의 5개 범주로 구분하여 체계적으로 제어 요소를 관리하기 위한 기준이 마련되어 있다 [13]. 본 연구는 그 기준 중 환경 및 사용자 관점에 해당하고 비주얼 부가 정도로 작용하는 그림자 및 격자 표현 방법과 비주얼 파라미터인 시각도와와의 관계를 정립함에 목표를 두고 있다.

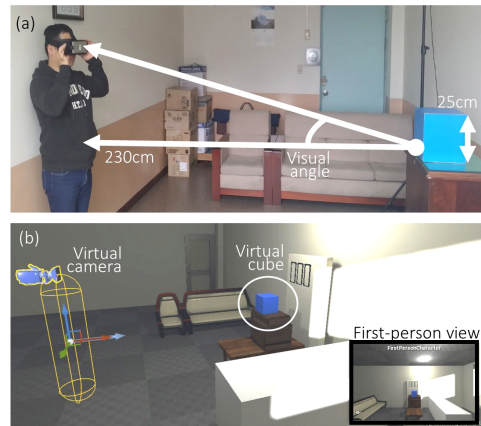
사용자 관점의 시각 인지와 관련한 신체적 특징인 동공 간 거리(IPD, Inter-Pupillary Distance)와 물체를 바라보는 눈높이가 가상의 거리와 크기 인지에 영향을 주고 있음이 연구되었으며 [14, 15], 증강현실 환경에서의 크기와 색깔 인지의 영향도가 평가되었다 [16]. 또한, 가상현실 기술을 응용한 영화 영상 콘텐츠에서도 크기 인지에 대한 실험적 연구가 수행되었다 [17, 18]. 기존의 다양한 가상공간 상의 인지 기반 실험 방법들은 기본적으로 피실험자의 동공간 거리와 눈높이 측정을 필수로 하고 있다. 그 측정 내용은 시각도와 매우 밀접한 관계가 있으며 인지 차이 비교 연구에 매우 중요하다. 본 연구 또한 가상 환경에서 피실험자를 대상으로 한 실험적 분석 기법을 사용하고 있으며, 첫 단계로 실제 환경의 크기 인지 주요 원인인 시각도가 가상 환경에서도 크기 인지에 대한 독립 변수로 적용 가능한지 그 타당성을 검증하고, 두 번째 단계로 시각도와 환경 요인, 즉 그림자 및 격자 표현 방법 간의 관계를 분석하였다. 마지막으로 그 분석 결과를 활용하여 일관된 크기 인지 조절이 가능한 적용 방법을 고찰한다.

## II. 시각도와 크기 인지

기존 연구들에서 살펴본 바와 같이 시각도(Visual angle), 동공 간 거리(IPD), 눈높이, 주변 환경 요인 등 크기 인지에 영향을 주는 요소는 매우 다양하다. 본 장에서는 실제 환경에서 크기 인지의 주요 요인인 시각도에 초점을 두고 HMD 기반 가상 환경에서도 시각도가 주요 영향 요소인지 검증하는 실험을 진행한다.

### 2.1. 실험 설계

피실험자는 실제 공간에 주어진 상자를 인지한 후, 가상공간에 들어가 실제와 같은 모습으로 구성된 가상 상자를 관찰하여 실제의 크기와 차이가 발생하는지를 판단한다. 그림 2와 같이 수평으로 230cm 떨어진 거리에 100cm 높이 테이블에 놓여 있는 25cm 정육면체 상자(색상은 실제와 가상 모두 동일한 파란색)를 실제와 가상공간을 번갈아 가며 관찰한다. 가상공간은 그림 2(b)와 같이 현실감 렌더링 성능이 우수한 언리얼 엔진을 사용하였고, 실공간 계측으로 객체 및 환경 정보를 모델링하여 구성하였다. 실험 대상 기준 HMD 기기는 삼성 Gear VR이다. Gear VR의 시야각은 101°로 다른 HMD 장비에 비해 좁으나, 이동이 편리한 스마트폰을 활용하고 저렴한 가격대로 가상 환경을 경험할 수 있다는 장점 때문에 주 실험 기기로 선택하였다. 비교군으로 유사한 시야각의 오쿨러스 DK2(시야각 100°)와 큰 시야각의 HTC VIVE(시야각 110°) 환경에서도 시각도 실험을 동일하게 진행하여 HMD 상호 간 관계도 분석하였다.



