

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제26권 제6호, 2021년 11월 (JBE Vol.26, No.6, November 2021)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2021.26.6.704>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

VR 환경에서 가상 객체 선택 상호작용 개선을 위한 사용자 의도 반영 방법

김 찬 희^{a)}, 남 현 길^{a)}, 박 중 일^{a)†}

How to Reflect User's Intention to Improve Virtual Object Selection Task in VR

Chanhee Kim^{a)}, Hyeongil Nam^{a)}, and Jong-Il Park^{a)†}

요 약

본 연구는 사전에 VR(virtual reality) 콘텐츠 상황을 인지하고 활용함으로써 파악된 사용자의 의도와 사용자의 손과 해당 객체와의 기하학적 관계를 모두 고려하여, 선택될 가상 객체의 우선순위를 부여하는 방법을 제안한다. VR 콘텐츠에서 가상 객체를 집는 행위는 필수적이면서 가장 많이 사용되는 상호작용이다. VR 환경에서 가상 객체가 서로 가까이 위치해 있을 때, 사용자의 의도와 다른 가상 객체가 잡히는 상황이 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 상황에 따라 적절하게 상호작용이 발생하기 위해, 사용자 의도와 사용자의 손과 가상 객체와의 거리에 각각 다른 가중치를 부여하여 우선순위를 도출하도록 하였다. 가상 객체의 개수와 가상 객체간의 거리 요소가 다양화된 상황에서 해당 방법을 적용하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 가상 객체간의 밀도가 높고 서로간의 거리가 가까울 때, 상황 인지의 가중치 비율을 높여서 상호작용을 발생시켰을 경우 사용자의 만족도가 20.34% 증가하며 제안된 방법의 효과를 입증하였다. 제안된 방법이 사용자의 의도를 반영할 수 있는 상호작용 기술 향상에 이바지할 것으로 기대한다.

Abstract

This paper proposes a method to prioritize the virtual objects to be selected, considering both the user's hand and the geometric relationship with the virtual objects and the user's intention which is recognized in advance. Picking up virtual objects in VR content is an essential and most commonly used interaction. When virtual objects are located close to each other in VR, a situation occurs in which virtual objects that are different from the user's intention are selected. To address this issue, this paper provides different weights for user intentions and distance between user's hand and virtual objects to derive priorities in order to generate interactions appropriately according to the situation. We conducted the experiment in the situation where the number of virtual objects and the distance between virtual objects are diversified. Experiments demonstrate the effectiveness of the proposed method when the density between virtual objects is high and the distance between each other is close, user satisfaction increases to 20.34% by increasing the weight ratio of the situation awareness. We expect the proposed method to contribute to improving interaction skills that can reflect users' intentions.

Keyword : virtual reality, HCI, virtual object selection, user intention, context awareness

Copyright © 2021 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.

“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

1. 서론

코로나19의 장기화로 인해 VR(Virtual Reality) 시장이 빠르게 확산되어가며 VR 콘텐츠가 많아지고 있다. VR은 가상세계를 만들고 그 속에서 시뮬레이션 할 수 있는 시스템이다. 시각, 청각, 촉각, 지각과 관련된 다양한 형태의 상호작용을 생성하여 사용자에게 몰입적인 경험을 제공한다^{1,2}. 이로 인해 대면으로 진행하던 활동을 비대면으로 대신할 수 있는 가상 환경의 필요성이 증가하고 있는 추세이다^{3,4}. VR 콘텐츠가 게임뿐만 아니라 의료, 교육, 제조업 등 여러 분야에서 활용되어 개발되며 다양한 기능을 수행하기 위해서는 VR 환경 속에서 가상 객체와 사용자 간의 상호작용은 필수적인 주요 요소로서 오류 없이 수행되어야 한다^{1,5}.

이전에는 마우스와 키보드로만 상호작용을 하며 2D 모니터를 통해 가상 환경을 접하였지만 기술이 발전함을 통해 HMD(Head Mounted Display)를 머리에 장착하여 몰입형 가상환경 속에서 실제 환경에 있는 것과 같은 효과를 얻을 수 있게 되었다. 이와 동시에 사용자는 HMD를 착용하고 컨트롤러를 이용하여 가상 객체와의 상호작용을 할 수 있다⁶. 손에 글로브를 장착하고 손을 사용하여 상호작용 또한 할 수 있다⁷. 하지만 사용자가 다른 장비를 사용하여 상호작용을 하면 쉽게 피로도가 쌓이고 불편함을 느낄 수 있다. 그뿐만 아니라 자연스러움을 감소시키고 사용자에게 부정적으로 영향을 미칠 수 있다^{1,8}. 장비를 사용하지 않고 사용자의 몸의 일부를 사용할 때 사용자의 손이 가장 적합하게 사용될 수 있다^{7,8}. 손을 이용한 상호작용은 직관적이며 자연스럽고 유연하다¹¹. 사용자가 실제 환경에서 물체와 상호작용하는 방법처럼, 가상 객체와 상호작용을 할

수 있도록 컨트롤러나 글로브와 같은 장비를 사용하지 않고 사용자의 손만으로 상호작용을 발생시키는 기술이 발전하고 있다^{9,10}. 이를 통해 사용자는 이전보다 더 현실감 있는 가상현실을 경험할 수 있게 되었다. 그러나 사용자의 손을 어떠한 장비 없이 직접 사용하면 장비에 구속되지 않아 좀 더 자유롭고 현실감을 높여 줄 수 있지만 실제 환경과의 차이가 존재하여 정교한 상호작용은 어렵다⁵.

