

석사학위논문

가상현실과 증강현실로 구성된 비대칭
가상환경에서 몰입형 상호작용을 위한
사용자 인터페이스 설계

2022년

한 성 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

컴 퓨 터 공 학 전 공

조 윤 식

석사학위논문
지도교수 김진모

가상현실과 증강현실로 구성된 비대칭
가상환경에서 몰입형 상호작용을 위한
사용자 인터페이스 설계

User Interface Design for Immersive Interaction
in Asymmetric Virtual Environment with Virtual
Reality and Augmented Reality

2022년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

컴 퓨 터 공 학 전 공

조 윤 식

석사학위논문
지도교수 김진모

가상현실과 증강현실로 구성된 비대칭
가상환경에서 몰입형 상호작용을 위한
사용자 인터페이스 설계

User Interface Design for Immersive Interaction
in Asymmetric Virtual Environment with Virtual
Reality and Augmented Reality

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

컴 퓨 터 공 학 전 공

조 윤 식

조윤식의 공학 석사학위 논문을 인준함

2022년 6월 일

심사위원장 계 희 원 

심 사 위 원 이 지 은 

심 사 위 원 김 진 모 

국 문 초 록

가상현실과 증강현실로 구성된 비대칭 가상환경에서 몰입형 상호작용을 위한 사용자 인터페이스 설계

한 성 대 학 교 대 학 원
컴 퓨 터 공 학 과
컴 퓨 터 공 학 전 공
조 윤 식

본 연구는 가상현실 사용자와 증강현실 사용자로 구성된 비대칭 가상환경에서 향상된 현존감과 만족하는 경험을 제공할 수 있는 새로운 체험환경과 몰입형 상호작용을 위한 사용자 인터페이스를 설계한다. 제안하는 체험환경은 사용자의 참여 방식과 특징을 고려하고 부가적인 장비의 활용을 최소화함으로써 접근성과 범용성을 높이는 것이 핵심 목표이다. 또한, 가상환경 또는 사용자 사이의 효과적인 의사소통과 신체를 활용한 직접적인 상호작용을 기반으로 직관적이면서 몰입감 높은 사용자 인터페이스를 제안한다. 우선, 가상현실과 증강현실 체험환경의 차이와 각각의 특징을 고려하여 시점 기반의 비대칭 상호작용을 설계한다. HMD(Head Mounted Display)를 활용하여 가상환경에 참여하는 가상현실 사용자는 1인칭 시점에서 컨트롤러와 손 제스처를 대응시킨 인터페이스를 기반으로 손 제스처와 객체제어에 대응한 상호작용을 설계하여 가상환경, 객체 등과의 직관적인 상호작용이 가능하도록 한다. 증강현실 사용자는 모바일 플랫폼환경에서 3인칭 시점을 통해 가상 장면을 전체

적으로 인지하면서 상황을 판단하고 터치 입력방식을 활용하여 가상환경, 객체는 물론 사용자와의 직접적인 의사소통이 가능한 인터페이스 및 3인치 상호작용이 가능하도록 한다. 다음으로, 컨트롤러와 같은 입력 장비나 GUI를 통한 의사결정 과정을 최소화하여 빠르고 직관적인 상호작용을 제공할 수 있도록 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경(Asymmetric Virtual Environments)을 제안한다. 가상현실 사용자는 컨트롤러가 아닌 실제 손을 활용하여 가상환경과 직접 상호작용하고 딥러닝을 기반으로 손 제스처에서 행동으로 빠르게 연결되는 제스처 인터페이스를 설계한다. 증강현실 사용자는 터치 입력방식에 딥러닝을 응용하여 손 글씨로부터 행동을 직접 연결하는 텍스트 인터페이스를 설계한다. 시점과 딥러닝을 기반으로 한 인터페이스와 몰입형 상호작용을 설계함으로써 향상된 현존감, 만족하는 경험을 제공하는 새로운 비대칭 가상환경을 제안함을 목적으로 가상현실, 증강현실 사용자가 함께 참여하는 체험환경을 구성한다. 또한, 각각의 체험환경에 부합한 애플리케이션을 제작하여 사용자 대상의 설문실험을 수행한다. 설문은 USE(usefulness, satisfaction, easy for use)(Lund, 2001)를 통한 인터페이스 만족도, PQ(presence questionnaire)(Witmer et al., 2005), Networked Minds Measure of Social Presence(Biocca et al., 2001)를 활용한 비대칭 가상환경에서의 사용자별 현존감 분석, GEQ(game experience questionnaire)(Poels et al., 2007)로부터 비대칭 가상환경에서의 경험을 통계 분석한다. 이러한 과정을 통하여 제안하는 인터페이스와 이를 기반으로 구성된 새로운 비대칭 가상환경에서 사용자는 참여하는 체험환경의 특징과 역할에 따른 경험과 향상된 현존감과 함께 플랫폼에 적절하게 대응되는 인터페이스 만족도까지 통계적으로 큰 유의미한 차이 없이 가상현실, 증강현실 사용자 모두에게 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다.

【주요어】 비대칭 가상협업환경, 가상현실, 증강현실, 몰입형 상호작용, 사용자 인터페이스, 딥러닝

목 차

I. 서 론	1
II. 관련 연구	4
2.1 몰입형 상호작용	4
2.1.1 사용자 인터페이스	4
2.1.2 현존감 분석 및 응용	6
2.2 몰입형 가상환경	7
2.2.1 협업 가상환경	7
2.2.2 비대칭 가상환경	8
2.3 딥러닝응용	9
III. 시점 기반 비대칭 상호작용	11
3.1 비대칭 가상환경 구성	11
3.2 가상현실 사용자: 1인칭 시점의 상호작용	12
3.3 증강현실 사용자: 3인칭 시점의 상호작용	16
3.4 애플리케이션 제작	19
3.5 실험 및 분석	21
3.5.1 실험환경 구성	21
3.5.2 사용자 대상 설문실험 결과	22
IV. 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경	25
4.1 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경 구성	25
4.2 가상현실 사용자: 딥러닝 기반 제스처 인터페이스	26
4.3 증강현실 사용자: 딥러닝 기반 텍스트 인터페이스	31
4.4 애플리케이션 제작	34
4.5 실험 및 분석	38
4.5.1 실험환경 구성	38
4.5.2 사용자 대상 설문실험 결과	39
4.5.3 딥러닝 기반 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과	44
V. 결론	46

참 고 문 헌	47
ABSTRACT	55

표 목 차

[표 1] 비대칭 상호작용을 통한 사용자 경험 분석결과	23
[표 2] 비대칭 상호작용에 대한 현존감 분석결과	24
[표 3] 제안한 딥러닝 기반 인터페이스와 기존 GUI 방식과의 인터페이스 만족도 비교 분석결과	41
[표 4] 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에서의 현존감 비교 분석결과	43
[표 5] 사용자 사이의 상호작용을 통한 사회적 현존감 비교 분석결과	44
[표 6] 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과	44
[표 7] 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과	45

그 립 목 차

[그림 1] 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 함께 체험하는 비대칭 가상환경 구성 개요	12
[그림 2] 가상현실 사용자의 1인칭 시점 상호작용에서의 손 인터페이스 처리 과정	13
[그림 3] 손동작과 키 입력에 대응되는 제스처로부터 수행되는 가상현실 사용자의 정의된 행동 처리 과정	14
[그림 4] 증강현실 사용자가 터치 기반 인터페이스를 통해 가상환경과 상호작용하는 과정	17
[그림 5] 가상현실 사용자의 위치에 따른 증강현실 사용자 객체 배치 행동	18
[그림 6] 가상현실 사용자의 움직임 지원을 위한 이동기능 처리 과정	19
[그림 7] 애플리케이션 제작 결과	21
[그림 8] 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경 구성 개요	26
[그림 9] 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스의 입력 구조	28
[그림 10] 제스처 인터페이스의 학습에 사용된 inception v3 모델 구조	29
[그림 11] 가상현실 사용자의 제스처 입력으로부터 행동을 추론하는 처리 과정 예	30
[그림 12] EMNIST 데이터 셋의 손 글씨의 예	32
[그림 13] Mor et al.(2019)의 EMNIST 기반 손 글씨 인식 CNN 모델 구조	33
[그림 14] 증강현실 사용자의 손 글씨 입력으로부터 행동을 추론하는 처리과정 예	34
[그림 15] 딥러닝을 활용한 인터페이스를 통해 사용자별로 행동을 수행하는 과정	37
[그림 16] 가상 농장 배경으로 제작된 애플리케이션 결과	38
[그림 17] 같은 행동 수행을 위하여 기존의 GUI 방식과 제안하는 인터페이스 차이의 예	41

알 고 리 즈 목 차

[알고리즘 1] 손의 움직임에 따른 회전 조작 처리 과정	15
[알고리즘 2] 일정한 배치 제어를 위한 놓기 처리 과정	16
[알고리즘 3] 가상현실 사용자의 위치 기반 객체 배치 과정	18
[알고리즘 4] 증강현실 사용자의 알파벳 분류 및 행동 추론 과정	34

I. 서론

정보통신 기술의 발달과 더불어 높은 성능의 하드웨어와 소프트웨어 응용 기술들이 다양하게 제시되고 있다. 사용자는 휴대성이 좋고 높은 사양의 스마트폰, 태블릿PC, 노트북 등을 쉽게 접할 수 있고 이러한 고사양 디지털 장비를 활용하여 더욱 실감 나고 몰입할 수 있는 다양한 디지털 콘텐츠 환경을 제공하고 있다. 이처럼 정보통신 기술의 발달은 사용자에게 향상된 만족감, 새로운 경험을 제공하는 디지털 콘텐츠 환경을 마련한다. 현재 디지털 콘텐츠는 모니터와 스피커를 활용한 2차원 시각, 청각 정보의 제공뿐만 아니라 Oculus Quest, HTC Vive, Microsoft HoloLens와 같은 실감형 콘텐츠를 위한 디스플레이 및 상호작용 관련 기기들이 보급되면서 실제와 가상의 경계를 넘는 새로운 경험을 제공하는 콘텐츠 제작과 함께 가상현실, 증강현실, 혼합현실 등의 분야에서 응용 연구들로 발전되고 있다. 가상현실이나 증강현실과 같은 실감형 기술은 사용자가 현실 세계에서 충족시키기 어려운 조건을 개선하여 가상환경에서 경험할 수 있는 환경을 제공한다. 최근에는 코로나19 팬데믹 이후 언택트 기술이 주목받으면서 사용자와 가상환경 또는 사용자 사이의 비대면 상호작용 기술에도 관심이 높아지고 있다. 여기에 현실 세계와 가상세계가 공존하는 체제인 메타버스의 핵심 기술로 가상현실, 증강현실 관련 연구들이 활발히 진행되고 있다. 또한, 최근 통계자료에 따르면 가상현실과 증강현실의 세계 시장 규모가 2019년 465억 달러에서 2025년에는 4,764억 달러, 2030년에는 1조 5,000억 달러로 연구 분야의 활성화는 물론 산업 시장규모 역시 매우 증가할 것으로 예측된다(Dalton, 2019).

인간과 컴퓨터 간의 상호작용에 관해 연구하는 학문 분야인 인간-컴퓨터 상호작용(HCI, Human Computer Interaction) 기술은 공학은 물론 다양한 산업 분야에서 폭넓게 연구가 진행되고 있다. 보편적으로 사용자는 마우스, 키보드 등의 입력 장치를 기반으로 윈도우, 아이콘, 메뉴 등의 WIMP(Window, Icon, Menu, Pointer) 인터페이스를 활용하여 컴퓨터에게

명령을 내린다. 명령을 받은 컴퓨터는 미리 정의된 응용프로그램을 거쳐 모니터나 스피커 같은 출력장치로 사용자에게 시각적, 청각적 정보를 제공해왔다. 지속적인 정보통신 기술의 발달로 더욱 직관적이고 사용자 친화적인 그래픽 이미지 기반의 GUI(graphical user interface) 기술이 연구되고, 단순히 마우스와 키보드 등의 입력 장치로 컴퓨터와 소통하는 단계를 넘어 현재는 컴퓨터가 음성이나 제스처를 인식하여 이를 통해 상호작용하는 등 다양한 방식의 새로운 HCI 기술이 연구되고 있다.

가상현실(Virtual Reality)은 Oculus Rift, HTC Vive와 같은 HMD(head mounted display) 장비를 활용하여 사용자에게 현실 세계와 유사한 3차원 가상세계를 구성하는 시각정보를 제공한다. 사용자는 입체적인 시각정보를 제공해주는 HMD를 착용하고 필요에 따라 컨트롤러와 같은 입력 장치를 활용하여 가상환경 또는 사용자 등과 상호작용한다. 가상현실 기술은 사용자에게 높은 몰입감을 제공하고 이를 통해 현실 세계와는 또 다른 새로운 경험을 제공할 수 있는 특징이 있다. 최근에는 사용자의 실제 손을 추적하여 가상의 물체를 직접 집거나 던지는 등 가상현실과 직관적인 상호작용이 가능하게 하는 장비들이 개발되어 사용자에게 현실 세계와 더욱 근접한 경험을 제공하기도 한다. 이처럼 앞으로의 가상현실 기술은 직관적이고 사용자 친화적인 기술로 발전해 나아갈 것으로 전망된다. 증강현실(Augmented Reality)은 현실 세계를 기반으로 필요에 따라 디지털 방식의 가상 콘텐츠를 합성시켜 사용자에게 다양한 경험을 제공한다. 사용자는 접근성이 높은 모바일 장비나 태블릿PC 등을 활용하여 증강현실 콘텐츠를 쉽게 접할 수도 있고 MicroSoft HoloLens나 Google Smart Glass와 같은 웨어러블 기기를 활용하여 더욱 확장된 현실을 경험하고 더욱 더 큰 만족감을 얻을 수도 있다. 최근에는 가상현실, 증강현실 그리고 혼합현실(Mixed Reality)을 아우르는 확장현실(XR, eXtended Reality) 기술에 관한 관심과 함께 확장현실 기술이 적용된 메타버스에 대한 응용 연구들까지 폭넓게 진행되고 있다. 시간, 공간의 제약과 비용이 최소화되고 모든 가능성이 펼쳐질 수 있는 확장현실은 게임뿐만 아니라 산업, 국방, 교육 등 다양한 분야에서 연구되고 있고 가상현실, 증강현실

을 포함한 실감형 콘텐츠 시장규모가 더욱 증가함에 따라 이를 지원하는 다양한 응용 연구가 뒷받침되어야 하는 상황이다. 하지만 사용자가 실감형 콘텐츠를 체험하기위한 추가적인 장비는 대체로 많은 비용을 필요로 한다. 이는 범용성과 접근성을 고려하였을 때 사용자에게 부담을 줄 수 있다. 따라서, 본 연구는 장비에 대한 의존도를 최소화 하면서 가상현실과 증강현실 사용자가 함께 참여하는 비대칭 가상환경(Asymmetric Virtual Environments)을 제안한다. 제안하는 비대칭 가상환경에서는 각각의 사용자의 플랫폼 및 참여환경에 최적화된 상호작용과 딥러닝을 활용한 새로운 접근의 인터페이스를 제공하여 사용자의 현존감과 만족도가 향상을 기대한다. 최종적으로 이를 확인하기 위해 체험환경에 적합한 애플리케이션을 직접 제작하고 사용자를 대상으로 한 설문실험을 수행하여 제안한 새로운 체험환경과 인터페이스를 통해 사용자가 느끼는 현존감, 경험, 만족 등을 통계 실험을 통해 비교 분석한다.