**Fig. 2** Experimental setup. (a) The subject observes a 25cm cube placed at a distance of 230cm horizontally. (b) The virtual environment provides a realistic scene by a virtual camera that fits the subject eye's height.

피실험자는 실험에 들어가기에 앞서, 신체 정보인 동공 간 거리(IPD)와 눈높이(H)를 측정한다. 신체 조건에 따라 눈높이가 다르므로 상자와의 절대적 위치(230cm)가 같더라도 시각도( $\theta = \text{atan}((H-100)/230)$ , H: 사용자 눈높이, 100: 상자가 놓인 높이, 230: 상자와 피실험자와의 수평 거리)가 다르게 나타난다. 그 시각도는

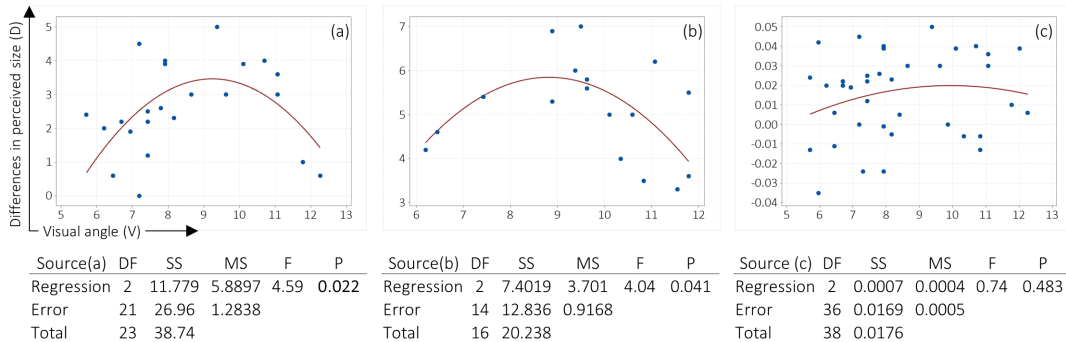


Fig. 3 Regression analysis between the visual angle and differences of real and virtual perceived size on (a) Samsung Gear VR, (b) Oculus DK2, and (c) HTC VIVE

피실험자의 특성을 정의하며, 주요 요인이 된다.

피실험자의 절대적 위치 확보, 머리 회전과 몸의 움직임 최소화하기 위해 벽에 기대어 고정 자세를 유지하도록 하였다. HMD 착용 전에 주어진 고정 위치에서 상자를 관찰하고, 두 손을 사용하여 HMD 착용한 후 가상 상자를 관찰한다. 피실험자가 실제와 가상의 차이를 느낄 경우, HMD에 주어진 입력 방식 (Gear VR은 오른쪽 측면의 터치 입력, Oculus DK2와 HTC VIVE는 HMD에 별도 부착된 컨트롤러 입력)으로 가상 상자의 크기를 0.1cm 단위로 증감한다. 그 과정에 사용자는 실제와 가상을 오가며 가장 비슷한 크기로 인지되는 가상의 객체 크기를 설정하여 운영자에게 최종 통보한다. 피실험자가 최종적으로 조절한 가상 객체의 크기와 실제 크기 간의 차이를 정리하여 분석에 활용한다.

## 2.2. 결과 및 분석

환경은 삼성 Gear VR, Oculus DK2, HTC VIVE의 3종 몰입형 HMD 환경으로 HMD 무경험자 20세~25세 남녀들을 대상으로 실험하였다. Gear VR은 총 28명(남, 녀 각 14명, 평균 IPD 5.88 cm, 평균 눈높이 152.6cm), Oculus DK2는 총 22명(남 14명, 여 8명, 평균 IPD 5.87cm, 평균 눈높이 153.8cm), HTC VIVE는 총 41명(남 22명, 여 19명, 평균 IPD 5.89cm, 평균 눈높이 155.1cm)을 대상으로 실험을 진행하였다. 피실험자 중 IPD가 6.2cm (HMD 권장 IPD) 초과자 및 크기 조절에 실패한 피실험자의 데이터는 분석에서 제외하였다. 최종 분석에 Gear VR 24명, Oculus DK2 17명, HTC VIVE 39명의 피실험자 데이터가 활용되었다.