음성 기반, 촉각 기반 등 여러 상호작용 중에서 가상 객체를 집을 상호작용은 콘텐츠를 진행하는데 필수적이면서 가장 많이 사용되는 상호작용이다. VR 콘텐츠에서 대중적으로 많이 사용되는 HTC VIVE가 Unreal Engine에 제공하는 기존 가상 객체를 집을 상호작용 방법은 가상 객체와 사용자의 손 간의 거리만을 계산하는 것이다. 사용자가 직접 손으로 엄지와 검지를 붙인 pinch 제스처를 취한 상태에서 가상 객체와 겹쳐져 있는 경우 가상 객체를 집을 수 있는 상호작용을 제공한다. 엄지와 검지에 겹쳐져 있는 가상 객체가 여러 가지 일 경우 거리를 측정하여 가장 가까운 객체를 선택한다. 하지만 거리만을 고려하여 가상 객체를 선택할 경우 여러 객체가 동시에 잡히는 상황이 발생되기도 하며(그림 1 (a)), 사용자의 의도와는 다른 객체가 잡히는 경우도 발생한다(그림 1 (b)). 이로 인해 사용자의 몰입도가 떨어지고 콘텐츠에 대한 사용자의 만족도 또한 낮아질 수 있다¹¹. 이를 방지하기 위해서는 사용자가 가상 객체와 상호작용할 때 사용자의 의도대로 정확하게 선택할 수 있어야 한다.

이전의 연구에서는 콘텐츠의 상황을 인지하여 사전에 제어하고, 해당 상황에 사용되는 가상 객체들에게 더 큰 가중치를 부여하여 정교한 상호작용을 가능하게 하는 방법을 사용하였다¹². 이전의 연구에서는 상황과 가상 객체와 손과의 거리를 고려하는 비율을 극단적으로 1:0과 0:1로 진행하여 사용자의 의도만을 고려하였을 때, 사용자의 만족도가 더 높다는 것을 입증하였다¹². 나아가서 본 논문에서는 가상 객체 간 거리, 선택 가능한 객체의 개수가 다양한 상황에서도 객체를 특정할 수 있도록, 가상 객체와 손과의 거리와 사전에 인지된 상황에 다른 비율로 계산하여 우선순위를 선정하는 방법을 제안한다. 그리고 제안한 방법을 다양한 상황에 적용해보고, 특히나 가상 객체 간의 밀도가 높고 객체 간 거리가 짧을 때, 상황 인지를 사용자의 손에서 가상 객체까지의 거리보다 높게 고려하여 제안한 방법을 이용할

a) 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과(Department of Computer Science, Hanyang University)

‡ Corresponding Author : 박종일(Jong-Il Park)

E-mail: jipark@hanyang.ac.kr

Tel: +82-2-2220-4368

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1000-4067>

※ 이 논문의 연구 결과 중 일부는 한국방송-미디어공학회 “2021년 하계 학술대회”에서 발표한 바 있음.

※ 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019R1A4A1029800).

※ This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (NRF-2019R1A4A1029800).

· Manuscript received September 6, 2021; Revised November 10, 2021; Accepted November 10, 2021.

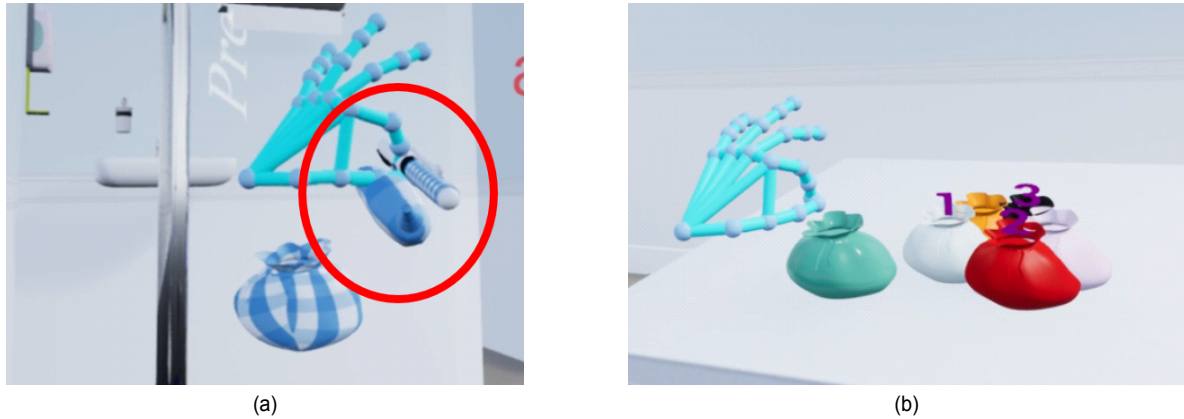


그림 1. (a) 여러 개가 동시에 잡히는 경우 (b) 사용자의 의도(1번 주머니)와 다른 객체가 잡히는 경우
 Fig. 1. (a) When multiple virtual objects are picked up at the same time (b) When a virtual object which is different from the user's intention (pocket 1) is picked up.

때 사용자의 만족도가 높음을 사용자 실험을 통해 확인해 보고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 II에서 가상 객체와의 상호작용에 관한 선행연구를 분석하고, III에서는 상황 인지 기반의 상호작용 방법에 대해 설명한다. 그 다음으로 IV에서는 제안된 방법을 이용하여 실험 및 평가하였으며, 마지막으로 V에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

가상 환경에서 사용자와 겹쳐져 있는 가상 객체 간의 상호작용이 사용자의 의도대로 적용될 수 있도록 많은 방법들을 이용한 해결책이 연구되고 있다. 사용자의 시선을 추적해서 가상 객체를 선택하고^[13,14,15], 겹쳐진 객체들을 펼쳐서 사용자의 시점으로 시각화하는 Explosion-casting 방법을 제안하는 연구도 진행되었다^[16].

