

# 몰입 가상현실 환경에서 겹쳐진 가상객체들의 효율적인 선택을 위한 펼침 시각화를 통한 객체 선택 방법

## Explosion Casting: An Efficient Selection Method for Overlapped Virtual Objects in Immersive Virtual Environments

오주영\*, 이준\*\*

과학기술연합대학원대학교 KIST 스쿨 HCI 및 로봇공학\*, 호서대학교 컴퓨터 정보 공학부\*\*

JuYoung Oh(dhwndud407@gmail.com)\*, Jun Lee(junlee@hoseo.edu)\*\*

### 요약

몰입 가상현실 환경에서 가상 객체들을 선택하고 조작하기 위해서는 사용자가 원하는 가상 객체를 빠르고 정확하게 선택할 수 있어야 한다. 가상현실에서 객체 선택을 위한 가장 알려진 접근 방법은 Ray-casting 방법이다. Ray-casting은 가상현실 환경에서 사용자의 손이나 시야 방향에서 직선으로 이동하는 가상의 선을 발사하고, 이 가상의 선이 발사되는 과정에서 충돌되는 가상 객체를 사용자가 선택할 수 있게 해주는 방법이다. 하지만, 가상 객체들이 겹쳐져 있는 상황에서는 사용자가 원하는 객체가 아닌 다른 객체들이 선택 될 수 있는 모호성 문제가 발생하게 된다. 이러한 방법을 해결하기 위해서 본 논문에서는 겹쳐진 가상 객체들 중 사용자가 원하는 객체를 선택하고자 하는 경우, 사용자가 겹쳐진 객체들의 그룹을 먼저 선택하게 한 후에 이 겹쳐진 객체들이 가지고 있는 기하학적인 연관관계를 계산하고 이를 사용자의 시점에서 겹쳐지지 않게 펼쳐서 시각화를 하는 Explosion-casting 방법을 제안한다. 제안한 방법의 평가를 위해서 기존의 Ray-casting 방법과 비교를 하였을 때, 겹쳐져 있는 가상 객체를 선택할 때 걸리는 속도와 정확도가 증가하는 결과를 보여주었다.

■ 중심어 : | 가상현실 | 3차원 객체선택 | 레이캐스팅 | 겹쳐진 객체 | 가상객체 |

### Abstract

To interact with a virtual object in immersive virtual environment, the target object should be selected quickly and accurately. Conventional 3D ray casting method using a direction of user's hand or head allows the user to select an object quickly. However, accuracy problem occurs when selecting an object using conventional methods among occlusion of objects. In this paper, we propose a region of interest based selection method that enables to select an object among occlusion of objects using a combination of gaze tracking and hand gesture recognition. When a user looks at a group of occlusion of objects, the proposed method recognizes user's gaze input, and then region of interest is set by gaze input. If the user wants to select an object among them, the user gives an activation hand gesture. Then, the proposed system relocates and visualizes all objects on a virtual active window. The user can select an object by a selecting hand gesture. Our experiment verified that the user can select an object correctly and accurately.

■ keyword : | Virtual Environment | Selection | Ray-casting | Occlusion | Virtual Object |

\* 이 논문은 2017년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(2017-0084)

접수일자 : 2017년 10월 30일

심사완료일 : 2017년 12월 28일

수정일자 : 2017년 12월 28일

교신저자 : 이준, e-mail : junlee@hoseo.edu

## I. 서론

몰입 가상 환경이란 컴퓨터상의 가상공간의 가상 객체들과 인간의 다양한 감각들이 서로 상호 작용할 수 있는 공간을 의미한다. 최근 몰입 가상 환경을 제공해주는 Head Mounted Display (HMD) 디바이스들이 보급되고, 이러한 디바이스들에 따른 가상현실 윈도우, 가상현실 기반의 3D CAD 시스템, 가상현실 기반의 3D 블록 쌓기 게임들과 같은 다양한 애플리케이션들이 발표 되면서 사용자가 몰입 가상 환경에서 여러 가상 객체들과 빠르고 정확하게 상호작용하는 방법이 중요하 이슈가 되고 있다.