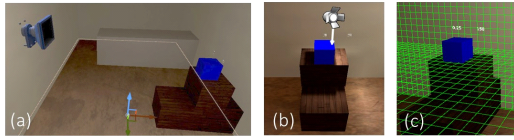
실험 분석의 독립 변수는 시각도(V, Visual angle) 이

며, 종속 변수는 가상 환경에서 같은 크기로 인지되는 상자 크기와 실제 크기 간의 차이(D, Differences in perceived size)이다. 2차 회귀(Regression) 분석으로 그 변수 간의 관계를 분석하였다. 그림 3과 같이 Gear VR ( $P=0.022 < 0.05$ )과 DK2( $P=0.041 < 0.05$ )에서 시각도와 인지 차이 간의 유의미한 관계가 관찰되었으며, VIVE의 경우 피실험자 수가 다른 HMD 환경에 비해 2배 정도 많았으나 시각도와 크기 인지 간의 관계성은 유의하지 않았다. 그림 3(a), 3(b)의 회귀선에서 보는 바와 같이 시각도 9°를 중심으로 크기 인지 차이가 최대화되며, 시각도가 줄거나 커질수록 인지 차이가 줄어드는 경향을 관찰할 수 있다. 시각도 9°는 상자와의 물리적 거리가 약 232cm( $\approx 230/\cos(9^\circ)$ )이며, 최저 5°( $\approx 231$ cm), 최고 13°( $\approx 236$ cm)로 작은 거리 범위 내에서 크기 인지 차이가 발생함을 관찰하였다. 이는 가상환경상의 크기 인지는 작은 시각도 및 거리 범위에서도 자세히 고려되어야 하며, 특히, Gear VR과 DK2와 같이 시야각이 작은 특성(100° 내외)을 갖는 HMD에서는 주요한 요인임을 실험적으로 알게 되었다.

## III. 시각도와 환경 요인

앞서 실제 환경과 같이 가상 환경에서도 시각도 요인이 크기 인지의 주요 요인임을 검증하였다. 본 장에서는 크기 인지의 부가적 요인으로 고려되는 환경 요인 2가지, 그림자와 격자 표현이 크기 인지와 관련성이 있는지도 출한다. 그림자는 객체의 사실감과 실재감을 높이는 주요 표현 기법이며, 격자는 3차원 모델링 도구에서 위

치와 배치를 도와주는 필수적 표현 기법이다.



**Fig. 4** Experimental virtual environment to analyze the relationship between environmental components and size perception. Subjects watch (a) a referential virtual scene, (b) a shadow rendering scene, and (c) a grid rendering scene.

### 3.1. 실험 설계

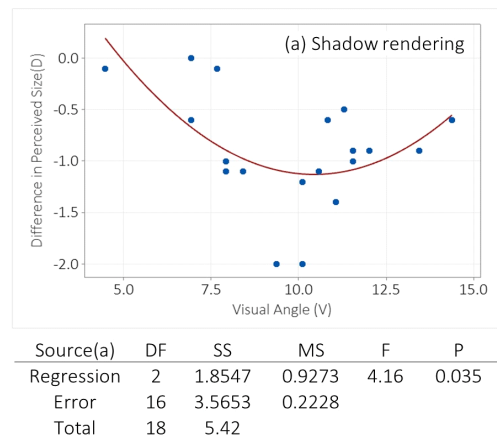
피실험자는 2.1의 실험의 단계와 같이 실제와 가상의 두 환경 간의 상자를 보며 같은 크기가 인지되는 조절 크기를 운영자에게 통보하는 절차를 거친다. 그림자 또는 격자가 없는 환경과 그림자 및 격자가 표현된 환경 간의 크기 인지 차이를 관찰함으로써, 그림자 및 격자 표현이 크기 인지에 어떤 영향을 미치는지 관찰하였다. 앞선 실험에서는 실제 상자 크기 25cm를 기준으로 크기 인지 차이를 관찰하였으나, 환경 표현 실험 환경에서는 그림자와 격자 표현이 없는 가상 환경에서 관찰된 크기 인지 차이를 참조 기준으로 설정하고, 표현되었을 경우의 차이를 관찰함으로써 시각도와 크기 인지의 상호 관계를 살펴본다.