1. 시선 추적을 이용한 가상 객체 선택 방법

Oh는 추적한 사용자의 시선과 인식한 손동작을 이용하여 겹쳐있는 가상 객체들을 선택하는 방법을 제안하였다. 추적한 사용자의 시선을 이용하여 사용자의 관심 영역을 설정한다. 설정된 관심 영역에 포함되는 가상 객체들을 새로운 가상 화면 속에 재구성하여 사용자에게 보여준다. 재

구성된 새로운 가상 화면에서 사용자는 손동작을 이용하여 겹쳐져 있는 가상 객체 중 하나를 선택한다^[13].

Ryu는 또한 사용자의 시선과 손동작을 이용하여 여러 가상 객체들이 겹쳐 있을 때 어떤 가상 객체와 상호작용할지 정하는 방법을 제안했다. 사용자의 시선을 나타내는 일직선과 겹치는 가상 객체들을 상호작용할 후보로 설정했다. 그 이후 사용자의 손을 인식한다. 사용자가 손으로 움직이는 제스처를 취하면 엄지와 나머지 손가락과의 거리 중 가장 짧은 거리를 가상 객체와의 크기를 비교할 때 사용하여 후보 중 적절한 가상 객체 한 개를 선택하도록 하였다^[14]. Ryu가 제안한 방법은 객체의 폭을 객체의 크기로 사용한다^[14]. 모양이 복잡한 객체일 경우 객체의 모든 부분이 포함된 가장 작은 상자의 크기를 객체의 크기로 보기 때문에 실제로 사용자가 느끼는 크기가 달라 비교가 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 또한 동일한 폭을 가진 많은 객체가 사용자의 시야를 따라 겹칠 때 제한이 생기는 문제가 발생한다. Ryu가 제안한 방법은 후보 객체들의 폭이 동일하면 후보 객체들 중 사용자와 가장 가까운 객체를 선택하는데 이는 사용자의 의도와 다를 수 있다^[14].

Sidenmark이 제안한 방법에서는 겹쳐져 있는 가상 객체를 집을 때 효율적으로 집을 상호작용을 수행하기 위해 가상 객체 선택 도구를 확장시키는 사용자의 시선을 이용하여 Outline Pursuits를 제안했다^[15]. 컨트롤러 혹은 사용자의 손으로 가상 객체를 가리켜서 상호작용이 적용될 수 있는 객체들의 후보들을 설정하였다. 그 다음 후보로 설정된 객

체들의 윤곽을 추출하여 객체들의 윤곽을 따라가는 지표를 제공한다. 사용자는 상호작용하려는 객체의 윤곽을 시선으로 따라감으로써 의도를 표현한다. 객체의 움직임과 사용자의 시선 위치 상관관계를 기준으로 상호작용할 객체를 선택한다. Sidenmark가 제안된 방법은 객체가 많은 경우 시각적으로 사용자에게 혼란을 줄 수 있다. 그뿐만 아니라 겹쳐져 있는 객체들의 윤곽이 동일할 경우 사용자의 시선을 정확하게 추적해야 하는 어려움이 존재한다^[15].

Oh, Ryu, Sidenmark가 제안하는 방법은 사용자가 선택한 가상 객체에 상호작용을 바로 적용시킬 수 없다는 문제가 있다. 사용자는 가상 객체와 상호작용할 때 한 번 더 가상 객체를 선택해야 하는 순서를 거쳐야 상호작용을 할 수 있다. 이는 사용자의 콘텐츠 진행을 지연시켜 방해하고, 상호작용이 매끄럽게 진행되지 않아 몰입도를 떨어뜨릴 수 있는 문제가 발생한다^[13,14,15]

2. Explosion-casting을 사용한 객체 선택 방법

Oh가 제안한 방법은 겹쳐져 있는 가상 객체들 중 사용자의 의도와 다른 가상 객체가 집히는 모호성을 해결하기 위해 Explosion-casting 방법을 제안했다. 우선 사용자가 겹쳐진 객체들을 선택한다. 선택된 가상 객체들의 기하학적인

연관관계를 계산한다. 계산된 연관관계를 이용하여 가상 객체들이 겹치지 않도록 펼쳐서 사용자에게 보여준다. 그 화면에서 사용자는 선을 사용하여 사용자의 의도에 맞는 객체를 선택할 수 있다^[16]. 오가 제안한 방법 또한 사용자가 의도하는 가상 객체에 바로 상호작용을 할 수 없고 한 번 더 절차를 밟아야 상호작용을 할 수 있다. 여러 번의 상호작용을 필요로 하는 상황에 적용시킨다면 VR 콘텐츠 진행 시간을 지연시킬 수 있다^[16].

Oh, Ryu, Sidenmark, Oh가 제안한 방법은 사용자의 의도를 반영하기 위해 추가적인 절차를 거쳐야만 하므로 콘텐츠 진행이 지연되며 실시간 반응이 어렵다. 이로 인해 사용자가 상호작용을 하면 콘텐츠 진행에 방해가 되지 않으면서 사용자의 의도가 반영된 방법이 필요하다^[13,14,15,16].