몰입 가상 환경에서 가상 객체와 상호작용하기 위해서는 사용자가 상호작용하려는 가상 객체를 정확하게 선택할 수 있어야 한다. 가상현실에서 객체를 선택할 수 있는 방법들 중 가장 많이 사용 되는 방법은 Ray-casting 이라는 방법이 있다[1]. 이 방법은 사용자의 시점에서 가상의 선분을 발사하여 이 선분에 들어오는 객체를 사용자가 손동작이나 버튼을 클릭하여 선택하는 방법으로 가상의 객체를 쉽고 빠르게 선택할 수 있다. 이러한 장점 때문에 몰입 가상 환경에서 널리 사용되고 있다.

한편, 겹쳐진 가상 객체들 중 원하는 객체를 사용자가 선택 하는 경우에는 사용자가 원하는 가상의 객체를 한번의 Ray-casting으로 선택할 수 없기 때문에 여러 번의 선택 작업을 반복해야 하는 Ray-casting의 모호성 문제가 발생한다[1][2]. 이를 해결하기 위해서 다양한 방법들이 제안되었다. 선분을 발사하는 위치를 2개로 늘려서 사용자의 시선과 손에서 발사되는 선분들을 일치시키는 방법[3], 선분에 겹쳐진 가상 객체들을 사용자로부터 가장 가까운 객체로부터 가장 멀리 있는 객체 까지 선택할 수 있는 방법[4], 가려지는 가상 객체의 뒤에 있는 객체를 선택하고자 하는 경우, 선분이 일직선이 아니라 곡선이 되어서 휘어지는 방법이 있다[5]. 하지만 이러한 경우 사용자의 시점에서 겹쳐지는 가상 객체들의 수가 많은 경우 사용자가 원하는 객체를 선택하는데 실수를 많이 겪는다는 특징을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 관심영역을 만들고 해당 영역에 들어오는 객체들의 정보를 다시 프록시 형태로 시각화를 하여 사용자가 원하는 객체를 선택하는 방법

이 제안 되었다[7-9]. 하지만 이러한 접근 방법은 객체들이 재배치가 되기 때문에 비슷하고 유사한 객체들이 많은 경우에는 사용자가 원래 선택하려고 하는 객체를 찾기가 어려운 문제가 발생한다.

본 논문에서 제안하는 방법은 몰입 가상현실에서 겹쳐진 가상 객체들을 사용자가 공간감을 유지하면서 가상 객체들을 선택할 수 있도록 해주는 방법이다. 제안한 방법은 사용자가 장착한 HMD 의 헤드트래킹을 통해서 얻어진 정보를 바탕으로 사용자가 바라보는 시야 정면에 하나의 객체 선택을 지원하는 것이 아니라 겹쳐진 가상 객체들을 선택할 수 있는 원형의 커서를 제공하고 이 원형의 커서에 들어온 가상객체들 중 사용자가 원하는 객체를 선택할 수 있게 해주는 방법이다. 사용자가 보고 있는 원형 커서에 겹쳐진 가상 객체들이 들어오게 되면, 이 범위에 들어온 가상객체들은 먼저 자신들이 가지고 있는 공간적 연관관계를 계산하게 된다. 공간적인 연관관계란 겹쳐져 있는 가상 객체들끼리 상호간에 어떻게 연결 되어 있고, 어떤 상대적인 위치에 존재하는 지를 의미한다. 이 공간적인 연관관계에 기반을 두어 본 논문에서는 사용자에게 원래의 가상 객체들이 공간적인 연관성이 깨지지 않으면서도 이들을 재배치하여 펼쳐주는 시각화 방법을 제공한다. 사용자의 시야에서 겹쳐진 가상 객체들이 모두 펼쳐져서 겹쳐지지 않으면서도 공간감을 유지하는 상태로 보이기 때문에, 사용자는 손을 사용하여 원하는 객체를 잡아서 선택할 수 있다. 겹쳐진 가상 객체들의 수가 많거나 크기가 크거나 혹은 작은 경우에는 사용자는 또한 겹쳐진 가상 객체를 선택하는 원형 커서의 크기를 조절하여 선택하고자 하는 객체의 범위를 조절할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 가상현실에서 객체 선택을 위한 연구 방법들에 대해서 알아본다. 그리고 3장에서는 가상현실 환경에서 겹쳐진 가상 객체들에 대한 펼침 시각화를 통한 객체 선택 방법에 대해서 논한다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 시스템을 사용하여 3D 객체들을 선택하는 실험을 하는 경우에 기존의 Ray-casting 방법과 성능을 비교 평가하였다. 5장에서는 본 논문의 한계 및 향후 논의되어야 할 내용을 다룬다.