그림 4는 실험 환경에 쓰인 가상 환경의 구성 장면으로 그림 4(a)는 참조 기준 장면으로 환경 효과가 없으며, 그림 4(b)는 물리적 실제 공간과 유사한 조건의 상자 위 방향성 조명 추가로 피실험자의 시점 방향을 기준으로 그림자가 오른쪽에서 왼쪽으로 형성된 장면이다. 그림 4(c)는 상자 공간 주변에 비교 기준이 될 수 있는 수평-수직의 격자무늬를 보여준다. 격자는 공간상 10cm × 10cm 무한 격자로 상자가 놓인 수평 평면과 상자 뒷면의 수직 평면으로 녹색 선으로 가시화하였다. 이때 절대적 상자와 격자 크기는 피실험자에게 알리지 않았으며, 주어진 격자와 상대적 상자 크기 인지를 위한 요소로 활용되도록 하였다. 한 명의 피실험자는 그림자나 격자가 표현되지 않는 환경과 표현된 환경의 크기 인지 실험을 두 번 진행하게 되며, 이때 실험 순서에 따른 학습 효과를 줄이기 위해 무작위 순서로 실험을 진행하였다.

### 3.2. 결과 및 분석

실험 환경은 시각도가 크기 인지 요인으로 검증된 삼

성 Gear VR이다. 피실험자는 Gear VR HMD 무경험자 20세~25세 남녀들로 앞선 실험 참여자를 제외하여 HMD 사용 학습 효과를 배제하였다. 그림자 실험에는 19명 (남 11명, 여 8명, 평균 IPD 6.01cm, 평균 눈높이 159.9cm), 격자 영향도 실험에는 20명 (남 13명, 여 7명, 평균 IPD 6.05cm, 평균 눈높이 160.7cm)의 데이터를 수집하였다. 실험 분석의 독립 변수는 앞서 검증한 시각도이며, 종속 변수는 환경 요인 제공 유무에 따라 발생한 크기 인지의 차이이다.



**Fig. 5** Regression analysis result of size perception according to the shadow rendering environment.

그림자 실험의 경우, 그림자가 없을 때의 크기 인지 차이  $\Delta S_{off}$  (평균 2.06, 표준편차 1.91)를 수집하고, 그림자가 있을 때의 크기 인지 차이  $\Delta S_{on}$  (평균 1.17, 표준편차 1.81)를 관찰하여,  $\Delta S_{on} - \Delta S_{off}$  값을 크기 인지가 종속 변수로 할당한다.

그림 5에 보는 바와 같이 통계적으로 유의미한 회귀 분석 결과( $P=0.035 < 0.05$ )를 얻었다. 앞선 크기 인지 회귀 경향과 반대로 그림자의 표현은 크기 인지에 있어 음의 영향도를 보여주고 있다. 그림자를 표현하지 않은  $\Delta S_{off}$ 보다 그림자를 표현한  $\Delta S_{on}$  가 더 작은 크기 차이 값을 갖는 결과로 그래프의 세로축이 음의 값이 된다. 그림자는 정확한 크기 인지에 도움을 주어 그림자를 표현했을 때 크기 인지 차이가 작다는 것을 나타내는 결과이다.

격자 실험의 경우, 격자가 없을 때의 크기 인지 차이  $\Delta G_{off}$  (평균 1.89, 표준편차 1.78)를 수집하고, 격자가

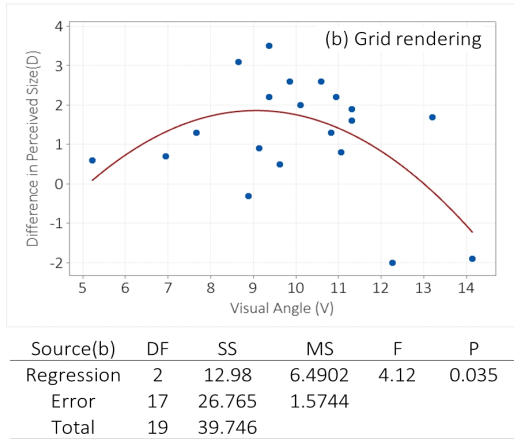


Fig. 6 Regression analysis result of size perception according to the grid rendering environment.