II. 관련연구

2.1 몰입형 상호작용

가상현실, 증강현실 기술로 구성된 가상공간에서 시각, 청각, 촉각 등의 다양한 감각을 활용하여 가상환경, 객체 또는 사용자 사이의 현실감 높은 상호작용을 제공함으로써 향상된 현존감, 높은 만족감, 또는 새로운 경험 등을 제공하기 위한 연구들이 다양하게 이루어지고 있다. 몰입형 상호작용과 관련된 연구들로 시각, 청각은 물론 손을 활용한 제스처, 걷기 등의 움직임 및 햅틱 시스템 등 가상환경 안에서 더욱 현실적인 행동, 움직임, 의사 표현을 제공하기 위한 인터페이스 방법이 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 궁극적으로 사용자가 누구와 어디에서 어떻게 행동하는지에 대한 경험을 실제와 같이 제공하여 현존감을 향상하기 위한 응용 연구로 진행되기도 하며, 다양한 상황 속에서 사용자가 느끼는 현존감, 경험, 만족도 등을 비교 분석하는 연구들로 발전되기도 한다.

2.1.1 사용자 인터페이스

실감형 콘텐츠는 입체적인 시각정보를 전달하는 디스플레이 및 렌더링 기기(가상현실 HMD, 웨어러블 안경, 3D 모니터 등)와 기술, 공간감과 현장감을 높이는 가상현실/증강현실 서라운드 오디오 연구나 가상 환경과 직접 상호작용하기 위하여 시선, 손, 다리 등의 신체 정보를 활용하여 모션 정보를 분석하고, 촉각정보를 피드백하는 햅틱 시스템과 같은 기술이 활용되어 더욱 몰입할 수 있는 체험환경을 제공할 수 있다. 또한, 가상 환경과 직접 상호작용하고 객체들을 현실감 있게 제어할 수 있는 몰입형 상호작용에서의 사용자 인터페이스 관련 응용 연구들이 다양한 관점에서 진행되고 있다. 이를 통해 가상과 현실 사이의 간격을 좁혀 현실적인 체험환경을 제시하기 위한 연구들이 이루어지고 있다.

가상의 환경에서 사용자가 쉽게 움직임을 제어하고 행동을 표현하는 등 몰입감 높은 상호작용을 위하여 시선, 제스처, 걷기 등을 통한 인터페이스 응용 연구들이 진행되었다. 관련연구로 가상현실 환경에서 시선 기반의 사용자 인터페이스를 통해 사용자의 시야 범위, 피드백 과정에서의 시각적 요소를 분석(김민규, 이지원, 전찬규, 김진모, 2017)하거나 가상 환경과 상호작용하는 가장 중요한 도구이며 가장 중요한 작업을 수행하는데 사용되는 손을 통한 상호작용 및 손 인터페이스에 관한 응용 연구들이 다양하게 진행되고 있다(Fecher et al., 2022). 이를 기반으로 시선과 손의 조합을 통한 상호작용에서의 효율성, 조작의 용이성 등을 분석하고 합리적인 대안을 모색하는 연구들이 현재까지도 진행되고 있다(Wagner et al., 2021). 그리고, 제한된 체험 공간 내에서 자유로운 걷기 상호작용을 위한 redirected walking 연구(Williams et al., 2021)나 제자리걸음 동작을 인식하여 자연스러운 걷기를 표현하는 상호작용 시스템(Lee et al., 2017), 여러 대의 카메라를 활용하여 물체의 움직임을 계산하는 광학 모션 캡처 방식의 인터페이스를 제안(Perez-Carrillo, 2019)하였다. 이외에도 손가락의 위치에 따른 상호작용(송복득, 김형진, 정현재, 최연준, 2019)과 이를 발전시켜 무용 교육 피드백 시스템에서 실시간으로 사용자의 올바른 자세를 유도하는 인터페이스를 설계(El Raheb et al., 2019), 사용자의 입바람을 활용하여 실시간으로 가상의 객체를 조작하는 인터페이스(김종현, 2018) 등 몰입형 가상환경에서의 사용자 중심의 인터페이스를 설계하는 연구들이 현재까지 다양한 관점에서 진행되고 있다. 최근에는 가상현실에서 비하여 상대적으로 연구가 부족한 증강현실에서의 몰입형 상호작용 기술에 대한 분류체계를 정립하는 등 가상현실을 증강현실 포함한 실감형 콘텐츠 분야에서의 인터페이스 연구들이 중요하게 다뤄지고 있다(Hertel et al., 2021). 본 연구는 다양한 상호작용 방식 가운데 가상 환경과 상호작용하는 가장 중요하면서 직접적인 도구인 손을 사용하는 인터페이스를 설계하면서 동시에 추가적인 비용과 장비에 대한 의존도를 줄여 쉽게 활용할 수 있으면서 동시에 사용자의 만족도를 높이도록 한다.

2.1.2 현존감 분석 및 응용

몰입형 상호작용은 궁극적으로 사용자가 가상환경에서 실제와 같은 경험을 느끼는 현존감 향상이 중요한 목적 가운데 하나이다. 먼저 몰입형 가상환경 내에서 다양한 상황, 인물, 관점 등을 구체적인 사례를 중심으로 비교 분석하는 연구(Slater et al., 1993)도 진행되었다. 또한 사용자의 보행 행동에 따른 현존감을 분석(Slater et al., 1995)하거나 시선과 의사소통 사이의 관계를 분석(Vinayagamoorthy, 2004)하는 등 사용자의 관점에서 현존감을 분석하기 위한 다양한 접근을 시도하였다. 그리고 이러한 연구들은 심리학, 신경 과학 등 다양한 학문적 접근을 토대로 관계를 분석(Slater et al., 2016)하거나 인종적 편견과 같은 사회적 문제들을 가상환경 안에서 경험을 통해 분석(Kishore et al., 2022)하는 방향으로도 발전되고 있다. 이외에도 대화형 콘텐츠의 상호작용 측면에서 장면, 시점, 상황, 체험환경 그리고 플랫폼 등 다양한 방식으로 사용자의 현존감을 비교 분석하는 응용 연구들도 진행되고 있다[(Lee et al., 2020), (Kim et al., 2020), (Kim, 2020)].

이외에도 뇌 구조에 대한 가상현실 교육 콘텐츠를 제안하고 사용자 집단을 두 그룹으로 나누어 제안한 가상현실 교육 콘텐츠의 학습실험을 진행하여 종이와 펜을 사용하는 전통적인 학습을 진행한 사용자 집단보다 가상현실 교육 콘텐츠를 활용한 학습을 진행한 사용자 집단이 더 큰 학습 효과가 나타나는 것을 확인하는 연구(De Back et al., 2021)도 진행되었다. 또한, 가상환경에서의 군사 훈련을 통해 비용이나 안전 등 효율성을 높일 수 있음을 분석하는 연구를 진행하기도 하였다(Liu et al., 2018). 건설 산업 분야에서는 증강현실을 활용한 시뮬레이터를 통해 정확한 설계가 가능하고, 가상현실 기술을 활용하여 안전교육을 받을 수도 있음을 연구를 통해 확인하였다(Delgado et al., 2020). 이처럼 사용자를 중심으로 한 인터페이스 및 분석 연구들을 바탕으로 다양한 산업 분야에 활용할 수 있는 응용 연구들까지 폭넓게 진행되고 있다. 본 연구 역시 비대칭 가상환경에서 가상현실과 증강현실 사용자의 특징, 참여 방식 등을 고려한 체험

환경 구성을 통해 경험하게 되는 현존감을 비교 실험을 통하여 체계적인 분석을 수행하고 이를 기반으로 새로운 체험방식과 응용 방향을 제안해 나가고자 한다.

2.2 몰입형 가상환경

컴퓨터로 만들어진 가상환경에서 사용자에게 입체적인 시각, 청각, 촉각 등 다양한 신체적 감각을 바탕으로 현실에 버금가는 경험을 제공하기 위한 몰입형 가상환경을 구현하고, 이를 토대로 제작된 실감형 콘텐츠는 게임, 교육, 의료, 군사, 산업 등 다양한 분야와 접목하여 사용자에게 새로운 경험이나 만족감을 제공하고 있다. 그리고 최근에는 더욱 확장된 개념으로 가상, 초월을 의미하는 메타(meta)와 우주를 의미하는 유니버스(universe)의 합성어인 메타버스(metaverse)로, 경제, 사회, 문화 등 사회 전반적으로 현실과 비현실이 모두 연결된 가상의 환경을 제시하는 방향으로 연구가 발전되고 있다. 몰입형 가상환경에서 한 명의 사용자를 중심으로 하는 연구는 물론 다중 사용자 체험환경까지 사용자 참여의 폭도 넓어지고 있다. 다수의 HMD 사용자가 함께 몰입할 수 있는 체험환경, 사용자들 사이의 공동 작업을 효율적으로 처리할 수 있는 협업 상호작용부터 PC, 모바일 등 비몰입형 사용자나 증강현실 사용자가 가상현실 사용자와 함께 같은 가상공간에서 경험하는 비대칭 가상환경까지 다양하게 진행되고 있다.

2.2.1 협업 가상환경

화상회의나 원격교육 등 2차원의 시각 데이터나 음성 메시지를 전달하는 방식의 협업 환경은 둘 이상의 사용자가 시간과 공간의 제한을 받지 않고 서로 협업이 가능하다. 하지만 이러한 방식의 협업 환경은 사용자들 사이의 시선 처리와 전체적인 동작 등 비언어적 의사소통이 제한되어 집

중도가 떨어진다. 원거리에 분산된 다수 사용자의 협업 및 상호작용에 사용되는 협업 가상환경(CVE, collaborative virtual environment)은 증강현실, 가상현실과 같은 실감형 기술들과 결합하여 3차원 시각 데이터를 전송하고 언어적 의사소통뿐만 아니라 직접적인 사용자의 시선 처리, 행동과 같은 비언어적 의사소통을 가능하게 함으로써 실감이 나는 협업 환경을 제공한다. 이러한 이점을 바탕으로 협업 가상환경은 3D 멀티 플레이어 게임, 분산 시뮬레이션, 교육, 산업 등 다양한 분야에서 연구되었다. 협업 가상현실 환경을 기반으로 3차원 의료데이터의 절단면, 내부 구조 등 입체적인 시각자료를 활용한 사용자들 사이의 직관적인 소통과 정확한 수술 계획을 위한 환경을 마련할 수 있음을 확인하는 연구(Chheang et al., 2021)가 진행되었고 협업방식을 대면, 웹엑스를 활용한 화상회의, HMD를 착용하는 가상현실의 세 분류로 나누어 사용자집단에 대한 설문실험을 시행하여 비교 분석하고 가상현실 기술과 같은 몰입형 협업방식이 높은 효율성을 나타냄을 확인하는 연구(Madathil et al., 2017)도 진행되었다. 이처럼 분산 협업에서 몰입형 환경을 제공하는 연구들이 현재까지도 다양하게 진행되고 있다(Le et al., 2017). 이러한 연구들을 토대로 공간의 제약을 받는 전통적인 대면 협업방식과 다른 몰입형 가상환경 안에서 다수 사용자가 함께 협업하며 체험할 수 있는 환경이 협업에 대한 효율성, 적극적인 참여 등을 높일 수 있음을 확인할 수 있다.

2.2.2 비대칭 가상환경

입체적인 시각, 청각 정보를 토대로 사용자에게 향상된 만족감을 제공할 수 있는 협업 가상환경은 HMD를 착용한 여러 가상현실 사용자들이 참여하는 것은 물론 모바일, PC와 같은 비몰입형 사용자와 증강현실 사용자까지 함께 참여하는 비대칭 가상환경에 관한 연구들로 발전되고 있다. 가상현실 HMD 사용자와 함께 PC 또는 테이블탑과 같은 인터페이스 사용자가 함께 참여하는 비대칭 가상환경 연구들[(Duval et al., 2009), (Ibayashi et al., 2015)]은 물론 가상현실 사용자와 비몰입형 사용자가

각각 다른 능동적인 역할을 부여함으로써 가상환경에서의 차별화된 경험과 향상된 현존감을 제공하기 위한 연구들[(Gugenheimer et al., 2017), (Jeong et al., 2020)]까지 비대칭 가상환경에 관한 다양한 관점의 연구들이 진행되고 있다. 또한, 증강현실 HMD를 착용한 사용자와 함께 비몰입형(Non-HMD) 사용자가 투영된 평면 위에서 터치, 제스처 등을 통해서 상호작용할 수 있는 비대칭 상호작용에 연구(Jansen et al., 2020), 비대칭 가상환경을 기반으로 증강현실 사용자는 가이드를 가상현실 사용자는 방문자로 가상 도시를 여행하는 여행 시스템을 개발하는 등 다양한 플랫폼의 사용자가 참여할 수 있는 새로운 체험환경과 함께 다양한 산업 분야에 응용할 수 있는 방향까지 제시하고 있는 상황이다(Feld et al., 2021). 이처럼 비대칭 가상환경은 HMD와 같은 몰입형 장비를 활용한 가상현실 사용자의 높은 현존감과 더불어 확장된 현실 세계를 표현할 수 있는 증강현실, 접근성 높은 모바일, PC 플랫폼 사용자들까지 고려하여 새로운 체험환경과 모든 사용자가 만족하는 경험을 느낄 수 있는 상호작용에 관한 연구들이 필요하다.

2.3 딥러닝 응용

기계학습은 인공지능의 한 분야로 직접 명령 없이 컴퓨터가 학습할 수 있도록 지원하는 기술이다. 최근 딥러닝(deep learning)이라는 기계학습 기법이 주목을 받으면서 딥러닝을 가상환경에 적용하기 위한 응용 연구들도 수행되고 있다. 이와 관련하여, 가상현실 HMD와 손 추적 하드웨어를 사용하여 로봇을 원격 조작하는 복잡하고 정교한 연산 과정에서 딥러닝을 응용(Tianhao et al., 2018)하거나 가상현실 기반의 DNN(Deep Neural Network) 개발환경을 구축하는 등의 연구(Zhang, 2021)들이 수행되었다. 또한, 딥러닝을 통해 사용자의 행동, 의사결정을 직관적인 구조에서 쉽고 편리하게 수행할 수 있는 인터페이스 응용 연구들로 사용자의 손 글씨로부터 글자를 인식하고 이를 영어 단어 교육 애플리케이션에 활용할 수 있

는 딥러닝 기반 텍스트 인터페이스(Cho et al., 2021), 손 제스처 인식 및 추론 과정을 통해 가상현실 사용자의 행동과 의사결정을 직관적으로 수행할 수 있는 연구(Kang et al., 2020), 가상환경속 물체를 추론하여 정보를 제공하는 연구(Kim, 2020)까지 몰입형 가상환경에서 딥러닝을 응용하기 위한 연구들에 관심이 높아지는 상황이다. 하지만, 몰입형 가상환경에서 사용자의 특징, 플랫폼, 체험방식 등을 고려하면서 딥러닝과 같은 다른 기술과의 융합을 통해 높은 몰입과 함께 쉽고 편리하게 참여할 수 있는 체험환경 및 인터페이스 응용 연구들은 부족한 상황이다. 본 연구에서는 다양한 플랫폼의 사용자 참여가 가능한 비대칭 가상환경에서 사용자의 특징을 고려한 인터페이스 및 새로운 체험환경 구축을 위하여 딥러닝을 활용할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

Ⅲ. 시점 기반 비대칭 상호작용

3.1 비대칭 가상환경 구성

제안하는 비대칭 가상환경은 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 같은 가상의 공간에서 함께 협업하며 체험하는 환경으로 구성한다. 가상현실 사용자는 Oculus Quest2 HMD와 컨트롤러를 사용하여 객체와 상호작용하고, 증강현실 사용자는 뷰포리아(Vuforia) 엔진을 기반으로 이미지 타겟(Image Target)을 활용한 모바일 플랫폼에서의 상호작용을 구현한다. 이때, 각각의 사용자 특성(플랫폼, 참여 및 입력방식 등)을 고려하여 모두가 만족할 수 있는 경험과 함께 현존감을 향상할 수 있는 인터페이스를 설계한다. [그림 1]은 가상현실, 증강현실 사용자가 참여하는 비대칭 가상환경에서 사용자 각각의 체험환경을 나타낸다. 가상의 공간 안에서 가상현실 사용자는 HMD의 장면 전달 방식을 고려하여 1인칭 시점을 기반으로 가상현실 전용 컨트롤러를 사용하여 가상 객체, 환경과 직접 상호작용하고, 증강현실 사용자는 모바일 플랫폼에서의 카메라 구도를 고려하여 3인칭 시점을 통해 전체적인 장면을 탐색하고 가상환경, 객체는 물론 가상 공간에 존재하는 가상현실 사용자까지 포함하여 제어 및 상호작용할 수 있다. 비대칭 가상환경은 유니티 3D(Unity 3D) 엔진에서 통합 개발환경을 구축하고, 가상공간에 존재하는 다수의 가상현실, 증강현실 사용자가 원격으로 협업하고 정확한 상호작용을 동작하기 위하여 PUN(Photon Unity Network)를 활용한 동기화 기능을 수행한다.