## II. 관련 연구

Ray-casting 방법은 가상 객체를 선택하기 위해서 사용자의 시점 등에서 가상의 선분을 발사하여 이 가상의 선분이 가상의 각체와 충돌이 이루어지면 해당 가상 객체를 선택할 수 있게 해주는 방법으로써 가상현실 애플리케이션에서 사용자들이 3차원 가상 객체들과 상호작용하기 위해서 오랫동안 사용된 기술이다[1][2].

Ray-casting으로 가상현실 환경에서 원하는 객체를 선택하기 위해서 사용자는 Wand 인터페이스와 같은 인터페이스를 사용하여 Ray의 방향을 조절 하며, 가상 객체가 선택이 된 다음에는 버튼을 클릭해서 객체를 선택할 수 있다. 하지만 Ray-casting 을 사용하여 객체를 선택하는 경우 3D 객체들이 여러 가상 객체들과 겹쳐 있는 상황에서는 입력된 인터페이스의 인식률에 따라서 ray가 떨리는 jitter 현상 등에 의해서 사용자가 원하는 객체가 잘 선택이 되지 않는 단점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 Ray-casting에서 방향과 위치들을 조절하여 겹쳐져 있는 객체들의 선택 문제를 해결하려는 시도들이 제공 되었다. 사용자가 Ray를 발사하는 인터페이스들을 다양하게 구성해서 가상 객체를 선택하는 방법으로 Wand Interface를 사용하는 방법[6] 들 및 사용자의 손을 사용하는 방법 [9][10], 및 사용자의 머리에서 발생하는 방법을 사용하였다[1][2]. 다른 방법으로는 사용자의 머리와 손에서 각각 Ray들을 발사하여 Ray가 겹치는 경우에만 가상 객체를 선택 해주는 방법들이 제안 되었다[3]. 다른 방법으로는 사용자의 양손에서 각각 Ray를 발사하여 겹치는 부분에 객체를 선택하는 방법들이 제안 되어 기존의 Ray-casting에 비해서 겹쳐진 객체 선택에 관한 성능 저하를 어느 정도 해결을 해주었지만, 사용자가 2개 이상의 감각기관을 사용하여 객체 선택하기 때문에 사용자가 원하는 객체 선택을 위해서 추가적인 학습 및 사용자의 노력이 많이 든다는 단점이 존재한다.

Ray에 겹쳐진 가상 객체들을 사용자로부터 가장 가까운 객체로부터 가장 멀리 있는 객체까지 선택할 수 있는 방법[3], 가려지는 가상 객체의 뒤에 있는 객체를 선택하고자 하는 경우, Ray가 일직선이 아니라 곡선이

되어서 휘어지는 방법이 있다[5]. 하지만 이러한 경우 사용자의 시점에서 겹쳐지는 가상 객체들의 수가 많은 경우 사용자가 원하는 객체를 선택하는데 실수를 많이 겪는다는 특징을 가지고 있다.

겹쳐진 객체들을 선택하는 문제를 해결하기 위한 다른 방법으로 Ray 의 모양을 변경하는 것이다. 전통적인 ray는 선분이기 때문에 하나의 객체만을 선택 가능 하지만, ray를 cone 형태로 변경한다면 다수의 객체들을 선택이 가능 하다[7]. Cone을 사용하여 다수의 객체들이 선택이 되면, 여기서 사용자가 원하는 객체들을 다시 선택할 수 있기 때문에 선분을 사용하는 경우보다 사용자가 원하는 객체를 선택할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 이러한 접근 방법은 객체들이 재배치 되기 때문에 비슷하고 유사한 객체들이 많은 경우에는 사용자가 원래 선택하려고 하는 객체를 찾기가 어려운 문제가 발생한다.