III. 상황 인지 기반 상호작용

1. 가상 객체의 상황과 손과의 거리 계산 방법

우선 손과 가상 객체와의 거리를 고려한 비율과 사전에 인지한 상황을 고려할 비율(식(1)의 a)을 정한다. 사용자의

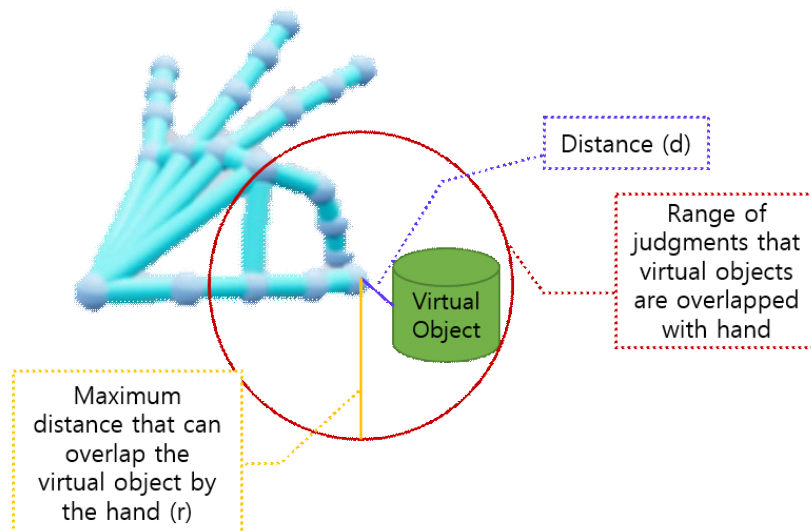


그림 2. 사용자의 손과 가상 객체의 거리 계산 방법
 Fig. 2. The distance calculation method from user's hand to the virtual object

손과 가상 객체가 겹치면 가상 객체와 손과의 거리(식(1)의 d)를 손이 객체에 닿을 수 있는 최대 거리(식(1)의 r)로 나누어 계산한다(그림 2). 다음으로 가상 객체가 사전에 인지된 현재 상황에서 사용되는 객체인지 판단한다. 이때, 사용되는 객체란 현재 콘텐츠를 진행하기 위해 필요한 객체를 말한다. 만약 사용되는 객체라면 식(1)의 c 를 1으로 설정하여 상황을 고려하는 비율만큼 식(1)의 c 에 곱해주고, 사용되지 않는 객체라면 식(1)의 c 를 0으로 설정하여 곱해주어 값을 계산한다. 이 값에 거리가 짧을수록 선택될 확률이 높아야 하기 때문에 계산한 거리의 고려 비율만큼 빠진다. 이러한 수식을 적용한다면 객체 간의 거리에 차이가 크게 없을 때, 상황을 이용하여 선택될 객체를 특정할 수 있게 된다.

$$V = (c \times a) - \left(\frac{d}{r} \times (1 - a) \right) \quad (1)$$

$c = \{0 : \text{not used in recognized situations,}$
 $1 : \text{used in recognized situations}\}$

2. 최대값을 뽑아 우선순위 부여 방법

이 계산을 손과 닿아있는 모든 가상 객체에 반복하여 가장 큰 값(max(V))을 갖고 있는 객체를 집는 상호작용을 할 객체로 설정해 준다.

위 방법들을 결합하여 우선순위를 부여하는 방법의 예시는 다음과 같다. 사용자의 손에 현재 진행 중인 상황에 사용되는 객체 A와 현재 상황에 사용되지 않는 B가 겹쳐져 있다고 가정한다. 이때, A와 손과의 거리(d)를 10, B와 손과의 거리(d)가 8로 거리상으로 B 객체가 손과 더 가까이 존재한다. 상황 인지와 사용자의 손과 가상 객체와의 거리를 0.8:0.2 비율로 고려하고, 손이 객체에 닿을 수 있는 최대 거리(r)를 10이라고 하였을 때 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 계산하면, V_A 의 값은 식(2)를 계산한 값으로 0.6이고, V_B 의 식(3)을 계산한 값으로 -0.16이다. 이때 max(V)의 값은 0.6의 값을 갖고 있는 V_A 로, 현재 상황에 사용되는 가상 객체 A를 선택하여 상호작용을 하게 된다.

$$V_A = (1 \times 0.8) - \left(\frac{10}{10} \times (1 - 0.8) \right) \quad (2)$$

$$V_B = (0 \times 0.8) - \left(\frac{8}{10} \times (1 - 0.8) \right) \quad (3)$$

IV. 제안한 방법의 실험

1. 실험 목적

본 실험의 목적은 VR 환경에서 사용자의 실제 손을 이용하여 가상 객체와 상호작용할 때, 사전에 인지한 상황과 사용자의 손과 가상 객체와의 거리를 각각 얼마큼의 비율로 고려할 때 사용자의 만족도가 가장 높은지 알아보기 위함이다. 사용자가 상호작용하려는 가상 객체와 이외의 객체들과의 위치가 큰 차이가 없는 상황에서는 거리로만 객체를 선택하기 어렵다. 이와 같은 가상 객체 간의 밀도가 높고 서로 가까이 위치해 있는 경우, 상황 인지를 사용자의 손과 가상 객체와의 거리보다 더 높게 고려하여 본 논문에서 제안하는 방법을 적용시켰을 때, 사용자의 만족도가 더 높을 것이라 예상한다. 이와 마찬가지로 거리로만 판단이 충분한 객체들 간의 거리가 멀거나 밀도가 작은 경우, 상황 인지 대 사용자의 손과 가상 객체와의 거리 비율에 상관없이 전체적으로 사용자의 의도대로 상호작용할 것이라 예상한다.

2. 실험 방법

여러 가상 객체들을 공간적으로 다양한 위치에 보여주기 위해, 다음과 같은 상황들로 구분하였다. 가상 객체 간 거리가 일정하도록 원으로 배치할 때(그림 3),

[1] 가상 객체 간 거리가 손이 겹쳤다고 인식하는 범위보다 (1) 길 때 (2) 짧을 때로 상황을 나누었다.

[2] 가상 객체의 개수는 (1) 3개(사전에 인지된 객체 2개 포함) (2) 6개(사전에 인지된 객체 3개 포함)로 상황을 나누었다.

[3] 이 설정에 관하여 상황 인지와 사용자와 가상 객체간의 거리를 여러 경우에서 각 상황(상황 인지를 사용자와 가상 객체와의 거리보다 적게, 동일하게, 많이 고려하는 상황)을 잘 나타내는 비율인 (1) 0.2 : 0.8 (2) 0.5 : 0.5 (3) 0.8 : 0.2로 나누었다.