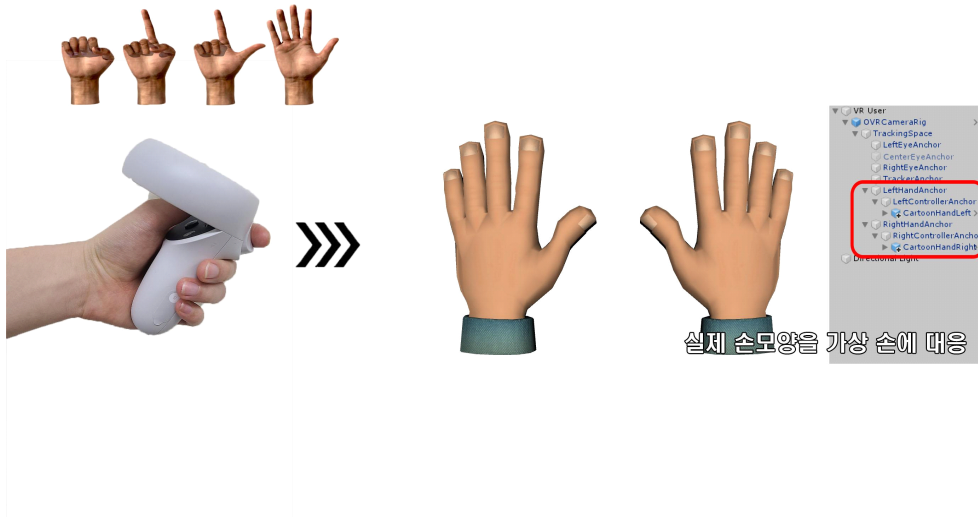


[그림 1] 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 함께 체험하는 비대칭 가상환경 구성 개요

3.2 가상현실 사용자: 1인칭 시점의 상호작용

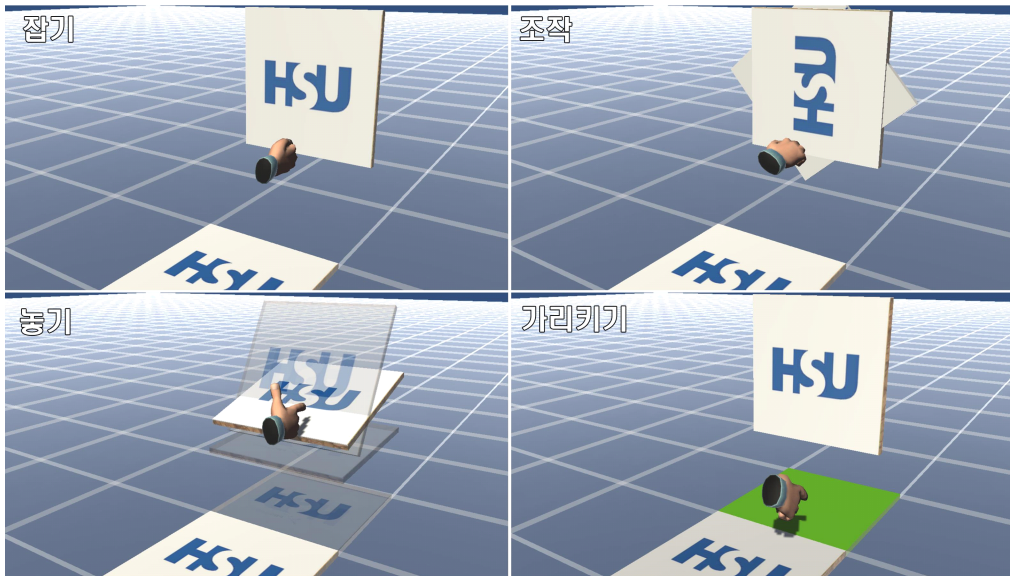
HMD를 착용하는 가상현실 사용자는 가상공간 내에서 1인칭 시점의 독립적 객체로서 높은 몰입과 함께 상호작용을 수행한다. 따라서, 비대칭 가상환경에서 가상현실 사용자는 더욱 직관적인 행동과 판단을 수행할 수 있는 1인칭 시점 상호작용을 제안한다. 그리고 이때 가상환경 또는 객체와 상호작용하기 위해 컨트롤러와 가상 손의 제스처를 대응시킨 단순한 구조의 손 인터페이스를 구현한다. 실제 손동작과 가상 손의 제스처가 유

사하게 대응될 수 있도록 제스처에 맞는 컨트롤러의 키 입력을 설정한다. [그림 2]는 가상현실 사용자가 손 인터페이스를 통해 미리 정의된 손동작과 키 입력으로부터 가상 손 제스처를 연결하는 과정을 나타낸다.



[그림 2] 가상현실 사용자의 1인칭 시점 상호작용에서의 손 인터페이스 처리 과정

비대칭 가상환경에서 가상현실 사용자가 손을 사용하여 행동을 수행하는 과정을 본 연구에는 크게 잡기, 조작하기(돌리기 또는 비틀기), 놓기, 가리키기(선택)의 네 가지로 구분하여 정의한다. 그리고 행동에 필요한 제스처를 미리 정의하고 이를 행동 과정과 연결하여 자연스러운 조작이 가능하도록 설계한다. [그림 3]은 [그림 2]에서 설정한 손동작과 키 입력과 대응되는 가상 손 제스처로부터 4가지 행동을 수행하는 과정을 나타낸다.



[그림 3] 손동작과 키 입력에 대응되는 제스처로부터 수행되는 가상현실 사용자의 정의된 행동 처리 과정

가상현실 사용자가 가상환경 또는 객체들과 상호작용하기 위하여 정의한 4가지 행동은 가상 손의 움직임과 관계를 갖는다. 다음은 네 가지 행동의 구현 과정을 정리한 것이다.

잡기: 가상 손 모델과 객체가 충돌된 상황에서 주먹 제스처를 수행하면 객체를 손과 동기화하여 잡기 행동을 수행한다.

조작(돌리기 또는 비틀기): 잡기 행동 상태에서 돌리거나 비틀기와 같은 회전 움직임을 통해 객체를 정교하게 조작하는 행동을 정의한다. 객체와 가상 손이 동기화된 상태에서 컨트롤러를 쥐고 있는 자신의 손목을 좌우로 회전시키면 실제 손의 지역 좌표축 변화에 따른 가상 객체의 회전 변화량을 계산하여 회전에 기반을 둔 일정하고 정교한 조작이 가능하도록 한다. [알고리즘 1]은 컨트롤러를 쥐고 있는 실제 손의 회전 변화를 통해 가상 객체의 회전 값을 계산하는 과정을 나타낸 것이다. 잡기 행동이 수행되는 시작 좌표를 기준으로 하여 임계값 이상으로 손목을 회전하면 객체

를 조작하도록 설정한다. 이때 손을 어떤 방향(시계 또는 반시계)으로 회전하였는지와 함께 회전 조작 값에 따라 조작의 정교함 단계를 조절하도록 한다.

[알고리즘 1] 손의 움직임에 따른 회전 조작 처리 과정
<pre> procedure 회전 조작 판단 θ_h: 잡기 순간 손의 위(y)축과 잡기 후 움직이는 손의 위(y)축 간 사이 각 θ_t: 회전 임계값 θ_h 값의 변화가 발생(손의 회전 움직임 감지)하면 회전 조작 가능 판단 if $\theta_h > \theta_t$ then 회전 조작 종료 end if end procedure procedure 회전 조작 계산 $\vec{v}_c$: 잡기 순간 손의 y축과 잡기 후 움직이는 손의 y축의 외적 벡터 $\vec{v}_h$: 잡기 이후 손의 전면(z) 축 θ_m: 회전 조작 값 $\vec{v}_c$와 $\vec{v}_h$의 내적 관계를 통해 회전 방향(오른쪽 또는 왼쪽)을 계산 계산된 회전 방향으로 객체를 θ_m만큼 회전 end procedure </pre>

놓기: 가상현실 사용자가 잡기 또는 조작이 종료되었다고 판단되면 놓기 제스처에 대응되는 손동작을 통해 잡기 상태를 해제한다. 놓기 행동의 경우, 객체가 잡기 상태의 마지막 위치에서 지면을 놓이는 일반적인 놓기와 지면 위에 정확히 배치되는 배치하여 놓기의 두 가지로 구성된다. 배치하여 놓기는 객체의 지역 좌표의 x축을 중심으로 회전변환을 하여 지면과 같은 방향을 향하게 설정한다. 그리고 중력이나 지형지물과의 충돌 등 물리적 처리를 적용한다. [알고리즘 2]는 배치하여 놓기의 처리 과정을 정리한 것이다.

[알고리즘 2] 일정한 배치 제어를 위한 놓기 처리 과정

procedure 지면 위에 객체 놓기

$\vec{v}_y^w$: 월드 공간(지면)의 위(y)축

$\vec{v}_y^o$: 객체의 위(y)축

1. $\vec{v}_r$: $\vec{v}_y^w$ 과 $\vec{v}_y^o$ 의 외적을 통해 객체의 회전축 계산

2. $\vec{v}_r$ 을 기준으로 객체를 회전

3. θ_o : $\vec{v}_y^o$ 와 $\vec{v}_y^w$ 의 사이 각

if $\theta_o < \epsilon$ then $\leftarrow$ (객체가 지면 방향으로 배치)

 놓기 종료

end if

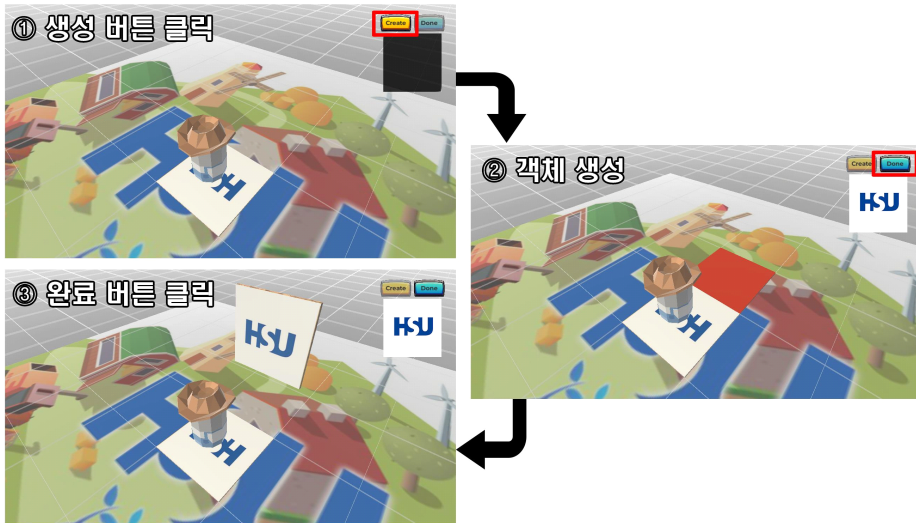
end procedure

가리키기(선택): 가상환경에 존재하는 특정 객체를 손을 사용하여 직접 가리킴으로써 선택 행동을 수행한다. 선택된 객체에 색, 재질 등을 변화시켜 가리키기(선택)의 결과를 시각화한다. 이는 가상환경에 참여하는 다른 사용자(가상현실 또는 증강현실)와의 의사소통을 위해 활용될 수 있다.

3.3 증강현실 사용자: 3인칭 시점의 상호작용

증강현실 사용자는 홀로렌즈(HoloLens)나 매직리프(Magic Leap)와 같은 HMD 방식의 장비를 착용하는 방식과 모바일을 활용하여 마커나 이미지를 인식하여 실사와 가상을 합성하는 방식 등이 있다. 제안하는 비대칭 가상환경에서 증강현실 체험환경은 추가적인 장비의 의존을 낮추고 쉽게 접근 및 활용할 수 있도록 모바일을 활용한 인터페이스로 구성한다. 모바일 플랫폼을 활용하는 증강현실 사용자가 경험하는 몰입도는 평면적인 시각정보로 인하여 입체적인 시각정보를 전달받는 가상현실 사용자와 비교하여 낮을 수 있다. 하지만 장면을 전체적으로 볼 수 있는 시야와 실사와 가상을 합성하는 또 다른 체험환경으로 새로운 경험을 할 수 있도록 상호작용을 설계할 수 있다. 따라서 모바일 장비를 자유롭게 이동하면서 가상

장면을 전체적으로 보며 상황을 판단하거나 가까이에서 객체를 관찰 및 제어할 수 있는 3인칭 시점 상호작용을 제안한다. 그리고 가상환경, 객체 그리고 다른 사용자와 상호작용하기 위해 터치 기반 인터페이스를 제공한다. [그림 4]는 증강현실 사용자가 모바일 장비를 기반으로 GUI(Graphical User Interface)나 스크린 터치를 통해 가상현실 사용자를 포함한 가상환경과 상호작용하는 과정을 나타낸다.



[그림 4] 증강현실 사용자가 터치 기반 인터페이스를 통해 가상환경과 상호작용하는 과정

증강현실 사용자는 3인칭 시점에서 관찰자의 기능을 수행할 수 있으므로 독립적인 행동은 물론 가상현실 사용자를 기준으로 하는 정보 전달이나 행동 수행이 가능하다. 일반적으로 터치 기반 인터페이스를 통해 가상 객체나 사용자를 직접 터치거나 GUI에서 제공하는 버튼 등을 사용하여 메시지, 이벤트, 음성 등을 직접 전달할 수 있다. 또한, 가상현실 사용자의 행동과 같이 증강현실 사용자 역시 가상현실 사용자를 기준으로 협업을 위한 여러 행동이 가능하다. 가상현실 사용자는 손을 활용하여 객체를 직접 조작하는 행동을 수행한다면, 증강현실 사용자는 전체적인 장면을 탐

색하며 가상현실 사용자를 지원하는 행동을 수행한다. 본 연구는 스크린 터치와 GUI를 활용하는 터치 기반 인터페이스를 통해 수행할 수 있는 일반적인 상호작용 외에 가상현실 사용자와의 협업을 위한 행동으로 배치, 이동, 가리키기의 세 가지 행동을 정의한다.

배치: 가상현실 사용자가 행동(잡기, 조작 등)을 정확하고 편리하게 수행할 수 있도록 가상현실 사용자의 위치를 고려하여 객체가 생성될 수 있는 배치 행동을 정의한다. [알고리즘 3]은 가상현실 사용자의 위치를 고려하여 객체를 배치하는 과정을 정의한 것으로 이를 활용하여 [그림 5]와 같이 객체를 배치한다.