## III. 제안하는 방법

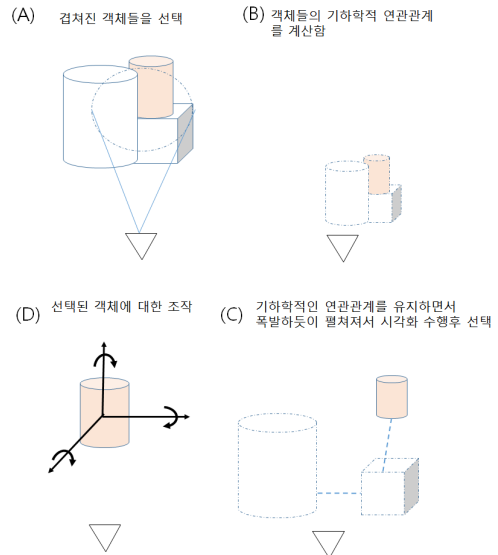


그림 1. 제안하는 겹쳐진 가상 객체 선택 방법 (A) 겹쳐져 있는 가상 객체들 중 사용자가 선택할 객체를 선택 (B) 선택된 객체들간의 기하학적인 연관관계를 계산 (C) 기하학적인 연관관계를 바탕으로 폭발하듯이 펼쳐서 시각화를 수행 (D) 선택된 객체에 대해서 조작

[그림 1]과 같이 본 논문에서 제안한 객체 선택 방법은 사용자가 원하는 객체를 선택하는 과정에서부터 시작 한다. HMD에서 제공하는 헤드 트래킹 정보를 활용하여 사용자가 주시하고 있는 시점에 여러 객체를 선택할 수 있는 원형의 영역커서를 만들고, 이 원의 영역에 들어온 겹쳐져 있는 가상 객체들을 [그림 1(A)]와 같이 선택한다. 이때 선택된 객체들은 [그림 1(B)]와 같이 객체들의 기하학적인 연관관계를 계산한다. 이때 겹쳐진 가상 객체들의 중심점을 계산한 뒤, 이 중심점에서 가상 객체들의 거리 및 방향 정보를 계산하여 공간적인 연관관계로 저장한다. 이후 저장된 정보를 바탕으로 [그림 1(C)]와 같이 겹쳐진 가상 객체들이 폭발 하듯이 펼쳐져서 시각화가 이루어진다. 이때 제안하는 시스템에서는 사용자의 시점에서 펼쳐지는 객체들이 겹쳐지지 않도록 해주고 사용자가 선을 사용하여 가상 객체를 잡아서 선택 할 수 있다. 이후 선택된 객체를 [그림 1(D)]와 같이 사용자가 조작할 수 있다. 이러한 객체 선택에 대한 프로세스는 [그림 2]와 같다.