있을 때의 크기 인지 차이  $\Delta G_{om}$  (평균 3.15, 표준편차 1.95)를 관찰하여,  $\Delta G_{om} - \Delta G_{off}$  값을 크기 인지 차이 종속 변수로 할당한다. 그림 6에 보는 바와 같이 통계적으로 유의미한 회귀분석 결과( $P=0.035 < 0.05$ )를 얻었다. 앞선 크기 인지 회귀 경향과 같고, 그림자 실험과는 반대로 크기 인지에 있어 양의 영향도를 보여주고 있다.  $\Delta G_{off}$ 보다  $\Delta G_{om}$ 이 더 큰 값을 갖는 결과로 격자는 그림자와 반대로 크기 인지를 축소하는 경향을 나타내고 있다.

### 3.3. 실험 결과 적용 방법 고찰

회귀 분석은 독립 변수 시각도와 종속 변수 크기 인지 차이 간의 회귀 방정식을 도출한다. 실험 결과로 얻은 Gear VR에 대한 크기 인지 회귀 방정식은 표 1과 같다. 모든 계수는 통계적으로 5% 유의수준 ((3) 격자 회귀 방정식의 상수 계수는 10% 유의수준)에서 유의미한 ( $P < 0.05$ ) 결과를 나타내고 있다. 정합도  $R^2$  값은 30% 수준으로 크기 인지와 관련한 외생변수(예, HMD 광학계, 화면의 밝기, IPD 등) 복잡도를 고려한다면, 30% 수준의 회귀 방정식은 변수 예측에 충분히 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 예로, 가상환경 속의 사용자와 객체 간의 시각도를 실시간으로 계산하여, 크기 인지에 중요한 객체의 크기를 자율적으로 조절할 수 있게 된다.

Table. 1 Regression equations for controlling size perception on Gear VR (D: differences in perceived size, V: visual angle)

(1) Simple size perception (in Fig. 3(a))

$$(D) = -15.58 + 4.12 \cdot (V) - 0.2230 \cdot (V)^2$$

$R^2: 30.41\%, R^2(\text{adj}): 23.78\%$

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Const.	-15.58	6.02	-2.59	0.017	
(V)	4.12	1.38	2.98	0.007	118.76
(V) <sup>2</sup>	-0.2230	0.0763	-2.92	0.008	118.76

(2) Size perception on the shadow environment (in Fig. 5)

$$(D) = 2.92 - 0.776 \cdot (V) + 0.0371 \cdot (V)^2$$

$R^2: 34.2\%, R^2(\text{adj}): 26.0\%$

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Const.	2.92	1.36	2.16	0.047	
(V)	-0.776	0.289	-2.69	0.016	40.97
(V) <sup>2</sup>	0.0371	0.0149	2.49	0.024	40.97

(3) Size perception on the grid environment (in Fig. 6)

$$(D) = -7.98 + 2.171 \cdot (V) - 0.1196 \cdot (V)^2$$

$R^2: 32.7\%, R^2(\text{adj}): 24.7\%$

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Const.	-7.98	4.47	-1.79	0.092	
(V)	2.171	0.915	2.37	0.030	43.38
(V) <sup>2</sup>	-0.1196	0.0462	-2.59	0.019	43.38

## IV. 결론 및 향후 연구

본 연구는 스마트폰 기반의 몰입형 HMD 환경(예, 삼성 GearVR)에서 실제와 가상 객체 간 일관된 크기 인지의 주요 요인인 시각도(Visual Angle)에 대해 검증하고, 부가적으로 작용하는 객체 그림자와 환경 격자 표현의 관계성을 피실험자 분석을 통해 통계적으로 유의미한 결과를 도출하였다. 작은 FOV HMD에서 시각도는 크기 인지에 중요한 요인이며, 그림자는 크기 인지의 정확도를 높이고, 격자는 상대적 인지 축소를 보였다. 회귀 분석을 기반으로 한 시각도와 인지 크기 차이의 관계는 본 연구와 동일한 가상 환경에서 실제와 같은 크기 인지를 유도하는 제어 방정식으로 활용될 수 있을 것이다. 다양한 HMD로의 확장성과 실험 정확성 확보를 위해 표준화된 공간 구축이 필요하며, 넓은 FOV를 갖는 HMD가 갖는 비주얼 파라미터와 부가 요소들에 관해서 본 연구와 같은 절차적 기법을 이용해 사용자의 인지적

특성을 탐구하고자 한다.