[알고리즘 3] 가상현실 사용자의 위치 기반 객체 배치 과정	
procedure 가상현실 사용자 기준 객체 방향 계산	
p_o :	객체의 위치
p_v :	가상현실 사용자의 위치
$\vec{v}_o^v$:	$p_o - p_v$ (가상현실 사용자의 위치에서 객체의 위치로 향하는 방향)
1. θ_o^v :	$\vec{v}_y^w$ 을 기준으로 월드 공간의 전면(z) 축과 $\vec{v}_o^v$ 의 사이 각
2. θ_o^v :	을 통해 가상현실 사용자를 바라보기 위한 회전 값(θ_o^v)을 계산
end procedure	



[그림 5] 가상현실 사용자의 위치에 따른 증강현실 사용자 객체 배치
행동

(객체 회전 값(θ_o^v)을 90° 설정)

이동: 가상공간의 크기가 클 때 증강현실 사용자는 모바일 장비를 자유롭게 이동하여 탐색할 수 있지만, 가상현실 사용자는 제한된 체험환경으로 인하여 이동에 대한 제약이 생길 수 있다. 가상현실 컨트롤러의 조이스틱

을 통해 이동기능을 구현할 수 있지만 자연스러운 보행과정이 반영되지 않아서 먼 거리 또는 장시간 이동을 하게 될 경우 가상현실 멀미와 같은 부정적 요인이 발생할 가능성이 높다(Lee et al., 2017). 따라서, 이러한 문제를 보완하기 위하여 가상공간의 크기를 전체적으로 판단하면서 가상현실 사용자가 정확하게 목적지에 이동할 수 있으면서 부자연스러운 보행을 최소화하도록 포털 이동기능을 제안한다. [그림 6]과 같이 증강현실 사용자가 목적지를 설정하면 가상현실 사용자는 정해진 목적지로 순간 이동하여 도달할 수 있다.



[그림 6] 가상현실 사용자의 움직임 지원을 위한 이동기능 처리 과정

가리키기(선택): 가상현실 사용자의 가리키기 행동과 같은 기능으로 스크린 터치를 통해 객체를 직접 선택함으로써 행동을 수행한다. 이 역시 색, 재질 등을 변화시켜 결과를 보여줄 수 있고 다른 사용자와의 의사소통에도 활용할 수 있다.

3.4 애플리케이션 제작

본 연구는 가상현실, 증강현실 사용자가 함께 참여하는 비대칭 가상환경에서 장비의 의존도를 낮추고 함께 협업하며 새로운 경험과 향상된 몰입을 제공받을 수 있도록 사용자의 특징을 고려한 상호작용을 설계하였다. 가상현실 사용자는 실제 손동작과 컨트롤러의 키 입력을 대응시켜 가상 손 모델로 연결되는 손 인터페이스와 이를 기반으로 한 행동, 증강현실 사용자는 3인칭 시점으로 전체적인 장면을 관리하며 터치 기반 인터페이스를 통해 행동을 수행한다. 제안한 상호작용과 행동들을 적용한 애플리

케이션을 직접 제작하고(Cho et al., 2021), 설문실험을 통해 구축된 체험 환경과 상호작용에 따른 경험, 만족도, 현존감 등을 비교 분석하도록 한다.

애플리케이션은 가상현실 사용자의 행동 과정에서 몰입을 높이고, 증강 현실 사용자는 현실 세계와 가상세계가 함께 공존할 때 느낄 수 있는 만족감을 고려하여 보드게임 방식으로 제작한다. 기존의 카르카손 게임 (zmangames, 2001)의 그래픽 요소와 게임 방식을 토대로 잡기, 조작, 놓기, 가리키기 행동과 연결되는 규칙은 가상현실 사용자에게 배치, 이동 행동과 연결되는 규칙은 증강현실 사용자에게 각각 역할을 부여한다. 이외 게임 진행에 필요한 행동은 증강현실 사용자에게 우선하여 제공하는 방식으로 설계한다. 이러한 과정을 통해 가상현실 사용자는 1인칭 시점을 통한 공간감을 증강현실 사용자는 공간이 완성되어 가는 전체적인 장면을 경험하는 흐름, 조작의 제어에 대한 만족감을 제공하도록 한다. 다음은 애플리케이션의 진행 과정을 순서대로 정리한 것이며, [그림 7]은 제작된 애플리케이션의 실행과정을 나타낸 것이다.

1. 가상현실, 증강현실 사용자 함께 애플리케이션 참여
2. 증강현실 사용자는 타일 생성 및 배치 행동을 통해 타일을 가상현실 사용자의 위치를 고려하고 배치
3. 가상현실 사용자는 배치된 타일을 잡기, 조작, 놓기 행동을 통해 객체를 규칙에 맞춰 배치하여 타일 맵을 단계적으로 생성
4. 증강현실 사용자는 이동 행동을 통해 가상현실 사용자가 타일 맵 생성에 적절한 위치로 이동할 수 있도록 지원
5. 가상현실 사용자와 증강현실 사용자는 가리키기 행동을 통해 타일 맵 생성 위치에 대한 정보를 주고받아 협업을 수행
6. 2-5의 과정을 반복하며 타일 맵을 완성해가고, 타일 맵이 생성되는 단계에서 배경, 구조물, 아이템, 몬스터 등 가상 객체를 생성, 가상 객체와의 상호작용을 통해 게임적 요소를 적용
7. 모든 타일을 배치 완료하면 애플리케이션이 종료

하나의 타일 객체를 제어하는 과정에서의 권한, 행동 수행과정에서 바뀌는 객체 및 사용자의 위치 등 동기는 PUN(Photon Unity Network)의 기능을 활용하였다. 또한, 애플리케이션 진행 과정에서 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 동시에 타일을 조작할 때 생길 수 있는 문제를 방지하기 위하여 타일 조작 권한을 순서에 따라 부여하여 한 명의 사용자가 행동이 모두 끝났을 때 다른 사용자의 행동이 가능하도록 설계하였다.



[그림 7] 애플리케이션 제작 결과: (가) 1인치 시점의 가상현실 사용자
(나) 3인치 시점의 증강현실 사용자 (다) 애플리케이션 진행 결과

3.5 실험 및 분석

3.5.1 실험환경 구성

가상현실, 증강현실 사용자로 구성된 비대칭 가상환경을 체험하기 위하여 제작된 애플리케이션은 Unity 2019.2.3.f1(64bit), Oculus SDK, Vuforia 8.5.9를 활용하였다. 가상현실 사용자는 Oculus Quest 2 HMD를 착용하고 전용 컨트롤러를 사용하여 상호작용하고, 증강현실 사용자는 삼성 갤럭시 S20+ 모바일 장비로 뷰포리아의 이미지 타겟 기반으로 상호작

용한다. 통합 개발 및 실험환경에 사용된 PC는 Intel Core i7-10875H, 16GB RAM, Geforce RTX 2060 GPU를 활용하였다. 일반 사용자들은 [그림 1]의 개요에서 보여준 바와 같이 각각의 플랫폼에 맞게 참여하게 되고 애플리케이션을 체험하고 난 다음 주어진 설문지에 응답하는 방식으로 실험을 진행하였다. 가상현실 사용자는 직접 보행을 통한 이동을 하지 않기 때문에 편하게 앉거나 서서 체험할 수 있는 크기의 공간(1.5m×1.5m), 증강현실 사용자는 이미지 타깃을 책상 위에 배치하고 자유롭게 움직이며 체험할 수 있는 정도의 공간(2.0m×2.0m)으로 체험환경을 설정하였다. 설문의 주요 목적은 제안하는 비대칭 가상협업 환경에서 각각의 사용자가 사용자의 특징을 고려하여 제시한 상호작용을 통해 만족하는 현존감 또는 경험을 하였는지를 확인하는 것이다. 22~38세 사이의 총 20명으로 설문 참가자를 구성하고 애플리케이션을 가상현실과 증강현실 각각 한 번씩 체험한 다음 주어진 설문에 응답하는 방식으로 진행하였다. 이때 참가자 중 절반은 증강현실, 가상현실 순서대로 나머지는 가상현실, 증강현실 순서대로 체험하게 하여 체험 순서가 설문결과에 영향을 미치는 것을 최소화하도록 하였다.

3.5.2 사용자 대상 설문실험 결과

첫 번째 설문은 사용자 경험에 대한 분석으로 GEQ 설문지를 활용하여 참가자의 반응을 5점 척도로 기록하였다(0(not at all)~4(extremely)). 이 설문은 사용자 애플리케이션을 체험할 때 느끼는 경험을 다양한 모듈로 나누어 구성하고 있는데 본 연구는 7가지 요소로 구성된 핵심 모듈과 사용자들 사이의 관계에 따른 경험을 분석하기 위한 사회적 현존감 모듈의 항목들을 활용하였다. [표 1]은 설문결과를 토대로 통계 데이터를 기록한 결과이다. 전체적인 경험 만족도는 모든 사용자가 유사한 값으로 계산되었다. 세부적인 요소들을 확인해 보면 체험환경, 플랫폼, 역할 그리고 이를 기반으로 하는 상호작용의 차이로 인하여 각각 차이가 조금씩 나타남을 알 수 있다. 가상현실 사용자는 1인칭 시점에서 손을 활용하여 가상

환경, 객체와 직접적인 상호작용을 수행하기 때문에 감각적 요인과 몰입(sensory and immersion)이나 집중(tension)에 상대적으로 큰 값이 기록되었다. 이에 반하여 증강현실 사용자는 3인칭 시점에서 장면을 전체적으로 탐색하며 애플리케이션이 진행되는 과정을 관찰 및 제어할 수 있고 이에 따른 결과도 한눈에 확인할 수 있는 이점으로 인하여 흐름(flow)과 도전적 요소(challenge)가 큰 값을 보임을 알 수 있다. 하지만, One-way ANOVA(analysis of variance)를 통해 통계적 유의성을 계산한 결과를 계산한 결과 전체적인 만족도에서는 유의미한 차이가 없음은 물론 세부적인 요소들에 대해서 일부만 유의미한 차이를 가지고 경험을 제공함을 확인할 수 있었다. 가상현실 사용자는 몰입에 눈에 띄는 경험을 증강현실 사용자는 애플리케이션의 결과를 예측하고 판단하는데 필요한 도전적 요소에서 차이를 보이는데 이를 통해 상호작용과 역할에 따라 차별화된 경험을 유도할 수 있다는 결론을 도출할 수도 있다.

	가상현실 사용자	증강현실 사용자
평균(표준편차)		
comprehensive experience	2.767(0.364)	2.764(0.518)
sensory and immersion	3.617(0.444)	3.217(0.654)
flow	3.100(0.857)	3.380(0.357)
tension/annoyance	1.583(1.320)	1.000(1.531)
challenge	1.800(0.856)	2.300(1.091)
social interaction	3.292(0.531)	3.246(0.491)
짝 비교 (Pairwise Comparison)		
comprehensive experience	F(1,38) = 0.0004, p = 0.984	
sensory and immersion	F(1,38) = 4.859, p < 0.05*	
flow	F(1,38) = 1.728, p = 0.196	
tension/annoyance	F(1,38) = 1.5817, p = 0.216	
challenge	F(1,38) = 4.3103, p < 0.05*	
social interaction	F(1,38) = 0.0764, p = 0.784	

[표 1] 비대칭 상호작용을 통한 사용자 경험 분석결과 (*통계적 유의성 명시)

두 번째 설문은 현존감에 대한 분석으로 현존감 분석에 일반적으로 사용되는 PQ 설문지를 활용하여 참가자의 반응을 7점 척도로 기록하였다(1(not at all)~7(extremely)). 본 연구는 사용자의 특징을 고려하여 상

호작용과 역할을 설계함으로써 증강현실 사용자도 가상현실 사용자에게 근접한 현존감을 유도할 수 있을 것으로 가정하였다. [표 2]는 설문결과를 토대로 세부적인 데이터를 요소별로 기록한 결과이다. 전체적인 현존감은 몰입형 장비를 사용하는 가상현실 사용자가 상대적으로 큰 값을 나타낸 것을 알 수 있다. 중요한 점은 체험환경과 상호작용 및 참여 방식의 차이로 인하여 세부 요소에서 상대적인 차이가 나타났다는 것이다. 가상현실 사용자는 사실적 표현(realism)에서 높은 결과가 나타나는 현상을 보였고, 증강현실 사용자는 행동에 따른 결과가 가상 장면의 생성으로 바로 확인됨으로 인하여 성능 자기 평가(self-evaluation of performance)에서 큰 값을 보였다. 이 역시도 One-way ANOVA를 통해 통계적 유의성을 계산한 결과 세부적인 요소들 가운데 일부는 유의미한 차이를 보였고, 일부는 차이가 없음을 보였지만 전체적인 현존감에서는 유의미한 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다. 경험에 대한 설문과 마찬가지로 상호작용과 역할에 따라 경험은 물론 현존감에 대한 세부적인 반응들도 다르게 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

	가상현실 사용자	증강현실 사용자
평균(표준편차)		
total	6.118(0.256)	5.905(0.539)
realism	6.364(0.415)	5.807(0.839)
possibility to act	6.050(0.415)	6.125(0.562)
quality of interface	5.417(1.125)	5.600(1.361)
possibility to examine	6.333(0.537)	5.733(0.821)
self-evaluation of performance	6.125(0.705)	6.525(0.487)
짝 비교 (Pairwise Comparison)		
total	F(1,38) = 2.022, p = 0.163	
realism	F(1,38) = 6.724, p < 0.05*	
possibility to act	F(1,38) = 0.218, p = 0.642	
quality of interface	F(1,38) = 0.204, p = 0.653	
possibility to examine	F(1,38) = 7.108, p < 0.05*	
self-evaluation of performance	F(1,38) = 4.143, p < 0.05*	

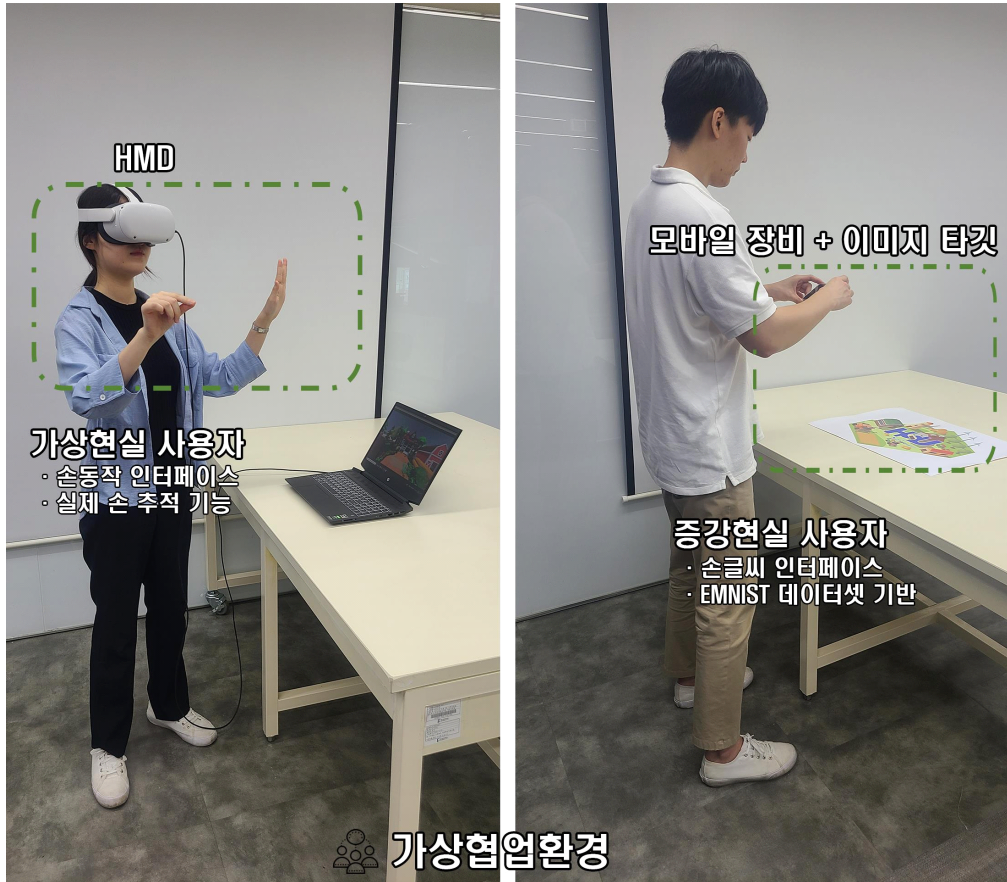
[표 2] 비대칭 상호작용에 대한 현존감 분석결과 (*통계적 유의성 명시)

IV. 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경

4.1 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경 구성

가상현실, 증강현실 사용자로 구성된 비대칭 가상환경에서 사용자의 체험환경, 특징을 고려하여 설계한 상호작용에 딥러닝을 적용한 새로운 인터페이스를 제안한다. 제안하는 인터페이스와 비대칭 가상환경은 시점 기반 상호작용에 딥러닝을 활용한 인터페이스 설계를 통해 만족하는 경험과 현존감을 제공하는 새로운 체험환경을 제공함을 핵심 목적으로 한다. 가상현실 사용자의 실제 손을 활용한 제스처 인터페이스, 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스를 기반으로 딥러닝 모델 중 CNN(Convolutional Neural Networks)을 활용하여 직관적이고 사용자 친화적인 인터페이스를 설계한다. [그림 8]은 가상현실, 증강현실 사용자의 특징에 따라 딥러닝을 적용하는 방법과 새롭게 설계된 인터페이스로부터 구성된 비대칭 가상환경의 참여 방식을 나타낸다. 제안하는 인터페이스의 목표는 딥러닝을 활용하여 단축키 기능과 같이 가상환경, 객체 및 사용자와 최소화된 입력으로 직관적인 상호작용이 가능하며 사용자가 쉽고 편리하게 배우고 활용할 수 있도록 설계하는 것이다.