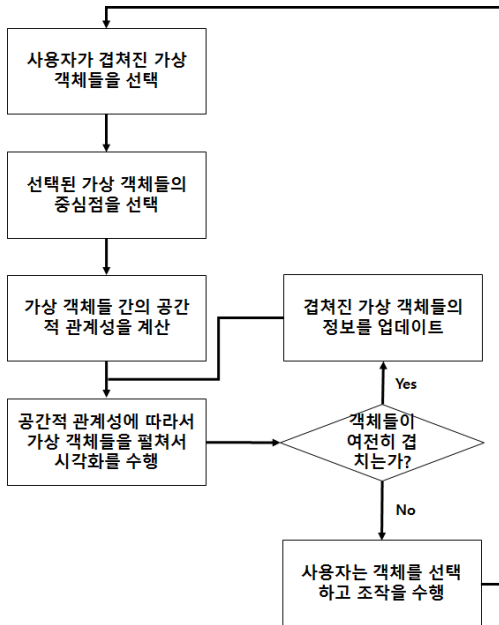


그림 2. 겹쳐진 객체 선택 프로세스

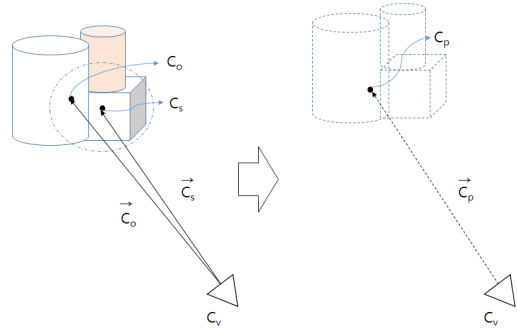


그림 3. 선택된 겹쳐진 객체들의 중심점을 찾는 과정

[그림 3]은 본 논문에서 제안한 Explosion-cast를 사용하여 겹쳐진 가상 객체들을 선택하는 경우에 중심점을 찾는 과정을 보여주는 예이다. 사용자가 원하는 객체들을 선택하면, 선택된 객체들의 중심점인  $C_p$  를 계산한다. 이를 계산하기 위해서 수식 (1)에 나온 것과 같이 객체들의 중심점인  $C_o$  와 객체를 선택하기 위해 사용한 구의 중심인  $C_s$  에 대한 내적을 수행하고 이 값에 다시 사용자가 보는 시점의 중심인  $C_v$  의 차이만큼 이동하게 되면 선택된 객체들이 사용자에게 시각화된 중심점인  $C_p$ 를 구할 수 있다. 중심점을 구하는 이유는 explosion 알고리즘을 사용하여 겹쳐져 있는 가상객체들을 펼쳐서 시각화를 하는 경우 원래 겹쳐져 있던 가상 객체들의 공간적인 연관관계를 유지할 수 있기 때문이다.

$$\vec{C}_O = C_O - C_V \tag{1}$$

$$\vec{C}_S = C_S - C_V$$

$$\vec{C}_P = (\vec{C}_O \cdot \vec{C}_S) \times \left( \frac{\vec{C}_S}{\|\vec{C}_S\|} \right)$$

$$C_P = \vec{C}_P + C_V$$

$C_O$  is centerpoint of objects

$C_S$  is centerpoint of sphere

$C_V$  is centerpoint of view

$C_P$  is centerpoint of proxy

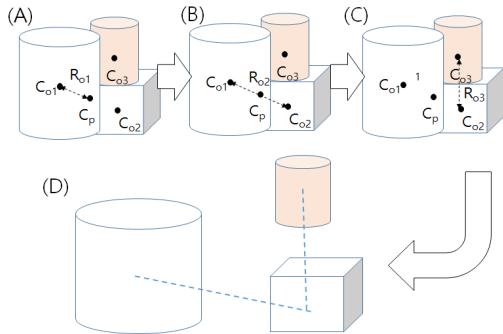


그림 4. 객체들과의 공간적인 관계성을 계산하고 시각화 하는 과정

이후, 선택된 가상 객체들의 중심점을 구한 다음에는 이 중심점을 기준으로 가상 객체들의 공간적 연관관계들을 계산한다. 공간적 연관관계를 계산 할 때는 선택된 가상 객체들의 중심점에서 가장 가까운 객체를 선택한 후에 중심점과 이 가상 객체사이의 거리 및 방향을 계산한다. 이다음에는 계산된 가상 객체와 가장 가까운 객체를 선택하여 계산된 가상 객체와 새로운 객체간의 연관관계의 계산을 차례로 수행한다. [그림 4]는 이러한 공간들의 연관관계를 계산하는 예이다. 선택된 가상 객체들의 중심점  $C_p$  와 [그림 4]의 (A)에 해당하는 객체의 중심점  $C_{o1}$  간의 떨어진 거리와 방향을 계산한다. 다음 단계로는 [그림 4]의 (B)에 해당하는 과정으로 첫 번째 객체  $C_{o1}$  과 두 번째 객체  $C_{o2}$  와 떨어진 거리 및 방향을 계산한다. 이후에는 두 번째 객체  $C_{o2}$  와 세 번째 객체  $C_{o3}$  의 떨어진 거리 및 방향을 계산한다. 이렇게 객체들간의 거리와 방향 정보들을 포함하는 연관관계가 만들어지면, [그림 4(D)]와 같이 이 방향과 거리 비율을 유지하면서 겹쳐져 있던 세 개의 객체들이 폭발하면서 펼쳐지는 형태로 시각화가 가능하다.

[그림 5]는 본 논문에서 제안된 선택 방법을 사용하는 예제이다. 위의 그림은 사용자가 시야에 해당하는 원을 사용하여 겹쳐진 가상 객체들을 선택하는 모습이며, 아래의 그림은 선택된 가상 객체들의 공간적 연관관계들에 기반을 두어 폭발하면서 펼쳐지는 시각화를 하는 모습이다. 이 상태에서 사용자는 자신이 선택하고자 하는 프록시를 대상으로 가상 손으로 잡는 동작을 통해서 객체를 선택할 수 있다.