총 12개의 다른 환경(표 1)에서 특정 가상 객체를 선택하여 상호작용하는 실험을 진행하였다.

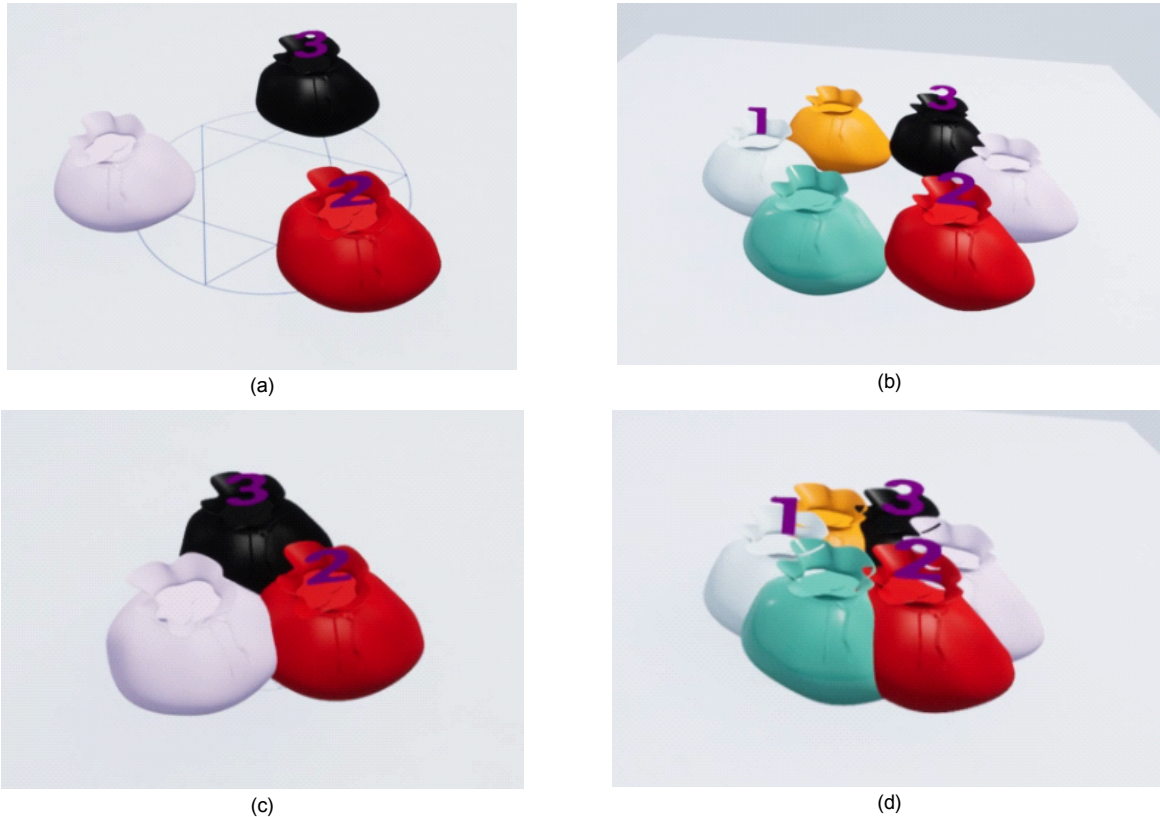


그림 3. (a) 가상 객체 개수가 3개이고, 가상 객체간 거리가 먼 경우 (b) 가상 객체 개수가 6개이고, 가상 객체간 거리가 먼 경우 (c) 가상 객체 개수가 3개이고, 가상 객체간 거리가 가까운 경우 (d) 가상 객체 개수가 6개이고, 가상 객체간 거리가 가까운 경우

Fig. 3. (a) The number of virtual objects is 3 and the distance between virtual objects is far (b) The number of virtual objects is 6 and the distance between virtual objects is far (c) The number of virtual objects is 3 and the distance between virtual objects is near (d) The number of virtual objects is 6 and the distance between virtual objects is near

표 1. 실험 환경

Table 1. Experimental environment

Ratio ($a : 1 - a$)	0.2 : 0.8 (reflect contextual information weakly)				0.5 : 0.5 (reflect contextual information equally)				0.8 : 0.2 (reflect contextual information strongly)			
	Far		Near		Far		Near		Far		Near	
Number	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
Label	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L

3. 실험 환경

실험은 그림 4와 같이 HTC VIVE Pro를 착용하고 Unreal Engine 4.25로 제작된 VR 환경 속에서 실험자가 물 입형 가상현실을 경험할 수 있도록 설정하였다. 또한 사용자의 직접적인 손동작을 입력으로 받기 위해서, HTC

VIVE Pro 장비의 전면부에 부착된 카메라 영상을 받고 VIVE의 Hand Tracking SDK를 이용하여 사용자의 1인칭 시점으로 손 포즈 정보를 획득하도록 하였다. 사용자의 1인칭 시점에서의 손 포즈 중, 일상적으로 물체를 집는 모션과 동일한 상호작용 하는 상황을 가정하기 위해서 가상 객체를 특정할 때에는 그림 5와 같이 pinching 동작을 취하도록 하

였다. 또한 객관적인 비교를 위하여, 여러 개의 가상 객체들 크기와 모양을 동일하게 설정하고 실험을 진행하였다.



