

# 가상현실 드라이빙 시뮬레이션을 활용한 사용자 인터페이스 비교 연구

우동현\*, 이세진\*\*, 유선진\*\*\*

## Comparative Study of User Interface using Virtual Reality Driving Simulation

Donghyun Woo\*, Sejin Lee\*\*, and Sunjin Yu\*\*\*

본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(2021RIS-003)

### 요 약

본 논문은 가상현실(VR, Virtual Reality) 드라이빙 시뮬레이션에서 사용자 인터페이스의 사용성과 몰입감을 평가하는 데 초점을 맞추었다. Unity 엔진으로 구축된 환경에 40명의 참가자가 참여하였으며, 이들은 모니터 환경과 VR HMD 환경으로 나누어 실험에 참여했다. 참가자들은 키보드, 드라이빙 휠, 조이스틱 세 가지 인터페이스를 사용하였고, 이에 대한 사용성 및 몰입감을 설문으로 평가하였다. 설문 분석 결과, 키보드는 두 환경에서 일관된 사용성을 제공하지만, VR 환경에서는 몰입감이 상대적으로 낮았다. 드라이빙 휠은 VR 환경에서 사용자의 만족도와 몰입감을 효과적으로 높였으며, 조이스틱은 두 환경 모두에서 평균적인 경험을 제공했다. 이러한 결과를 통해 가상현실 환경에서 인터페이스 선택이 사용성과 몰입감에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

### Abstract

This study focuses on evaluating the usability and immersion of user interfaces in virtual reality(VR) driving simulations. Utilizing the Unity engine, 40 participants engaged in experiments conducted in both traditional monitor and VR Head-Mounted Display environments. Participants used three interfaces: keyboard, driving wheel, and joystick, and their usability and immersion levels were assessed through surveys. The survey analysis revealed that while the keyboard provided consistent usability in both environments, it offered relatively lower immersion in the VR setting. In contrast, the driving wheel significantly enhanced user satisfaction and immersion in VR. The joystick delivered an average experience in both environments. These results demonstrate the impact of interface selection on usability and immersion in virtual reality settings.

### keywords

virtual reality, driving simulation, VR controller, interface, user experience

\* 국립창원대학교 첨단방위공학과정 박사과정  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5562-4158>  
\*\* 국립창원대학교 문화융합기술협동과정 석사과정  
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5720-0626>  
\*\*\* 국립창원대학교 문화테크노학과 교수(교신저자)  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9292-4099>

· Received: Dec. 19, 2023, Revised: Dec. 28, 2023, Accepted: Dec. 31, 2023  
· Corresponding Author: Sunjin Yu  
Dept. of Culture Technology, Changwon National University, 20  
Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do,  
51140, Korea  
Tel.: +82-55-213-3098, Email: [sjyu@changwon.ac.kr](mailto:sjyu@changwon.ac.kr)

## 1. 서 론

가상현실(VR, Virtual Reality) 기술은 최근 몇 년 간 급속도로 발전하며, 코로나19 이후 사회적, 기술적 변화의 중심축으로 자리매김하고 있다[1]. VR은 의료, 게임, 교육 등 다양한 분야에서 혁신적인 방법으로 활용되고 있으며, 특히 가상과 현실의 경계를 허무는 환경을 제공함으로써 사용자에게 새로운 차원의 체험을 제공한다. VR은 특히 사용자의 몰입감을 극대화하고, 현실과는 다른 방식으로 상호작용하게 함으로써, 전통적인 미디어가 제공하지 못하는 독특한 체험을 가능하게 한다[2]. 이러한 특성은 VR을 강력한 교육 및 훈련 도구로 만들어, 사용자들이 실제와 같은 환경에서 실습하고 학습할 수 있는 기회를 제공한다. 또한, 가상현실의 다면적 활용은 VR 콘텐츠의 창의적인 발전을 촉진하고 있으며, 이는 다양한 산업 분야에서 VR 기술의 활용성을 확대시키고 있다[3]. VR 기술과 관련된 다양한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데, VR 인터페이스에 대한 심층적인 비교 분석은 상대적으로 연구가 부족하다. VR 환경에서 사용자 인터페이스의 효율성과 사용자 경험에 대한 이해는 VR 콘텐츠의 효과적인 설계와 구현에 필수적이다. 특히 드라이빙 시뮬레이션과 같은 VR 콘텐츠는 다양한 인터페이스를 통해 사용자에게 실제와 유사한 운전 체험을 제공하는 데 중점을 두고 있다.