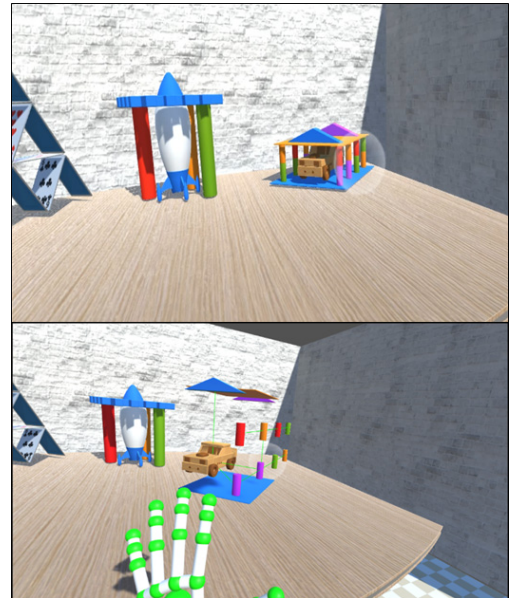


그림 5. 가상현실에서 겹쳐져 있는 가상 객체를 선택하는 장면 (A) 원으로 만들어진 선택 영역으로 가상 객체 선택 (B) 가상 객체들의 공간적인 연관성예의해 펼침 시각화가 이루어진 장면

#### IV. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 방법은 겹쳐져 있는 가상 객체들을 선택하는 과정에서 걸리는 평균 작업 시간 및 평균 선택횟수를 정량적으로 평가 하였다. 본 논문에서 제안한 방법의 우수성을 비교하기 위해서 Raycasting 기반의 방법[1]과 객체선택을 할 때 주변 객체들을 작은 미니어치의 형태로 표현해서 선택하는 방법 (WIM[3][9][10])과 비교 평가를 수행 하였다. 실험 환경 및 구체적인 테스트들은 다음과 같다.

실험 환경 - 실험 환경은 LeapMotion 카메라를 장착한 Oculus Rift DK2를 착용한 몰입 가상현실 환경에서 이루어 졌고, 사용자들은 앉은 상태에서 객체 선택 실험을 수행 하였다. 실험에 사용된 컴퓨터의 성능은 인텔 i5 4690 CPU, 16GB RAM 및 nVidia GTX 970 그래픽 카드를 장착 하였다.

실험 참여자 - 20대에서 30대에 이르는 12명의 참여

자들 (4명의 여성 참여자들 포함)이 실험에 참가하였다. 이들은 본 실험 전에 HMD를 사용한 몰입 가상현실 환경에 경험이 없는 자들로 선별 하였다. 본 실험에서는 사용자들의 학습효과를 피하기 위해서 세 그룹으로 나누었다.

실험 태스크 - 실험 태스크는 실험 참여자들에게 총 70여개의 겹쳐진 객체 들이 있는 몰입 가상현실에서 랜덤으로 15개의 객체들을 선택하게 하였으며, 동일한 실험을 각각 Ray-casting을 사용하여 선택하는 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 객체를 선택하는 방법을 비교 하도록 하였다. 사용자가 한 객체를 선택하게 되면 다음의 선택할 객체가 랜덤하게 나오게 되고 한 객체를 선택하는 과정에서 원하는 객체 선택이 되지 않고 오류가 나는 경우에는 선택 횟수가 증가하고 다시 선택 태스크를 진행 하도록 하였으며, 한 객체를 올바르게 선택하기에 이르는 시간을 측정 하였다. 이때 12 명의 실험 사용자들은 실험 과정에 대한 학습 효과를 피하기 위해 다음의 [표 1]과 같이 세 개의 그룹으로 나누어서 겹쳐진 객체를 선택하는 순서들을 다르게 해서 실험을 진행 하였다.