그림 4. VR 환경에서 집는 상호작용을 수행하는 모습
Fig. 4. Performing pick-up interactions in VR

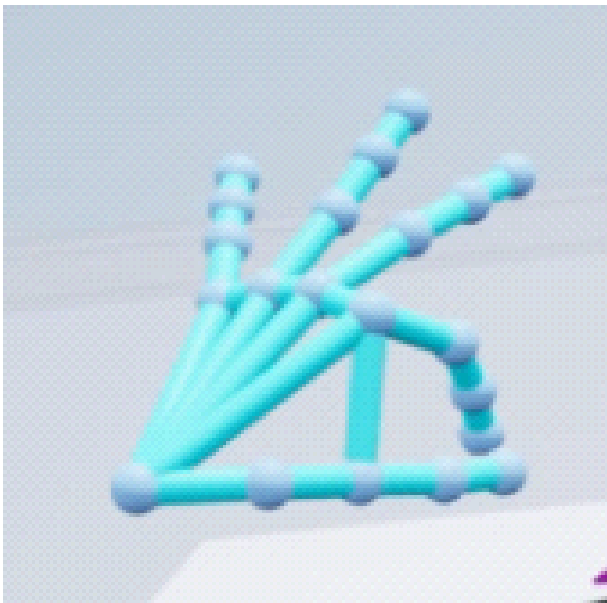


그림 5. Pinching 동작
Fig. 5. Pinching gesture

4. 실험 대상

본 실험에 참여자는 20-30대의 성인 남녀 16명이다. 실험

에 참여하기 전, 사용되는 가상 객체를 집는 pinching 동작을 1시간 이내에 충분한 연습 시간을 가졌다. 또한 가상현실에 오래 노출되어 발생하는 멀미 등을 방지하기 위해, 12개의 개별 실험 중간 사이사이에 4-5회 이상 10분간의 휴식 시간을 가지도록 하였다.

5. 평가 방법

총 16명의 실험 참가자들은 실험 수행 후 상황별로 표 2와 같은 항목에 응답했다. 각기 다른 12개의 상황에 따라 동일한 항목을 질문하였으며, 5점 리커트 척도(5(매우 그렇다), 4(그렇다), 3(보통이다), 2(그렇지 않다), 1(매우 그렇지 않다))로 점수를 매겨 측정하였다. 이를 통해서 본 논문에서 제안한 바와 같이 사전에 인지한 상황과 손으로부터 가상 객체의 거리에 각각 다른 비율을 반영하여 실험에 적용했을 때, 다양한 상황에서 사용자가 느끼는 적절한 상호작용이 이루어졌음을 확인해보고자 하였다.

6. 실험 결과

가상 객체의 개수, 가상 객체 간의 거리를 다양하게 설정한 상황에서 상황 인지와 사용자의 손과 가상 객체와의 거리를 고려한 비율을 다르게 한 실험에 대한 질문(표 1)에 그림 6, 7과 같은 결과가 나왔다.

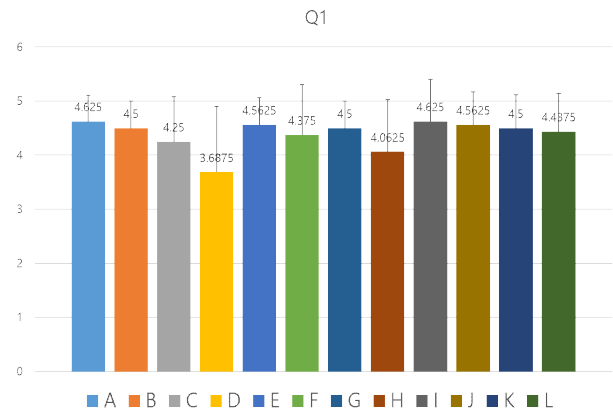


그림 6. 실험 결과 측정 문항(표2) Q1 평균 결과
Fig. 6. Average of Q1 in experiment results measurement questions (Table 2)

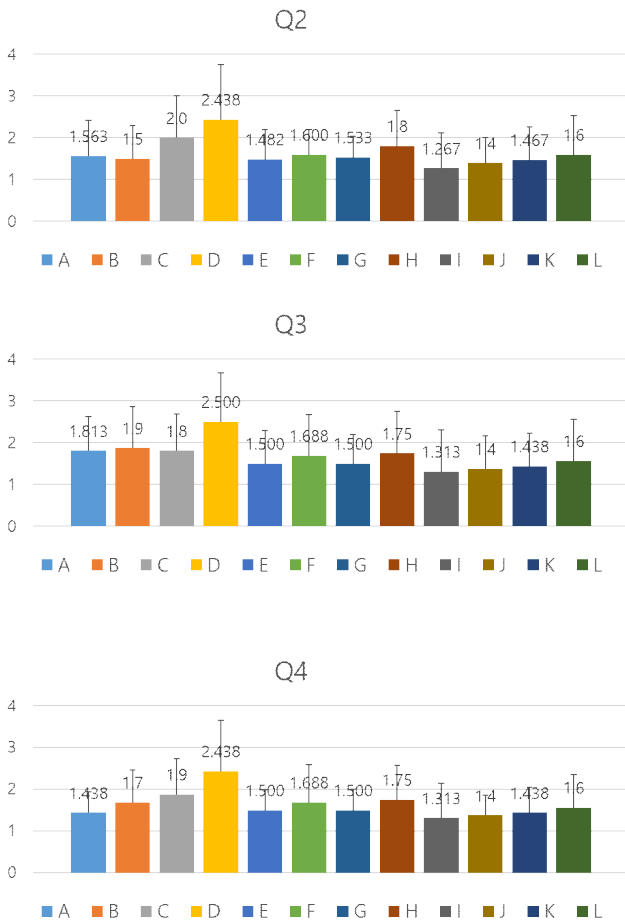


그림 7. 실험 결과 측정 문항(표2) Q2, Q3, Q4 평균 결과
 Fig. 7. Average of Q2, Q3, Q4 in experiment results measurement questions (Table 2)