본 연구의 목적은 가상현실 드라이빙 시뮬레이션 환경에서 사용되는 다양한 인터페이스의 효율성과 사용자 경험을 비교 분석하여, VR 환경에서 인터페이스의 사용성을 더욱 깊이 이해하고자 한다. 이를 위해 인터페이스 사용에 대한 SUS(System Usability Scale)와 USE(Usefulness, Satisfaction, and Ease of use) 설문조사를 통해, 각 인터페이스가 사용자에게 제공하는 유용성, 편의성 및 만족도를 분석한다[4][5]. SUS 설문지는 사용자 인터페이스의 전반적인 사용 용이성을 평가하며 사용자 경험의 직관성, 효율성, 만족도 등을 종합적으로 측정한다. USE 설문지는 유용성(Usefulness), 만족도(Satisfaction), 학습 용이성(Ease of learning), 사용 용이성(Ease of use)의 네 가지 주요 측면을 더 세부적으로 분석하여 인터페이스가 사용자의 요구를 얼마

나 효과적으로 충족시키는지 평가한다. 이 두 설문 조사를 통해, 본 연구는 가상현실 드라이빙 시뮬레이션 인터페이스의 사용성과 유용성을 종합적으로 이해하고, 이를 바탕으로 인터페이스 설계와 사용성 개선에 대한 시사점을 제공하고자 한다. 이를 통해 VR 기술의 효과적인 활용과 사용자 경험의 최적화를 위한 기초 연구를 제공할 것으로 예상된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VR 인터페이스 간의 비교를 진행 연구를 사전 조사하여 연구 방법을 설정한다. 3장에서는 시뮬레이션 설계 및 개발 과정으로 사용자 경험 평가를 위한 드라이빙 시뮬레이션의 구축과 개발에 관한 상세한 정보를 제공한다. 4장에서는 개발된 시뮬레이션을 바탕으로 진행된 실험의 방법과 그 결과를 분석하여, 다양한 인터페이스 간의 효율성과 사용자 경험을 비교한다. 마지막으로 5장에서는 연구 결과의 의미와 함께 연구의 한계점 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

## II. 배경

가상 현실 기술은 의료, 교육, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 혁신적인 발전을 이루고 있다. 의료 분야에서는 복잡한 수술 절차의 시뮬레이션, 재활 훈련, 심리 치료 등 다양한 응용이 이루어지고 있다[6]. 교육 분야에서는 역사적 사건의 재현, 복잡한 과학적 개념의 시각화, 가상 실험실 환경 구축 등을 통해 학습 경험을 향상시키고 있다. 엔터테인먼트 분야에서는 VR 게임, 가상 여행, 콘서트 등 다양한 경험을 제공하며, VR 기술의 활용 범위를 넓히고 있다[7][8].

특히 드라이빙 시뮬레이션은 VR 기술의 적용 중 하나로, 사용자에게 실제 운전 경험과 유사한 환경을 제공한다. 예를 들어, 그림 1의 Formula One World Championship 시뮬레이션은 사용자들에게 세계 최고 속도의 자동차, 다양한 레이싱 트랙과 실시간 경쟁을 통해 실제감 넘치는 레이싱 환경을 구현하였다[9]. 또한, Dirt Rally 2.0는 랠리 레이싱의 현실감을 강조하면서, 다양한 기상 조건과 도로 조건에서의 운전을 시뮬레이션한다[10]. 이러한 시뮬레이션은 사용자에게 운전 기술 학습과 경험의 향상에 기여하고 있다.



그림 1. VR 드라이빙 시뮬레이션  
Fig. 1. VR driving simulation

드라이빙 시뮬레이션에서는 키보드, 드라이빙 휠, 조이스틱과 같은 다양한 인터페이스가 활용된다. 각 인터페이스는 사용자에게 독특한 운전 경험을 제공하며, 사용자의 편의성과 몰입감에 직접적인 영향을 미친다. 키보드는 사용자 접근성이 높고 사용이 간편한 장점을 제공하지만, 실제 운전과의 유사성은 제한적이다. 드라이빙 휠은 실제 운전과의 유사성을 제공하여 높은 몰입감을 선사하나, 설치와 사용이 복잡할 수 있는 단점이 있다. 조이스틱은 유연한 조작이 가능하고 공간 점유가 적지만, 드라이빙 휠만큼의 실제 운전감을 제공하지는 않는다. 이러한 다양한 인터페이스들은 사용자에게 선택의 폭을 넓혀 주어 다양한 경험을 제공한다.

그러나 이러한 발전에도 불구하고 VR 시뮬레이션 분야에서 다양한 인터페이스의 효율성과 사용자 경험을 비교 분석하는 연구는 상대적으로 드물다. 기존 연구들은 대부분 단일 인터페이스에 초점을 맞추거나, 특정 환경에서의 사용성을 평가하는 데 그치고 있다. 예를 들어, J.-H. Bae et al. 연구에서는 드라이빙 휠을 사용한 시뮬레이터에서 모니터와 VR 간의 사용자 차이를 비교했다. 이 연구는 주로 2D 영상과 3D 입체 영상에 관한 사용자 만족에 차이를 비교 연구를 진행하였다[11]. S. Y. Yoon et al.의 연구에서는 진동 피드백이 가능한 컨트롤러를 연결하여 실험을 진행했지만, 실제 도구와의 비교만

수행하고 타 인터페이스와의 비교는 이루어지지 않았다[12]. 이러한 기존 연구 사례들을 고려할 때, 본 연구에서는 VR 드라이빙 시뮬레이션에서 사용되는 다양한 인터페이스의 효율성과 사용자 경험을 비교 분석함으로써, VR 환경에서의 인터페이스 설계와 사용성 개선하는 데 기여하고자 한다. 또한, 전통적인 모니터 환경과 VR HMD 환경에서의 사용자 경험 차이를 평가하여, VR 콘텐츠의 효과적인 설계 및 구현에 대한 이해를 제공한다.