가상현실, 증강현실 사용자가 참여하는 비대칭 가상환경에서 사용자들 각자 체험방식에 따라 다양한 행동과 의사소통을 수행할 경우 행동을 수행하거나 현재 행동에서 다른 행동으로 전환하기 위해서 컨트롤러 키 입력, 버튼, 메뉴와 같은 GUI 조작 및 선택 등 행동을 위해 처리해야 하는 입력 방식과 절차가 단계적으로 필요하고 이에 대한 학습 과정이 요구된다. 제안하는 비대칭 인터페이스는 딥러닝을 활용하여 이동, 설정, 메시지, 조작, 정보 공유 등 사용자가 수행할 수 있는 여러 행동을 키 입력 또는 GUI 선택에 따른 연속 과정을 줄여나감으로써 행동을 빠르게 수행하기 위해 사용하는 단축키와 같이 처리하는 방법을 새롭게 제안하고자한다.



[그림 8] 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경 구성 개요

4.2 가상현실 사용자: 딥러닝 기반 제스처 인터페이스

몰입형 가상환경에서 가상현실 사용자의 상호작용을 위한 수단으로 가상 공간에 GUI를 2차원 또는 3차원 방식으로 배치하여 메뉴, 버튼 등을 선택하는 방식, 컨트롤러 또는 키보드 입력을 통한 방식 등이 있다. 일반적인 입력방식은 행동이 많아질 경우 결과까지 거쳐야 할 단계나 숙지해야 할 키 입력에 대한 요구가 늘어날 수 있을 뿐만 아니라 HMD를 통한 입체적인 시각정보로 인하여 화면에 인터페이스를 표현하거나 인터페이스를 선택하고 제어하는 등의 과정이 불편할 수 있는 단점이 있다. 따라서 가상환경과 그 안에 존재하는 다양한 객체들과 상호작용하는 가장 중요하면서 많이 활용되는 도구인 손을

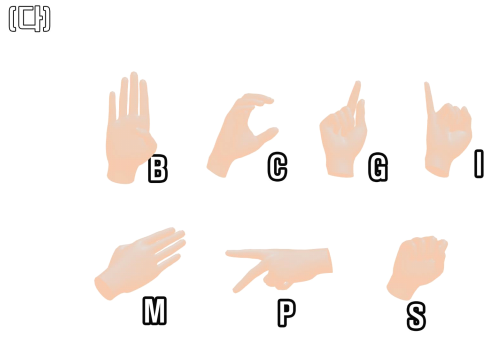
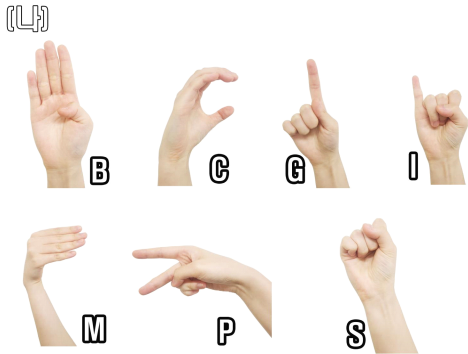
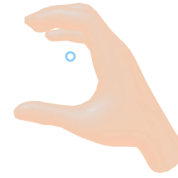
직접 활용하기 위하여 실제 손 제스처에서 행동으로 대응되는 제스처 인터페이스를 설계한다. 그리고 정의된 행동을 빠르고 직관적으로 처리할 수 있도록 딥러닝을 활용한다. 다음은 가상현실 사용자의 딥러닝 기반 제스처 인터페이스를 통한 상호작용의 구조이다.

1. Oculus Quest 2와 같이 손 추적기능이 포함된 가상현실 HMD를 통해 실제 손과 가상 손을 사실적으로 대응
2. 기존의 GUI나 키 입력 없이 가상 손을 활용하여 모든 행동을 수행하고 상호작용할 수 있는 수화를 활용한 알파벳 제스처를 정의
3. 2를 위한 사전 처리 단계로 실제 손을 활용하여 행동에 대응되는 제스처 이미지를 학습데이터로 구성하고, 제스처 인식 및 추론을 할 수 있는 CNN 모델을 학습
4. 학습된 CNN 모델을 활용한 제스처 인터페이스를 통해 실제 손동작에 따른 즉각적인 행동을 수행하는 상호작용을 구축

가상현실 사용자는 손동작을 단축키처럼 활용하여 이동, 조작, 설정, 취소 등 다양한 행동을 직관적이고 빠르게 수행한다. 이를 위해 행동에 대응되는 손동작은 손짓을 통해 뜻을 전달하는 언어의 일종인 수화를 활용한다. 이때, 하나의 동작으로 쉽고 빠르게 행동을 수행할 수 있도록 단어보다는 지문자(manual alphabet)를 활용하도록 한다. [그림 9]는 제안하는 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에서 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스를 위하여 정의한 지문자와 이를 토대로 실제 손으로부터 가상 손의 제스처를 대응시킨 과정을 나타낸 것이다(Nisar et al., 2009).



가상현실 사용자 시점

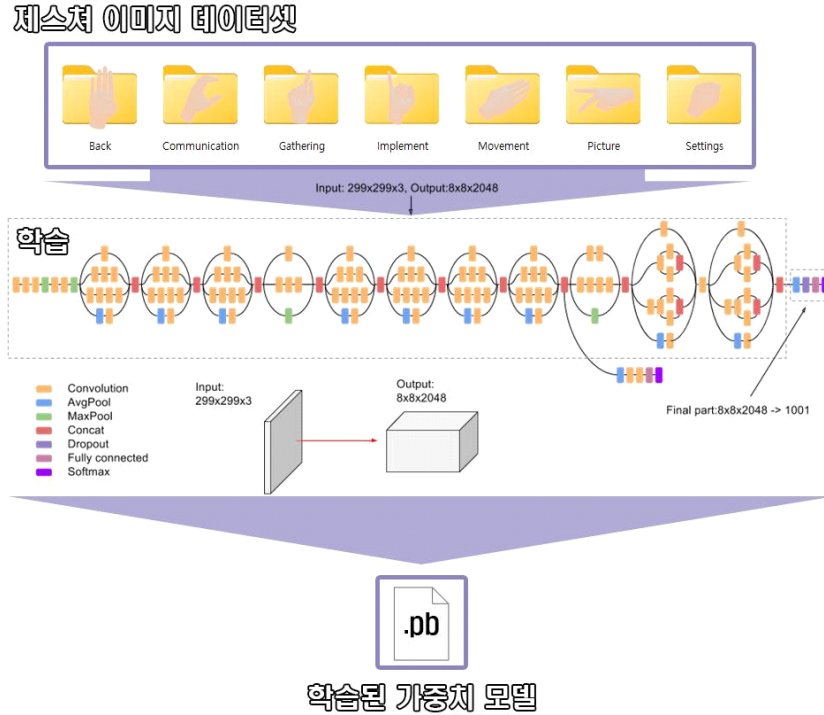


[그림 9] 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스의 입력 구조:

(가) 손 추적기능이 포함된 가상현실 HMD로부터 지문자 수화를 입력하는 과정 (나) 실제 손동작으로 제스처를 입력 (다) 가상 손으로 대응되어 표현되는 제스처

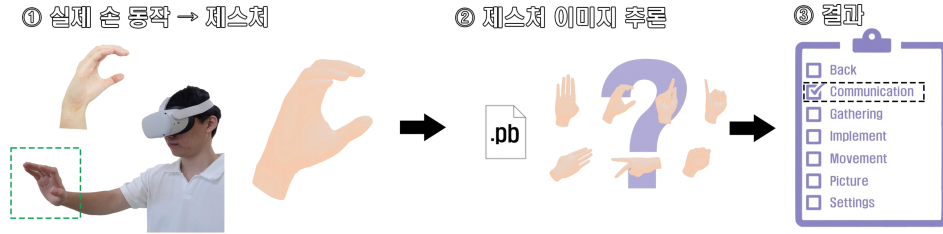
정의된 제스처로부터 행동으로 연결하기 위하여 본 연구는 (Kang et al., 2020)의 손 인터페이스에서 활용한 CNN 모델 구조와 처리 과정을 활용한다. CNN은 신경망이 깊고 넓을수록 좋은 성능의 결과물을 만들 수 있지만, 망이 깊어질수록 연산량이 많아지고 과적합과 정보손실 등의 문제로 학습에 어려움이 발생하기도 한다. Inception 모델은 1×1 컨볼루션 계층을 활용하여 채널을 줄이거나 5×5 , 7×7 컨볼루션 계층과 같이 많은 연산을 필요로 하는 컨볼루션 계층을 3×3 컨볼루션 계층으로 분해하여 연산량을 줄여 향상된 학습을 수행한다. 또한, 망이 깊어질수록 발생하는 정보손실을 최소화하기 위하여 완전연결 계층과 소프트맥스(softmax) 계층을 활용한 오차 역전파(back-propagation)로 가중치를 갱신하며 학습을 진행한다. 본 연구는 42개의 계층으로 구성된 Inception v3 구조와 파라미터들을 가져와 사전 처리 과정으로 촬영 및 분류한 지문자 제스처 데이터 셋에 재학습(retraining)을 진행

하는 전이학습(transfer learning)을 수행한다(Szegedy et al., 2016). [그림 10]은 제안하는 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스에 사용된 inception v3 모델의 구조이다.



[그림 10] 제스처 인터페이스의 학습에 사용된 inception v3 모델 구조

비대칭 가상환경에 참여하는 가상현실 사용자가 수행할 수 있는 행동들을 다양하게 정의하고, 행동을 하나의 클래스로 구분하여 각 100개 내외의 지문자 제스처 이미지 데이터 셋을 inception v3 모델을 활용하여 학습을 진행한다. 그리고 통합 개발환경인 유니티 3D 엔진에서 실제 손동작에 대응되어 표현된 가상 손의 제스처를 256×256 크기의 이미지 파일로 변환하여 저장한다. 마지막으로 저장된 가상 손 제스처 이미지를 입력 노드에 넘겨 계산된 출력 노드의 값을 토대로 제스처에 대응된 행동을 결과로 추론한다. [그림 11]은 학습된 딥러닝 모델을 활용하여 m개의 제스처와 이에 대응된 m개의 행동을 기반으로 하나의 제스처를 입력하고 추론된 행동을 연결하는 과정을 나타낸다.



[그림 11] 가상현실 사용자의 제스처 입력으로부터 행동을 추론하는 처리 과정 예

제스처 인터페이스에 사용된 inception v3 모델의 활성화 함수는 소프트맥스를 사용한다. 이는 다중 클래스 분류에 사용되는 함수로 m 개의 제스처 클래스를 토대로 전이학습을 수행하여 확률값을 계산한다. 소프트맥스 함수에서 i 번째 출력 노드의 출력($\phi(v_i)$)은 [식 1]과 같이 계산됩니다. 이때 v_i 는 i 번째 출력 노드의 가중치 합, m 은 출력 노드의 개수이다.

$$\phi(v_i) = \frac{\exp(v_i)}{\sum_j^m \exp(v_j)} = \frac{e(v_i)}{\sum_j^m \exp(v_j)}$$

[식 1] 소프트맥스 함수

소프트맥스 출력의 각 원소는 0.0 이상 1.0 이하의 실수이다. 그리고 노드의 출력을 모두 합한 값이 항상 1이 된다[식 2].

$$\phi(v_1) + \phi(v_2) + \phi(v_3) + \dots + \phi(v_m) = 1$$

[식 2] 소프트맥스 출력값의 합

4.3 증강현실 사용자: 딥러닝 기반 텍스트 인터페이스

제안하는 비대칭 가상환경에서의 증강현실 사용자는 모바일 장비를 활용하여 터치 기반 인터페이스를 통해 화면을 직접 터치하거나 GUI에서 제공하는 버튼, 메뉴 등을 클릭하는 방식으로 가상환경, 객체 또는 사용자와 상호작용한다. 그런데, 사용자가 수행하는 행동 또는 기능들이 많아질 경우 이를 판단하거나 선택하기 위한 버튼, 메뉴 등의 인터페이스 기능들이 많아지고 이를 화면 위에 표현하는 과정에서 시야에 방해를 주거나 거쳐야 할 단계가 늘어나 조작에 불편함을 유발할 수 있다. 본 연구는 손글씨를 통해 원하는 행동으로 직접 빠르게 연결할 수 있도록 딥러닝을 활용한 텍스트 인터페이스를 제안한다. 다음은 증강현실 사용자의 딥러닝 기반 텍스트 인터페이스를 통한 상호작용 구조를 정리한 것이다.