표 1. 실험 그룹에 따른 실험 순서

실험 그룹	실험 순서
P1	Ray-casting→WIM→Our
P2	WIM→Our→Ray-casting
P3	Our→Ray-casting→WIM



그림 6. 본 논문에서 제안한 Explosion-Casting 을 사용하여 실험을 하는 장면

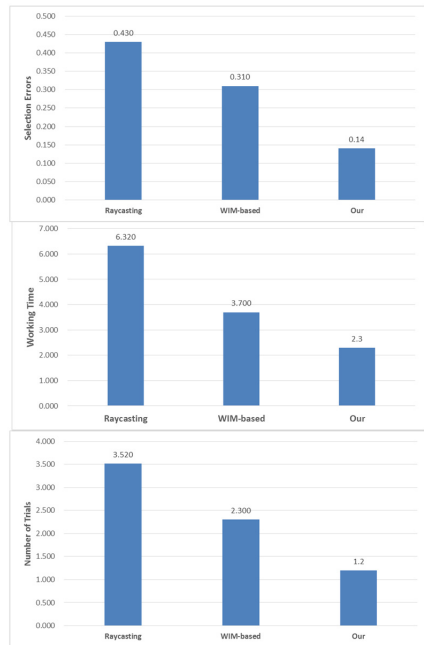


그림 7. 실험 결과 (A) 선택시 발생한 평균 에러 (B) 평균 선택 시간(초) (C) 평균 선택 시도 횟수

다음의 [그림 6]은 실험에 참여한 여성 참여자가 본 논문에서 제안한 방법으로 객체를 선택하는 장면이다. 실험 결과는 작업 수행 결과는 다음의 [그림 7]과 같다. [그림 7(A)]에 따른 평균 에러 횟수 결과를 분석 하면, 일반적인 Ray casting 방법의 경우 겹쳐진 가상 객체들을 선택하는 과정에서 원하는 객체가 선택이 되지 않아 다시 객체를 선택하는 과정을 반복하면서 에러횟수가 증가 되었다. 객체들을 작은 미니어처 형태로 표현하는 방법의 경우 Ray-casting 방법 보다는 실수가 작게 나왔지만, 특정 상황에서는 객체들 간의 공간적인 연관관계를 잃어버리기 때문에 사용자가 다시 객체를 선택해야 하는 상황이 발생 하였다. 본 논문에서 제안한 객체 선택 방법을 사용하는 경우 평균 선택 에러가 14% 가량 나와서 다른 두 개의 방법 보다 훨씬 더 낮은 것을 알 수 있었다. 특히 공간적인 연관관계에 의해서 가상 객체들을 시각화 하는 것이 겹쳐져 있는 가상 객체를 선택 할 때 좋았다는 평가를 받았다. [그림 7(B)]의 평균 선택 횟수 역시 이러한 에러 횟수에 영향을 받아서 Ray-casting 방법이 가장 많이 발생하고, 본 논문에서

제한한 방법이 가장 낮은 횡수를 보여준다. 원하는 객체를 선택하는데 걸리는 시간 역시 [그림 7(C)]에서 같이 본 논문에서 제안한 방법이 가장 빠른 시간에 객체를 선택 할 수 있다.

[표 2]는 실험 결과에 대한 ANOVA 테스트 결과를 보여준다. 결과에 따르면 실험 평가에 사용된 평균 에러 횡수, 평균 선택 시간, 한 객체를 선택하는데 걸리는 평균 시도들이 통계적으로 유의함을 알 수 있었다. 표에 나온 용어들 중 MS<sub>w</sub>는 제곱 평균 제곱근, F는 그룹들에 대한 분산, SD는 표준편차, P는 ANOVA 계산 확률을 의미하고, P가 α보다 작으면 통계적으로 유의미함을 의미한다.

표 2. ANOVA 실험 결과

Condition	ANOVA's Results( $\alpha = 0.05$ )	Mean & SD results
평균 에러 횡수	F = 169,27, P = 5,95E-20, MSw = 3254,31	Ray-casting (M = 43,57, SD = 31,03), WIM-based (M = 31,5, SD = 17,8) Our (M = 13,28, SD = 8,84)
평균 선택 시간	F = 41,889, P = 1,94E-10, MSw = 49,88	Ray-casting (M = 6,2, SD = 1,38), WIM-based (M = 3,74, SD = 1,3 ), Our (M = 2,5, SD = 0,898 )
평균 시도 횡수	F = 28,51, P = 2,34E-08, MSw = 18,38	Ray-casting (M = 3,57, SD = 1,03), WIM-based (M = 2,29, SD = 0,68 ), Our (M = 1,28, SD = 0,2 )

## V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 몰입 가상현실 환경에서 겹쳐져 있는 가상 객체들 중에서 사용자가 원하는 객체를 빠르고 정확하게 선택할 수 있는 객체 선택 방법을 제안한다. 제안된 방법은 겹쳐져 있는 가상 객체들의 공간적인 연관관계를 계산하여 사용자의 시야에서 겹쳐지지 않으면서도 공간적인 연관관계를 유지하도록 폭발 하듯이 펼쳐져서 시각화하고 사용자가 손으로 객체를 선택할 수 있도록 해준다. 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 Ray-casting 방법이나 공간적인 연관관계를 고려하지

않고 가상 객체들을 배치하여 선택할 수 있게 하는 방법들과 비교해서 빠른 선택 시간 및 낮은 에러 횡수를 제공한다는 장점을 가지고 있다.