### III. 시뮬레이션 설계 및 개발

표 1은 드라이빙 시뮬레이션 시스템 개발 환경을 보여준다. 본 시스템에서는 키보드, Logitech 드라이빙 휠, Xbox 조이스틱 인터페이스를 지원하며, Meta社의 Meta Quest 2와 Meta Quest Pro, Vive社의 VIVE Pro 등 다양한 VR HMD 기기와의 호환성을 구현하기 위해 Unity에서 제공하는 XR Interaction Toolkit과 Open XR SDK를 활용하여 개발한다. 사용자들은 단일 VR 제품이 아닌 다양한 VR 기기를 선택적으로 사용할 수 있도록 개발하였다. 이를 통해 VR 기기 간의 호환성을 구현하였으며, 사용자들은 자신의 선호에 맞는 VR HMD 기기를 선택하여 가상현실 드라이빙 경험을 체험할 수 있다. 개발 엔진으로는 Unity를 사용하여 개발한다.

표 1. 시스템 개발 환경

Table 1. System development environment

Items	Name
OS	Window 10
Hardware	Meta Quest2, Meta pro Vive Pro Eye Logitech G923 Driving Wheel Hansung Curved monior
Language	C# script
Software	Unity 2021.3.4f1 Visual studio 2022, Photon pun2 XR InteractionToolkit, Open XR Xbox Joystick Controller Logitech Hub

Unity 엔진은 게임 개발과 인터랙티브 시뮬레이션을 위한 강력한 플랫폼으로, 실시간 렌더링 및 물리 엔진을 사용하여 사실적인 3D 환경을 구현하고 사용자 인터페이스를 효과적으로 관리할 수 있는 기능을 제공한다[13]. 사용자 간 상호작용을 위한 멀티플레이 기능을 위해 Unity의 Photon Network를 통해 구현되었다. Photon Network를 활용함으로써, 다수의 사용자가 동시에 시뮬레이션에 참여하고 상호작용할 수 있는 환경을 제작하였다. 이러한 기능은 드라이빙 시뮬레이션의 사실감과 참여도를 높이는 데 중요한 역할을 한다. 드라이빙 시뮬레이션 구현을 위해 복잡한 자동차 컨트롤과 물리엔진을 제공하는 Unity 에셋 Realistic Car Controller를 사용하였다. 이 에셋의 Wheel Collider 구성 방식을 참조하여 자동차 움직임을 구현하였으며 수동 운전 방식이 아닌 사용자 친화적인 자동 운전 방식을 채택하였다.

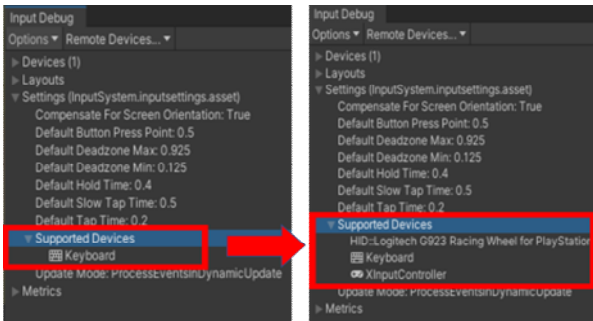


그림 2. SDK 작업을 통한 연결 가능 인터페이스  
Fig. 2. Connectable interface through SDK operations

입력 인터페이스는 그림 3과 같이 키보드, Logitech의 G923 드라이빙 휠, Xbox 조이스틱이 사용할 수 있다. 키보드는 Unity의 Input System을 사용하여 연결하여, 차량의 전진, 후진, 좌회전, 우회전을 위해 ‘WASD’ 키를 사용하는 방식으로 구성되었다. 이는 컴퓨터 사용자에게 친숙하며, 기본적인 운전 조작을 쉽게 익힐 수 있도록 도와준다. 드라이빙 휠과 조이스틱의 경우, 기존 SDK와의 호환 문제를 해결하기 위해 추가적인 연결 작업을 진행한다. G923 모델을 사용하는 경우, 할당된 버튼 번호가 기존 SDK와 달라 작동하지 않는 문제가 발생하므로 이 문제를 해결하기 위해 Unity의 디버그 창을 통해 나타나는 번호를 찾아 SDK에 할당하는 방식

으로 해결한다. 아래 그림 3은 Logitech SDK에 연결된 G923의 버튼 번호이다.