1. 모바일 플랫폼환경에서 화면 터치 입력을 기반으로 누르기(press), 끌기(drag) 등의 동작을 통해 사용자로부터 손 글씨를 입력
2. EMNIST(Extended Modified National Institute of Standards and Technology database)(Cohen et al., 2017) 데이터 셋을 기반으로 입력받은 손 글씨 텍스트에서 원하는 행동을 빠르고 직관적으로 연결하기 위한 알파벳 텍스트를 정의
3. CNN 모델을 활용하여 입력받은 손 글씨 텍스트를 인식 및 추론하여 연결된 행동으로부터 상호작용을 수행

모바일 플랫폼에서의 인터페이스는 화면을 터치하여 끌기, 누르기, 벌리거나 오므리기 등의 입력방식 또는 버튼, 메뉴 등의 GUI를 통해 상호작용한다. 제안하는 증강현실 사용자의 인터페이스는 터치 입력을 기반의 행동 또는 GUI를 최소화할 수 있도록 손 글씨 텍스트를 입력하고 이를 기반으로 상호작용하는 텍스트 인터페이스를 제안한다. 우선, 사용자가 종이 위에 펜으로 글씨를 쓰듯이 모바일 화면 위에서 손 글씨 텍스트를 입력받기 위하여 모바일 화면에 입력 영역을 설정하고, 터치 시작점으로부터 끌기(drag) 행동을 통해 손끝이 움직이는 좌표를 계산하고 이를 선(line)으로 연결한다. 이때 선의 속성(두께, 색 등)은 EMNIST 데이터 셋의 손 글씨 이미지 속성을 고려하여

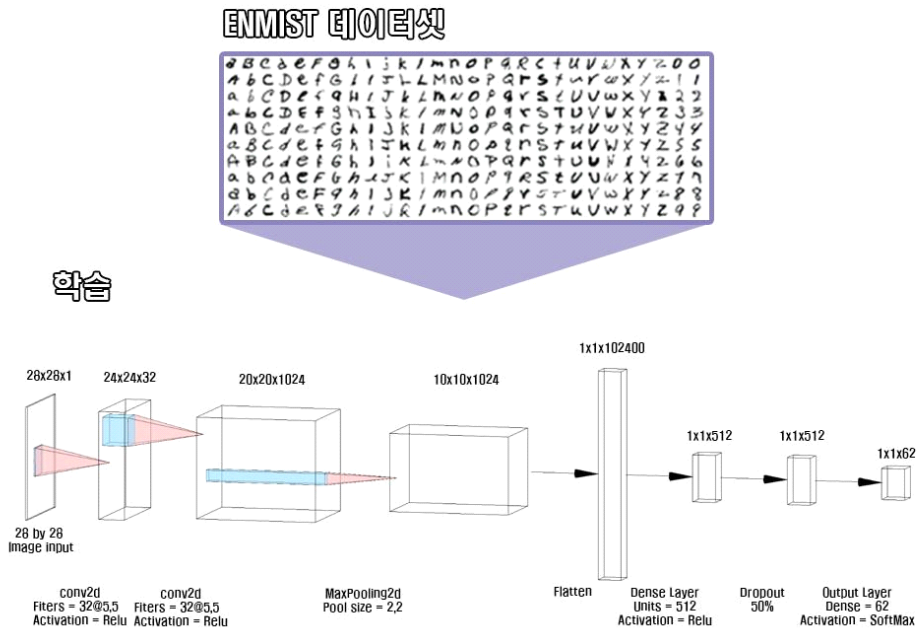
설정한다. 그리고 사용자가 그린 손 글씨를 정확한 알파벳으로 추론하기 위하여 EMNIST 데이터 셋을 활용한다. EMNIST 데이터 셋은 숫자만으로 구성된 MNIST 데이터 셋에 영어 알파벳 대소문자까지 확장한 데이터 셋이다. 손 글씨 영숫자 모음(알파벳 대소문자(A~Z, a~z) 각각 26개와 숫자(0~9) 10개의 62개 조합)으로 구성된 EMNIST 데이터 셋 이미지는 각각 0~255범위의 28×28 크기의 회색조 이미지(794픽셀)로 훈련에는 697,932개의 데이터 셋을 실험에는 116,323개의 데이터 셋으로 구성된다(Alejandro et al., 2019). [그림 12]는 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스에 사용된 EMNIST 데이터 셋의 일부를 나타낸 것이다.



[그림 12] EMNIST 데이터 셋의 손 글씨의 예(Cohen et al., 2017)

사용자가 입력한 손 글씨로부터 행동을 빠르고 정확하게 연결하여 상호작용을 구현하기 위하여 증강현실 사용자 역시 CNN을 활용한다. 단, 증강현실 사용자는 모바일을 통해 비대칭 가상환경에 참여하기 때문에 모바일 플랫폼에서 효과적으로 학습과 추론을 수행할 수 있도록 Mor et al.(2019)의 CNN 구조를 활용한다 [그림 13]. 이는 안드로이드 용 손 글씨 텍스트 분류 애플리케이션 제작을 목적으로 2개의 컨볼루션(Convolution) 계층, 1개의 텐스(dense) 계층으로 구성된 CNN을 기반으로 한다. 또한, 활성화 함수로는 정류선형 유닛(ReLU, Rectified Linear Unit)를 사용하여 유의미한 데이터들을 선형으로 보존하였으며 드롭아웃(Dropout)을 실행하여 과적합을 방지하고 모델을 정규화한다. 이 모델은 안드로이드 환경에서 알엠에스프롭(RmsProp), 아담(Adam, Adaptive Moment Estimation), 아다델타(Adadelata, Adaptive Delta) 등 여러 최적화 알고리즘을 적용한 네트워크 구조를 활용하여 알파벳 텍스트 인식률을 비교하였고 아담 알고리즘을 적용하였을 때 가장 높은 텍스트 분류 인식률(87.1%)을 보였다. 이를 기반으로 증강현실 사용자의 텍스트

인터페이스를 위한 딥러닝 모델을 설계한다.

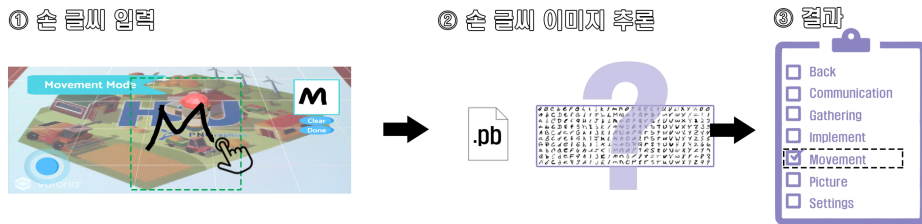


[그림 13] Mor et al.(2019)의 EMNIST 기반 손 글씨 인식 CNN 모델 구조

증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스 역시 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스와 동일하게 소프트맥스 활성화 함수를 활용한다[식 1, 2]. 단, 텍스트 인터페이스는 EMNIST 데이터 셋을 활용하기 때문에 m개의 알파벳과 행동을 정의한다고 하여도 62개(0~9 숫자, 알파벳 대소문자)의 텍스트 중 하나의 결과로 추론이 된다. [알고리즘 4]는 62개의 클래스에서 증강현실 사용자의 행동을 위해 대응되는 m개의 알파벳 가운데 하나로 선택이 귀결되도록 설계한 것이다. 추론된 확률값 중 가능성이 큰 알파벳을 선별하여 이에 대응되는 행동이 정확히 동작할 수 있도록 판단하는 구조이다.

[알고리즘 4] 증강현실 사용자의 알파벳 분류 및 행동 추론 과정
<pre> procedure 정의된 행동과 알파벳에 대응되는 확률값으로 재계산 1. p_j: 62개의 영숫자 모음에 대한 클래스 확률 중 n개의 상위 확률값 2. α_k: m개의 행동에 대응되는 알파벳 모음 대소문자 구분, 7개의 행동일 경우 총 14개(k)의 알파벳 모음 조합 3. $p'_j = p_j * \omega$: j번째 클래스 중 α_k내의 알파벳이 있다면 가중치 적용 4. 같은 알파벳에서 대소문자가 다른 경우 두 확률값을 누적 대소문자 모두 같은 알파벳으로 처리 5. 계산된 확률값 p'_j을 $\phi(v_i)$으로 갱신 end procedure </pre>

증강현실 사용자 역시 사전에 m 개의 텍스트와 대응되는 행동을 정의한다. 사용자는 정의된 알파벳 텍스트 중 하나를 손 글씨로 입력하면 Mor et al.(2019)의 CNN 모델을 통해 손 글씨를 추론하고 입력된 텍스트로부터 별도의 GUI나 거치지 않고 원하는 행동을 빠르고 쉽게 수행한다[그림 14].



[그림 14] 증강현실 사용자의 손 글씨 입력으로부터 행동을 추론하는 처리과정 예

4.4 애플리케이션 제작

가상현실 사용자와 증강현실 사용자의 특징(장비, 입력방식 등)을 고려하여 딥러닝을 활용한 인터페이스를 설계하고 이를 통하여 비대칭 가상환경에서의 새로운 체험환경을 제안한다. 시점 기반 비대칭 상호작용에서와 같이 모든 사용자는 같은 가상공간에서 독립된 역할을 가진다. 그리고 공동의 목표를 달성하기 위해 협업, 소통 등의 행동을 수행할 수 있다. 제안하는 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에서는 가상현실, 증강현실 사용자 모두가 플랫폼과

관계없이 일관적인 구조에서 최소화된 GUI, 입력을 통해 다양한 행동을 수행할 수 있도록 알파벳을 통한 통일된 인터페이스 입력 구조를 유지하는 것이 핵심이다. 인터페이스를 통해 상호작용하는 과정은 단축키와 같이 학습하는 과정은 필요하지만 숙지하면 편리하고 유용하다는 특징을 반영하고자 한다. 따라서 새로운 방식으로 동작하는 인터페이스에 대한 만족도와 함께 비대칭 가상환경에서의 현존감 등을 비교 분석하기 위한 애플리케이션을 제작한다 (Cho et al., 2022, in press).

애플리케이션은 가상 농장을 배경으로 가상현실, 증강현실 사용자가 농장에서의 역할을 구분하여 배정하고, 모든 사용자에게 7가지의 행동을 정의한다. 미리 정의된 7가지 행동은 취소(Back), 의사소통(Communication), 수집(Gathering), 조작(Implement), 이동(Movement), 공유(Picture), 설정(Settings)으로 구성하며 지문자를 통한 제스처 또는 손 글씨를 활용한 텍스트 입력을 위한 알파벳으로 각 단어의 첫 번째 알파벳인 B, C, G, I, M, P, S를 활용한다. 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경은 시점 기반 상호작용에서의 애플리케이션과 다르게 가상현실, 증강현실 사용자가 똑같이 7가지 행동을 수행할 수 있다. 똑같이 정의된 7가지 행동 아래서 사용자별로 다르게 정의된 역할에 따라 상호작용하면서 목표를 달성하게 된다. 다음은 제안한 비대칭 가상환경에서 사용자가 수행할 수 있는 7가지 행동을 정의한 것이다.

1. 취소(Back): 현재 수행한 행동을 취소하거나 초기값으로 변경
2. 의사소통(Communication): 사용자간 매크로 채팅을 활성화하여 메시지를 주고받는 의사소통기능
3. 수집(Gathering, 또는 잡기/선택): 가상현실 사용자는 손을 사용하여 직접 객체를 수집(또는 잡기), 증강현실 사용자는 가상 객체를 화면 터치를 통해 수집(또는 선택)
4. 조작(Implement, 또는 도구) : 가상 객체를 조작, 제어하는 기능으로 가상현실 사용자는 손을 증강현실 사용자는 화면 터치를 통해 객체를 조작하거나 새로운 객체(도구)를 가상환경에 생성
5. 이동(Movement): 가상현실 사용자는 포털을 사용하여 원하는 위치로 순간이동을 증강현실 사용자는 가상환경 내 3D 아바타를 배치하여 가상 조이패드를 통한 이동을 수행

6. 공유(Picture): 현재 사용자의 시선(카메라)에서 보이는 장면을 다른 사용자와 공유
7. 설정(Settings): 가상환경에서의 설정(UI 색, 배경음 등)을 변경

[그림 15]는 7가지 행동을 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 제안한 인터페이스를 통해 처리하는 과정을 나타낸 것이다. 이때, 가상현실 사용자는 7가지 행동에 필요한 제스처(B, C, G, I, M, P, S)이미지를 촬영하고 이동, 회전, 크기 등의 연산을 통해 증강하여 총 4,514장의 데이터 셋을 구성하였다. 그리고 제스처 분류를 위한 학습을 진행하였다.

가상 농장을 배경으로 하는 애플리케이션은 가상현실, 증강현실 사용자가 함께 협업하여 농작물을 재배 및 수확하는 체험을 진행한다. 다음은 애플리케이션의 진행 방식으로 차례대로 정리한 것이다.

1. 증강현실 사용자는 이동(Movement) 행동으로 3D 아바타를 받으로 이동, 조작(Implement) 행동으로 허수아비를 생성
2. 가상현실 사용자는 이동 행동으로 받으로 이동, 조작 행동으로 가상 씨앗 객체를 손으로 잡아서 뿌리기 행동을 수행
3. 자라나는 옥수수 등 농작물을 수집(Gathering) 행동을 통해 각각 수확
4. 가상현실 사용자와 증강현실 사용자가 협업하며 농작물을 재배, 수확하는 과정에서 필요한 메시지를 전달(의사소통, Communication)하거나 장면을 공유(Picture), 현재 행동을 취소(Back)하는 등 다양한 행동을 수행
5. 필요에 따라 배경화면, 음악, UI 디자인 등을 설정(Setting) 행동으로 변경



[그림 15] 딥러닝을 활용한 인터페이스를 통해 사용자별로 행동을 수행하는 과정: (가) 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스 (나) 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스

[그림 16]은 딥러닝 기반 비대칭 가상환경 체험을 위해 제작한 애플리케이션의 전체적인 장면과 진행 과정을 나타낸 것이다. 중요한 점은 [그림 15]에서 보여지는 7가지 행동과 알파벳, 그리고 이에 대응되는 가상현실 사용자의 제스처, 증강현실 사용자의 텍스트에만 국한되는 것이 아니라 활용 분야, 응용 방법 등에 따라 다양하게 알파벳, 행동 등을 변경 및 커스터마이징 가능한 확장성을 가지고 있다는 것이다.



[그림 16] 가상 농장 배경으로 제작된 애플리케이션 결과:

- (가) 애플리케이션의 전체적인 장면 구성 (나) 가상현실 사용자의 체험 과정
(다) 증강현실 사용자의 체험 과정

4.5 실험 및 분석

4.5.1 실험환경 구성

가상현실, 증강현실 사용자가 함께 참여하는 딥러닝을 활용한 비대칭 가상 환경에 대한 체험 및 설문 분석을 위하여 제작한 애플리케이션은 Unity 2019.2.3.f1(64bit), Oculus SDK, Vuforia 8.5.9을 활용하였다. 그리고 가상 현실 사용자는 Oculus Quest 2 HMD를 착용하고 손 추적 기능을 통해 실제 손을 활용하여 상호작용하고, 증강현실 사용자는 삼성 갤럭시 S20+ 모바일 장비를 사용하여 사전에 정의한 이미지 타깃을 배치하여 상호작용한다. 이때 각각 사용자의 딥러닝 기반 인터페이스에 적용된 CNN 모델은 Python 3.7이 포함된 Anaconda 3, conda 4.6.12와 Tensorflow 3.6.8개발환경을 통해 구현하였다. 통합 개발환경 구축 및 실험에 사용된 PC는 Intel Core i7-10875H, 16GB RAM, Geforce RTX 2060 GPU를 활용하였다.

설문실험을 위해 참가한 사용자들은 [그림 8]의 체험환경 구성에서와 같이 각각의 플랫폼과 인터페이스 방식에 맞게 참여하고 애플리케이션을 체험하고 난 다음 주어진 설문지에 응답하는 방식으로 실험을 진행하였다. 그리고

이 과정에서 사용자의 입력(제스처 또는 텍스트)에 따른 행동 추론의 정확도를 함께 기록하였다. 가상현실 사용자는 편하게 앉거나 서서 체험할 수 있는 정도의 공간(1.5m×1.5m)으로, 증강현실 사용자는 더 자유롭게 이동하며 체험할 수 있는 크기의 공간(2.0m×2.0m)으로 체험환경을 구성하였다.