### ACKNOWLEDGEMENT

This Work was supported by Dong-eui University Foundation Grant(2017~2018)

### REFERENCES

- [1] U. Y. Yang and K. H. Kim, "Trends of VR/AR Wearable Display Technology," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 31, no. 4, pp. 13-22, Aug. 2016.
- [2] Y. J. Choi, T. W. Kim, and M. Hong, "VR/AR Devices Technology Trend," *TTA Journal*, vol. 185, pp. 33-41, Sep. 2019.
- [3] C. Heeter, "Being There: The Subjective Experience of Presence," *Presence Teleoperators & Virtual Environments*, vol. 1, no. 2, pp. 262-271, Jan. 1992.
- [4] H. J. Kim, J. H. Lee, J. Y. Oh, H. J. Lee, and J. H. Park, "Simulator sickness in differences between HMD display distance and IPD," in *Proceedings of Korea HCI conference*, pp. 253-256, 2018.
- [5] H. J. Lee and D. H. Chung, "Influence of Virtual Reality Image Depth on Users Perceived Characteristics, Presence, and Fatigue," *Korean Journal of Broadcasting and Telecommunication Studies*, vol. 33, no. 2, Mar. 2019.
- [6] H. S. Oh, "Predicting the Level of Cybersickness via Spatiotemporal Perceptual Features Extracted from Virtual Reality Content," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 57, no. 11, pp. 45-53, Nov. 2020.
- [7] HTC VIVE Developers Guides and SDKs [Internet]. Available: <https://developer.vive.com>.
- [8] Developer Document and SDKs for Oculus Product Series [Internet]. Available: <https://developer.oculus.com>.
- [9] J. P. Rolland, W. Gibson, and D. Ariely, "Towards quantifying depth and size perception in virtual environments," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 4, no. 4, pp. 24-49, 1995.
- [10] S. Masnadi, K. P. Pfeil, J. T. Sera-Josef, and J. J. Laviola, "Field of View Effect on Distance Perception in Virtual Reality," in *Proceeding of the 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, pp. 542-543, Apr. 2021.
- [11] R. L. Hornsey, P. B. Hibbard, and P. Scarfe, "Size and shape constancy in consumer virtual reality," *Behavior Research Methods*, vol. 52, pp. 1587-1598, May. 2020.
- [12] I. P. Howard, "Perceiving in Depth," *Oxford Univ. Express*, vol. 3, pp. 125-136, 2012.
- [13] E. Kruijff, J. E. Swan, and S. Feiner, "Perceptual issues in augmented reality revisited," in *Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 3-12, 2010.
- [14] J. Y. Kim and V. Interrante, "Dwarf or Giant: The Influence of Interpupillary Distance and Eye Height on Size Perception in Virtual Environments," in *Proceedings of International Conference on AR and Telexistence and Eurographics Symposium on VE*, pp. 153-160, 2017.
- [15] N. Ogawa, T. Narumi, and M. Hirose, "Object Size Perception in Immersive Virtual Reality: Avatar Realism Affects the Way We Perceive," in *Proceedings of 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, pp. 647-648, 2018.
- [16] K. S. Shin, H. W. Kim, J. G. Lee, and D. S. Jo, "Exploring the Effects of Scale and Color Differences on Users' Perception for Everyday Mixed Reality (MR) Experience: Toward Comparative Analysis Using MR Devices," *Electronics*, vol. 9, no. 10, 2020.
- [17] Y. J. Kim, "Comparison of the Size of objects in the Virtual Reality Space and real space," *Cartoon and Animation Studies*, pp. 383-398, Dec. 2017.
- [18] J. H. Park and E. Y. Choi, "Study on Influence of VR Visual Cognitive Factors on VR Contents cognition and Presence," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 7, pp. 985-992, Jul. 2018.



김남규(Nam-Gyu Kim)

1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 학사  
 1998년 2월 : 포항공과대학교 전자계산학과  
 공학석사  
 2005년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과  
 공학박사  
 2006년 9월 ~ 2009년 8월 : KT 중앙연구소  
 선임연구원  
 2009년 3월 ~ 현재 : 동의대학교 응용소프트웨어  
 공학전공 부교수  
 ※관심분야 : 가상현실, 증강현실, HCI, 컴퓨터비전