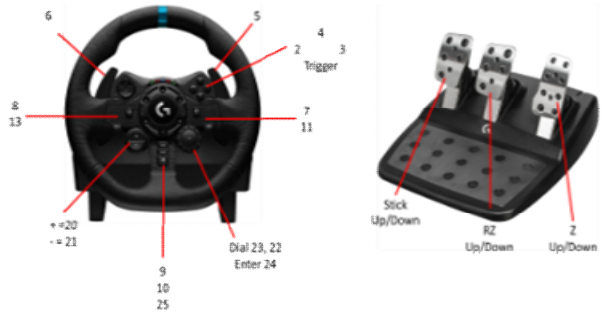


그림 3. logitech 923 휠 할당 번호  
Fig. 3. logitech 923 wheel assignment number

또한 로지텍의 G923의드라이빙 휠과 포스피드백 기능을 통합 연결하였다. 포스피드백은 로지텍에서 제공하는 기능으로 진동, 타이어 접착 관성을 통해 사용자에게 운전 중의 실제적인 감각을 전달하는 기능이다[14]. 이 기능은 차량의 물리적 반응을 사실적으로 재현하여, 사용자가 운전 시뮬레이션에서 더욱 몰입할 수 있도록 돕는다. 차량 조작의 경우 휠의 X축을 시뮬레이션에 연결하여 조향각으로 이용하였다. 로지텍 패들의 오른쪽 Z 페달은 가속, R2 페달은 제동을 위해 사용되었다. Unity에서 Control Scheme 최적화를 통하여 패들 기능이 끊김이 없이 일관되게 수행하도록 개발하였다. Xbox 조이스틱 사용 시에는 Unity의 표준 SDK를 통해 시스템에 연결한 후, 조이스틱의 컨트롤러 버튼을 할당하는 방식으로 연결한다. 왼쪽 스틱을 통해 차량의 움직임을 제어하며, L1 버튼을 브레이크로, R1 버튼을 가속 페달로 사용한다. 조이스틱의 진동 기능을 활용하여 가상환경에서의 상호작용을 강화하였다. 주행 중에 불규칙한 지형을 지날 때 조이스틱이 진동하면, 사용자는 이를 통해 차량의 움직임과 지형의 특성을 보다 잘 인지할 수 있다. 이러한 종합적인 접근 방법은 참가자들에게 실감 나고 효과적인 운전 시뮬레이션 경험을 제공한다. 그림 4는 개발하는 시스템의 흐름도를 보여준다.

본 연구에서 개발한 드라이빙 시뮬레이션 시스템을 바탕으로 도시환경과 오프로드 두 가지 도로 주행 가상환경을 구성하였다.

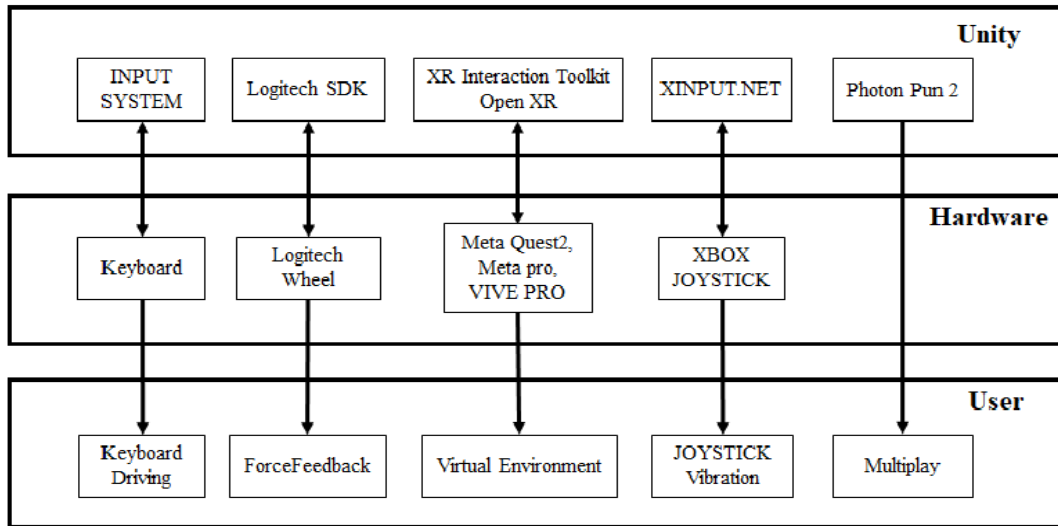


그림 4. 개발 시스템 흐름도  
Fig. 4. Development system flowchart

도시환경은 일반적인 도로 조건에 교통 신호와 차선을 포함하여 그림 5와 같이 현실적인 도시 주행 환경을 구현하였다. 멀티플레이 기능을 통해 여러 사용자가 동시에 시뮬레이션에 참여하고 상호작용할 수 있는 기능을 제공하여, 실제 도시에서의 운전 경험을 가상으로 경험할 수 있게 한다.

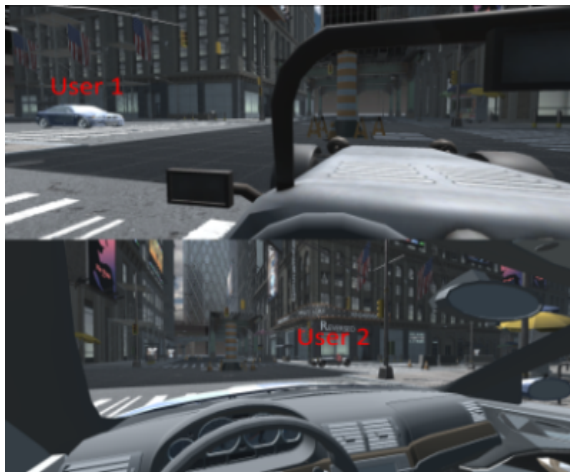


그림 5. 도심 주행 멀티플레이 환경  
Fig. 5. Urban driving multiplayer environment

오프로드 환경은 그림 6과 같이 다양한 지형적 도전을 포함한다. 흙, 바위, 풀로 이루어진 지형을 포함하며, 드라이버에게 특별한 운전 기술을 요구하는 도전적인 운전 경험을 제공한다. 로지텍의 포스 피드백 기능으로 오프로드 환경에서 차량의 진