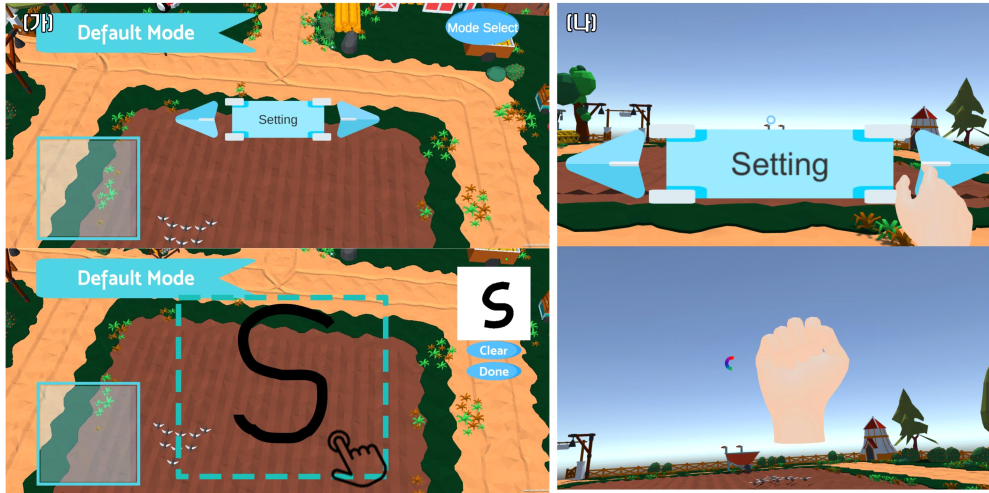
4.5.2 사용자 대상 설문실험 결과

딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에서 사용자를 대상으로 제안하는 인터페이스에 대한 만족도를 비롯하여 새로운 체험환경에서의 현존감과 사용자들 사이의 사회적 관계 등을 종합적으로 비교 분석하는 설문실험을 진행하였다. 참가자는 가상현실, 증강현실을 포함한 대화형 콘텐츠에 대한 경험이 있는 일반인과 개발 경험까지 보유한 컴퓨터공학 관련 전공의 학생과 연구자들로 구성하였다. 기존의 GUI 방식의 콘텐츠 상호작용 과정에 대한 이해가 있는 상태에서 제안한 새로운 방식의 인터페이스를 비교하며 체험할 수 있는 지식과 경험을 보유한 사용자들로 설문 대상을 고려하였다. 설문의 목적은 크게 3가지로 구성된다. 우선 딥러닝을 활용한 새로운 방식의 인터페이스가 쉽게 배우고, 편리하게 사용할 수 있는지 등 인터페이스에 대한 만족도를 비교 분석한다. 그리고 비대칭 가상환경에 참여하는 가상현실, 증강현실 사용자가 체험방식, 플랫폼과 역할의 차이를 고려한 상황에서 각각의 행동을 수행할 때 특징에 적합한 만족하는 현존감을 받을 수 있는지를 비교하는 것이다. 마지막으로 상호작용 과정에서 다른 플랫폼의 사용자들이 서로 사회적 관계를 통해 발생하는 사회적 경험을 분석하도록 한다.

첫 번째 설문실험은 딥러닝 기반 인터페이스에 대한 만족도를 비교 분석한다. 기본적으로 제안하는 인터페이스를 통한 상호작용은 최소화된 GUI로 원하는 행동을 빠르게 수행함으로써 편리한 경험을 제공하는 것이다. 설문실험의 첫 번째 목적은 기존의 GUI 방식과 비교하여 새로운 인터페이스가 제공하는 경험의 차이를 분석하는 것이고, 두 번째 목적은 사용자의 특징에 따라 새롭게 제안하는 인터페이스의 세부적인 만족도의 차이를 확인하고자 하는 것이다. 설문 참가자는 22~39세 사이의 총 12명(남 8명, 여 4명)으로 구성하였고, USE 설문지의 4개 항목, 30개 문항을 토대로 7점 척도로 값을 기록하였다. [표 3]은 설문결과를 토대로 통계 데이터를 정리한 것이다. [그림 17]은

정의된 행동을 수행하는 과정에서 기존의 GUI와 제안하는 인터페이스의 상호 작용 방식의 차이를 나타낸 것이다. 이를 통해 각 항목에 대한 설문 값을 비교 분석한 결과, 유용성(usefulness), 사용의 용이성(ease of use), 그리고 전반적인 만족도(satisfaction)에서 기존의 GUI 방식과 비교하여 제안하는 제스처, 텍스트 인터페이스가 향상된 결과를 나타냄을 확인할 수 있었다. 다만, 학습의 용이성(ease of learning)의 경우 대부분의 설문 참가자들은 기존의 GUI에 친숙해져 있는 상태에서 제스처를 취하거나 텍스트를 입력하는 등의 새로운 방식으로 행동을 수행하는 구조를 새롭게 배우는 데 시간과 노력이 필요하여 상대적으로 제안하는 인터페이스가 낮은 결과를 보였다. One-way ANOVA를 통해 사용자 각각에 대한 통계적 유의성을 계산한 결과 모든 항목에 대해서 유의미한 차이는 확인할 수 없었다. 딥러닝을 활용한 인터페이스가 전반적인 만족도 향상에 영향을 주었지만 유의미한 차이까지는 영향을 주지 못하였다. 하지만, 만족도의 측면에서는 단축키와 같이 적응 과정을 거치면 더욱 유용하게 사용될 수 있는 것처럼 접근하기 쉬운 방식으로 개선해 나간다면 충분히 유의미한 차이까지도 유도할 수 있을 것으로 판단되었다.

다음은 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스와 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스의 만족도 차이를 확인하였다. 전체적으로 모든 사용자가 높은 만족을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스는 기존의 GUI 틀 내에서 텍스트를 입력받는 구조이기 때문에 배우고 활용하기에 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스보다는 상대적으로 쉽고 편리하다는 결과를 보였다. 그럼에도 불구하고 One-way ANOVA를 통해 통계적 유의성을 계산한 결과 4가지 요소들에 대해 유의미한 차이는 없음을 확인할 수 있었다.



[그림 17] 같은 행동 수행을 위하여 기존의 GUI 방식(위)과 제안하는 인터페이스(아래) 차이의 예: (가) 증강현실사용자 (나) 가상현실 사용자

	가상현실 사용자		증강현실 사용자	
평균(표준편차)				
	기존 GUI	제스처 인터페이스	기존 GUI	텍스트 인터페이스
usefulness	5.813(1.093)	6.021(1.128)	5.802(0.844)	6.156(0.271)
ease of use	5.705(1.054)	5.712(1.342)	6.129(0.770)	6.235(0.445)
ease of learning	6.146(0.681)	5.854(1.431)	6.417(0.562)	6.396(0.710)
satisfaction	5.774(1.223)	6.274(1.093)	5.929(1.095)	6.464(0.535)
짝 비교 (Pairwise Comparison)				
usefulness	F(1,22) = 0.195, p = 0.664		F(1,22) = 1.757, p = 0.199	
ease of use	F(1,22) = 0.0002, p = 0.988		F(1,22) = 0.157, p = 0.696	
ease of learning	F(1,22) = 0.373, p = 0.548		F(1,22) = 0.006, p = 0.940	
satisfaction	F(1,22) = 1.022, p = 0.323		F(1,22) = 2.126, p = 0.159	
짝 비교: 가상현실 제스처 인터페이스 vs 증강현실 텍스트 인터페이스				
usefulness	F(1,22) = 0.150, p = 0.702			
ease of use	F(1,22) = 1.504, p = 0.233			
ease of learning	F(1,22) = 1.265, p = 0.273			
satisfaction	F(1,22) = 0.296, p = 0.609			

[표 3] 제안한 딥러닝 기반 인터페이스와 기존 GUI 방식과의 인터페이스 만족도 비교 분석결과 (*통계적 유의성 명시)

두 번째 설문실험은 몰입에 기반을 둔 현존감 분석이다. 본 연구는 사용자의 체험환경의 특징을 분석하고 이에 적합한 인터페이스를 새롭게 설계함과

동시에 역할, 행동을 적절히 설계함으로써 모든 사용자가 만족하는 현존감을 제공받을 수 있을 것으로 가정하였다. 이를 확인하기 위하여 20~53세 사이의 총 20명(남 11명, 여 9명)으로 설문 참가자를 구성하고, PQ의 19가지 문항을 7점 척도로 기록하였다. [표 4]는 기록된 값을 토대로 세부적인 항목을 분석한 결과이다. 전체적으로 가상현실 사용자가 몰입형 체험환경으로 인하여 종합적인 만족도에 있어 큰 값을 나타내고 있다. 다만, 세부항목에서는 체험환경과 인터페이스에 따른 상호작용에 의하여 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 가상현실 사용자의 경우 실제 손을 직접 활용하여 가상환경, 객체들과 상호작용하여 사실적 표현(realism)과 조작과 관련된 검사 가능성(possibility to examine)이 크게 나타났다. 증강현실 사용자는 인터페이스에 대한 적응과 만족도가 상대적으로 높은 특징으로 인하여 행동을 예측하거나 상황에 적응하는 과정이 수월하였고 그 결과 행동 가능성(possibility to act), 인터페이스의 질(quality of interface), 성능 자기 평가(self-evaluation of performance)에서 큰 값을 기록하였다. 사용자의 특징과 플랫폼에 맞는 인터페이스를 토대로 체험환경을 설계한다면 가상현실은 물론 증강현실 사용자도 만족하는 현존감을 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한, One-way ANOVA를 통해 통계적 유의성을 계산한 결과 모든 요소에 유의미한 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 한 가지 주목할 수 있는 점은 시점 기반 상호작용으로 비대칭 가상환경을 구성하였을 때와 비교하였을 때 새로운 체험방식과 통일된 행동 등 체험환경을 개선해 나감으로 인하여 모든 사용자가 유의미한 차이 없이 향상된 경험을 받을 수 있다는 것이다([표 2] 참고)

	가상현실 사용자	증강현실 사용자
평균(표준편차)		
total	6.132(0.390)	6.092(0.471)
realism	6.143(0.593)	6.050(0.545)
possibility to act	5.900(0.718)	5.988(0.731)
quality of interface	6.300(0.526)	6.433(0.507)
possibility to examine	6.400(0.663)	6.067(0.478)
self-evaluation of performance	5.900(0.718)	5.975(0.798)
짝 비교 (Pairwise Comparison)		
total	F(1,38) = 0.059, p = 0.809	
realism	F(1,38) = 0.253, p = 0.618	
possibility to act	F(1,38) = 0.139, p = 0.712	
quality of interface	F(1,38) = 0.633, p = 0.431	
possibility to examine	F(1,38) = 3.156, p = 0.084	
self-evaluation of performance	F(1,38) = 0.093, p = 0.762	

[표 4] 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에서의 현존감 비교 분석결과
(*통계적 유의성 명시)

마지막 설문실험은 사용자들 사이의 사회적 관계에 대한 분석결과이다. 제안하는 인터페이스를 기반으로 한 체험환경을 통해 가상현실, 증강현실 사용자가 함께 참여하는 과정에서 상호작용과 사회적 관계를 통한 현존감 및 경험을 분석하고자 한다. 이를 위해 Networked Minds Measure of Social Presence 설문지 중 행동 참여(behavioral engagement)의 3가지 요소(행동 상호작용(behavioral interaction), 상호지원(mutual assistance), 의존적 행동(dependent action))을 활용하여 사용자 간 행동 경험을 확인한다. 이 역시 7점 척도로 값을 기록하며, 통계 데이터를 토대로 비교 분석을 수행하였다. [표 5]는 사회적 현존감 설문결과를 나타낸 것이다. 가상현실 사용자와 증강현실 사용자는 각각의 인터페이스를 통해 정의된 행동을 수행한다. 그리고 이 과정에서 서로 협업하며 목표를 달성하는 사회적 관계를 갖는다. 하지만 체험환경의 차이로 인하여 공유하는 정보나 협동, 의존 등의 행동 결과에 차이가 발생할 수 있다, 가상현실 사용자는 상황을 전체적으로 탐색하며 판단하는 증강현실 사용자의 도움을 받아 행동을 수행하는 부분들이 많아 상호지원(mutual assistance) 요소에 상대적으로 큰 값이 기록되었다. 증강현실 사용자는 가상현실 사용자가 가상환경, 객체와 직접적인 상호작용을 통해 장면과 상황을 변화시켜 가고 여기에 의존하여 행동을 수행하는 특징을 보여 의존적

행동(dependent action)에 큰 값이 기록됨을 확인하였다. One-way ANOVA를 통해 통계적 유의성을 계산한 결과 모든 요소들에 대해 유의미한 차이는 없음을 확인할 수 있었다.

	가상현실 사용자	증강현실 사용자
평균(표준편차)		
behavioral interaction	4.508(0.777)	4.500(0.850)
mutual assistance	4.700(0.897)	4.675(0.926)
dependent action	3.975(1.978)	4.050(2.018)
짝 비교 (Pairwise Comparison)		
behavioral interaction	F(1,38) = 0.001, p = 0.975	
mutual assistance	F(1,38) = 0.007, p = 0.933	
dependent action	F(1,38) = 0.013, p = 0.909	

[표 5] 사용자 사이의 상호작용을 통한 사회적 현존감 비교 분석결과
(*통계적 유의성 명시)

4.5.3 딥러닝 기반 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과

딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경에 참여하는 가상현실, 증강현실 사용자의 인터페이스는 딥러닝을 통해 행동을 추론하는 과정이 수행되는 만큼 입력값을 정확히 인식하여 결과를 추론하는 것이 중요하다. 따라서, 인터페이스를 통해 행동을 수행하는 과정에서 정확도를 분석하였다. 앞선 설문실험을 통해 체험하는 과정에서 사용자가 의도한 입력에 대응되는 정확한 행동 값이 추론되는 지를 기록하였다. [표 6, 7]은 가상현실 사용자와 증강현실 사용자의 인터페이스 정확도를 각각 계산한 결과로 인터페이스를 통해 알파벳 이미지(각 제스처 300개 또는 각 텍스트 데이터 150개)가 입력되었을 때 대응되는 알파벳(B, C, G, I, M, P, S의 정의된 7가지 알파벳 가운데 하나)으로 추론한 확률값을 기록한 것이다.

단위 : %

		B	C	G	I	M	P	S
기본 정확도		90.697	100	97.783	98.550	97.904	99.460	100
기준 입력값 적용	5%	95.789	100	98.857	98.511	98.480	100	100
	10%	97.706	100	99.404	99.687	98.776	100	100

[표 6] 가상현실 사용자의 제스처 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과

	B	C	G	I	M	P	S
기본 정확도	92.000	72.666	85.333	66.666	89.333	97.142	66.000
행동 추론 적용 [알고리즘 4]	98.000	97.333	96.666	94.000	91.333	98.666	99.333

[표 7] 증강현실 사용자의 텍스트 인터페이스의 행동 추론 정확도 분석결과

본 연구는 가상현실 사용자의 손동작을 실제 지문자 수화를 통해 확장성을 고려하여 설계하였다. 손동작 인터페이스의 이미지 분류과정에서 가장 높은 유사도를 가진 두 동작간의 차이값에 대한 기준 임곗값을 부여하여 임곗값 미만일 경우 손동작을 다시 입력받도록 설계하여 사용자가 의도한 손동작과 제스처의 불일치를 최소화 하였다. 표 6 에서는 임곗값을 각각 5%, 10%로 지정하여 기존 정확도보다 향상된 정확도를 보인다. 또한 유사도를 고려해서 제스처를 수정한다면 정확도를 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 증강현실 사용자는 (I, S)손 글씨에서 비교하적 낮은 정확도를 보였다. 이는 EMNIST 에서 제공하는 모든 알파벳 모음(62개, 0~9의 숫자와 알파벳 소문자 대문자)을 기반으로 설계하여 사용하지 않은 다른 손 글씨까지 포함하여 분류하기 때문이다. I, S의 입력을 예로 들면, 손 글씨 I는 숫자 1, 알파벳 소문자 l(엘)로 인식되는 상황과 손 글씨 S는 숫자 5로 인식되는 등의 상황이 발생하여 오답률이 높아지는 문제가 발생하였다. 이를 위해 본 연구는 62개의 경우의 수 가운데 정의된 m개의 행동으로 추론이 될 수 있도록 추론된 확률값 중 가능성이 큰 알파벳을 선별하여 행동으로 대응되는 알고리즘을 추가로 적용하였다([알고리즘 4] 참고). 이를 통해 유사성이 높은 손 글씨(I, S)의 정확도를 큰 폭으로 증가 시킬 수 있었고, 나머지 손 글씨에 대해서도 작은 폭으로 정확도를 증가 시켜 부정확한 행동이 추론되는 것을 예방할 수 있었다. 이외에도 사람마다 손 글씨가 다를 수 있는 차이는 정확도에 영향을 미칠 수 있는 한계도 확인하였다. 이러한 점들을 고려하여 제작하려는 애플리케이션에 적합한 손 글씨를 새로 조합하여 학습을 진행한다면 이 역시도 충분히 향상된 정확도를 보일 것으로 기대한다.