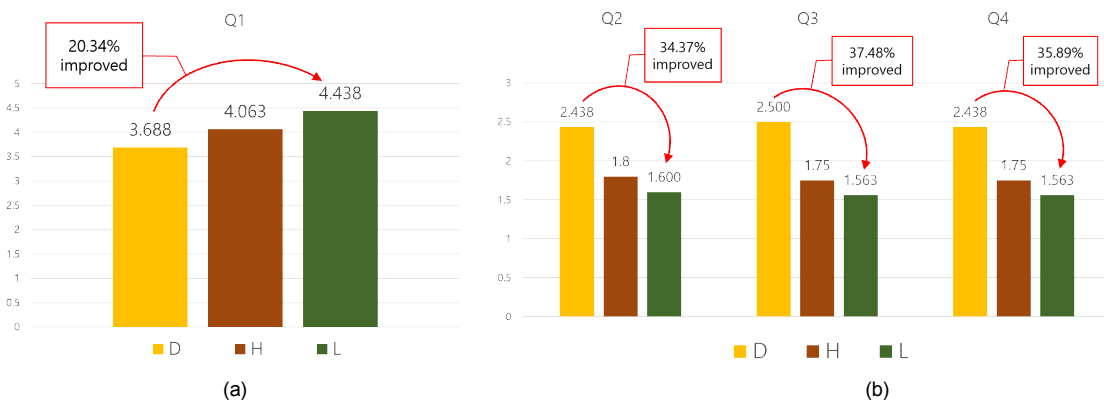


그림 8. (a) 표1 라벨 D,H,L의 실험 결과 측정 문항(표2) Q1 평균 결과 (b) 표1 라벨 D,H,L의 실험 결과 측정 문항(표2) Q2, Q3, Q4 평균 결과
 Fig. 8. (a) Table 1. Label D,H,L's average of Q1 in experiment results measurement questions (Table 2) (b) Table 1. Label D,H,L's average of Q2, Q3, Q4 in experiment results measurement questions (Table 2)

결과 1) 가상 객체 간 밀도가 높고, 거리가 가까울 때, 인지된 상황을 사용자의 손과 가상 객체와의 거리보다 더 많이 고려할 경우 만족도가 더 높았다.

사전에 예상한 가정과 같이 가상 객체 간의 밀도가 높고 거리가 서로 가까이 있는 경우(표 1 라벨 D, H, L), 상황 인지와 사용자와 가상 객체와의 거리를, 0.2:0.8의 비율로 (표1 라벨 D) 고려하였을 때 보다 비율이 0.5:0.5일 때(표 1 라벨 H) 만족도(표 2 Q1)가 10.17%, 0.8:0.2일 때(표 1 라벨 L) 만족도(표 2 Q1)가 20.34% 높은 것으로 평가되었다(그림 6). 그뿐만 아니라 이전과 같은 상황에서(표 1 라벨 D, H, L) 상황 인지를 더 많이 고려하였을 때(표 1 라벨 L), 사용자가 느끼는 답답함(표 2 Q2), 상호작용으로 인한 콘텐츠 진행을 방해한다고 느끼는 정도(표 2 Q3), 그리고 상호작용이 어렵다고 느끼는 정도(표 2 Q4)에 대한 평균이 모두 1.6으로 제일 낮은 수치를 나타내었다(그림 7).

결과 2) 사용자의 손과 가상 객체와의 거리만을 계산하는 것이 아니라 상황 인지를 함께 고려하면 어떤 상황에서도 만족도가 높았다.

사전에 예상한 또 다른 가정과 같이, 본 논문에서 제안한 방법이 모든 상황에서 사용자의 의도에 맞게 상호작용 가능한 것으로 결과가 나왔다. 선행연구의 실험결과 같이 거리만을 고려한 상황과 다르게, 만족도에 대한 질문(표 2 Q1)에 대한 답을 나타낸 그림 6에서 라벨 D를 제외하고 전체적으로 사용자의 만족도가 평균 4점 이상으로 높게 측정되었음을 알 수 있다^[12].

표 2. 실험 결과 측정 문항

Table 2. Experiment results measurement questions

Q1.	The interaction of picking up the virtual object was well performed as intended.
Q2.	The interaction of picking up the virtual object was not convenient.
Q3.	The interaction of picking up the virtual object prevented content progress.
Q4.	The interaction of picking up the virtual object was difficult.

결과 3) 가상 객체 간 밀도가 높고, 거리가 가까이 있을 때 인지된 상황의 비율이 증가할수록 사용자 평가가 개선되는 경향을 보였다.

추가적으로 표 1 라벨 D, H, L과 같이 가상 객체 간의 밀도가 높고 서로의 거리가 짧아 가상 객체의 모호성이 클 경우, 인지된 상황의 비율이 증가할수록 사용자의 만족도(표 2 Q1)가 증가하고, 사용자가 상호작용을 할 때 느끼는 답답함(표 2 Q2), 상호작용으로 인한 콘텐츠 진행의 방해 정도(표 2 Q3), 어려움(표 2 Q4)이 감소하는 경향성을 확인할 수 있었다(그림 8 (b)). 상황 인지의 비율이 손과 가상 객체와의 거리의 비율보다 작게 적용된 경우 만족도(표 2 Q1)의 평균이 3.688로 나타났고, 더 크게 적용한 경우 4.438로, 상황 인지 비율을 더 크게 적용했을 때 적을 때보다 20.34% 증가하였다(그림 8 (a)).