동과 표면의 미끄러운 느낌을 사실적으로 재현하여, 차량과 지형의 상호작용에 대한 사용자의 몰입감을 더욱 극대화하도록 설계되었다. 이러한 현실감 있는 시뮬레이션은 사용자가 가상 환경 속에서 실제와 같은 감각적 경험을 할 수 있도록 한다. 구현된 도시 및 오프로드 환경은 드라이빙 시뮬레이션의 실제적인 적용 가능성을 시험하고, 사용자가 다양한 운전 조건과 상황에 어떻게 반응하는지 관찰할 수 있는 플랫폼을 제공한다. 이는 VR 기반의 운전 교육 및 연구에 있어 실제와 유사한 경험을 제공하는 것이 중요함을 강조하며, 가상 환경에서의 운전 교육과 훈련의 효과를 평가하는 데 필수적인 요소이다.



그림 6. 오프로드 주행 환경  
Fig. 6. Off-road driving environment

## IV. 실험 환경 및 결과 분석

### 4.1 실험 환경

본 연구에서는 VR 인터페이스의 사용성과 적합성을 평가하기 위해 3가지 다른 컨트롤러(키보드, 드라이빙 휠, 조이스틱)를 사용하여 실험을 진행한다. 실험은 그림 6의 오프로드 환경으로 참가자들이 컨트롤러를 사용하여 가상의 험로 주행을 경험하게 하여, 인터페이스의 사용성과 몰입감을 보다 현실적인 상황에서 평가할 수 있도록 설계하였다. 참가자들은 각 컨트롤러를 3분간 사용한 후 2분간의 휴식 시간을 갖고, 이후 다른 컨트롤러로 전환하여 체험을 진행한다. 이러한 반복되는 실험 절차는 참가자들이 각 인터페이스에 대해 균형 잡힌 피드백을 제공할 수 있도록 한다. 실험 참가자는 VR 경험이 있는 40명으로 구성되어 있으며, 이들 중 20명은 VR HMD를 착용하고, 나머지 20명은 전통적인 모니터 환경에서 실험에 참여한다.

그림 7에서 보이는 것처럼 참가자들은 3가지 다른 컨트롤러를 모두 사용한 후에는 SUS, USE 설문지와 몰입감 평가 설문을 통해 가상 현실 드라이빙 시뮬레이션에 대한 사용자 경험과 인터페이스의 사용성을 평가한다. SUS 설문지는 1986년 John Brooke에 의해 개발된, 시스템의 사용 용이성을 평가하는 표준화된 도구로, 10개의 문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 5점 리커트 척도로 평가되며, 간결함과 범용성으로 인해 다양한 유형의 시스템과 인터페이스 평가에 폭넓게 사용된다. SUS의 점수 산출 방식은 긍정적 항목 5개 중 각 항목당 1점씩, 부정적 항목 5개 중 각 항목당 5점을 뺀 값을 기반으로 합니다. 모든 점수의 합에 2.5를 곱하여 최종적인 SUS 값을 도출한다. 이 값은 0에서 100 사이의 범위로 사용성을 나타내며, SUS는 전체적인 사용성에 대한 신뢰할 수 있는 개괄적인 점수를 제공하여, 이를 통해 사용자의 인터페이스에 대한 만족도와 효율성을 종합적으로 파악할 수 있다.

USE 설문지는 유용성, 사용 용이성, 학습 용이성, 만족도의 네 가지 주요 측면을 측정한다. 각 측면별로 구체적인 문항들로 구성되어 있으며, 7점 리커트 척도로 평가된다. 이 설문들은 사용자가 인

터페이스에 대해 어떻게 느끼고, 그것을 사용하는 과정에서 어떤 경험을 하는지에 대한 깊이 있는 이해를 제공한다.

마지막으로, 가상현실 몰입성에 대한 평가를 위해, 2017년 남선숙 외 2명이 발표한 연구에서 사용된 몰입감 관련 설문 항목을 사용하였다[15]. 이 설문은 7점 리커트 척도로 평가되며, ‘1점-전혀 느껴지지 않았다’에서 ‘7점-매우 잘 느껴졌다’로 설정되어 있다. 이를 통해 참가자들은 가상 환경에서 경험한 몰입감의 정도를 분석할 수 있다.



그림 7. HMD를 착용한 참가자  
Fig. 7. Participants wearing HMD

### 4.2 실험 결과

표 2는 모니터 환경에서의 컨트롤러 사용성에 관한 설문 조사 결과이다. SUS 설문 결과를 보면, 키보드는 77.6점으로, 조사 대상 컨트롤러 중 가장 높은 SUS 점수를 획득하였다. 이는 사용자가 키보드를 사용할 때 높은 직관성과 용이한 사용 경험을 보고한 것이며, 이는 키보드가 일상적인 사용에서 효과적인 인터페이스임을 강조한다.

드라이빙 휠의 SUS 점수는 68.5점으로 키보드와 비교할 때 사용성에서 뒤쳐지는 것으로 관찰되었다. 이는 드라이빙 휠이 특정 작업에는 적합할 수 있으나, 사용성 측면에서는 더 많은 학습 요구함을 시사한다. 조이스틱은 드라이빙 휠보다 약간 높은 사용성을 나타냈지만, 키보드에 비해 직관적이지 않다는 것을 나타낸다.