향후 연구로는 CAD와 같이 하나의 큰 객체가 많은 수들의 작은 객체들의 조립으로 구성되고, 이 작은 객체들이 겹쳐져 있는 환경에서 원하는 가상 객체들을 쉽게 선택 할 수 있는 방법을 연구하고자 한다. 또한 사용자가 객체를 선택한 후에 거기에 알맞은 객체 조작 방법을 연구하고자 한다. 마지막으로는 본 논문에서 제안된 방법을 증강현실 환경에도 적용하여 다양한 애플리케이션 환경에서 사용하고자 한다.

## 참고 문헌

- [1] F. Argelaguet and C. Andujar, "A survey of 3D object selection techniques for virtual environments," *Computers & Graphics*, Vol.37 No.3. pp.121-136, 2013.
- [2] A. Steed and C. Parker, "3D selection strategies for head tracked and non-head tracked operation of spatially immersive displays," In 8th International Immersive Projection Technology Workshop, pp.13-14, 2004.
- [3] R. Kopper, F. Bacim, and D. A. Bowman, "Rapid and Accurate 3D Selection by Progressive Refinement," *IEEE 3DUI 2011*, pp.67-74, 2011.
- [4] F. Argelaguet and C. Andujar, "Efficient 3D pointing selection in cluttered virtual environments," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.29 No.6 pp.34-43, 2009.
- [5] A. Olwal and S. Feiner, "The Flexible Pointer: An Interaction Technique for Selection in Augmented and Virtual Reality," *ACM UIST 2003*, pp.82-82, 2003.
- [6] J. D. Hincapie Ramos, K. Ozacar, P. P. Irani, and Y. Kitamura, "GyroWand: IMU-based Raycasting for Augmented Reality Head-Mounted Displays," *ACM SUI 2015* pp.89-98, 2015.

[7] J. Liang and M. Green, "Jdcad: A highly interactive 3D modeling system. In 3rd International Conference on CAD and Computer Graphics," pp.217-222, 1993.

[8] L. Vanacken, T. Grossman, and K. Coninx, "Exploring the effects of environment density and target visibility on object selection in 3D virtual environments," 3D User Interfaces, pp.117-124, 2007.

[9] 오주영, 이준, 허환, 이중호, 박지형, "시선추적과 손동작 인식을 이용한 겹쳐진 가상 객체 선택 방법," 2016 한국 HCI 학술대회, 2016.

[10] J. Lee, J. H. Park, J. Y. Oh, and J. H. Lee, "Fast and Accurate 3D Selection using Proxy with Spatial Relationship for Immersive Virtual Environments," 2016 Symposium on Spatial User Interaction, p.209, 2016.

이준(Jun Lee)

정회원



- 2004년 2월 : 건국대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
  - 2006년 2월 : 건국대학교 컴퓨터 정보통신학과(공학석사)
  - 2012년 2월 : 건국대학교 신기술 융합학과 iTT 전공(공학박사)
  - 2012년 3월 ~ 2013년 7월 : 건국대학교 유비쿼터스 정보 기술 연구원 박사후연구원
  - 2013년 7월 ~ 2015년 3월 : 싱가포르 Nanyang Technological University, Institute for Media Innovation, Research Fellow
  - 2015년 4월 ~ 2017년 2월 : 한국 과학기술 연구원, 로봇 연구단 위촉 연구원
  - 2017년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 게임 콘텐츠 트랙 조교수
- <관심분야> : 협업 가상환경, 인간-컴퓨터 상호작용

저자 소개

오주영(JuYoung Oh)

준회원



- 2014년 2월 : 고려대학교 전자 및 전자공학과(공학사)
- 2014년 ~ 2015년 : 릴리 C&C 인턴
- 2015년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 나노-정보 융합

전공 HCI 및 로봇공학 석박사 통합과정

<관심분야> : 인간-컴퓨터 상호작용, 가상현실, 기계 학습