V. 결론

코로나19의 장기화로 인해 비대면 콘텐츠가 크게 증가하며 VR 환경 속에서 사용자와의 상호작용은 필수 요소가 되었고, 콘텐츠에 대한 사용자의 만족도에도 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 정교한 상호작용을 위해 가상 객체 간 거리, 선택 가능한 객체의 개수가 다양한 상황에서도 객체를 특정할 수 있도록, 가상 객체와 손과의 거리와 사전에 인지된 상황에 다른 비율로 계산하여 우선순위를 선정하는 방법에 대해 연구하였다. 그리고 제안한 방법을 다양한 상황에 적용해 사용자 실험을 진행하였다. 특히 가상 객체 간의 밀도가 높고 객체 간 거리가 짧을 때 제안한 방법의 효과

를 입증할 수 있었다. 상황 인지를 사용자의 손에서 가상 객체까지의 거리보다 높게 고려하여 제안한 방법을 이용할 때, 사용자의 만족도가 적게 고려한 경우에 비해 20.34% 증가하였다. 이를 통해 사용자의 손에서부터 가상 객체까지 거리뿐만 아니라 현재 상황을 함께 고려하였을 때, 어느 상황에서든 사용자의 의도에 맞는 상호작용이 발생하였고, 사전에 상황 인지의 중요성을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법을 더욱 발전시킨다면, 복잡한 기하학적 구조로 배치된 객체들 사이에서 정교한 상호작용이 가능할 것으로 보인다. 향후에는 상황에 사용되는 가상 객체에게 1, 0으로 이분화하여 가중치 값을 주는 것이 아니라 연속적인 값 중 하나를 부여함으로써 사전에 인지된 상황에서 가상 객체가 사용될 확률까지 고려할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

참고 문헌 (References)

- [1] Y. Li, J. Huang, F. Tian, H.-A. Wang, and G.-Z. Dai, "Gesture interaction in virtual reality," *Virtual Reality Intell. Hardw.*, vol.1, no.1, pp. 84 - 112, Feb 2019.
- [2] A. Zenner and A. Krüger, "Estimating Detection Thresholds for Desktop-Scale Hand Redirection in Virtual Reality," *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 47-55, 2019.
- [3] D. Kaminska, T. Sapinski, S. Wiak, T. Tikk, R. Haamer, E. Avots, A. Helmi, C. Ozcinar, and G. Anbarjafari, "Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey," *Information*, vol.10, no.10, pp. 1 - 20, 2019 <https://doi.org/10.3390/info10100318>
- [4] S. Tabatabai, "Covid-19 impact and virtual medical education," *Journal of advances in medical education & professionalism*, Vol.8, no.3, pp.140-143, July 2020.
- [5] L. Liu, R. van Liere, C. Nieuwenhuizen, and J.-B. Martens, "Comparing Aimed Movements in the Real World and in Virtual Reality," *Proc. IEEE Virtual Reality Conf.*, pp. 219-222, 2009.
- [6] S. Esmaili, B. Benda, and E. D. Ragan, "Detection of scaled hand interactions in virtual reality: The effects of motion direction and task complexity," *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 453-462, 2020.
- [7] M. Karam, *A framework for research and design of gesture based human-computer interactions*, Ph.D's Thesis of University of Southampton, Southampton, UK, 2006.
- [8] M. Höll, M. Oberweger, C. Arth, V. Lepetit, "Efficient physics-based implementation for realistic hand-object interaction in virtual reality." *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp.175-182, 2018.
- [9] G. Park, J. Lee, "Comparative Study on the Interface and Interaction for

- Manipulating 3D Virtual Objects in a Virtual Reality Environment”, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol.21, No.1, pp.20-30, March 2016.
- [10] H. Kang, J. Shin, and K. Ponto. "A comparative analysis of 3d user interaction: How to move virtual objects in mixed reality." *2020 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces (VR)*, pp. 275-284, 2020.
- [11] J. Lee, "VR System Environment Technologies and User Input Elements," *JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY DESIGN CULTURE*, Vol.24, No.2, pp.585-596, June 2018.
- [12] C. Kim, "Interaction Improvement Using Situation Control in VR", *The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers*, pp.216-218, 2021.
- [13] J. Oh, J. Lee, H. Heo, J. Lee, and J. Park, "Selection Method by using Gaze Tracking and Gesture Recognition for Occlusion of Virtual Object," *The HCI Society of Korea*, pp.310-312, 2016.
- [14] K. Ryu, J.-J. Lee, and J.-M. Park. "GG interaction: a gaze - grasp pose interaction for 3d virtual object selection," *J. Multimodal User Interfaces*, vol.13, pp.383 - 393, July 2019.
- [15] L. Sidenmark, C. Clarke, X. Zhang, J. Phu, and H. Gellersen. "Outline Pursuits: Gaze-assisted Selection of Occluded Objects in Virtual Reality", *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI '20)*, pp.1-13, April 2020.
- [16] J. Oh, J. Lee, "Explosion Casting: An Efficient Selection Method for Overlapped Virtual Objects in Immersive Virtual Environments", *JOURNAL OF THE KOREA CONTENTS ASSOCIATION*, Vol 18, No. 3, pp.11-18, March 2013.

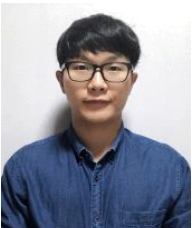
저 자 소 개

김 찬 희



- 2020년 : 서울여자대학교 디지털미디어학과 졸업(학사)
- 2020년 : 서울여자대학교 소프트웨어융합학과 졸업(학사)
- 2020년 ~ 현재 : 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과 석사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-1621-202X>
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전, 증강현실, 가상현실, HCI

남 현 길



- 2018년 : 한양대학교 경영학과 졸업(학사)
- 2018년 ~ 현재 : 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과 석박통합과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-6017-8869>
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전, 증강현실, 가상현실, HCI

박 종 일



- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1989년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(석사)
- 1995년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학 박사)
- 1992년 ~ 1994년 : 일본 NHK방송기술연구소 객원 연구원
- 1995년 ~ 1996년 : 한국방송개발원(현 한국콘텐츠진흥원) 선임연구원
- 1996년 ~ 1999년 : 일본 ATR지능영상통신연구소 연구원
- 1999년 ~ 현재 : 한양대학교 공과대학 교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-1000-4067>
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전/그래픽스, 증강현실 가상현실, HCI