표 2. 모니터 환경에서의 설문 결과  
Table 2. Survey results in a monitor environment

		Monitor		
		Keyboard	Driving wheel	Joystick
SUS		77.6	68.5	70
U S E	Usefulness	6.3	5.6	5.4
	Ease of use	6.5	4.7	4.2
	Ease of learning	6.7	5.3	4.6
	Satisfaction	5.5	6.2	5.7
Immersion		2.8	3.7	3.2

USE 설문 결과에서는 키보드는 유용성에서 6.3 점을 받아, 드라이빙 휠과 조이스틱에 비해 높은 평가를 받았다. 이는 키보드가 일반적인 사용 상황에서의 유용성 측면에서 우수하다고 여겨진다는 것을 의미한다. 드라이빙 휠은 특화된 기능성에서 높은 점수를 받았음에도 불구하고, 키보드는 일반적인 유용성 면에서 더 높은 평가를 받았다. 사용의 용이성과 학습의 용이성에서도 키보드는 각각 6.5점과 6.7점으로 가장 높은 점수를 받아, 사용자들이 가장 쉽게 접근하고 학습할 수 있는 인터페이스로 인식되었다. 드라이빙 휠과 조이스틱은 각각 4.7점과 4.2 점, 5.3점과 4.6점으로 사용과 학습의 용이성 면에서 낮은 평가를 받았다. 만족도에서 드라이빙 휠은 6.2점으로 가장 높은 점수를 받아, 드라이빙 시뮬레이션과 같은 특정 상황에서 제공하는 현실적인 조작감이 사용자 만족에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타난다.

몰입감 설문 결과를 보면, 드라이빙 휠은 3.7점으로 가장 높은 점수를 받아 드라이빙 시뮬레이션과 같은 특정 환경에서는 드라이빙 휠이 제공하는 실제적인 조작감이 사용자에게 높은 수준의 몰입 경

험을 제공할 수 있음을 뜻한다. 조이스틱과 키보드 모두, 드라이빙 휠에 비해 몰입감 측면에서 낮은 점수를 기록하여 사용자가 높은 몰입을 경험하기 원하는 환경에서는 선호되지 않을 수 있는 것으로 나타났다.

표 3은 VR HMD 환경에서의 컨트롤러 사용성에 관한 설문 조사 결과를 보여준다. SUS 설문 결과에 따르면, 키보드는 69.3점의 SUS 점수로 VR 환경에서도 사용자에게 높은 사용성을 제공한다는 인식을 받았다. 이 점수는 키보드가 VR 환경에서도 사용자들에게 직관적이고 효율적인 인터페이스로 작용할 수 있음을 나타낸다. 드라이빙 휠의 경우, 62.1점의 점수는 VR 환경에서의 복잡한 조작으로 사용자에게 많은 노력을 의미한다. 조이스틱은 드라이빙 휠보다 높은 67.5점을 기록했으나, 키보드에 비해 낮은 점수를 받았다. 이는 조이스틱이 키보드와 비교하여 VR 환경에서 상대적으로 낮은 사용성을 보인다는 것을 의미한다.

표 3. VR HMD 착용 후 설문 결과  
Table 3. Survey results after wearing VR HMD

		VR HMD		
		Keyboard	Driving wheel	Joystick
SUS		69.3	62.1	67.5
U S E	Usefulness	5.3	5.8	5.4
	Ease of use	6.3	5.6	5.1
	Ease of learning	5.5	5.8	4.5
	Satisfaction	5.7	6.3	6.1
Immersion		3	4	3.6

USE 설문 결과에서는 드라이빙 휠은 유용성 면에서 5.8점으로 가장 높은 점수를 받았다. 이는 VR 환경에서 드라이빙 휠이 특정 작업 수행에 있어 가장 적합한 도구로 사용자들에 의해 인식되었음을 나타낸다. 반면 키보드와 조이스틱은 드라이빙 휠보다 낮은 유용성을 보였다. 사용의 용이성에서는 키보드가 6.3점으로 가장 높은 점수를 받아, VR 환경에서의 친숙함과 접근성을 반영한다. 드라이빙 휠과 조이스틱은 각각 5.6점과 5.1점으로 키보드보다 사용의 용이성이 낮았다.

학습의 용이성에서 키보드는 5.5점으로 가장 높은 점수를 받아, VR 환경에서 사용자가 가장 쉽게 배울 수 있는 인터페이스임을 나타낸다. 드라이빙 휠은 5.8점을 기록하여 비교적 높은 학습의 용이성을 보였다. 그러나 조이스틱은 4.5점으로 가장 낮은 학습의 용이성을 보여, 사용자가 조작 방법을 익히는 데 노력이 필요할 것을 나타낸다. 만족도 측면에서 드라이빙 휠은 6.3점으로 가장 높은 점수를 획득하여, VR 환경에서의 사용 경험이 사용자에게 매우 긍정적임을 드러낸다. 키보드와 조이스틱은 각각 5.7점과 6.1점을 기록하여 비교적 높은 만족도를 나타낸다.