V. 결론

본 연구는 가상현실, 증강현실 사용자가 함께 참여하는 비대칭 가상환경에서 사용자의 플랫폼, 체험방식 등의 특징을 고려하여 인터페이스와 이를 기반으로 한 상호작용을 설계하고 모든 사용자가 만족하는 경험, 현존감 등을 제공할 수 있는 새로운 체험환경을 제안하였다. 우선, 가상현실과 증강현실 체험환경의 차이를 고려하여 시점 기반의 비대칭 상호작용을 설계하였다. HMD를 활용하는 가상현실 사용자는 1인칭 시점 상호작용과 컨트롤러 기반 손 인터페이스를 제안하였고 증강현실 사용자는 3인칭 시점 상호작용과 모바일 장비 기반 터치 인터페이스를 제안하였다. 다음으로 단축키 기능과 같이 가상환경, 객체 및 사용자와 최소화된 입력으로 직관적인 상호작용이 가능하며 사용자가 쉽고 편리하게 배우고 활용할 수 있도록 딥러닝을 활용한 비대칭 가상환경을 구성하였다. 가상현실 사용자는 컨트롤러가 아닌 실제 손을 사용하여 손동작을 통해 제스처를 생성하고 이로부터 행동을 추론하는 제스처 인터페이스를 증강현실 사용자는 터치 기반 인터페이스에 GUI를 선택하는 방식이 아닌 손 글씨를 입력하여 행동을 직접 연결하는 텍스트 인터페이스를 새롭게 제안하였다. 제안한 상호작용과 인터페이스 그리고 이를 기반으로 구성된 체험환경으로부터 사용자들이 향상된 현존감, 만족하는 경험 그리고 인터페이스에 대한 만족감을 확인하기 위하여 각각의 비대칭 가상환경 안에서 체험 애플리케이션을 직접 제작하고 사용자를 대상으로 한 설문실험을 진행하였다. 그 결과 사용자의 특징을 고려하여 설계한 인터페이스 및 상호작용에 적절한 경험들을 수행함은 물론 사용자에게 참여 방식에 맞는 역할을 부여함으로써 모두 향상된 현존감, 경험을 제공받음을 확인할 수 있었다. 마지막으로 딥러닝 기반 인터페이스를 통해 상호작용을 수행하는 과정은 사용자의 경험 뿐 아니라 사용자의 의도에 맞는 정확한 행동 추론이 중요한 만큼 이에 대한 분석도 함께 수행하였다. 그리고 사용자가 애플리케이션을 체험하는 데 불편함 없이 행동을 수행할 수 있는 수준의 정확도를 보임을 확인하였다. 결과적으로 사용자의 특징을 고려한 인터페이스 및 상호작용과 함께 새로운 체험환경의 비대칭 가상환경을 구성하고 사용자들이 새로운 환경에 빠르게 학습하고 적응해간다면 만족하는 경험과 다양한 애플리케이션 제작 분야에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 김민규, 이지원, 전찬규, 김진모. (2017). 모바일 가상현실 환경에서의 시선기반 사용자 인터페이스 상호 작용에 관한 연구. 『한국컴퓨터그래픽스학회』, 23(3), 39-46
- 송복득, 김형진, 정현재, 최연준. (2019). 사용자 모션 인식 기반 키오스크 전용 인터랙티브 미디어 플레이어 개발. 『한국콘텐츠학회논문지』, 19(11), 270-277.
- 김종현. (2018). 모바일 디바이스에서 사용자의 입 바람을 이용한 연기 시뮬레이션의 상호작용 방법. 『한국컴퓨터그래픽스학회논문지』, 24(4), 21-27.

2. 국외문헌

- Fecher, M. Schleich, B. Wartack, S (2022). Comparative evaluation of WIMP and immersive natural finger interaction: a user study on CAD assembly modeling. *Virtual Real*, 26(1), 143-158.
- Wagner, J. Stuerzlinger, W. Nedel, L. (2021). Comparing and Combining Virtual Hand and Virtual Ray Pointer Interactions for Data Manipulation in Immersive Analytics. *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 27(5), 2513-2523.
- Williams, N. Bera, A. Manocha, D. (2021). Redirected Walking in Static and Dynamic Scenes Using Visibility Polygons. *IEEE*

- Transactions on Visualization Computer Graphics*, 27, 4267–4277.
- Lee, J. Jeong, K. Kim, J. (2017). Mave: Maze-based immersive virtual environment for new presence and experience. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 28(3–4), 1756.
- Perez-Carrillo, A. (2019). Finger-String Interaction Analysis in Guitar Playing With Optical Motion Capture. *Frontiers in Computer Science*, 1–8.
- El Raheb, K. Stergiou, M. Katifori, A. Ioannidis, Y. (2019). Dance Interactive Learning Systems: A Study on Interaction Workflow and Teaching Approaches. *ACM Computing Surveys*, 52(3), 1–37.
- Hertel, J. Karaosmanoglu, S. Schmidt, S. Bräker, J. Semmann, M. Steinicke, F. (2021). A Taxonomy of Interaction Techniques for Immersive Augmented Reality based on an Iterative Literature Review. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 431–440.
- Slater, M. Usoh, M. (1993). Simulating peripheral vision in immersive virtual environments, *Computers & Graphics*, 17(6), 643–653.
- Slater, M. Usoh, M. Steed, A. (1995). Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2(3), 201–219.
- Vinayagamoorthy, V. Garau, M. & Steed, A. Slater, M. (2004). An Eye Gaze Model for Dyadic Interaction in an Immersive Virtual Environment: Practice and Experience. *Computer Graphics Forum*, 23, 1–12.

- Slater, M. Sanchez-Vives, M. (2016) Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3.
- Kishore, S. Spanlang, B. Iruretagoyena, G. Halan, S. Szostak, D. Slater, M. (2022) A Virtual Reality Embodiment Technique to Enhance Helping Behavior of Police Toward a Victim of Police Racial Aggression. *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, 28, 5–27.
- Lee, J. Kim, M. Jinmo, K. (2020). RoleVR: Multi-experience in immersive virtual reality between co-located HMD and non-HMD users. *Multimedia Tools and Applications*, 79(1).
- Kim, M. Kim, J. Jeong, K. Kim, C. (2020). Grasping VR: Presence of Pseudo-Haptic Interface Based Portable Hand Grip System in Immersive Virtual Reality. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(7), 685–698.
- Kim, J. (2020). VIVR: Presence of Immersive Interaction for Visual Impairment Virtual Reality. *IEEE Access*, 8, 196151–196159.
- De Back, T. Tinga, A. Louwerse, M (2021). Learning in immersed collaborative virtual environments: design and implementation. *Interactive Learning Environments*, 1–19.
- Liu, X. Zhang, J. Hou, G. Wang, Z. (2018). Virtual Reality and Its Application in Military. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(3), 1–7.
- Delgado, J. Oyedele, L. Demian, P. Beach, T. (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 1–21.

- Chheang, V. Saalfeld, P. Joeres, F. Boedecker, C. Huber, H. Huettl, F. Lang, H. Preim, B. Hansen, C. (2021). A collaborative virtual reality environment for liver surgery planning. *Computers & Graphics*, Volume 99, 234–246.
- Madathil, K. Greenstein, J. (2017). An investigation of the efficacy of collaborative virtual reality systems for moderated remote usability testing. *Applied Ergonomics*, 65, 501–514.
- Le, K. Fjeld, M. Alavi, A. Kunz, A. (2017). Immersive environment for distributed creative collaboration. *In Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '17)*, 16, 1–4.
- Duval, T. Fleury, C. (2009). An asymmetric 2D Pointer/3D Ray for 3D interaction within collaborative virtual environments. *In Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology (Web3D '09)*, 33–41.
- Ibayashi, H. Sugiura, Y. Sakamoto, D. Miyata, N. Tada, M. Okuma, T. Kurata, T. Mochimaru, M. Igarashi, T. (2015). Dollhouse VR: a multi-view, multi-user collaborative design workspace with VR technology. *In SIGGRAPH Asia 2015 Posters (SA '15)*, 24, 1.
- Gugenheimer, J. Stemasov, E. Frommel, J. Rukzio, E. (2017). ShareVR: Enabling Co-Located Experiences for Virtual Reality between HMD and Non-HMD Users. *In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*. 4021–4033.
- Jeong, K. Kim, J. Kim, M. Lee, J. Kim, C. (2020). Asymmetric

- Interface: User Interface of Asymmetric Virtual Reality for New Presence and Experience. *Symmetry* 12(1), 53.
- Jansen, P. Fischbach, F. Gugenheimer, J. Stemasov, E. Frommel, J. Rukzio, E. (2020). ShARe: Enabling Co-Located Asymmetric Multi-User Interaction for Augmented Reality Head-Mounted Displays. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Association for Computing Machinery*, 459–471.
- Feld, N. Weyers, B. (2021). Mixed Reality in Asymmetric Collaborative Environments: A Research Prototype for Virtual City Tours. *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 250–256.
- Tianhao, Z. Zoe, M. Owen. J Dennis, L. & Xi, C. Kenneth, G. Pieter, A. (2018). Deep Imitation Learning for Complex Manipulation Tasks from Virtual Reality Teleoperation. *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 1–8.
- Zhang, T. (2021). Research on environmental landscape design based on virtual reality technology and deep learning. *Microprocessors and Microsystems*, 81, 103796.
- Cho, Y. Kim, J. (2021). Production of Mobile English Language Teaching Application Based on Text Interface Using Deep Learning. *Electronics* 2021, 10(15), 1809.
- Kang, T. Chae, M. Seo, E. Kim, M. Kim, J. (2020). DeepHandsVR: Hand Interface Using Deep Learning in Immersive Virtual Reality. *Electronics* 2020 9(11), 1863.

- Lee, J. Kim, M. Kim, J. (2017). A Study on Immersion and VR Sickness in Walking Interaction for Immersive Virtual Reality Applications. *Symmetry* 2017, 9(5), 78.
- Cho, Y. Kang, J. Jeon, J. Park, J. Kim, M. Kim, J. (2021). X-person asymmetric interaction in virtual and augmented realities. *computer animation & virtual worlds*, 32(5), e1985.
- Poels, K. de Kort, Y. IJsselstein, W. (2007). D3.3 : Game Experience Questionnaire: development of a self-report measure to assess the psychological impact of digital games. *Human Technology Interaction*, 46.
- Cho, Y. Hong, S. Kim, J. (2022). DAVE: Deep Learning based Asymmetric Virtual Environment. *in press*
- Witmer, B. Jerome, C. Singer, M. (2005). The Factor Structure of the Presence Questionnaire, *Presence: Teleoper. Virtual Environ*, 14(3), 298–312.
- Nisar, S. Khan, A. Javed, M. (2009). A statistical feature based decision tree approach for hand gesture recognition. *In Proceedings of the 7th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT '09)*, 27, 1–6.
- Szegedy, C. Vanhoucke, V. Ioffe, S. Shlens, J. Wojna, Z. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2818–2826.
- Alejandro, B. Yago. S. Pedro, I. (2019). A Survey of Handwritten Character Recognition with MNIST and EMNIST. *Applied Sciences*. 3169.

- Cohen, G. Afshar, S. Tapson, J. van Schaik, A. (2017). Emnist: Extending mnist to handwritten letters. *In 2017 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2921–2926.
- Mor, S. Solanki, S. Gupta, S. Dhingra, S. Jain, M. Saxena, R. (2019). Handwritten Text Recognition: With Deep Learning and Android. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8(3S).
- Lund, A. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG*, 8.
- Biocca, F. Harms, C. Gregg, J. (2001). The Networked Minds Measure of Social Presence: Pilot Test of the Factor Structure and Concurrent Validity. *4th annual International Workshop on Presence, Philadelphia*.

3. 국외 단행본

Dalton, J. (2019). 『Seeing is believing』 report UK: PwC.

4. 기타 자료

UnityTechnologies. (2019). Unity engine. Unity Technologies.

Meta. (2022). Meta quest. Meta Technologies, LLC.

PTC. (2021). Vuforia engine. PTC, Inc.

Wrede, K. (2000). Carcassonne. Hans im Glück. Available from:
<https://www.hans-im-glueck.de/spiele/carcassonne.html>.

InnovanaGames. (2020). My farm – low poly farm pack. Innovana Games.

Jarst. (2020). Low poly men, Jarst.

ABSTRACT

User Interface Design for Immersive Interaction in Asymmetric Virtual Environment with Virtual Reality and Augmented Reality

Cho, Yun-Sik

Major in Computer Engineering

Dept. of Computer Engineering

The Graduate School

Hansung University

This study designs a user interface for immersive interaction with new experiences that can provide improved presence and satisfactory experiences in an asymmetric virtual environment consisting of virtual reality users and augmented reality users. The key goal of the proposed experience environment is to increase accessibility and versatility by considering the user's participation method and characteristics and minimizing the use of additional equipment. In addition, we propose an intuitive and immersive user interface based on effective communication between virtual environments or users and direct interactions using the body. First of all, the viewpoint-based asymmetric interaction is designed in consideration of the difference between the virtual reality and the augmented reality experience environment and each characteristic. Virtual reality users who participate in the virtual environment using head mounted display (HMD) design first-person interactions corresponding to gestures and object controls based on interfaces that correspond to controllers and hand gestures to provide intuitive

interactions with virtual environments and objects. When augmented reality users perceive a virtual scene through a third-person perspective in a mobile platform environment, they judge the situation and design an interface and third-person interaction that allows direct communication with users as well as virtual environments by using a touch input method. Next, we propose asymmetric virtual environments using deep learning to minimize decision-making processes through input equipment such as controllers or GUI to provide fast and intuitive interactions. Virtual reality users use real hands rather than controllers to interact directly with the virtual environment and design gesture interfaces that quickly connect from hand gestures to actions based on deep learning. Augmented reality users design text interfaces that directly connect actions from handwriting by applying deep learning to touch input methods. By designing interfaces and immersive interactions based on perspective and deep learning, the experience environment is formed with virtual reality and augmented reality users to propose a new asymmetric virtual environment that provides improved presence and satisfactory experiences. In addition, an application suitable for each experience environment is produced to conduct a survey experiment for users. The survey analyzes interface satisfaction through usefulness (USE), presence inquiry (PQ), user-specific presence analysis using networked Minds Measure of Social Presence, and game experience questionnaire (GEQ). In the new asymmetric virtual environment composed of the interface proposed through this process, it was confirmed that the user has a positive effect on both virtual and augmented reality users without a statistically significant difference from the characteristics and role of the experience environment to the improved presence.

Key words: asymmetric virtual collaboration environment, virtual reality, augmented reality, immersive interaction, user interface, deep learning