몰입감 설문 결과를 보았을 때, 드라이빙 휠은 4점으로 VR 환경에서의 몰입감 측면에서 최고의 점수를 받았다. 이는 드라이빙 휠이 VR에서 제공하는 실제적인 조작감이 사용자에게 높은 수준의 몰입 경험을 제공할 수 있음을 시사한다. 조이스틱과 키보드는 각각 3.6점과 3점을 기록하여, 몰입감 측면에서 드라이빙 휠에 비해 낮은 성과를 보였다. 이는 몰입감이 중요한 요소로 작용하는 VR 환경에서, 키보드와 조이스틱이 드라이빙 휠만큼의 경험을 제공하지 못했음을 의미한다.

종합적인 설문 분석 결과, 모니터 환경과 VR HMD 환경에서의 키보드, 드라이빙 휠, 조이스틱의 사용성에 대한 사용자 경험은 서로 다른 패턴을 보였다. 각 인터페이스는 사용 환경과 사용자 상호작용에 따라 서로 다른 특성을 드러낸다. 가장 큰 차이점으로, 모니터 환경에서 키보드의 높은 유용성 점수는 전통적인 작업에 대한 직관성과 효율성을 반영한다. 그러나 설문결과 VR 환경에서 드라이빙 휠의 유용성이 더 높게 나타나는 것으로 보았을 때 VR의 몰입적 특성이 드라이빙 휠의 물리적 조작감에 더 큰 가치를 부여하고, 특화된 작업에 더 적합하다고 인식됨을 나타낸다. VR 환경에서의 키보드 유용성 점수 감소는 VR이 요구하는 신체적 상호작용과의 부합성에 한계를 보여준다.

키보드는 VR 환경에서도 예상외의 높은 일관성과 안정적인 사용성을 제공하는 것으로 나타났다. 그 직관성과 친숙함은 전통적인 컴퓨팅 환경뿐만 아니라 VR 환경에서도 사용자 경험의 핵심 요소로

자리 잡고 있음을 암시한다. 이러한 일관성은 키보드를 다양한 환경에서 쉽게 접근 가능하고 학습하기 쉬운 인터페이스로 만든다. 그러나 특히 몰입이 중요한 VR 환경에서는 다른 인터페이스에 비해 몰입도를 높이는 데 있어 한계가 있을 수 있다.

드라이빙 휠은 특히 VR 환경에서 높은 몰입감과 사용자 만족도 향상시키는 데 있어 강점을 있는 인터페이스임을 확인하였다. 이는 드라이빙 휠이 제공하는 실제적인 조작감과 VR의 몰입적 특성이 상호 보완적으로 작용하여 사용자 경험을 풍부하게 만드는 것을 반영한다. 이러한 특징은 사용자가 높은 몰입도를 경험하는 VR 환경에서 드라이빙 휠을 중심으로 한 상호작용의 중요성을 강조한다.

조이스틱은 모니터 환경과 VR 환경 모두에서 키보드와 드라이빙 휠 사이에서 일종의 중재자 역할을 한다. 조이스틱은 VR 환경에서의 몰입감과 만족도에 긍정적인 효과를 미치며, 사용자가 다소 복잡한 상호작용을 경험할 수 있는 기회를 제공한다. 그러나 몰입도 측면에서는 드라이빙 휠에 미치지 못하는 것으로 평가되었으며, 이는 조이스틱이 VR 환경에서 특화된 경험을 제공하는데 드라이빙 휠만큼의 직관성을 갖지 못할 수 있음을 나타낸다.

## V. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 가상현실 드라이빙 시뮬레이션에서 자주 사용되는 3가지 인터페이스의 사용성과 몰입감을 평가를 수행하였다. Unity 엔진으로 구축된 드라이빙 시뮬레이션은 Photon Network를 활용하여 멀티플레이 기능을 통한 상호작용과 도시 및 오프로드 환경이라는 두 가지 다른 운전 시나리오를 성공적으로 제공하였다. 특히, Logitech 드라이빙 휠과 포스 피드백 기능의 통합으로 물리적 상호작용을 현실적으로 재현하며, 몰입감을 향상시켰다.

본 연구의 설문 분석 결과는 모니터와 VR HMD 환경에서 키보드, 드라이빙 휠, 조이스틱이 각각 다른 사용 경험을 제공하는 것을 보여준다. 키보드는 두 환경 모두에서 일관된 사용 편의성과 접근성을 제공하며, 이는 키보드가 다양한 환경에서 사용자에게 효율적인 인터페이스란 점을 시사한다.



그러나 VR 환경에서 키보드는 몰입감 증진 측면에서 한계를 보이며, 이는 키보드가 몰입도 높은 가상 현실 환경에서의 최적화에 제한적임을 나타낸다. 반면, 드라이빙 휠은 VR 환경에서 사용자의 만족도와 몰입감을 효과적으로 향상시켜, 높은 몰입적 경험을 제공하였다. 조이스틱은 모니터와 VR 환경 모두에서 중간값을 나타내며, 복잡한 상호작용에 유용하지만, VR 환경에서 드라이빙 휠만큼의 몰입감을 제공하지는 못하는 결과를 보여준다. 이러한 결과는 가상현실 환경에 따라 인터페이스 선택의 중요함을 나타낸다.

향후 연구 방향으로 다양한 연령대와 운전 경험이 있는 참가자들로 분류하여 광범위한 사용자 그룹에 대한 데이터를 수집하고 분석할 것이다. 또한, 다양한 가상환경과 현실적인 운전 환경 제공 및 참가자들의 운전 행동과 반응을 실시간으로 분석할 수 있는 시스템을 개발하여, 실험의 정밀도와 실용적 가치를 향상시킬 예정이다. 이를 통해 가상현실을 활용한 운전 교육의 효과성을 높이고, 사용자들이 더 다양한 운전 환경에 적응할 수 있도록 돕는데 기여할 것이다.

## References

- [1] Statista, <https://www.statista.com/statistics/1221161/south-korea-time-spent-vr-gaming-during-covid19/> [accessed: Dec. 17, 2023]
- [2] F. Biocca, "Virtual Reality Technology: A Tutorial", *Journal of Communication*, Vol. 42, No. 4, pp. 23-72, Dec. 1992. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00811.x>.
- [3] H. S. Jeong, "Measures to enhance user friendly visual cognitive responses with respect to environmental elements of VR games", Ms.d diss, Yeungnam University Graduate School of Art and Design, 2020.
- [4] A. M. Lund, "Measuring Usability with the USE Questionnaire", *Usability Interface*, Vol. 8, No. 2, pp. 3-6, 2001.
- [5] J. Brooke, "SUS: A 'quick and dirty' usability scale", In *Usability Evaluation in Industry*, , Vol. 189, No. 3, pp. 189-194, 1996.
- [6] H.-Y. Han and H. Jo, "SEONMEDI VR: Enhancing Positive Thinking, Reducing Social Psychological Stress, and Addressing Social Concerns Among University Students Experienced by Pandemic", *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 23, No. 17, pp. 561-574, Sep. 2023. <http://doi.org/10.22251/jlcci.2023.23.17.561>.
- [7] S. S. Jo, "A Study on a Practical Model of Art Education Using Virtual Reality(VR) Technology", *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, Vol. 24, No. 2, pp. 395-409, Apr. 2023. <http://doi.org/10.47294/KSBDA.24.2.29>.
- [8] W. Kim, Y. Jung, Y. J. Sah, and H. J. Oh, "The Effects of Wearing HMD on VR Concert Experiences and Intention to Attend the Future Concert: The Mediating Roles of Immersion and Presence", *The Korean Journal of Advertising*, Vol. 33, No. 8, pp. 53-77, 2022.
- [9] Formula One World Championship, <https://www.ea.com/games/f1/f1-23/features> [accessed: Dec. 17, 2023]
- [10] Dirt Rally 2.0, <https://dirtrally2.dirtgame.com/> [accessed: Dec. 16, 2023]
- [11] J.-H. Bae, J.-J. Kim, and G.-Y. Noh, "An Experimental of the Effects of User Experience and Driving Attitude on Driving Simulation Game in Virtual Environment", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 15, No. 3, pp. 7-18, Jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.7583/JKGS.2015.15.3.7>.
- [12] S. Y. Yoon, S. K. Sung, and B. S. Shin, "Dental Surgery Simulation Using Haptic Feedback Device", *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol. 12, No. 6, pp. 275-284, Jun. 2023. <https://doi.org/10.3745/KTSDE.2023.12.6.275>.
- [13] Unity, <https://docs.unity3d.com> [accessed: Dec. 15, 2023]
- [14] logitech, <https://www.logitechg.com/en-us/products/driving/g923-trueforce-sim-racing-wheel.html> [accessed: Dec. 15, 2023]

[15] S. Nam, H. S. Yu, D. Shin, "User Experience in Virtual Reality Games: the Effect of Presence on Enjoyment", International Telecommunications Policy Review, Vol. 24, No. 3, pp. 85-125, Oct. 2017.

### 저자소개

우 동 현 (Donghyun Woo)



2012년 2월 : 배재대학교  
전자공학과(공학사)  
2018년 8월 : 중국 동북전력대학교  
정보및통신공학(공학석사)  
2021년 3월 ~ 현재 : 창원대학교  
첨단방위공학과정 박사과정  
관심분야 : 컴퓨터비전,  
증강/가상현실

이 세 진(Sejin Lee)



2023년 2월 : 창원대학교  
문화테크노학과(학사)  
2023년 3월 ~ 현재 : 창원대학교  
문화융합기술협동과정 석사과정  
관심분야 : 증강/가상현실,  
실감콘텐츠

유 선 진 (Sunjin Yu)



2003년 8월 : 고려대학교  
전자정보공학(공학사)  
2006년 2월 : 연세대학교  
생체인식공학(공학석사)  
2011년 2월 : 연세대학교  
전기전자공학(공학박사)  
2011년 ~ 2012년 : LG전자기술원

미래IT융합연구소 선임연구원

2012년 ~ 2013년 : 연세대학교 전기전자공학과 연구교수  
2013년 ~ 2016년 : 제주한라대학교 방송영상학과 조교수  
2016년 ~ 2019년 : 동명대학교 디지털미디어공학부 부교수  
2019년 9월 ~ 현재 : 창원대학교 문화테크노학과 부교수  
관심분야 : 컴퓨터비전, 증강/가상현실, HCI